الصناعات الغذائية

الجزء الثانى

تكنولوجيا الخبز

دكتور
محمد ممتاز الجندى
أستاذ الصناعات الغذائية
بكلية الزراعة – جامعة القاهرة

الطبعة الثالثة

دار المعارف

الناشر : دار المعارف بمصر — ١١١٩ كورنيش النيل — القاهرة ج.م.ع.

الفصل العاشر

إختبارات الجودة

الجودة الشائعة الاستخدام فى مجال الأغذية

يمكن تقسيم اختبارات الجودة المستخدمة فى مجال التصنيع الغذائى إلى الأقسام التالية :

١ — إختبارات الغلال ومنتجاتها .

٢ — إختبارات منتجات الألبان .

٣ — إختبارات اللحوم ومنتجاتها .

٤ — إختبارات الدواجن والبيض ومنتجاتها .

٥ — إختبارات الفاكهة والخضروات .

٦ — إختبارات منتجات الموالح .

٧ — إختبارات الزيوت والدهون .

٨ — إختبارات التوابل .

٩ — إختبارات المياه والفضلات .

١٠ — إختبارات النواحى الصحية .

أولا — إختبارات الغلال ومنتجاتها :

تنحصر أهم الاختبارات Tests المستخدمة فى التصنيع الغذائى لمتابعة عمليات تصنيع الغلال Cereals فيما يلى : —

(١) الاختبارات الطبيعية Physical tests :

١ — الوزن النوعى Test weight أو وزن وحدة الحجوم ، أى وزن

الهكتولتر Hecto-liter weight بالكيلوجرام ، كما هو متبع فى معظم جهات العالم ، أو وزن البوشل bushel بالأرطال كما هو شائع فى كندا ، أو وزن ونشستر بوشل winchester bushel التى تساوى ٤٢ و٢١٥٠ بوصة مكعبة Gu in كما هو متبع فى الولايات المتحدة الأمريكية . ومن اليسير تحويل أحد هـذه المقاييس إلى الآخر باستخدام عوامل التحويل التالية ، بشرط استخدام عبوات متماثلة الحجم .

من رطل / ونشستر بوشل إلى رطل / إمبريال بوشل يضرب فى ١و٠٣٢
« « / « « كجم / هكتولتر « « ١و٢٨٧
« « / إمبريال بوشل « « / « « ١و٢٤٧

وهناك حدود للإفادة من هذا الاختبار ، فإذا زاد الوزن عن ٥٧ رطل لكل بوشل يصبح تأثير الوزن النوعى على نسبة تصافى الدقيق ضئيل نسبياً .

٢ — درجة صلابة الحبوب Kernel Hardness بإحدى الطرق التالية :

(ا) اختبار سميتار The Smetar Hardness Test

(ب) طريقة تقشير الشعير The Laboratory Barley pearler

(جـ) طريقة جهاز باركول The Barcol Impressor

(د) طريقة جهاز برابندر The Brabender Hardness

(هـ) طريقة إمرار حبوب القمح خلال طاحونة Pin mill لتقدير توزيع حجم الحبيبات particle size

(و) طريقة طحن القمح ونخله تحت ظروف محددة قياسية وحساب معامل التحبب Granulation Index

(ز) الطرق الأخرى السابق الإشارة إليها فى اختبارات القوام .

٣ ــ اختبار الطحن The Milling test

٤ ــ تقدير الرطوبة Moisture

٥ ــ تقدير الرماد Ash

٦ ــ تقدير البروتين Protein

(٢) اختبارات العجين الطبيعية :

(ا) المكسوجراف Mixograph

(ب) الفارينوجراف Farinograph

(جـ) الأكستنسيجراف Extensigraph

(د) اكستنسومتر هالتون The Halton Research Extensometer

(هـ) الالفيوجراف Alveograph

(و) معدات سيمون لاختبار العجين Research Dough Testing Equipment وهى الخلاط Mixer ووحدة التشكيل Mixer – shaper ومقياس امتصاص الماء Extrusion meter والميزان Balance والاكستنسيمتر Extensometer

(ز) الاميلوجراف Amylograph

(ح) الفسكوجراف Viscograph

(ط) الزيموتاكيجراف Zymotachgraph

(ى) الاكسبانسوجراف Expansograph

(ك) الفرمنتوجراف Fermentograph

(٣) الاختبارات الطبيعية الكيميائية Physicochemical Tests

(ا) إنتاج الغاز Gas production ، ويقدر هذا بطرق حجمية

Volumetric وطرق مانومتر Monometric وطرق أوتوماتيك Automeatic recording ومثال ذلك طريقة ساند ستيدت Sandstedt aud Blish الشائعة فى أمريكا وطريقة هاجبرج Hagberg Falling pressure – meter الشائعة فى أوربا ؛ وطريقة الماتيوروجراف Maturo– Number Test graph التى بها يتحدد أنسب استواء للعجينة Optimum proof conditions ومدى تحمل العجينة خلال التخمر Fermentation tolerance عن طريق قياس وتسجيل التغيرات فى مطاطية Elasticity_العجينة المتخمرة التى يضغط عليها Pressed بثقل ثابت الوزن مرة كل دقيقتين .

(ب) احتجاز الغاز Gas retention باستخدام جهاز تسجيل الارتفاع The oven rise – recorder الذى يقيس التغيرات فى كرة من العجين تسخن فى حمام زيت لرفع درجة حرارتها من ٣٠ – ١٠٠°م خلال ٢٢ دقيقة تحت ظروف تماثل ظروف الخبز .

(جـ) اختبار مدة التخمر The Wheat Meal Fermentation

(د) صفات التشرب Imbibitional properties Test سواء أجرى الاختبار على الدقيق الكامل أو على الجلوتين . وأهم الطرق فى هذا المجال هى طريقة برلينر – Berlner Koopman method وطريقة فينى ويامازكى Finney and Yamazaki method لتقدير قدرة البروتين على احتجاز الماء عند نقع الدقيق فى محلول حامض اللكتيك وكذلك طريقة فينى ويامازاكى باستخدام بيكربونات الصوديوم بدلا من حمض اللكتيك ، ثم طريقة زلنى Zeleny المعروفة باسم اختبار الترسيب The Sedimentation Test الذى يعطى نتائج تتراوح بين خمسة للقمح الضعيف وسبعين للقمح القوى .

(٤) اختبارات الاداء Performance Tests:

(ا) اختبارات الخبز Baking Test بطريقة المزج دفعة واحدة Straight dough Method .

(ب) تقدير بيات الخبز Staleness of bread بالطرق الحسية Organoleptic evaluation أو بجهاز الكبس Compressi–meter أو بجهاز Hlynka and Eschen الذى يقيس كميا مدى كبس Squeezing رغيف الخبز أو بجهاز Shear – press أو جهاز Texturometer أو جهاز Instron.

(جـ) تقدير الوزن النوعى ونسبة الرماد فى القمح ونسبة البروتين فى القمح وتعامل التقشير Pearling index ومعامل حجم الحبيبات Particle size index وناتج لسلندرات الدش Break flour yield ونسبة الدقيق الكلى الناتج للتعرف على الصفات النوعية القمح اللين .

(د) تقدير الطول Length والشكل Shape Exterior والقابلية للكسر break و Crumbliness للحكم على المظهر الخارجى appearance للمكرونة وتقدير اللون Colour والشفافية Vitreousness والتشقق Cracks والنعومة Smoothness للحكم على سطح Surface المكرونة . وتقدير القابلية للكسر Breakability والمطاطية Elasticity ومظهر الكسر Appearance of break للحكم على القوة الميكانيكية Chemical strength وتقدير وزن الفاقد فى الطهى Weighn loss in cooking للحكم على صفات الطهى Cooking properties وتقدير النكهة flavor وتقدير الطعم Taste . وتوزع درجات التقييم وقدرها ثلاثون درجة بنسبة ٤ نقط للمظهر الخارجى ، ٤ نقط للسطح ، ٤ نقط للقوة الميكانيكية ، ١٠ لصفات الطهى ، ٣ نقط للنكهة ، ٥ نقط للطعم . وتعتبر المكرونة فاخرة Excellent بحصولها على ٢٧ – ٣٠ نقطة ، أو جيدة Good بحصولها على ٢٤ – ٢٦ نقطة ، أو مقبولة Satisfactory بحصولها على ٢٠ إلى ٢٣ نقطة أو غير مقبولة Unsatisfactory بحصولها على ١٩ نقطة .

وبالنسبة لمنتجى ومستهلكى الحبوب الغذائية نلاحظ أن أهم عوامل الجودة هى Plumpness و Soundness والنظافة Cleanliness والجفاف Dryness

ونقاوة الصنف Purity of type والحالة العامة General condition للحبوب .

ويلاحظ أيضاً أن بالتوسع فى النظام الاوتوماتيكى automation فى مطاحن الدقيق وهذا النظام آخذ فى الانتشار التدريجى فعلا حالياً ، تزداد الحاجة إلى استخدام الضوابط الأوتوماتيكية ووسائل مراقبة الجودة أوتوماتيكيا Continuous and automatic controls وفى المخابز الأوتوماتيكية الحديثة Mechanized large – scale baking وخاصة التى تتبع الطريقة المستمرة Continuous Process أصبحت هناك حاجة ماسة لاستخدام طرق التحليل الأوتوماتيكية وعلى سبيل المثال تستخدم حالياً البوشل ماستر The Bnshelmaster ومعها ميزان أوتوماتيكى فى تسجيل الوزن النوعى للحبوب بصفة مستمرة والمثال الثانى هو استخدام معدات تقدير الرطوبة أوتوماتيكيا وأخرى لتنظيم كمية الماء المضافة أثناء عملية تكييف القمح أوتوماتيكياً ، وثالثة لتنظيم انسياب حبوب القمح وقد ابتكر مامبيس وسبرجاكوف Mambis and Sibirjakov آلات لأخذ عينات الحبوب المطحونة أوتوماتيكيا واختبار هذه العينات بالمناخل وضبط المسافة بين السلندرات تبعاً لنتيجة الأختبار بالمناخل أوتوماتيكيا . والمثال الأخير هو استخدام جهاز السيمونيتر Simonitor مع وحدة أخذ العينات الأوتوماتيكية لتقدير لون الدقيق بصفة مستمرة أثناء مراحل الطحن وبالتالى إعطاء إشارة فى حالة حدوث اختلاف عن اللون المحدد ، كما قد يتولى الجهاز تغيير اتجاه الدقيق المخالف بمجرد ظهوره منعا للخلط .

وتتصف الطرق الأوتوماتيكية لمراقبة الجودة بانخفاض نفقاتها وبسرعتها وبارتفاع كفاءتها .

(ثانيا) اختبارات منتجات الألبان :

اللبن ومنتجاته كالقشدة واللبن المكثف واللبن المجفف والزبد والجبن

والمنتجات المجمدة والمنتجات الخاصة المعاملة بالأحياء الدقيقة ، لها وضع خاص فى مجال مراقبة الجودة إذ يستند أولاً إلى تركيبها والناحية الصحية الميكروبية بينما تأتى الأختبارات الحسية ، كالمظهر واللزوجة والنكهة ، فى المرتبة الثانية . وتمثل الاختبارات الحسية المكانة ، الأولى فى اختبارات مراقبة الجودة فى حانة منتجات الألبان المعاملة Processed وخاصة المنتجات المجففة . وتنحصر اختبارات الجودة فيما يلى :

١ — الوزن النوعى ، أى الحمض غير الذائب Insoluble acid وقيمة رايخارت — ميزل Reichert – Meissl وقيمة بولنسك Polenske Value وعدد كرشنر kirshner Number والحامض الذائب Soluble acid

٢ — المواد الصلبة الكلية .

٣ — الدهن وثوابته — وهى الوزن النوعى (١٥°م) ومعامل الانكسار (٦٠°م) ونقطة الانصهار (°م) ونقطة التجمد Solidifying Point (°م) والعدد اليودى Iodine number ورقم التصبن Saponification number ورقم هنر . Hehner No

٤ — نقطة التجمد .

٥ — تقدير كمية الماء المضافة .

٦ — الحموضة الكلية فى صورة حمض اللكتيك — أو كمية محلول القلوى التى تلزم لمعادلة كمية معينة من اللبن . وهذه الحموضة الكلية Total titratable acidity تشمل الحموضة الطبيعية أى إلا Natural or initial acidity والحموضة المنتجة Developed acidity . فالحموضة الأصلية تشير إلى التفاعل الحمضى لمكونات اللبن من ثانى أكسيد الكربون وحامض ستريك والبومين وكازين وفوسفات كلور وحمض اللكتيك الموجودة وقيمة إجراء تقدير الحموضة الكلية . أما الحموضة المنتجة فتمثل الحموضة

التى تزيد على الحموضة الأصليةالطبيعية والتى نتجت عن تحول الكتوز إلى حمض لكتيك بتأثير التخمر .

٧ ــ النتروجين الكلى أو البروتين الكلى .

٨ ــ الكازين Casein

٩ ــ الألبومين

١٠ ــ المواد النتروجينية غير البروتينية .

١١ ــ اللكتوز .

١٢ ــ المواد المعدنية .

١٣ ــ حامض الستريك .

١٤ ــ المواد الغريبة .

١٥ ــ المواد الحافظة والمواد المضافة .

١٦ ــ Radionuclides

١٧ ــ اختبار الفوسفاتيز Phosphate test للتعرف على كفاءة البسترة Pasteurization control

١٨ ــ الفحص البكتريولوجى بطريقة الاجار Agar Plate Method و Viable counts واختبار بكتريا القولون Coliform test .

١٩ ــ اختبار جربر Gerber Method للبن المضاف إليه شيكولاته Chccolate mil وبعض المنتجات الأخرى .

٢٠ ــ بعض الاختبارات الأخرى التى تستخدم فى حالة الألبان غير العادية abnormal مثل اختبار صلاحية التخزين Storage quality test وتقدير الدهن فى اللبن المجنس وطريقة اللاكتومتر Lectometr c merh لتقدير جوامد اللبن ، وتقدير النزنخ التحللى

Hydrolytic rancidity واختبار وجود المبيدات الحشرية Pesticide residue واختبار كاليفورنيا California Mastitis Test واختبار الكتاليز واختبار Modified Whiteside Tets واختبار وسكونسن Wisconsin Mastitis Test و Total somatic cell measurements واختبار بابكوك Babcock test للدهن فى اللبن وتقدير المورته Curd فى الزبد وفى صورة كازين ورماد وملح ، واختبار الترسيب Sediment Test لعزل المواد الغريبة فى الزبد ، وطريقة موجونير Mojonnier Method للدهن فى الجيلاتى ، والتحليل الكروماتوجرافى لتقدير السكريات فى الجيلاتى .

(ثالثاً) اللحوم ومنتجاتها :

تتعلق اختبارات الجودة فى مجال اللحوم ومنتجاتها بالتعرف على مدى مطابقة المنتجات للمواصفات Legal or regulatory Standards وكذلك ضمان الثبات والتطابق أو التماثل فى المنتجات وتحقيق تقبل المستهلك لها .

ودرجات اللحم Grades تتحدد بمعرفة جهاز الرقابة الحكومى . أما الناحية الصحية Wholesomeness والميكرو بيولوجية فتجرى بشأنها اختبارات الجودة التالية :

١ — الطفيليات Parasites مثل الديدان الشريطية Trichinella spiralis التى تباد بالتسخين على درجة حرارة لاتقل عن ١٣٧° ف أو بالتجميد على درجة ٢٠ تحت الصفر الفرنهيتى لمدة ٦ أيام إذ كان سمك قطع اللحم لايتجاوز ستة بوصات أو لمدة ١٢ يوماً إذا كان السمك من ٦ — ٢٧ بوصة أو على درجة ٢٠ تحت الصفر الفرنهيتى لمدة ١٠ أيام للسمك الصغير أو ٢٠ يوماً للسمك الكبير ، أو على درجة ٥° ف لمدة ٢٠ يوماً للقطع القليلة السمك أو ٣٠ يوماً للقطع كبيرة السمك .

٢ — الاختبارات الميكروبيولوجية مثل العد الكلى Total Plate Count

واختبار وجود الأحياء الدقيقة المنتجة للغازات فى اللحوم المعلبة واللحوم المسواة ، واختبار بكتريا القولون Coliforms واختبار وجود السالمونيلا Salmonellae السامة واختبار وجود الميكروبات العنقودية Staphyloco-ccus مثل S.aurens السامة واختبار وجود بكتر التسمم البوتوليني Clostridium botulinum السامة أو Cl. perfringens وتعطى عناية خاصة لاختبارات البكتريا الثرموفيلية فى اللحوم المعلبة .

٣ ــ الاختبارات الكيميائية وتشمل تقديرات الرطوبة والدهن والبروتين والنشويات والكلوريدات والحموضة الكلية والحموضة الفعلية pH وقدرة الاستحلاب Emulsifying capacity .

٤ ــ الاختبارات الحسية وهى قسمان .

(ا) المتعلقة بالمظهر العام General appearance كاللون والليونة Tender- Juiciness ness والنكهة Flavour .

(ب) المتعلقة بالمحافظة على الجودة Quality maintenance سواء أثناء النقل أوالتخزين أو التوزيع . فاللحوم قد تفسد أثناء التخزين سواء بفعل الكائنات الحية الدقيقة أو بفعل الأنزيمات مالم تضبط درجة الحرارة ويتحكم فى جو التخزين . ويبدو أن التحكم فى ظروف التخزين يفيد لحد ما . إلا أن الفساد قد يسير ببطء رغم ضبط درجة الحرارة والتغليف Packaging على درجة حرارة منخفضة تصل إلى ــ ٣٠°ف . ويلزم مراعاة النظافة .

(رابعاً) الدواجن والبيض ومنتجاتها .

تطبق عادة نظام التدرج Grade standards على الشكل الخارجى للبيض للتعرف على درجة الجودة الخارجية Exterior quality وهذا يشمل لون القشرة ghell colo الذى لايعتبر أحد صفات الجودة فى البيض

لأنه لايؤثر فى درجة جودة الجزء الصالح للأكل ، ولهذا لايدرج لون القشرة ضمن المواصفات القياسية للبيض . ويشمل شكل Shape وقوام texture القشرة إذ يلزم أن يكون شكل القشرة عادياً ، أى بيضاوياً وأحد الطرفين أكبر من الآخر مع خلو القشرة من مناطق أخشنة ومن يقع لينه . ويشمل سلامة Soundness القشرة إذ تكون سليمة Sound أومشققة Checked أو مكسورة Cracked أو مهشمة Smashed أومنفذه Leakinng ويشمل نظافة Cleanliness القشرة وخلوها من المواد الغريبة ومن البقع ومن بهتان اللون ويشمل سمك Thickness القشرة الذى يمكن قياسه بالميكرومتر paper thick ness micrometer بطريقة كلباتريك kilpatrick . ويشمل الوزن النوعى Specific gravity الذى يقدر بطريقة الطفو فى مجموعة من المحاليل الملحية طبقاً لقاعدة أرشميدس . ويشمل تقدير النسبة المئوية للقشرة ويشمل تقدير القوة force اللازمة لشرخ crack قشرة البيضة . ويعرف ذلك بالإصطلاح Impact strength ويشمل تقدير قوة التهشيم Crushingstrength بطريقة فراناك Frank et al أو بطريقة Allo-kramer Shear Press .

أما صفات الجودة للجزء الداخلى Interior quality فتقاس بالطرق الحسية أو بالطرق الآلية . فالاختبارات التى تعتمد على الأشخاص تشمل Candling واختبارات Break-out tests و Van Wagenen Chart و USDA Chart أما الطرق الآلية فتشمل تقدير كل من الصفار Yolk والبياض Albumen ودرجة جودة البياض Haug unit measurement of albumen quality.

ولأهمية صفات التجمع Coagulation وتكوين الرغوة Foaming والاستحلاب فى البيض مما يدعو لإضافته فى كثير من المخاليط الغذائية ، فقد تضمنت اختبارات جودة الجزء الصالح للأكل من البيض الاختبارات التالية :

(أ) إختبارات التجمع :

١ ــ إختبار خط الانتشار Line Spread Test وفيه يقاس مدى تحرك الكاستارد على لوح زجاجى مثلث فوق دياجرام مخطط .

٢ ــ Percentage of Sag Test وفيه يقاس عمق الكاستارد المطهية عند أعمق نقطة ، ثم تقلب قطعة الكاستارد على طبق مسطح ويعاد قياس العمق عند أعمق نقطة وبعدها تحسب النسبة المئوية للـ Sag .

(ب) إختبارات تكوين الرغوة وذلك بتقديرها على أساس أثرها فى تكوين كيك الملاك فيصنع كيك الملاك الصغير Micro Angel Food Cake من المكونات التالية :

البومين بيض	٣٠ جرام	سكر	٣١ جرام
كريم طرطرات	٤٥و٠جرام	ملح طعام	١٥ و ٠ جرام
		دقيق كيك	١١ جرام

ويقاس حجم Volume الكيك الناتجة باستخدام بذور rapessed ثم تقطع الكيكة بالسكين الحادة ويطبع السطح الداخلى بالحبر على الورق للحصول على بصمة ink print تعبر عن القوام Cake texture ويجرى إختبار امتصاص الماء على مكعب أبعاده نصف بوصة تقريباً يؤخذ من مركز قالب الكيك المخبوز ويوزن ويوضع فى الماء لمدة عشر ثوان ويترك للتصفية مدة عشر ثوان أخرى مثل أن يعاد وزنه وتحسب النسبة المئوية لتشرب الماء بقسمة الوزن الرطب على الورق الأصلى للمكعب الكيك . وأخيراً يجرى اختبار الذوق على الكيك .

وهناك اختبار مباشر مثبت فيه ظروف الحرارة والزمن وسرعة الضرب

Beating speed وحجم الألبومين ونوع المضرب ثم يقاس عمق depth طبقة الرغوة المتكونة على السطح بواسطة مسطرة للاستدلال على حجم الرغوة . ويلى ذلك نقل الرغوة بملعقة من الكاوتشوك إلى مخبار مدرج وتركها لمدة ساعة ثم قراءة الرغوة ويقدر ثبات Stability رغوة البيض الكامل ، كما يقدر الوزن النوعى للرغوة أو لعجينة الكيكة .

(جـ) تقدير اللزوجة .

(د) تقدير الحموضة الفعلية pH .

(هـ) تقدير صفات الاستحلاب Emulsifying properties .

(و) تقدير جودة صفار البيض Yolk performance حيث يعتقد أن صفار البيض ذا اللون Light-coloured يعطى كعكاً أفضل من نظيره الناتج باستعمال صفار بيض داكن Dark-coloured من وجهة المظهر والقوام نظراً لأن الكيك الأسفنجى المصنوع من استعمال صفار بيض داكن اللون يكون أكثر رطوبة more moist ويصنع هذا الكيك الأسفنجى من الخلطات التالية : —

صفار بيض	١١٥ جرام
سكر	٢٠٠ »
ماء يغلى	١٠٠ »
دقيق كيك	١٤٠ »
مسحوق خبيز	٦,٥ »
ملح طعام	٣,٠ »

ويقدر الحجم وقوام الكيك بنفس الطرق سالفة الذكر .

ومنتجات البيض مثل البيض الكامل المجمد والبياض المجمد والصفار المجمد المضاف إليه سكر والصفار المجمد المضاف إليه ملح طعام ، والبيض

الكامل المجمد والبيض الكامل المدعم fortified المجمد وجوامد الألبومين، تقيم بالطرق الكيميائية بتقدير المادة الصلبة الكلية ونسبة الدهن الملونة لبياض البيض ولون الصفار ونسبة كل من السكر وملح الطعام . كما يجرى على هذه المنتجات اختبار تذوق لمعرفة مدى تقبله Palatabdility وتجرى الاختبارات الميكروبيولوجية للعد الكلى وعد بكتريا القولون وعد الخميرة والفطر وعد الميكروبات العنقودية .

٢ ــ لحم الدواجن :

تبدأ مراقبة الجودة بفحص الطيور flocks عند استلامها من وجهات Flesning و finish و Conformation و Pin feather and hair و bruising فى كل من اللحم والجلد وكسور العظام وعدم التئامها bisjointed and broken bones وعدم كفاية تصفية الدم Misbled birds و barking والأعراض المرضية الخارجية Ecxternal disease symptoms وتغير اللون discolration والسلعة Scalding والجروح والتمزقات Cuts and tears وظهور لون الصبغات Pigmentation و Breast blisters و Sores .

ويلى ذلك اختبارات المحصول Yields ويشمل :

١ ــ امتصاص الماء . Water absorption

٢ ــ Eviscerated yields وهذا يتباين تبعاً للسن والجنس والحجم والسلالة وطريقة الذبح وطريقة إزالة الأحشاء والتغليف والتبريد ونوع الطائر .

٣ ــ إختبار التقسيم Cut-up yields حيث تتباين رغبات المستهلكين بالنسبة للقطع المختلفة الناتجة من تقسيم جسم الطائر .

٤ – إختبار محصول الطهى Cooking yields والكمية من اللحم المطهى الصالح للأكل تتأثر بالعمر والحجم والسمنة وهدة الطهى ودرجة الحرارة وطريقة الطهى .

أما الدجاج المطهى فتجرى اختبارات الجودة على لحومه ما يلى :

١ – الليونة Tenderness

٢ – العصيرة Juiciness إذ أن قطع اللحم العصيرة تكون عادة أكثر ليونة من غير العصرية .

٣ – اللون الذى يقدر بالفحص بالعين المجردة أو باستخدام جهاز جاردنر أو جهاز هنتر لمقارنة الألوان .

٤ – النكهة .

وتقيم لحوم الدواجن بالطرق الكيميائية التالية أيضاً : –

١ – تقدير الرطوبة .

٢ – تقدير الدهن الخام أو مستخلص الإيثير .

٣ – تقدير البروتين .

ويشمل تقييم لحوم الدواجن إجراء الاختبارات الميكروبيولوجية التالية : –

١ – العد الكلى للأحياء الدقيقة فى وحدة السطح أو فى جرام واحد من اللحم أو فى ملليلتر السائل drip المنطلق من اللحم .

٢ – تقييم الرائحة بمعرفة الفاحصين لعلاقتها بالكائنات الحية الدقيقة .

وفى النهاية يجرى اختبار التذوق Taste Panel Testing

(خامساً) إختبارات الفاكهة والخضروات :

مراقبة الجودة على الفاكهة والخضروات تبدأ فى المزرعة فالمنتج يستخدم اختبارات الجودة للحكم على صلاحية مستوياته من بذور وأسمدة ومبيدات وغيرها مثال ذلك اختبار نسبة الإنبات فى البذور ونسبة المواد الغريبة الغير ضارة وحجم الحبة أو عدد الحبوب فى حجم معين ونسبة ونوع بذور الحشائش . وتختبر الأسمدة من وجهة حجم الحبيبات ونسبة الرطوبة ونسبة المادة المعدنية المرغوبة ونسبة المادة المعدنية غير المرغوبة وتختبر المبيدات للتأكد من كفاءة المادة الفعالة وغياب المواد غير المرغوبة .

وتستمر اختبارات الجودة خلال مرحلة النمو ليسترشد بها فى تحديد حاجة النباتات إلى مزيد من الماء أو متابعة تأثير بعض الكيماويات على مكونات الثمار أو على مظهر الثمار قبل وبعد تصنيعها أو على حجم وشكل النبات أو على اللون أو على قوام الثمار أو على النكهة .

وتفيد اختبارات الجوده فى تحديد الوقت المناسب للحصاد ، هذا فى حالة عدم تحديد وقت الزراعة المناسب للحصول على المحصول فى وقت معين . وفى هذا المجال يمكن الاستفادة من طريقة Temperature Summation Procedure وأهم اختبارات مراقبة الجودة التى تجرى على الفاكهة والخضروات قبل الحصاد Preharvest أى فى الحقل هى الحجم بالغرابيل Sieve size للبسلة ، والطفو فى محلول ملحى للبسلة والاختبار بجهاز Maturometer أو جهاز Qualitometer أو جهاز Texture meter للبسلة ، أما الفاصوليا الخضراء فيجرى عليها اختبارات الحجم بالغرابيل والنسبة المئوية للبذور والاختبار بجهاز Qualitometer Fiber Pressure tester وفاصوليا اللما يقدر بها نسبة الأبيض Percentage White أو المجعد Wrinkled وتختبر آلياً بجهاز Qualitometer وتدرج حجمياً بالغرابيل ويجرى عليها

اختبار الطفو . والذرة السكرية تختبر بجهـاز Puncture tester أو بالرمزاكتومتر أو بجهاز Succulometer وتقدر نسبة Percentage cut- off ويقاس حجم الكوز وحجم الحبة . والطماطم يقدر بها نسبة الجزء الصالح Percentage usable ويقاس اللون الداخلى بجهاز منسل Munsell وتقدر النسبة المئوية للجزء المتجاوز درجة النضج Percentage over-ripe ونسبة الجزء الغير ناضج Percentage immature والسبانخ يقدر حجم أوراقها وتختبر بجهاز Qualitometer والتفاح والخوخ ويختبران بجهـاز Pressure testerوبجهاز Qualitometer وبجهاز Mechanical thumb والكريز والشليك يقدر بهما نسبة الأحمر Percentage red ويختبران بجهاز Qualitometerوبالرمزاكتومتر وبالابهام الميكانيكى Mechanical thumb والبطاطا يقاس حجمها . والبنجر يقاس حجمه ويختبر بجهـاز Qualitometer والخس تفحص أوراقه ويختبر بالإبهـام الميكانيكى والاسبرجس يقدر ارتفاعه فوق سطح الأرض ويختبر بجهاز الضغط Fiber pressure tester ويقاس طول الجزء الأخضر ويختبر بجهاز Qualitometer والكانتلوب Cantaloupes تفحص بقايا الساق ويختبر بالرمزاكتومتر وبايد رومتر البركس وبالابهام الميكانيكى .

ويتضح إذن أن مراقبة الجودة فى مجال الناكهة والخضروات تطبق فى المراحل التالية :

١ — مراقبة الجودة فى الحقل Field Testing

٢ — مراقبة الجودة فى مرحلة الحصاد Harvest Control

وهاتان المرحلتان سبق شرحهما .

٣ — مراقبة الجودة فى مرحلة الاستلام Acceptance inspection فالمواد الخام وغيرها من المواد التى ترد إلى مصانع الأغذية يلزم فحصها

وهذا يمثل أهم مراحل جهاز مراقبة الجودة فى مجال التصنيع الغذائى . فهذه الاختبارات هى التى تحدد قبول أو رفض الخامات وتحدد الطريقة المناسبة لتداول وتصنيع واستخدام المواد الخام ، كما تلقى الضوء على تكهنات بدرجة جودة الناتج النهائى . وتشمل الاختبارات ما يلى :

١ ــ تقدير المكونات الكيميائية الغذائية Chemical-nutritional Components لأهميتها من الوجهات الغذائية والاقتصادية والحسية . وأهم التقديرات التى تجرى هى تقدير نسبة الرطوبة ويلى ذلك نسبة المواد الصلبة غير الذائبة ونسبة المواد الصلبة غير القابلة للذوبان فى الكحول ونسبة المواد الصلبة الذائبة والحموضة ونسبة السكر للحامض Sugar : acicd ratio والكثافة Density ووزن الكمية التى تملأ وحدة حجمية متفق عليها وهذا مايعرف باسم Bulk density والعصير Succulence ونسبة الألياف والنسبة المئوية للجزء المفيد Percentage of recovery أو بمعنى آخر النسبة المئوية الجزء المستبعد disposed فى صورة فضلات waste .

٢ ــ الاختبارات الميكانيكية Mechanical tests مثل آلات الضغط ressure testers والإبهام الميكانيكى وجهاز Tenderometer وجهاز Shear-press وآلة Succulometer وجهاز التعرف على العصار Juice extraction ومعرفة مدى حدوث تغير الشكل Permanent deformation فى البصل أثناء التخزين بتأثير وضع كميات من البصل فوق بعضها .

٣ ــ تقدير الحجم فى صورة عدد الوحدات فى وزن معين أو حجم معين ، كأن يقدر عدد ثمار البرتقال التى يمكن تعبئتها فى صندوق ذى حجم معين ، أو تقدير عدد التفاح التى تملأ بوشل أو عدد الثمار فى كل مائة رطل وقد يقدر الطول أو القطر أحياناً . فقط التفاح يقاس عموديا على محور الثمرة .

٤ ـ تقدير اللون على السطح Surface colour وتقدير اللون الداخلى Internal colour للتفاح المقشور مثلا . ويقدر اللون بقياس الانعكاس الكلى Total raflection أى Lightness or darkness وتقدر الصبغات Pigments وقد تستخدم نماذج Models للمقارنة .

٥ ـ فحص العيوب Defects ، كالحشرات Insects والأمراض diseases والعيوب الفسيولوجية Physiological defects والعيوب الميكانيكية Mechanical defects .

وينصح دائماً بعدم الاعتماد على اختبار واحد لتقدير درجة الجودة فمن الأفضل إجراء مزيد من الاختبارات . لكنه فى حالات قليلة ونادرة يكتفى بتقدير الحد الأدنى من عوامل الجودة . « the Worst offender »

رابعاً مراقبة الجودة فى التصنيع Process Control :

تراقب عمليات التصنيع بصفة مستمرة للتأكد من كفاءة العمليات ولضمان الوصول إلى النتائج فى حالة مطابقة للمواصفات وقد تستمر المراقبة أيضاً بعد الحصول على النتائج حتى تتم تعبئة أوتخزين المحصول ، كأن تقاس درجة الحرارة فى حالة تبريده مبدئياً Precooled وكأن تقدر كمية الكبريت المتبقية فى الناتج عقب كبرتته للتأكد من سلامة العملية : إذ أن قلة كمية الكبريت المضاف تؤدى إلى قصر مدة القابلية للتخزين Shelf-life بينما زيادة الجرعة المضافة تحدث تغيراً فى النكهة Off-flavor أو تغيراً فى اللون discoloration storage .

وأثناء التخزين Storage تفحص درجات الحرارة والرطوبة والمواد المتطايرة Volatiles لضبطها تحاشياً لحدوث الفساد . ويجرى على المواد المخزنة المبردة اختبارات تغير الوزن ونمو الفطريات أو حدوث العفن

وانتشار الحشرات أو القوارض وتغير النكهة . أما فى حالة المنتجات المجمدة فلا يلتفت إلى العفن أو الحشرات أو القوارض ، بل يلتفت باهتمام إلى الفقد فى الوزن Weightoss والتلف التجميدى freezer burn لأهمية هذين الحدثين ، كما نلاحظ أنه قد يحدث تغير فى النكهة واللون .

وأثناء التصنيع والتغليف تراقب المواد عقب كل وحدة عمل Unit Operation Inspection فعلى سبيل المثال عند تعليب الطماطم الكاملة المقشورة تختبر الطماطم عقب الفرز Sorting للتأكد من عدم وجود بقايا قشور ملتصقة adhering peel والمحور Cores أو عيوب أخرى . ثم يختبر جزء من عصير الطماطم المحضر ليضاف إلى الطماطم فى العلب للتأكد من خلوه من الفطريات ومن Fly-egg .

ويلى ذلك وزن عدد من العلب المعبأة يساوى عدد رؤوس ماكينة الملأ لمعرفة الوزن المعبأ Put-in Weight ثم تصب محتويات العلبة على منخل رقم ٤ 4-mesh screen وتترك للتصفية مدة دقيقتين بعدها توزن الكمية المتبقية فوق المنخل لمعرفة الوزن المصفى drained Weight ويراعى مداومة مراقبة ماكينة القفل طول فترة عملها ، وتسحب بعض العلب من وقت لآخر أثناء العملية للتأكد من سلامة القفل Closure .

وبالنسبة للخضروات المجمدة يلزم التأكد من كفاية عملية السلق blanching باستمرار بتقدير نشاط الكتاليز والبروكسيديز ، وبصفة عامة تكون محطات التفتيش Inspection points or Stations أثناء تصنيع الفاكهة والخضروات هى : — (١) عقب التجهيز trimming والفرز Sorting والتقطيع Communiting ، فتفحص العيوب والمواد الغريبة و Workmanship ، (٢) عقب التسخين الابتدائى Preheating والمزج blending والتركيز ، فتختبر الصلابة Consistency or firmness والمواد الصلبة الكلية والحموضة وحجم القطعة Particle size ونشاط الإنزيم ،

(٣) عقب الملأ فيختبر الوزن المعبأة والحجم و الوزن المصفى ، (٤) عقب القفل تختبر العبوات للتأكد من سلامة القفل .

وتفحص الفاكهة والخضروات الطازجة لعزل وتميز القاذورات filth والحشرات وعقب الفرز يعاد الفحص لمعرفة ما إذا كانت الفطريات وأجزاء وبيض الحشرات مازالت موجودة ، وتجرى الفحص بطريقة الطفو Oil Flotation Method أو بطريقة هـــوارد The Howard Mold Count أو بطريقة ستلرازبورجروسيجل Strasburger and siegel لكشف البيض والبرقات Fly Eggs and Larvae .

وعقب السلق يجرى على الخضروات اختبار نشاط الكتاليز واختبار نشاط البيروكسيديز للتأكد من كفاءة عملية السلق ، إذا كان الغرض من إجراء السلق هو قتل الإنزيمات . وفى حالة إجراء السلق بقصد تليين القوام تختبر المادة المسلوقة اختباراً ميكانيكياً . وكثيراً مايستخدم جهاز أدمز Adams Consisto – meter وجهـــاز بوستويك The Bostwick Consistometer .

وعقب الخلط أو المزج أو الجرش أو الطحن أو الفرم قد يكون من الأهمية تقدير حجم الحبيبة أو القطعة Particle size للتعرف على التحبب Salviness – graininess وفى حالة التقطيع تفحص القطع من وجهة الحجم باستخدام غرابيل مرقمة .

ويجرى اختبار الجزء المصفى المغسول Washed, Drained Residue (WDR) على منتجات الفاكهة لمعرفة ما إذا كان الجزء من الفاكهة الموجود فعلا فى حدود النسبة المقررة . ويجرى هذا الاختبار على الفطائر المحشوة بالفاكهة وعلى العصير المحتوى على قدر معين من اللب والخلايا العصيرية Juice cells فتصب العينة فى منخل رقم ٨ 8 mesh وتغسل بتيار من الماء الطود الأجزاء ذات القطر الأصغر من ثمن بوصة سواء كانت سائلة أم صلبة ، والإبقاء على الأجزاء التى يبلغ قطرها ثمن بوصة أو أكثر فوق المنخل .

أجزاء الحشرات الملونة للمادة الغذائية

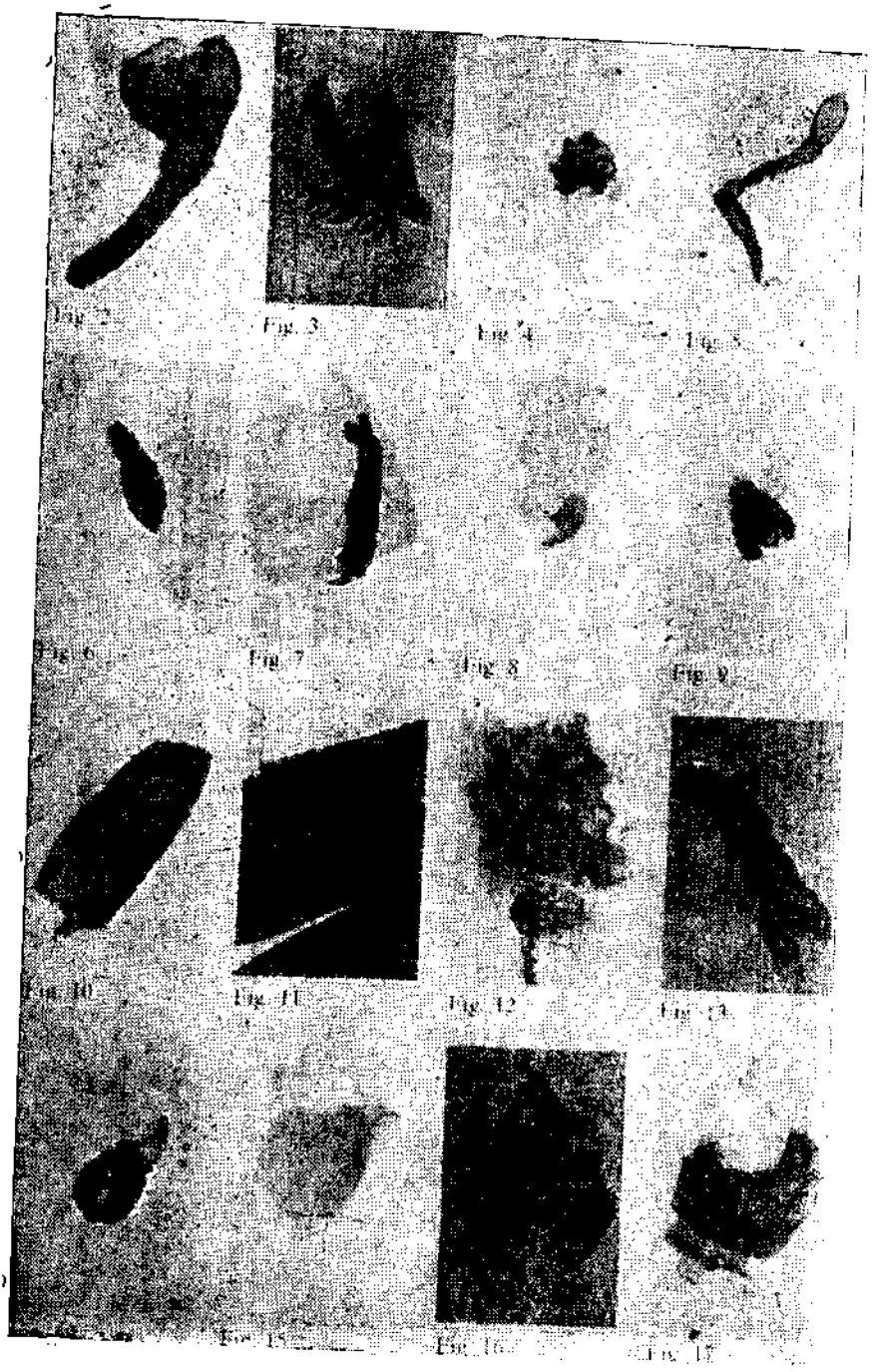
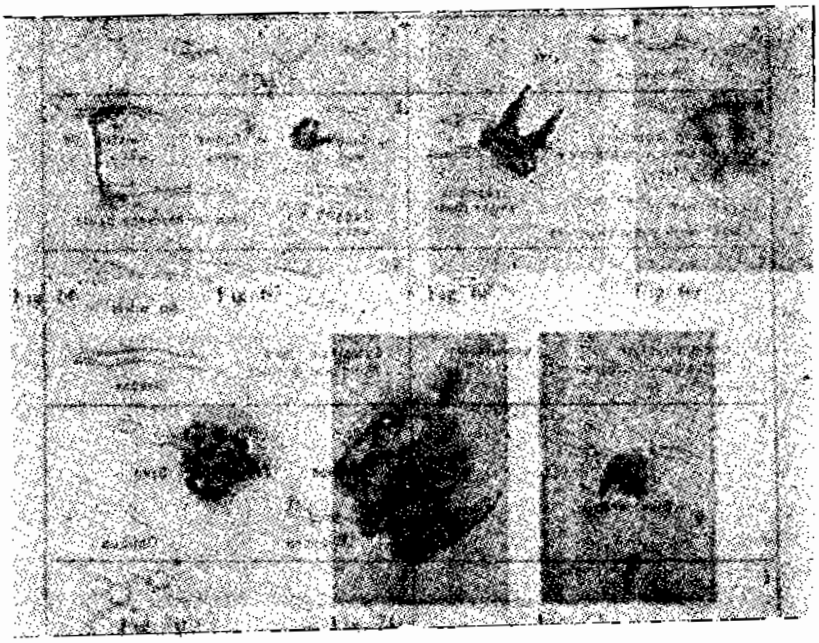


Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 15
Fig. 16
Fig. 17



Rodent guard hair

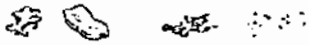
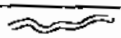
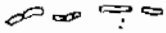
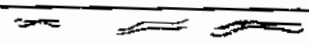
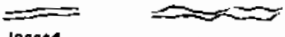
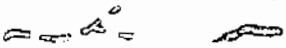
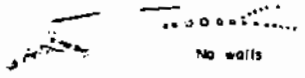
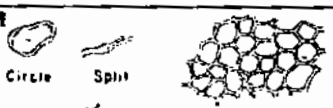
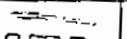
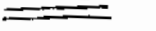
Rodent fur hair

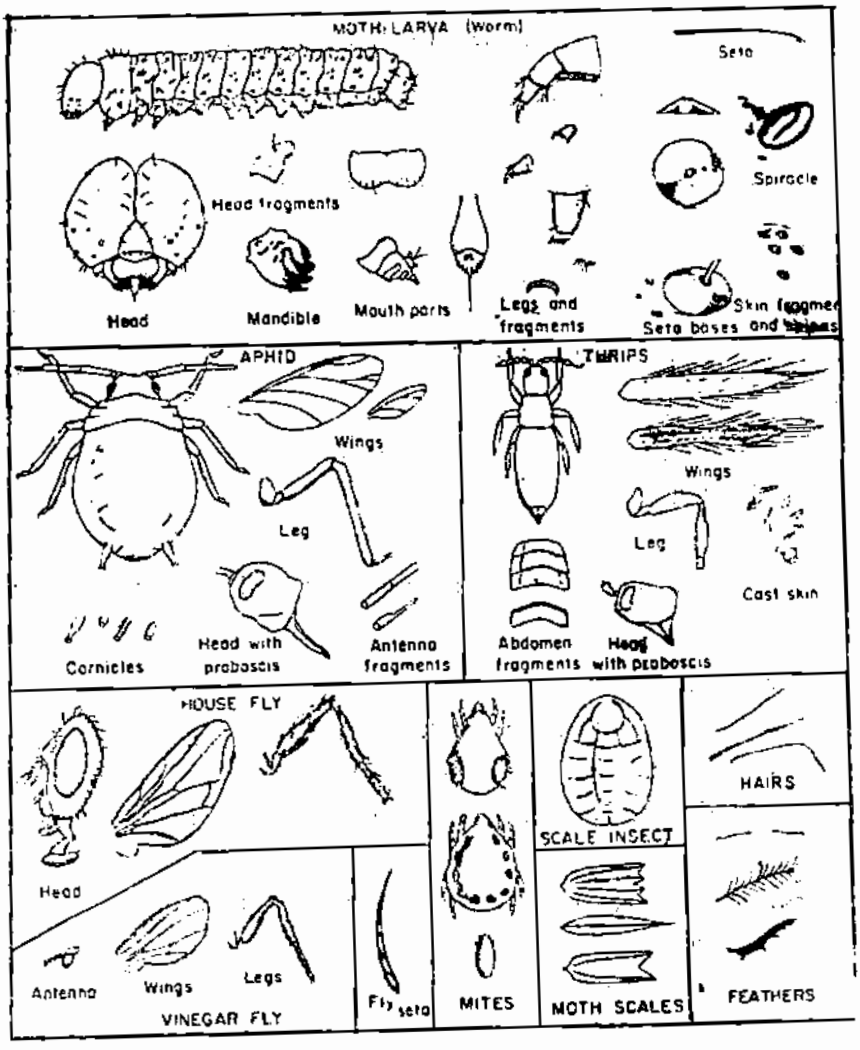
Rabbit guard hair

Cat fur hair

Internodes

Rabbit fur hair

Characteristics of mold	Characteristics of structures which are not mold
A Thin tube	A  Other forms
B  Two smooth, parallel walls of similar appearance and sharp focus  Exceptions slight taper Walls with chain structure	B  Single wall Faded walls Twisted walls  Jagged walls Irregular distance apart
C  Chain structure (Cytoplasmic coagulation) Granulation	C  No walls Cytoplasm and walls not distinct Streaks
D Blunt ends	D Pointed Frayed Split Widened Oblique
E Clear angle of branches Free branches	E  Circle Split Frayed Fused branches and network
F Irregular branching  Exceptions straight	f Small curves  Long and straight, stiff
E Empty walls	


MOTH LARVA (Worm)
Seta
Spiracle
Head fragments
Head
Mandible
Mouth parts
Legs and fragments
Seta bases and
APHID
Wings
Leg
Cornicles
Head with proboscis
Antenna fragments
THRIPS
Wings
Leg
Cast skin
Abdomen fragments
Head with proboscis
HOUSE FLY
Head
Antenna
Wings
Legs
VINEGAR FLY
Fly seta
MITES
SCALE INSECT
MOTH SCALES
HAIRS
FEATHERS

أسماء أجزاء الحشرات الملونة للمادة الغذائية

DESCRIPTION OP PICTURES

1. Common species of the stored products group, adult forms only.
2. Adult head with prolongated snout.
3. Adult maxilla.
4. Adult mandibles.
5. Adult antenna.
6. Adult, apical antennal segment.
7. Adult tibia.
8. Apex of tibia.
9. Third bilobed tarsal segment with minute forth in the concavity.
10. Adult clytron
11. Elytral pattern or sculpture.
12. Sculpture and setae.
13. Adult tarsus with last apical clawed segment absent.
14. Coxa.
15, 16, 17, 18, 19, and 20. Coxal fragments common.
21. Trochanter.
22. Mesonotum.
23. Metasternum.
24. Prothorax.
25. Mixcellaneous common weevil fragments.
26. Larval heap capsule.
27. Larvalfrons.
28, 29,and 30. Fragments of larval frons.
31. Labrum.
32. Gena.
33. Gena fragment.
34. Maxilla.

35. Maedible.
36. Larval maxilla enlarged.
37. Elytron.
38. Adult tibia.
39. Prothoracic fragment.
40. Antenna.
41. Subapical antennal segment.
42. Trochanter.
43. Labrum.
44. Mesonotum.
45. Clypeal–labral–epistomal complex of larva.
46. Lateral cranial margin of larva.
47. Larval clypeus–labrum.
48. Larval clypeal–labral sclerome.
59. Larva. Half of epistomal suture.
50. Larval mandible.
51. Larval gena.
52. Larval gena.
53. Larval epicranium with dorsal articulation and lateral ocelli.
54. Larval frons.
55. Larva.
56. Larva labrum.
57. Adult.
58. Larval mandible, Indian meal moth.
59. Adult head sapsulc with appendages removed.
60. Adult elytron, herdened outer wing cover.
61. Adlt antenna.
62. Intermediate antennal segment.
63. Adult mesonotum.
64. Larval head capsule.
65. Ventral surface of larval head.

66. Larval genal rod with minute antenna and maxilla attached.
67. Larval mandible.
68. Larval anal cerci.
69. Dorsal snrface of larval head.
70. Head capsule.
71. Lower surface of head capsule.
72. Mandible.

وتترك العينة للتصفية مدة دقيقتين تقريباً ، مع الاحتفاظ بالمنخل فى وضع مائل tilted Position بعدها يجفف القاع للتخلص من قطرات الماء ، ويوزن المنخل بمحتوياته ويعاد وزنة فارغاً لحساب الوزن المصفى.

وفى حالة المواد الرهيفة والمنتجات المعاملة حرارياً يفضل استبدال عملية الغسل بتيار من الماء على المنخل بوضع المنخل بمحتوياته داخل وعاء ممتلىء بالماء وهز المنخل بلطف وتكرار ذلك عدة مرات ، مع مراعاة استبدال الماء فى الوعاء بين كل مرة والأخرى ويستمر ذلك حتى يبدو الماء فى الوعاء رائقاً .

ويجرى اختبار Extrusion Test For Grain and Grit على بعض المواد مثل التفاح والمهروس apple sauce للتعرف على درجة التحبب crispness or graininess وهذا الاختبار يفيد فى حالة النبوذنج نظراً لأن وجود مواد غريبة لم تهرس أو وجود قطع من المادة الغذائية بحجم كبير لم تهرس يجعل الإحساس بالقوام غير مرضى . ووجود الأجزاء الكبيرة منتشرة فى كتلة المادة الغذائية يكون مرغوباً أحياناً كما هو الحال فى التفاح المهروس .

ويجرى الاختبار برفع extrusion المادة الغذائية خلال فتحة قطرها ثمن بوصة تحت تأثير ثقل معين .

وفى مرحلة التصنيع هذه أيضاً يراقب الوزن المعبأ fill-in weight أو الحجم المعبأ ويراعى عند التعبئة زيادة الوزن المعبأ بمقدار ٥٪ عن الوزن المحدد على العبوة لضمان بلوغ القدر المثبوت على العبوة . وكلما انخفضت هذه النسبة عن ٥٪ كلما زاد ربح المصنع ويقدر الوزن الصافى not weight والوزن المصفى drained weight ، كما يقدر fill or container or أو Percentage fill على المواد غير السائلة مثل المواد المجمدة فيقاس الحجم volume of contents بطريقة الإحلال displacement .

وفحوص الناتج النهائى Finished product Inspection تستلزم حجز عدد من عبوات كل دفعة Each code Iot للرجوع إليها مستقبلا فى حالة ظهور إعتراضات . وفى نفس اللحظة تفحص إحدى أو بعض العبوات ظاهرياً للوقوف على حالة العلب والبطاقات وغير ذلك . كما يجرى الاختبار الميكروبيولوجى مباشرة وخاصة بالنسبة للمواد غير الحمضية non-acid المعلبة والتى لن تخزن مجمدة ويلى ذلك إجراء بقية الاختبارات. فالمنتجات المعلبة canned تفحص من وجهات البطاقة والتفريغ واكتمال الطلاء بالقصدير وحجم الفراغ العلوى Head space وتركيز السائل بالبركسى وعدد أصناف الفاكهة فى كل علبة ووجود المواد الغريبة ودرجة نضج الثمار ولون العجينة المعبأة والوزن الصافى ووزن المتبقى المغسول واللزوجة أو القوام ونسبة المواد الصلبة غير الذائبة فى الكحول . والفاكهة المحفوظة كالشليك Strawberry preserves تفحص بطاقاتها ويقاس التركيز بالبركسى ويقدر الوزن الكلى والوزن المتبقى المغلسول واللون والقوام والحالة الخلية GeI character والتبلور Crystallization والمواد المجمدة ، كالبسلة ، تفحص بطاقاتها والناحية الصحية للعبوات وعدد الوحدات بكل وزن معين أو الحجوم تبعاً للفصل بالمناخل ، ونسبة الوحدات ذات اللون الدال على عدم اكتمال النضج ، والوقام والتبلور ونسبة المواد الصلبة غير الذائبة فى الكحول والمواد المجففة كالزبيب تفحص بطاقاتها وصناديقها والمواد المبطنة للصناديق والمواد المغلفة overwrap والوزن الصافى وعدد الوحدات فى وزن معين أو حجم معين والمواد الصلبة الكلية ، والمواد الغريبة ونسبة السكر للحامض واختبار الترسيب واللون ونسبة ثانى أكسيد الكبريت المتبقى ، وتغير النكهة والمواد المجففة الأخرى ، كشرائح البطاطس تختبر مدة تشربها Reconstitution time. كذلك تجرى اختبارات الكشف عن الغش .

ومن الاختبارات الشائعة تقدير الرطوبة ، وتقدير الليكوبين فى عصير

الطماطم ، وتقدير ملح الطعام ، وتقدير السكر وتقدير المواد الحافظة Preservatives وتقدير المواد الملونة الصناعية .

(سادساً) اختبارات منتجات الموالح :

مراقبة الجودة فى منتجات الموالح Citrus producte لها أثر فعال فى رواج هذه المنتجات وزيادة استهلاكها والعوامل المؤثرة فى الجودة متنوعة فتتضمن النكهة واللون والحموضة الكلية ودرجة البركسى والثبات physical stability والقيمة الغذائية وأشهر هذه المنتجات هى عصير البرتقال المركز المجمد وخليط عصير البرتقال والجريب فروت المجمد ومركز الليمونادة Iemonade المجمد ومركز الليمون Iimeade المجمد وعصير برتقال معلب مجمد وعصير برتقال معلب وعصير برتقال مبستر وعصير برتقال محضر من المركز ومزيج عصير ى البرتقال والجريب فروت المعلب وعصير الجريب فروت وعصير اليوسفى المعلب وعصير الليمون Iemon المعلب وعصير البرتقال المجفف وعصير الجريب فروت المجفف .

وتعتمد مراقبة الجودة فى هذا المجال أساساً على الاختبارات الحسية فيجرى اختبار تذوق بواسطة حكام أو حاكم واحد للمقارنة بعينه مثالية reference وباتباع إختبارات التقبل acceptibilitg tests وما تزال المعلومات عن مكونات ومسببات النكهة فى منتجات الموالح غير كافية ليتحدد بموجبها الطرق العلمية المناسبة لاختبارات الجودة فى هذه المنتجات ومن المألوف فى مصانع منتجات الموالح إجراء التقييم أسبوعياً بواسطة عمال وموظفى المصنع بالإضافة إلى الزوجات وباتباع اختبار المقارنة multiple comparison tests فكل فاحص tester يعطى العينة درجة رقمية numerical rating ينحصر بين ٩ للعينة الممتازة excellent وواحد للعينة الرديئة very poor وبإجراء هذه الاختبارات على عينات المصانع المختلفة بمعرفة أحد أجهزة الرقابة والمتابعة الحكومية يمكن تحديد المجال range الذى تقع فيه نوعية

عينات كل منتج على حده وكذلك تحديد المقارنة بين عينات المصانع المتنافسة مع مراعاة ترقيم العينات coded بحيث يتعرف كل منتج على رقم عينته ودرجتها coded ratings لكنه لايسمح له بالإطلاع على رقم العينات المقدمة من منافسه .

ومن اختبارات الجودة على تجار الموالح تقديرات المواد الصلبة الذائبة الكلية والحموضة الكلية ونسبة الجوامد Solids للحامض acid والحموضة الفعلية pH وحمض الأسكوربيك . والمعروف أن نسبة السكر تتزايد بينما تنخفض نسبة الحامض تدريجياً بتقدم ومرحلة النضج . ويمثل السكروز نصف كمية السكريات فى عصير البرتقال ويتبقى الربع للفركتوز والربع للجلوكوز . أما الأحماض فأكثرها هو الستريك (٣و٨—٥و٢٥ ملجم/ملليلتر) والماليك (٠و١ — ٨و١ ملجم / ملليلتر) وفى الليمون Lemons بالذات يمثل حمض الستريك حوالى ٦٠٪ من المواد الصلبة الذائبة . وتحتوى الموالح أيضاً على أحماض طرطريك وبنزويك وسكسنيك وأوكساليك وهذه الأحماض ذات دلالة على مرحلة النضج فى الموالح . كما أن نسبة السكر للحامض تستخدم فى الاستدلال على مدى النضج وهى تكتب فى صورة بركس : حامض وقراءة البركس هذه تعبر عن المواد الصلبة الذائبة الكلية .

وتقدير اللون فى منتجات الموالح يعتمد أساساً على التقدير البصرى visual rating فيقارن اللون بنظيره فى مجموعة أنابيب بلاستيكية قياسية standard ويمكن استخدام جهاز مقارنة ألوان خاص مثل هنترلاب Hunterlab Citrus Colorimeter .

وقوام منتجات الموالح له اعتبار كبير فى نظر المستهلك فالعصير المركز يفضل أن يكون قابلا للانسياب fluidity وأن يكون خالياً من بقايا الثمار المزالة وأن يحتفظ بعكارته بعد تخفيفه وعادة يختبر ثبات stadility هذه المنتجات بتقدير الحالة الجيلية gel test والانفصال Separation test والترويق clarification test .

وفى التجارة يجرى تحديد ثمن ثمار الموالح على أساس وزن الجوامد Pounds – solids التى تحسب من وزن العصير المستخرج من عينة وزنها خمسين رطلا مضروباً فى قيمة البركس للعصير .

وفى التصنيع يعطى أهمية كبيرة للشئون الصحية sanitation وخاصة من الناحية الميكروبيولوجية إذ أن البكتريا من جنس ليكونوستك leuconostoc وجنس لاكيوباسيلس lactobacillus تسبب الكثير من المتاعب خلال عمليات تصنيع منتجات الموالح . وهذا يستوجب المداومة على فحص المنتجات ميكروسكوبيا والعد الكلى والعد differential counts .

وبصفة عامة يراعى اختبار ثمار الموالح الواردة للمصنع من وجهات رقم البركس والحموضة الكلية ووزن العصير ونسبة البركس للحامض قبل إقرار قبول الثمار للمصنع . ويمكن خلط شحنات مختلفة ببعضها بالنسبة الموافقة للحصول على منتجات ذات المستوى المرغوب من الجودة .

والاختبارات الطبيعية physical tests التى تجرى على منتجات الموالح هى اللزوجة الظاهرية وقيمة البركس ونسبة البركس للحامض ودرجة اللون ونسبة اللب الكبير الحجم .

screened pulp ونسبة اللب المنتشرة suspended solids or centrifuge pulp وثبات stability مركزات الموالح .

أما الاختبارات الكيميائية المستخدمة فى مجال جودة منتجات الموالح فهى الحموضة الكلية وقيمة اختبار دافيس Davis Value Test وفحص العيوب defects وتقدير نشاط إنزيم البكتين استريز وتقدير نسبة الزيت المسترد Recoverable oil وتقدير فيتامين ج وفى المجال الميكروبيولوجى تقدير قيمة الداى اسيتل Diacetyl value ويجرى العد الكلى بالميكروسكوب Direct Microscopic Count وكذلك العد Plate Count .

(سابعاً) اختبارات الزيوت والدهون :

تتميز الزيوت والدهون عن بقية الأطعمة بكونها مركبات كيميائية نقية نسبياً فهى إسترات أحماض دهنية مع الجلسرول كما أن الشوائب التى توجد بها عادة مدروسة كيميائياً ومحددة بالأحماض الدهنية الحرة والالدهيدات المختلفة وبعض الإيدروكربونات المؤكسدة والكارتينويدات والصبغات الكلوروفيلية والفوسفوليبيدات والتوكوفيرولات والاستيرولات وبقايا البذور والأنسجة وبقايا المذيب والرطوبة .

واختبار الجودة التى يعول عليها هى اللون والنكهة والثبات والأحماض الدهنية الحرة وقيمة البيروكسيد Peroxide value ونقطة التدخين Smoke point .

وهناك طرق لمراقبة الجودة فى المنتجات الدهنية fat products or shorten ings عند تحضيرها بمزج دهون ذات درجات متباينة من الصلابة hardness للحصول على منتجات ذات صفات مختلفة تماماً . وهـذه الاختبارات لاعلاقة لها بمراقبة الجودة بل هى تتعلق بالناحية الطبيعية Physical nature للمنتجات الدهنية المرغوبة . ومن بين هذه الاختبارات نقطة الانصهار وغيرها مما يتعلق بظاهرة صلابة الدهون .

ويجب أن يعتنى بطريقة أخذ العينات أما اختبارات الجودة فى الزيوت الخام فى فاقد التكرير refining loss بطريقة Cup Lost Test وتقدير الزيت المتعادل Neutral oil وتقدير الأحماض الدهنية الحرة Free Fatty Acid (FFA) وتقدير اللون .

والدهن الحيوانى Meat Fats تختبر جودته بتقدير الأحماض الدهنية الحرة أسوة بما هو متبع فى الزيوت النباتية Vegetable oils وهذه الأحماض تزال عادة من الدهن الحيوانى أثناء إزالة الرائحة Deodorization وليس

بالتكرير القلوى Alkali refining واختبار الجـــودة الآخر هو قيمة البيروكسيد للاستدلال على مدى حدوث التزنخ فالدهن الذى يعطى قيمة بيروكسد يكافىء واحد meq 1 من الأوكسجين لكل كيلوجرام تكون علامات التزنخ به ظاهرة فى أغلب الحالات واختبار الجودة الثالث هو معامل الانكسار RI والربع هو نقطة التعكر Cloud Point ونقطة Congeal Point واختبار التبريد Cold Test المعبر عن الوقت اللازم للدهن ليبدأ فى التبلور مقاساً بالساعات .

والمنتجات النهائية Finished Products من الزيوت والدهون تختـــبر جودتها بتقدير نقطة الانصهار ، ومعامل ازدياد الحجم عند الانصهار Solid Fat Index (SFI) واختبار القوام texture وتقدير الجليسريدات الأحادية Monoglycerides المتخلفة فى الدهن عقب إستخدامها فى أحداث الاستحلاب واختبار الثبات Stability ونقطة التعكر Cloud Point ونقطة Congeal point ونقطة التدخين Smoke point والنكهة وقيمة البيروكسيد والأحماض الدهنية الحرة ، واللون .

والمرجرين Margarine تختبر جودتها بتقدير الرطوبة والدهن والمورثت (بقايا البروتين والسكر الناتجة من اللبن المضاف فى المرجرين) Curd وملح الطعام .

(ثامناً) اختبارات التوابل :

تستخدم التوابل Spices والأعشاب herbs فى التصنيع الغذائى فهى فى حكم الخامات إلا أنها تكون عادة مجففة أو مصنعة جزئياً ، ولهذا فهى ليست فى حاجة إلى إحتياطات خاصة لوقايتها تكون عرضة للإصابة بالحشرات .

وتبدأ إختبارات مراقبة الجودة فى مرحلة مبكرة قد تكون من بدء مرحلة الاستيراد وفى هذه الاختبارات يكون التركيز على عوامل جودة

متعددة ومتباينة نظراً لأن كل نوع من السوائل يستخدم فى أغراض مختلفة تقريباً. مثال ذلك إستخدام الفلفل الأسود والقرفة لإكساب المنتجات الغذائية نكهة مميزة . بينما تستخدم توابل أخرى مثل Tumeric, peprika لإضفاء لون معين على المنتجات ، ومجموعة ثالثة تستخدم لتحقيق الغرضين معاً ومثلها parsley و Saffron . والطرق المستخدمة للتحليل وتقدير الجودة صعبة للغاية ومعقدة بسبب إنخفاض تركيزات المركبات المكسبة للنكهة فى التوابل وكذلك لتعدد أنواع وأصناف التوابل والأعشاب فهى تقرب من الأربعين وأشهر طرق التحليل تلك التى وردت فى كتاب A.O.A.C وتلك التى أوصى بها الاتحاد الأمريكى لتجارة التوابل American Spice (ATSA) Trade Association وجميع هذه الطرق نسبة دقيقة لكنها لم تصل إلى دقة الطرق الرسمية بسبب عدم إعطائها الاهتمام الزائد نتيجة إلى صغر حجم وقيمة القدر من التوابل المتداول تجارياً .

وقبل أن تبدأ اختبارات التوابل يتعين على مستورد التوابل والأعشاب التحقق من كفايتها availability لدى المورد بالقدر الذى يلزم التصنيع طول المدة المناسبة إذ أن عدم الكفاية قد يستوجب تغيير طبيعة المنتج الغذائى المحتوى على نوع معين من التوابل مهما بلغت الخسارة المادية الناشئة عن التغيير . ويلى نقطة الكفاية نقطة الثمن فيقارن سعر المادة المنتجة فى دول مختلفة ثم يؤخذ فى الاعتبار خلو من التوابل المعروضة للشراء من المواد الغريبة extra nerus matter وهى كل شىء غريب عن المادة بحالها المألوفة وتراعى الناحية الصحية Sanitary quality .

وأبرز اختبارات الجودة فى مجال التوابل هو مقدار الزيت العطرى الطيار المستخرج بالتقطير البخارى Steam distillable volatile oil لوجود إرتباط بين كميته ونكهة التوابل . كذلك يقدر المستخلص غير الطيار nonvolatile extract فى بعض التوابل ذات الأثر الواضح فى الفم والحنجرة

من وجهتى الشعور بالحرارة أو بالبرودة . كالفلفل والنعناع مثلا . ويلى ذلك إختبارات المظهر appearance والرماد غير الذائب فى الحامض acid insoluble ash .

وعقب الانتهاء من إجراء إختبارات الجودة سالفة الذكر يتعين تقدير المطابقة للحد الأدنى للمواصفات minimum or « Output » requirement standards أى إجراء التحليلات للتعرف عما إذا كانت نتائج التحليل تنخفض عن حد معين يجعلها غير صالحة للاستخدام أما إرتفاع النتيجة عن الحد الأدنى فيجعل قبول شحنة التوابل ممكناً إذ يتيسر تعديل القيم المرتفعة بما يتلائم مع الحد المرغوب . والشائع فى تجارة التوابل أن تكتب الصفات الكيميائية وهى الزيت الطيار واللون والبيبرين piperine والصفات الطبيعية أى المواد الغريبة .

والاختبارات التحليلية التى تجرى على التوابل هى الرطوبة والرماد والزيت الطيار المقطر بالبخار وقوة اللون color power والألياف الخام والنشا ومستخلص الكحول وحجم الحبيبة particle size ومستخلص كلوريد الميثيلين Methylene Chloride Extract واختبار The Scoville Heat Test الذى يعنى تقدير حرافية Pungency الفلفل بتقدير الحرارة Heat threshold للمنتج الغذائى تقديراً حسياً Organoleptjc judgements بعد تخفيف المنتج الغذائى إلى مجموعة من التخفيفات بحيث يتيسر إعطاء درجات صحيحة لعينات الفلفل ويلى ذلك إختبار المواد الغريبة ، فتستعمل المناخل لفصل الحبيبات الصغيرة المضافة للغش adulterants وبعدها تجرى التنقية باليد لفصل العيدان النباتية والحصى وأجزاء الساق والبذور الغريبة والمواد الغريبة كبيرة الحجم وتقارن نتائج هذا الفحص بالمواصفات Standards المعروفة فى مجال الصناعة للفلفل الأبيض أو الأسود . كذلك تفصل الثمار الخفيفة light berries التى تطفو على سطح محلول الكحول فى الماء لأنها تدل على تجاوز مرحلة النضج overripe أو على إصابة الثمار

بالحشرات التى تأكل الجزء الداخلى من الثمرة تاركة ثمرة مجوفة خفيفة . ويلى ذلك تقدير درجة النظافة cleanliness ومقارنتها بالمواصفات ويعرف المواد الغريبة فى هذه الحالة بأنها كل شىء غريب على المنتج الأصلى متضمناً ، ولكن ليس قاصراً على الحجارة stones والقذارة dirt والأسلاك wire والخيوط string والسيقان stems والعروق النباتية sticks والبذور الغريبة غير السامة nontoxic foreign seeds والإفراز (البراز) excreta والسماد manure وبقايا الحيوانات animal contamination .

ومن إختبارات الجودة غير الرسمية إختبار المنشأ الجغرافى Geographic origin حيث سيتبدل بين أنسب بعض بمكونات التوابل مثل مقدار الزيت المقطر بالبخار وعلى مكان زراعتها كما يسترشد باللون وبقوة النكهة العطرية وبالحرارة فى الفم . وعلى سبيل المثال تقدر الصبغات azo–dyes المتكونة من مركبات فينوليه فى جوزة الطيب للتعرف على مصدرها ويجرى التقطير بالتحليل اللونى الإسترو فومترى أو بالتحليل الكروفاتوجرافى الورقى أو بالتحليل الكروما توجرافى الطبعة الرقيقة . وفى بعض الحالات يمكن التعرف على مكان زراعة أحد التوابل من تقدير نسبة الرماد الكلى أو نسبة الموسيلاج mucilage أو نسبة رماد الميوسيلاج أو بالتحليل الكروما توجرافى الغازى لمكون معين .

ومن هذه الاختبارات غير الرسمية أيضاً إختبار الحرارة فى الفم Heat Chemicals الذى يجرى على الفلفل برغم أنه يتعلق بالبيرتين Piperine فقط ويتجاهل المكونات الأخرى المسببة للحرافية فى الفلفل وهى الشافيشين Chavicine والبيرتين Piperettine وفى بعض الحالات تقدر المادة السامة Toxic Residues أما عن إختبارات الغش Adulteration فصعبة ومتعددة ومتنوعة إذ أن التوابل تغش بإضافة سكر أو بوراكس أو جلسرين أو أملاح أخرى أو مواد نباتية بقصد التأثير على الوزن أو اللون أو النكهة .

الفصل الحادي عشر

الشئون الصحية في مصانع الأغذية

تعرضت صناعات الأطعمة للكثير من التعديلات التكنولوجية المتقدمة في السنوات الأخيرة ، ومن بينها على سبيل المثال الانتقال من مرحلة التصنيع بطريقة الوجبات batch إلى مرحلة التصنيع بالطرق المستمرة Continuous processing ، فهذا الانتقال أثر بدرجة ملحوظة في النواحي الصحية للآلات وخطة التصنيع . فنظم النقل الصحية Clean-in-place pipeline systems ذات المنظمات الأتوماتيكية أحدثت ثورة في مجال النظافة ، ونلمس ذلك في الوسائل الحديثة لمعاملات المياة Watertealme والفضلات Waste ، ومقاومة الحشرات والقوارض rodents والأحياء الدقيقة ، والتغليف الصحي Sanitary packaging .

وبجانب هـذه التطورات الحديثة في التكنولوجيا ، نشطت أيضاً الحكومات والهيئات في تطوير تشريعاتها المتعلقة بالطعام كما هو الحال في الولايات المتحدة الأمريكية التي أقرت قانون المبيدات الحشرية Pesticida Chemicals Amendment عام ١٩٥٤ وقانون المواد المضافة للأطعمة Food Additives Amendment عام ١٩٥٨ وقانون المواد الملونة Colour Additives Amendment ، عام ١٩٦٠ وقانون فحص منتجات الدواجن pcultry Products Inspection Act عام ١٩٥٧ وقانون تلوث المياه Federal Water polution Control Act عام ١٩٥٦ ، بالإضافة إلى القانون الأصلي Food, Drug and Cosmetic Act الصادر عام ١٩٣٨ .

والناحية الصحية Sanitary practice فى صناعات الأطعمة تعرف بصفة عامة بأنها التحكم فى الظروف البيئية أثناء نقل وتخزين وتصنيع الأطعمة لمنع تلوث الأطعمة بالأحياء الدقيقة والحشرات والقوارض والآفات الحيوانية الأخرى والمواد الكيميائية الغريبة . ولهذا فالناحية الصحية تبدأ من المزرعة أو مصايد الأسماك مثلاً ولا تنتهى إلا بمرحلة تقديم الطعام للمستهلك فى منزله أو فى مكان عام . ويعرف اللفظ صحية Sanitation بأنه طريقة الحياة التى تكمن فى المنزل النظيف والمزرعة النظيفة والمصنع النظيف والعمل النظيف والجو النظيف والمنطقة النظيفة ، وهى تنبع من الأشخاص ذاتهم وتغذى بالمعرفة وتنمو بالضرورة لأنها تمثل المثالية فى العلاقات الإنسانية .

وبديهى أن نظرة الفرد للطعام الصحى تتباين ، فإن كان جائعاً تقبل الطعام المنخفض الدرجة بينما توفر الأطعمة يكون حافزاً للشخص على اختيار الطعام الذى يعتبره صحياً من وجهة نظره . وتختلف نظرة الإنسان للناحية الصحية للطعام أيضاً باختلاف البيئة وبمرور الأعوام وبالتطورات الحديثة .

ومخالفة مواصفات واشتراطات القوانين سالفة الذكر تقع تحت باب الغش adulteration والتدليس Misbranding . وجوانب الغش هى إضافة مواد سامة poisonous والضارة deleterious عمداً ، ورش الخامات الزراعية الغذائية بمبيدات كيميائية خطرة على الصحة usafe ، وإضافة مواد غير مأمونة إلى الأطعمة ، وتسويق أطعمة قذرة filthy أو متعفنة putrid أو متحللة decomposed ، وتحضير أو تعبئة أو تداول الأطعمة فى ظروف غير صحية unsanitary مما يجعلها عرضة للتلوث أو تصبح ضارة بالصحة .

وترتب المخالفات حسب أهميتها أو أولويتها إلى : ١ — المخالفات التى يترتب عليها ضرر بالصحة العامة ، مثل الأطعمة الملوثة بمواد كيميائية سامة أو بأحياء دقيقة مرضية . ٢ — المخالفات المتعلقة بتعبئة الطعام تحت ظروف غير صحية ، وكذلك إستخدام خامات فاسدة أو ملوثة فى تصنيع منتجات غذائية . ٣ — المخالفات المتعلقة بالناحية المالية ، كنقص وزن المنتجات أو عدم مطابقتها للمواصفات .

وبالنسبة للحوم بالذات فالقانون يحتم فحصها وفحص الحيوانات بمعرفة مفتشين inspectors وختم اللحوم الصالحة بعلامة Mark مميزة ، كما أن مصنع اللحوم له مواصفات معينة تراعى فى الإنشاء ليتسنى الترخيص بعملها . وجميع الحيوانات المعدة للذبح يتحتم أن يجرى عليها الاختبارات ante mortem و Post mortem للاستدلال على وجود الأمراض ، وبعدها تعرض على الطبيب البيطرى فى حالة الشك . فالحيوانات المشكوك فى سلامتها تذبح فى مكان خاص مستقل عن المذبح العادى وتعرض الذبيحة على الطبيب البيطرى وتفحص جيداً tgorough Post Mortem examination ليتحدد صلاحيتها أو عدم صلاحيتها :

أما الحيوانات غير الصالحة للاستهلاك الآدمى فتنقل إلى قسم التسميد fertilizer department . وتجرى الفحوص أيضاً على اللحوم المدخنة Smoked والمسواة Cured والمعلبة Canned . ولا يسمح فى تصنيع اللحوم بإضافة أى مواد سوى المسموح بها قانوناً .

وبالنسبة للدواجن فقانونها السارى فى الولايات المتحدة الأمريكية منذ أول يناير ١٩٥٩ يخضع محلات ذبح الدواجن بقصد بيعها للتفتيش الحكومى ويلتزم أصحاب هذه المحلات بالحصول على موافقة واعتماد الجهات الرسمية لخطط ومواصفات محالهم . فالمبانى تنشأ بمواصفات خاصة ويراعى فيها

وقاية منتجات الدواجن من التلوث . ويجرى على الدواجن فحص antemortem وفحص Post mortem examintion للتأكد من خلوها من الأمراض .

وتعزل الطيور المشتبه فيها ليعاد فحصها قبل ذبحها ، كما يجرى الفحص Post mortem على الذبيحة Carcasses قبل تحديد عدم صلاحيتها واختيار طريقة التخلص من الدواجن المريضة diseased وأجزائها . وتوجد مواصفات رسمية محددة تطبق على الدواجن المعلبة canned والمجمدة frozen .

وهذه الإجراءات الصارمة ، فى مجال الدواجن وكذلك فى مجال اللحوم يقصد بها حماية المستهلك consumer صحياً . وهذه الإجراءات هى التى أعطت الأشتراكات الصحية دفعة قوية للأمام .

وفى مجال استخدام المبيدات الحشرية Insecticide والفطرية Fungicide والقوارضية Rodenticide فالقانون الذى سرى مفعوله فى الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٤٧ قصد به وقاية الصحة العامة بإلزام منتجيها بتسجيلها رسمياً ، سواء استخدمت على المواد materials أو الأدوات articles أو الإنسان man أو الحيوان animals أو النباتات الحية living Plants . وهذا التسجيل لايمنح إلا بعد ثبوت عدم تعارض هذه المبيدات مع قوانين الغذاء food والدواء drug ومستحضرات التجميل cosmeic ، أو بعد ثبوت عدم تبقى رواسب residue بعد استعمالها بالطريقة الصحيحة المحددة .

ولوزارة الصحة دور رئيسى فى مراقبة تنفيذ الاشتراطات الصحية فى مجال تداول الأطعمة . ومن أبرز نشاطاتها رقابتها على مياه الشرب وتداول الألبان وعرض الأطعمة ونقل الأطعمة بالقطارات والسيارات والطائرات والبواخر ومعاملة المخلفات waste والمسئولون عن الصحة يقدمون دائماً

النصح والإرشاد فى مجالات الاشتراطات الصحية لوحدات تعبئة المشروبات beverage vending machines وتعبئة وتصنيع الأطعمة ومنشآت الأكل eating والشرب drinking وتداول اللبن والحيوانات البحرية والدواجن . وكثيراً ماتهيء وزارات الصحة فى بعض الدول برامج تدريبية فى مجالات الأشتراطات الصحية لمن يشاء ، كما هو الحال فى مركز بحوث تافت Robert A. Taft Sanitary Engineering Center, Cincinnati, Ohio ومركز بحوث أتلانتا جورجيا Communicable Disease Center .

والفائدة المرجوة من إصدار قوانين المراقبة الغذائية والغش التجارى والاشتراطات الصحية لاتتأتى إلا بتبنى الحكومات لهذه القوانين بقصد حماية المستهلك . فالمعروف أن الدول المتمدينة قطعت شوطاً كبيراً فى دراسة وإصدار وتنفيذ هذه القوانين ، إلا أن بعض الدول النامية وكذلك معظم الدول المتخلفة عن ركب الحضارة تتقاعس فى تنفيذ الاشتراطات الصحية. وهناك دول راقية امتدت رقابة مفتشيها إلى مراحل التصنيع ذاتها خطوة بخطوة ، كأن تراقب قفل العلب ودرجة الحرارة ومدة التعقيم Processing times وغيرها فى مصنع التعليب تنفيذاً للقانون ، مثل قانون Cannery Inspection Act الذى أصدرته ولاية كاليفورنيا عام ١٩٢٥ على أثر انتشار حالات تسمم بوتيولينى botulism من معلبات الأطعمة منخفضة الحموضة low – acid كالزيتون الناضج مثلا .

وواضح مماسبق أن الاشتراطات الصحية Sanitary Practices لها أثرها فى مراقبة الجودة Qualitg control . فمراقبة الجودة تهدف إلى تحقيق التجانس والمطابقة للمواصفات المحددة ، والنوعية quality بكل تأكيد ليست عارضة accident بل هى نتيجة جهود تتسم بالذكاء مع إصرار على بلوغ الأفضل دائماً . ولهذا تكون مراقبة الجودة Quality control ليست حاصرة على حسن إختيار الخامات raw materials والعناية بالتداول Careful handling والحذر فى التصنيع judicious Processing وإكساب

التغليف جاذبية وعناية attractive and adequate packaging وتحقيق التوزيع المربح effective distribution بل تشمل أيضاً تحقيق وثبات الاشتراطات الصحية consistent sanitation . ويصبح واضحاً أن مراقبة الجودة والاشتراطات الصحية ليستا جوانب جامدة statie .بل هما مستجيبتان للمواصفات القياسية المقطورة changing standards . ولبلوغ المرام فى مجال الاشتراطات الصحية يجب تدريب trairing الفنين وتعويدهم النظام discipline ومساعدتهم على تفاهم Complete understanding أهمية الاشتراطات الصحية وعلى أن يلمسوا ecognise فوائدها denefits . وليكن معلوماً أن الحكم الأول والأخير على الجودة هو المستهلك . وهذا المستهلك ينظر بعين الاعتبار إلى السعر Price والتقبل appeal خاصة المظهر appearance والطعم taste ، أو الأشتهاء paliatability والناحية الصحية inherent healthfulness كعوامل محددة لدرجة الجودة qualitg control فالقول بأن النوعية quality ماهى إلا حاصل product عوامل السعر والمظهر والطعم والفائدة الصحية ، وليست مجموع Sum هذه العوامل ، هو قول صحيح . وفى هذه الحالة يصبح التعبير مناسباً لأنه يعنى أن انخفاض درجة أحد هذه العوامل إلى حد يقرب من الصفر يصبح تقبل هذا الطعام قريباً من الصفر . والمقصود بالناحية الصحية healthfulness هو النظافة cleanlines والطزاجة freshness والنقاوة Purity والأمان safety والقيمة الغذائية nutritive value والحالة العادية normal character والأمان wholesomeness وهذه الصفات جميعها يستطيع أن يتحكم فيها المنتج :

وتطبيق الاشتراطات الصحية sanitary practice يحقق النظافة ويحافظ enhances ويحافظ proteet على الطزاجة ويؤكد الأمان Wolesomeness والنقاوة ويحافظ protect على الحالة العادية والقيمة الغذائية للمنتجات الغذائية . والمنتج الماهر هو الذى يحقق التوازن بين عوامل الجردة كلها ، فليس من الحكمة الارتقاء بجميع العوامل Factors إلى مرتبة الامتياز مع

تجاهل عامل واحد منها قد تنخفض مرتبته إلى حد الصفر . مثل هذا الطعام لن يحظى برضاء المستهلك ولن يتم تسويقه بالدرجة المربحة . وبديهى أن انخفاض مستوى عامل الحفظ Keeping quality فى المنتج الغذائى يجعل المستهلك يعرض عنه فى المستقبل .

ويجب الاحتراس من التمادى فى الاهتمام بأحد العوامل المؤثرة فى الجودة ، كأن يعقم اللبن بدرجة تؤدى إلى خفض عدد البكتريا bacterial plate counts إلى حد يقرب من الصفر ، لأن هذا التمادى supersanitation قد يتلف مظهر ونكهة وتذوق الطعام . فيراعى بصفة عامة أن تكون الاشتراطات الصحية مهمتها الأساسية الارتقاء بالنوعية ودرجة الجودة وليس التخلص من قدر أكبر من الأحياء الدقيقة مثلا على حساب الصفات المرغوبة . ولا يخفى أن تقليل حدة التلوث بالأحياء الدقيقة لا يتوقف عند حد المعاملة الحرارية للمنتجات الغذائية بل يجب الاهتمام بنظافة أدوات وماكينات المصنع microscopically clean Processing equipment .

وعادة تقسم أعمال الناحية الصحية sanitation على ثلاثة أقسام ، هى قسم مقاومة الآفات Pest control ، وقسم تنظيف Physical cleanliness السطوح Surfaces الملامسة للأطعمة ، وقسم تعقيم Sterility السطوح عملياً aoepspsis . وتؤدى هذه الخدمات الثلاث إلى إبادة معظم الأحياء الدقيقة التى تقسم عادة إلى قسمين ، أحدهما الأنواع الممرضة pathogenic types المسببة للتيفود typhoid والكوليرا Cholera والدوسنطاريا dysentery وغيرها من الأمراض المعدية infectious diseases ، والثانى هو الأنواع التى تتلف بعض مكونات الغذاء أو تغير النكهة والرائحة والمظهر أو غير ذلك من الصفات التى تسبب إعراض المستهلك عن الطعام . وفى الواقع يكون عدد البكتريا فى المنتج الغذائى مؤشراً اقتصادياً بالنسبة لصاحب المصنع إذ أن ارتفاع العدد يترتب عليه ارتفاع نسبة العبوات المرفوضة المرتجعة rejections والإضرار بالمصنع اقتصادياً ، بالإضافة إلى أن هذا

العدد يمثل جانباً هاماً فى إختبارات درجة الجودة aquality-appraisal method و يشكل ركناً من أركان قضايا الصحة العامة public-health . وبديهى أن زيادة كمية البضائع المرتجعة returned merchandise يترتب عليها إرتفاع نسبة تكلفة الكميات المباعة فيقل الربح وقد تحدث خسارة مادية ، هذا بالإضافة إلى أن المنتجات الغذائية التالفة ميكروبيولوجيا تسىء إلى سمعة المصنع وتوحى بتحول المستهلك إلى ماركات brand منافسة Competitive أو حتى إلى أغذية بديلة ، كأن يتحول المشترى من الأطعمة المجمدة الرديئة إلى الأطعمة المعلبة الجيدة .

ويجب الالتفات إلى مصادر التلوث بالعناصر النادرة trace-metals ، سواء من الآلات والأدوات أو من مواد التغليف والتعبئة أو من وسائل التداول والنقل .

كما يجب التمييز بين عدم الترتيب disorder and clutter وبين القصور lack فى الناحية الصحية sanitation ; فمن أمثلة عدم الترتيب (المرجلة) وجود صناديق وزجاجات مستعملة وأوراق صحف وخرق أقمشة وملابس بالية وخلافة مبعثرة هنا وهنال فى المصنع ، فهذا المظهر غير اللائق يعطى الزائر فكرة عن سوء الإدارة poor management وسوء الإشراف Poor Supervision وسوء تدبير الأمور الداخلية poor housekeeping ، إلا أن هذا المظهر ليس بالضرورة يمثل إنحرافاً فى الاشتراطات الصحية not an insanitary condition .

وأيضاً يجب أن يكون مفهوماً أن الاشتراطات الصحية لاتقف عند حد تنفيذ البنود المنصوص عليها فى قانون الغذاء والدواء ومستحضرات التجميل ، بل تتعداها إلى ما يهيء الراحة Comfort والمعنويات Moraie والصحة health للعمال Workers والموظفين emplogees ، مثل ضمان توفر الإضاءة ووضوح الرؤيا Well-ligted وجودة التصميم

Well-designed وجودة الصيانة والترتيب Well-kept فى عنابر التشغيل Working premises ، بالإضافة إلى المظهر النظيف فى الداخل وفى المناطق الخارجية المجاورة .

وبصفة عامة تعتبر أهم العوامل المحددة لمخالفة مصنع الأغذية للاشتراطات الصحية insaitary Food processling establishment هى الفيران الكبيرة rats والصغيرة Mice والذباب Flies والحشرات الأخرى insects والمراحيض القذرة Filthy toilets والمعدات القذرة dirty equipment والمياه الملوثة Polluted water والخامات الرديئة Materials unfit raw والتصريف السيء للفضلات improper waste disposal وسوء سلوك Misbehavior العاملين . وقد يضاف إلى هذه العوامل القصور inadequate فى معدات الغسيل Washing facilities ورداءة الجوار improper plant surroundings وسوء تصميم المبنى وانخفاض مستوى الإضاءة Iighting وعدم التهوية Ventilation ، وعدم العنـــاية بتخزين الخامات ، كالسكر مثلا ، وبالتخلص من البقايا trimmings and Waste مما يجعل هذه طعماً bait يجتذب الحشرات .

والمعروف أن الآفات Pests تأخذ من أكوام القمامة Piles of trash مأوى Shelter لها حيث تتكاثر . وإزالة مثل هذه الأوكار تساعد فى مقاومة الذباب Flies والصراصير Cockroaches وحشرات المخازن باستخدام شباك السلك Screens على الفتحات ، والمراوح Fans ، والمواد الطاردة repellents والسموم poisons لأن الديدان واليرقات Iarvae تتجمع فى هذه البقايا وتوجد فى الخامات أحياناً . ومن عوامل مخالفة الاشتراطات الصحية أيضاً تكرار إستعمال الأوعية والأدوات دون غسيل وتنظيف . وهذه الأوانى يلزم إزالة ما بها من مواد عضوية قبل معاملتها بالمطهرات الكيميائية chemical disinfectants لأن الأخيرة لاتعطى نتائج إيجابية

كاملة إلا فى حالة غياب المادة العضوية الغزيرة . وآخر هذه العوامل ، وليس أقلها أهمية ، هو عامل الإنسان . فمن الضرورى لبلوغ المرام فى الاشتراطات الصحية أن تكون هناك تعليمات صارمة تلزم العاملين بارتداء الملابس النظيفة ومداومة غسل الأيدى وغير ذلك من سبيل النظافة .

الاشتراطات الصحية فى المبانى و المعدات

من أبرز واجبات مدير مصنع الأغذية الاهتمام بتصميم design وصيانة maintenance المبانى والتجهيزات بما يتلاءم مع الاشتراطات الصحية . كما تراعى النظافة والعناية بدرجتيهما القصوى فى تداول وتجهيز وتصنيع الأطعمة . أى أن النواحى الصحية Sanitation تبدأ من اختيار موقع المصنع وتستمر حتى تسويق المنتجات الغذائية مغلفة .

وفى اختيار Selecting موقع المصنع Plant Site تراعى النقاط الخمس بقصد تحقيق الاشتراطات الصحية ، وهى مصدر المياه Water Supply ، والتخلص من الفضلات الصلبة Solid waste disposal ، والتخلص من الفضلات السائلة liquid waste disposal والتخلص من قاذورات المجارى Sanitary sewage disposal ، وخلو المناطق المجاورة Surroundings من أوكار الحشرات والقوارض . كما يراعى توفر مساحات خالية قريبة من المصنع ليستفاد منها مستقبلا عند التوسع expansion ولإقامة وحدات معاملة المياه water treatment ومعاملة الفضلات waste treatment ، وتوفر مساحة للسيارات Parkina spaces .

فبالنسبة للمياه يراعى توافر المياه الصالحة للشرب potable فى المنطقة بحيث يصبح مايلتزم به المصنع لايتعدى معاملات طفيفة إضافية للمياه . لكنه يلاحظ أنه فى بعض الأحيان يلزم إنشاء المصنع قريباً من مزارع

الحمامات ، كما هو الحال فى مصانع تعليب الفاكهة والخضروات ، فلايتيسر الحصول على مياه البلدية Municipal الصالحة للشرب ويتعين فى هذه الحالة الحذر فى اختيار مصدر آخر للمياه وتحديد الطرق العملية السليمة لمعاملة المياه منعاً لتعرضها للتلوث .

وبالنسبة للمخلفات الصلبة والبقايا garbage يلزم عدم تركها بكميات كبيرة أو لمدة طويلة منعاً لظهور روائح كريهة ولتكاثر الحشرات ، وياحبذا لو وجد مكان قريب من أماكن تجميع القمامة لتقليل نفقات نقلها .

والمخلفات السائلة يتمثل معظمها فى مياه الغسيل wash water والتنظيف والسلق blanch water . وغيرها من مياة التصنيع Process water وهذه المياه قد يكتفى بتصفيتها screening لإزالة المواد الصلبة منها كما تزال منها المواد الدهنية grease ، ثم تصب المياه فى الأماكن التى تهيئها البلدية لمعاملة الفضلات municipal sewage treatment Plant : إلا أنه فى بعض الحالات يتحتم تعريض مياه التصنيع لمعاملات إضافية أخرى بقصد إزالة المواد الذائبة Solublematerial لتقليل القدر المتطلب من الأوكسيجين الحيوى biochemical oxygen demand قبل صرف المياه أو تحويلها إلى وحدة معالجة المياه الحكومية . ومن أمثلة هذه المعاملات الإضافية الهضم اللاهوائى anaerobic digestioh والمرشحات trickling Filters بإزالة الوسخ المترسب activated Sludge .

وقاذورات المجارير Sewage لاتحتاج إلى معاملات خاصة قبل نقلها إلى الوحدات الحكومية للمعاملة ، ويمكن وضعها فى تانكات Imhoff tanks أو septic tanks .

وفى تصميم design وتركيب lagout المصنع يراعى تنفيذ الاشتراطات الصحية التى حددها القانون بما فى ذلك ماله علاقة بالنواحى الصحية . والمصنع قد يكون وحيد الطابق Single story أو متعدد الطوابق multistory . وبديهى أن الأخير أكثر اقتصاداً من وجهة الأرض land

والإنشاء Constuction والتدفئة ونقل المواد من أعلى إلى أسفل بقوة الجاذبية الأرضية garavity ، لكنه يحتاج إلى مصاعد كهربائية elevators باهظة الثمن ومكلفة صيانتها maintenance . وأما المصنع وحيد الطابق فزاياه متعددة وتتلخص فى بساطة تداول المواد مع تحاشى تحكم المصاعد فى عمليات التداول ، وسهولة التوسع فى المستقبل بهدم knock down حائط واحد بدلا من عدة حوائط فى الطوابق المتعددة ، وسهولة تدفق المواد فى اتجاه واحد ثابت Straight – line flow من الاستلام للتصنيع للشحن ، وسهولة الاتصال Communication بين الأقسام المختلفة مما يحكم الرقابة على العمال labor والعمليات operations ، وسهولة إنشاء construct الأرضيات الثقيلة heavg load–supporting floors على سطح الأرض عنها فى الأدوار المتعددة ، وسهولة عزل بعض أقسام المصنع departments عن البقية لأسباب اقتصادية economic أو صحية Public health أو جمالية aesthetic .

وبالنسبة للأرضيات floors والصرف drainage تراعى بعض الاحتياطات ، كأن تكون الأرضيات فى المخابز bakeries من الخشب إذا كانت بعيدة عن المياه ، وأن تغلق جميع الثغرات والفتحات والوصلات Joints لمنع إيواء الحشرات ، وأن تكون الأرضية ذات ميل Slope مناسب لتحقيق إنسياب ماء الغسيل والتصنيع إلى نظام الصرف المناسب adequate drain system وهذا الإنحدار يقدر بربع بوصة لكل قدم طولى linear foot ، وأن يحسن اختيار مادة الأرضية ، فاسمنت بورتلاند عرضة للتآكل corrosion والتغير بتأثير أحماض الفاكهة ومنتجات الألبان والمحاليل السكرية والمنظفات cleaners الحمضية أو القلوية ، ولهذا يفضل اسمنت furan – type resin cements ، كما يفضل القوالب brick فى حالة استخدام معدات utensils ثقيلة وعربات trucks ثقيلة ، وهذه القوالب بصفة دائمة تنشأ على قاعدة خرسانية concrete base متينة . وفى حالة

عمل الأرضية من خرسانة concrete يلزم التغطية بلدائن epoxy resin أو copolymer liguid ومادة صلبة solid composite لتصبح الأرضية منيعة ضد أحماض الأطعمة أو المنظفات الحمضة والقلوية . ولا مبرر للمبالغة فى تنعيم سطح الأرضية لأن هذا يؤدى إلى الانزلاق Slippage فى المناطق المبتلة أو المتساقط عليها مواد شحمية . وفتحات التعريف فى الأرضية عادة تكون بأبعاد ١٢ × ١٢ بوصة ، وتؤدى إلى مواسير بقطر ٤ — ٥ بوصة ، وتكون عادة مهواة vented ومغطاة بشباك من السلك لمنع القوارض .

وبالنسبة للجدران walls والسقف Ceiling فيفضل أن تكون الجدران الخارجية من الطوب brick والأسمنت والخرسانة reinforced Concrete أما الجدران الداخلية فيستخدم فى بنائها مواد ملساء السطح Smooth ، مثل glazed tile أو glazed brick ، لتصبح جذابة وليسهل تنظيفها ، وهذا أفضل من طلاء الجدران لأن الطلاء قد يتساقط فى عنابر التصنيع ذات الرطوبة المرتفعة ، ولهذا ينصح بالعناية بتنظيف الجدران القديمة المصنوعة من الطوب brick أو الخشب أو قوالب الأسمنت cementblock أو البلاستر plaster board وإعادة طلائها بمواد كيميائية لاتتقشر بسهولة ولا تتلف بالبخار أو الشحوم أو الأحماض أو القلويات ، وقد تضاف أيضاً مواد مضادة للفطريات antifungal preparations . أما جدران غرف التبريد coldstoragrooms والتجميد freezers فيفضل فيها Plywood المغطى من أحد جانبيه أو من الجانبين بالصلب غير القابل للصدأ بسمك ٠,٠٢٥ بوصة أو بالألومنيوم ، مع وجود مادة عازلة insulating materials . ويراعى أن تكون النوافذ بارتفاع لايقل عن ثلاثة أقدام من سطح الأرضية لوقاية زجاجها من الاصطدام بالمعدات وتكون قاعدتها sills بميل حوالى ٤٥ درجة ليسهل تنظيفها . والسقف يرتفع بما لايقل عن عشرة أقدام ، وينصح بعدم إقامة الأسقف الكاذبة false ceilings لأنها تأوى الحشرات والقوارض .

ويراعى جودة التهوية ventillation خاصة إذا كان المبنى به كميات كبيرة من البخار .

والتهوية هامة جداً لأن الأطعمة قد تلتقط روائح odors ونكهات flavors أثناء التصنيع processing والتخزين . خاصة الأطعمة المحتوية على حبيبات دقيقة من المواد الدهنية مثل الدقيق والكاكاو واللبن المجفف وجوز الهند والنقل ، وكذلك الأطعمة السكرية والنشوية . وتختلف كميات الهواء تبعاً لحجم واتساع المبنى وعدد الموظفين والأحوال الجوية . وكميات البخار والغبار والغاز المتولدة . والتهوية قد تكون طبيعية natural تعتمد على النوافذ والأبواب وفتحات vents فى السقف ، أو ميكانيكية mechanical تستخدم فيها مراوح blowers لدفع وأخرى لسحب الهواء exhaust ووحدة تبريد Coolingunit . وفى المصانع الحديثة يفضل نظام تكييف الهواء air conditioning مع ضبط درجة الحرارة عند ٦٨ – ٧٨° ف ، وسرعة الهواء عند ٢٠ قدم فى الدقيقة ، والرطوبة النسبية عند ٣٠ – ٧٠ ٪ .

والإضاءة lighting فى مصنع الأغذية يجب أن تكون كافية adequate لأنها تؤثر فى الصحة والأمان Safety والقدرة على الإنتاج efficiency .

فيراعى كفاية الإضاءة من وجهة الكم quantity بما يناسب الأعمال المرئية visual task ، ومن الوجهة النوعية quality بما يتمشى مع اللون colour المناسب وتوزيع distribution الضوء المناسب وتحاشى الضوء الساطع brightness الذى يؤذى العين .

وعموماً فمصدر الضوء قد يكون طبيعياً natural يأتى من نوافذ تمثل ٣٠ ٪ من مساحة الأرضية ومن فتحات علوية بالسقف skylight windows موزعة توزيعاً متجانساً ، أو صناعياً كالمصابيح المباشرة

direct lighting التى تنشر ضوءها على السطوح الواقعة أسفلها مع مراعاة تحاشى الظل Shadows واللمعان glare وكالضوء المنتشر biffuseb lighting الذى لايكون الظل والبريق ، وكالضوء غير المباشر indirect lighting حيث يوجه الضوء إلى السقف ويعكس reflected إلى أنحاء الغرفة ، وكالضوء المساعد Supplementary lighting . وينصح بأن تكون قوة الإضاءة ٢٠ شمعة foot-candles فى المخازن وأماكن الاستلام ، ٣٠ — ٥٠ شمعة فى أماكن التحضير والتعليب والتغليف والمعاملات الحرارية ، ١٠٠ — ٢٠٠ شمعة فى أماكن الفرز sorting والتدريج grading . وتساعد الإضاءة الكافية أيضاً على اكتشاف القاذورات إن وجدت .

وبالنسبة لتصميم المصنع وترتيب الماكينات والمعدات Placementof gueipment فهناك العديد من التوصيات فى هذا المجال ، مثل The 3-A Sanitary standards للبن ومنتجاته وأجهزة التبخير وحلل التفريغ Vacuum pans ومثل التوصيات الخاصة بالصمامات Valves والمواسير Piping والمضخات Pumps وتانكات التخزين Storage tanks وآلات البسترة temperature-short time pasteurizers وغيرها من التوصيات التى وضعتها لجنة صناعة الألبان The Dairg Industry Committee بما يتمشى مع توصيات الصحة العامة the U.S.Public Health Service والجمعية الدولية للألبان ومؤسسى الصحة the International Association of Milk and Food sanitarians ومثل المواصفات القياسية standards التى إقترحتها لجنة صناعة الخبيز the Bakiug Industry Sanitation Standards Committee لكل من معدات تداول الدقيق Flour-handling equipment وأحواض العجين dough troughs ماكينات نضج العجين Mechanica Proofers وماكينات تكعك Cake depositors ومعدات الحشو Fillers وماكينات تغطية الفطائر والحلوى icng Machines

وغيرها ، ومثل توصيات اللجنة المشتركة the Joint Committee Eguipment Stamdards of the National Samitaion on food foundation بشأن معدات الخدمة food service وماكينات غسل الأوانى dishwashing machines . ومن أهم مايراعى بصفة عامة فى هذا المجال سهولة انزال dismantling وتنظيف المعدات والآلات ، واستواء ونعومة Smooth الأسطح الملامسة للطعام ، وتحاشى اللحامات المتفتحة Open seams فى المناطق الملامسة للطعام ، وتحاشى elimiation الأركان الحادة Sharp Corners ، وتحاشى النهايات المغلقة dead ends ونعومة الأسطح ، وإمكان تنظيف جميع الأسطح Surfaces الملامسة للطعام ، واستبعاد Stu ffing boxes ، والوقاية Protectlon من مواد التشحيم من السوائل المتقطرة ، وعدم استعمال خيوط داخلية inside threads لأنه يصعب تنظيفها ، واستعمال الصمامات المناسبة Plug-type Yalves ، واستعمال المقلبات agitators واللوحات Panels ذات القطعة الواحدة onepiece الممكن إخراجها لتنظيفها ، وتحاشى إستعمال المعادن الملوثة Contaminating كالنحاس والرصاص والحديد والزنك والكادميوم والأنتيمون .

وتصنع معدات الأطعمة من الصلب غير القابل للصدأ Stainless steei أو من الصلب Steel أو من الحديد الأسود black iron أو من حديد الزهر Cast iron أو من الحديد المجلفن galvanized iron أو من القصدير tiu أو من المونك Monel Metal أو من النحاس الأصفر brass أو من النحاس Copper أو من البرنز bronze أو من الألومنيوم aluwminum أو من الزجاج glass أو من المطاط rudder أومن الألياف Eiders أو من البلاستك Plastics أو من النسيج fabrics . ومن مزايا الصلب غير القابل للصدأ أنه يسهل تلميعه Polished فيصبح تنظيفه سهلا . ومن أشهر أنواع الصلب غير القابل للصدأ ذاك المحتوى على ١٨ ٪ كروم مع ٨ ٪ نيكل . ويلاحظ أن مناعة الصلب غير القابل للصدأ ضد التآكل مرتبطة

إرتباطاً وثيقاً بنظافته ورعايته ، فإذا لم تتوفر الرعاية حدث التآكل Corrosion ، سواء أكان عاماً general corrosion ناشئاً عن تأثير attack المواد الغذائية الجارى تصنيعها ، أو داخلياً intergranular Cerrosion ناشئاً عن ترسيب كربون فى صورة كربيد كروميوم Chromium carbide ، أو غلفانيا galvanic corrosion ناشئاً عن اتصال معدنين مختلفين أو وجود تيار كهربائى ومحلول مائى لملح غير عضوى inorganic بينهما ، أو ناشئاً عن تباين التركيز Concentration cell corrosion بسبب وجود تيار كهربائى فى وسط السائل Fluid الذى تتباين تركيزاته فى خلال مرحلة التصنيع ، أو تنقر Pitting بسبب عدم كفاية الأوكسجين لتكوين أكسيد الكروميك فى بعض البقاع Spots كما هو الحال عند وجود غبار dust فى بقاع محددة ، وفى هذا المجال يراعى عدم ترك الهالوجينات halogens والهيبوكلوريتات hypochlorites والمنظفات الحامضية acid cleaners على سطح الصلب غير القابل للصدأ لمدد طويلة ، أو Stress corrsion ناشىء عن وجود ضغط tension على سطح الصلب فى وجود أيونات هالوجينية . وهناك توصيات بشأن إستعمال التيتانيوم titanium فى صناعة معدات التصنيع لأنه يمتاز بمقاومته لأحماض الأطعمة ومحاليل الهيبوكلوريت ، وقوته high strength and stiffness وانخفاض معامل تمدده Low coefficient of thermal expansion ، وسهولة تنظيفه لأن الطعام لايلتصق بسطح التيتانيوم ، كما أن السطح يتغطى بطبقة مانعة ثابتة Stable من أكسيد التيتانيوم . إلا أن أبرز عيوب التيتانيوم هى إرتفاع الثمن إلى حوالى ثلاثة أمثال الصلب غير القابل للصدأ .

والصلب العادى steel يتآكل عادة فى المناطق الملامسة للأطعمة ، لكنه يستخدم فى عمل المقلبات والأذرع Shafts and cams لقوته. والحديد الأسود وحديد الزهر Castiron يتآكلان بسهولة مما يؤدى إلى خشونة

roughens السطح وبالتالى صعوبة التنظيف ، والحديد المجلفن لايصلح لصناعة معدات التصنيع الغذائى . وطلاء القصدير zinc Coatng يبلى Wear off بسهولة فيتعرض الحديد بالتالى للتآكل بفعل أحماض الغذاء ، كما أن الزنك يكسب الخضروات لوناً أخضر داكناً dark green discoloration .

ومعدن المونيل Monel metal ، المكون من نحـاس ونيكل Copper-nickel alloy ، يستعمل عادة فى صناعة مناضد التعبئة Packing tables ، فيما عدا فى حالات تعبئة الذرة Corn والفاصوليا beans والبسلة Peas لأن النحاس يسبب دكنه اللون ويساعد على فقد حمض الإسكوربيك . أما النحاس والبرونز والنحاس الأصفر فيجب تغطيتها بالقصدير فى حالة استعمالها فى أجزاء الماكينات والأدوات الملامسة للمواد الغذائية ، مع مراعاة تجديد الطلاء بين الحين والآخر لأنه يبلى بمرور الوقت بتأثير مواد الغسيل والتنظيف . ولايجوز استعمال هذه المعادن الثلاث مع الذرة والبسلة والفاصوليا لأنها تسبب دكنة لون هذه المنتجات ، والألومنيوم يفيد فى صناعة الصفائح Sheets والأوعية Pans والصناديق Lug boxes ، إلا أنه يجب خلط الألومنيوم بمعدن آخر alloyed ليكتسب قواماً أصلب وليقاوم التآكل . ويحظر إستخدام المعادن التى بها نسبة من الرصاص أو الأنتيمون أو المطلاه بالكادميوم فى مصانع الأغذية لأنها سامة toxic . حتى مواد اللحام Solders المحتوية على أكثر من ٥ ٪ رصاص لايجوز إستخدامها فى مناطق الاتصال بالمنتج الغذائى النهائى Product zone . أما الأوعية والمعدات المطلاه بالإينامل enameled فليست مرغوبة unsatis factory لأن المادة الورنيشية تتقشر Flakes وتدخل مع المنتج الغذائى ، بالإضافة إلى نمو البكتريا فى أماكن التقشير Cracks . وكثيراً ما تبطن Lining التانكات tanks والأحواض

Vats بالزجاج glass ، كما تصنع بعض المواسير من الزجاج لأنه يسهل تنظيفه ويمكن فحصه بدون فك المواسير dismantling . وأما المطاط rubber فاستعماله شائع فى السيور belts والخراطيم hose ويراعى دوام فحصه واستبدال التالف منه قبل تشققه Cracked . ولا ينصح باستخدام السيور المصنوعة من القماش Cloth فى مصانع الأغذية لأنها تمتص العصير ويصعب تنظيفها . وحالياً يفضل البلاستيك Plastics على المطاط لأنه غير منفذ imprevious .

وفى التخطيط Planning الناحية الصحية Samitary detail يراعى وضع المعدات فى الأماكن المناسبة لها وتحديد أماكن الصرف drains المناسبة لتسهل عمليات التنظيف ولتمنع عمليات فك dismantligوتركيب reassembly المعدات فتقل التكاليف . ويراعى تحاشى تلوث الماكينات والآلات ، والمداومة على نظافة هذه بعد كل عملية ، وتغطية Covering جميع الأحواض والتانكات والقواديس hoppers والخلاطات mixing machines ، ومنع تسرب leakage المنتجات من خط إلى آخر أو من وجبة batch إلى أخرى ، وتؤخذ الاحتياطات لمنع وصول الزيت والغبار والقاذورات dirt والمواد الغريبة على المنتجات ، ولمنع تساقط القاذورات من الأنابيب العلوية overhead waste or sewer pipes .

وأعمال السباكة plumbing لها أهميتها فى تصميم مصانع الأغذية ، فمن الخطورة بمكان أن يؤدى خطأ فى الإنشاء إلى إتصال أنبوبة صرف sewage أو أنبوبة ماء ملوث بمصدر الماء النقى potable supply .

وهذه الأهمية كامنة فى دورات المياه teilets أيضاً ، فمن المرحاض قد يحدث التلوث ، ومن الذباب المتجمع فى دورات المياه قد يحدث الضرر . فيجب فى مصنع الأغذية توفر دورات الماه النظيفة الصحية ،

ويقصد بذلك المراحيض وأحواض الغسيل أيضاً التى تزود بالصابون والمناشف towels . ولاتغفل صنابير مياه الشرب. وتؤخذ جميع الاحتياطات التى تكفل جودة التهوية vented والصرف drained والعزل عن مصادر المياه الصالحة ، ومنع الطفح back flow أو شفط siphonage السوائل غير الصالحة فى المصادر الصالحة .

الطرق المشروعة لمقاومة الآفات

مقاومة الحشرات والقوارض والميكروبات فى مصانع الأغذية لها أهميتها من الوجهة الصحية ومن الوجهة الاقتصادية . وتشمل مقاومة الآفات pest control الحشرات والحيوانات كالقوارض والطيور والكلاب والقطط ، والنباتات كالبكتريا والفطر والخميرة ، فهذه جميعاً تصيب كلاً من الخامات والمنتجات الغذائية المصنعة . وضرر الحشرات والحيوانات ليس قاصراً على إتلاف على المادة الغذائية بل إنها قد تكون وسيلة vehiele لنقل الكائنات الحية المرضية disease producing microorganisms .

ويمكن التعرف على التلوث بإجراء إختبار النظافة المعروف أيضاً باسم إختبار الدناسة filthtest ، فتميز ميكرسكوبياً أجزاء الحشرات وشعر وبراز القوارض . وفى هذا الاختبار يجرى عزل المواد الغريبة extraneous materials بخمس طرق مختلفة وهى الترسيب sedimenation والإذابة solution dispersion والترشيح filtration والطفو Oil flotation و surface active and sequestering agent,.

فطريقة الترسيب مبنية على اختلاف الوزن النوعى specific gravity لكل من الشوائب والمادة الغذائية ، مثل براز القوارض فى الدقيق . وطريقة الإذابة أساسها إستخدام الماء أو المذيبات العضوية فى إذابة المادة الغذائية دون الشوائب ، وفصل الشوائب عن المحلول بالترشيح . ومن عوامل

tetrasodium ethylenediamine tetraacetate المركب chelating agents الذى يرمز له أحياناً بالرمز Na4 EDTA أو EDTA ، الممكن إستخدامه مع الإنزيمات البروتيوليتية ليساعد فى إذابة solublize الأطعمة البروتينية فتصبح قابلة للترشيح مباشرة . ويمكن إزالة الشوائب من المنتجات الصلبة ، كالدقيق مثلا ، باستخدام مجموعة من المناخل sieves . وطريقة الطفو أساسها تباين البلل preferential wettiug ، فأجزاء الحشرات تتعلق بطبقة الغازولين gasoline أو المذيبات الدهنية بينما المواد النباتية تتعلق بالماء . وتمتاز هذه الطريقة بصلاحيتها للمواد التى يتعذر إذابتها بالكامل لترشيحها ، وفيها يستخدم دورق وايلدمان Wildanu trap Flask ذو العامود rod المعدنى المثبت فى نهاية سدادة من الكاوتشوك لاتنفذ من العنق وتستخدم فى حجب trap طبقة الغازولين بشوائبها داخل عنق الدورق .

ويمكن منع صعود جزيئات المادة الغذائية فى طبقة الغازولين بإضافة مادة توثر فى surface– active agent ، مثل أحادى أوليات البولى أوكسى إرشيلين سوربيتان polyoxyethyleue sorbitan monooleate الذى يرمز له بالرمز Tween 80 ، مع المركب Na4 EDTA . ويساعد فى فحص الشوائب ميكروسكوبياً توجيه ضـــوء كهربائى من مصباح أزرق على المـــادة بزاوية قدرها ٧٠ درجة . وعادة يستعمل ميكروسكوب Stereo microscope قوة تكبيره ٥ــ ٧٥ مرة ، ميكروسكوب ومنظار compounq binocular microscope للتكبير ١٠٠ ــ ٢٠٠ مرة خاصة للبحث عن هيفات الفطر mold mycelioa فى منتجات الطماطم ،وقد يلزم التكبير ٤٠٠ ــ ٥٠٠ مرة لعد الخمائر yeast . ولايعتمد على مصابيح الأشعة فوق البنفسجية ultraviolef black lamps فى كشف بول وبراز القوارض لأن بعض الشوائب الأخرى تعطى نفس البريق fluoresce . وتستخدم أشعة أكس x–rays كثيراً فى الكشف على الحشرات داخل الحبوب ، إلا أنه يلاحظ أن الظل Shadow يظهر على الراديو جراف x–radiographs فى حالة اليرقات larvae الحية و pupae والحشرات الناضجة الحية فقط ،

لكنه لايظهر فى حالة الميتة dead . وقد أصبح إستعمال أشعة إكس من الأعمال الروتينية فى اختبارات الجودة فى المطاحن .

وتهتم إدارة المصنع بمقاومة الآفات أساساً لأن القانون أدرج هذه الشوائب ضمن بند غش aduteratlon الأطعمة حين وصف الغش بأنه وجود مواد سامة أو وجود مواد غريبة لاتدخل ضمن مكونات الطعام أصلا ، كما أن تلوث المنتجات الغذائية بالمبيدات السامة ، مثل germicides والمبيدات الفطرية fungicides والمبيدات الحشرية insecticides ومبيدات القوارض rodenticides ، يجعل المنتجات فى حكم المغشوشة . والقانون فى معظم الدول يلقى عبء المسئولية بالكامل فى هذا المجال على إدارة المصنع managerial responsibility . لهذا وجب على مدير المصنع وضع خطة مأمونة safe program لمقاومة الآفات مستعيناً بالحشريين entomologists ومشرفى الصحة sanitarians وأخصائى التسمم toxicologists والكيماويين chemists ، واستخدام الأشخاص المدربين trained أو التعاقد مع محترفين professional extermi ator أو مع هيئة مختصة Professional pest-contro organizatiou .

والنقاط الخمسة الهامة فى تحديد سبل مقاومة الآفات فى مصانع الأغذية هى :

١ — جميع المبيدات وطرق إستخدامها تكون غير سامة uentoxic للحيوانات ذات الدم الحار warm-bliooded والإنسان .

٢ — المبيدات وطرق إستخدامها لها تلوث أو تبقع non tainting . المنتجات الغذائية .

٣ — المبيدات وطرق استخدامها يجب ألا تشكل مخاطر نتيجة لاستعمالها بواسطة عمال غير مدربين .

٤ ــ يجب التأمين insurance ضد خطر إستعمال المبيدات وبالطرق غير السليمة .

٥ ــ المبيدات وطرق استخدامها يجب أن تكون خالية من المواد المسببة للحرائق fire hazards .

واستخدام المبيدات يجب أن يسبقه عمليات نظافة ، والتخلص من بقايا الأطعمة المتساقطة والعبوات الممزقة والتالفة ، وضمان جودة التهوية ، والوقاية من التلوث . أى أنه بصفة عامة تحقق الأساسيات essentials الأربعة التالية وهى : لاتطعم feed الآفات ، لاتأوى shelter الآفات ، أمنع deny الآفات من دخول مبانى المصنع ، إنسف destroy الآفات pstse بصيدها Hunting أو حبسها trapping أو تسميمها poisoning أو تدخينها gassing أو غير ذلك .

ودائماً تجرى على الخامات ingredient materials ومخاليط الوجبات batch mixeps والمنتجات النهائية finished food prodcts إختبارات الرقابة Food-produot contnol خاصة من الوجهة الصحية . مع ملاحظة أن اختبارات الرقابة الصحية تختلف عن اختبارات الجودة quality control ، وأن اختبارات الرقابة تستوجب عادة الاستعانة بالميكروسكوبات وغيرها لأنه يتعذر رؤية كثير من المواد الغريبة بالعين المجردة .

مقاومة الحشرات

برنامج مقاومة الحشرات insect control يمتد من النقل إلى التخزين والتصنيع . ولتحديد البرنامج يجب الوقوف على الصفات التشريحية anatomy والفسيولوجية physiology ودورة الحياة life cycles والظروف البيئية environmental conditions المناسبة للتكاثر development والطرق routes التى تسلكها الحشرات لبلوغ مصانع الأغذية والمنتجات الغذائية .

ومبدئياً يجب إبعاد المخلفات لأنها ، أسوة بالبالوعات sinks القذرة والمجارى sewers المكشوفة open و waste lagoons والحشائش grass والأعشاب weeds ، تأوى الحشرات . وتلاحظ العلامات indicators المبدئية التى تشير إلى بدء نشاط الحشرات ليتسنى الإسراع فى المقاومة ، مثل الروائح Odors التى تنطلق من البالوعات ، والبراز excreta الذى يوجد فى المطابخ وغرفة التحضير والمنتجات الغذائية بفعل الصراصير cockroaches ومثل tell-tale borings على سطح الجبن بفعل mites ، ومثل الثقوب فى الحبوب المخزونة .

وعادة تفحص عينة smple تمثل الجزء التربيعى gixcare root لعدد العبوات الكلى ، فتنخل العينة بمنخل srfter ٣٠ ثقب 30-mesh وتعد البيضات واليرقات والحشرات الكاملة . وينصح بإلغاء الشحنة إذا زاد العدد عن واحد فى كل عبوة . ويراعى فحص جدران وأرضية سيارات النقل وعربات السكة الحديد قبل وبعد كل عملية شحن .

ومقاومة الحشرات بالكيماويات Control by chemical means شائعة . وهذه المبيدات insecticides تقسم إلى سموم معدية Stomach poisons وسموم ملامسة contact poisons تخترق penetrate الجلد

ومواد تدخين Fumigants تطلق دخاناً ساماً فى الهواء الذى تتنفسه الحشرات . وأشهر السموم المعدية هى مركبات الزرنيخ arsenic المعروفة باسم arsenicals ، مثل زرنيخات الرصاص lead arsenate ، وأخضر باريس Paris Green ، وثالث أوكسيد الزرنيخيك arsenic trioxide ، وزرنخيت الصوديوم sodium arsenite ، وجميعها غير مأمونة فى التصنيع الغذائى لسميتها الشديدة . ويلى هذه مركبات الفلور Fluorin مثل فلوريد الصوديوم (ص ف) ، وفلو وألومينات الصوديوم Sodium fluoroaluminate ص٣ لو فل٦ المعروف باسم كريوليت cryolite ، وفلوروسليكات الصوديوم ص٢ س فل٦ ، وجميعها فعالة ضد النمل ants و roaches لكنها غير مأمونة فى مصانع الأغذية لشدة سميتها ، ولهذا حدد القانون الأمريكى نسبة سبعة أجزاء فى المليون من الفلور المرتبط combined fluroine كحد أقصى فى خامات الفاكهة والخاليل .

ومن الكيماويات المهلكة بالملامسة ما يدخل أيضاً ضمن السموم المعدنية : فالنيكوتين nicotine سواء فى صورة مثبتة fixed form أو فى صورة غير متطايرة nonvolatlie ، يحدث التسمم . وخلاصة الدرس derris extracts والبيرثرم pyrethrum تسمم كثيراً من الحشرات . ومركبات الفوسفور والفورمالدهيد وكبريتات الثاليوم thallium والزئبق المعدنى metallic mercury وأملاح الزئبق تسبب التسمم المعدى . لكنه أصبح مفهوماً أن جميع هذه المواد السامة لاتصلح للاستخدام فى مصانع الأغذية بسبب سميتها للإنسان .

والسموم القاتلة بالملامسة قد تكون سائلة أو مسحوقة dust ، وهى ترش على الحشرات أو على السطوح التى يتوقع مرور الحشرات عليها . وأشهر أنواع سموم الملامسة هى المواد العضوية النباتية المصدر كالبيرثرم ،

ويليها الإيدروكربونات الكلورية Chlorinated hydro carbons والثيوسيانات ، ومركبات الفوسفور العضوى ، ويليها الزيوت البترولية petroleum oils ومواد التعفير المجففة desi cant dusts . وأكثر المبيدات الحشرية بالملامسة استخداماً هو البيرثرم ، أى زهور flowers وبراعم buds النبات Chrysanthemum cinerariae folium المجففة والمحتوية على المواد الفعالة active princi ples وهى pyrethrins land2 و Cinerins land 2 .

وقد يستخلص مسحوق البيرثروم بالكيروسين Kerosene بالحرارة تحت مكثف عاكس Continuous percolation للحصول على محلول للرش ، وهذا المحلول بعد جفافه وتبخره لايترك بقايا residual ضارة .

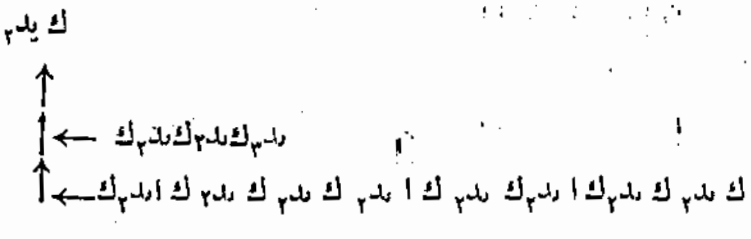
أما المسحوق فيفقد فاعليته detcriorates عند تعرضه للحرارة والضوء وفى البداية تصاب الحشرات بالشلل paralytic effect عندما ينفذ البيرثروم من المسام pores المغطاة بالشيتين Chitinous membranes فى جسم الحشرة . ومعظم حالات الشلل تزول بعد ٢٤ ساعة .

ومن المبيدات الكيماوية بالملامسة مركب الألثرين Allethrin ، أى DL – 2 – allyl – 4 – hydroxy –3– methyl – 2 – cyclopenten – 1 – one المؤستر esterified بمزيج من الوضعين المجاور Cis والمقابل trans لحامض الكريزانثموم الكربوكسيلى DL chrysamthemum carboxylic acids إلا أن فاعليته أقل من فاعلية البيرثروم . وتمتاز المادتان ، البيرثروم والألثرين بضعف تأثيرهما السام بالنسبة للإنسان . ويفضل عادة مزج البيرثروم بالروتينون rotenone كـ٢٣ مد٢٢ ا٦ المستخرج من جذور نبات الدرس derris لأن الأخير تأثيره متوسط . كما أن الروتينون يماثل البيرثروم فى قلة تأثيره السام بالنسبة للإنسان ، ولهذا فمزيجهما يستخدم فى مصانع الأغلية لإبادة معظم الحشرات فيما عدا mites ومعظ roaches ، مع مراعاة

الرش على فترات متقاربة لأن هذا المزيج لايبيد البويضات eggs . وكثيراً ماتضاف مادة فعالة أخرى معززة synergists ، كمركبات البيرونيل piperonyl وخاصة piperonyl butoxide ، لزيادة الفاعلية . ومن أمثلة ذلك المركب المعروف تجارياً باسم البيرينون pyrenone فهو يحتوى على ٥,٣ ٪ مستحضر بيرثروم و ١٤,٨١ ٪ بولى أوكسى إيثيلين سوربيتول فى صورة إستر إيثيلى كمادة استحلاب و٧٢,١٧ زيت بترولى و١٣,٠٢ ٪ بيوتوكسيد بيرونيل piperonyl butoxide تركيزه ٥٣,٠٧ ٪ .

بيبرونيل بيوتوكسيد

3,4 – methylene – dioxy – 6 – propylbenzyl (butyl) diethyleneglycol ether .



وهذا المركب بيبرونيل بيوتوكسيد تأثيره السام على الحيوان والإنسان ضعيف، ولهذا لايحرم القانون الأمريكى استخدامه مع الفاكهة والخضر والحبوب قبل الحصاد فى حدود عشرين جزء فى المليون . ويمكن أن يقال بصفة عامة أن المبيد الحشرى بيرثرم بيرونيل بيوتوكسيد يعتبر مأموناً فى داخل المصانع وحولها بشرط أن يكون مذاباً فى زيت غير سام non–toxic oil carrier . وتوجد مركبات مماثلة مثل البيرونيل سلفوكسيد piperonyln sulfoxide والبيرونيل سيكلوهكسينون piperonyl cyclohexenone . كما قد يستخدم سيزوكسان بدلا من البيرونيل ، وهو عبارة عن (2 ethoxgethoxy) E 2 – ethgl 3,4 methglene dioxyphenyl acetal of acetaldehyde .

أما الإيدروكربونات الكلورية المعتبرة .

مبيدات بالملامسة فمنها :

١ ــ آلدرين Aldrin وهو

1, 2, 3, 4, 10, 10 – hexachloro – 1, 4, 4 a, 5, 8,
8 a – hexahydro – 1,4,–endo, exo – 5,8 – dimchanonaphthalene

وله أثر سام واضح على الإنسان .

٢ ــ هكساكلوريد البنزين Benzene hexachlorlde ويرمز له بالحروف BHC وتأثيره السام متوسط .

٣ ــ كلوردين Chlordane ، وهو

1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 8a – octachloro – 4,7 – methano
ε a, 4, 7, 7 a – tetrahydroindane

وله تأثير سام على الإنسان بدرجة متوسطة .

٤ ــ د . د . ت D.D.T ، وهو

1, 1, 1 – trichloro – 2,2 – bis (p–chlorophenyl) –ethane.

وتأثيره السام على الإنسان متوسط .

٥ ــ داى إلدرين Dieldrin وهو

1' 2, 3, 4, 10, 10 – hexachloro –6, 7 – epoxy–1, 4, 4 a –
5, 6, 7, 8, 8 a – octehydro – 1,4 – endo, exo –
5,8 – di – methanonaphthalene

وتأثيره السام على الإنسان مرتفع نسبياً .

٦ ــ أندرين Endrin وهو

1, 2, 3, 4, 10, 10 – hexachloro – 6,7 – epoxg - 1,

4,4 a – 5, 6, 7, 8,8 a – octahydro – 1,4 –
endo,endo – 5,8 – dimethano – naphthalena

وهو شديد السمية للإنسان .

٧ – هبتاكلور Heptachlor وهو

1, 4, 5, 6, 7, 8, 8 – heptachloro – 3a ,4,6,
, a – tetrahydro – 4,7, methanoidene

وتأثيره السام على الإنسان مرتفع نسبياً .

٨ – لندين Lindane وهو مشابه isomer لهكساكلوريد البنزين : وتأثيره السام على الإنسان متوسط ؛

٩ – ميثوكسى كلور Methoxychlor وهو

1,1,1 – trichloro – 2,2 – bis (p – anisyl) . ethane

وتأثيره السام على الإنسان ضئيل .

١٠ – برثان perthane وهو

1,1 – dichloro – 2,2 – bis (p – ethglphenyl) . ethane

وتأثيره السام على الإنسان قليل .

١١ – TDE وهو

1,1 – dichloro – 2,2 – bis (p – chlorophenyl) . ethane

وتأثيره السام على الإنسان متوسط .

١٢ – توكسافين Toxaphene ، وهو

كامفين كلورى chlorinated camphene : وتأثيره السام على الإنسان شديد .

وقد اكتسبت الحشرات المنزلية ، كالذباب Flies and mosquitoes مناعة ضد المبيد D.D.T بظهور أنواع Varieties مقاومة .

وعلل ذلك باحتواء هذه الأنواع على إنزيم دهيدرو – كلورينيز D.D.T – dehydrochlorinase يحلل المبيد ويساعد الليبو بروتينات lipoproteins فى خلق وسيلة لوقاية protective mechanism الحشرة .

ومن أضرار المركبين D.D.T و T.D.E أنهما يتركان بقية residue فى اللبن والنسيج الدهنى . لهذا نص القانون الأمريكى على اعتبار اللبن مغشوشاً إذا وجدت فيه بقايا D.D.T أو T.D.E .

ولهذا أيضاً ينصح بعدم إستخدام هذين المركبين فى حظائر حيوانات اللبن أو فى داخل مصانع الأغذية خوفاً من التلوث فيصبح اللبن أو المنتج الغذائى مغشوشاً .

والمركب B.H.C غير مقبول الرائحة disagreeable odor وقد يتلف صفات الأطعمة . إلا أن القانون الأمريكى سمح باستخدامه ، أسوة باللندان فى حدود معينة مع الفاكهة والخضروات . وينصح بعدم استخدام الميثوكسى كلور فى حظائر حيوانات الألبان ، لكنه يمكن استعماله مع اللحوم والفاكهة والخضروات .

وأحياناً ينصح باستخدام مزيج لندين وميثوكسى كلور لرش الجدران والممرات corridors فى المناطق من مصانع الأغذية التى يجرى فيها تصنيع الأطعمة . ولا ينصح باستخدام الكلوردين فى حظائر حيوانات اللبن أو على علائق هذه الحيوانات لأنه يترك أثراً residue فى الألبان ، كما يجب تجنبه بملامسته لجلد الإنسان أو الحيوان لأنه شديد السمية . وأيضاً يجب عدم استخدام الألدرين والداى إلدرين والإندرين والهبتاكلور والتوكسافين

فى مصانع الأغذية لأنها مركبات شديدة السمية ، برغم أن فعاليتها ضد الحشرات قوية جداً .

ومركبات الفوسفور العضوية المعروفة فى مجال المبيدات بالملامسة متعددة جداً ، ومنها أربعة مشهورة بسميتها للفيران التى تبتلعها oral toxicities تعرف تجارياً بأسماء دیازینون diazinon المعتدل السمية بالنسبة للإنسان ، وهو :

O,O – diethyl – O – (2 – isopropyl 4 – methyl – 6 – pyrimidinyl) phosphorothioate

، ومالايثون Malathion المنخفض السمية بالنسبة للإنسان ، وهو

O,O – dimethyl dithiophosphate of diethyl mercaptosuccinate

، وباراثيون parathion الشديد السمية للإنسان ، وهو .

O,O – diethyl – O – nitrophenyl thiophosphate ، و TEpp الشديد السمية للإنسان ، وهو تترا إيثايل بيروفوسفات tetraethyl pyrophosphate . وهذه المركبات الأربعة تحقق فعاليتها بطريق الفم ingestion أو بالملامسة ، وهى تعمل كمثبطات inhibitors لإنزيم الكولين إستريز cholinesterase مما يؤدى إلى تعطيل نشاط الأعصاب فى الحشرات والحيوانات والإنسان .

ولهذا ينصح بارتداء ملابس واقية protective clothing وكمامات respirators عند استعمال المبيدات الفوسفورية العضوية . ولا يجوز استعمال مركبات Tetram ، Trithion ، DDVP ، Delnav ، EpN ، Ethion ، Guthion ، phosdrin الفوسفورية العضوية لسميتها الشديدة .

ومركبات الثيوسيانات العضوية شديدة السمية للإنسان ، وتمتص خلال الجلد بسهولة ، فلايجوز إستعمالها فى مصانع الأغذية . ومن أمثلتها ما يسمى تجارياً trade name باسم ليثان Lethane وثانيت Thanite .

ومن مبيدات الملامسة المسموح باستخدامها فى مجال الزراعة لعدم خطورتها على الحيوان المركبات أراميت Aramite وهو

[2- (P-tertbuty lphenoxy)- isopropyl 1-2- chloroethyl sulfite] ، والكلوروبنزيد chlorobenside المعروف أيضاً باسم ميتوكس Mitox وهو ، (p-c hlorobenzyl-p-chlorophenyl sulfide) والكلوروبنزيلات وهو . (ethyl 4,4 - dichlorobenzi late)، وسيفين Sevin وهو (1-naphthyl N-methyl carbamate) ، وأوفكس Ovex وهو (p-chlorophenyl-p-chloro-benzene sulfonate)

وجميع المبيدات تخفف عند استعمالها . ومن المخففات diluents الماء والزيوت البترولية والإيدروكربونات العطرية لمواد الرش السائلة liquid sprays ، والتلك talc والطمى clay والجير lime والطمى الدياتومى Fullers earth والسليكا silica و Vermiculite لمواد التعفير dusts . ويلاحظ أن التلك لايسمح باستعماله فى تخفيف المبيدات المعدة للاستخدام على الحبوب المخصصة لتغذية الإنسان ، لكنه يسمح به فى تعفير الحبوب المخصصة لتغذية الحيوانات .

وبعض هذه المبيدات يعبأ تحت ضغط pressurized package تسمى Aerosols وتستعمل فى رش الحشرات المنزلية باستخدام نخاخة nozzle. ويجب ألا يقل الضغط عن ٤٠ رطل على البوصة المربعة 40 psi ويفضل أن يزيد على مائة .

ويمكن اختبار جودة المبيدات بالملامسة برش مائة حشرة وعد مايسقط فى الأرضية بعد عشر دقائق لتحسب نسبته المئوية كنسبة percentage knockdown، ثم تعد الحشرات المقتولة بعد ٤٨ ساعة لمعرفة نسبة الفعل القاتل percentage Kill التى لاتقل عادة عن ٨٠ ٪ فى نهاية المدة ٤٨ ساعة فى حالة المبيد الجيد . ويعرف الاختبار باسم Official Test Insecticide (O. T. I.) . وفى هذا الاختبار تحـــدد درجتا الحرارة والرطوبة . ويجب أن يجرى الاختبار عشر مرات ويؤخذ المتوسط .

والتدخين هو أنجع الطرق لمقاومة الحشرات فى حالة تفشى الإصابة heavily infested ، ويعقبه المداومة على استخدام المبيدات بالملامسة لمنع تكرار تفشى الإصابة . وجميع مواد التدخين fumigants شديدة السمية للإنسان ولهذا ينصح بالحذر التام واتخاذ الحيطة عند استعمالها ، بارتداء الملابس الواقية protectivc clothing والكمامات respirators . وفى بعض الدول المتمدينة تقتصر عمليات التدخين على الأفراد المرخص لهم بممارستها ؛ والعوامل المحددة لاختيار مادة التدخين فى الصوامع elevators أو المطاحن flour mills أو مصانع الأغذية food-processing plants هى طبيعة nature ومدى extent الإصابة infestation وحجم المبنى وطبيعة المبانى المجاورة Surrounding buildings . وأشهر مواد التدخين هى ثانى كبريتيد الكربون carbon disulfide ك كب ٢ الشديد السمية للإنسان والشديد القابلية للاشتعال highly flammable والانفجار explosive والمستخدم فى تدخين الحبوب المخزونة ، ورابع كلوريد الكربون ك كل٤ الشديد السمية high toxicity والمستخدم فى تدخين كميات القمح المخزنة ، والكلورو بكرين Chloropicrin ك كل٣ ن ا ٢ المتوسط السمية للإنسان والمستخدم فى تدخين الحبوب سواء كان منفرداً أو بالإضافة إلى بروميد الميثايل أو كلوريد الميثايل أو رابع كلوريد الكربون ، وثانى بروميد الإيثيلين Ethylene dibromide ك٢ يد٢ بر٢

الشديد السمية للإنسان والمستخدم فى التدخين فى المطاحن ، وثانى كلوريد الإيثيلين كـ٢ يد٤ كل٢ المتوسط السمية للإنسان والمستخدم فى المطاحن ، وأكسيد الإيثيلين كـ٢ يد٤ ا المتوسط السمية للإنسان والشديد القابلية للاشتعال مما يدعو إلى مزجه بثانى أكسيد الكربون لخفض قابليته للاشتعال ، وهو يستخدم فى تدخين الغلال ويعطى نتائج جيدة بالنسبة لبيض الحشرات ، وحمض الإيدروسيانيك يد ك ن الشديد السمية للإنسان والقابل للاشتعال والمستخدم فى تدخين الغلال ، وبروميد الميثايل ك يدـ بر الشديد السمية للإنسان والقابل للاشتعال والانفجار بقلة .

ويفسر الأثر السام لحمض الإيدروسيانيك بأنه يثبط إنزيمات السيتوكروم cytochrome المتحكمة فى عمليات التنفس ، وهو يستخدم بنسبة ثمانية أوقيات oz يد ك ن سائل لكل ألف قدم مكعب .

والقدر المسموح به فى القانون الأمريكى من باقى residne بروميد الميثايل هو ٥٠ جزء فى المليون فى الغلال ، ٥ — ٥٠ جزء فى بعض الفواكه والخضروات .

والقدر المناسب للتدخين فى المطاحن هو رطل ط ا واحد لكل ألف قدم مكعب لمدة exposure period ١٦ — ٢٤ ساعة . وقدم يستخدم نظام الدفع forced recirculation لتقليل تكاليف الأيدى العاملة labor costs وسهولة التخلص من غاز بروميد الميثايل بالتهوية ، وتجانس توزيع uniform distribution بروميد الميثايل ، وتحاشى تركيز كميات كبيرة من مادة التدخين فى منطقة معينة ، وقصر فترة التدخين نسبياً . ويمكن إجراء التدخين vault fumigation فى عربات الشحن freight cars أو فى سيارات التبريد van or refrigeratortrucks أو الأوعية المنكسة convorted drums أو غرف التخزين storage rooms .

والكلوروبكرين يستخدم بنسبة ثلاثة أرطال لكل ألف قدم مكعب

من الحبز ولمدة ٢٤ ساعة على درجة ٨٠° ف . والقانون الأمريكى يسمح باستخدامه فى تدخين الذرة والشعير والأرز والزمير والجودار والسورجم والحنطة السوداء .

ومزيج ثانى كلوريد الإيثيلين ورابع كلوريد الكربون يستخدم بنجاح فى تدخين حبوب البن والفاكهة المجففة وغيرها .

ومن المستحضرات المسموح باستخدامها قانوناً فى الولايات المتحدة الأمريكية الفوستوكسين phostoxin ، وهو مستحضر فوسفيد ألومنيوم وكربامات أمونيوم فى صورة أقراص tablets .

والمادة الفعالة فى المستحضر فى غاز الفوسفين phosphine gas فوسفين وغاز ثانى أكسيد الكربون CO_2 الذين ينطلقان من المستحضر بتأثير رطوبة الحبوب المدخنة ولمدة ٣ — ٥ أيام ومن مزايا هذا المستحضر أن الفوسفين لايتلف الصفات النوعية quality للدقيق .

وتوجد طرق حيوية biological means لمقاومة الحشرات ، مثل استخدام الجراثيم spores الحية live المجففة تحت ضغط منخفض للكائن الحى Bacillus thuringiensis والممتزجة بمادة غير فعالة inert carrier لإبادة الحشرات التى تتغذى على الأوراق leaf-eating . وتمتاز هذه الطريقة بالتخصص specific action ، وعدم إتلافها للنباتات ، وعدم تخلف بقايا residue يسبب تسمماً للإنسان أو الحيوان ، وامتداد أثرها القاتل لمدة تصل إلى بضعة أعوام ، وعدم وجود فرصة لدى الحشرات للمقاومة resistance ، وإمكانية تخزين المستحضر المبيد عدة أعوام دون أن يفقد صلاحيته . إلا أن المستحضر له عيوب ، منها بطء مفعوله مقارناً بالمبيدات الكيماوية الأخرى ، وضرورة تعيين الوقت المناسب لاستخدام المبيد بما يتمشى مع دورة حياة life cycle الحشرة المطلوب إبادتها . والمستحضر سالف الذكر يعرف تجارياً باسم Thuricide .

كما توجد طرق طبيعية physical means لإبادة الحشرات ، مثل الحرارة heat والإشعاع electromagnetic radiation والتنقية بالهواء air - cleaning and esparation ، والطرد المركزى centrifugal separation والتغطية بشباك السلك screaning . ففى طريقة الحرارة يدفع هواء سخن بإمراره على مواسير بخار ساخنة داخل الماكينات أو المواد لفترة محددة ، كأن تكون ١٠ — ١٢ ساعة على درجة ١٢٠ — ١٣٠° ف فى الحبوب المخزنة أو تمرر منتجات الغلال الخشنة القوام فى ثلاثة أسطوانات أفقية horizontal cylinders مزدوجة الجدران ومسخنة بالبخار المـــار بين الجدارين steam - jacketed ومرتبة فوق بعضها ، باستخدام بريمة ناقلة screw conveyor لنقل المادة الغذائية داخل الأسطوانة الأولى وإلى الثانية أسفلها ثم إلى الثالثة السفلية . ويكفى خمس دقائق على درجة ١٤٠° ف لقتل حشرات الغلال المطحونة .

وقد ترفع درجة الحرارة إلى ١٦٠° ف لمدة ٥ — ٦ دقائق دون أن يسبب ذلك إتلاف المادة الغذائية . وضغط البخار الشائع استخدامه هو ١٠٠ رطل lb .

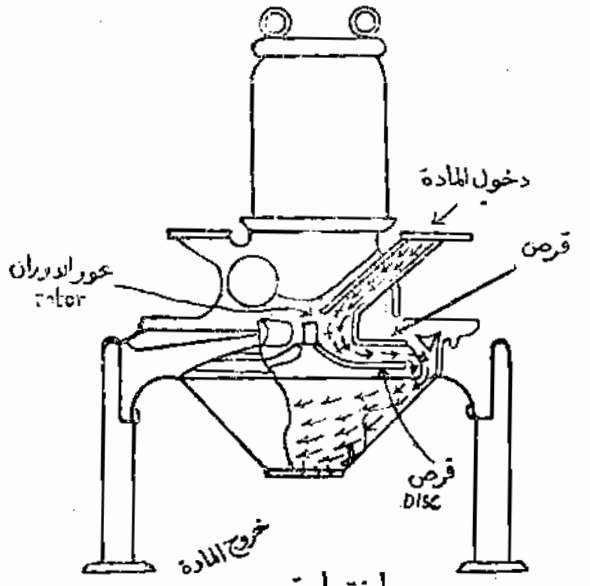
وفى طريقة الإشعاع وجدت الأشعة ionizing radiations ، كأشعة إكس وأشعة جاما gamma ، غير فعالة بالإضافة إلى أن الجرعات المطلوبة منها لإبادة الحشرات تسبب إتلاف المادة الغذائية . لهذا تستخدم الأشعة electromagnetic radiation . وفى طريقة التنقية بالهواء يستفاد من الهواء المضغوط فى طرد الشوائب وبعض الحشرات ، لكنها طريقة قليلة الفعالية .

والطرق الميكانيكية Mechanical methods أشهرها إستخدام الأنتوليتر Entoleter . ففى هذه الماكينة يدخل الدقيق بطبقات رقيقة thin film فيتعرض للطرد المركزى بسرعة ٣٥٠٠ دورة فى الدقيقة rpm وتصطدم

بمعدن الماكينة casing . وفى هذه الطريقة تؤخذ عدة احتياطات ، منها ضرورة إحكام قفل مدخل inlet ومخرج outlet الماكينة فى أوقات عدم التشغيل ، ووضع الماكينة قرب ماكينة التعبئة packers أو الملأ fillers ، ونقل المنتجات خلال أجهزة مغلفة tightly built conveyors ، وتدخين العبوات الفارغة قبل التعبئة ، وتدخين ماكينات التعبئة والتغليف من وقت لآخر periodically ، وإحكام غلق العبوات النهائية لتحاشى إعادة التلوث .

وشباك السلك توضع على النوافذ والأبواب وجميع الفتحات . وهى عادة تحتوى على ١٦ × ١٦ سلك — طولا وعرضاً — فى البوصة المربعة ، ويفضل الآن شباك ١٨ × ١٦ فى البوصة . وجميع الأبعاد المعروفة ، وهى ١٨ × ١٨ ، ١٦ × ١٦ ، ١٤ × ١٤ ، ١٨ × ١٦ ، ١٨ × ١٤ ، ١٨× ١٢ ، تمنع مرور الذباب Musca domestica وناموس الملاريا . Anopheles quadrimaculatus وناقلة الحمى الصفراء yellow fever وهى Aedes aegypti . وتوجد شباك مكهربة electric screens فاعليتها ملموسة .

والحشرات التى تستدعى الانتباه فى مصانع الأغذية هى الذباب العادى flies التى توحى تجمعاته بإهمال لمبادىء النظافة ووجود فضلات متعفنة ؛ ودورة حياة الذباب لاتتجاوز تسعة أيام فى الجو الحار ، واليرقات تستمر فترة ٨ ساعات إلى أربعة أيام ، والحشرة الكاملة adult تعيش life span ثلاثة إلى سبعة أسابيع . وهذه الحشرات تنقل القاذورات filth والأمراض disease وتباد الحشرات المنزلية عادة بالرش بمحلول ديازينون Diazinon تركيزه واحد فى المائة مضاف إليه السكر بنسبة ٢,٥ جزء سكر لكل جزء من المبيد . ويستعمل أيضاً الكورلان Korlan بتركيز واحد فى المائة ويرش بمقدار ٢٠٠ ملليجرام لكل قدم مربع .



إنتوليتر

والحشرة الأخرى التى توجد فى مصانع الأغذية بكثره وتساعد فى تفشى التسمم بالسالمونيلا Salmonella والكوليرا Cholera والسل tuberculosis و leprosy هى الصراصير Cockroaches التى تنتشر بسرعة فى جميع أرجاء المصنع بمجرد تمكنها من التسرب إلى داخله . ويوجد منها ٥٥ نوع ، إلا أن خمسة أنواع فقط هى التى توجد فى مصانع الأغذية . ودورة حياة هذه الحشرة تتلخص فى مرحلة البيض egg stage ٢١ — ٥٥ يوما ، nymph stage ٧٣ — ٤٠٠ يوما ، حياة الحشرة الكاملة adult longevity ١٥٠ — ٤٥٠ يوما . والحشرة تفضل الأطعمة الغنية بالكربوهيدرات ، كالغلال ومنتجاتها ، كما أنها تلتهم الأطعمة الغنية بالبروتين مثل اللبن الفرز المجفف . ومن العوامل القاتلة لهذه الحشرة درجة التجمد freezing ودرجة الحرارة التى تعلو ١٢٠° ف . وأفضل المبيدات لها هو مسحوق البيرثرم — بيرونيل بيوتوكسيد ؛ ويمكن استخدام عجينة فوسفور بدون تخفيف بالماء أو العسل كما يستخدم كلوردين بتركيز ٣ ٪ فى مادة زيتية أو مسحوق dust به ٥ ٪ كلوردين أو محلول داى الدرين تركيزه ٠,٥ ٪ أو مسحوق به ١ ٪ داى الدرين ، إلا أنه ثبت أن

بعض الأجيال تتولد لديها مناعة ضد الكلوردين والدای الدرين مما أدى إلى التحول إلى استخدام مركبات الفوسفور العضوية . وأشهر المبيدات الحديثة محلول به ٠,٥ ٪ ديازينون + ٢ ٪ كورلان korlan + ١٪ مالاثيون malathion .

وأشهر الحشرات التى تصيب الأطعمة المخزونة هى الخنافس Beetles والسوس Weevils مثل :

Saw-toothed grain beetle
(Oryzoephilus surinomensis).
Granary weevil
(Sitophilus granarius).
Rice weevil
(Sitophilus oryza).
Confused and Red flour beetles
(Tribolium confusum and castaneum).
Cadelle
(Tenebroides maurit anicus).
Yellow Meal Worm
(Tenebrio malitar).
Lesser Grain Borer
(Rhyzopertha dominica).
Drug Store Beetle
(Stegobium poniceum).
Cigarette Beetle
(Lasiderma sericane).

والعتة Mites and Moths والسمك الفضى Silver fish . وأهم خطوات التخلص من حشرات المنتجات الغذائية المخزونة هى :

١ — المعاملة بالمبيدات فى أماكن التخزين .

٢ — إستبعاد المواد المصابة من المزرعة والصومعة والمطحن والمصنع .

٣ — المعاملة بالمبيدات فى السفن وعربات النقل .

٤ – تدخين كل ما يحتاج إلى ذلك ، من معدات وأدوات وكميات .

وترش sprayed أو تعفر dusted صوامع الغلال بمستحضر البيرثرم بيرونيل بوتوكسيد ، وتعفر الغلال المحصورة حديثاً بمسحوق بيرثرم به ١,١ ٪ بيرونيل بيوتوكسيد + ٠,٠٨ ٪ بيرثرين ، بمعدل ٧٥ رطل لكل ألف بوشل من الغلال ، أو يستخدم مستحلب بيرونيل بيوتوكسيد مع بيرثرين بنسبة ١٠ جزء من الأول إلى جزء واحد من الثانى فى رش الغلال بمعدل جالونين لكل ألف بوشل من الغلال .

مقاومة الآفات الحيوانية

القوارض rodents ، كالفيران الكبيرة rats والصغيرة mice ، تسبب قذارة المنتجات الغذائية : كما أنها تعمل على نقل العديد من الأمراض مثل التيفوس bubonic plague و tularemia و Murine and scrub typhus و rickettsial disease ، ويعتبر الخنزير pig عائلا للدودة الشريطية Trichinella spiralis ، كما تعتبر القوارض من وسائل نقل السالمونيلا المسببة لحمى التيفود والتسمم الغذائى . وللقوارض عموماً أضرار متعددة منها إتلاف النباتات والأنسجة والبضائع ، وأكل الفاكهة والخضروات والغلال واللحوم ومعظم الأطعمة الأخرى ، وتلويث كميات ضخمة من الأطعمة بخلاف ما تأكله ، وإحداث الحرائق عن طريق الأحتكاك بالثقاب أو إتلاف المواد العازلة أو أسلاك الكهرباء أو عمل مأوى nests لها من مواد قابلة للاشتعال combustible materials ، وقرض الخشب ، وعمل مراديب فى الأرضية .

والمعروف أن الفأر يتبرز يوميا ٧٠ زبلة fecal pellets ويتبول ١٦ ملليلتر بول urine ويطلق شعوراً من فروته البالغ عددها حوالى نصف مليون شعرة . فالقوارض هى أسوأ الآفات ، وهى منتشرة على نطاق

واسع ، إذ عددها فى الولايات المتحدة يساوى تقريباً عدد الأشخاص ، بمعدل ٣,٥ مليون فأر تولد يومياً . وأسنان الفأر خطيرة لأنها تنمو بسرعة ، أى بمعدل خمس بوصات سنوياً . والحيوان يعيش لمدة عام .

وأشهر مبيدات القوارض rodenticides هى وارفارين war farin أى

3 (d) acetonylbenzyl - 4 - hydroxycoumarin

، وكوماكلور Coumachlor أى

3 (d) acetonyl - 4 - dichlorobenzyl - 4 - hydroxycoumarin

، وبيفال Pival أى 2 - pivalyl 1,3 indandione ، و ب م ب P M P أى Dipacinone ، وادى فاسينون Calcium 2 - isovaleryl 1,3 indandione أى 2 - diphenylacetyl 1,3 indandione ، وفيومارين Fumarin أى

3 (d) acetonylfurfuryl - 4 - hydroxycoumarin

وجميعها مركبات تمنع التجلط anticoagulant ، والمستحضر التجارى Fortified Red Squill أى مزيج من الجليكوزيدات scillin و scillaren scillitin و scillain و sillipicrin و sinistrin ، والمستحضر ANTU أى alpha - naphthyl thiourea ، والمستحضر ١٠٨٠ أى فلورو خلات الصوديوم sodium fluoroacetate ، وكبريتات الثاليوم Thallium sulfate ، أى thallous sulfate ، وثالث أكسيد الزرنيخ Arsenic trioxide $ر_٢ ا_٣$ ، وفوسفيد الزنك $خ_٣ فو_٢$ ، والاستركنين strychnine $ك_{٢١} يد_{٢٢} ن_٢ ا_٢$ ، وكبريتات الاستركنين $(ك_{٢١} يد_{٢٢} ن_٢ ا_٢)_٢ يد_٢ كب ا_٤ . ٥ يد_٢ ا$. والحد للمبيد المضاف فى طعم bait القوارض هو ٠,٢٥ و ٠,٥ ٪ وارفارين ، ٤ و ٠٪ من ١٠٨٠ ، ٥ ٪ ANTU ، ١,٥ ٪ كبريتات ثاليوم ، ٢٪ فوسفيد زنك ، ٣ ٪ ثالث أكسيد زرنيخ ، ١٠٪ fortified Red Squill . والجرعة ،

القاتلة للرجل ٣,١٥ أوقية من ١٠٨٠ أو ٣,٢ أوقية كبريتات ثاليوم أو ٤,٩ أوقية فوسفيد زنك ، أو ٠,١٢ — ١,٢ أوقية ثالث أكسيد زرنيخيك ، أو جرعات كبيرة نسبياً من باقى المستحضرات . وأهم مواصفات specifications مبيد القوارض الجيد ideal هى : الفاعلية effectiveness الشديدة عند بدء تقديمه ، واستمرار الفاعلية لمدة طويلة extended period ، وعـــدم الإضرار بصحة الحيوانات الأليفة domestic animals وعدم تلويث المنتجات الغذائية ، وانخفاض الثمن ، وسهولة علاج التسمم antidote . وبالإضافة لمبيدات القوارض سالفة الذكر يستخدم التدخين أيضاً للإبادة . وكثيراً مايستخدم مسحوق

سيانيد الكالسيوم للتدخين ، إذ أنه يتفاعل بعد تعفيره مع رطوبة الجو منتجاً سيانيد إيدروجين الذى يقتل القوارض والآفات flea and mite التى تتعلق بالقوارض ولكنه سام جداً للإنسان . وطاردات القوارض Rodent Repellents ، مثل النفتالين naphthalene ، تساعد فى حجب القوارض ، لكنها لاتستعمل مع المنتجات الغذائية إلا إذا كان فى الإمكان إزالة الرائحة التى تمتصها بالتهوية airing deodorized . ومن الطاردات أيضاً مشتقات الفينول الكلورية N, N - dimethyl - S - tert - butylsulfenyl dithiocarbamate والإيثايل إستر للحامض 2, 3, 4 - tetrachlorofuroic acid ولكنها قادوة الاستعمال لضعف كفاءتها .

ويجب تحضير الطعم bait المناسب لتتقبله القوارض . فمثلا يضاف جزء من مبيد القوارض المانع للتجلط إلى ١٩ جزء من الذرة الصفراء ، أو يمزج جزء من المبيد المانع للتجلط بخمسة أجزاء زمير مرشوش بجزء مسكر سترنيش بجزء زيت ذرة باثنى عشر جزء مطحون ذرة صفراء بالوزن . وقد يضاف للطعم مادة بيفال Pival بتركيز ٠,٢٥ ملليجرام

فى الجرام أو يضاف مالاثيون لمنع تكاثر خنافس الحبوب على الطعم . وأكثر مواد الطعم إستعمالا هى الغلال المطحونة cereals واللحوم المفرومة والأسماك المفرومة والفاكهة والخضروات . ويفيد أحياناً خداع القوارض بوضع مادة الطعم الخالية من السم لتقبل عليها الفيران فى الليلة الأولى ثم يستبدل الطعم بآخر نظيره تماماً لكنه محتوى على المبيد القاتل . وقد وجد أن هذا النظام prebaiting يفيد باستخدام الطعم القاتل مباشرة one-shot kill .

والطرق الفيزيائية physical means لمقاومة القوارض تستند إلى حرمانها من الطعام أو من المأوى shelter . وهذه الطرق تشمل الفخاخ trapping والاصطياد hunting والموانع rat proofing ، والأخيرة أفضلها وأقلها تكلفة وتتلخص فى عدم توفير أماكن اختبائها وتعايشها بالإضافة إلى استمرار مقاومتها بالمبيدات والتدخين . ويراعى ذلك فى إنشاء الجدران وملأ المسافة بين الجدران المزدوجة إلى مسافة أربعة بوصات فوق سطح الأرض بالأسمنت وتغطية الأرضية بالأسمنت ولحام الفراغات بين الأرضية والجدران وإحكام قفل غطاءات البالوعات ، وخفض القواعد concrete foundations لمسافة قدمين على الأقل تحت مستوى سطح الأرض وجعلها بسمك أربع بوصات على الأقل ، وجعل التوصيلات الكهربائية على مسافة بوصة على الأقل من سطح الحائط ليتسنى التنظيف تحتها ، واستبدال الأرضيات الخشبية بأخرى أسمنتية مع خفض منسوب الجدران لمسافة قدمين أسفل الأرضية لتحاشى القرض burrowing ، ومنع تكويم المواد والمواسير والفضلات trash and refuse ، ورفع مستوى مساطب plat forms المواد المخزونة لمسافة ١٨ بوصة على الأقل فوق سطح الأرض خاصة فى المصانع الخالية من الجدران المنيعة ضد الفيران ratproof foundation walls ، وتزويد قمة الأعمدة supporting columns بمانعات معدنية metal rat guards فى مخازن

لمواد الغذائية والصوامع مع التغطية بإحكام بشباك سلك wire mesh مثل النوع الشائع وهو 8-mesh galvanized hardwarecbth ، وتغطية البالوعات وسد الشقوق فى أرضية البدروم .

وعدم توفير الغذاء للفيران يفيد فى مقاومتها ويجعل اصطيادها بالفخاخ أسهل وإنتاجها أقل وتأثرها بالسموم أسرع .

وهنا تظهر أهمية تخزين الأطعمة والمنتجات فى غرف أو مبانى أو عبوات containers مانعة ضد الفيران ratproof ، وأهمية التخلص من الفضلات وإحكام قفل صناديق القمامة ، وأهمية النظافة cleanliness والنظام order فى مخازن الأطعمة .

واصطياد الفيران بالفخاخ يؤتى نتائج طيبة تماثل نتائج استخدام الطعوم السامة ، لكنه يستلزم الخبرة skill والانتباه attention وزيادة العمل labor فاختيار أماكن وضع الفخاخ له الأهمية الأولى قبل استخدام الطعم المغرى attractive . وأشهر أنواع الفخاخ هى snap trap التى تسمى أيضاً guillotine trap ، أو spring trap أو breakback trap وينصح باستخدام أكثر من نوع من الطعم ، توضع فى فخاخ متعاقبة successive ، مثل شرائح لحم ، قطعة من السمك الطازج ، دقيق زمير مع لحم مفروم ، جبن ، تفاح ، شمام ، طماطم ، جزر ، لبابة خبز ، لبابة عجائن . وهذه يمكن جعلها أكثر جاذبية برش قليل من مسحوق اللبن المجفف على المصايد . ويجب تغيير الطعم يومياً .

رتوضع الفخاخ بجوار الجدران خلف المواد الغذائية وقرب الجحور وأماكن الإختباء . ولا يجوز استعمال القطط فى مقاومة القوارض لأنها تلوث المواد الغذائية بالشعر والبراز والبول .

وآفة الطيور bird pests ، مثل الحمام pigeons وعصفور دورى

English sparrows والشحرور European starlings تحتل سطوح المبانى والأشجار والأعشاب فتكسب المنطقة روائح كريهة ، كما أنها وما يتطفل عليهـا ectoparasites تنقل بعض الأمراض ، مثل sittacosis و histoplasmosis و encephalitis ، وقد تصبح أعشاشها nests مأوى للحشرات التى تنتقل فيما بعد إلى الغلال وغيرها . وقد تتمكن الطيور من دخول المصنع عن طريق النوافذ المفتوحة والفتحات الأخرى فتسبب تلوث المنتجات الغذائية بالريش feathers والإفرازات excrement . ولا تفيد الفخاخ كثيراً فى مقاومة الطيور ، كما أن تكسير البيض والعش يفيد نوعاً ما لكنه يتطلب التكرار والمداومة، والطبل والصياح loud noises يخيف الطيور والسموم تستعمل عند الضرورة القصوى . وأشهر السموم هو الاستركنين strychnine بنسبة ١ ٪ فى الغلال ومجروش الذرة . وأحيانا تكهرب الأسلاك فوق المبنى لتمنع الطيور . وينصح بدوام تغطية الفتحات والنوافذ والأبواب بشباك معدنية .

ويجب منع الكلاب والقطط من دخول مصانع الأغذية لأنها تلوث المنتجات الغذائية بشعرها وبرازها وبولها .

مقاومة الأحياء الدقيقة

الأساس فى صناعات حفظ الأطعمة هو منع التلوث بالكائنات الحية الدقيقة قبل وأثناء وبعد عمليات التصنيع . وهذا يفيد أيضاً فى استبعاد الكائنات الحية الدقيقة الممرضة ، أى المسببة للأمراض .

food-borne infections وللتسمم intoxications مما يجعل الطعام غير صالح unfit لتغذية الإنسان .

وتتلخص عمليات مقاومة الأحياء الدقيقة فى مصانع الأغذية فى الثلاث نقاط التالية :

١ ــ اختيار الخامات التى تتصف بعدم التلوث بغزارة .

٢ ــ استخدام عبوات وصناديق خالية من التلوث فى نقل وتعبئة الخامات والمنتجات .

٣ ــ التحكم فى البيئة داخل مصانع الأغذية لجعلها غير ملائمة لنشاط الكائنات الحية الدقيقة .

فالخامات الزراعية قد تكون هى السبب فى التلوث بالأحياء الدقيقة فى مصانع الأغذية . وعادة تكون الفاكهة محملة بعدد غفير من هيفات وجراثيم الفطر ، وهذه ما لم تزال منها الأجزاء الملوثة فى بداية مرحلة الاستلام أصبحت مصدراً لتلويث الهواء والمنتجات المصنعة والخامات السليمة . ودقيق القمح قد يحتوى على عدد كبير من جراثير البكتريا Bacillus mesentericus وهذا يسبب تلوث المخبز جميعه ويعطى خبزاً متحيلا ropy . لهذا يجب فحص الدقيق بمجرد استلامه للتأكد من خلوه من جراثيم هذه البكتريا ، كما يراعى تنظيف الصوامع والناقلات

والجدران والأرضيات والسقف لمنع تسرب العدوى infections وقد تكون الميكروبات الملوثة لمادة خام من النوع السام . فمثلا قشر البيض shell eggs ومنتجات الدواجن تكون فى معظم الأحوال ملوثة بالسالمونيلا . ونادراً ما توجد عينة من البيض المجفف خالية من السالمونيلا ، ولهذا فكثيراً مايتفشى التسمم الغذائى بسبب استعمال منتجات بيض ملوثة فى صناعة منتجات المخابز ، خاصة وأن عدداً كبيراً من منتجات المخابز لايتعرض لقدر كبير من الحرارة يكفى لإبادة هذه الكائنات الحية الدقيقة .

وينصح بالعناية بتنظيف الصناديق الخشبية Hallocks and field boxes قبل استعمالها فى الحقول ، بغسلها بالماء المضاف إليه ١,٢ ٪ أورثوفينايل فينات الصوديوم Sodium orthophenylphenate .

والتحكم فى ظروف البيئة يعنى التحكم فى درجات الحرارة والرطوبة النسبية والحموضة الفعلية pH ووجود المغذيات nutrients بما يجعل نمو الأحياء الدقيقة محصوراً تقريباً فى منطقة lag phase بدلا من مرحلة . exponential orlogarithmic growth phase .

وبالنسبة لتأثير الحرارة يراعى أيضاً أن بعض الأحياء الدقيقة ، كالمحبة للبرودة Psychrophilic bacteria ، تستطيع النمو قرب درجات التجمد مثل ، pseudomonas ، Achromobacter ، Flavobacterium ، ولهذا يلزم الاهتمام بتنظيف أجهزة التجميد أيضاً . أما الكائنات الدقيقة التى تنمو على درجات الحرارة العادية Mesophilic فالتحكم فيها أسهل ولكن بشرط المداومة على النظافة .

وأما البكتريا المحبة للحرارة المكونة للجراثيم Thermophilic spore-forming bacteria من جنس باسلس فقد يكون التلوث بها غزيراً لدرجة أن درجة حرارة ومدة التعقيم لاتكفيان لإبادتها بالكامل فيظهر مستقبلا أعراض الفساد flat sour spoilage فى المعلبات ، كالبسلة والذرة . وهذه الكائنات الأخيرة منتشرة بكثرة فى التربة ، ولهذا ينصح

بالعناية بغسيل الخامات الزراعية . وينصح أيضاً بالتبريد المباشر للعلب عقب تعقيمها لمنع نمو الجراثيم التى لم تقتل ، فهذه قد تنمو عند بلوغ درجة الحرارة مرحلة التحضين incubation range فى حالة ترك العلب لتبريد ببطء ، وينصح أيضاً بعدم تكوين العلب الدافئة فى مخازنها لأن العلب فى المنطقة الوسطية تظل محتفظة بحرارتها بعض الوقت مما يساعد على نمو بعض الجراثيم التى لم تقتل .

ومن وسائل التحكم فى البيئة استخدام مراوح الشفط exhaust fans والتهوية للتخلص من الرطوبة الجوية المرتفعة فى جو المصنع والناشئة عن استخدام البخار لكى لاتتكثف على السيور والمعدات فتساعد على نمو الفطريات والخمائر والبكتريا نظراً لأن الماء من مستلزمات الحياة لهذه الكائنات الحية . ويفضل تغطية مواسير البخار بمواد عازلة كما ينصح بتغيير الماء فى أوانى السلق دواماً لأن ماء السلق blanch water ترتفع به نسبة المواد الكربوهيدراتية المستخلصة من الأطعمة ، وهذه تساعد على نمو الأحياء الدقيقة الثرموفيلية . والمعروف أن معظم الفطريات molds وعدداً كبيراً من الخمائر yeasts والبكتريا يستطيع النمو بيئات غذائية بسيطة تتكون من قليل من السكر كمصدر للكربون ومصور للنتروجين غير العضوى وبعض العناصر المعدنية النادرة ، وهذا مايعبر عنه بالاصطلاح nutritionally non – exacting .

والعامل الثالث للتحكم فى طروف البيئة بقصد مقاومة الأحياء الدقيقة هو الحموضة الفعلية . فالمعروف أن الفطريات تتحمل حموضة منخفضة تصل إلى pH ٢,٥ ، وكثير من الخمائر وبعض البكتريا المسببة للفساد مثل lactoba cilli تنمو فى وسط حموضته الفعلية تصل إلى pH ٣,٥ ، والميكروبات enterococci تنمو عند pH قد يصل إلى ٩,٦ .

ويسترشد بالبكتريا عادة فى تقرير مدى تلوث وصلاحية المواد الغذائية Sanitary quality . ومن الصعب اكتشاف detect وتقدير عدد enumerate البكتريا من مجموعة السالمونيلا Salmonella – Shigella ولهذا يكون التركيز عادة على بكتريا القولون colifotm التى تدل على التلوث بالبراز Fecal pollution كما قد يستدل ببكتريا البزار fecal streptococci clostridium perfringens وفى رأى بعض الباحثين أن وجود بكتريا القولون coliform bactsria و enterococci فى العصائر المركزة المجمدة ليس ضاراً بالصحة العامة وليس دليلا على التلوث بالبراز ، فهذه الأحياء الدقيقة توجد أحياناً على ثمار الموالح وتنتقل منها إلى العصائر . أما وجود الجنس لاكتوباسلس Lacto bacillus والجنس ليكونوستوك Leuconostoc فى العصائر المركزة المجمدة فيعطى صورة صادقة عن حقيقة الاهتمام بالنواحى الصحية فى المصنع ، خاصة إذا وجدت الأحياء Lactobacillus brevis Leuconostoc mesenteroides L . plantarum التى تتحمل حموضة فعلية قدرها ٣,٤ — ٤ فى العصائر .

لهذا ينصح باستبعاد ثمار الموالح الفاسدة أثناء عملية الفرز لأنها عادة تحمل هذه الأحياء الدقيقة . وقد تتكاثر هذه الأحياء أيضاً فى ماكينات استخلاص العصير extractors والتجهيز finishers وتانكات العصير holding tanks وأجهزة التركيز evaporators ، ولذلك وجب المداومة على تنظيف هذه المعدات . وقد تسبب البكتريا heterofermentative lactic acid bateria ظهور روائح buttermilk flavors and odors تجعل المنتجات الغذائية غير مقبولة unmacceptable فى نظر المستهلك .

ويفرق عادة بين الأحياء الدقيقة المسببة للفساد كالتى تغير طعم ورائحة المادة الغذائية والأحياء المسببة للتسمم . وبصفة عامة يركز على الأحياء الدقيقة السامة Food – poisoning bacteria ، مثل الكلوستريديوم بوتيولينم clostridium botulinum والاستافيلوكوكس أوريوس Staphylococcns auresu

والسالمونيلا فى تقييم طريقة حفظ الطعام وفى تحديد مواصفات المنتج الغذائى الجديد .

وفى إحدى التجارب عن أعداد الأحياء الدقيقة الملوثة للفاكهة وجدت الأعداد التالية :

	العدد على سطح البرتقالة	العدد فى ملليتر عصير
برتقالة سليمة sound	٠ — ٧٤٠٠٠	٠ — ٥٠٠
Drops	٦٤٠٠٠ — ٨٥٥٠٠٠٠	٢٩٠٠٠ — ١٥٠٠
Splits	٢١٤٠٠٠٠٠ — ١١٣٧٠٠٠٠٠	٦٢٠٠٠٠ — ٢٨٠٠٠٠٠
وتالفة Deteriorated	٤٤٢٠٠٠٠٠ — ٣٢٥٠٠٠٠٠	٣١٠٠٠٠٠ — ٩٢٠٠٠٠٠

والطرق الكيمائية المستخدمة فى مقاومة الأحياء الدقيقة تعنى استخدام المبيدات . فمبيدات الفطريات Funigicide هى المواد المستخدمة لقتل ومقاومة الفطر fungi فيما عدا مايوجد من فطريات على أو داخل جسم الإنسان . ويقصد بالمفن Fungi جميع الأحياء الدقيقة المسماة صدأ rusts أو تفحم Smuts أو mldews أو mold أو خمائر yeasts أو بكتريا bacteria ، فيما عدا مايوجد داخل أو على جسم الإنسان . وعلى هذا القياس يعتبر اللفظ germicide دالا على أى مبيد يقتل جميع ordirary disease germs حتى لو لم يكن قادراً على قتل جراثيم البكتريا . وأحياناً يستبدل لفظ disease germs بلفظ الخلايا الخضرية vegetative cells فى هذا التعريف .

أما اللفظ مبيد البكتريا bactericide فيطلق على أى شىء يبيد البكتريا ولو لم يقتل جراثيمها . وأما اللفظ antiseptic فيطلق على المواد التى تضاد sepsis والتعفن putrefactifon أو التحلل decay ، فهى تمنع prevents أو توقف arrests نمو growth أو نشاط action الأحياء الدقيقة ، سواء

عن طريق إبادتها destroying أو تثبيط نشاطها inhibiting . واللفظ disin fectant يطلق على العامل agent الذى يقى من العدوى infection بقتله مسبب المرض disease germs أو الأحياء الدقيقة ، بخلاف جراثيم البكتريا عادة .

واللفظ fungistats يطلق على المواد التى تثبط أو توقف نشاط العفن fungi وتكاثره reproduction ، ولكنها لاتبيد destroy العفن . واللفظ mycostat يطلق على العامل agent الذى يثبط نشاط وتكاثر الفطريات molds . واللفظ bacteriostat يطلق على العامل الذى يثبط تكاثر البكتريا . ومثل هذه العوامل قد يضاد فعلها مواد أخرى تجعل البكتريا قادرة على مواصلة النمو والتكاثر .

ومثال ذلك مركبات الزئبق التى ينعكس فعلها reversal action بتأثير المركبات المحتوية على كبريت ، كالسستئين والجلوتاثيون وحمض الثيوجليكوليك thioglycollic acid والكبريتيدات غير العضوية .

واللفظ Sanitizer يطلق على المادة الكيميائية التى تستخدم لتقليل عدد الأحياء الدقيقة على سطح المادة الغذائية إلى الحد الذى تقره اللوائح الصحية . واللفظ Sanitization يعنى النظافة مع حفظ عدد الأحياء الدقيقة الملوثة . ويشترط عدم تخلف أى شىء ضار بالصحة نتيجة لاستخدام هذه المواد .

والاصطلاح food contact surfaces يعنى سطوح المعدات والأدوات الملامسة للمواد الغذائية .

واللفظ تعقيم Sterilization يعنى أى طريقة ، كيماوية كانت أم طبيعية ، تؤدى إلى إبادة جميع الكائنات الحية الدقيقة . فالفعل يعقم Sterilize يعنى إبادة جميع الكائنات الدقيقة ، واللفظ معقم Sterile يعنى

الخلو من جميع الكائنات الحية الدقيقة ، واللفظ Sterilize يعنى إبادة جميع الكائنات الحية الدقيقة .

ويمكن تقييم المطهرات disinfectants باستخدام طريقة معامل الفينول phenol coefficientmethod . وهذا العامل يعطى دلالة عن الفعل القاتل germicidal action للمادة الكيميائية chemical agent إزاء ميكروب معين test organism على درجة حرارة معينة ولمدة تعريض معينة مقارناً بفعل الفينول phenol تجاه نفس الميكروب تحت نفس الظروف . والمتفق عليه هو استخدام الميكروب .

Salmonella typhosa Hopkins strain 26, A .T.C. C. no . 6539

وكذلك الميكروب :

Staphylococcus aureus F.D.A. 209,A . T. C. C .No . ، 538

للاختبار test organisms باتباع الطريقة الرسمية Official A.O.A.C. . والثابت للآن أنه لاتوجد طريقة اختبار موحدة تكفى لتقييم جميع أنواع المطهرات disinfectants and sanitizers المستخدمة تحت ظروف متباينة من وجهة الاشتراطات الصحية فى مصانع الأغذية . فعلى سبيل المثال قد يتأثر فعل المطهرات بوجود مواد عضوية وبطبيعة السطح إن كان مسامياً أو غير مسامى .

ومبيد الفطريات fungicide مواصفاته العامة أن يكون ذا فعل قوى high fungicidal properties وفعال عند درجات الحرارة والحموضة الفعلية وحالة التلوث الراهنة ومدة التعريض ، غير ملوّث للمادة الغذائية ولا يسبب التآكل للأسطح المعرضة للمواد الغذائية ، وغير سام للإنسان والحيوانات ذات الدم الحار ، ومناسب اقتصادياً وقابل للذوبان فى الماء أو المذيبات الأخرى :

ويشترط فى مبيد الفطريات أن يبيد جميع البكتريا الممرضة pathogenic والمسببة لفساد الأطعمة ، وكذلك الحمائر والعفن ، فى نفس الظروف التى يعمل فيها المصنع . ويراعى وقاية الكميات المستبقية من المبيد فى عبواتها من الرطوبة والحرارة المرتفعة لتظل محتفظة بفاعليتها . وعموماً يقال أن تأثير مبيد الفطريات وتأثير المادة المنظفة وتأثير المواد المبيدة للكائنات الحية الدقيقة يتوقف على نظافة الأسطح المعاملة من الوجهتين الطبيعية والكيميائية ، سواء كانت سطوح الأدوات أو سطوح المواد الغذائية . وتقدر أثمان المواد المنظفة cleaners and detergents على أساس قدرتها على إزالة بقايا التربة من الأسطح ، وتقدر أسعار مبيدات الفطريات على أساس قدرتها على إبادة destroy الأحياء الدقيقة ، وتقدر أسعار المنظفات sanitizers على أساس قدراتها على تقليل عدد الكائنات الحية الدقيقة .

والعوامل الكيميائية المستخدمة فى مجال الشئون الصحية تشمل عدداً وفيراً من المركبات تمثل أحماضاً غير عضوية بسيطة وكثيراً من المركبات الأكثر تعقيداً كالمركبات العضوية المختلفة complex synthetic – surface – active organic compamds ومن بينها الهالوجينات ومركبات الفينول ومركبات الأمونيوم والأحماض والمضادات الحيوية وعوامل التعقيم الغازية gaseus steriliziung agents والقلويات ، مثل إيدروكسيد الصوديوم ، والمنظفات detergent sanitizers . وأشهر مركبات الكلور غير العضوية المستخدمة فى الوقاية الصحية هى :

١ – الكلور كل٢ نسبة ذوبانه ٠,٧١٦ جم / ١٠٠ جم عند ٢٠°م ، ٧٦٠مم زئبق .

٢ – ثانى أكسيد الكلور كل٢ نسبة ذوبانه ٣٠١ جم / ١٠٠ ملليلتر عند ٢٥°م و ٣٤,٥مم زئبق .

٣ – الجير الكلورى كا (ا كل)٢ . كا كل٢ نسبة ذوبانه ٦,٩ جم / ١٠٠جم .

٤ – هيبوكلوريت الكالسيوم كا (اكل)$_{٢}$ نسبة ذوبانه ١٣,٨جم / ١٠٠جم .

٥ – هيبوكلوريت الصوديوم ص اكلى بتركيز ٢ – ١٥٪ كلور .

فالكلور يتفاعل مع الماء منتجاً حامض hypochlorous وحامض كلوردريك

$$كل_{٢} + يد_{٢}ا \rightleftharpoons يد\,ا\,كل + يد\,كل$$

وهذا تفاعل عكسى يسير فى اتجاه تكوين حمض الهيبوكلورس إذا وجدت أيونات الإيدروجين ، لكنه يسير فى الاتجاه المضاد إذا وجدت أيونات الإيدروكسيل . ويتأين حمض الهيبوكلورس المتكون معطياً أيونات إيدروجين وأيونات هيبوكلوريت :

$$يد\,ا\,كل \rightleftharpoons يد^{+} + ا\,كل^{-}$$

وبصفة عامة يكون جزئ الكلور (كل$_{٢}$) سائداً فى المحلول عند pH ٢,٠ أو أقل ، بينما يوجد حمض الهيبوكلورس فى صورة غير متأينة عند pH ٤,٠ – ٧,٥ ، ويغلب وجود أيون الهيبوكلوريت عند pH ٧,٥ – ٩,٥ ، بينما عند pH ١٠ يوجد الكلور جميعه فى صورة أيون هيبوكالوريت .

وتوجد مصطلحات terms شائعة فى مجال استخدام مركبات الكلور فى النظافة ، منها جرعة الكلور chlorine dosage التى تعنى كمية الكلور المضافة للماء ، ومتبقى الكلور chlorine residual التى تعنى كمية الكلور المتبقية فى الماء بعد مدة محددة ، والكلور المتطلب chlorine demand التى تعنى الفارق بين كمية الكلور المضافة فى الجرعة وكمية الكلور المتبقية بين فترة محددة ، أى كمية الكلور التى تفاعلت مع المواد العضوية والنتروجينية الموجودة فى الماء ، والكلور المتيسر available chlorine التى

تعنى كمية الكلور المكافئة equivalent لليود المنطلق فى التفاعلات التالية :

بد ا كل + ٢ بوى + بد كل ← ى٢ + ٢ بوكل + بد٢ ا

ص ا كل + ٢ بوى + ٢ بوكل← ا٢ + ص كل + ٢ بوكل + بد٢ ا

كا (ا كل)٢ + ٤ بوى + ٤ بد كل ← ٢ ى٢ + كا كل٢ + ٤ بوكل + ٢ بد٢ ا

وهذا الإصطلاح الأخير مفيـــد فى تقدير أسعار المنتجات الكلورية لأنها تباع على هذا الأساس برغم أن هذا لا يعطى دلالة سليمة عن كفاءة هذه المركبات germicidal efficiency :

وعندما تضاف كمية قليـــلة من الكلور إلى الماء ، يتفاعل حمض الهيبوكلورس مع المركبات النتروجينية الموجودة فى الماء معطياً كلور أمين chloramines وهذه المركبات الأخيرة تأثيرها المطهر أضعف من تأثير الكلور لكنها تظل فعالة لمدة أطول من الكلور :

بد ا كل + ن بد٣ ← ن بد٢ كل + بد٢ ا

٢ بد ا كل + ن بد٣ ← ن بد كل٢ + ٢ بد٢ ا

وفى حالة زيادة كمية الكلور المضافة حتى يصبح تركيز الكلور كافياً لأكسدة الكلور أمينات يحدث انخفاض حاد فى الكلور المتبقى عند أى زيادة من الكلور فى الجرعة المضافة للماء ، وهذه النقطة تعرف باسم break-point فإذا ما زيدت كمية الكلور بعد ذلك أدى ذلك إلى زيادة مماثلة فى الكلور المتبقى . وتعرف هذه العملية باسم break – point chlorination. والمقصود بعملية In – plant chlorination هو المعاملة بالكلور بعـــد تجاوز نقطة break – point لكل المياه المستخدمة فى مصنع الأغذية ، عادة إلى حد بلوغ المتبقى residual ٥ ــ ٧ جزء فى المليون . وقد تصل هذه النسبة إلى ٢٠ جزء فى المليون فى عمليات الغسيل الشاملة .

وثانى أكسيد الكلور يحضر بالتفاعل :

٢ص كل ا$_{٢}$ + كل$_{٢}$ ← ٢ كل ا$_{٢}$ + ٢ص كل

وتأثيره يوازى مرة ونصف قدر تأثير الكلور .

وهيبوكلوريت الصوديوم أو الكالسيوم أسهل فى الاستخدام لكنهما أغلى ثمناً .

ومن مركبات الكلور العضوية المستخدمة فى مجال الصحة الوقائية مادة كلورامين ت Chloramine T أى Sodium p – toluene sulfonchlo– ramid والهالازون Halazone أى p–sulfondichloroamidobenzoic acide، والسكسينكلورامید Succinchloramide أى p–chlorosuccinimide والداى كلوروسيا نيوريك أسيد Dichlorocyanuric acid ، وحمض ثالث كلورو سيانيوريك Trichlorocyanuric acid والداى كلورو داى ميثايك هيدانتوين 1,3 – dichloro – 5,5 – dimethyl hydantion .

الوقت بالدقائق اللازم لقتل جراثيم الكلوستريد يوم بوتيوليم فى الأطعمة عند درجات حموضة متباينة

الطعام	الأس الإيدروجينى	درجات الحرارة المئوية :				
		٩٠	٩٥	١٠٠	١١٠	١١٥
عسل نحل	٦,٩٥	٦٠٠	٤٩٥	٣٤٥	٣٤	١٠
ذرة	٦,٤٥	٥٥٥	٤٦٥	٢٥٥	٣٠	١٥
سبانخ	٥,١٠	٥١٠	٣٤٥	٢٢٥	٢٠	١٠
فاصوليا	٥,١٠	٥١٠	٣٤٥	٢٢٥	٢٠	١٠
قرع عسلى	٤,٢١	١٩٥	١٢٠	٤٥	١٥	١٠
كمثرى	٤,٧٥	١٣٥	٧٥	٣٠	١٠	٥
قراصيا	٣,٦٠	٦٠	٢٠	—	—	—

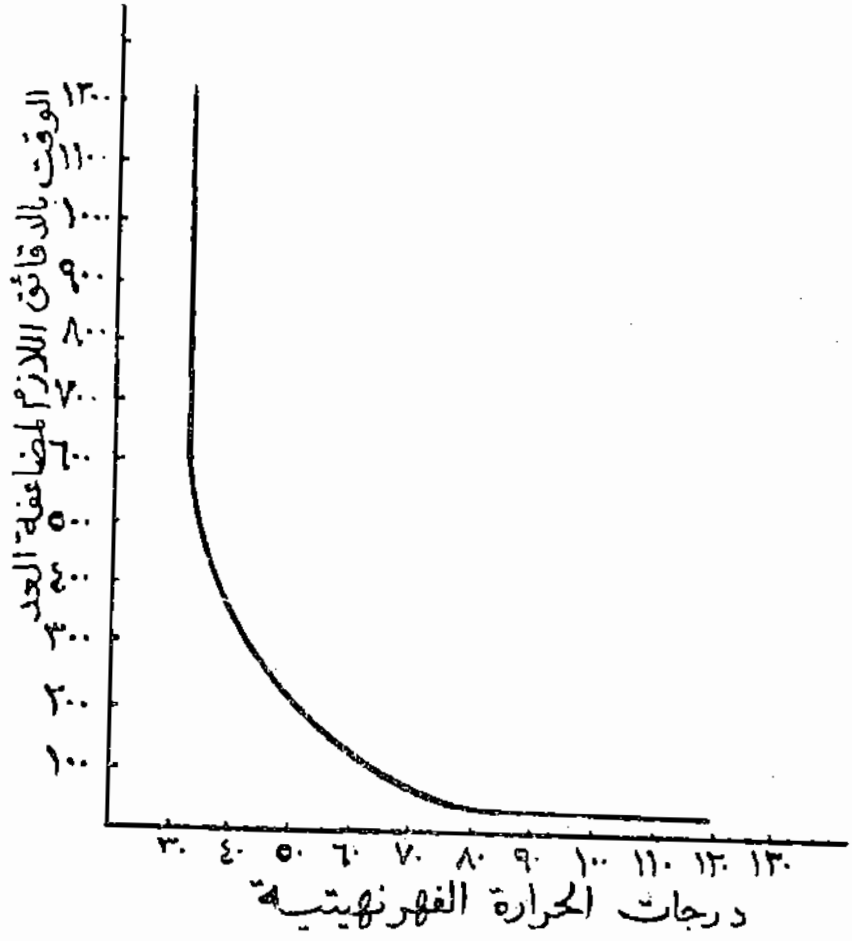
المواصفات الميكروبيولوجية لبعض منتجات الألبان من الدرجة الأولى

المنتج	العد فى المليلتر	بكتريا القولون
لبن خام فى موقع الإنتاج	أقل من ١٠٠٠٠٠	لا يوجد
لبن خام فى البسترة	أقل من ٣٠٠٠٠٠	لا يوجد
لبن مبستر	أقل من ٢٠٠٠٠	أقل من ١٠
جبن كوتاج	—	أقل من ١٠

تأثير درجة الحرارة على حياة البكتريا

ف°	م°	التأثير
٢٥٠	١٢١	حرارة البخار الرطب تحت ضغط قدره ١٥ رطل تقتل جميع البكتريا بما فى ذلك جراثيمها خلال ١٥ — ٢٠ دقيقة .
٢٤٠	١١٥,٥	حرارة البخار الرطب تحت ضغط قدره عشرة أرطال تقتل جميع البكتريا وجراثيمها خلال ٣٠ — ٤٠ دقيقة.
٢٣٠	١١٠	حرارة البخار الرطب تحت ضغط قدره ستة أرطال تقتل جميع البكتريا وجراثيمها خلال ٦٠ — ٨٠ دقيقة.
٢٢٠	١٠٤,٥	حرارة البخار الرطب تحت ضغط قدره رطلان .
٢١٢	١٠٠	درجة غليان الماء عند ضغط جوى ٧٦٠ م زئبق تقتل الخلايا الخضرية .
٢٠٠	٩٣,٣	الحرارة تقتل خلايا البكتريا والخميرة والعطر النامية على ١٠٠ — ١٨٠° ف .
١٨٠	٨٢,٢	البكتريا الترموفيلية تنمو عند ١٥٠ — ١٨٠° ف .
١٧٠	٧٦,٦	حرارة البسترة تقتل البكتريا المرضية خلال نصف ساعة على درجة ١٤٠ — ١٧٠° ف فيما عدا البكتريا المرضية المكونة للجراثيم .

° ف	° م	التأثير
١٠٠	٣٧,٨	جميع البكتريا والخميرة والفطر تنشط على درجة ٦٠ ــ ٩٠٠ ف
٦٠	١٥,٦	يبطؤ نمو جميع الأحياء الدقيقة عند درجة ٥٠ــ٦٠° ف
٥٠	١٠,٠	درجة الحرارة المثلى لنمو البكتريا المحبة للبرودة هى ٤٠ ــ ٥٠° ف .
٣٢	صفر	يتوقف نمو جميع الأحياء الدقيقة .
صفر	ــ ١٧,٨	البكتريا تكون فى حالة كمون .
ــ ٤٢٠	ــ ٢٥٠	درجة حرارة الإيدروجين السائل لا تقتل بعض أنواع البكتريا .



شكل يوضح معدل نمو البكتريا

خواص المنظفات detergents

الخاصية	قلوى قوى	قلوى متوسط	بولى فوسفات	حامض متوسط	حامض قوى	مؤثرات سطحية
فاصلة Sequestering	لاتأثير	قليل	فائق	لاتأثير	لاتأثير	لاتأثير
مبللة Wetting	قليل	متوسط	قليل	قليل	لاتأثير	فائق
مستحلبة emulsifying (suspending)	قليل	متوسط	متوسط	لاتأثير	لاتأثير	فائق
مذيبة dissolving	فائق	مرتفع	متوسط	مرتفع	فائق	قليل
مصبنة Saponifying	فائق	مرتفع	لاتأثير	لاتأثير	لاتأثير	قليل
تشبغر peptizing	فائق	مرتفع	قليل	متوسط	مرتفع	لاتأثير
تشتيت dispersion	متوسط	مرتفع	قليل	قليل	لاتأثير	مرتفع
تشطيف rinsing	مرتفع	مرتفع	متوسط	قليل	لاتأثير	فائق
تآكل corrosion	فائق	مرتفع	لاتأثير	متوسط	فائق	لاتأثير

والوظائف الرئيسية التى تقوم بها المواد المستخدمة للمساعدة فى التنظيف leading compounds تتلخص فيما يلى :

١ ــ القلويات : تزييح أجزاء التربة بواسطة الاستحلاب والتصبن والتشبغر .

٢ ــ الفوسفات المعقدة : إزالة أجزاء التربة بالاستحلاب وبالتحويل إلى سائل شبه غروى ، أى التشبغر ، وتحويل الماء العسر إلى يسر ، ومنع ترسب حبات التربة .

٣ ــ الأحماض : تحويل الماء العسر إلى يسر ، ومنع ترسب المعادن .

٤ ــ Surfactants : البلل Wetting ومنع إعادة ترسيب حبات التربة .

٥ ــ المواد الماسكة chelating compounds : جعل الماء يسراً ، ومنع ترسب المعادن ، ومنع إعادة ترسب حبات التربة ، وإزالة بقايا التربة بالتشبغر .

تأثير تركيز المنظفات على كفاءتها

التركيز المناسب لمواد التنظيف :

١٠٠ جزء فى المليون ، لمدة ١ ــ ٢ دقيقة ، على درجة ٧٥°ف ، فى حالة النقع أو ٢٠٠ جزء فى المليون فى حالة الغسيل بالرذاذ لكل من هيبوكلوريت الصوديوم ، والكالسيوم ، وحمض ثنائى أو ثلاثى كلورو أيزوسيانيوريك tri or dichloroiso cyanuric acid وثنائى كلورو أيزوسيانيورات البوتاسيوم أو الصوديوم .

٢٥٠ جزء فى المليون لمدة دقيقتين فى النقع أو ٤٠٠ ــ ٥٠٠ جزء فى المليون فى حالة الرذاذ بمركب الكلورامين chloraminct فى محلول متعادل pH ٧ أو لمدة ٢٠ دقيقة إذا كان الأس الإيدروجينى ٨,٥ .

٢٠٠ جزء فى المليون لمدة دقيقتين فى حالة النقع أو ٤٠٠ جزء فى المليون فى حالة الغسيل بالرذاذ بالمركب الكلورى هيدانتوين hydantion فى وسط حامضى .

٢٠٠ جزء فى المليون للنقع ، أو ٤٠٠ جزء للرذاذ لمدة دقيقتين على درجة حرارة ٧٥° ف أو أعلى من ذلك وفى وسط حموضة pH ٦ أو أعلى من ذلك لجميع مركبات الأمونيـــوم الرباعية quaternary ammonium compounds.

٢٠٠ جزء فى المليون لمدة دقيقتين فى النقع ، أو ٤٠٠ جزء فى الغسيل بالرذاذ بالأحماض الأنيونية .

٢٥ جزء فى المليون لمدة دقيقتين فى حالة النقع ، أو ٧٥ جزء فى حالة الغسيل بالرذاذ بالبروم والكلور bromine – chlorine .

١٢,٥ جزء فى المليون لمدة دقيقتين فى النقع ، أو ٢٥ جزء فى المليون فى الغسيل بالرذاذ ، باستخدام عوامل البلل المضاف إليها يود .

تقرير فحص الشئون الصحية اليومى

سيئ : التاريخ : . . . . . .
معتدل : المنتج : . . . . . .
جيد :

س م ج غرفة أو رصيف الإستلام (حشرات ، قوارض ، نظافة عامة ، إلخ . . . . . .

س م ج معدات التحضير (ماكينات غسيل أو تقطيع أو تدريج أو ناقلات أو خلاطات أو أجهزة تبخير أو حلـل أو تانكات أو أنابيب أو سلال) . . . . . .

س م ج قسم التعبئة (المناضد أو السيور الناقلة ، معدات التعبئة ، الناقلات ، المصاعد ، السلال ، القواديس ، الأوانى ، المواسير ، معدات السلق ، ماكينات التعبئة ، الشراب ، المحلول الملحى ، إلخ)
. . . . . .

س م ج العبوات الفارغة (علب ، برطمانات ، زجاجات ، أكياس ، صناديق كرتون ، حبال وخيوط ، إلخ) . . . . . .

س م ج المخازن (الصوامع ، التانكات ، الحوالات ، الصناديق ، الخامات ، إلخ) . . . . . .

س م ج التخلص من البقايا (عربات النقل ، المصافى ، القواديس ، إلخ)
. . . . . .

س م ج المطعم . . . . . .

س م ج دورات المياه . . . . . .

س م ج . . . . . .

توقيع الفاحص

الفحص الدورى للشئون الصحية فى مصنع التعليب

اسم المصنع . . . . عنوان المصنع . . . . . التاريخ . . .

المبنى وملحقاته :

	صحى	يحتاج تحسين	غير صحى
١ ــ المساحة الخارجية			
٢ ــ كسح الفضلات			
٣ ــ			
قسم الاستلام :			
١ ــ الصناديق			
٢ ــ المخازن			
٣ ــ الناقلات			
٤ ــ الأرضية والجدران			
٥ ــ			
قسم التحضير :			
١ ــ أجهزة الغسيل			
٢ ــ السيور والناقلات			
٣ ــ معدات التدريج			
٤ ــ معدات التقطيع			
٥ ــ معدات السلق			
٦ ــ الهراسات			
٧ ــ الأرضية والجدران والبالوعات . . .			
قسم التعليب :			
١ ــ السيور			
٢ ــ ماكينات الملأ			
٣ ــ الأرضية والجدران والبالوعات . . .			
غرفة الفقل :			
١ ــ صندوق التسخين الإبتدائى			

٢ ــ ماكينة إضافة المحلول . . . . . .
٣ ــ ماكينة القفل . . . . . .
٤ ــ الأرضية والجدران والبالوعات . . .

قسم الشراب والتبخير :
١ ــ التانكات والمواسير . . . . . .
٢ ــ مضخات التفريغ . . . . . .
٣ ــ الأرضية والجدران والبالوعات . . .

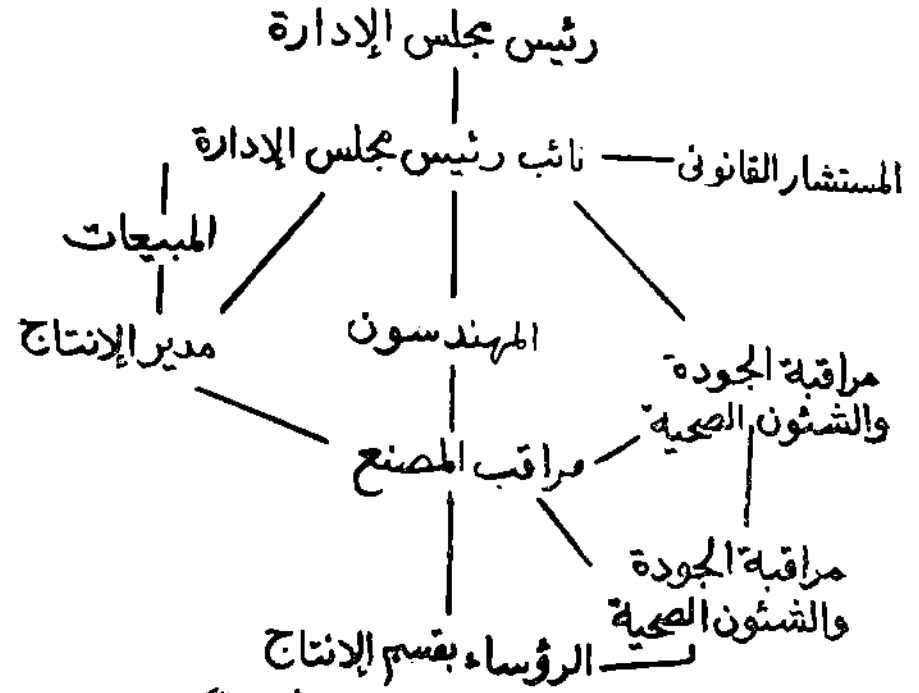
المخازن :
١ ــ تأمين التجهيزات والخدمات . . . . .
٢ ــ المكدسات . . . . . .

دورات المياه :
١ ــ الصنابير . . . . . .
٢ ــ أحواض الغسيل . . . . . .
٣ ــ المراحيض والمباول . . . . . .
٤ ــ الأرضية والجدران . . . . . .

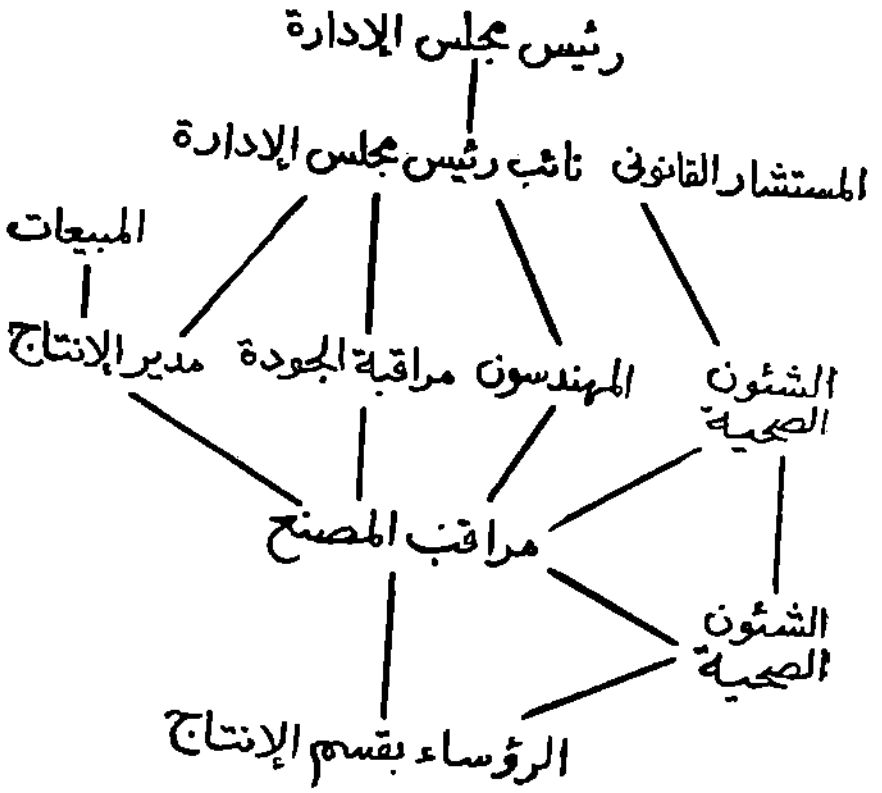
الأشخاص :
١ ــ النظافة . . . . . .
٢ ــ غطاء الرأس . . . . . .
٣ ــ التدخين . . . . . .

توقيع مفتش الصحة

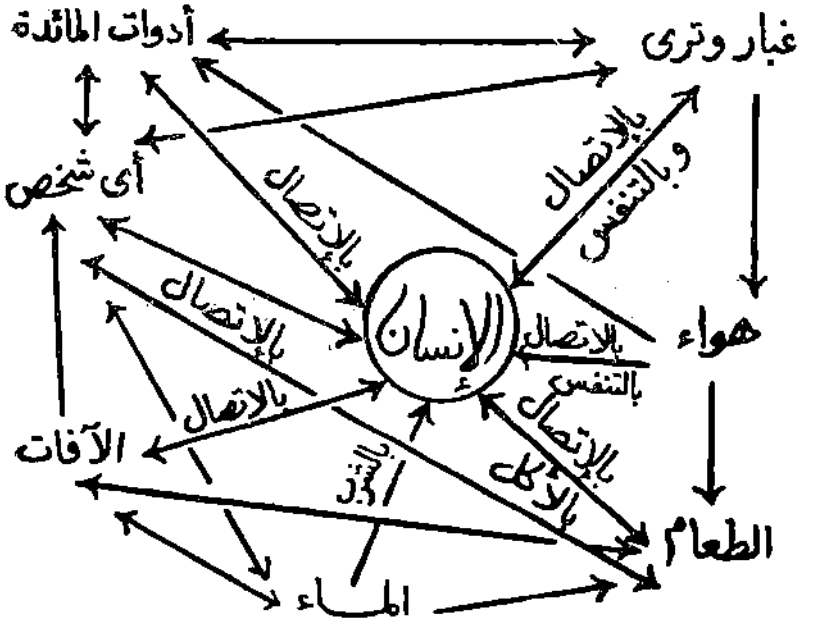
وضع مشرف الشئون الصحية فى مصنع الأغلية الصغيرة



وضع مشرف الشئون الصحية فى مصنع الأغلية الكبير



ممرات العدوى



الجوامد فى الماء المستنفد فى مصانع الأغذية

المنتج	الجوامد فى الماء (جزء فى المليون)	الأوكسيجين الحيوى المتطلب (جزء فى المليون)	جالونات الماء لكل صندوق
مشمش	٢٦٠	٢٠٠ — ١٠٠٠	٥٧ — ٨٠
فاصوليا خضراء	٦٠ — ١٥٠	١٦٠ — ٦٠٠	٢٦ — ٤٤
بنجر	٧٤٠ — ٢٢٢٠	١٥٨٠ — ٧٦٠٠	٢٧ — ٧٠
جزر	١٨٣٠	٥٢٠ — ٣٠٣٠	٢٣
تفاح	٣٠٠ — ٦٠٠	١٧٠٠ — ٥٥٠٠	—
موالح	١٢٠٠	١٠٠٠ — ٥٠٠٠	١٠٠٠ (للطن)
حبوب ذره	٣٠٠ — ٤٠٠٠	١١٢٠ — ٦٣٠٠	٢٥ — ٧٠
كريز	٢٠ — ٦٠٠	٧٠٠ — ٢١٠٠	١٢ — ٤٠
لحوم	٤٠٠ — ٧٢٠	٦٠٠ — ١٦٠٠	٢٠٠٠ — ٨٠٠٠ (للطن)
ألبان	٣٠ — ٣٦٣	٢٠ — ٦٥٠	٣ — ٥ (للجالون)
خوخ	٦٠٠	١٣٥٠ — ٢٢٤٠	١٣٠٠ — ٢٦٠٠ (للطن)
بسلة	٢٧٠ — ٤٠٠	٣٨٠ — ٤٧٠٠	١٤ — ٧٥
فلفل	—	٦٠٠ — ١٢٢٠	—
بطاطا	٤٠٠ — ٢٥٠٠	١٥٠٠ — ٥٦٠٠	٨٢
بطاطس	٩٩٠ — ١١٨٠	٢٠٠ — ٢٩٠٠	—
دواجن	٧٦٩ — ١٧٥٢	٧٢٥ — ١١٤٨	١,٥ (للدجاجة)
سبانخ	٩٠ — ٥٨٠	٢٨٠ — ٧٣٠	١٦٠
كرنب مخلل	٦٠ — ٦٣٠	١٤٠٠ — ٦٣٠٠	٣ — ١٨
طماطم	١٤٠ — ٢٠٠٠	١٨٠ — ٤٠٠٠	٣ — ١٠٠

أعراض التسمم الغذائى :

١ — التسمم بالبكتريا الكروية العنقودية staphylococcus: سببه وجود الميكروب أو السم toxin فى الطعام ، ونسبة الوفاة فى حـــدود واحد فى المائة ، وأعراض التسمم تظهر بعد تناول الطعام بمدة تتراوح بين دقائق وست ساعات ، والأعراض هى القيء vomiting والإسهال diarrhea والغثيان nausea وتقلصات فى منطقة البطن .

٢ — التسمم بالسالمونيلا salmonella : سببه وجود الميكروب ، وليس السم فى الطعام ، ونسبة الوفاة لا تتجاوز واحد فى المائة ، والأعراض تظهر بعد٧—٧٢ ساعة وهى القئ والإسهال والغثيان والحمى والقشعريرة .

٣ — التسمم بالميكروب الكروى العقـــدى streptococcus : سببه وجود الميكروب ، وليس السم ، فى الطعام ، ونسبة الوفاة أقل من واحد فى المائة ، والأعراض تظهر بعـــد ٥ — ١٨ ساعة وهى الغثيان والإسهال والمغص colicky pains .

٤ — التسمم البوتيولينى botulism : سببه وجود السم فى الطعام ، وليس الميكروب ذاته ، ونسبة الوفاة تتجاوز سبعين فى المائة والأعراض تظهر بعد يوم أو يومين وهى ازدواج الرؤيا وصعوبة التنفس وصعوبة البلع والشلل .

مقاومة الأحياء الدقيقة فى مواقع إنتاج الطعام :

(ا) بالنسبة للأطعمة النباتية يراعى ما يلى :

فى المزارع تستخدم مبيدات الحشرات والعفن فى الوقت المناسب للحفاظ على المحصول ومنع انتشار الوباء الميكروبى .

كذلك يعتنى بانتخاب وفرز المنتجات . ويجرى الحصاد فى الوقت

المناسب قبل تجاوز مرحلة النضج ، وتعبأ الحاصلات بعنـاية وتشحن بسرعة ، ثم تنظف جيداً . وفى حالة ضرورة التخزين يجب أخذ الحيطة لمنع التلوث بالقوارض والحشرات ومخلفات الطيور ، كما يؤخذ فى الاعتبار كفاية حيز التخزين وحسن تهويته وتبريده .

(ب) بالنسبة للأطعمة الحيوانيـة يراعى الدقة فى تشخيص أمراض الحيوان والمبادرة بالعلاج لتحاشى فساد الطعام أو انتقال العدوى للإنسان . ويراعى تحاشى تلوث اللبن قبل وصوله للمصانع ، وينصح بتبريده . ويعتنى بوسائل شحن حيوانات اللحم ، وبسرعة تبريد ونقل الأسماك .

مقاومة الأحياء الدقيقة فى مواقع تصنيع الأطعمة :

يتركز الانتباه فى هذا المجال على النقاط التالية :

١ – إتخاذ الاحتياطات ضد دخول القوارض والحشرات والطيور إلى المصانع لمنع تلف المنتجات أو تلوثها بالميكروبات وبالروث ولتقليل القدر من المبيدات اللازم استخدامه وبالتالى تجنب ازدياد مقدار المبيدات فى المنتجات مما قد يدخل المنتجات فى مجال الغش .

٢ – الاهتمام بنظافة ملابس العاملين بالمصنع لمنع التلوث الميكروبى .

٣ – تنظيف غرف التصنيع لكى لا تجتذب القوارض والحشرات ، ولتحاشى تراكم البقايا التى تعتبر مأوى للحشرات وميكروبات الفساد والمرض ، وتفادى صدأ وتلف الماكينات ، وتجنب تلوث إحدى الوجبات من وجبة سابقة أو من مواد خام ملوثة ، والحفاظ على الطهارة .

٤ – المبادرة إلى التخلص من الفضلات wastes\garbage and trash لأنها تجتذب الحشرات والقوارض ولأنها تكون مصدر تلوث أثنـاء التصنيع .

٥ ــ الاعتناء بالمخازن وبالتبريد للمحافظة على الخـــامات ، ولمنع تكاثر عوامل الفساد ، ولضمان جودة التهوية ، ولتسهيل عمليات النظافة والتطهير .

٦ ــ الاهتمام بدورات المياه لتحسين معنويات العاملين ، ولإبعاد الحشرات والقوارض ، ولتحاشى انتقال العدوى من عامل لآخر خصوصاً فى حالة وجود حامل للمرض carriers .

٧ ــ الكشف على العاملين واستبعاد المصابين لتحاشى انتشار العدوى وللنهوض بالناحية الصحية للعاملين الأمر الذى يتبعه ازدياد الإنتاج .

٨ ــ التعاون مع القائم بالتفتيش لاكتشاف المشاكل مبكراً ، وللتعرف على مناطق التلوث ، وللنهوض بمستوى درجة الجودة ، ولتجنب الخسارة المالية التى قد تنجم عن إعدام كميات المنتجات التى تلفت .

مقاومة الأحياء الدقيقة عند إعداد الطعام للمائدة :

تراعى النقاط التالية :

١ ــ تشترى الأطعمة من الجهات المشهود لهـــا من قبل جهات الاختصاص الصحية حيث يضمن فى هذه الحالة عدم تلوث الأطعمة .

٢ ــ يجب بسترة اللبن الطازج قبل تناوله ، ويمكن الاعتماد على اللبن المجفف إذا كان سيدخل فى عمليات طهى .

٣ ــ تخزن العبوات المقفلة على ارتفاع مناسب من الأرضية لتجنب التلوث بالماء وليسهل التنظيف .

والأطعمة المجففة المغلفة ويلزم وقايتها من الحشرات ومن الرطوبة ومن القوارض . والأطعمة الرهيفة تخزن على درجة ٤٥° ف أو تحفظ على درجة الحرارة التى تبقى عليها مجمدة .

٤ – العناية بتقديم الأطعمة التى لم تطهى لتحاشى تلوثها . وتغسل الفاكهة والخضروات جيداً قبل تقديمها على المائدة . وتبرد الأطعمة التى ستؤكل باردة إلى درجة ٤٥° ف ، أما الأطعمة التى ستؤكل دافئة فتحفظ على درجة ١٤٠° ف حتى يحين تقديمها للمائدة .

٥ – تستخدم الأوانى والحلل equipment and wtensils التى تتحمل عمليات التنظيف الجيد ، ويراعى نعومة السطوح التى تلامس الطعام ، ويهتم بدوام تنظيف المعدات والأدوات .

٦ – إزالة الفضلات garbage المجمعة فى صفائح ذات غطاءات ، وتنظف الصفائح الفارغة بسرعة وتنشف وترش بالمطهرات قبل إدخالها إلى المنزل ثانية ،.

٧ – استخدام مياه واردة من مصدر موثوق به ، وتخصيص جانب من الصنابير لعمليات النظافة وغسل الأوانى والأيدى فى المطاعم العامة ، وتزويد المطاعم العامة بالمرحاض وحوض غسيل وصابون ومناشف ، وتوفير وسيلة تسخين للمياه التى تستخدم فى غسل الأوانى على ألا تقل درجة – الحرارة عن ١٤٠° ف فى حالة الغسيل اليدوى أو ١٦٠° ف للغسيل الآلى أو ١٨٠° ف للشطف rinsing النهائى .

٨ – التأكد من نظافة الأشخاص العاملين وحسن مظهرهم ، وإجراء الكشف الدورى عليهم للتأكد من خلوهم من الأمراض المعدية طبقاً للوائح الصحية الخاصة بالعاملين فى المطاعم العامة ، وينصح بتغطية الرأس أثناء الانشغال بتجهيز الطعام ، كذلك يمنع التدخين أثناء التجهيز .

٩ – تنظف المطابخ والمطاعم العامة جيداً وبصفة دورية ، مع التأكيد بإزالة التراب والقاذورات من الأرضيات والجدران والنوافذ والسقف وجميع الأشياء الثابتة .

١٠ – المحافظة على الأطعمة المعروضة فى نوافذ العرض ، كالفطائر والحلوى ، من التلوث بالغبار وبالحشرات وبالأيدى . وتحفظ هذه الأطعمة على درجة لا تتجاوز ٤٥° ف إذا كانت ستؤكل باردة ، أو لا تقل عن ١٤٠° ف إذا كانت ستقدم ساخنة .

مقاومة الأحياء الدقيقة عند تقديم الطعام :

تراعى الإرشادات التالية :

١ – يتحاشى تلوث الطعام بعد طهيه وإعداده للمائدة وعند تقديمه .

٢ – يعتنى بغسل وتطهير أوانى تقديم الطعام وأطباق الأكل ، وينصح بتعريضها لدرجة حرارة ١٧٠° ف لمدة نصف دقيقة على الأقل بعد الغسيل بقصد تطهيرها ، ومن الممكن استخدام مادة كيميائية Chemical germicides بتركيز مناسب على درجة الحرارة العادية لمدة عشر دقائق ، ويتحاشى استخدام الأطباق المشروخة والمقشورة والمجرحة لأن هذه تحتجز بعض بقايا الطعام التى تتمو عليها الأحياء الدقيقة فيزداد الوقت اللازم للتطهير .

٣ – يلزم التأكد من عدم وجود حشرات أو قوارض فى منطقة تقديم الطعام ، ويستعان باستمرار تنظيف المناضد والأرضيات .

٤ – يتجنب القائمون بتقديم الطعام لمس سطوحه بأيديهم ، ويستخدم ماسك معدنى tong أو ملعقة Spatula فى نقل شرائح الخبز وقطع الحلوى .

٥ – لا يجوز أن يقدم للشخص طعام سبق تقديمه لشخص آخر حتى لو لم يكن قد مسه ، باستثناء الأطعمة المغلفة التى لم تفتح .

٦ – تحفظ الأطعمة الباردة على درجة ٤٥° ف أو أقل حتى يحين وقت تقديمها ، وتحفظ الساخنة على درجة ١٤٠° ف أو أكثر لمنع تلوثها بالأحياء الدقيقة .

٧ – يلتزم مقدموا الطعام فى المطاعم العامة بتغطية شعر الرأس .

الفصل الثانى عشر

تصنيع الحبوب الغذائية
للأغراض غير الغذائية

تستخدم الحبوب الغذائية Cereals فى الصناعة لإنتاج الدقيق والنشا والبروتينات ، وهذه بدورها تستخدم صناعياً فى مجالات متعددة اعتماداً على بعض خواصها وخاصة خواص النشا . وعلى سبيل المثال ، تقدر كمية النشا التى تنتج فى الولايات المتحدة الأمريكية سنوياً بحوالى ٣,٦ بليون رطل وكمية الدقيق المستخدمة فى الصناعة فى نفس الدولة فى صورة موادلاصقة أو رابطة مهلّمة بحوالى نصف بليون رطل . وهذا يعنى أن الحبوب الغذائية التى كانت تزرع أساساً لتستهلك كغذاء آدمى أصبحت الآن تستخدم بكفاءة فى مجالات أخرى صناعية خارج نطاق مجالها الغذائى الأساسى . وهـذه الخامات تنافس البتروكيماويات Petrochemicals .

ومن الأمثلة الحية للمكانة التى تبوأتها الحبوب الغذائية فى الصناعة استعمال الطرق الحيوية microbial لإنتاج السكريات المعقدة من النشا وإنتاج الدكستروز ثم تحويل المواد الناتجة إلى مركبات معقدة Polymers ذات تركيب آخر يجعلها صالحة للاستخدام فى مجالات أخرى . كذلك باستخدام وسائل علمية أخرى أمكن تغيير خواص النشا بدون إحداث تغيير كبير فى جزئ النشا . وقد وجدت النشا طريقها إلى صناعة المطاط فمن مشتقات النشا ما يعرف باسم xanthide derivatives وهذا المشتق النشوى ينافس الكربون الأسود carbon black الآن فى صناعة الكاوتشوك كمادة rubber rein Forcers ويمتاز على الكربون بإعطاء مطاط translucent بدلا من opaque . كذلك تفوق زانثيد النشا فى صناعة مسحوق المطاط .

وبديهى أن النواحى الاقتصادية هى التى تحدد قيام صناعات جديدة معينة تستخدم الحبوب الغذائية أو بعض مكوناتها . وحالياً أصبحت صناعة النشا ، وخاصة نشا الذرة ، راسخة ومتينة اقتصادياً — لكنه مازالت هناك دراسات اقتصادية منصبة على إمكانية استخدام النشا أو بعض المكونات الأخرى كخامات فى صناعات أخرى جديدة . وأحد الاتجاهات الهامة فى هذه الدراسات هو استخدام الحبوب الغذائية أو مخلفاتها كمصادر للطاقة energy فى إدارة المصانع فتخفف من وطأة استنفاذ الفحم والبترول والاتجاه الثانى منصب على استخدام الحبوب الغذائية ومخلفاتها الزراعية ومنتجات تصنيعها الرئيسية والثانوية فى إنتاج المزيد من الطعام وعلف الحيوان والمنتجات الصناعية بل وأنواع جديدة من الأطعمة . وليكن معلوماً أن الاستخدامات الصناعية industrial uses يقصد بها استخدام الحبوب الغذائية فى أى غرض بخلاف استخدامها كطعام أو كعلف وفقاً للتعريف الدولى . إلا أن هذا التحديد تكتنفه صعوبات ، فالاصطلاح « استخدام صناعى » ينطبق على المشروبات المقطرة والخمرة التى هى بدورها طعام، وكذلك على صناعة التخمرات تنتج المضادات الحيوية والفيتامينات وبعض العقاقير مع أن هذه الناتجات تدخل فى نطاق الطعام . وبديهى أن الإصطلاح ينطبق تماماً على استخدام الحبوب الغذائية فى صناعات الورق والنسيج ومواد اللصق .

النواحى الاقتصادية فى الاستخدامات الصناعية للحبوب :

أولا — مخلفات الحبوب الغذائية :

ما يزال العالم ينظر إلى مخلفات الحبوب الغذائية من سيقان Stalk وخلافه باعتبارها مواداً عديمة النفع ،وانها تكلف المزارع نفقات للتخلص منها . هذه المواد تستخدم فى عمل فرشة بحظائر الحيوانات ، وفى الحدائق

وكسماد عضوى ، كما تستخدم قوالح الذرة فى صناعة الورق وفى عمل مواد لاصقة وتدخل فى صناعة مواد التنظيف والتلميع والعزل ومساحيق التجميل وفى صناعة الفورفورال Furfural . وهذه الكمية من قوالح الذرة وسيقان نباتات الحبوب كبيرة جداً تفوق كميات الحبوب ذاتها . والمعتقد الآن أن التخلص من مخلفات الحبوب cereal waste لا يعتبر خسارة مادية فحسب ، بل إنها تلوث مياه الشرب بدرجة أكبر من الروث الخام لأن الأوكسيجين الحيوى المتطلب B.O.D. لها أكبر بكثير منه للروث .

ثانيا — الحبوب الغذائية :

ستخدم القمح والأرز والجودار فى تغذية الإنسان ولذا تسمى هـذه الحبوب باسم حبوب الغذاء Food grains ، أما الذرة والشعير والزمير والسورجم فتزرع أساساً لتستخدم كعلف ولذا تعرف باسم حبوب العلف Feed grains . وبما أن الولايات المتحدة الأمريكية تنتج قدراً كبيراً من المحصول العالمى للحبوب فمن المفيد الوقوف على ظروف الإنتاج الأمريكى . فحبوب الغذاء يصدر منها للخارج ٤٥,٦٪ ، ويستهلك فى تغذية الشعب الأمريكى ٣٥,٩٪ ، ويستبعد ١٣,١٪ لعدم صلاحيتها لتغذية الإنسان فتعطى للحيوانات ويحتجز ٤,٤٠٪ للتقاوى ، ويخمر منها ٠,٩٪ ، للحصول على مشروبات روحية ومشروبات مخمرة ، ويصنع ٠,١٪ فى أغراض غير غذائية . أما حبوب العلف فيستنفذ منها فى تغذية الحيوان ٧٩,٠٪ ويصدر ١١,٦٪ ، ويدخل ٣,٨٪ فى مجال تغذية الإنسان ، ويقطر ويخمر ٢,٨٪ للحصول على مشروبات روحية وسوائل مخمرة ، ويصنع ١,٨٪ فى مجالات غير غذائية ، ويحفظ ١,٠٪ للتقاوى . فالقدر الذى يصنع فى أغراض غير غذائية ضئيل حتماً وهو يقرب من ١٢٠ مليون بوشل من حبوب العلف ومعها ١,٥ مليون بوشل من حبوب الطعام . وتبلغ كمية نشا

الحبوب الغذائية المستخدمة فى صناعة الورق ٢,٧ بليون رطل ، وكمية النشا المستخدمة فى صناعة النسيج ٠,٣ — ٠,٤ بليون رطل متضمنة الجزء المستخدم فى صناعات أخرى مثل مواد البناء ومواد الحفر ومواد اللصق والمفرقعات والعقاقير وتنقية المعادن والمغاسل . وتمثل نشا الذرة المستخرجة بطريقة الطحن الرطب ٩٢٪ من الإنتاج الكلى للنشا المستخدمة صناعياً أو ٩٦٪ من نشا الحبوب الغذائية ، مع ملاحظة أن صناعة الورق تمتص منها ٧٨٪ . والمصدر الآخر للنشا هو التابيوكا والبطاطس إلا أن هذا المصدر لا يعتبر منافساً . ولكن نشا الحبوب تتعرض الآن لمنافسة بعض المواد المختلفة .

والشائع فى مصانع إستخراج النشا هو تحويل ٦٠ — ٦٥٪ من إنتاجها إلى عسل ذرة ودكستروز ، وهذان يستخدمان أساساً فى تغذية الإنسان بينما يدخل جزء صغير فى صناعة مواد أخرى مثل مواد اللصق ومركبات معاملة ميـــاه الغلايات والصبغات والحبر ومبيدات الآفات ودباغة الجلود وشموع الإحتراق والألياف الصناعية والنسيج والطلاء الكهربائى . وبالإضافة لذلك يستخدم ٥٠٠ مليون رطل من منتجات الطحن الجاف للحبوب الغذائية فى أغراض صناعية غير غذائية .

والشائع هو توجيه الحبوب ذات النوعية الجيدة إلى صناعات الأطعمة بينما توجه الدرجات المنخفضة من الحبـــوب إلى الصناعات غير الغذائية . وبديهى أن هذا يتبعه تباين السعر . وبالنسبة لمواد اللصق بالذات فقد لوحظ قلة كفاءتها عن نظيرتها المستخرجة من مصادر أخرى بخـــلاف الحبوب الغذائية فى حالة إستخدامها فى ماكينات التغليف الحديثة .

الخواص الطبيعية للحبوب الغذائية وأثرها فى التصنيع الغذائى :

١ — حجم الحبيبة :

المساحيق التى تفصل من الحبـــوب الغذائية ، ومن غيرها ، يمكن

تقسيمها حسب حجم الحبيبة particle size باستعمال المناخل إذا كان حجم الحبيبة يزيد عن ٥٠ ميكرومتر um ، أو بطريقة الترسيب sedimentation إذا كان الحجم أقل من ذلك كذلك حبيبات النشا يمكن فصلها إلى حجوم متباينة بطريقة التصنيف الهوائى air classification . وبالنسبة للحبوب ذاتها فأصغرها حبوب Tlef التى تحتل مكانة رئيسية فى تغذية الشعب الأثيوبى ، وأكبرها حبوب الذرة الشامية ، كما هو واضح من الجدول التالى :

	الطول مليمتر	العرض مليمتر	وزن الحبة ملليجرام	الكثافة Bulk D	كجم / م٣ Unit D
الجودار (الشيلم) Rye (Secale)	٤,٥ — ١٠	١,٥ — ٣,٥	٢١	٦٩٥	—
السورجم (ذرة رفيعة) Sorghum (Sorghum)	٣ — ٥	٢,٥ — ٤,٥	٢٣	١٣٦٠	—
الأرز الخام Paddy rice (Oriza)	٥ — ١٠	١,٥ — ٥	٢٧	٥٧٥ — ٦٠٠	١٣٧٠ — ١٤٠٠
زمير Oats(Avena)	٦ — ١٣	١ — ٤,٥	٣٢	٣٥٦ — ٥٢٠	١٣٦٠ — ١٣٩٠
قمح Wheat (Triticum)	٥ — ٨	٢,٥ — ٤,٥	٣٧	٧٩٠ - ٨٢٥	١٤٠٠ — ١٤٣٥
الشعير Barley (Hordeum)	٨ — ١٤	١ — ٤,٥	٣٧	٥٨٠ — ٦٦٠	١٣٩٠ — ١٤٠٠

الذرة Maize (Zea)	٨ – ١٧	٥ – ١٥	٢٨٥	٧٤٥	١٣١٠
درة ملت Bullrush millet (Pennisetum)	٣ – ٤	٢ – ٣	١١	٧٦٠	١٣٢٢
أرز برى Wild rice (Zizania)	٨ – ٢٠	٠,٥ – ٢	٢٢	٣٨٨ – ٧٧٥	–
حبوب تف T'ef (Eragrostis)	١ – ١,٥	٠,٥ – ١	٠,٣	٨٨٠	–
حبوب فندى Findi (D i gitaris)	١	١ – ١,٥	٠,٤	٧٩٠	–
حبوب Finger millet (Elusine)	١,٥	١,٥	–	–	–

والحجوم ذات أهمية فى التصنيع . فعلى سبيل المثال لوحظ أنه كلما زاد حجم حبيبات الدقيق أو السميذ كلما انخفضت سرعة امتصاص الماء أثناء إجراء عملية العجن . ولكن الحجم الأكبر يجعل انسياب flow كميات السميذ أكثر سهولة . وللتوفيق بين الميزتين ابتكرت طريقة تحويل الدقيق إلى صورة مجمعة agglomerated flours ، وهذه الصورة تختلف عن الدقيق المعروف باسم supersifted flours الذى يمثل مشتقات fractions من الدقيق ذات حجوم متقاربة أمكن الحصول عليها بمعاملة الدقيق بالهواء air classification ، وهى عادة ذات حبيبات كبيرة الحجم coarse .

وحبيبات النشا المستخرجة من مصادر متعددة تتباين فى حجومها كما هو واضح مما يلى .

نشا ذرة Amylomaize	٢٥	ميكرومتر um
نشا ذرة شمعية waxy maize	١٥	»
نشا ذرة شامية zeamags	٣٠	»
نشا شعير	٢٠	»
نشا زمير	٢٥	»
نشا قمح	٣٠	»
نشا أرز	٥	»

٢ ــ الكثافة والقوة :

يقصد بالكثافة density كتلة وحدة الحجوم ، أما القوة strength فهى خاصية المادة التى تؤهلها لمقاومة التمزق rupture أو تغير الشكل extensive de formation . وكثافة الحبوب الغذائية منخفضة نوعاً ، وتكون الردة والقصلة والسيقان أكثر انخفاضاً . وبالإنتفاش pnpping or

puffing تنخفض الكثافة bulk density مرة أخرى إلى ما يقرب من النصف . وتؤثر كل من الكثافة والقوة فى كفاءة عملية طحن الحبوب ، فالقوة تؤثر فى حصيلة السميد semolina من الحبوب . أما صلابة hardness الحبوب فتتعلقة بمقدار الطاقة power المستنفذة فى الطحن . وبمعاملة حبوب الأرز الخام بالحرارة parboiling تزداد قوة toughen الحبوب وترفع بالتالى نسبة تصافى الأرز الأبيض بمقدار ٢ — ٣ ٪ .

٣ — التوصيل الحرارى :

الحبوب الغذائية رديئة التوصيل للحرارة ، ولهذا فأثناء التخزين لا تتسرب الحرارة للخارج بسهولة مما يعرض الحبوب للاحتراق الذاتى spontaneous ignition . وكثيراً ما تستعمل الردة وبعض منتجات الحبوب كمادة عازلة حرارياً .

٤ — الاحتراق :

بعض منتجات الحبوب ومخلفاتها ، مثل السرس وأغلفة الزمير ، قابلة للاحتراق ولذا فهى تستعمل فى توليد الطاقة الحرارية أحياناً . فأغلفة الزمير على سبيل المثال تعطى ٧٤٤٥ وحدة حرارة بريطانية لكل رطل .

وغبار الحبوب كثيراً ما يتعرض للاشتعال ، وهذا أحد مخاطر صوامع الغلال .

٥ — الخواص الكهربائية :

الحبوب الغذائية ومنتجاتها ضعيفة التوصيل الكهربائى عندما تكون جافة نسبياً . ويمكن تقدير نسبة الرطوبة بها بواسطة أجهزة تقيس التوصيل الكهربائى ، فيقاس الثابت dielectric constant . وفى حالة ترطيب الحبوب بالماء تزداد القدرة على التوصيل الكهربى .

٦ – امتصاص الماء :

علاقة رطوبة الحبوب بدرجة الحرارة ذات أهمية بالغة فى عملية تكييف الحبوب لإعدادها للطحن . ونسبة الرطوبة فى الحبوب ومنتجاتها ذات أثر واضح فى العائد الاقتصادى نظراً لأن الماء أرخص ثمناً من الحبوب ذاتها .

ومن الجائز وجود عينات من الحبوب متباينة فى محتواها الرطوبى برغم وجودها معاً عند درجة رطوبة نسبية relative humidity موحدة .

وأدمصاص adsorption الرطوبة أو خروجها deser ption يؤثر فى صفات الحبوب ومنتجاتها . فالمنتجات غير الغذائية منها مواد اللصق adhesives التى تنخفض درجة جودتها بامتصاصها رطوبة ، ومنها مواد البناء مثل fibre ol blasterpoard التى يضعف كيانها بامتصاص الرطوبة .

٧ – التجميع :

تستخدم بعض منتجات الحبوب الغذائية كمواد مجمعة flocculant فى بعض العمليات الهامة مثل تنقية المياه وترويق البيرة . ويجرى على الدقيق اختبار يعرف باسم اختبار زلنى zeleny sedinentation test يتضمن تجميعاً flaccu lation حيث يوضع معلق slurry العينة ، المحتوى وغير المحتوى على مادة مجمعة ، فى مخبار مدرج ويرج المخبار ويترك للترسيب وتسجيل سرعة الترسيب Settling rate لتكوين فكرة عن نوعية quality الجلوتين وعن درجة صلابة hardness الحبوب التى هى فى الواقع متعلقة بكمية ونوعية الجلوتين . ومن منتجات الحبوب المستخدمة كمواد مجمعة النشا المعدلة modified starch والنشا غير المعدلة أيضاً ،

وهى معروفة كمجمعات فى مجال تنقية المعادن كخام الحديد والبوكسيت bauxite والكوارتز quartz والفوسفات والفلورسبار fluorspar .

٨ – الالتصاق :

تستخدم كميات كبيرة من منتجات الحبوب الغذائية فى صناعة مواد اللصق adhesives ، وهذا مستمر فى وقتنا الحاضر برغم ابتكار مركبات مخلقة معملياً تفوق منتجات الحبوب فى جودتها من هذه الوجهة . ويعزى ذلك إلى انخفاض أثمان مواد اللصق المحضرة من منتجات الحبوب .

٩ – اللزوجة :

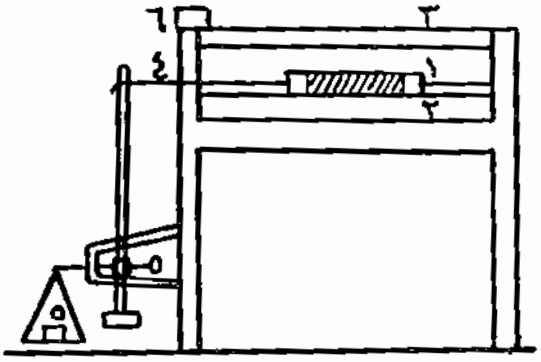
تستخدم نشا الحبوب الغذائية فى تعديل لزوجة viscosity المحاليل فى الصناعات الغذائية وفى صناعات الورق ومواد اللصق والنسيج . وعندما يسخن معلق النشا الخفيف أو يعامل بالقلويات تنتفخ حبيبات النشا ثم تنفجر وتنطلق الكربوهيدرات المعقدة . أما إذا كان المعلق مركزاً بقدر كاف فيتكون جل viso – elastic gel عند تبريده بعد معاملته . وهذا الجل تتفاوت قوته تبعاً لمصدر النشا وحجم الحبيبة والحموضة الفعلية ووجود الألكتروليتات ودرجة الحرارة والتركيز .

وتختبر لزوجة النشا باستخدام العديد من الأجهزة ، مثل فسكوجراف برابندر و فسكومتر بروكفيلد وجميع أنواع أجهزة efflux cups .

وللزوجة والمطاطية visco-elastic pfoperties أهمية بالغة فى صناعة الخبيز وفى استعمالات الحلوتين . ولهذا يحلل الدقيق من هذه الوجهة rheological dough analysis باستخدام الاكستنسومتر Mercury bath extensometer الذى ابتكره شوفيلد وسكوت بلير Schofield and Scott-Blair عام ١٩٣٢ . ففى هذا الجهاز توضع أسطوانة عجين على سطح الزئبق وتشد Stretched باستخدام أثقال وتقاس الزيادة فى الطول

بواسطة مسطرة ، وبعد فترة محددة من الزمن يحرق الخيط المتصل بالثقل فتعود العجينة إلى الانكماش .

وفى الوقت الحاضر أصبحت أجهزة قياس الخواص الريولوجية جزءاً من خطوط التصنيع ذاتها ، خاصة فى الطريقة المستمرة لصناعة الخبز contin-uous bread process وفى طريقة كورليوود Chorleywood process :



١ — أسطوانة العجين . ٢ — زئبق . ٣ — غطاء زجاجى .
٤ — خيط الثقل . ٥ — الثقل . ٦ — القفل .
اكستنسومتر حمام الزئبق .

الاستخدامات الصناعية لبروتينات الحبوب :

تعتبر نسبة البروتين فى الحبوب الغذائية منخفضة مقارنة بنظيرتها فى البقوليات والبذور الزيتية ، ولهذا فالإقبال عليها فى التصنيع كمصدر للبروتين ليس كبيراً . فالنسبة المئوية للبروتين ، فى الحبوب والبذور المحتوية على ١٣٫٥ ٪ رطوبة ، تبلغ ١٣٫٧ فى القمح الربيعى الأحمر الصلب ، ١٣٫٨ فى قمح الديورم (الذكر) ، ١١٫٣ فى الزمير ، ١١٫٥ فى الشعير ، ١٢٫٠ فى الجودار ، ٨٫٥ فى الذرة — بينما هى ٥٠٫٩ — ٥٢٫٥ فى فول الصويا المقشور ، ٤٠٫٤ — ٤١٫٥ فى rapeseed ، ٤٠٫٢ — ٤٢٫٣ فى flax ، ٥٠٫٥ — ٥٨٫٣ فى حبوب عباد الشمس المقشورة ، ٤١٫٩ — ٤٦٫٦ فى

بذور الخردل mustard ، وهذه جميعها بذور زيتية — وفى البقوليات تكون النسبة ٢٢ فى البسلة ، أى فى الفاصوليا الجافة ، ٢٤ — ٣٣ فى الفول البلدى horsebeans .

وبروتينات اندوسبرم الحبوب الغذائية ،وخاصة القمح ، يستفاد منها فى تغذية الإنسان ، بينما بروتينات الجنين وخلايا الأليرون والبريكارب ما زالت لم تستغل جيداً فى التصنيع مع أن الأنسجة المحتوية عليها تفصل فى عملية طحن الغلال .

فجنين القمح به ٢٩ ٪ بروتين و ١٠٪ ليبيدات ، ومعظم هذا البروتين قابل للذوبان فى محلول ملحى مخفف ولذا يمكن استخلاص ٨٦,٣٪ منه بواسطة محلول كلوريد صوديوم تركيزه ٥ ٪ . ويمتاز بروتين الجنين على بروتين الأندوسبرم باحتوائه على كميات أكبر من الأرجينين والهستيدين والليسين والميثونين والثريونين والفالين ، وهذا يعنى أن بروتينات الجنين ذات قيمة غذائية عالية . إلا أنه يعاب على بروتينات الجنين وجود عامل مضاد للتربسين antitrypsin factors وكذلك hemagglutination ، ولذا فمن المتوقع ظهور أعراض مرضية غذائية على حيوانات التجارب . ومن الممكن إتلاف هذين العاملين الضارين بالحرارة بشرط تحاشى إتلاف الليسين ، كأن تعامل الخامات على درجة ١٢١° مئوية لمدة ٢٠ دقيقة فى الأوتوكلاف . وقد ثبت أن عامل agglwtination عبارة عن جليكو بروتين وزنه الجزيئى ٢٣٥٠٠ وبه ٤,٥ ٪ كربوهيدرات تنتج بالتحليل المائى جلوكود أساساً . والجزء البروتينى به نسبة مرتفعة من السستين والجايسين وحمض الأسبرتيك وحمض الجلوتاميك . وينتمى أجلوتنين agglutinin جنين القمح إلى مجموعة الأجلوتينينات النباتية plant phytohemagglutinins (lectins)

ذات الأثر السام والتى تستخدم فى بحوث السرطان والدم ، وبعضها يسبب عدم الإخصاب فى بعض الثدييات .

وبروتين الردة (النخالة) يتركز معظمه فى خلايا الأليرون . فهذه الخلايا بها حوالى ٢٠٪ من بروتين حبة القمح أو ٩٠٪ من بروتين النخالة . وتتمركز بروتينات الأليرون فى أجسام تعرف باسم aleurone bodies or grains يمكن رؤيتها بالميكروسكوب العادى وبالميكروسكوب الألكترونى ، وأساسها جلوبويد globoid مكون من فيتين phytin أى مخلوط أملاح بوتاسيوم ومغنسيوم للإينوزيتول سداسى الفوسفات myo-inositol hexaphosphate يحيطه غلاف بروتينى غير قابل للذوبان فى الماء أو محلول كلوريد الصوديوم ١٠ ٪ أو الإيثانول ٥٠ ٪ أو محلول إيدروكسيد البوتاسيوم ١ ٪ ، لكنه يذوب ببطء فى محلول كلوريد الأمونيوم أو فوسفات الصوديوم أو الأحماض القوية . وهذا البروتين ترتفع به نسبة الأحماض الأمينية القاعدية الليسين والهستيدين والأرجنين . وجسيمات الأليرون تكتسب لوناً أحمراً عند صبغها بأزرق التكويدين toluidine blue . وقد تظهر جسيمات أخرى بلون أخضر ، وهذه عبارة عن جسيمات بروتينية كربوهيدراتية . وتستخلص بروتينات الردة بطرق متعددة منها المحاليل القلوية ذات الحموضة الفعلية من ٦,٥ إلى ١٢,٥ ، والترسيب isoelec tric precipitation عند pH ٣ — ٧ . وأفضل درجة حرارة للاستخلاص هى ٢٣° م ، وأفضل pH هو ١٠,٥ — ١١,٥ ، وأفضل نسبة بين المذيب والنخالة هى ١٠ : ١ . أما المذيبات الحمضية ، مثل حامض الكلوردريك بتركيز ٠,١ — ٠,٢٥ ٪ وحمض الكبريتيك ٢ ٪ ، فتذيب قدراً من البروتينات أقل نسبياً لا يتجاوز حوالى ٣٥ ٪ .

وتحتوى خلايا الأليرون على إنزيمات عديدة ، تكونت أثناء إنبات

الحبوب . وأهمها الألفا أميليز والألفا جليكوزيديز (مالتيز) والبروتييز والداى ببتيديز والإستريز والفيتيز وردكتيز النتريت .

وبروتينات الإندوسبرم تختلف نسبها فى الطبقات المختلفة ، فهى ٦,٢ ٪ فى مركز الإندوسبرم ، ٨,٨ ٪ فى الطبقة الوسطية من الاندوسبرم ، ١٣,٧ ٪ فى طبقة الاندوسبرم الملاصقة لخلايا الأليرون .

وتفصل بروتينات الإندوسبرم بطرق متعددة ، بعضها جاف dry مثل طريقة التصنيف الهوائى air classification وطريقة الطفو solvent flotation ، وبعضها رطب wet مثل طريقة أوزبورن Osborne التى ما تزال تستخدم حتى الآن . فطريقة التصنيف الهوائى تعتمد على تباين حجم وكثافة الحبيبات ، وتكون الأقسام الناتجة متباينة فى محتـــواها البروتينى كما هو واضح فى المثالين التاليين :

القسم	قمح صلب		قمح لين	
	حجم الحبيبة بالميكرومتر	البروتين ٪ (ن × ٥,٧)	حجم الحبيبة بالميكرومتر	البروتين ٪ (ن × ٥,٧)
دقيق	٢٣,٢	١٣,٨	١٢,٠	٧,٨
قسم ا	٤,٣	٢٠,٣	٣,٨	٢٢,٢
» ب	٥,٢	١٨,٧	٤,٣	٢٠,٠
» حـ	٩,٦	١٠,٣	٨,١	١٠,٠
» د	١٤,٦	٨,٨	١٤,٤	٣,١
» هـ	١٧,٠	١٢,٤	١٦,٤	٢,٥
» و	١٩,٥	١٤,٥	١٦,٥	٣,٣
» ز	٣٠,٠	١٤,٢	٢٣,٠	٨,٦

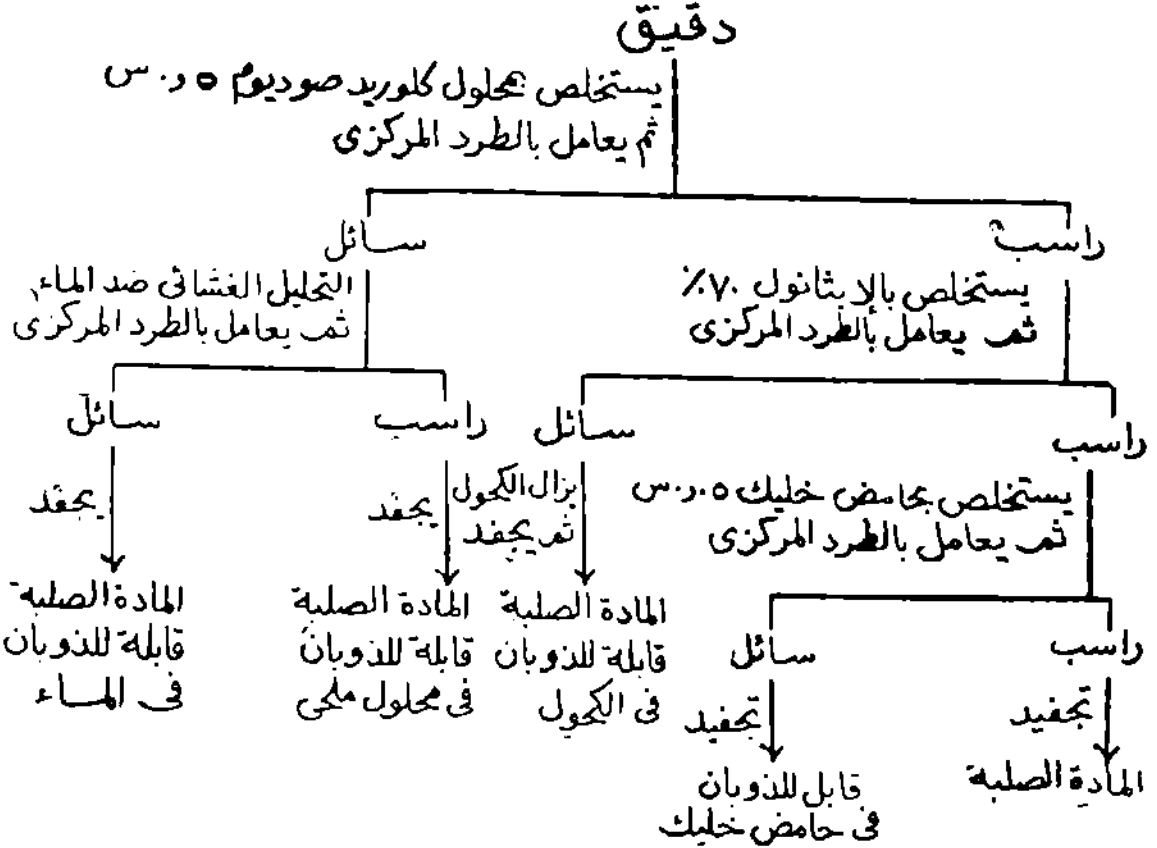
ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار أن البروتينات فى الأقسام المختلفة تتباين كثيراً فى طبيعتها . فالقسم ذو النسبة المنخفضة من البروتين ترتفع فيه نسبة البروتينات القابلة للذوبان فى الماء مقارناً ببروتين الدقيق الأصلى قبل تصنيفه . أما القسم ذو نسبة البروتين المرتفعة فيكون غنياً بالجليادين والجلوتنين الذين منهما يتكون الجلوتين أساساً .

وطريقة الطفو التى ابتكرها Hess تعتمد على تباين كثافة الحبيبات . ويراعى فى هذه الطريقة استخدام مذيب لا مائى anhydrous solvent لضمان بقاء البروتين غير مبتل وكذلك عدم تكون الجلوتين . والمذيبات الشائع استخدامها هى الكلوروفورم ورابع كلوريد الكربون ورابع كلورو إيثيلين مع ضبط الكثافة بين ١,٣١ ، ١,٥١ بإضافة الكمية المناسبة من البنزين benzene أو التلوين toluene . والمشاهد أن قطع البروتين ذات الكثافة ١,٣٠ تقريباً ترتفع فى مخاليط المذيبات ذات الكثافة ١,٣٢ — ١,٣٤ ، أما حبيبات النشا ذات الكثافة ١,٤٩ فتترسب فى مخاليط المذيبات ذات الكثافة ١,٤٧ — ١,٤٩ ، إلا أنها تطفو فى المخاليط ذات الكثافة ١,٥٢ بينما ترسب خلايا الأليرون ذات الكثافة ١,٥٢ — ١,٥٤ . ويؤخذ على هذه الطريقة أن النشا المنفصلة ما تزال تحتوى على ٣٪ بروتين شديد الإلتصاق بها ، كما أن البروتين المنفصل يحتوى على حبيبات نشا ، خاصة فى حالة الأقماح الصلبة ، بينما تكون نسبة الاختلاط أقل كثيراً فى حالة الأقماح اللينة . ومن الممكن إستخلاص حوالى ٩٠٪ من البروتينات الملتصقة على حبوب النشا المفصولة من الأقماح اللينة باستخدام الماء أو محلول ملحى لإذابتها حيث أنها البومينات وجلوبيولينات . والمستخلص فى هذه الحالة يحتوى على ٣٠٪ بروتينات وقليل من الألفا والبيتا أميليز بينما تكون البقية عبارة عن كربوهيدرات لو حللت مائياً تعطى جلوكوز وآثار من الأرابينوز والزيلوز .

والطرق الرطبة لفصل النشا عن الجلوتين تتمثل فى طريقة غسل الجلوتين وتجفيفه فيصبح جافاً جلدى اللون أو بنياً به ٧٥ – ٨٦٪ بروتين ، ١٠٪ ليبيدات ، ٣ – ٥٪ نشا ، ٠ – ٢٪ سكريات معقدة أخرى . ولا يحتوى الجلوتين الجاف على ألبومينات أو جلوبيولينات لأنها تزال بالغسيل أثناء استخراج الجلوتين . وهذا الجلوتين الجاف يحتوى على ليبيدات التصقت به بشدة أثناء تكوينه فى العجينة عند التحضير لغسل الجلوتين من الدقيق ، أما طريقة المذيبات سالفة الذكر فلا تترك ليبيدات مع البروتينات .

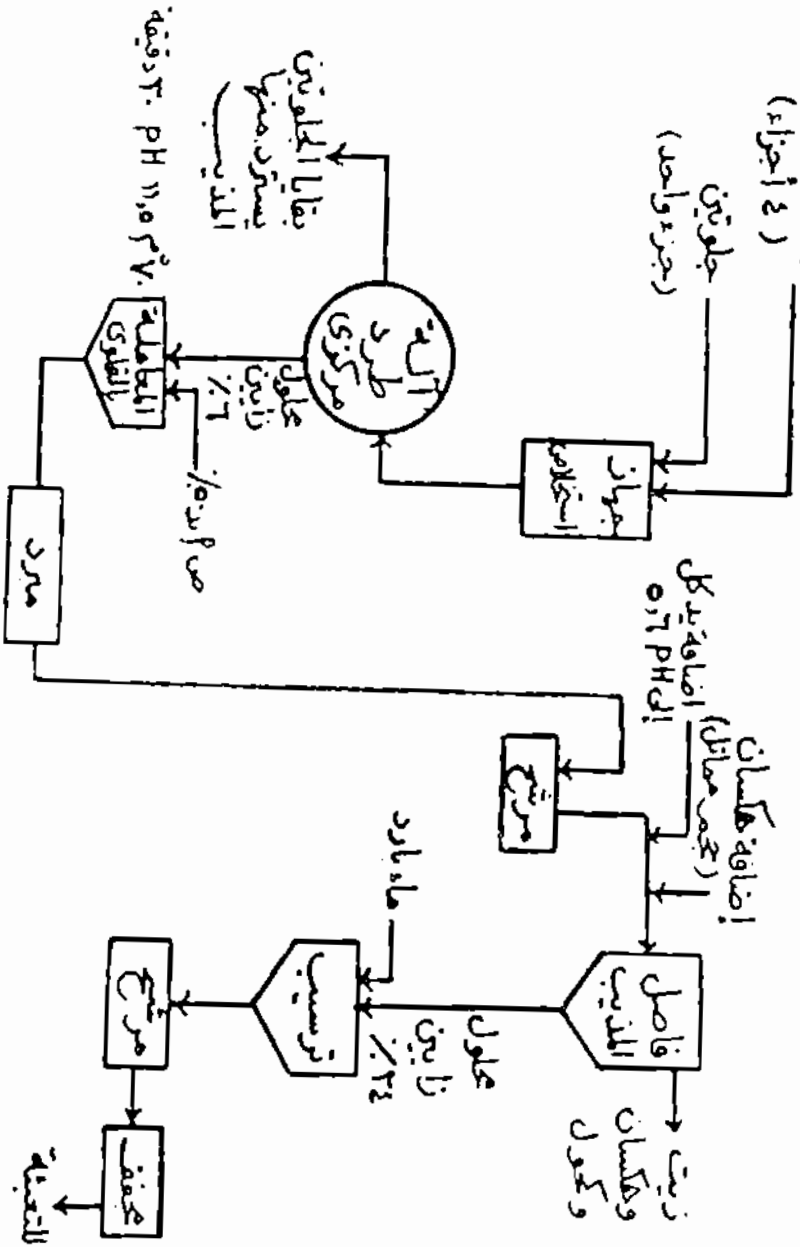
فبروتينات إندوسبرم الحبوب تفصل بالاستخلاص والتجزئ Extraction and Fractionation سواء كانت الطريقة differential solubility method أو total solubility method ، أو بأعمدة الكروماتوجراف Fractionation by column chromatographic methed ، أو بالألكتروفوريزس Fractionation and characterization by gel electrophoresis and electrofocusing.

وتوضح طريقة أوزبورن لفصل مكونات الدقيق بالشكل التالى :


دقيق
يستخلص بمحلول كلوريد صوديوم ٥ ٪ س
ثم يعامل بالطرد المركزى
راسب
سائل
يستخلص بالإيثانول ٧٠٪
ثم يعامل بالطرد المركزى
التحليل الغشائى ضد الماء
ثم يعامل بالطرد المركزى
راسب
سائل
راسب
سائل
يستخلص بحامض خليك ٠٫٥ ٪ س
ثم يعامل بالطرد المركزى
يجفد
يزال الكحول
ثم يجفد
يجفد
المادة الصلبة
قابلة للذوبان
فى الماء
المادة الصلبة
قابلة للذوبان
فى محلول ملحى
المادة الصلبة
قابلة للذوبان
فى الكحول
راسب
سائل
تجفيد
المادة الصلبة
تجفيد
قابل للذوبان
فى حامض خليك

وتعامل بروتينات الحبوب بطرق كيميائية chemical modi- fication ، مثل تعديل مجاميع الأميد والكربوكسيل والمعاملة بهاليدات الحامض acylation والمعاملة بالهيدرازين hydrazine واستبدال الأميد بمجموعة أمين أولى كتفاعل هوفمان Hoffman degradation reaction والتحليل المائى للروابط الببتيدية للحصول على مشتقات معينة والإذابة فى مذيب يحتوى على ٦٠ ٪ إيثانول ، و ٢٠ ٪ حمض لكتيك و ٢٠ ٪ ماء للحصول على مادة بلاستيك plastic films ، وأكسدة أو اختزال بعض مكونات البروتين مع الاستفادة من الرابطة الكبريتية كب — كب للحصول على مواد تختلف فى وزنها الجزيئى ودرجة الذوبان والمطاطية وتحمل الخلط mixing نتيجة لهذه التفاعلات cross-linking reaetions . وهذه المعاملات جميعها تعطى مشتقات ذات فوائد صناعية جمة . وقد تجرى المعاملات إنزيمياً enzymic modi fication ، أو بواسطة التحليل المائى الحمضى المعتدل ، وبكلى الطريقتين معاً لتحسين الصفات الطبيعية والغذائية دون أن يؤثر ذلك فى اللون والطعم والرائحة والقيمة الغذائية . وبهذه المعاملات يمكن الحصول على بدائل اللـــبن milk substitutes ومواد تستخدم فى صناعة الورق . والأنزيمات البروتيوليتية الشائع استخدامها فى الأغراض الصناعية على بروتين وجلوتين الحبوب الغذائية هى البيسين والحموضة الفعلية له ١,٩ ، والتربسين والحموضة الفعلية المناسبة ٧ — ٨ ، والكيموتربسين ، والبابين ويناسبه حموضة فعلية ٥,٥ ، والبروتيز pronase .

ويستخرج الزايين zein من جلوتين الذرة بطريقة موضحة فى الشكل التالى ليستخدم كمادة رابطة وفى التغطية كما هو الحال عند تحضير مخلوط أرز مدعم بالفيتامينات ويدخل الزايين فى تحضير بعض أنواع الحبر ink وفى صناعة بعض أقراص العقاقير :



الاستخدامات الصناعية لنشا الحبوب :

استخدمت النشا فى الأغراض الصناعية غير الغذائية منذ أمد بعيد ، فقد استخدمها قدماء المصريين فى صناعة مـــواد اللصق ، واستخدمها

الصينيون فى صناعة الورق حوالى عام ٣٠٠ قبل الميلاد ، واستخدمها الأوربيون فى تقوية الأقمشة خلال القرن الرابع عشر ، وزادت الأغراض التى تستخدم فيها النشا كثيراً خلال القرن الثامن عشر . وتعتبر النشا حالياً أحد الخامات الرئيسية فى صناعة الكيماويات فى العالم . ويعزى احتلالها لهذه المكانة المرموقة إلى وجودها بنسب موافقة فى كثير من النباتات المنتشرة فى العالم ، وإلى تباين صفات النشا المستخرجة من مصادر مختلفة الأمر الذى يحبذ استخدامها فى أغراض متباينة .

وتوجد النشا دائماً فى مصادرها الطبيعية فى صورة حبيبات granules ذات قطر يتراوح بين ٥ ، ١٠٠ ميكرون وذات شكل مميز بالنسبة لكل مصدر طبيعى كما هو واضح فى الشكل الآتى .

وجزئ النشا أساسه وحدة الجليكوبيرانوز D ، ويتكون من ٢٥ ٪ أميلوز مع ٧٥ ٪ أميلوبكتين ، إلا أن هذه النسبة تتفاوت فى نشا المصادر المختلفة فتكون فى النشا الشمعية waxy starches حوالى واحد فى المائة أميلوز فقط ، وتكون فى أنواع أخرى من النشا حوالى ٨٠ ٪ أميلوز . والأميلوبكتين وزنه الجزيئى قد يتجاوز المليون ، وهو كثير التشعب وكل

فرع من الشعب به حوالى ٢٠ ــ ٣٠ وحـدة جلوكوز ، والروابط الجليكوزيدية به عبارة عن ألفا ١ ــ ٤ مع ألفا ١ ــ ٦ . أما الأميلوز فستقيم السلسلة والروابط الجليكوزيدية به تكون ألفا ١ ــ ٤ فقط ، وطول السلسلة حوالى ٥٠٠ ــ ٦٠٠ وحدة جلوكوز ، ووزنه الجزيئى حوالى ١٠٠,٠٠٠ .

ولا يتخلق الأميلوبكتين فى مصادره الطبيعيـة من الأميلوز ، لكنه يتخلق من سلاسل مالتو دكسترينات malto dextrins قصـيرة بتأثير نشاط إنزيم كيو Q-enzyme ويتدخل فى العملية إنزيم الفوسفوريليز أيضاً . ومن الإنزيمات التى اكتشفت حديثاً عام ١٩٦١ إنزيم جليكوزيل ترانسفيريز ADPG-glucosyl trans ferase الذى يساعد على إضافة وحدة ADP-Glucose إلى السلسلة لكنه يعجز عن تكوين مركب معقد polymer مرتفع الوزن الجزيئى من مركب معقـد منخفض الوزن الجزيئى . وهذا الإنزيم الأخير لم يعثر عليه فى النباتات التى تعطى نشا شمعية .

والتعديلات modi fications الممكن إدخالها على النشا قد تكون بطريقة التحليل المـائى الحمضى hydrolytic فيحصل على جلوكوز أو دكسترينات ، والأول يستعمل فى أغراض غذائية والثانية فى أغراض اللصق . وقد يجرى التحليل المائى بالإنزيمات للحصول على دكسترينات مثل Schardinger dextrinsor cycloanyloses ، وللحصـول على دكستروز . ومن وسائل التعديل أيضاً المعاملة بالكلور أو بالهيبوكلوريت بقصد التبييض أو الأكسدة فهذه المعاملة تؤدى إلى خفض درجة حرارة التجلتن geleltinization temperatnes وأكسـدة بعض المجاميـع الإيدروكسيلية . ومن وسائل التعديل الكيميائية الأسترة esterification و etherification والتفاعل مع أيون فوق الأيودات periodate ion الذى يكسر الرابطة بين ذرتى كربون متجاورتين ومرتبطتين بمجموعتى إيدروكسيل منتجاً الدهيدين .

ويعزى تغلغل النشا فى الأغراض الصناعية المتنوعة ، سواء أكانت نشا معدلة modified أو غير معدلة unmodified إلى انخفاض ثمنها وإمكان تحويلها إلى مشتقات derivatized وإمكان تصغير جزيئها depolymerized وسهولة إحداث تغيرات واضحة فى خواصها باستخدام معاملات وتفاعلات معتدلة. فالنشا تعامل بالحامض acid-modified أو تصغر جزيئاتها للحصول على نشا رقيقية thin-boiling starches ذات قوة جيلية gelling power أكبر منها للنشا غير المعدلة ، كما أن رقم الإنسياب fluidity number يكون أكبر . وتعرف القوة الجيلية بأنها نسبة لزوجة viscosity العجينة الباردة إلى لزوجة العجينة الساخنة . كما يعرف رقم الإنسياب بأنه عدد ملليترات محلول (محضر بإذابة خمسة جرامات من المادة المختبرة فى مائة ملليتر صودا كاوية تركيزها ٠,٩ ٪) التى تنساب من قمع معين خاص خلال سبعين ثانية على درجة ٢٥° مئوية .

ونشا الذرة مستخدمة بكثرة فى إنتاج الدكسترينات الثلاثة ، الأبيض والأصفر والصمغ البريطانى . فالدكسترين الأبيض يحضر بتسخين النشا ، فى وجود الماء ، تحت ظروف حمضية معتدلة على درجة حرارة تتراوح بين ٩٥ ، ١٢٠° م . أما الأصفر فيحضر بتسخين النشا ذات المحتوى الرطوبى المنخفض على درجة ١٥٠ — ١٩٠° م وتحت ظروف حمضية معتدلة . والصمغ البريطانى يحضر بتسخين النشا المحتوية على قليل جداً من الرطوبة على درجة ١٥٠ — ١٩٠° م فى وجود قدر ضئيل جداً من الحامض أو فى غياب الحامض .

وتحضر النشا المؤكسدة thin-boiling oxidized starch بمعاملة معلق النشا المائى الكثيف بمحلول هيبوكلوريت الصوديوم المحتوى على ٥ — ١٠٪ كلور available chlorine على درجة حرارة ٢١ — ٣٨° م ، وبانتهاء التفاعل يعادل المخلوط بالحامض أو بمحلول ثانى كبريتيت أو بإمرار ثانى

أكسيد كبريت لإتلاف الكمية المتبقية من المادة المؤكسدة وبعدها يخفف المخلوط بالماء ويرشح ويغسل الناتج على ورقة الترشيح بالماء ويجفف .

ومن نشا الذرة تحضر أيضاً نشا كاتيونية cationic starches لتستخدم فى صناعة الورق وكذلك نشا هيدروكسى إيثيلية hydroxyethy-lated starches ونشا مجلتنة pregelatinized starch :

الاستخدامات الصناعية للكربوهيدرات غير النشوية :

المواد السكرية المعقدة polysaccharides غير النشوية فى الحبوب الغذائية هى السليلوز ، والهميسليلوز غير الذائب فى الماء ، والبنتوزانات القابلة للذوبان فى الماء ، والصموغ ، والبيتاجلوكانات B-glucans ، والجلوكو فركتانات gluco fructans ، واللجنين . وهذه البنتوزانات باستخلاصها بمزيج الكحول والبنزين (٢ : ١) واكسالات الأمونيوم من ردة القمح يكون المتبقى residue. بعد تبخير المذيب محتوياً على ٤٦ ٪ بنتوزانات مع ٥,٦ ٪ لجنين . بينما استخلاص الردة بالقلويات المخففة يعطى متبقياً به ٦٨ ٪ بنتوزانات مع ٣ ٪ لجنين . وبالتحليل المائى الحمضى ينتج أرابينوز وزيلوز أساساً مع قليل من الجلوكوز وحمض اليورونيك . وعموماً فالبنتوزانات فى الدقيق بعضها قابل والبعض غير قابل للذوبان فى الماء . وتطلق بعض المصطلحات على الريم الذى يعلو النشا بعد معاملة معلق الدقيق والماء بالطرد المركزى ، منها أميلو دكسترين squeegee و amylodextrin و tailings و sludge.

والصموغ الموجودة فى الحبوب الغذائية إذا حللت مائياً أعطت جلوكوز وأرابينوز وزيلوز أساساً مع قليل من حمض الجلكتورونيك والجلكتوز والمانوز .

والهيمسليلوزات فى الشعير تتعرض لتأثير خمسة إنزيمات أثناء مرحلة

الإنبات عند تحضير المولت ، وكلها تحلل الروابط البيتاجليكوزيدية . وهذه الإنزيمات منها اثنان بيتا – جليكوزيديز ، والثالث إنزيم إندو – بيتا – ١ ، ٤ – جلوكانير endo-B-1,4-glucandse ، والرابع إنزيم endo-barley-B-glucanase ، والخامس endo-B-1,3-glucanase.

وقد أمكن تقدير الوزن الجزيئى ودرجة البلمرة polymerization فى بعض بنتوزانات بعض الحبوب الغذائية وكانت كما يلى :

	الوزن الجزيئى	البلمرة
أرابينو زيلان الجودار	١٧٣٠٠٠	١٣١١
جلوكان الجودار	٦٤٢٠٠	٣٩٦
أرابينو زيلان القمح	٣٨٨٠٠	٢٩٤
جلوكان القمح	٣٣٧٠٠	٢٠٨
أرابينو زيلان الشعير	٥٨٨٠٠	٤٤٥
جلوكان الشعير	٥٥٨٠٠	٣٤٤
أرابينو زيلان الزمير	٢٤٢٠٠	٢٥٩
جلوكان الزمير	٢٦٨٠٠	١٦٥

وأهم استخدامات السليلوز الصناعية فى صناعة النسيج والورق والمفرقعات وخلات السلولوز ومشتقات السليلوز سواء الأسترات أو الإيثرات . والبنتوزانات تستخدم فى صناعة الفورفورال الذى يستخدم كمذيب وكمبيد حشرى وكمبيد فطرى ويدخل فى صناعة المواد البلاستيكية والورنيشات . ومن المحتمل أن تظهر مستقبلاً صلاحية هميسليلوزات قشور حبوب الذرة كمواد مكثفة للقوم thickeners ومواد لاصقة adhesives ومواد مثبتة stabiliers.

الاستخدامات الصناعية لليبيدات الحبوب :

تعتبر ليبيدات الحبوب الغـــذائية منافسة للشحم lard و tallow و tall oil. والصعوبة التى تحد من استخداماتها الصناعية هى وجودها فى هيئة خليط من الجليسريدات والأحماض الدهنية ؛ إلا أنه من السهل التغلب على هذه الصعوبة وفصل الأحماض الدهنية التى تستخدم حالياً فى العديد من الأغراض مثل صابون التواليت ، والكبريتات الكحولية alcohol sulfates ، ومركبات الأمونيوم quaternary ammonium compounhs المستخدمة كعوامل cationic sur factants ، ومشتقات الأحماض الدهنية المستخدمة كعوامل استحلاب ، ومواد الطلاء ، ومواد التشحيم ، ومعاملة الجلود ، ومبيدات الآفات .

ويستخرج من نخالة الأرز والسورجم شمع يقارب فى صفاته شمع كارنوبا carnauba wax.

وتدخل الأحماض الدهنية ومشتقاتها بدور هام فى صناعة المطاط المخلق ، حيث تؤدى وظيفة الاستحلاب . وهناك نوع من منتجات الكاوتشوك يدخل فيه زيت الذرة بنسبة ٢,٥ — ٧ ٪ .

وزيوت الحبوب تستخدم فى الصيدلة للاستفادة من قدرتها على الإذابة ولأنها تبطئ الامتصاص فتطول فترة الاستفادة من مفعول الدواء .

ويستفاد من زيوت الحبوب الغذائية فى تحضير عقار يحتوى على التوكوفيرول وفوسفاتيديل الكولين . ويعتبر رجيع الأرز أحد المصادر الغنية بهذين المركبين . وفى مجال الصيدلة تستخدم طرق كيميائية لتحويل البيتا — والجاما — والدلتا — توكوفيرولات إلى ألفا — توكو فيرول نظراً لأن صورة الألفا تمتاز على بقية الصور الأخرى من وجهة نشاطها

كفيتامين هـ E. ويستخرج من زيوت الأرز والشعير والذرة الخام مادة جاما – أوريزانول γ-oryzanol المستخدمة فى علاج autonomic nervous incoordination كذلك بإضافة زيت الذرة كمصدر كربونى بدلاً من مزيج اللكتوز والجلوكوز فى بيئة تحضير المضادات الحيوية ، وخاصة البنسلين ، يزداد محصول البنسلين الناتج . وفى مجال مستحضرات التجميل تستخدم الزيوت النباتية لتليين الجلد ، ويفضل فى هذا المجال زيوت جنين القمح وجنين الزمير . كذلك يستخدم زيت جنين الذرة وزيت جنين القمح المحتوى على ١٥ ٪ فوسفاتيديل كولين فى صناعة مستحلبات زيتية للشعر shampoos.

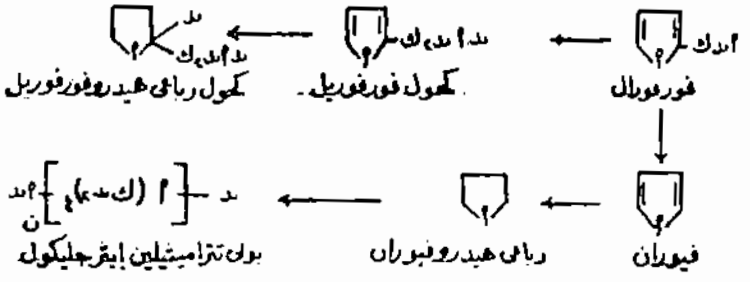
صناعة الفورفورال :

يمكن صناعة الفورفورال fur fural من معظم الخضراوات النباتية إلا أن توفر الخامات وثمنها وتكاليف تحويلها وقيمة منتجاتها الثانوية هى العوامل الاقتصادية التى تتحكم فى اختيار نوع معين من هذه الخامات . ولهذا فأهم الخامات المستخدمة حالياً لاستخراج الفورفورال هى قوالح الذرة وقشور الزمير ومصاص القصب وسرس الأرز ، فجميعها تعطى فورفورال بما يقرب من ٢٣ ٪ ، ٢٢ ٪ ، ١٧ ٪ ، ١٢٪ على التوالى . وهذا الفورفورال ينتج من البنتوزان الموجود فى المادة النباتية الخام والذى يحول إلى بنتوز ثم إلى فورفورال . وهذه الصناعة تدخل فى نطاق تحويل الحاصلات الزراعية إلى منتجات صناعية الذى أطلق عليه الاصطلاح chemurgy. والتحويل إلى فورفورال يتم فى عملية واحدة ، بعدها يفصل الفورفورال بالتقطير البخارى .

وأهمية المصادر النباتية فى التصنيع آخذة معرضة للتقلبات . فالكحول الصناعى على سبيل المثال موجود فى الغاز الطبيعى natural gas ولهذا فصناعة التخمر لإنتاج الكحول آخذة فى الإختفاء . والمثال الآخر

هو استخراج الجليسرول والأسيتون والبوتانول من البترول ، وهذا أدى إلى تجاهل إنتاج البوتانول من الذرة .

والفورفورال سائل عنبرى اللون amber-coloured يدخل فى تفاعلات عدة ويعطى ناتجات ذات أهمية اقتصادية، منها كحول الفورفوريل Furfuryl alcohol (FA) وكحول رباعى هيدروفورفوريل (THFA) Tetrahydrofur furyl alcohol ورباعى هيدروفيوران (THF) Tetra hydrofuran وبولى تترا ميثيلين إيثر جليكول (Polymeg) polytetramet hylene, Ether Glycol.



ويدخل الفورفورال فى صناعة العديد من المواد الضرورية مثل غطاءات البلاستيك والمنسوجات ومواد لصق الأثاثات والمطهرات وكاوتش السيارات .

استخدام الحبوب ومخلفاتها كمصدر للطاقة الصناعية :

تتولى النباتات تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة مخزنة يمكن استخدامها صناعياً . والحبوب الغذائية بالذات تمد الإنسان بقدر ملموس من الطاقة ، يتراوح بين ٣٠ ٪ و ٧٠ ٪ . وهذا القدر كبير جداً إذا علمنا مقدار الطاقة التى يستنفدها الإنسان فى تغذيته فى العالم كله ، وهى على سبيل المثال ألف

ترليون وحدة حرارة بريطانية سنوياً لشعب الولايات المتحدة الأمريكية كغذاء foods ، وأضعاف هذا القدر فى صورة علف للحيوانات المستأنسة . وتمتاز النباتات كمصادر للطاقة عن البترول والغاز بأنها تتجدد سنوياً وليست عرضة للزوال بعكس البترول والغاز .

ويبلغ مقدار الطاقة المستمدة من فدان acre واحد من الذرة حوالى ١٠٧ مليون وحدة حرارة بريطانية ، منها خمسون تنتج من القوالح والقشور والعيدان ، بينما البقية تأتى من الحبوب .

وقوالح الذرة لها استعمالات عدة بجانب استخدامها كمصدر للطاقة الحرارية ، فهى تطحن وتستخدم كمادة حاملة carrier فى صناعة المبيدات الزراعية وكمادة مالئة فى صناعة بعض مواد التجميل والأسمدة وغيرها .

استعمال منتجات الطحن الجاف للذرة فى الأغراض الصناعية غير الغذائية :

تستخدم الذرة بصفة عامة فى إنتاج أطعمة الإفطار Brcakfast ، faods ومطحون الذرة cornmeal ، ومنتجات الطحن الرطب ، والكحول والمنتجات المتعلقة به ، وعلائق الحيوان livestock feed. وباستخدام طريقة الترطيب وفصل الأجنـــة Tempering–Degerming process يتحصل على، Coarse Grits ، Regular Grits ، Flaking Grits مطحون ذرة Corn Meals ، ودقيق ذرة Corn Flour ، وزيت ، Homing Feed ، Shrinkage. وبالطحن الجاف يتحصل على ناتجات علف حيوانى ، وأجزاء تستخدمها مصانع البيرة ، وأجزاء تصنع إلى أطعمة إفطـــار ، ومنتجات تدخل فى Ore refining ، Foundry ، ومواد البنـــاء Building materials ، و Charcoal briquettes ،

وصناعة التخمر ، و Drilling Fluids ، والورق ، وغير ذلك من منتجات غذائية وغير غذائية .

الاستخدامات الصناعية لذرة السورجم :

حبوب السورجم Sorghum grains تسمى أحيـانا Milo أو grain sorghum أو milo maize أو gyp corn أو grain أو kafir corn ، وجميعها أسماء مشتقة من أسماء الأصناف ذات الشهرة مثل kafir و milo و durra و shallu أما الإسم Cane فيدل على نباتات السورجم الطويلة الساق التى تزرع بقصد استعمالهـا كعلف forage أو لإنتاج العسل sgrup أو السكر . والإسم great millet يطلقه البريطانيون على ذرة السورجم ، بينما الإسم kaoliang متداول فى الصين . والأسماء Jowar و Juar و Cholam متداولة فى الهند وتعنى السورجم . والإسم guinea corn شائع فى غرب أفريقيا ، والإسم kafir هو المستخدم فى جنوب أفريقيا ، والإسم durra هو المستخدم فى السودان ، والإسم mtama هو المستخدم فى شرق إفريقيا . وأهم أصناف السورجم من الوجهة التجارية هو Sorghum bicolor (L.) Moench وهى تتبع العائلة النجيلية Gramineae والفصيلة Andropogoneae ، وتقسم إلى أربعة أقسام هى :

حبوب ذرة السورجم grain sorghum ، والذرة السكرية أو ذرة العلف forage orsweet sorghums ، والذرة النجيلية grassy sorghum وذرة المكانس broom-corn.

وتحتل السورجم المركز الرابع بين محاصيل الحبوب الغذائية الهامة فى العالم . وأشهر مناطق إنتاجها فى العالم هى الولايات المتحدة الأمريكية والهند والصين الشعبية وأثيوبيا وجنوب إفريقيا ونيجيريا والأرجنتين والمكسيك وأستراليا وتايلاند . وحزام السورجم فى الولايات المتحـدة الأمريكية الممتد من تكساس إلى كانساس ونبراسكا وأوكلاهوما ينتج

حوالى ٩٠ ٪ من مجموع السورجم التى تنتجها الولايات المتحدة : وتتباين حبوب السورجم الناتجة من بقاع مختلفة من العالم فى حجمها وشكلها وكثافتها ولونها ووزنها النوعى . والإندوسبرم قد يكون شمعياً waxy أو غير شمعى normal ، أصفر اللون أو غير مصفر ، عادياً أو زائد الحلاوة sugary ، دقيقاً floury أو متقرناً crneous وبرتينات السورجم عبـــارة عن جلوتلين وبرولامين (kafirin) أساساً مع قليل من الألبومين والجلوبيولين ، ونسبتها تتأثر بالعوامل البيئية والوراثية . وبصفة عامة تحتوى حبوب السورجم الكاملة على ٦٨,٥ — ٧٥,١ ٪ نشا ، ١١,٤ — ١٤,٠ ٪ بروتين ، ٣,٢ — ٣,٩ ٪ دهن ، ١,٥٧ — ١,٩٩ ٪ رماد ، ٨٠ — ٨٥ ٪ كربوهيدرات (نشا + سليلوز + سكريات + بنتوزانات) . وتنخفض نسب الأحماض الأمينية ليسين ، ثريونين ، مثيونين ، أرجينين ، هستيدين ، جليسين ، تيروزين فى بروتينات السورجم ، بينما ترتفع نسب الليوسين وحمض الجلوتاميك (الجلوتامين) والبرولين وحمض الأسبرتيك (أسباراجين) بدرجة ملحوظة . ونشا السورجم تتكون من ٢٠ — ٣٠ ٪ أميلوز مع ٧٠ — ٨٠ ٪ أميلوبكتين . وسكريات السورجم عبارة عن جلوكوز وفركتوز وسكروز مع آثار من الرافينوز والأستاكيوز وسكرين آخرين لم يعرف تركيبهما بعد . والسكريات الكلية يبلغ تركيزها فى المتوسط ١,٢٠ ٪ ، منها ٠,٨٥ ٪ سكروز ، ٠,٠٩ ٪ جلوكوز ، ٠,١١ ٪ رافينوز ، إلا أن نسبة السكريات الكلية قد تصل إلى ٢,٨ ٪ . أما البنتوزانات الكلية فنسبتها حوالى ٢,٦ — ٥,٢ ٪ ، وهذه البنتوزانات ، أى الهميسليلوزات ، توجد فى جدر الحلايا وفى الجنين والبريكارب . وبالنسبة للبيدات لوحظ أن الأحماض الدهنية السائدة هى اللينولنك والأوليـــــك والبالمتيـــك والاستياريك والميرستيك والهكسادسينويك .

والكمية من السورجم المستخدمة فى تغذية الإنسان وفى التصنيع ضئيلة للغاية ، فقد لا تتجاوز الواحد فى المائة من المحصول الزراعى . ونواحى

التصنيع هى التخمر والطحن الجاف والطحن الرطب . فالأخير يعطى نشا وزيت وجلوتين ومشتقات نشا . أما الطحن الجاف فيعطى ناتجات تستخدم فى حفر آبار البترول وفى التخمير وفى تنقية بعض الخامات وفى صناعة الورق ومواد اللصق وبسكويت الكلاب . وبالتخمير يمكن إنتاج الكحول وحمض الستريك وحمض اللكتيك والمضادات الحيوية . والتركيب الكيميائى لمنتجات الطحن الجاف للسورجم يتباين كما هو واضح من الجدول التالى :

المنتجات	بروتين %	زيت %	ألياف %	رماد %
حبوب سورجم كاملة	٩,٦	٣,٤	٢,٢	١,٥
سورجم مقشورة	٩,٥	٣,٠	١,٣	١,٢
دقيق سورجم خام	٩,٥	٢,٥	١,٢	١,٠
دقيق سورجم منقى	٩,٥	١,٠	١,٠	٠,٨
كسر سورجم للتخمير	٩,٥	٠,٧	٠,٨	٠,٤
ردة سورجم	٨,٩	٥,٥	٨,٦	٢,٤
جنين سورجم	١٥,١	٢٠,٠	٢,٦	٨,٢
علف سورجم S. hominy feed	١١,٢	٦,٥	٣,٨	٢,٧

وباستخدام التصنيف الهوائى يمكن الحصول على دقيق به نسبة البروتين تتراوح بين ١,٦ ، ١٩ ٪ .

الاستخدامات الصناعية لجلوتين ونشا وزوائد القمح :

وإن كان القمح قد عرفه الإنسان منذ حوالى ستة آلاف عام فى آسيا ، ومنذ عام ٣٠٠٠ قبل الميلاد فى أوروبا ، إلا أن الاستخدمات الصناعية للقمح ومنتجاته ما زالت محدودة ، ويعلل ذلك بارتفاع السعر العالمى للقمح مقارناً بأسعار الحبوب المنافسة وهى الذرة والسورجم .

ومصانع الورق تستخدم كميات ضخمة من النشا ، معظمها نشا ذرة مع قدر من نشا القمح . وفى الوقت الحاضر يفضل استعمال النشا الكاتيونية cationic starches التى تحمل شحنة موجبة وبذلك تصبح قوية الارتباط مع محتويات الورق السليلوزية ذات الشحنة السالبة . وهذه النشا الموجبة الشحنة تحضر بتفاعل الإيثيلين إمين ethylenimine مع مجموعات الإيدروكسيل فى نشا القمح أو المجموعات الفعالة الأخرى ، مثل الأمينو أو الكربوكسيل أو غيرها ، فى الدقيق . كذلك تحضر زانثات xanthates وازانثيدات xanthides الحبوب لتستخدم فى صناعة الورق والكرتون . وتحضر أيضاً مشتقات دقيق القمح المعدلة حمضياً acid-modified لتستخدمها مصانع الورق . وطريقة تحضير الدقيق المعدل حمضياً تتلخص فى الرش برذاذ من حامض الكلوردريك أثناء الخلط وترك المخلوط على درجة حرارة أقل من ١٠٠° ف لمدة تتراوح بين ٣٠ و ١٢٠ دقيقة ثم الرش برذاذ من إيدروكسيد الصوديوم لإيقاف التفاعل وبعدها تضبط الحموضة الفعلية PH للعجينة المعدلة الناتجة . وقد تحضر النشا المعدلة باستخدام طرق ميكانيكية أيضاً مثل طريقة ملتفسك Multivisc Process ، أو بالطرق الإنزيمية .

ومصانع النسيج تستخدم نشا القمح أيضاً ولكن بكميات تقل عن ما تستخدمه مصانع الورق ، وتكون عادة فى صورة نشا غير معدلة unmodified أو دكسترينات أو عجينة رقيقة أو نشا معدلة حمضياً . ويتوقف اختيار نوع النشا المرغوب على نوعية النسيج ودرجة التغلغل penetration المرغوبة ودرجة المرونة flexibility أو التماسك firmness المطلوبة . وعند طباعة النسيج يستخدم مزيج من الصمغ البريطانى ونشا القمح ونشا إيثيرية starch ethers.

ومصانع التخمير تستخدم الحبوب فى إنتاج الكحول الصناعى industrial alcohol منذ الحرب العالمية الثانية . وما تزال المحاولات

متكررة للحصول على كحول صناعى يصلح للعديد من الأغراض ومن بينها وقود الموتورات . أما فى صناعة البيرة فتضاف حبوب غذائية أخرى إلى المولت بقصد تقليل التكاليف أو تعديل النكهة ، ومن بينها الذرة والأرز والقمح . وحالياً تستخدم عمليات التخمر والتحليل المائى الحمضى فى معاملة جلوتين القمـــح للحصول على جلوتامات أحادى الصوديوم monosodium glutamate (MSG) المفيدة فى مجال إكساب النكهة للأطعمة .

ويستخدم جلوتين القمـــح ، أو محتوياته من جليادين وجلوتنين وبروتينات ، فى صناعة مواد surface-active agents تقلل من التهاب الجلد skin irritation. ويستخدم زيت جنين القمح فى صناعة الصابون وكريمات الحلاقة لتلطيف أثرها فى الجلد . ويدخل الجليادين أو دقيق القمح فى صناعة بعض المنظفات detergents.

وتستغل أجنة حبوب القمح وكذلك الردة حالياً فى صناعة مضادات حيوية وفيتامينات ، كما تستخدم الردة ودقيق القمح فى عمل بيئة لإنتاج البنسلين والتراميسين . ويشار إلى أن ردة القمح من أفضـــل المخففات المستخدمة فى خلط الفيتامينات بعلائق الحيوانات . وكثيراً ما تستخدم حبوب القمح الكاملة المطحونة أو دقيق القمح أو الجلوتين أو سيقان نبات القمح فى صناعة بعض مواد البناء مثل الخشب الصناعى artificial woods و lightweight concrete و Ggpsum-based board و pressed wall-board و hardboards. كما يستخدم جلوتين وجليادين وجلوتنين القمح فى صناعة عبوات السجأ sousage casings وبعض مواد التعبئة الصالحة للأكل edible packaging films وغطاءات أقراص العقاقير pharmaceutical tablet coatings ، وفى صناعة بعض أنواع اللادن chewing gum وعوامل الاستحلاب emulsifyiug agents وبعض العجائن الصيدلية pharmacoutical pastes.

ويحضر من حبوب القمح كربون منشط granular activated carpon يتميز بسهولة تداوله وتعبئته دون حاجة إلى سحقه أو تحويله إلى حبات pellets. وتتلخص الطريقة فى كربنة حبوب القمح ثم التنشيط بالبخار أو بثانى أكسيد الكربون . وفى طريقة أخرى تعامل الحبوب بمحاول مادة كيميائية منشطة وتسخن فى جو خامل وتغسل بالمـــاء أو بالحامض .

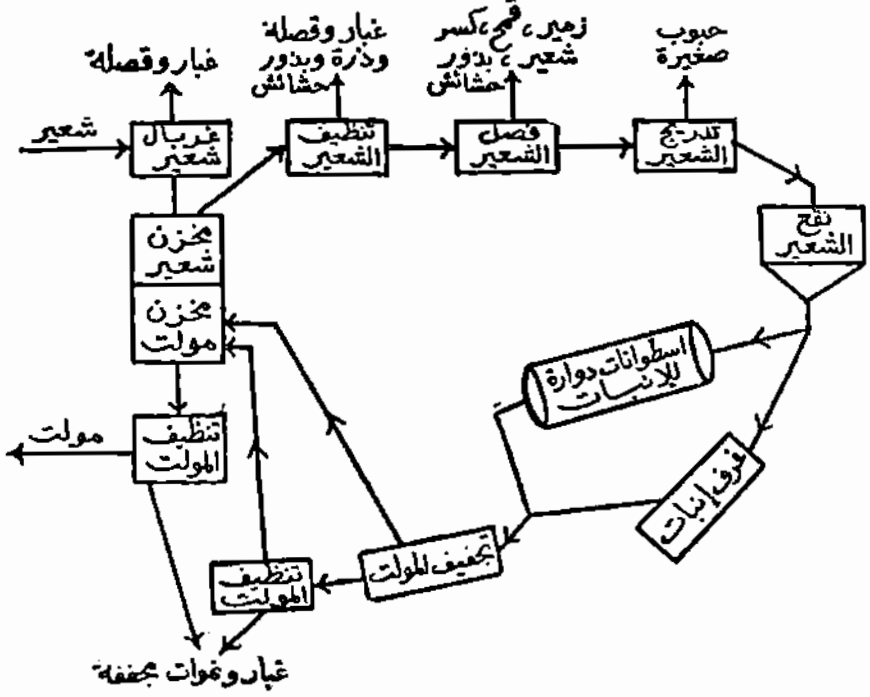
الاستخدامات الصناعية للشعير :

الشعير معروف للمصريين منذ عام ٥٠٠٠ أو ٦٠٠٠ قبل الميلاد ، ويبدو أن بدء زراعته كان فى أثيوبيا وجنوب التبت . وهو يقبع العائلة النجيلية Gramineae وتحت العائلة Festucoideae والفصيلة Hordeae والجنس Hordeum. والشعير ذو الصفين منتشر فى أوروبا وأستراليا وغرب الولايات المتحدة الأمريكية ، أما ذو الستة صفوف six-rowed فينتشر فى شمال أمريكا والهند والشرق الأوسط . وقد بلغ الإنتاج العالمى من الشعير عام ١٩٧٠ حوالى ١١٧ مليون طن ، بينما بلغ القمح ٢٨٨,١ مليون طن ، والذرة ٢٤٢,٤مليون ، والأرز ١٩٧,٤ مليون ، والجودار ٢٧ مليون طن . والجزء الأكبر من الشعير يستهلك فى تغذية الحيوان ، بينما جزء لا بأس به يستخدم فى صناعة المولت والبيرة . ويتراوح وزن حبة الشعير بين ٢١ ، ٤٥ ملليجرام ، وبها أغلفة تمثل ١٣ ٪ من وزن الحبة ، وبريكارب و testa ٢,٩ ٪ ، وطبقة الألبرون ٤,٨ ٪ ، وإندوسبرم نشوى ٧٦,٢ ٪ وجنين ١,٧ ٪ وقصعة scutellum ١,٣ ٪ . أما التركيب الكيميائى للحبة فهو ٦٣ – ٦٥ ٪ نشا ، ١ – ٢ ٪ سكروز ، سكريات أخرى ١ ٪ ، صموغ ذائبة ١ – ١,٥ ٪ ، هيسليلوز ٨ – ١٠ ٪ ، ليبيدات ٢ – ٣ ٪ ، بروتينات ٨ – ١٣ ٪ ، رماد ٢ – ٢,٥ ٪ مكونات أخرى ٥ – ٦ ٪ ، منسوبة للمادة الحافة . ونشا الشعير منها ٢٤ ٪ أميلوز ، وقد ترتفع النسبة إلى ٤٧ ٪ . والبروتينات منها ١٠ ٪ على الأكثر ألبومينات ،

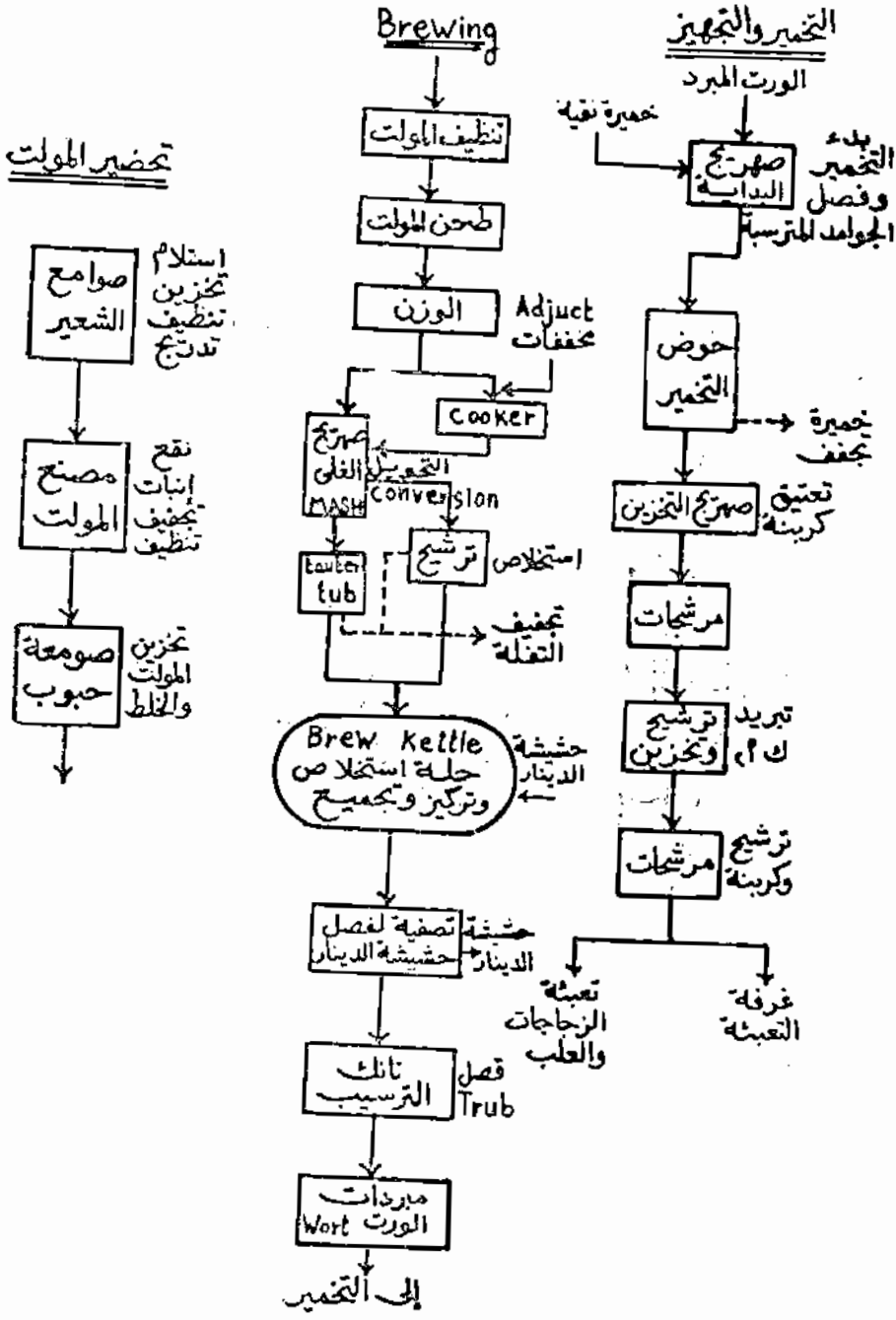
٢٠ ٪ جلوبيولينات ، ٣٠ ٪ هوردين ، ٤٠ ٪ جلوتلينات . ويمثل الجلوتامين أو البرولين حوالى نصف كمية الأحماض الأمينية ، بينما تنخفض نسب حمض الأسبرتيك والجليسين والليسين كثيراً . ومعظم كمية الليبيدات تتركز فى الجنين فتعطى نسبة ١٥ ٪ . وأبرز الأحماض الدهنية فى الشعير هى اللينوليك والأوليبك والبالمتيك ، وتمثل الأحماض الدهنية غير المشبعة حوالى ٨٠ ٪ من مجموع الأحماض الدهنية . والسكروز يتركز فى الجنين ولذا يعطى نسبة ١٥ ٪ . ويحتوى الجنين أيضاً على ٥ ٪ سكر رافينوز .

ويستخدم الشعير ومنتجاته فى تغذية الحيوان والدواجن ، وفى صناعة البيرة والكحول ، وفى استخراج دقيق ، وفى إنتاج مستخلص المولت وعسل المولت ، وفى صناعة مواد اللصق ومواد التشحيم والصموغ . ويتخلف عن صناعة البيرة كميات ضخمة من الخميرة يحسن استغلالها فى الأغراض الغذائية . فالمركبات النتروجينية بالخميرة معظمها بروتينات وأحماض أمينية وبيورينات وأدينين وجوانين وبيريميدينات (سيتوزين ويوراسيل) ، مع مواد ذات تركيز أقل وهى الأدينوزين ثلاثى الفوسفات ، وحمض الأدينيلك ، والسيفالين ، وثنائى الفوسفو — بيريدين نيوكليوتيد ، وثلاثى الفوسفو بيريدين نيوكليوتيد ، والكوكربوكسيليز ، والسيتوكروم ، والجلوكوزامين ، والجلوتاثيون ، والليسيثين ، ومع قدر من فيتامينات البيوتين ، وحمض الفوليك ، وحمض النيكوتنيك ، وحمض البارا أمينو بنزويك ، والبيريدوكسين ، والريبوفلافين والثيامين والأرجوستيرول والكربوهيدرات فى الخميرة عبارة عن أميلوز وسليلوز وديزوكسى ريبوز ودلسيتول dulcitol وجليكوجين وصموغ وهكسوفوسفاتات وترهالوز .

أما ليبيدات الخميرة فعبارة عن جلسريدات وفوسفو ليبيدات واستيرولات . وتوجد معادن فى الخميرة تتدرج كمياتها تنازلياً من الفوسفور إلى البوتاسيوم فالمغنسيوم فالكالسيوم فالسليكون فالصوديوم فالكبريت فالكلور فالحديد .



عمليات تحضير المولت



صناعة المولت إلبيرة

الاستخدامات الصناعية للزمير :

يتبع الزمير Oats العائلة النجيلية والجنس Avena الذى يوجد به سبعون نوعاً معظمها ينمو برياً أو كحشائش . وأشهر الأنواع المنزرعة هو Avena sativa ويليـــه A. byzantina و A. trigosa ، وبعضها مغلف hulled والبعض عار hull - less ، إلا أن العارية تعطى محصولاً ضئيلاً ولذا فزراعتها قليلة الانتشار . وقـــد بلغ محصول الزمير العالمى عام ١٩٧٠ حوالى ٥٠,٥ مليون طن مترى ، منها ١٣,٢ مليون أنتجتها الولايات المتحدة الأمريكية ، ١٠,٥ أنتجها الاتحاد السوفيتى ، ٥,٧ أنتجتها كندا ، ٣,٢ أنتجتها بولندا ، ٢,٥ أنتجتها ألمانيا الغربية ، ٢,١ أنتجتها فرنسا .

ولا يتجاوز القدر من الزمير المستهلك فى تغذية الإنسان خمسة فى المائة من المحصول ، بينما ٩٥٪ من المحصول تقدم للحيوانات فى صورة حبوب كاملة أو مطحونة . ولايتجاوز القدر المتداول تجارياً حد الخمسة عشرة فى المائة . ويمتاز الزمير بإرتفاع نسبتى البروتين وبعض فيتامينات المجموعة باء . فالحبوب بها ١٢,١٪ بروتين ، ٥,١٪ دهن ، ١١,٠٪ ألياف خام ، ٣,٤ رماد ، ٠,٠٠٥١٪ حديد ، ٠,٠٦٥٪ كالسيوم ، ٠,٣٤١ ٪ فوسفور ، ٠,٦٥ ملليجرام ثيامين فى المائة جرام ، ٠,١٤ ملليجرام ريبوفلافين ، ١,١٥ ملليجرام نياسين . وتبلغ نسبة النشا فى حبوب الزمـــير الكاملة ٣٣ ــ ٤٣٪ منسوبة للمادة الجافة ، ويمثل الأميلوز ٢٣ ــ ٢٤٪ من النشا . ولاتوجد أنواع شمعية .

وتتلخص عمليات طحن الزمير ، بقصد استخدامه فى تغذية الإنسان ، فى التنظيف وإزالة الأغلفة dehulling ، وتحويل الحبة kernel orgroat إلى شكل منبسط flakes بالسمك المرغوب بعد معاملتها بالحرارة أو بالبخار لإيقاف نشاط الإنزيمات ولتكوين النكهة . وقـــد تطحن هذه الشرائح أو الحبوب ذاتها للحصول على دقيق .

وتستخدم قشور الزمير فى صناعة الفورفورال ومركبات الفيوران ، أسوة بسرس الأرز ومصاص القصب وقوالح الذرة . وقد تستخدم بنتوزات أغلفة الزمير فى عمـــل بيئة لصناعة البوتانول والأسيتون . وفى صناعة الفورفورال يتخلف ناتج ثانوى هو حامض الخليك . وتدخل القشور فى صناعة مفرقعات فوق أكسيد الإيدروجين وكمادة مساعدة على الترشيح فى مصانع البيرة . والسيقان تستخدم فى صناعة عجينة سايلوزية .

ودقيق الزمير يستخدم فى بعض النواحى الصناعية للاستفادة من صفاته كمادة مضادة للأكسدة ، خصوصاً فى اللبن السائل واللبن المجفف والزبد والجيلاتى وزيت السمك وزيت الزيتون والسمك المجمد وشحم الخنزير والسجأ المجمد وبعض الحبوب الغذائية . والإسم التجارى Avenex يطلق على مستحضر خاص من دقيق الزمير يستخدم كمضاد للأكسدة. أما مستخلص دقيق الزمير المخضر باستخدام الهكسان فيسمى تجارياً Avenol . وهناك ناتج ثالث يعرف تجارياً باسم Aveeno .

واستخدام الزمير فى صناعة مواد اللصق لا يحظى بالاهتمام الذى يلقاه كل من القمح والذرة .

وإنزيمات الزمير متعددة ، إلا أنه لا يستغل تجارياً لإنتاج الإنزيمات فيما عدا الليبيز . وأهم إنزيمات الزمير هى البروتيز والمالتيز والألفا أميليز والليشينيز والفينوكسى أسيتك أسيدهيدروكسايز والفوسفاتيز والبتروزينيز والليبيز .

وصمغ الزمير يستخدم كمثبت stabilizer فى صناعة الجيلاتى أسوة بالجلاتين والألجينات alginates المستخرجة من النباتات البحرية والصمغ المستخرج من بذرة psyllium .

مراجـــع

1. Adam, W. B. et el.
   Food Industries Manual.
   Chemical Publishing Co Inc. (1958).
2. American Medical Association.
   Handbook of Nutrition.
   The Blakiston Co. (1951).
3. Anderson J. A. & Alcock. A. W.
   Storage of Cereal Grains & Their Products.
   American Association of Cereal Chemists, (1954).
4. Anderson, L. et el.
   Respiratory Enzymes.
   Burgess Publishing Co. (1950).
5. Anglo - American Council on Productivity
   The Hop Industry.
   Anglo - American Council on Productivity, (1951).
6. Bachmann, W.
   Continental Confectionery.
   Maclaren & Sons, (1955).
7. Bachmann, W.
   Swiss Gateaux.
   Maclaren & Sons Lt. (1950).
8. Bailey, C. H.
   The Constituents of Wheat & Wheat Products.
   Reindold Publishing Co. (1944).
9. Bailey, A. E.
   Melting & Solidification of Fats.
   Interscience Publishers. (1950).
10. Ball, C. O. et el.
    Sterilization in Food Technology.
    McGraw - Hill Book Co. (1957).
11. Bech, J. V. et el.
    Laboratory Manual for General Microbiology.

12. Booher, L. E.
Vitamin Values of Foods.
Vitamin Values of Foods.
Chemical Publishing Co. (1942).

13. Bourne, G. H.
Biochemistry and Physiology of Nutrition.
Academic Press. (1953).

14. Brautlecht, C. A.
Starch, its Sources, Production and Uses.
Reinhold Publishing Co. (1953).

15. Breed, R. S. et el.
Bergey's Manual of Determinative Bacteriology.
Bailliere, Tindall and Cox. (1948).

16. Burrow,
Textbook of Microbiology.
Saunders. (1963).

17. Butz, W. et el.
Instrumental Methods for the Analysis of Food Additives.
Interscience Publishers (1961).

18. Calvel,
La Boulangerie Moderne.

19. Clarke, R. J.
Process Engineering In The Food Industry.
Heywood (1957).

20. Clifford, W. M. et el.
Properties of Food.
University London Press (1929).

21. Cook, A. H.
The Chemistry and Biology of Yeasts.

22. Cox, H. E.
The Chemical Analysis of Foods.
J. & A. Churchill (1938).

23. Craig.
Collins Family Cookery.
Collins (1960).

24. Cruess. W. V.
Commercial Fruit and Vegetable Products.
Mc Graw - Hill Book Co. Inc. (1948).

25. Dack, G. M.
Food Poisoning.
The University of Chicago Press (1952).

26. Darby,
Nutrition & Diet In Health & Disease.

27. Davidson, S. and Passmore, R.
Human Nutrition and Dietetics.
E, & S. Livingstone (1963).

28. De Clerck, J.
A Textbook of Brewing.

29. Desrisier,
Attack on Starvation.
The A. V. I. (1961).

30. Dewberry, E. B.
Food Poisoning.
Leonard Hill Books (1959).

31. Dixon, U.
Enzymes.

32. Duddington, C. L.
Micro - Organisms as Allies'

33. Edsall, J. T. et el.
Enzymes and Enzymes Systems.
Harvard University Press. (1951).

34. Evans, N. R.
Food Preparation Manual.
Harper and Brothers Publishers, (1959).

35. Fance, W. J.
Breadmaking and Flour Confectionery.
Routledge and Kegan Paul (1960).

36. Felchsig, Joachim.
Fachkunde für Müller.
Verlag Moritz Schafer (1955).

37. Fox, B. A. and Cameron, A.
A Chemical Approach to Food and Nutrition
University of London Press Ltd. (1961).

38. Frazier, W. C.
Food Microbiology.
McGraw - Hill Book Co. (1958).

39. Fruton, J. S. et el.
General Biochemistry.
John Wiley and Sons (1953).
40. Gale, E. F.
The Chemical Activities of Bacteria.
Uuiversity Tutorial Press. (1948).
41. Geerligs. H. C. P.
Cane Sugar and its Manufacture.
Norman Rodger (1924).
42. Gortner, R. A.
Outlines of Biochemistry.
John Wiley and Sons (1950).
43. Halman, E. T. et el.
The Principles & Practice of Feeding Farm Animals.
Longmans Green and Co. (1946).
44. Harden, A.
Alcoholic Fermentation.
Longmans Green and Co. (1932).
45. Harris, L. J.
Vitamins and Vitamin Deficiencies.
J. and A. Churchill. (1938).
46. Harrow, B.
Onefamily : Vitamins, Enzymes, Hormones,
Burgess Publishing Company (1951).
47. Hector, W.
Food For The Diabetic.
William Helnemann Medical Books.
48. Henrici. A. T.
Molds, Yeasts and Actinomycetes.
John Wiley & Sons (1930).
49. Hockenhull, D. J. D.
Progress In Industrial Microbiology.
50. Honig,
Principles of Sugar Technology.
Elsevier Publishing Co. (1963).
51. Hopkins, E. S. et el.
The Practice of Sanitation.
The Williams and Wilkins (1958).
52. Horder, L. Dodds, C. and Moran T.
Bread.
Constable (1954).

53. Howthorn,
Recent Advances in Food Science.

54. Jacobs, M. B.
The Chemistry & Technology of Food & Food Products.
Interscience Publishers (1960).

55. Joslyn; M. A.
Methods In Food Analysis.
Academic Press (1950).

56. Juslin, et el.
Foods.

57. Kent - Jones, D. W. and Amos, A. J.
Modern Cereal Chemistry.
The Northern Publishing Co. (1957).

58. Kerr, R. W.
Chemistry and Industry of Starch.
Academic Press Inc. (1950).

59. Kirk, D.
Cook Book.
P. F. Collier and Son. (1955).

60. Kirk R. E. et el.
Encyclopedia of Chemical Technology.
The Interscience Encyclopedia, Inc. (1951).

61. Leach, A. E.
Food Inspection and Analysis.
John Wiley and Sons (1936).

62. Lockwood, J. F.
Flour Milling.
The Northern Publishing Co. (1952).

63. Lyle, O.
Technology For Sugar Refinery Workers.
Chapman and Hall (1957).

64. Matz S. A.
The Chemistry & Technology of Cereals as Food & Feed.
The Avi Publishing Co. Inc. (1959).

65. Matz, S. A.
Bakery Technology & Engineering.
The Avi Publishing Co. (1960).

66. Mayer, L. H.
Food Chemistry.

67. Maynard, A.
Animal Nutrition.
Mc Graw - Hill Co. (1951).

68. Mottram, V. H.
Human Nutrition
Edward Arnold (1962).

69. Nord, F. F,
Advances in enzymology.
Interscience publishers. (1954).

70. Nord, F. F,
Mechanism of enzyme action & Associated cell phenomena.
The Williams & Wilkins Co. (1929).

71. Northrop, J. H. et el.
Crystalline enzymes.
Columbia University Press. (1948).

72. Parker, M. E. & Litchfield, J. H.
Food Plant Sanitation.
Reinhold Publishing Coroporation (1962).

73. Pattee, A. F.
Vitamins and Minerals for Everyone.
G. P. Putnams Sons (1943).

74. Preece, I. A.
The Biochemistry of Brewing.

75. Prescott,
Food Technology.

76. Proudfit, F. T. & Robinson, C. H.
Nutrition and Diet Therapy.
The Macmillan Company (1955).

77. Proudfit, F. T.
Normal and Therapeutic Nutrition.
The Macmillan Co. (1961).

78. Pyler, E. J.
Baking Science and Technology.
Siebel Publishing Co. (1952).

79. Radley, J. A.
Storch and its Derivatives.
John Wiley and Sons Inc. (1954).

80. Rietz, C. A.
A Guide to the Selection, Combination, and Cooking of Foods.
The Avi Publishing Company, Inc. (1961).

81. Salle, A. J.
Fundamental Principles of Bacteriology.

82. Scott, J. H.
Flour Milling Processes.
Chapman and Hill Ltd. (1951).

83. Sherman, H. C.
The Nutritional Improvement of Life.
Columbia University Press (1950).

84. Sherman, H. C.
Chemistry of Food and Nutrition.
The Macmillan Co. (1951).

85. Sherman, H. G.
Calcium and Phosphorous in Foods and Nutrition.
Columbia University Press (1948).

86. Simmons, N. O.
Feed Milling.
Leonard Hill (1963).

87. Smith, L.
Flour Milling Technology.
The Northern Publishing Co. Ltd. (1948).

88. Spencer, G. L. & Meade, G. P.
Cane Sugar Hand-book.
John Wiley & Sons, Inc. (1957).

89. Starier et el.
General Microbiology.
Mc Millan (1963).

90. Stit, E. R.
Practical Bacteriology, Hematology & Parasitology.
H. K. Lewis. (1948).

91. Storck, J. & Teague, W. D.
Flour For Man's Bread.
University of Minnesota Press (1952).

92. Swanson. E. C.
Cereal Laboratory Methods.
American Association of Cereal Chemists, Inc. (1957).

93. Tauber, H.
The Chemistry and Technology of Enzymes.
Chapman and Hall. (1949).

94. The Association of Vitamin Chemists.
Method of Vitamin Assay.
Interscience Publishers (1947).

95. Thorton, H.
The Inspection of Food.
Bailliére, Tindall and Cox. (1960).

96. Umbereit, W. W.
Metabolic Maps.
Burgess Publishing Co. (1952).

97. Underkofler, L. A.
Industrial Fermentations.
Chemical Publishing (1954).

98. Urie, Alexander & Hulse, J. H.
The Science, Raw Materials & Hygiene of Baking.
Macdonald and Evans, Lt. (1952).

99. Urquhart, D. H.
Cocoa.
Longmans (1961).

100. Walter, F. G.
The Manufacture of Compressed yeast.

101. Williams, C. T.
Chocolate and Confectionery.
Leonard Hill (1953).

102. Winton, A. L. et el.
The Structure and Composition of Foods.
John Wiley and Sons (1935).

103. Woodman, A. G.
Food Analysis.
Mc Graw - Hill (1941).

صفحة	سطر	خطأ	صواب
٤١	١٦	تعبر	تعتبر
٤٤	٢٤	الحالة	هذه الحالة
٤٥	١٤	mesenteicus	mesentericus
٤٥	٢٤	يسبب	تسبب
٤٩	٦	aurantiocum Oidium	Oidium aurantiacum
٥٢	٦	enreridis	enteridis
٥٢	١٠	٢٠٠	٢٠٠٠
٥٥	١٠	استعمال	استعمالها
٥٥	١٢	كالجلوزكوز	كالجلوكوز
٥٥	٢٢	إلا	إلى
٥٥	٢٤	سرعة	لتزداد سرعة
٥٦	٤	of tartar cream	cream of tartar
٥٧	٣	الليبوكسيديزات	الليبوكسيديزات
٦٤	٣	يتكون	ويتكون
٦٤	١٢	revolving tray or	or revolving tray
٦٥	٢١	بالخمير	بالخميرة
٦٥	٨	الدقيق	للدقيق
٦٨	١١	ماكنية	ماكينة
٧٤	٥	robenticides	rodenticides
٧٥	٤	تغيرها	تغيير
٧٦	٧	فيها	فيها
٧٧	٢٢	المخلرط	المخلط
٨٢	٢	ونخلط	وتخلط
٧٢	٢١	حرات	حرارة
٨٣	٢٤	جزاء	جراء
٨٤	١	للجلوياثيون	للجلوتاثيون
٨٨	٤	كية	كية
٩٠	١٣	الجلوبيولينات	والجلوسيولينات
٩٢	٢٠	trouahs	troughs
٩٦	١٢	تقطع	تقطيع
٩٨	٥	proafer	proofer
١٠١	١٠	or steamboxes	steamboxes or
١٠٢	١	درجة العجينة	العجينة
١١٢	٩	وعشر	وعشرين
١١٥	٤	ن	أنه
١١٥	١٣	Freguency	Frequency
١١٥	١٣	وقدرها	قدره

صفحة	سطر	خطأ	صواب
١١٥	١٤	من موادها	من مولدها
١١٦	١٨	epuipmeut	equipment
١١٧	١٠	الخبيز	الخبز
١١٨	٢	care	cars
١١٨	٢٣	corr	corn
١١٩	٥	foci	loci
١٢٠	٦	جلكول	جليكول
١٢٠	١٦	continous	continuous
١٢٢	٧	مهيأ	مهيء
١٢٥	٨	تنقل	تنتقل
١٢٦	٣	النروج	الزوج
١٢٧	٥	إهيلجية	إهليلجية
١٥٤	٩	إنها	فمنها
١٥٧	٤	القصر	القصرة
١٥٨	٥	crumd	crumb
١٦٩	٨	ويتصنف	ويتصف
١٧٠	١٣	نم	ثم
١٧٨	١	لاكتساب	لإكساب
١٨٥	٢١	Remonlding	Remoulding
١٨٦	٩	Tponge	Sponge
١٨٧	١	النيشية	النيتة
١٨٧	١٨	scrsw tyge	screw type
١٨٨	١٨	المؤكدة	المؤكسدة
١٨٩	٩	Biwrea	Biurea
١٨٩	٩	amida	amide
١٩٠	٧	المنسوب	المنسوبة
١٩٠	١٦	التمخر	التخمر
١٩٠	١٨	خلال	خلاط
١٩١	٨	pre-fernent	pre-ferment
١٩١	١٧	تشتغله	تشغله
١٩٢	١	، أكثر	وأكثر
١٩٢	٩	daugh	dough
١٩٤	٢	boumd	bound
١٩٤	٧	electromaynetie	electromagnetic
١٩٤	٧	hiyhfreyuency	high frequency
١٩٥	٧	يستجيب	ويستجيب
١٩٥	١٠	المخفض	المنخفض

صواب	خطأ	خطأ	صفحة
Working	workiny	٢١	١٩٦
Outer	Outea	٥	١٩٧
–run	–rum	٢١	١٩٧
الوجهة	للوجهة	٢٤	١٩٧
laxative	axative	٢	١٩٨
التربة	للتربة	٢	٢٠٤
Schizomycetes	Schizomyctes	٢٣	٢٠٤
bacteria	baeteria	١	٢٠٥
imperfecti	Imperfecti	١٥	٢٠٥
ميكرون	ميكرن	١٨	٢٠٥
Staphylococci	Staphylococi	١	٢٠٦
ساكنة	ساخنة	١	٢٠٧
عند	عندما	٧	٢٠٧
درجته	درجة	١١	٢٠٧
ما	ماء	١٧	٢٠٧
وبعضها	بعضها	٨	٢٠٨
العصوية	العضوية	٧	٢١٣
وعند	عند	١٨	٢١٦
A. flavus	A. flavur	١٩	٢١٦
Hormodendrum	Hormordendum	٢١	٢١٦
Streptomyces	Streptmoyces	٢٢	٢١٦
cladosporium	cladosporinm	٢٤	٢١٦
في كل	كل	١	٢١٧
repens	repen	٩	٢١٨
تحبل	تجبل	٧	٢١٩
الخبز	الخبيز	١١	٢١٩
bread	brea	٢٥	٢١٩
Aspergillus, candidus,	Aspergillus,	٤	٢٢٠
A	Λ	٤	٢٢٠
A	Λ	٥	٢٢٠
Monilia sitophila, Monilia aurea, Mucor pusillus, Mucor mucedo Oidium	Monilio	٥	٢٢٠
وعدم	عدم	٤	٢٢٣
الطعام	الطمام	١٥	٢٢٣
ذرة	ذوة	١٢	٢٢٦

صفحة	سطر	خطأ	صواب
٢٢٨	٧	للقيمة	القيمة
٢٣٣	٦	ذرد	ذرة
٢٣٦	٢١	antidiotic	antibiotic
٢٣٨	١٣	المكولين	المكونين
٢٣٩	١٤	ثاث	ثلث
٢٤١	١٢	ذوائد	زيوت
٢٤٤	١٥	العلقة	العليقة
٢٤٧	٩	mach	mash
٢٥٥	١٠	fee	Feed
٢٥٦	٢١	أتياف	ألياف
٢٦٥	٧	مغلق	معلق
٢٦٥	٨	بنسبة	بنسبة
٢٦٥	١٢	altnet	latent
٢٦٧	١٥	نشلط	نشاط
٢٦٩	٤	lipue faction	lique faction
٢٦٩	٢٢	النشا	النشا إلى
٢٧٠	٨	الثانية	والثانية
٢٧٠	١٧	dH	pH
٢٧٢	٤	الطبيعة	الطبيعية
٢٧٢	٢٠	مباشر	مباشرة
٢٧٢	٢٤	الدرجة	درجة
٢٧٣	١	درجة	الدرجة
٢٧٣	٢٣	در	درجة
٢٧٥	١٣	alnd Haton	and Halton
٢٨٠	٥	esterses	esterases
٢٨٢	١٠	محاول	محلول
٢٨٤	٤	خدمات	خامات
٢٨٥	٢٥	الدقيق الأسر	والدقيق الأسمر
٢٨٧	٢٠	صغيراً	صغيراً
٢٩٠	٨	باستمرار	باسمرار
٢٩١	١٩	لكيتلك	لكتيك
٢٩٢	١٩	وزينيز. التير	التيروزينيز
٢٩٣	١	u u	n n
٢٩٣	٤	لونى	لونياً
٢٩٣	١٩	المشاو	المشار
٢٩٤	١٧	المسكوز	المسكوز
٢٩٥	١	كسيدة	أكسدة
٢٩٥	٢٥	لا يعرف	ا ولايعرف

صفحة	سطر	خطأ	صواب
٣٠٣	٦	coi	coli
٣٠٩	٦	يد١	يد٢
٣١٠	٤	ن – ك – ن يد ك	ن – ك – ن يد ك
٣١١	٧	استفاذ	استفاذ
٣١١	٢١	اليساوى	اليسارى
٣١٦	٢١	الكحول	الكحولى
٣٢٩	٦	الدكسيرينات	الدكسترينات
٣٢٩	١٦	البداية	فى البداية
٣٣٢	٧	تيركسين	تيروكسيز
٣٣٣	٨	الستين	الستين
٣٣٨	١	الصناعات	الصناعة
٣٣٨	٢١	وتؤثر	ويؤثر
٣٤١	٢٠	اسننت	استنبت
٣٤٥	٨	هميليلوزات	هميسليلوزات
٣٥٩	١١	للتر	التر
٣٦١	٤	إلى	التى
٣٦٣	١٠	المدة	لمدة
٣٦٦	٢٣	الحبوب	للحبوب
٣٦٩	٩	أشعة	لأشعة
٣٧٠	٤	– l e	l–e
٣٧٠	٤	u	ù
٣٧٠	١٥	n	ù
٣٧٣	١٦	مساوماً	مساوياً
٣٧٤	٥	u	ù
٣٧٤	٥	ù + ù	û + ù
٣٧٨	٣	Conzcyer	Conveyer
٣٨٠	٩	على	عن
٣٨٨	٦	مجمع	مجمعات الغبار
٣٩١	١٦	storagc	storage
٣٩٢	٤	storagelin	storage in
٣٩٩	٣	مكاف	مكلف
٣٩٩	١٨	scalc	scale

صفحة	سطر	خطأ	صواب
٤١٧	٢	hydrtion	hydration
٤٢٢	١	١١٤	١٢٤
٤٢٢	١١	S To	To
٤٢٤	١١	$100\ \frac{To - TG}{To - Ta}$	$100\ \frac{To - TG}{To - Ta}$
٤٢٨	١٥	بسبب	يسبب
٤٢٩	١٠	ستكال	لاستكال
٤٣٩	١٨	و للى	ولذا
٤٤٥	٩	tesl	test
٤٤٦	٩	إذ	إذا
٤٤٨	٣	susb spies	subspecies
٤٤٨	٥	commensul	Commensal
٤٤٨	٢٣	Rattue	Rattus
٤٤٩	١٣	Tamas	Tamias
٤٤٩	١٣	squirels	squirrels
٤٥٤	٤	إنداندنيون	إنداندنيون
٤٥٤	١١	Anru	Antu
٤٥٦	٢٢	الأرانى	الأوانى
٤٦٠	١٢	fiour	flour
٤٦٠	٢٣	Browu	Brown
٤٦١	١٦	granariul	granarius
٤٦٣	٢	cdominica	dominica
٤٦٦	١٦	maurianitcus	mauritanicus
٤٦٦	٢٠	mites	(mites الحلم)
٤٦٩	٩	الرطوبة	قارطوبة
٤٧٠	١٠	مثل	مثل العتة
٤٧٣	١٧	لعدد	العدد
٤٧٤	١	motp	moth
٤٧٨	١٧	olniroethane	nitroethane
٤٧٩	٧	أوكسيد	أو أوكسيد
٤٨١	٥	والحرارة	وللحرارة
٤٨٢	١٧	تلفياً	تلفاً
٤٩٣	٢٢	١٧٢½ ٢ ←	← ٢ ١ ٧٢½
٤٩٤	١٥	٣ ك٣ ك١١ د	٣ ك د٣ ك ١١ د

فهرس

صفحة

مقدمة ٣

الفصل الرابع

الخبز ومنتجات المخابز ١١

طرق صناعة الخبز ١٥

إنتاج الغاز فى العجينة المتخمرة ١٨

احتجاز الغاز فى العجينة ٢٣

الكعك والقرص ٢٦

تجلد منتجات المخابز ٣٢

عيوب الخبز الأفرنجى ٣٦

القيمة الغذائية لمنتجات المخابز ٤١

ميكروبيولوجيا منتجات المخابز ٤٤

نمو الفطريات على منتجات المخابز ٤٩

الشوائب فى خامات منتجات المخابز ٥٠

الميكروبات السامة فى منتجات المخابز ٥٠

درجات الجودة فى منتجات المخابز ٥٣

تخزين خامات الخبز ٥٣

صناعة الخبز الأفرنجى ٥٨

صفحة

صناعة الخبز البلدى ٦٥
صناعة الخبز الصغير ٦٦
صناعة القرص ٦٨
صناعة الكعك ٦٩
صناعة الدونات ٧٠
تنظيف وتطهير المخابز ٧٣
عملية خلط العجينة ٨٠
كيفية تكوين العجينة أثناء الخلط ٨٣
تبريد العجينة أثناء الخلط ٨٤
عملية تخمر العجينة ٨٨
عملية تقطيع العجينة ٩٦
عملية تكوير العجينة ٩٧
فترة الراحة المبدئية ٩٧
عملية تشكيل العجينة ٩٨
قوالب الخبيز ٩٩
عملية النضج الأخير للعجينة ١٠١
عملية الخبيز ١٠٤
أجهزة المخابز ١١٦
حساب الرطوبة النسبية فى المخابز ١٤٣
حساب كمية العجينة اللازمة للتخمير ١٤٥
أهمية الملح فى العجينة ١٤٦
تخزين الخميرة ١٤٧

صفحة

صناعة الخميرة ١٤٧
خبز المولت ١٤٩
أسباب إعادة خلط العجينة ١٥٠
الخبز الأسمر ١٥٠
فعل محسنات الخبز ١٥٣
التشابه بين طرق عمل العجينة ١٥٥
المصطلحات الدارجة فى المخابز ١٥٧
التخمر الذاتى ١٦١
إدارة المخبز ١٦٨
خبز فينا ١٦٩
تشكلات الخبز ١٧٠
خبز الشاى الدسم ١٧٢
خبز الحصاد ١٧٤
خبز اللوح الساخن ١٧٦
الخبز المرفوع كيماويا ١٧٧
خبز اللبن ١٧٩
خبز الفاكهة ١٨٠

الفصل الخامس

صفحة

ميكروبيولوجيا منتجات الحبوب ٢٠٣
البكتريا والخمائر والفطريات ٢٠٣
تخمر السكريات ٢٠٣
مدى تلوث الحبوب الغذائية بالبكتريا ٢١٣
مدى تلوث الحبوب ومنتجاتها بالفطريات ٢١٦
الفساد الميكروبى فى الحبوب ٢١٧
الفساد الميكروبى للخبز ٢١٩

الفصل السادس

تصنيع مخلفات مصانع الحبوب ٢٢١
استعمال المخلفات فى تغذية الدواجن والحيوانات ٢٢١
تقدير القيمة الغذائية لمواد العلف ٢٢٦
الفيتامينات ٢٣٥
المضادات الحيوية ٢٣٦
مواد العلف الشهيرة ٢٣٧
صناعة مواد العلف ٢٣٩
نماذج علائق متزنة ٢٤٠
المواد الضارة فى العلائق ٢٥٠
المغذيات فى مواد العلف ٢٥١

الفصل السابع

صفحة

الإنزيمات فى تصنيع الحبوب ٢٦٣

الأميليزات ٢٦٤

أميليزات الدقيق ٢٦٤

قياس نشاط الأميليز ٢٦٧

تحليل النشا إنزيميا ١٦٩

فعل الأميليز فى الخبيز ٢٧٠

المواد الغنية بالأميليز المضافة ٢٧٥

أهمية تقدير نشاط الأميليز ٢٧٨

الاستيريزات ٢٨٠

تقدير نشاط الاستيريزات ٢٨١

تحضير الإنزيم ٢٨٢

الحموضة والحرارة المثلى للإنزيم ٢٨٣

الليبيزات فى خامات الخبيز ٢٨٤

فعل الإنزيمات المحللة للدهون ٢٨٧

الفوسفاتيزات ٢٨٨

إنزيمات الأكسدة ٢٨٩

إنزيمات الحديد ٢٨٩

الكتاليز ٢٨٩

البيروكسيديز ٢٩١

السيتوكروم أوكسيديز ٢٩١

صفحة

إنزيمات النحاس ٢٩٢
التيروزينيز ٢٩٢
الأسكوربيك أسيد أوكسيديز ٢٩٢
الفوسفو بيريدين نيوكليوتيد والفلافين ٢٩٣
الهكسوز داى فوسفات دهيدروجينيز ٢٩٣
دهيدروجينيز المالات وحمض الجلوتاميك ٢٩٣
دهيدروجينيز حمض الفيوماريك والسكسنيك والفورميك . . ٢٩٤
الأوكسالين ٢٩٤
إنزيمات الدهيدروجينيز الأخرى ٢٩٤
الليبوكسيديز ٢٩٤
الإنزيمات المؤكسدة فى الخميرة ٢٩٥
نظام التأكسد والاختزال فى الدقيق والعجينة ٢٩٦
البروتيزات ٢٩٧
دقيق مولت القمح ٢٩٩
بروتينيز الخميرة ٣٠١
القمح المصاب بالحشرات ٣٠١
عملية التخمر الكحولى ٣٠٣
التحول اللاهوائى ٣٠٤
خطوات التخمر الكحولى ٣٠٦
الاتحاد بالفوسفات ٣١٩
دورة الفوسفات ٣٢٠

صفحة

التخمر بالخميرة ٣٢٥
تأثير الحرارة والحموضة الفعلية ٣٢٦
تأثير السكريات ٣٢٨
تأثير المكونات غير السكرية ٣٣١
تكاثر الخميرة فى العجينة ٣٣٥

الفصل الثامن

البيرة ٣٣٧
خامات الصناعة ٣٣٨
القيمة الغذائية للبيرة ٣٣٩
الإنتاج العالمى من البيرة ٣٤١
صناعة المولت ٣٤٣
صناعة البيرة ٣٤٨
فساد البيرة ٣٥٦
تشريعات البيرة ٣٥٨

الفصل التاسع

صوامع الغلال ومخازن الدقيق ومنتجاته ٣٦١
الاعتبارات الرئيسية فى تخزين الحبوب ٣٦٢
الاشتراطات التى تراعى فى تحديد طريقة التخزين ٣٦٥
اشتراطات مبانى مخازن الحبوب ٣٦٧

صفحة

الضغط على جدران خلايا صوامع الحبوب ٣٦٩
تخزين الحبوب الصغيرة فى الصوامع ٣٧٥
تخزين كيزان الذرة الخضراء ٣٨٢
صوامع الحبوب الكبيرة ٣٨٥
بعض طرق التخزين الخاصة ٣٨٩
صوامع الغلال المركزية ٣٩٣
إدارة وتشغيل الصومعة المركزية ٤٠٥
أخطار الصوامع ٤٠٧
تجفيف الحبوب ٤١١
الصوامع المصرية ٤٣١
تخزين الدقيق السائب ٤٣٣
تخزين الزوائد ٤٣٩
صعوبات مخازن الدقيق والزوائد ٤٤٠
تعبئة وتخزين منتجات الحبوب ٤٤٠
القوارض التى تصيب الحبوب ومنتجاتها المخزنة ٤٤٦
الحشرات التى تصيب الحبوب المخزنة ٤٥٨
التغيرات التى تحدث فى الحبوب أثناء تخزينها ٤٨٠
التعرف على فساد الحبوب ومنتجاتها المخزونة ٤٨٩
تنفس الحبوب المخزونة ٤٩٢
نمو الأحياء الدقيقة على الحبوب المخزونة ٥٠٣

الفصل العاشر

صفحة

اختبارات الجودة الشائعة الاستخدام فى مجال الأغذية ٥١١
التقسيم ٥١١
اختبارات الغلال ٥١١
اختبارات منتجات الألبان ٥١٦
اللحوم ومنتجاتها ٥١٩
الدواجن والبيض ومنتجاتها ٥٢٠
الفاكهة والخضروات ٥٢٦
الزيوت والدهون ٥٤٨
التوابل ٥٤٩

الفصل الحادى عشر

الشئون الصحية فى مصانع الأغذية ٥٥٣
الاشتراطات الصحية فى المبانى والمعدات ٥٦٢
الطرق المشروعة لمقاومة الآفات ٥٧٢
مقاومة الحشرات ٥٧٦
مقاومة الآفات الحيوانية ٥٩٢
مقاومة الأحياء الدقيقة ٥٩٨

الفصل الثانى عشر

تصنيع الحبوب الغذائية للأغراض غير الغذائية ٦٢٥
النواحى الاقتصادية ٦٢٦
الخواص الطبيعية ٦٢٨

صفحة

الاستخدامات الصناعية لبروتينات الحبوب ٦٣٦
الاستخدامات الصناعية للنشا الحبوب ٦٤٤
الاستخدامات الصناعية للكربوهيدرات غير النشوية . . . ٦٤٨
الاستخدامات الصناعية للبيبدات الحبوب ٦٥٠
استخدام الحبوب ومخلفاتها كمصدر للطاقة ٦٥٢
استعمال منتجات الطحن الجاف للذرة ٦٥٣
الاستخدامات الصناعية لذرة السورجم ٦٥٤
الاستخدامات الصناعية لحلوتين ونشا وزوائد القمح . . . ٦٥٦
الاستخدامات الصناعية للشعير ٦٥٩
الاستخدامات الصناعية للزمير ٦٦٣
المراجع ٦٦٥
الفهرس ٦٧٣
خطأ وصواب ٦٨٥

كتب للمؤلف

- الصناعات الغذائية (٧ أجزاء)
- الصناعات الزراعية (جزءان)
- حفظ الأغذية
- الغذاء والتغذية (جزءان)
- الكيمياء العضوية

رقم الإيداع بدار الكتب ٣٢٧٦ لسنة ١٩٨٢

مطابع سجل العرب

مقـــدمـــة

الطبعة الأولى

تشكل الصناعات الغذائية قطاعاً هاماً فى محيط التصنيع . وجدير بالذكر أن ثلثى عدد مؤسسات الصناعات الغذائية قائم على صناعتى طحن الغلال وإنتاج الخبز ، أما بقية المؤسسات المذكورة التى تمثل ٣٤ فى المائة من مجموعها فتعمل فى خمسة عشر مجال مختلف .

ويبدو أن قطاع المطاحن والمضارب والمخابز يمثل الجزء الأكبر من رأس المال المستغل فى الصناعات الغذائية كما أنه يضم حوالى ٦٧ فى المائة من مجموع المشتغلين فى نطاق الصناعات الغذائية . كذلك يبدو أن مصانع السكر تستخدم العدد الأكبر من العمال فى كل مصنع مقارناً بأى من مصانع الأغذية الأخرى .

وقد أولت الدولة حديثاً مشروعات التصنيع عناية فائقة بقصد تدعيم الإقتصاد القومى للبلاد وتنظيمه وتقويم أسسه بما يكفل تأثيره على الميزان التجارى تأثيراً إيجابياً تصاعدياً وضمانه لرفع مستوى معيشة الشعب وتحسين مستوى تغذيته وتحقيق رفاهيته . لذلك وضعت الخطط ، ومنها الخطة الخمسية الأولى التى بدأت عام ١٩٦٠ وامتد العمل بها حتى عام ١٩٦٥ ، هذه الخطة التى دفعت الصناعة إلى تحقيق زيادة فى الإنتاج وفى الدخل القومى وفى نسبة عدد المشتغلين بالصناعة وفى دخـــل الفرد المشتغل بالصناعة .

وهذه الخطة الخمسية وضعت لتطوير التصنيع الغذائى ، إذ كانت المصانع غير محددة الهدف باستثناء السعى إلى المكاسب المادية الطارئة وكان إنتاجها رديئاً ليس له مواصفات محددة وكانت تدار بغير فنيين مؤهلين

ولم تحظ منتجات هذه المصانع بحماية المسئولين لها من منافسة البضائع المستوردة كما أنها لم تخضع إلى تنظيمات ثابتة ولذلك فحرمانها من التوجيه أدى إلى تعدد المصانع فى مجال معين دون المجالات الأخرى . ومن هنا نتجت الطاقات المعطلة فى كثير من المصانع .

لذلك حرصت الدولة حديثاً فى تخطيطها الصناعى على تلافى نقط الضعف السابقة وتحقيق الإكتفاء الذاتى فى السوق المحلية وبالتالى توفير العملات الأجنبية التى تنفق فى استيراد ما يمكن تصنيعه محلياً بالإضافة إلى تشغيل عدد أكبر من العمال وإيجاد أسواق أجنبية للمنتجات المصرية المصنعة محلياً . وقد خضعت جميع الصناعات المحلية أخيراً لإشراف جهة حكومية تقرر حاجة البلاد إلى قيام صناعات جديدة أوالتوسع فى صناعات محلية قائمة فعلاً أو ضرورة تجديد آلات المصانع القائمة ، وتتولى مراقبة جودة إنتاج المصانع وبالتالى حماية سمعة المنتجات المصرية وتقرير حاجة المصانع إلى استيراد الآلات والأدوات واستدعاء الخبراء الأجانب ، وكذلك مباشرة التدعيم المالى ومراقبة السلفيات الصناعية . كما تولت وزارة الصناعة وغيرها أيضاً إنشاء معاهد التدريب المهنى لإعداد المساعدين الفنيين اللازمين لتشغيل المصانع حيث ظلت الصناعة المحلية مدة طويلة تعانى من عدم توفر العمال والفنيين المدربين .

وتعتمد الصناعات الغذائية على الإنتاج الزراعى ، ولذا فهى تزدهر كنتيجة لتقدم القطاع الزراعى حيث يزداد الفائض من المحصول الغذائى وهذا يتطلب تصنيعه وحفظه ، كما قد يكون المحصول بأجمعه فى حاجة إلى تصنيع كما هو الحال فى القمح والأرز والقصب . وهذا يعنى أن إقتصاديات الزراعة مرتبطة ارتباطاً وثيقاً باقتصاديات التصنيع الغذائى ، فالزراعة تمد المصانع بالخامات اللازمة للتصنيع وتمد المشتغلين بالغذاء اللازم لقيامهم بالمجهود كما قد تستعمل بعض فضلات الزراعة فى توليد الطاقة

الحرارية اللازمة لإدارة آلات المصانع . ومعنى هذا أيضاً أن الصناعة تتحكم فى تقدم قطاع الزراعة بقدر تحكم الأخير فى تقدم قطاع الصناعة .

فمحاصيل الحقل ، كالقصب والقمح والأرز ، ومحاصيل الحدائق : كالعنب والبرتقال والمشمش ، ومحاصيل الخضر ، كالبسلة والطماطم والبطاطس ، ومحاصيل الحيوانات الزراعية ، كالغنم والبقر واللبن ، ومحاصيل البحار والأنهار ، كالأسماك المتنوعة ، تصنع بطرق مختلفة . وبعض هذه الطرق قـــد يكون بسيطاً مثل تجفيف العنب فى الشمس لإنتاج الزبيب وتجفيف الباميا والملوخية فى الشمس لحفظهما من التلف أثناء التخزين ، والبعض قد يكون معقداً مثل التجفيف الصناعى للعنب والباميا والبطاطس والبصل باستعمال الهواء على درجة حرارة ودرجة رطوبة نسبية محددتين ، ومثل طحن القمح ميكانيكياً ، ومثل صناعة عسل الذرة المعروف بالجلوكوز التجارى من النشا بتحليلها مائياً فى وسط حمضى . لذلك تقسم طرق التصنيع الغذائى عادة إلى طرق بسيطة وأخرى ميكانيكية وأخرى كيميائية . كما تقسم خطوات التصنيع نفسها إلى وحدة العمل unit operation ووحدة التصنيع unit process حيث تشمل الأولى جميـع العمليات التى تجرى فى المصنع على المواد الخام دون أن تتعرض هذه إلى أى تغيرات فى تركيبها الكيميائى ، بينما تشمل الأخيرة العمليات التى يترتب عليها حدوث تغيير فى تركيب الخامات .

وبديهى أن بعض المحاصيل الزراعية يخرج تصنيعها عن مجال الصناعات الغذائية . مثال ذلك التيل . كما أن المحصول الواحد قد يصنع بعضه لإنتاج مواد غذائية بينما تصنع بقيته لإنتاج مواد غـير غذائية . مثال ذلك القطن الذى تعصر بذوره لإنتاج زيت غذائى وتصنع أليافه لإنتاج المنسوجات . وهذا يعنى أن بعض المحاصيل يعطى كل منها عددا وفيراً من المنتجات . فعلى سبيل المثال يعصر نبات القصب ليعطى عصيراً مرغوب شربه لدى المصريين ، وقد يركز العصير فيتبلور السكر فيه ويمكن فصله وتكريره

واستعماله فى صناعة مثات الأنواع من الحلوى وفى تحلية كثير من المشروبات والأطعمة ، وقد يغلى العصير لتركيزه وتحويله إلى عسل أسود يستعمل بكثرة فى التغذية فى الريف المصرى ، وقد يخمر العصير أو المولاس المتخلف بعد فصل السكر من العصير لإنتاج كحول متعدد الاستعمالات ، وقد يؤكسد الكحول الناتج لإنتاج الخل المستعمل فى التغذية وفى المعامل الكيميائية ، وقد يحول المصاصر المتخلف فى مصانع السكر إلى لب يصنع منه الورق ، وقد يجمع غاز ثانى أكسيد الكربون المنطلق فى عملية التخمر ليستعمل فى صناعة المياه الغازية وفى أغراض أخرى ، وقد يستخرج الشمع المغطى لعيدان القصب . وبعض هذه الصناعات المذكورة قد تكون كبيرة يستغل فيها الطاقة البشرية والآلية بقدر أكبر نسبياً عن نظيره فى المصانع الصغيرة . كما أن بعض الصناعات الغذائية تلقى منافسة شديدة من ربات البيوت حيث يميل العديد منهن إلى تصنيع بعض المنتجات فى المنازل كما هو الحال فى صناعة المربى والشراب . وقد يعمد البعض إلى إنتاج بعض المنتجات الغذائية فى المنازل على نطاق تجارى ، ولذا اصطلح على إدراج مثل هذه المنتجات ضمن الصناعات المنزلية .

ويبدو أن عدداً من الصناعات الغذائية يعانى من ارتفاع أسعار الخدمات والعبوات والسكر ، الأمر الذى يقتضى العمل على التوسع الزراعى فى كلى اتجاهيه الرأسى والأفقى لتوفير فائض من المحصولات يمكن تصنيعه بسعر منخفض ، وكذلك فرض الحماية الجمركية على المنتجات المحلية .

ويتضح مما تقدم أن علم الصناعات الغذائية هو أحد العلوم التطبيقية التى تستخدم النظريات والحقائق التى تضمنتها العلوم البحته كالكيمياء والطبيعة والهندسة والبكتريولوجيا . وهو يتطلب من القائمين به أن يكونوا على دراية بهذه العلوم ، كما أنه يتيح لهم فرص ابتكار الآلات والنظم المناسبة والتفنن فى وسائل المحافظة على الأغذية من التلف والمحافظة على قيمتها

الغذائية ومحاولة استنباط وسائل جديدة لتحويل المواد الخام أو المنتجات إلى مواد أخرى جديدة تعود على البشرية بالنفع . فهو فرع من العلوم متغلغل فى اقتصاديات الدولة وفى تغذية المواطنين ، لذلك وجبت رعايته ومتابعة تطوراته . وعلّنى أوفق فى هذا الكتاب إلى عرض موضوعات التصنيع الغذائى متابعاً ما طرأ عليها من تطورات حديثة ليكون الكتاب عوناً لمن شاء أن يطلع فى هذا المجال .

والله ولى التوفيق

المؤلف

دكتور محمد ممتاز الجندى

محتويات الكتاب

		صفحة
مقدمة الطبعة الأولى		٣
الفصل الرابع	: الخبز ومنتجات المخابز	١١
الفصل الخامس	: ميكروبيولوجيا منتجات الحبوب	٢٠٣
الفصل السادس	: تصنيع مخلفات مصانع الحبوب	٢٢١
الفصل السابع	: الإنزيمات فى تصنيع الحبوب	٢٦٣
الفصل الثامن	: البيرة	٣٣٧
الفصل التاسع	: صوامع الغلال ومخازن الدقيق ومنتجاته	٣٦١
الفصل العاشر	: اختبارات الجودة	٥١١
الفصل الحادى عشر	: الشئون الصحية فى مصانع الأغذية	٥٥٣
الفصل الثانى عشر	: تصنيع الحبوب الغذائية للأغراض غير الغذائية	٦٢٥

الفصل الرابع

الخبز ومنتجات المخابز

مقدمة . طرق صناعة الخبز . إنتاج الغاز فى العجينة المتخمرة . إحتجاز الغاز فى العجينة . الكعك والقرص . تجلد منتجات المخابز . عيوب الخبز الأفرنجى . القيمة الغذائية لمنتجات المخابز . ميكروبيولوجيا منتجات المخابز . نمو الفطريات على منتجات المخابز . الشوائب فى خامات منتجات المخابز . الميكروبات السامة فى منتجات المخابز . درجات الجودة فى منتجات المخابز . تخزين خامات الخبيز . صناعة الخبز الأفرنجى . صناعة الخبز البلدى . صناعة الخبز الصغير . صناعة القرص . صناعة الكعك . تنظيف وتطهير المخابز . عملية خلط العجينة . كيفية تكوين العجينة أثناء الخلط . عملية تخمر العجينة . عملية تقطيع العجينة . فترة الراحة المبدئية . عملية تشكيل العجينة . قوالب الخبيز . عملية النضج الأخير للعجينة . عملية الخبيز . أجهزة المخابز . حساب الرطوبة النسبية فى المخابز . حساب كمية الخميرة اللازمة للتخمر . أهمية الملح فى العجينة . تخزين الخميرة . صناعة الخميرة . خبز المولت . أسباب إعادة خلط العجينة . الخبز الأسمر . فعل محسنات الخبز . التشابه بين طرق عمل العجينة . المصطلحات الدارجة فى المخابز . التخمير الذاتى . إدارة المخبز . خبز فيينا . تشكيلات الخبز : خبز الشاى الدسم . خبز الحصاد . خبز اللوح الساخن . الخبز المرفوع كيماوياً . خبز اللبن . خبز الفاكهة .

صناعة خبيز عجائن الغلال المرفوعة تمارس عملياً منذ عهد بعيد ، أى منذ ما قبل التاريخ . أما التعديلات والتحسينات التى أدخلت على هذه العملية فكانت تسير ببطء شديد خلال القرون المتعاقبة إلى أن تدخل العلم والتكنولوجيا فى تطوير الصناعات خلال القرن التاسع عشر ، أسوة بتدخله فى تطوير صناعات الأغذية الأخرى . فصناعة الخبيز تعرضت لتطورات علمية كبيرة خلال الحقبتين أو الثلاث الأخيرة ، لكن لايغفل أن بعض عمليات الخبز التى مازالت تمارس للآن تستند إلى عادات متوارثة أو تقاليد مألوفة ، لكنها لاتقوم على أى أساس علمى أوتكنولوجى سليم. فالاحتراف مايزال يلعب دوره فى مجال الصناعة مهما بلغ بها التقدم . ويقدر عدد المنتجات المخبوزة المعروفة حالياً بالآلاف ، وجميعها تتباين فيما بينها فى الصفات وطرق التصنيع . وهذه المنتجات المخبوزة تمثل غذاء رئيسياً فى وجبات جميع البشر على سطح الأرض ، ويقتصر التباين فى استهلاكها على القدر الذى يستهلكه الشخص فقط ، إذ أن هذا يتباين تبعاً لمستوى دخل الأفراد ، لأنها جميعاً مصادر طاقة غذائية رخيصة الثمن ، وخاصة الخبز ، فهى تغلب فى طعام الفقير وتقل فى طعام الثرى . ولهذا لوحظ أن بعض الدول الكبرى الغنية انخفض معدل استهلاك الفرد بها من منتجات الغلال المخبوزة ، وخاصة الخبز ، بسبب إقبال الأفراد على المصادر الغذائية الأغلى ثمناً وهى المنتجات الحيوانية . وبرغم ذلك فالدراسات الاقتصادية تؤكد أن الحبوب الغذائية Cereals ومنتجاتها المخبوزة ما زالت وستظل تتبوأ مكانة مرموقة قائمة على دعائم اقتصادية متينة فى العالم بأسره .

لقد تحولت صناعة الخبيز من حرفة إلى صناعة فنية علمية ، تلعب العلوم والهندسة دوراً رئيسياً فى تهذيب منتجاتها . لذلك أصبح فى مقدور الخباز حالياً إنتاج الخبز أو غيره من منتجات المخابز بصفات ومواصفات محددة شبه ثابتة على مر الأيام . وقد أصبح مألوفاً الآن أن يرى الزائر للمخابز الحديثة الصحية الأوتوماتيكية الفنية معامل خاصة داخل هذه المخابز يشرف عليها كيمائيون وبكتريولوجيون مهمتهم تسخير العلم فى

خدمة هذه المخابز للنهوض بمستواها الفنى والصحى وللتحكم فى مواصفات المنتجات . وقد قطعت هذه المخابز فى الدول الأجنبية شوطاً بعيداً نحو هدفها ، وهو رفع مستوى منتجاتها وتحويل الصناعة إلى النظام الأوتوماتيكى البحت ، بعد أن أنشئت مدارس ومعاهد أبحاث الخبيز التى تتولى إعداد الفنيين المثقفين المتخصصين فى صناعة الخبيز بجانب تدريب أهل الصناعة عملياً وإمدادهم بالنصائح والإرشادات الفنية وكذلك إبتكار الآلات والأدوات المفيدة لتطوير الصناعة . مثال ذلك مدرسة الخبيز فى لوزان بسويسرا والمعهد الأمريكى للخبيز بالولايات المتحدة الأمريكية . كما أنشئت معاهد علمية متعددة لتعمل فى خدمة صناعتى الطحن والخبيز معاً ، فهى تجرى التجارب الفنية والأبحاث العلمية لاستنباط طرق حديثة أو وسائل متنوعة للتحسين بالإضافة إلى دراسة العوامل المؤثرة على صفات الدقيق والمنتجات المخبوزة . كل ذلك بغية توجيه النصح والإرشاد للقائمين بهذه الصناعات ، وبالتالى النهوض بمستوى هذه الصناعات وبدرجة جودة منتجاتها . مثال ذلك مدرسة الطحن بباريس الملحق بها مركز تدريب الخبازين ، ومعهد أبحاث صناعات الحبوب الحكومى فى دتمولد وفى برلين بألمانيا الغربية ، ومعهد أبحاث الحبوب الغذائية فى فاخننجن بهولندا ، ومعهد أبحاث كنت جونز فى انجلترا ، ومعاهد أبحاث القمح المتعددة فى الولايات المتحدة الأمريكية ، ومعاهد فيينا واستوكهولم وأزويل وغيرها . وقد نهجت جمهورية مصر العربيـــة نهج الدول المتقدمة فأنشأت عام ١٩٥٥ معملاً لأبحاث الدقيق والخبيز بوزارة الزراعة وآخر بكلية الزراعة بالجيزة ومركزاً للتدريب بالمؤسسة العامة للمطاحن والمخابز ، وهذه بلا شك سوف تؤتى ثماراً طيبة فى المستقبل القريب .

بتطبيق العلوم فى مجال صناعة الخبيز أصبح ممكناً التحكم فى الصناعة. فالدقيق تقاس قوته وقدرته على إنتاج الغاز والاحتفاظ به باستعمال أجهزة ديناميكية أو استاتيكية كما سبق إيضاحه فى الجزء الأول من كتاب الصناعات

الغذائية. وأصبح ممكناً أيضاً التحكم فى مدى النشاط الإنزيمى فى الدقيق . واللبن المجفف أو المكثف الداخل فى صناعة المنتجات المخبوزة يحضر الآن بمواصفات محددة . وتضاف الآن فى صناعة الخبيز أغذية الخميرة، ودقيق المولت الغنى بإنزيمات الدياستيز والبروتييز ، ومحسنات الدقيق المحتوية على أملاح الأمونيوم والكالسيوم والفوسفات لتغذية الخميرة وعلى مواد مؤكسدة كبرومات البوتاسيوم التى تحسن من صفات العجينة وتزيد من قدرتها على الاحتفاظ بالغاز . كما أن الخميرة نفسها تصنع الآن بطرق علمية فتنتج متجانسة ومحددة القوة . وقد تحضر الخميرة على حالة جافة يسهل تصديرها . أما الدهون المضافة فى صناعة الخبز والفطائر فقد حظت بعناية الباحثين ولذلك توجد منها أنواع متعددة الآن كل منها يصلح لغرض معين من أغراض الخبيز . فبعض الزيوت النباتية تحضر بطريقة خاصة لتكون ذات درجة استحلاب مرتفعة تتمشى مع صناعة الكيك ، بينما البعض يتصف بشدة ثباته ويستعمل فى تحمير الدونات وغيرها . ويدرج زيت بذرة القطن بدرجة معلومة ليستعمل فى صناعة الفطير Pies . كما قد تضاف فى صناعة بعض المنتجات الدهنية مواد مانعة للأكسدة لتساهم فى المحافظة على المنتجات ومنع فسادها أثناء التخزين . ومسحوق الخبيز الذى حضره الكيمائيون حديثاً من خليط من مواد حمضية مع البيكربونات يتصف ببطء فعله فى العجينة على درجة الحرارة العادية وبسرعة تفاعله عند التسخين وبذلك يتحقق عدم فقد كمية كبيرة من غاز ثانى أكسيد الكربون قبل الخبيز ، بينما تنطلق كمية الغاز المرغوبة بعد دخول العجينة فى الفرن . وهذا يعنى أنه أصبح ممكناً تحضير عجينة الكعك المحتوية على مسحوق الخبيز وحفظها فى الثلاجة لوقت الطلب فتخبز . ومما حققه العلم فى هذا المجال أيضاً رفع القيمة الغذائية للمنتجات المخبوزة بإضافة مستحضرات الفيتامينات والمعادن إليها وإعداد العبوات الصحية الإقتصادية وإضافة المواد المانعة لتجلد الخبز ونمو الفطريات والبكتريا . وجميع هذه الخامات المستعملة فى صناعة الخبيز أصبح

ميسوراً التحقق من صلاحيتها ومطابقتها للمواصفات بطرق معملية معترف بصحتها .

طرق صناعة الخبز :

الخبز الأفرنجى الجيد يتصف بمناسبة حجمه، وبجاذبية مظهره من وجهى الشكل واللون ، وبجودة توزيع مسام لبابته الدقيقة ، وبنعومة ولدانة لبابته مع احتفاظه بتماسكه ليتسنى تشريحه إلى شرائح رقيقة . وهذه الصفات الجيدة يكتسبها الخبز من الصفات الوراثية لمكوناته ، وخاصة الدقيق ، ثم من طريقة التخبيز . ويتوقف اختيار طريقة التخبيز على كمية ونوعية الجلوتين فى الدقيق ومقدار الوقت الذى يلزم لإستواء الجلوتين gluten ripening .

يصنع الخبز الأفرنجى بطريقتين أساسيتين يطلق على إحداهما اسم طريقة العجينة الأسفنجية Sponge and dough method وتعرف الأخرى باسم الطريقة العادية Straight dough method . وتستعمل الطريقة الأولى أيضاً فى صناعة الخبز الصغير rolls وفى صناعة نوع من البسكويت الجاف الهش الرقيق crackers . كما تستعمل الطريقة الثانية فى صناعة الخبز الصغير المحلّى Sweet rolls وكعك القهوة . وتتميز الطريقة الثانية بقلة العمل والجهد الذى تتطلبه . وعموماً يمكن إنتاج جميع المواد المخبوزة باستخدام أى من الطريقتين ، فقط لوحظ مناسبة كل من الطريقتين لأغراض معينة مقارنة بالطريقة الأخرى .

فى صناعة العجينة الإسفنجية يمزج جزء من الدقيق بجزء من باقى المكونات وهى الماء والخميرة والملح ومحسنات الدقيق والمولت ، وتترك العجينة لتتخمر بالدرجة المناسبة ويستغرق ذلك عادة أربع ساعات ونصف فى صناعة الخبز الأفرنجى أو أربع وعشرين ساعة فى صناعة البسكويت الجاف ، بعدها تضاف باقى المكونات وباقى الدقيق وتخلط العجينة وتترك لتتخمر . أما فى الطريقة العادية فتخلط جميع المكونات معاً دفعة واحدة وتترك العجينة لتتخمر بالدرجة المناسبة مع مراعاة طرد الغاز منها على

فترات أثناء فترة التخمر . ويلاحظ فى طريقة صناعة العجينة أنه كلما زادت نسبة السكر أو الدهن أو اللبن أو البيض كلما وجب زيادة نسبة الخميرة المضافة للمحافظة على سرعة التخمر . ولا تختلف المنتجات المتخمرة المخبورة عن بعضها فى قيمتها الغذائية كما هو واضح من البيانات فى الصفحة التالية الموضحة لنسب المكونات الداخلة فى صناعة المنتجات المتخمرة المخبوزة .

وما تزال المخابز الصغيرة فى الدول الكبرى والصغرى على السواء تجرى عمليات التقسيم والتشكيل والنقل من وإلى غرف التخمير والأفران يدوياً مما يزيد من تكلفة الإنتاج ولا يحقق تجانس وحدات الخبيز . أما فى المخابز الكبيرة فيجرى ذلك كله باستعمال الماكينات Plant baking ، كما أن غرف التخمير أصبحت مجهزة بوسائل ضبط درجتى الحرارة والرطوبة النسبية .

ومن مآثر تطبيق الميكنة mechanization فى صناعة الخبيز أن ظهرت الطريقة المستمرة لصناعة الخبز Continuous doughmaking process التى يمثلها طريقة والاس وتيرنان Wallace and Tiernan Do Maker Process القائمة على نتائج جهود بيكر J. C. Baker والتى ذاع صيتها وانتشرت فى أمريكا وغيرها . فبهذه الطريقة أنتجت الولايات المتحدة عام ١٩٦٩ حوالى ٣٥ ٪ من خبزها . وتتلخص هذه الطريقة فى تساقط الدقيق من قادوس ليمتزج بصفة مستمرة بمعلق الخميرة Pre- ferment or brew السائل المحتوى على الخميرة والملح وغيرهما بكميات محددة تتحدد الكترونياً ، ويلى ذلك مباشرة ، أى بدون ترك العجينة للتخمر إطلاقاً ، مزج العجينة ميكانيكياً بشدة ، مع مراعاة إضافة قليل من مادة مؤكسدة إلى العجينة لتعويض فقد تأثير عملية التخمر الملغاة ، ثم تدفع العجينة خلال ماسورة وتقطع بالحجم المناسب للرغيف ، وتترك القطع للتخمر الأخير Proved ثم تخبز . وهذه الطريقة تمتاز باختصار الوقت وبإعطاء رغيف ذى لبابة جيدة ومنتظمة القوام .

والطريقة الأخرى هى طريقة The Amflow Process وتماثل طريقة Do-Maker Process وفيها تستخدم كابينة تسوية أفقية بدلاً من الرأسية .

والطريقة الخامسة لصناعة الخبز هى طريقة مستمرة أو طريقة وجبات batch وتعرف باسم طريقة شورلى وود Chorleywood Bread Process وفى هذه الطريقة يستبدل التخمر بالضرب الميكانيكى المكثف أثناء عملية الخلط مع مراعاة ضرورة استخدام خلاط معين سريع الدوران لخلط العجينة . ويقدر الشغل work على العجينة أثناء الخلط بمقدار ٤ر٠ حصان — دقيقة / رطل أو ٥ وات ساعة / رطل أو ٤٠ جول / جرام خلال مدة قدرها خمس دقائق . وفى هذه الطريقة يضاف حامض أسكوربيك (فيتامين جـ) بكمية كبيرة ، أى ٧٥ جزء فى المليون . كما أنه من معالم هذه الطريقة أيضاً إضافة دهن بنسبة ٧ر٠ ٪ وزيادة كمية الماء بنسبة ٥ر٣٪ عن القدر العادى منسوبة للدقيق . ونسبة الخميرة yeast المضافة فى هذه الطريقة تزيد بحوالى ١ر٥ — ٢ر٠٪ عن القدر المستخدم فى الطرق العادية . ويفيد هذا الدهن المضاف فى تحسين قدرة العجينة على احتجاز الغاز خلال المراحل المتقدمة من عملية الخبيز . وتمتاز هذه الطريقة بزيادة حصيلة الخبز بمقدار ٤ ٪ ، وبازدياد محصول العجينة بمقدار يوازى ٧ ٪ من وزن الدقيق تقريباً ، وبتوفير جزء من الوقت وجزء من المساحة ، وتحاشى عملية التخمر الكلى bulk fermentation للعجينة دون أن يؤثر ذلك فى نكهة الخبز ، وإمكان استخدام دقيق تنخفض فيه نسبة البروتين بمقدار ١ ٪ عن الحد الشائع استخدامه فى طريقة التخمير الكلى دون أن تنخفض الصفات النوعية للخبز . وقد قدرت كمية الخبز المنتجة فى بريطانيا عام ١٩٧٣ بطريقة شورلى وود بحوالى ٨٠ ٪ من الإنتاج الكلى .

ويفسر تأثير الطريقة الميكانيكية بأن قوة الضرب أثناء الخلط تسبب تكسير الروابط الكبريتية disuiphide bonds التى تربط جزيئات البروتين فى وضعها الأصلى . وبديهى أن تكسير جزء من الروابط الكبريتية بطرق كيميائية ، مثل إضافة مواد مختزلة ، يمكن من تقليل مقدار الشغل work اللازم فى الطريقة الميكانيكية لتكوين العجينة process Chemical development .

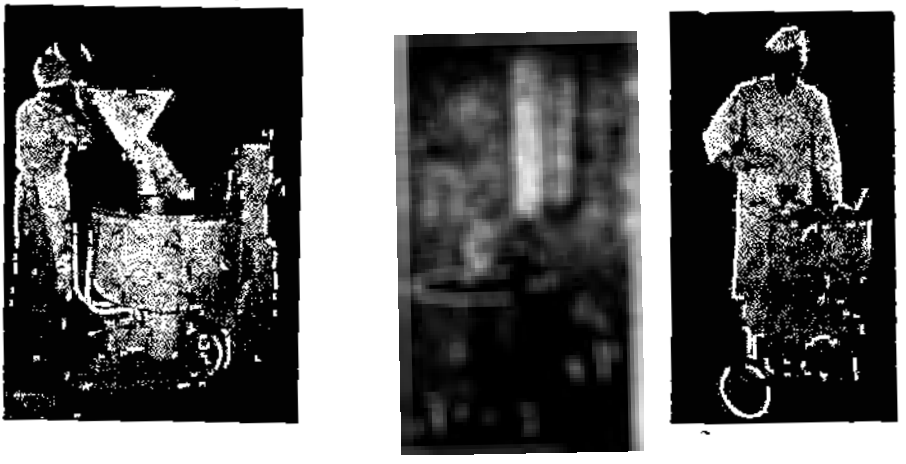
والطريقة المعروفة باسم The Activated Dough Development (ADD) Process لا يستخدم فيها التخمر الكلى للعجين bulk fermentation ولا التكوين الميكانيكى mechanical development بل يضاف عند خلط مكونات العجينة فى خلاط عادى بطىء السرعة عامل مختزل سريع ، مثل السستئين ، وعامل مؤكسد بطىء ، مثل برومات البوتاسيوم ، أو مزيج من برومات البوتاسيوم وحامض الأسكوربيك . فالعامل المختزل يسرع من تفكك uncoiling and reorientation جزىء البروتين ، بينما العامل المؤكسد يتولى بعد ذلك تنشيط تكوين الروابط Cross links لإضفاء الثبات على شبكة الجلوتين المطاطة . والكميات الشائع إضافتها هى ٣٥ جزء فى المليون (منسوبة لوزن الدقيق) من السستئين هيدروكلوريد (توازى ٢٧ جزء فى المليون سستئين) مع ٢٥ جزء فى المليون برومات مع ٥٠ جزء فى المليون حمض أسكوربيك ، إلى الدقيق المحتوى على ١١–١٢٪ بروتين والمضاف إليه فى المطحن سابقاً ٢٠ جزء فى المليون برومات بوتاسيوم .

إنتاج الغاز فى العجينة المخمرة :

يعزى تكوين غاز ثانى أكسيد الكربون فى العجينة إلى نشاط الخميرة المضافة . وهذا الغاز لا بد من تكوينه ليعطى الخبز والكيك قوامه المسامى الرقيق. وتتطلب الخميرة وجود الماء والغذاء ودرجة حرارة

مناسبة لها . وهذا الغذاء يضاف للعجينة فى صورة سكر وأملاح أمونيوم وكالسيوم وفوسفور . كذلك تتطلب الخميرة إحتواء الدقيق على إنزيمات الدياستيز وقليلاً من الدكسترينات والنشا القابلة للذوبان .

فالخميرة تضاف للعجينة بكمية تكفى لإنتاج القدر المناسب من غاز ثانى أكسيد الكربون أثناء فترة التخمر ، إذ أن كمية الغاز الناتجة فى بداية التخمر تزداد بازدياد كمية الخميرة المضافة ، بشرط توفر كمية الغذاء المتمشية مع كمية الخميرة . كما أن كمية الغاز الناتجة تزداد بطول فترة التخمر وبارتفاع درجة الحرارة . ونظراً لوجود أنواع متعددة من الخميرة ، فإن كمية الغاز الناتجة تتفاوت تبعاً للنوع المستخدم . وفى الواقع إن العامل المحدد لكمية الغاز الناتجة هو إنزيمات الزيميز التى تفرزها الخميرة لتحلل السكريات الأحادية كالجلوكوز والفركتوز إلى كحول وثانى أكسيد كربون: هذه المجموعة من الإنزيمات هى التى يزداد إفرازها بزيادة كمية الخميرة وبتوفر الظروف المناسبة لنمو ونشاط الإنزيمات . ولاتتم عملية تحول السكريات إلى كحول وغاز فى خطوة واحدة بل إن ذلك يحدث بتتابع عدة تفاعلات يتضمن بعضها إتحاداً بالفسفور phosphorylation وتغيراً فى ترتيب الذرات داخل الجزىء intramolecular rearrangements وأكسدة واختزالاً



(شكل ١٤) إضافة الدقيق والماء الدافىء وخلط العجينة فى الخلاط الآلى

المكونات	بسكويت جاف	خبز أسمر	خبز أبيض	خبز صغير	خبز صغير محلّى
دقيق	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
ماء	٥٦	٦٦	٦٤	٦٥	٦٠
خميرة	١٢٥٪	٢	٢	٣	٤
ملح	١ر٧٥	٢ر٢٥	٢ر٢٥	٢ر٢٥	٢
سكر	١	٤	٦	٨	١٤
لبن مجفف عديم الدسم	٠	٠	٤	٥	٦
دهن	٥	٥	٤	٨	١٢
بيض كامل	٠	٠	٠	٠	١٠
محسنات الدقيق	١ر٠ — ٣ر٠	٢ر٠ — ٤ر٠	٢ر٠ — ٥ر٠	٢ر٠ — ٥ر٠	٠ — ٢٥ ر٠

(شكل ٢)
خلاط بولار للعجينة

oxidation–reduction وانتزاعاً لجزىء الماء dehydration وانتزاعاً لمجموعة الكربوكسيل decarboxylation.

ووجود السكر فى العجينة يضفى عليها الحلاوة . إلا أن أهميته ترجع أساساً إلى كونه المادة الخام التى تعمل عليها الخميرة أو إنزيمات الزيميز. فزيادة نسبة السكر فى العجينة تسرع من التخمر فى بدايته وبالتالى تزداد كمية الغاز الناتجة غير أنه يلاحظ أن الزيادة المفرطة من الغاز تقلل من نشاط الخميرة المضافة. ويحتوى الدقيق عادة على القدر المناسب من السكر لبدء التخمر أى واحد فى المائة، وهذا القدر يستنفذ سريعاً فيبطء التخمر إلى أن تنشط إنزيمات الدياستيز محولة بعضاً من النشا إلى سكريات . وتوجد السكريات فى الدقيق على صورة جلوكوز وفركتوز وملتوز وسكروز وهى تتخمر بفعل الخميرة بسرعات تتدرج تنازلياً بنفس الترتيب . وفى حالة إضافة سكر اللبن فلا تنشط الخميرة

لعدم قابلية اللكتوز للتخمر بدون تحلل ولعدم احتواء الدقيق أو الخميرة على إنزيم اللكتيز. وإضافة عسل الذرة تنشط الخميرة لاحتوائه على الجلوكوز. أما إضافة السكروز فيظهر أثرها المنشط للخميرة بعد دقيقة واحدة أو دقيقتين على الأكثر من بدء التخمر حيث يحلل إنزيم الإنفرتيز الذى تفرزه الخميرة بوفرة سكر السكروز بسرعة كبيرة.

تضاف أملاح الأمونيوم والكالسيوم والفسفور للعجينة باعتبارها غذاء ضرورياً للخميرة. ولذلك تلاحظ زيادة واضحة فى نشاط الخميرة عند إضافة أملاح الأمونيوم للعجينة. مثل هذه الزيادة لا تكون ملموسة تقريباً عند إضافة ملحى الكالسيوم والفوسفور و يعلل ذلك باحتواء العجينة عليهما أصلاً.

وبالرغم من احتواء الدقيق على إنزيمى الألفا والبيتا أميليز اللذين يحلل أولهما النشا إلى دكسترينات ويحلل ثانيهما الدكسترينات إلى ملتوز؛ إلا أنه يضاف للعجينة أحياناً دقيق أو مستخلص المولت الغنيان فى إنزيمات الدياستيز لتعويض نقص هذه فى الدقيق. ويباشر إنزيم الملتيز عمله بعد ظهور الملتوز فيحلله إلى جلوكوز. ويزداد نشاط إنزيمات الأميليز بارتفاع درجة الحرارة حتى تقرب من سبعين مئوية بعدها يقل النشاط. وينصح فى إجراء التخمر بأن تحدد ظروف العملية بحيث تتمشى سرعة تكوين السكر من النشا بفعل الإنزيمات مع سرعة تخمر السكر بفعل الخميرة. ويعتبر pH ٧ر٤ الأنسب للتفاعلات الجارية أثناء التخمر، وهذه الدرجة تتحقق فى العجينة بعد حوالى ثلاث ساعات من بدء التخمر. وكثيراً ما يضاف للعجينة قدر من مستحضرات الدكسترين والنشا الذائبة بقصد تشجيع عملية التخمر، بشرط إحتواء العجينة على كمية كافية من إنزيمات الأميليز. وفى طريقة أخرى يبالغ الطحان فى تنعيم الدقيق أثناء الطحن مما يؤدى إلى تجريح حبيبات النشا لتصبح هذه أكثر عرضة لمهاجمة إنزيمات الأميليز بسبب تمزق غلاف الحبيبات الذى كان يرى بعض الباحثين أنه مكون من السليلوز بينما

يرى البعض أنه عبارة عن غشاء مكون من بنتوزانات وبروتينات ودهون. ويجب ألا يغفل أن زيادة نسبة الألفا أميليز تؤدى إلى ليونة ولزوجة لبابة الخبز الأفرنجى . أما إضافة اللبن للعجينة فتسبب إرتفاع pH عن الدرجة المثلى لنشاط إنزيمات الدياستيز وبذلك يقل نشاط هذه الإنزيمات ويقل تصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون بالتالى ، اللهم إلا إذا عولجت هذه الحالة بإضافة قليل من مستخلص المولت أو الخل أو فوسفات الكالسيوم الحامضية مع قليل من السكر أيضاً . غير أن اللبن له تأثير منشط على إنزيم الزيميز . وعموماً يراعى بعض الطحانين مزج الدقيق أثناء الطحن بقليل من دقيق المولت للتحكم فى نسبة إنزيمات الأميليز الموجودة فى الدقيق النهائى المعد للخبيز . ويسترشد فى تحديد الكميات المضافة من الشعير المنبت . أو من دقيق المولت بإجراء اختبار معملى على وزن محدد من الدقيق حيث تقاس كمية غاز ثانى أكسيد الكربون الناتجة أثناء التخمر أو كمية سكر الملتوز الناتجة بعد التسخين على درجة حرارة معينة لمدة معينة . ويطلق الإصطلاح (عدد الملتوز maltose number) على عدد ملليجرامات الملتوز الناتجة من عشرة جرامات دقيق بعد تسخين المعلق لمدة ساعة على درجة ٣٠° مئوية . ومن الأهمية بمكان أن يبلغ إنتاج غاز ثانى أكسيد الكربون سرعته القصوى عند دخول العجينة فى الفرن . وهذا يقتضى أيضاً أن تكون العجينة قادرة على الاحتفاظ بأكبر كمية من الغاز الناتج داخلها .

احتجاز الغاز فى العجينة :

يتميز دقيق القمح بإحتوائه على بروتينى الجليادين والجلوتنين ، اللذين بإضافة الماء إليهما يكونان الجلوتين المطاط الذى يعتبر العامل الأول المسبب لاحتجاز غاز ثانى أكسيد الكربون فى العجينة المتخمرة . وهذا يعنى أن كمية الغاز التى تحتجز فى العجينة تتوقف على كمية ونوع البروتين فى الدقيق وعلى العوامل الأخرى التى قد تؤثر

فى مرونة الجلوتين وهى مدى نشاط إنزيمات البروتييز ومدى الخلط الآلى للعجينة وكمية اللبن المضافة للعجينة وكمية ونوع مواد التبييض أو المحسنات المضافة للدقيق :

وكثيراً ما يحدث أن تكون نسبة البروتين فى الدقيق مرتفعة غير أن كمية الغاز المحجوزة تبدو ضئيلة . ويعزى ذلك إلى رداءة نوع البروتين أو الجلوتين . فالصفات النوعية للبروتين فى الدقيق بالغة الأهمية فى تحديد صفاته ودرجة جودته أى مدى قوته . وفى حالة إضافة اللبن للدقيق تتحد بروتينات اللبن مع بروتينات الدقيق مكسبة إياها قوة .

ويعتبر الخلط الآلى عاملاً هاماً فى تكوين الجلوتين ، ولذلك تخلط العجينة عادة مدة تزيد قليلاً عن ما يلزم لمجرد خلط مكونات العجينة . ويمكن حالياً التعرف على مدة الخلط المناسبة لكل نوع من أنواع الدقيق باستعمال أجهزة عالمية مثل الفارينوجراف السابق إيضاح عمله فى الجزء الأول من كتاب الصناعات الغذائية .

ويرجع تأثير إنزيمات البروتييز على مرونة الجلوتين والعجينة إلى كونها تحلل بروتينات الدقيق إلى ببتونات وببتيدات وأحماض أمينية وهذه المركبات الأخيرة ليست قادرة على تكوين شبكة لحجز الغاز . وهذا يعنى أن زيادة كمية ونشاط إنزيمات البروتييز عن المناسب تؤدى إلى تكوين عجينة لزجة Sticky dough غير مطاطة قدرتها على حجز الغاز ضعيفة . غير أنه لا يخفى أن تحلل جزءا من بروتين الدقيق يفيد فى تكييف الجلوتين فتصبح العجينة مرنة بعكس الحال عندما ينعدم نشاط إنزيمات البروتييز إذ تصبح العجينة جامدة عديمة المرونة bucky . وتعالج هذه الحالة الأخيرة فى المخابز بإضافة قليل من دقيق أو مستخلص المولت المحتوى على إنزيمات البروتييز بجانب غناه فى إنزيمات الدياستيز . فقط يراعى إضافة القدر الملائم من مستخضر المولت . وتعالج زيادة إنزيمات البروتييز

أحياناً بإضافة المواد المؤكسدة المستعملة فى تبييض الدقيق أو تحسينه مثل برومات البوتاسيوم وحمض الأسكوربيك . وهذه المواد المؤكسدة تقلل من نشاط إنزيمات البروتييز . غير أن الزيادة المفرطة من هذه المواد المضافة تؤدى إلى تكوين عجينة جامدة . وأما إضافة اللبن للعجينة فلها أثرها الواضح فى صفات العجينة حيث أنه يحتوى على مواد منشطة لإنزيمات البروتييز وبذلك يتلف خواص العجينة ويقلل من قدرتها على الإحتفاظ بالغاز .ومثل هذه المواد المنشطة يمكن إتلافها بتسخين اللبن إلى درجة تقرب من درجة غليانه Scalded أو تسخينه لدرجة ١٨٠° فهرنهيت لمدة نصف ساعة .

وتتأثر مطاطية الجلوتين أيضاً بخواص الماء المستخدم فى عمل العجينة وبالأملاح المعدنية ، الموجود منها أصلاً فى العجينة والمضاف اختيارياً ، وبكمية الكحول الناتجة فى أثناء عملية التخمر وبكمية ونوع الدهون . فالماء اليسر يعطى عجينة لزجة بينما الماء العسر يعطى عجينة مرنة. وتساعد الأملاح المعدنية كملح الطعام وكبريتات الكالسيوم وفوسفات الكالسيوم الحامضية على زيادة ثبات العجينة وبالتالى زيادة القدرة على الإحتفاظ بالغاز . وتعمل الأحماض المضافة للعجينة كالخل مثلاً أو الناتجة من عملية التخمر على إذابة البروتين فيضعف الجلوتين وتقل القدرة على الإحتفاظ بالغاز .ويؤدى الكحول الناتج من عملية التخمر إلى نفس النتيجة ، فقط بدرجة أقل نسبياً من درجة تأثير الأحماض . أما إضافة الدهن بالقدر المناسب فتزيد من قدرة الجلوتين على حجز الغاز وبالتالى يزداد حجم الخبز الأفرنجى .

ويمكن الاستدلال على قدره العجينة على حجز الغاز بقياس حجم الرغيف المخبوز تحت ظروف محددة مناسبة ، إذ أن زيادة الحجم تتمشى مع زيادة القدرة على الاحتفاظ بالغاز . ويمكن أيضاً قياس حجم الغاز المحجوز فى العجينة باستعمال بعض الأجهزة العالمية مثل جهاز الزيموتاكيجراف .

وعموماً يفضل دائماً أن تكون العجينة قادرة على إنتاج الغاز بوفرة مع

استمرار إنتاجه مدة طويلة gas-production tolerance وأن تكون قادرة على احتجاز أكبر قدر ممكن من الغاز على أن تستمر قدرتها على حجزه أطول مدة ممكنة gas-retention tolerance ، أى بمعنى آخر يجب أن تكون العجينة ذات قدرة تخمر جيدة fermentation tolerance.

الكعك والقرص :

كما هو الحال فى إنتاج الخبز ، يراعى فى إنتاج الكعك والقرص والدونات أن تكون العجينة ذات قدرة كبيرة على إنتاج واحتجاز غاز ثانى أكسيد الكربون . فقط يختلف الحال فى صناعة هذه المنتجات الأخيرة حيث تستعمل فى صناعتها مواد رافعة أى منتجة للغاز

بينما فى صناعة الخبز تستعمل الخميرة لهذا الغرض . وتحدد أنواع وكميات مواد الرفع بالقدر الذى يسمح بتكوين شبه مستحلب غروى ثابت قادر على احتجاز الغاز . أما القرص بالذات فتتطلب عجينة متماسكة ولذلك فالاعتماد الأساسى فى حجز الغاز يكون على الجلوتين . ويجب ألا تزداد كمية وقوة الجلوتين فى عجينة القرص كثيراً لأن ذلك يعوق انبساطها فى الفرن .

ومواد الرفع ذات أثر فعال فى صفات المنتجات المخبوزة ، إذ بدونها تصبح المنتجات جامدة رديئة الطعم غير شهية . وأهم طرق ومواد الرفع المستخدمة فى صناعة الكعك والقرص وغيرها هى إضافة مسحوق الخبيز baking powder أو البيض المضروب beaten eggs أو الأمونيا ammonia أو ضرب المكونات لتهويتها creaming . ففى صناعة كعك الملاك يستعمل بياض البيض المضروب ، وفى الكعك الأسفنجى يستعمل صفار البيض المضروب لإدخال الهواء فى العجينة فتنتفش وتبقى كذلك حتى وقت دخولها الفرن حيث يتكون الجلوتين. وفى صناعة كعك القوالب pound cake يعتمد على تهوية العجينة بالضرب ، وقد يضاف قليل من مسحوق الخبيز . أما فى

صناعة المنتجات الأخرى العديدة فيعتمد على مسحوق الخبيز فى الرفع . وفى صناعة القرص تفضل بيكربونات الأمونيوم كمادة رافعة حيث تتحلل بالحرارة منتجة غاز ثانى أكسيد الكربون وأمونيا وبخار ماء . وترجع أفضلية بيكربونات الأمونيوم إلى كونها تساعد على تمدد عجينة القرص فى الفرن كما أن التفاعل الكيمائى وتغير رقم pH يسببان إعطاء القرص لوناً مرغوباً .

ويصنع الكعك والقرص عادة من دقيق الأقماح اللينة الذى يتميز بانخفاض نسبة البروتين به وبليونة هذا البروتين . ويفضل الدقيق الضعيف الذى ترتفع فيه نسبة البروتين نسبياً فى صناعة كعك القوالب وكعك الفاكهة ، بينما الدقيق المنخفض البروتين وبالتالى المرتفع النشا يفضل فى صناعة الكعك الغنى بالسكر والكعك المرفوع بالتهوية . وتتأثر صفات المنتجات بكثير من العوامل الأخرى بخلاف كمية ونوع الجلوتين . فمن هذه العوامل الصفات الوراثية للدقيق ودرجة نعومة الدقيق ومدة تخزين الدقيق ودرجة إمتصاص الرطوبة وحموضة الدقيق ودرجة pH . ففى صناعة هذه المنتجات يفضل ارتفاع نسبة امتصاص الدقيق للماء وزيادة قدرته على الإحتفاظ بالماء فى الكعك الناتج بعد الخبيز . وبالنسبة للبروتين فترجع أفضلية انخفاض نسبته فى دقيق الكعك إلى تأثيره الضار على نعومة طعم الكعك فى حالة ارتفاع نسبته ، وكذلك لا يحتاج إليه فى تكوين شبكة جلوتين قوية إذ أن كل ما يلزم من الجلوتين هو قدر ضئيل يعمل على تماسك الكعك بعد الخبيز .

ونظراً لارتفاع نسبة الماء المضافة فى صناعة العجينة فإن الجلوتين يتكون فى العجينة بقلة . وعموماً ينصح باستعمال دقيق به نسبة من البروتين تتراوح بين ثمانية وتسعة فى المائة فى صناعة القرص ، أو ٨ر٥ إلى ٩ر٥ فى المائة فى صناعة الكعك العادى ، أو ٧ر٥ إلى ٨ر٥ فى المائة فى صناعة الكعك الغنى بالسكر . وبالنسبة للحموضة ورقم pH فالمشاهد أن عوامل تبييض وإنضاج الدقيق كالكلور المضاف إليه واحد فى المائة كلوريد النتروزيل تؤثر على pH الدقيق حيث ينخفض فى حالة

استعمال الكلور ، كما أن بعض هذه العوامل كالكلور مثلاً تجعل النشا أكثر قابلية للذوبان وتساعد على انتشار الجلوتين فيقل تماسك العجينة . ومثل هذه المواد المبيضة لا يجوز استعمالها فى دقيق القرص خوفاً من إتلاف صفات الجلوتين ، ولذلك يبيض هذا الدقيق عادة بغاز ثانى أكسيد النتروجين . أما دقيق الكعك فيبيض ويعدل رقم pH به إلى ٥ أو ٢ر٥ : وبالنسبة لدرجة نعومة الدقيق فهى تؤثر فى قوام ومسامية وحجم الكعك والقرص . وكلما كانت النعومة أكثر تجانساً كلما زاد تجانس مسامية اللبابة . لهذا ينصح دائماً بنخل دقيق الكعك بمنخل رقم ١٤xx .

وتتأثر كميتا الغاز الناتج والمحجوزة فى العجينة بجلوتين الدقيق وكذلك بقوة الاستحلاب فى العجينة التى مرجعها للدهن والبيض الموجودين فى العجينة . ولا يخفى أن زيادة قوة الإستحلاب فى الدهن يتبعها زيادة القدرة على التهوية أى زيادة القدرة على احتجاز الهواء عند ضرب الدهن. والمفضل فى هذه الصناعة هو الزيوت النباتية كاملة الهدرجة all-hydrogenated vegetable oils ، وقد يضاف أيضاً قليل من مواد الإستحلاب مثل الجلسريدات الأحادية والجلسريدات الثنائية . وحالياً أصبح ممكناً الحصول على مواد الاستحلاب فى صورة جافة أو على هيئة مستحلب مائى ، ومثالها استيارات الجليسريل الأحادية glyceryl monostearate واستيارات السوربيتان الأحادية Sorbitan monostearate واستيارات البولى أوكسى إيثيلين polyoxyethelene Stearate وسوربيتان البولى أوكسى إيثلين أحادية الإستيارات polyoxyethelenesorbitan monostearate وأوليو استيارات الجليسريل glyceryl oleostearate والليسيثين وغيرها . وليس من المفيد الإرتكان على فعل مثل هذه المواد المستحلبة فى تقليل كمية المواد الدهنية المضافة . وتفيد إضافة مواد الإستحلاب المذكورة فى تهيئة العجينة لتحمل كمية أكبر من المكونات المحتوية فى تركيبها على الماء مثل البيض واللبن وكذلك المكونات المذكورة التى تمتص كثيراً من الرطوبة مثل السكر

والعسل . وهذه الزيادة من المكونات المذكورة تفيد فى تحسين صفات المنتجات المخبوزة حيث تزداد نعومة الكعك وتطول فترة تخزينه . أما فى صناعة القرص Cookies والفطير pies والبسكويت الجاف Crackers فلا تفيد مواد الاستحلاب أو التهوية بقدر ما يستفاد من نوع الدهن نفسه لذلك تعطى الزيوت المهدرجة شحم الخنزير طعماً أكثر نعومة وقواماً هشاً .

وتتأثر صفات الكعك بدرجة pH ، ففى حالة الحموضة يبهت لون سطح الكعك وتطول فترة حفظه ، بينما عند درجات pH تعلو ٧ ، أى فى حالة القلوية ، يدكن لون السطح وتتسع مسام اللبابة ويصعب حفظ الكعك . وأنسب درجات pH لأنواع الكعك هى ٥ر٢ إلى ٥ر٦ فى كعك الملاك ، ٦ر٧ إلى ٧ فى كعك الشيكولاته ، ٥ر٧ إلى ٨ فى كعك الشيطان ، ٤ر٤ إلى ٥ فى كعك الفاكهة ، ٦ر٦ إلى ١ر٧ فى كعك القوالب الكبير ، ٣ر٧ إلى ٦ر٧ فى الكعك الإسفنجى ، ١ر٧ إلى ٤ر٧ فى الكعك الطبقى الأبيض ، ٦ر٧ إلى ١ر٧ فى الكعك الطبقى الأصفر . ويزداد وضوح نكهة الخبز وتفوقها عندما تكون الحموضة خفيفة فى الكعك فيما عدا كعك الشيكولاته وكعك الشيطان . غير أنه يراعى عدم زيادة الحموضة كثيراً إذ أن ذلك يسبب زيادة نعومة الكعك وصعوبة تداوله . وقد لوحظ أنه بإضافة قليل من ملح حمضى مثل فوسفات الكالسيوم الحامضية أو كريم الطرطرات تزداد قدرة كعك الفاكهة على تحمل زيادة من كمية الفاكهة المضافة ، ويساعد تغير pH فى هذه الحالة تجاه الحموضة على زيادة ثبات المستحلب فى العجينة .

وللحصول على كعك جيد يراعى إتزان خلطات الكعك . وهناك بعض قواعد يمكن الاسترشاد بها فى هذا الشأن تتلخص فيما يلى :

(ا) بالنسبة للكعك المنخفض السكر :

١ ــ يجب أن تنخفض نسبة السكر قليلاً عن نسبة الدقيق .

٢ ــ يجب أن تنخفض نسبة الدهن قليلاً عن نسبة البيض .

٣ ــ يجب أن تزيد نسبة كل من الماء واللبن والبيض عن نسبة السكر .

(ب) بالنسبة للكعك المرتفع السكر :

١ ــ يجب أن تزيد نسبة السكر عن نسبة الدقيق .

٢ ــ يجب أن تقل نسبة الدهن عن نسبة البيض .

٣ ــ يجب أن تزيد نسبة الماء واللبن والبيض عن نسبة السكر .

وأهم هذه القواعد هى القاعدة الأولى. وعموماً يجب الاعتماد على الخبرة وإجراء التجارب فى تحديد أنسب النسب لمكونات الخلط . وهذه النسب المحققة لاتزان الخلطات تحقق تعادل عوامل الخشونة مع عوامل نعومة الطعم وعوامل الرطوبة مع عوامل الجفاف ، وبذلك ينتج الكعك بدرجة مناسبة من النعومة والرطوبة . فالدقيق وجوامد البيض والجوامد اللبنية تسبب خشونة الطعم ، بينما السكر والعسل والدهن وصفار البيض ومواد الرفع تسبب نعومة الطعم . والمكونات السائلة كالماء والعسل واللبن والبيض تسبب رطوبة الكعك بينما الدقيق والجوامد اللبنية والكاكاو تدعو للجفاف .

ويتأثر إتزان الخلطات بطريقة الخلط . وأشهر طرق خلط الكعك هى : (١) طريقة الضرب creaming method حيث تبدأ بضرب السكر والدهن معاً ، (٢) طريقة المزج blending method وتبدأ بخلط الدقيق والدهن معاً ثم يضاف باقى المكونات إلى المخلوط ، (٣) طريقة الخلط الكلى حيث توضع جميع المكونات فى وعاء الخلط وتمزج معاً . وتفضل الطريقة الثانية فى حالة إزدياد كميات الماء والبيض واللبن والسكر ، بينما تفضل الطريقة الأولى فى حالة صغر كميات هذه المكونات . وأقل الطرق كفاءة هى الطريقة الثالثة إذ أنها لاتسهل إندماج كميات كبيرة من الهواء فى العجينة . وهذا يعنى أيضاً أن الصورة

التى تستخدم عليها المكونات تؤثر فى طريقة الخلط وبالتالى فى صفات الكعك الناتج ، كأن يكون البيض سائلاً أى طازجاً أو مسحوقاً أى مجففاً ، واللبن إما أن يضاف بصورته الطبيعية أو على هيئة مسحوق مجفف أو بيض مجمد ، والدهن إما أن يكون زيتاً مهدرجاً أو زبداً أو مضافاً إليه مواد استحلاب ، وهكذا . ويبدو أن الخلاطات الأوتوماتيكية الحديثة تيسر التحكم فى مدى الخلط وكمية الهواء المحجوز فى العجينة بالإضافة إلى سهولة العملية .

(شكل ٣)
خلاط مناسب لعجينة الحلوى

وجميع أنواع الكعك يمكن أن تصنع من المكونات المذكورة فى الصفحة التالية وبالنسب الموضحة بجوارها ، فقط تدخل بعض التعديلات التى يقتضيها إنتاج أنواع معينة من الكعك مثل إضافة الفاكهة فى كعك الفاكهة وإضافة زيادة من الماء تقابل قدرة الكاكاو المضاف على الامتصاص وتعديل رقم pH لموازنة تأثير حموضة الفاكهة .

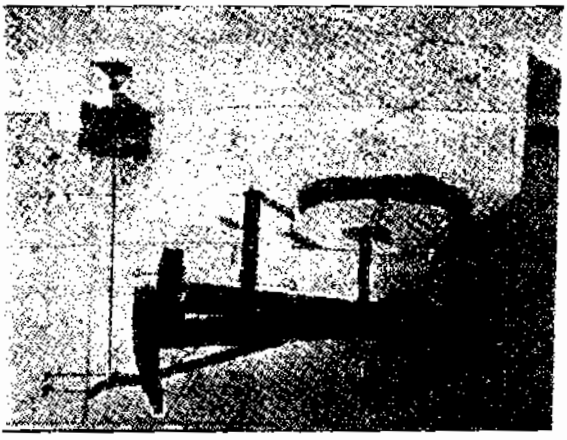
تجلد منتجات المخابز :

باستمرار الوقت يتجلد الخبز والكعك ويصبح غير مرغوب لدى المستهلكين . ويعزى التجلد إلى فقد المنتجات رطوبة أو اكتسابها رطوبة بالإضافة إلى حدوث بعض تغيرات فى طبيعة النشا . ويتغلب على حدوث ظاهرة التجلد بتجميد الخبز أو الكعك فيصبح متيسراً تخزينهما لمدة تقرب من العام . كذلك يعتنى بلف المنتجات فى عبوات محكمة القفل أو فى غلاف غير منفذ للماء . وتتلخص التغييرات التى تحدث أثناء تجلد الخبز فى ليونة قصرة الرغيف الأفرنجى وتصلب وتفتت اللبابة وانخفاض نسبة النشا الذائبة وجفاف اللبابة . وعادة لا يختلف التركيب الكيمائى للخبز بتأثير تجلده ، فقط يبدأ ظهور الاختلاف عقب نمو البكتريا والفطر على الخبز البائت . وحالياً تضاف بعض مواد الاستحلاب فى صناعة الخبز لتأخير ظهور حالة التجلد ، ومن هـذه المواد استيارات الجليسريل ، ومشتقات السوربيتان . وفى بعض الدول تحرم التشريعات إضافة هذه المواد للخبز فيما عدا الجليسريدات الأحادية أو الثنائية .

ولمـا كان التجلد يغير من قوام ومرونة اللبابة فمن الممكن التعرف على مدى تجلد الخبز أو الكعك بقياس مدى التغير فى ليونة اللبابة باستعمال أجهزة ضغط تسمى Compressibility machines أو Compressometers كما يمكن استعمال جهاز الفارينوجراف فى قياس ثبات العجينة المكونة من وزن معين من لبابة الخبز والمـاء حيث يقـل الثبات تدريجياً بزيادة التجلد .

ولتأخير ظهور حالة التجلد ينصح عموماً باستعمال دقيق جيد الصفات من وجهة الخبيز ، واستعمال زيادة من اللبن والدهن والسكر والبيض ، واستعمال القدر العادى من الملح والخميرة ، واستعمال زيادة من المستحضرات الغنية بإنزيمات الدياستيز والمواد ذات القدرة العالية على امتصاص الماء

المكونات منسوبة للدقيق باعتبار نسبته ١٠٠٪	كعك قوالب	كعك قوالب غنى بالسكر	كعك طبقى قليل السكر	كعك طبقى غنى بالسكر	كعك أسفنجى	كعك الملاك
دقيق	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
زبد أومسلى نباتى	١٠٠	٦٠ — ٧٠	٣٥ — ٤٥	٤٥ — ٥٥	٠	٠
سكر	١٠٠	١٢٠ — ١٣٠	٨٠ — ١٠٠	١٢٠ — ١٤٠	١١٠ — ١٢٠	٣٠٠
بيض كامل	١٠٠	٧٠ — ٧٥	٤٠ — ٥٠أو	٥٥ — ٧٠أو	٦٥ — ٧٥	٠
بياض بيض	٠	٠	٤٠ — ٥٠	٥٥ — ٧٠	٠	٣٠٠
صفار بيض	٠	٠	٠	٠	٤٥ — ٥٥	٠
لبن كامل	٠	٥٥ — ٦٠	٥٠ — ٦٠	٩٠ — ٩٥	٠	٠
ملح	٠	٣,٠ — ٣,٥	٢,٥ — ٣,٠	٣,٠ — ٤,٠	٢ — ٣	٤ — ٥
مسحوق خبيز	٠	٠ — ٢	٢ — ٤	٤ — ٦	٢ — ٣	٠
كريم طرطرات	٠	٠	٠	٠	٠	٤ — ٥



(شكل ٤)

جهاز الضغط وفيه الاسطوانة E تدور بواسطة موتور فتجذب الرافعة بسرعة ثابتة حتى تصل إلى نقطة معينة على التدريج بعدها يقرأ الضغط على التدريج

كالدكسترين والنشا المتجلتنة ، وإحكام ظروف التخمر والتداول والخبيز ، وتبريد المنتجات سريعاً فى جو رطب ثم تغليف المنتجات عقب البرودة مباشرة ، واستعمال الخلاطات ذات السرعة العالية . وفى الكعك بالذات يبدو أن أهم العوامل المؤثرة فى التجلد هو طول مدة التبريد قبل اللف مباشرة ثم طول مدة الخبيز فى الفرن ، فيجب ألا تطول أى من هاتين المدتين عن اللازم . وتساعد حموضة الكعك على تأخير ظهور حالة التجلد .

وتظهر ظاهرة التجلد فى جميع المنتجات المخبوزة الإسفنجية القوام ، وعادة يزداد وضوح أعراض التجلد كلما زادت نسبة الرطوبة فى الناتج الطازج . ولهذا تتجلد المنتجات المخمرة كالخبز والكعك والفطائر بدرجة أوضح بكثير منها فى القرص والبسكوت . ونظراً لأن هذه المنتجات المخمرة تستهلك بكميات ضخمة فى العالم فإن تجلدها يسبب خسارة مادية كبيرة . ولهذا تعددت الأبحاث العلمية فى كثير من الدول المتمدينة متجهة نحو التعرف على طبيعة التغيرات التى تجرى فى الخبز عند تجلده وكيفية علاج هذه الحالة بطريقة حاسمة ووسائل الوقاية منها . وتنحصر الإرشادات

فى هذا المجال فى اتجاهين ، أولهما إدخال بعض التعديلات على طرق الصناعة ، والثانى إضافة المواد الدهنية والمواد التى تتشرب الرطوبة إلى الخبز .

وتختلف أعراض تجلد قصرة الخبز عنها فى اللبابة . فالقصرة الطازجة الجافة اللامعة تصبح لينة شبيهة بالجلد وتختفى نكهتها المألوفة مع ظهور بعض الغضاضة . وتمتص القصرة أثناء تجلدها كثيراً من رطوبة اللبابة . وفى حالة تغليف الخبز تحتفظ القصرة برطوبتها الممتصة . ولذلك تظهر أعراض التجلد على الخبز المغلف بدرجة أكبر من الخبز غير المغلف ، كما تظهر فى الخبز غير المغلف بدرجة أوضح فى حالة تشبع الجو بالرطوبة إذ أن ذلك يحول دون تبخر الرطوبة من القصرة . أما اللبابة فتظهر عليها الأعراض بانخفاض نسبة الرطوبة بها وبدء جفافها وتفككها . ومن الطرق العملية فى معاملة الخبز البائت هى تسخينه على درجة ٦٠° مئوية فتتحسن صفات الخبز . وفى طريقة أخرى يتحكم فى درجتى الحرارة والرطوبة لمنع تجلد الخبز ، إذ وجد فى إحدى التجارب أن الخبز الأفرنجى المحفوظ على درجة رطوبة محددة يبقى ٢٤ إلى ٤٨ ساعة طازجاً إذا كانت درجة الحرارة أعلى من ٦٠° مئوية ، ويتجلد بدرجة متوسطة عند ٤٠° مئوية وبدرجة أعلى عند ٣٠° مئوية وبدرجة تامة عند ١٧° مئوية وبدرجة شديدة عند الصفر المئوى وبدرجة أشد عند — ٢° مئوية وبدرجة متوسطة عند — ٨° مئوية ، ويبقى طازجاً بالتخزين على درجة — ١٠° إلى — ١٨٥° مئوية .

وتوجد طرق متعددة لقياس تجلد الخبز بخلاف طريقة قياس الضغط السابق شرحها ، ومن هذه الطرق طريقة قياس قدرة اللبابة على الإنتفاخ ، وطريقة تقدير التغير فى كمية النشا القابلة للذوبان أثناء التجلد ، وطريقة تقدير الزيادة فى عتامة اللبابة ، وطريقة تقدير انخفاض قابلية النشا للتأثر بفعل إنزيم الأميليز ، وطريقة تقدير التغيرات التى تحدث فى مظهر اللبابة

المنفتت ، وطريقة أشعة إكس X-ray diffraction patterns . وأكثر هذه الطرق شيوعاً هى طريقة جهاز الضغط السابق شرحاً ويليها طريقة تقدير الإنتفاخ المعدلة التى تستغرق حوالى نصف الساعة .

وتنحصر الطرق المستخدمة فى المخابز لمنع أو تأخير ظهور حالة تجلد المنتجات المخبوزة فى الخمسة طرق التالية : استخدام الحرارة ، التبريد ، التغليف ، إضافة بعض المواد للعجينة ، تعديل طريقة تحضير العجينة بما يساعدها على الاحتفاظ بأكبر قدر ممكن من الماء فى الخبز الذى يسمح به تداول العجينة .

عيوب الخبز الأفرنجى :

ترجع جميع العيوب التى تظهر فى الخبز إلى رداءة بعض الخامات الداخلة فى تركيبه أو إلى خطأ فى طريقة الصناعة . وتتلخص عيوب الخبز ومسبباتها فيما يلى :

(أولا) صغر الحجم ، وهذا يرجع إلى : (١) الدقيق طازج (٢) درجة الدقيق غير مناسبة لنوع الخبز (٣) انخفاض درجة الامتصاص (٤) قلة الخميرة (٥) برودة أو سخونة العجينة أثناء الخلط (٦) زيادة نسبة الملح (٧) زيادة نشاط الدياستيز (٨) زيادة أو قلة مدة الخلط (٩) زيادة أو قلة التخمير (١٠) إنخفاض درجة الحرارة كثيراً (١١) برودة العجينة أثناء التخمير أو الإنضاج (١٢) عدم إكتمال النضج فى المرحلة الأخيرة (١٣) عدم ملاءمة نسبة الرطوبة أثناء الإنضاج والخبيز (١٤) صغر وزن العجينة بالنسبة لحجم قالب الخبيز (١٥) زيادة درجة حرارة الفرن .

(ثانياً) زيادة الحجم ، وهذا يرجع إلى : (١) قلة نسبة الملح (٢) طول مدة تخزين الدقيق (٣) زيادة مدة الإنضاج (٤) زيادة وزن العجينة بالنسبة لحجم القالب (٥) إنخفاض حرارة الفرن .

(شكل ٥)

تأثير تفاوت نسب ملح الطعام (لأعلى) ونسب اللبن (وسط وأسفل) فى الخبز

(ثالثاً) بهتان لون القصرة ، وهذا يرجع إلى : (١) قلة السكر (٢) قلة إنزيمات الدياستيز (٣) إرتفاع درجة حرارة التخمير (٤) جفاف سطح العجينة أثناء إنضاجها (٥) جفاف جو صندوق الإنضاج (٦) زيادة تسوية العجينة (٧) إنخفاض درجة حرارة الفرن (٨) إنخفاض درجة حرارة سطح الفرن (٩) قصر مدة الخبيز فى الفرن .

(رابعاً) دكنة لون القصرة ، وهذا يرجع إلى : (١) زيادة نسبة السكر (٢) عدم اكتمال تسوية العجينة (٣) إرتفاع درجة حرارة الفرن (٤) زيادة حرارة سطح الفرن (٥) طول مدة الخبيز فى الفرن (٦) جفاف جو الفرن .

(خامساً) نفطات فى القصرة crust blisters وهـــذا يرجع إلى : (١) عدم جودة الخلط (٢) عدم تسوية العجينة (٣) الإهمال أثناء

تشكيل العجينة (٤) زيادة البخار فى صندوق الإنضاج (٥) زيادة البخار فى الفرن .

(سادساً) زيادة سمك القصرة ، وهذا يرجع إلى : (١) عدم كفاية السكر (٢) عدم كفاية اللبن (٣) قلة نشاط إنزيمات الدياستيز (٤) جفاف سطح العجينة أثناء الإنضاج (٥) زيادة استواء العجينة (٦) إنخفاض درجة حرارة الفرن (٧) زيادة مدة الخبيز .

(سابعاً) تقشير القصرة Shell tops ، وهذا يرجع إلى : (١) عدم نضج الدقيق (٢) قلة نشاط إنزيمات الدياستيز (٣) تماسك العجينة (٤) عدم نضج العجينة (٥) عدم إكتمال نضج العجينة الأخيرة (٦) جفاف بخار الفرن (٧) جفاف سطح العجينة أثناء الإنضاج .

(ثامناً) عدم التنسر abscence of break and shred ، وهذا يرجع إلى :

(١) ضعف الدقيق (٢) زيادة نسبة الإمتصاص (٣) زيادة نشاط إنزيمات الدياستيز (٤) قلة أو زيادة نضج العجينة (٥) قلة الإنضاج (٦) زيادة حرارة الفرن (٧) جفاف الفرن .

(تاسعاً) لون اللبابة رمادى ، وهذا يرجع إلى : (١) زيادة كمية المولت (٢) طول مدة الإنضاج (٣) زيادة نضج العجينة (٤) إرتفاع درجة حرارة التخمير (٥) إنخفاض حرارة الفرن .

(عاشراً) تعرق اللبابة Streaky crumb وهذا يرجع إلى : (١) عدم جودة خلط الدقيق (٢) عدم جودة خلط العجينة (٣) زيادة دقيق التعفير (٤) جفاف سطح العجينة أثناء الإنضاج (٥) زيادة الزيت فى ماكينة التجزىء (٦) عدم ضبط آلة التكوير (٧) إضافة قطع مختلفة من العجين

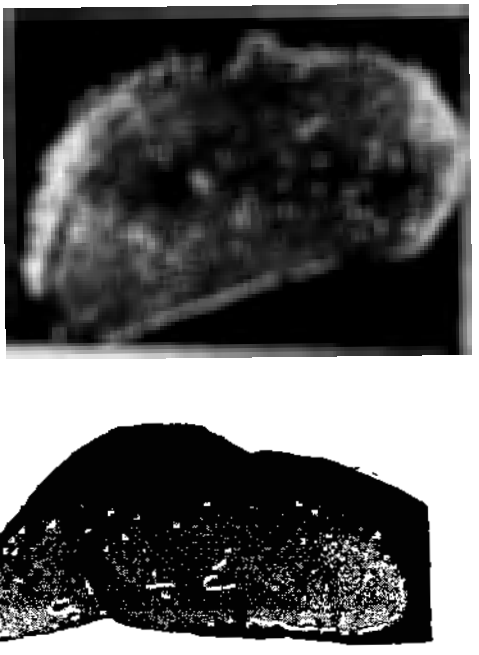
أثناء التشكيل (٨) جفاف السطح أثناء التخمر (٩) زيادة الدهن فى قوالب الخبيز .

(أحد عشر) خشونة القوام coarse grain ، وهذا يرجع إلى :

(١) ضعف الدقيق (٢) زيادة تماسك العجينة (٣) زيادة الامتصاص (٤) تجاوز نقطة الخلط المناسبة (٥) عدم استواء العجينة (٦) عدم جودة التشكيل (٧) صغر حجم العجينة بالنسبة لحجم القوالب (٨) إنخفاض حرارة الفرن .

(إثنى عشر) رداءة القوام Poor texture وهذا يرجع إلى :

(١) زيادة تماسك العجينة (٢) عدم جودة الخلط (٣) زيادة نشـــاط



(شكل ٦)

التجانس وعدمه فى مقطع الخبز الأفرنجى

الدياستيز (٤) زيادة نضج العجينة (٥) جفاف سطح العجينة أثناء التخمر أو الإنضاج الأولى (٦) زيادة حرارة صندوق الإنضاج (٧) تجاوز نقطة نضج العجينة (٨) صغر وزن العجينة بالنسبة لحجم القوالب (٩) انخفاض حرارة فرن الخبيز .

(ثلاثة عشر) ضعف النكهة poor flavor ، وهذا يرجع إلى : (١) رداءة الخامات (٢) قلة الملح (٣) رداءة ظروف التخزين (٤) عدم

(شكل ٧)

مظهر قوام ومسامية اللبابة فى الخبز الأفرنجى

إتزان خلطة العجين (٥) زيادة التخمر (٦) قلة التخمر (٧) عدم إتمام الخبيز (٨) قذارة المخبز (٩) قدم أحواض التخمير وزيت قوالب التخمير (١٠) وجود روائح غريبة فى المخبز .

(رابع عشر) قصر مدة الحفظ Poor Keeping qualities ، وهذا يرجع إلى : (١) عدم إتزان الخلطات (٢) قلة الحوامد اللبنية (٣) قلة السكر (٤) رداءة الخامات (٥) عدم جودة الخلط (٦) زيادة التخمر (٧) إرتفاع حرارة العجينة (٨) تجاوز درجة النضج (٩) إنخفاض حرارة الفرن (١٠) عدم العناية بتبريد الخبز .

(خامس عشر) ثقوب فى الخبز ، وهذا يرجع إلى : (١) عدم نضج الدقيق (٢) ضعف الدقيق (٣) قلة الملح (٤) عدم جودة الخلط (٥) زيادة سك العجينة (٦) زيادة نضج العجينة (٧) عدم نضج العجينة (٨) جفاف سطح العجينة (٩) عدم جودة التشكيل (١٠) زيادة دقيق التعفير (١١) زيادة الزيت فى آلة التجزىء (١٢) إرتفاع حرارة صندوق الإنضاج (١٣) قلة البخار فى الفرن (١٤) شدة الحرارة فى الفرن عند بدء الخبيز .

القيمة الغذائية لمنتجات المخابز :

تعبر منتجات المخابز من أغذية الطاقة الجيدة لغناها فى الكربوإيدرات والدهون . فالرطل الواحد من الخبز يعطى ١٢٠٠ سعراً ، ومن كعك الملاك ١٢٠٠ سعراً ، ومن كعك القوالب أو الدونات ٢٠٠٠ سعراً ، وتزاد القيمة فى حالة البسكويت والقرص ، كما ترتفع القيمة الغذائية فى حالة إضافة البيض أو السكر أو اللبن ، وكذلك فى حالة تدعيم الخبز بمستحضرات الفيتامينات والمعادن كأن يضاف للرطل من الخبز ١,١ إلى ١,٨ ملليجراماً من الثيامين ، ١٠ إلى ١٥ ملليجراماً من النياسين ، ٠,٧ إلى ١,٦ ملليجراماً من الريبوفلافين ، ٨ إلى ١٢,٥ ملليجراماً من الحديد ، ٣٠٠ إلى ٨٠٠ ملليجراماً من الكالسيوم ، ١٥٠ إلى ٧٥٠ وحدة دولية من فيتامين الكالسيفرول . وتتضح القيمة الغذائية لبعض منتجات المخابز من الجدول التالى :

المنتجات	النسبة المئوية					القيمة الحرارية	
	رطوبة	بروتين	دهن	رماد	كربوإيدرات	لكل ١٠٠ جرام	للرطل
					كلية / ألياف		
خبز أبيض باللبن	٣٥,٩	٨,٥	٢,٠	١,٣	٥٢,٣ / ٠,٣	٢٦١	١١٨٥
خبز صغير rolls	٢٩,٤	٨,٢	٦,١	٢,٢	٥٤,١ / ٠,٢	٣٠٤	١٣٨٠
خبز بالزبيب	٣٣,٠	٩,٠	٣,٠	٢,٠	٥٣,٠ / ٠,٨	٢٧٥	١٢٤٥
خبز قمح كامل	٣٧,٠	٩,٠	٣,٠	٢,٠	٤٩,٠ / ١,٠	٢٥٩	١١٧٥
خبز قمح كامل باللبن	٣٧,٠	٩,٥	٣,٥	٢,٠	٤٨,٠ / ١,٠	٢٦٢	١١٨٥
جلوتين	٣٩,١	٢٥,١	٣,٨	١,٨	٣٠,٢ / ٠,٣	٢٥٥	١١٦٠
خبز صغير biscuits	٣١,٠	٧,٣	١٣,٠	٢,٥	٤٦,٢ / ٠,٢	٣٣١	١٥٠٠
بسكوت جاف crackers	٧,٠	١٠,١	٤,٨	١,٣	٧٦,٨ / ٠,٥	٣٩١	١٧٧٥
بسكوت جاف بالصودا	٥,٧	٩,٦	٩,٦	٢,٤	٧٢,٧ / ٠,٢	٤١٦	١٨٨٥

المنتجات	النسبة المئوية					القيمة الحرارية	
	رطوبة	بروتين	دهن	رماد	كربو إيدرات		
					كلية	ألياف	الكل ١٠٠ جرام	للرطل
كعك الملاك	٣١,٦	٨,٤	٠,٣	١,٠	٥٨,٧	٠,٠	٢٧١	١٢٣٠
كعك الفاكهة	٢٢,٩	٥,٢	١٣,٨	٢,٢	٥٥,٩	١,٢	٣٦٩	١٧١٦
كعك قوالب	١٩,٣	٧,١	٢٣,٥	٠,٨	٤٩,٣	٠,١	٤٣٧	١٩٨٥
كعك اسفنجى	٣١,٨	٧,٩	٥,٠	٠,٩	٥٤,٤	٠,٢	٢٩٤	١٣٣٥
قرصة لينة	٧,٨	٦,٨	١٠,٥	١,٩	٧٣,٠	٠,٢	٤١٤	١٨٧٥
أصابع جوز هند	٤,٠	٦,٢	١٦,٧	١,٥	٧١,٦	—	٤٦٢	٢٠٩٥
أصابع تين	١٣,٨	٤,٢	٤,٨	١,٤	٧٥,٨	١,٧	٤٦٣	١٦٤٥
قرصة بالمولاس	٥,٥	٦,٤	٨,٩	٢,٥	٧٦,٧	٠,٤	٤١٢	١٨٧٠
قرصة بالفول السوادانى	٢,٦	١٤,٠	٢٧,٥	٢,٤	٥٣,٥	٠,٨	٥١٨	٢٣٤٥
دونات	١٨,٧	٦,٦	٢١,٠	١,٠	٥٢,٧	٠,٢	٤٢٦	١٩٣٥

ويسهل مقارنة الخبز بالأطعمة الأخرى بالرجوع إلى عدد السعرات المستمدة من الرطل الواحد، فهى كما يلى :

خبز أبيض	١٠٣٦,٩	مرجرين	٣٥٧٠,٩	لحم محمر	٢٠٠٦,٣
خبز قمح كامل	١٠١٢,٤	جبن كامل الدسم	٢٠١١,٣	كوارع بقرى	١٠٥١,٠
خبز دقيق ٩٠٪	١٠٢٧,٣	جبن كامل الدسم	٣٠٣,٠	فراخ	٣٥٩,٧
زبد	٣٥٠٢,٩	بيض	٦٥٩,١	تفاح	١٥٩,٩
كرنب	١٩٢,٣				
رنجة	٦٨٦,٨				

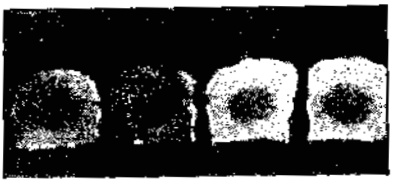
ميكروبيولوجيا منتجات المخابز :

تتضمن دراسة ميكروبيولوجيا منتجات المخابز بعض الأحياء الدقيقة النافعة كالخميرة المسببة لتخمر العجينة ، أو البكتيريا المنتجة للأحماض المؤثرة فى صفات العجينة الحمضية مثل عجينة خبز الجاودار ، والأحياء الدقيقة المؤثرة فى نكهة المنتجات مثل الخبز البلدى المصنوع من العجينة السلطانى .وأهم الأنواع المفيدة فى صناعة الخبيز هى الخميرة Saccharomyces cerevisiae ، بينما باقى الأنواع الأخرى من الخميرة فغير مرغوبة فى صناعة الخبيز ولذا يطلق عليها الخباز عادة صفة المتوحشة wild ، ومن هذه الأنواع الأخيرة الخمائر Mycoderma cerevisiae, S.pastorianus S.ellipsoideus. ومن أنواع البكتريا المرغوبة فى صناعة الخبيز أحيانا بكتريا حامض اللكتيك وبكتيريا حامض الخليك وبكتريا حامض البروبيونيك وبكتريا حامض البيوتريك ، فالأحماض الناتجة من نشاط هذه البكتريا تؤثر فى نكهة المنتجات المخبوزة تأثيراً مرغوباً ، فقط يراعى ضبط كميتها بحيث لاتزيد الأحماض عن الحد المناسب .

وتستعمل مستحضرات الخميرة النقية فى صناعة الخبيز . وهذه الخميرة بالإضافة إلى الأحياء الدقيقة الموجودة أصلا فى الدقيق والقمح تؤثر فى عملية التخمر . غير أنه باستعمال خميرة نقية وتحديد الظروف المناسبة لعملية التخمر من درجة حرارة ورطوبة ومدة يمكن قصر النشاط على الخميرة النقية خلال أربع إلى ست ساعات وهى مدة لاتكفى لنشاط الأحياء الدقيقة غير المرغوبة بشكل ملحوظ تحت هذه الظروف المحددة . بينما إذا طالت مدة التخمر عن ذلك كما هو الحال فى طريقة التخمر البطىء فإن البكتريا المنتجة للأحماض تتكاثر بسرعة كبيرة وتطغى على الخميرة . ويعتبر حمضا الخليك واللكتيك الناتجان من نشاط البكتريا فى الحالة مرغوبان فى صناعة بعض المنتجات مثل خبز الجودار الحمضى .

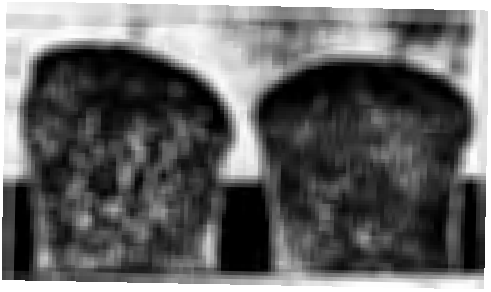
وتوجد بعض أحياء دقيقة قادرة على تحليل النشا مائياً وتحليل بروتين الدقيق دون إحداث أثر واضح فى حجم الغاز الناتج أثناء التخمر فلا تتأثر الخواص الطبيعية للعجينة كما لاتظهر الأحماض الأمينية بشكل ملحوظ . مثل هذه الأحياء الدقيقة توجد أحياناً فى الدقيق . كذلك قد يحتوى الدقيق على بكتريا منتجة للغازات مثل Escherichia coli، Clostridium welchii وهى غير مرغوبة ، إلا أنه يمكن تحضيرها فى صورة نقية واستعمالها على نطاق تجريبى فى رفع العجائن . وتعتبر الأحياء الدقيقة المنتجة لإنزيمات الدياستيز أو البروتييز بوفرة غير مرغوبة فى تخمر العجائن . وهناك البكتريا غير المرغوبة المسببة لحالة التحبل « Rope » فى المنتجات المخبوزة مثل B. mesenticus التى يتوقف نشاطها أثناء التخمر ، بينما تستعيد جراثيمها النشاط بعد الخبيز عندما تتوفر الظروف المناسبة لإنباتها وهى درجة الحرارة الدافئة وتوفر الرطوبة والغذاء ومناسبة رقم pH. وهذا النوع من الجراثيم معروف عنه أن يتحمل درجة الحرارة العالية لمـــدة طويلة ، فمثلا جراثيم B. mesenteicus تتحمل درجة غليان الماء لمدة تتراوح بين نصف ساعة وست ساعات . وهذا يعنى أن مثل هذه الجراثيم لا تقتل فى الفرن أثناء الخبيز إذ أن درجة حرارة مركز لبابة الرغيف لاتتجاوز مائة مئوية . وتظهر حالة التحبل أو التفتل فى الخبز بدرجة أكبر منها فى الكعك بسبب ارتفاع الرطوبة نسبياً فى الخبز عنها فى الكعك . كما أن هذه الحالة تنتشر فى الجو الدافئ بدرجة أكبر منها فى الجو البارد ، حيث أن درجة الحرارة المناسبة هى : ٣٧ إلى ٤٠° مئوية . وتبدو أعراض التحبل بظهور رائحة تشبه رائحة الشمام الزائد النضج ، وبتغير لون لبابة الخبز الأبيض حيث تأخذ لوناً مصفراً أو بنياً ، وبليونة اللبابة ، وبتكون خيوط رفيعة جيلاتينية عند شد اللبابة . للخارج . ويبدأ ظهور الرائحة أولا ثم يليه تغير اللون فازدياد ليونة اللبابة. وهذه الليونة مرجعها إلى إنزيمات الأميليز والبروتييز . وقد يسبب إنزيمات الأميليز أيضاً تكوين سكريات وصموغ . ويبدو أن البكتريا المسببة للتحبل تنشط وتنمو فى

البداية على الفوسفات الذائبة والمواد النتروجينية الذائبة والسكر ثم على البروتينات . ونشاط مثل هذه الأحياء الدقيقة فى الخبز ليس له أثر سام ، لكنه يتلف من خواص الخبز الطبيعية .



(شكل ٨)

تغير لون لبابة الخبز الأفرنجى الأبيض فى مناطق وجود جراثيم البكتريا المسببة للتحبل

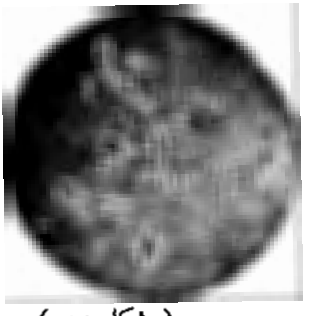


(شكل ٩)

تحلل لبابة الخبز الأفرنجى (اليسار) وظهور التحبل

والمصدر الرئيسى للتلوث بالبكتريا المسببة لتحبل الخبز هو الدقيق ، غير أن البكتريا قد توجد أيضاً فى السكر والمولاس ودقيق البطاطا واللبن وغيرها . ويمكن الكشف على خامات الخبيز وكذلك على المنتجات المخبوزة نفسها

(شكل ١٠)
خيوط رفيعة ظهرت بعد قطع لبابة الخبز الأفرنجى المتحبل وجذبها للخارج



(شكل ١١)
الجراثيم والخلايا الخضرية المسببة للتحبل

للتعرف على مدى تلوثها بالبكتريا المسببة للتحبل حيث تنمى هذه البكتريا على سطح بيئة bouillon معروفة وتعد البكتريا . ويجب ألا يتجاوز عدد هذه البكتريا العشرين فى مائة جرام من الدقيق أو المائة فى الجرام الواحد من الخميرة أو المولت أو العشرة فى الجرام الواحد من باقى مكونات العجينة.

ويبدو أن أفضل الطرق لمنع البكتيريا المسببة لتحبل الخبز هى إضافة الأحماض لجعل الوسط حمضياً أى حوالى pH خمسة فتصبح البيئة غير مناسبة لنشاط هذه البكتريا . وأفضل المواد الحمضية فى تحقيق هذا الغرض هى حامض الخليك وفوسفات الكالسيوم الأحادية . ويلاحظ فى إضافة الحامض أن العجينة قد تحتوى على بعض المواد ذات التأثير المنظم مثل اللبن : فهذا يقتضى زيادة كمية الحامض المضافة ، مع مراعاة تحاشى الزيادة المفرطة من الحامض التى قد تتلف صفات الخبز . وليكن الهدف من الإضافة هو تأخير ظهور حالة التجلد بقدر الإمكان حتى يستهلك الخبز . وتتراوح النسب المئوية الشائع إضافتها إلى الدقيق من مثل هذه المواد الحمضية بين ٠,٥ إلى ٠,٨ خل تركيزه عشرة فى المائة ، ٠,٤ إلى ٠,٧ فوسفات كالسيوم أحادية ، ٠,٥ كريم طرطرات ، ٠,٣٥ حامض لكتيك تركيزه سبعين فى المائة ، ٠,١٣ إلى ٠,٣٠ بروبيونات كالسيوم أو صوديوم . وتزداد نسبة البروبيونات المضافة قليلا فى حالة الخبز الأسمر عنه فى الخبز الحمضى التأثير فتبلغ أوقيتان لكل مائة رطل من عجينة الكعك القريبة من الحموضة أو سبعة أوقيات لكل مائة رطل من عجينة الكعك الواضحة القلوية .

وتتلخص الاحتياطات التى تتخذ لمنع ظهور حالة التحبل فى نظافة المعدات والآلات ووسائل نقل الخامات أو المنتجات والمخازن والحجرات وتطهيرها بالأشعة فوق البنفسجية أو بالهيبوكلوريت ، وفى تسوية الخبز تماماً وتبريده إلى درجة ٣٠° مئوية . ويجرى الاختبار على المنتجات بوضع أربعة أرغفة من الخبز الناتج فى محضن على درجة ٣٥° إلى ٣٧° مئوية ويفحص واحد منها بعد يومين والآخر بعد ثلاثة أيام وهكذا ، فيجب ألا يظهر التحبل قبل مضى ثلاثة أيام على التخزين . كذلك يختبر تلوث الخامات بالبكتيريا المسببة للتحبل ، ولا يعنى خلوها من البكتريا عدم الاحتياط أثناء التصنيع بل يجب أن تطبق الاحتياطات السابقة منعاً

لإعادة التلوث . نفس هذه الاحتياطات سوف تحول دون نمو ونشاط البكتريا الأخرى الضارة مثل B. subtilis ، B. liodermos ، B. pumilus وكذلك البكتريا التى تسبب ظهور بقعاً محمرة اللون على سطح الخبز الأفرنجى مثل B. prodigiosus المعروفة باسم Serratia marcescens وهى الحالة المعرفة باسم الخبز المتبقع Bleeding bread أو Red bread أو bloody bread أو wunderblut أو Blood rain . ويلاحظ أن الفطر aurantiacum Oidium الملوث للدقيق يسبب ظهور بقعاً مشابهة للسابقة فى لبابة الخبز بدلا من السطح ، وأن الفطر Monilia sitophila يعطى الخبز لونا قرمزيا .

نمو الفطريات على منتجات المخابز :

بفحص الخبز فى بعض الحالات وجدت عليه فطريات تتبع Rhizopus Aspergillus ، Penicillium ، Oospora ، Mucor ، Monilia . وجميع هذه الفطريات تلوث منتجات المخابز بعد خبزها إذ أن جراثيمها لا تتحمل حرارة فرن الخبيز . لذلك تؤخذ الاحتياطات لمنع نشاط هذه الفطريات على المنتجات بعد الخبيز وليس قبله كما كان الحال فى بكتريا التحبل ، وتعتبر مكونات المنتجات المخبوزة ورطوبتها من العوامل المهيئة لنمو وتكاثر الفطريات ، كما أن الفطريات يناسبها درجة حرارة تتراوح بين ٣٢° ، ٣٧,٥° مئوية فتتميز فطريات منتجات المخابز بتحملها درجات حرارة مرتفعة نسبيا باستثناء الجنس Penicillium الذى ينمو على درجات حرارة أقل نوعا . وتنمو هذه الفطريات تحت ظروف هوائية وكذلك تحت ظروف شبه لا هوائية ، ويتطلب معظمها أكسيجين الهواء ، ويساعد على نموها إنعدام التيارات الهوائية والابتعاد عن الضوء وظهور الحموضة فى المنتجات . وللأحماض الدهنية أثرها المثبط فى نمو الفطريات ويزداد الأثر فى حالة عدم التشبع مقارنا بأثر الأحماض المشبعة ، كما يزداد بازدياد الوزن الجزيئى للحامض الدهنى . لذلك يضاف حامض البروبيونيك

أو أحد أملاحه للمنتجات المخبوزة لمنع نمو الفطريات بها ، وهذا الحامض يتميز بعدم إتلافه لطعم ونكهة المنتجات .

وتغلف منتجات المخابز عادة بورق مانع لتسرب الرطوبة وهذا يسبب تجمع بعض الرطوبة حول المنتجات أى بينها وبين الغلاف ، وهذا مما يشجع على نمو وتكاثر الفطريات كذلك قد يكون مصدر التلوث بالفطريات وجراثيمها هو ورق التغليف نفسه أو ماكينات التقطيع والتغليف أو الأيدى العاملة . ويفضل ورق الشمع عادة فى تغليف مثل هذه المنتجات .

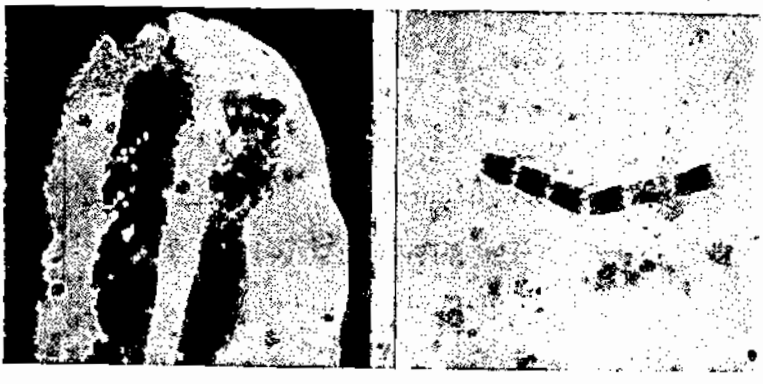
وبديهى أن الوقاية من التلوث بالفطريات تتضمن نظافة وتطهير الآلات والمعدات والغرف وملابس وأيدى العمال بالإضافة إلى تبريد وتغليف المنتجات داخل غرفة مكيفة الهواء لضمان نقاوة الهواء وخلوه من الفطريات ، كما قد تستعمل الأشعة فوق البنفسجية فى تطهير جو المكان والآلات والمعدات .

الشوائب فى خامات المخابز :

أحيانا تبدو خامات الخبيز كالدقيق أو النقل أو الكاكاو أو الزبيب أو البهارات ملوثة ببعض الشوائب كأجزاء الحشرات وشعر القوارض والرمل وغيرها . لذلك يجب العناية بنظافة المخازن ووسائل النقل ثم إختبار الخامات وكذلك المنتجات ميكروسكوبياً للتأكد من خلوها من الشوائب . ويعرف الاختبار باسم اختبار التلوث أو اختبار الدناسة أو اختبار النظافة Filth test وهو مشروح بالتفصيل فى الجزء الأول من كتاب الصناعات الغذائية .

الميكروبات السامة فى منتجات المخابز :

إما أن يحدث تسمم الأفراد من جراء تناول الطعام الملوث بالبكتريا



(شكل ١٢)

نماذج لبعض الشوائب فى خامات الخبيز ، وهى تمثل إفرازات الفأر فى شرائح جوز الهند (أعلى) والفطريات النامية على النقل (يسار) ورجل حشرة فى البهارات (يمين)

بكميات كبيرة يتبعها كبر عدد الميكروبات السامة الداخلة للجسم فتسبب التسمم ، وإما أن يكون سببه إفراز البكتريا لمواد سامة تتركز فى المنتجات المخبوزة قبل تناولها . ومن أمثلة النوع الأول من التسمم ما تسببه السالمونيلا Salmonella والاستربتوكوكس alpha-type streptococcic ، ويمثل النوع

الثانى الأستافيلوكوكس Staphylococci وتوجد هذه الأحياء الدقيقة فى الأطعمة مختلطة ببعض الميكروبات التى توجد طبيعياً فى أمعاء الإنسان مثل Streptococcus faecalis.

(شكل ١٣)

الميكروبات السامة (أ) Staphylococcus aureus

(ب) alpha – type streptococci

(جـ) Salmonella enreridis

ومن هذه الأنواع السامة مثلا Micrococcus pyogenes var.aureus المعروفة باسم Staphylococcus aureus.

والاحتياطات التى تتخذ عادة فى المخابز لمنع التلوث بالميكروبات السامة تتلخص فى استعمال الأشعة فوق البنفسجية فهذه وجد أن ٢٠ إلى ٢٩٥٠ وحدة أنجستروم منها تكفى لإبادة S.enteritidis, Salmonella aureus فى هواء المصنع، وفى إعادة غليان بعض الخامات مثل الكاستارد وحشوجاتوه الأكلير، وفى استعمال الخامات الظاهرة الحموضة مثل عصير الطماطم والخوخ والموالح

حيث تعمل الحموضة الظاهرة على تثبيط الميكروبات السامة ، وفى رفع الحموضة كلما أمكن ذلك بإضافة حامض خليك أو حامض ستريك بشرط عدم التأثير على صفات المنتجات ، وفى حفظ المنتجات داخل ثلاجات .

درجات الجودة فى منتجات المخابز :

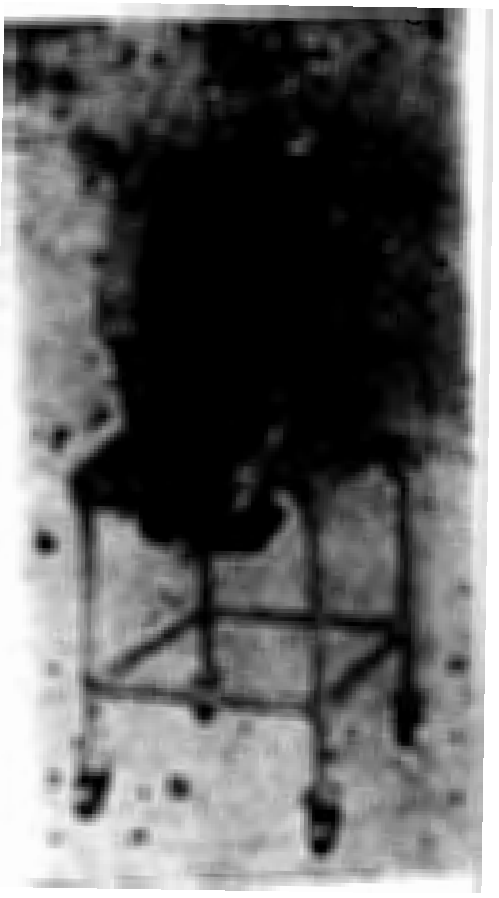
تختبر المنتجات المخبوزة للتعرف على مدى العناية بصناعتها . فمثلاً الخبز الأفرنجى يقاس حجمه ويفحص لون قصرته وتجانس مسامية لبابته ونعومة ملمس لبابته ووضوح نكهته وجودة طعمه ومدى ليونة لبابته وانتظام شكله وخلو قصرته من التشققات . وتجرى اختبارات مماثلة على الكعك . ولا يوجد اختبار خاص بالخبز البلدى المصرى غير أنه ينصح بتحديد اختبار قياسى يمكن به أن يتعرف الخباز على عيوب الخبز الناتج وأسباب هذه العيوب وبالتالى كيفية تلافى ظهور مثل هذه العيوب .

تخزين خامات الخبيز :

أكثر الخامات استخداما فى مجال صناعات الخبيز هى الدقيق ومواد الرفع ، المسئولين عن صفات ومظهر وقوام ونكهة معظم المنتجات المخبوزة ، والبيض واللبن وملح الطعام والسكريات والمواد الدهنية والماء ومحسنات العجينة ومغذيات الخميرة .

فدقيق القمح يمتاز على دقيق جميع الغلال الأخرى بقدرته على تكوين مركب مطاط elastic network عند امتزاجه بالقدر المناسب من الماء ، وهذا المركب هو الذى يتولى مسئولية احتجاز الغاز الناتج من التخمر داخل العجينة ، وكذلك إظهار القوام الإسفنجى المتماسك بعد تسخين العجينة فى الفرن . ويجب اختيار الدقيق المناسب من وجهات النوع variety ونسبة البروتين وظروف الطحن milling conditions . فدقيق الأقماح الصلبة مفضل فى صناعة المنتجات المخبوزة ذات الكثافة المنخفضة

low density ، مثل الخبز الأبيض ، لأن دقيق القمح الصلب يتصف بمطاطية العجينة elastic والقدرة الكبيرة على احتجاز الغاز . وعادة يكون القمح الربيعى الصلب أكثر قوة stronger من القمح الشتوى الصلب. أما دقيق الأقماح اللينة فيستعمل فى صناعة الكيك والقرص والفطائر piecrusts وغيرها من المنتجات التى لاتستلزم ارتفاع الحجم النوعى specific volume بينما يفضل الطعم اللين tender texture ونصاعة اللون الأبيض وتعادل النكهة blander in flavor .



(شكل ١٤)

ماكينة تومسون لتشكيل ولف العجينة

ومواد الرفع leavening agents إما أن تكون خميرة yeast أو مواد رافعة كيميائيةchemical leavening agents. فالخميرة عبارة عن خلايا سكارروميسز سرفسيا Saccharomyces cerevisiae حية مضاف إليها قليل من مادة مالئة diluent لتحسين صفات انتشارها فى الماء وهذه الخميرة ، المعروفة باسم خميرة الخباز Bakers yeast ، تنتجها المصانع فى صورة خميرة مضغوطة compressed بها حوالى ٧٠ ٪ رطوبة ، أوفى صورة خميرة جافة dry بها حوالى ٨٪ رطوبة ، والأولى تخزن على درجات حرارة منخفضة ، بينما الثانية تخزن فى جو الغرفة العادى . وبديهى أن الخميرة المضغوطة يمكن مزجها مع الدقيق والماء مباشرة ، أما الخميرة الجافة فيلزم إعادة تشربها rehydrated بوضعها فى الماء الدافئ قبل استعمال . ودرجة حرارة ماء التشرب لها أثرها البالغ فى نشاط الخميرة . ووظيفة الخميرة هى تخمير السكريات القابلة للتخمر كالجلوكوز والسكروز والفركتوز والمالتوز ، محولة إياها إلى كحول إيثايل ، يؤثر بوضوح فى نكهة الخبز المخبوز ، وثانى أكسيد كربون الذى يرجع إليه الفضل فى رفع العجينة . ويمكن فحص الخميرة للتعرف على كفاءتها quality test بإجراء إختبار الخبيز أو بقياس حجم الغاز الذى تنتجه سواء بمانومتر أو بمقياس الضغط Blish–Sandstedt pressuremeters . أما الطرق الكيميائية ، أى تحليل الخميرة ، فلا تعطى دلالة صحيحة على نوعية الخميرة . ومواد الرفع الكيميائية المستخدمة فى رفع عجائن الكيك والقرص والبسكوت وغيرها ، أشهرها بيكربونات الصوديوم ، المعروفة باسم صودا الخبيز baking soda ، فهى تنتج غاز ثانى أكسيد الكربون المطلوب للرفع . إلا أن استخدام صودا الخبيز بمفردها يجعل العجينة قلوية ، وهذا يتلف نكهة ولون المنتجات بالإضافة إلا أن تكون الغاز يكون بطيئا . ولهذا فمن المفضل إضافة حامض مع الصودا سرعة انطلاق الغاز ولتبقى العجينة قريبة من درجة التعادل neutral pH.

فسرعة انطلاق الغاز تحدد حجم الفقاعات bubbles فى العجينة ، وهذا بدوره يؤثر فى المسامية grain والحجم volume والقوام texture للمنتجات. والحامض المضاف قد يكون خليك (من الخل) أو لكتيك (من اللبن الحامض وكلاهما سريع التأثير ، أو يفضل إضافة كريم الطرطرات of tartar cream ، أى طرطرات البوتاسيوم الحامضية ، أو كبريتات الصوديوم والألومنيوم alum ، أو بيروفوسفات الصوديوم الحامضية ، أو بعض صور فوسفات الكالسيوم . وأحياناً يضاف لهذه المواد بعض مواد أخرى تؤثر فى سرعة التفاعل . وبديهى أن حجم الحبيبات granule size والصورة Form التى توجد عليها المادة تؤثران فى سرعة التفاعل ونتائجه . ويفضل معظم الخبازين استعمال مسحوق الخبيز babking powder بدلا من صودا الخبيز والحامض منفردين ، لأن مسحوق الخبيز تنتجه المصانع فى حالة اتزان بين الصودا والحامض أى بمزج كميتين متناسبتين تماماً ، مع إضافة مادة مالئة لتسهيل الوزن أو القياس ولتحسين المخلوط من وجهة الثبات Stability . وبديهى أن تفاعل المكونين يعطى غاز ثانى أكسيد الكربون ومادة متبقية غير ضارة ذات طعم شبه متعادل bland . والثابت أن جميع أنواع مسحوق الخبيز المعروضة فى الأسواق تعطى نفس القدر من ثانى أكسيد الكربون available carbon dioxide ولكنها تتباين فقط فى سرعة التفاعل . ومعظم هـذه الأنواع يتصف بازدواج التأثير double-action type، أى أنها تعطى جزءاً صغيراً من الغاز خلال مراحل خلط وتشكيل وتداول العجينة ثم تبقى ساكنة حتى تدخل العجينة الفرن فتعطى الكمية الباقية من الغاز . وهذا يفيد فى حالة ترك العجينة مدة أطول قبل خبزها ، أى يقل الفقد فى الغاز . وتختبر صفات مساحيق الخبيز بإجراء اختبار الخبيز أو بقياس حجم ثانى أكسيد الكربون الذى تنتجه. أما التحليل الكيميائى للمساحيق فليس معبراً .

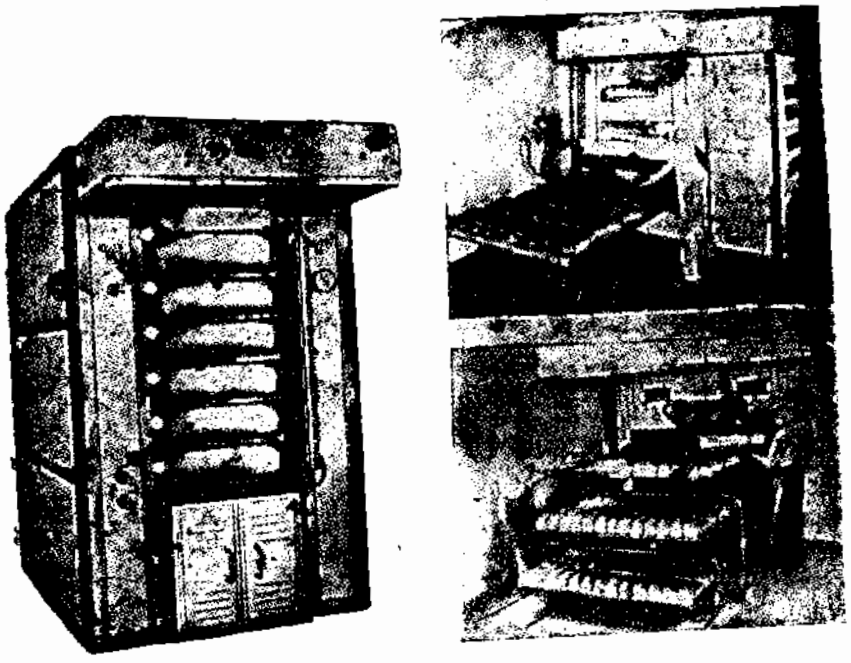
ومن المواد الثانوية المضافة للعجينة الإنزيمات وغذاء الخميرة yeast Foods والمواد المؤكسدة dough improvers or oxidizers

فالبروتيوزات proteases تعدل مطاطية extensibility العجينة لأنها تؤثر فى الجلوتين ، والأميليزات amylases تهضم جزءاً من النشا لتمد الخميرة بالسكريات القابلة للتخمر ، واللبيوكسيديزات lipoxidases تنسف صبغات الدقيق فيبيض لون العجينة . وغذاء الخميرة يتكون عادة من فوسفات وكبريتات الأمونيوم ، وهذه الأملاح تزيد تكاثر الخميرة وبالتالى تسرع إنتاج الغاز ، كما أن الماء المذاب فيه هذه الأملاح يحسن الصفات الطبيعية للعجينة فى حالة استخدام ماء يسر soft فى عمل العجينة . ومحسنات العجينة dough improvers لها فوائدها فى تحسين صفات تداول handling العجينة وقوام texture والحجم النوعى specific volume للمنتجات المخبوزة . وأشهر هذه المواد المؤكسدة هى برومات البوتاسيوم ويليها يودات البوتاسيوم وفوق أكسيد الكالسيوم. فهذه المركبات تكون مزيداً من الروابط cross-bonds بين جزيئات الجلوتين ، وهذه بدورها تؤثر فى الصفات الميكانيكية للعجين . وتفيد إضافة المواد المؤكسدة عادة فى حالة الدقيق الأسمر long extraction والدقيق الحديث الطحن freshly milled الذى لم يعتق aged ، أما الدقيق المعتق أو المضاف إليه كمية مناسبة من المواد المؤكسدة فى المطحن فلا تفيد إضافة محسنات العجينة إليه ، بل على العكس من ذلك قد تعطى محسنات العجينة نتيجة عكسية .

وينصح بتخزين الدقيق والملح والسكر واللبن المجفف ومسحوق الخبيز والدهن وورق التغليف فى مخازن مهواة مضيئة نظيفة درجة حرارتها تتراوح بين ٦٥° ، ٨٥° فهرنهيت . أما اللبن الطازج والبيض والخميرة والفاكهة والخامات المماثلة فتخزن فى غرف مبردة .

صناعة الخبز الإفرنجى :

أصبحت المخابز الآلية منتشرة فى جميع الدول المتمدينة ، وقد بدأت إقامتها فى جمهورية مصر العربية فى عام ١٩٥٧ ، وتتجه النية لدى المسئولين إلى التوسع فى إقامة مثل هذه المخابز . وفى المخبز الآلى يسقط الدقيق



(شكل ١٥)

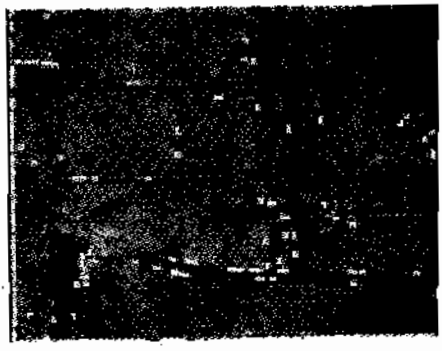
أفران الخبيز

أوتوماتيكيا على المناخل النظيفة ومنها يمر إلى ميزان أوتوماتيكى الذى يمد الخلاط بكميات محددة من الدقيق أو توماتيكياً . وتضاف كميات الملح والسكر وماشابههما فى أعلى الخلاط . أما الخميرة فتحضر فى صورة معلق وتمرر خلال

أنبوبة إلى الخلاط . ويوجد عداد المياه قريباً من الخلاط ليحدد الكمية المضافة فى الخلاط . وعادة تعلق الخميرة فى جزء من ماء العجن وتضاف مع باقى الماء ، كما يذاب السكر وملح الطعام فى قليل من الماء ويضافا فى الخلاط مع ماء العجن .

(شكل ١٦)

خلاطات العجين — أولها يصب العجينة أوتوماتيكيا فى حوض التخمير



(شكل ١٧)

عداد المياه (لليمين) وأنبوبة المستحلب (لليسار) وإضافة أقراص مستحضرات التدعيم يدوياً

يسحب الدقيق إلى الخلاط أولا ويصب عليه معلق الخميرة من أنبوبة جهاز الإستحلاب ، ومحلول للسكر والملح ، ثم الماء ، وتبدأ عملية الخلط لفترة قصيرة بعدها يضاف الدهن فى الخلاط ثم يستمر الخلط ، والخلاط مجهز بترمومترات لقياس درجة حرارة العجينة طول مدة الخلط ، وبمنظم للوقت به يمكن توقف الخلاط أوتوماتيكيا عقب إنتهاء المدة المقررة للخلاط ، وبغلاف يحيط بوعاء الخلاط ويمر به الماء البارد طول الوقت ليسمح بتبريد العجينة أثناء الخلط لحفظ درجة حرارتها عند ٧٨° إلى ٨٠° فهرنهيت فى طريقة الخلط العادية أو عند ٧٤° إلى ٧٦° فهرنهيت فى طريقة الخلط الإسفنجية ، وهذا يقتضى تبريد الماء حول وعاء الخلاط بأجهزة تبريد أوتوماتيكية تتحكم فى درجة حرارة الماء أو سرعة دورانه .

ويستمر خلط العجينة مدة كافية تسمح بتكوين عجينة جلوتينية ناعمة جلوتينها تام التأدرت والنشا بها تام الترطيب ومرونتها مناسبة . فعدم إتمام الخلط يسبب ظهور عيوب فى الخبز الناتج مثل عدم انتظام الشكل وعدم تماثل خواص وصفات الأرغفة ، بينما زيادة الخلط عن اللازم تضعف قدرة العجينة على الاحتفاظ بغاز ثانى أكسيد الكربون أثناء عملية التخمر فيصغر حجم الرغيف وتتغير مساميته .

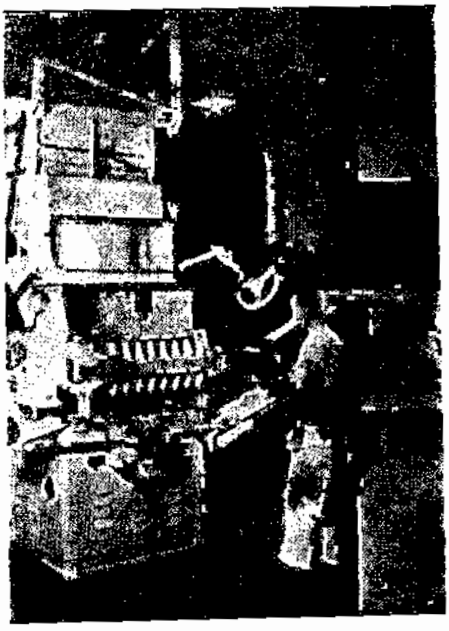
وعقب الخلط تصب العجينة أوتوماتيكيا من الخلاط فى حوض التخمير . ويراعى استعمال أحواض التخمير بالحجم المناسب حيث أن صغرها يسبب ارتفاع العجينة وطفوها على الأرض ، بينما كبر حجمها يسبب انبساط العجينة بداخلها وقلة ارتفاعها أثناء التخمر . وعادة تحمل هذه الأحواض على عجلات ليتيسر دفعها بعد تعبئتها بالعجينة مباشرة إلى غرف التخمر التى تضبط درجة حرارتها عند ٨٠° فهرنهيت ودرجة رطوبتها النسبية عند ٧٥٪ ويلزم أن تخلو حجرات التخمر من تيارات الهواء منعا لجفاف سطح العجينة .

وبعد انتهاء الفترة المناسبة للتخمر تقطع العجينة الإسفنجية إلى قطع مناسبة وتعاد إلى الخلاط ويضاف إليها مكونات العجينة التى سبق احتجازها وتخلط العجينة مرة أخرى لمدة مماثلة لسابقتها . عقب ذلك تنقل العجينة إلى حوض التخمير ويوضع هذا فى غرفة التخمير ويترك فترة قصيرة تعرف باسم floor time وتتراوح بين ربع وثلاثة أرباع الساعة ، تتم خلالها عملية التخمر. وتتوقف طول فترة التخمر على نوع الدقيق وكميات وأنواع الخامات المستعملة. ويعزى تكييف حالة العجينة أثناء فترة التخمر إلى نشاط الإنزيمات بها ،وهذا ما يسبب قدرة العجينة على الاحتفاظ بالغاز . ويلاحظ أن إعـادة الخلط هذه خاصة بالعجينة الإسفنجية فقط و لا يجوز إجراؤها على العجينة العادية .

وعقب التخمر مباشرة تنتقل العجينة إلى ماكينة التقطيع divider وهذه تقوم بتقطيع العجينة أوتوماتيكياً إلى الوزن المناسب الذى يزيد بما يقرب من ١٢ فى المائة عن وزن الرغيف المطلوب. وعادة تكون حجرات التخمر فى المخبز الآلى تعلو حجرت التقطيع ليتسنى صب العجينة فى فوهة آلة التقطيع .

وتكور قطع العجين لتكوين غلاف شبه جلدى حولها يمنع تسرب الغاز ، ويجرى ذلك آليا بماكينة تسمى Rounder ، وتمر كور العجين بعد ذلك مباشرة على شريط ماكينة التهيئ proofer ويستغرق مرورها حوالى إثنى عشرة دقيقة يتم خلالها التئام العجينة ويتكون بها مزيد من الغاز .

وتمر كور العجينة آليا إلى ماكينة تشكيل العجينة Moulder حيث تضغط كور العجين فينطرد منها الغاز ثم تشكل فى هيئة أسطوانة تماثل



(شكل ١٨)
ماكينة تقطيع العجينة (لليسار) وماكينة لف العجينة (لليمين)

شكل الرغيف الأفرنجى وتوضع اسطوانات العجين فى قوالب الخبيز المدهونة بمادة دهنية وقد توضع أسطوانات العجين كما هى فى حالة الرغبة فى إنتاج الخبز المستدير السطح round top بينما عندما يراد إنتاج خبز ملتوى twist فتقطع أجزاء العجين بوزن يساوى نصف وزن الرغيف وبنفس طول الرغيف ويلف كل قطعتين من العجين حول بعضهما ثلاث أوأربع مرات .

وتوضع القوالب المحتوية على العجين فوق مجموعة من الرفوف المحملة على عجلات وهذه الرفوف توضع داخل صندوق التكييف proof box الذى

(شكل ١٩)

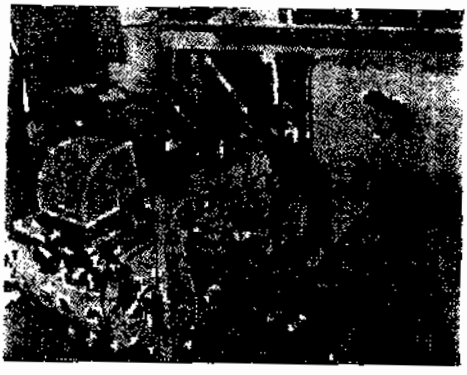
ماكينة تشكيل العجينة وماكينة تهيء العجينة

تضبط درجة حرارته عند ٩٤° إلى ٩٨° فهرنهيت ودرجة رطوبته عند ٨٥ فى المائة ، وتترك العجينة كذلك لتتخمر سريعا ويرتفع سطحها إلى فوهة القالب . وهذه العملية بالغة الأهمية إذ أنها تحدد مدى نعومة طعم الخبز .

وبعد استواء العجينة تخبز فى الفرن ويستمر نشاط الخميرة عادة فى بداية الخبيز غير أنها تتوقف عندما تبلغ درجة الحرارة ١٤٠° إلى ١٥٠° فهرنهيت ، كما أن الإنزيمات يتوقف نشاطها وينعدم تكون الغاز . ويلاحظ أنه خلال الدقائق الأولى من عملية الخبيز تتمدد العجينة بكمية مماثلة لما حدث أثناء فترة وجود العجينة فى صندوق التسوية ويعزى هذا التمدد إلى سرعة تكون الغاز بفعل الخميرة وانطلاق غاز ثانى أكسيد الكربون والهواء المحجوزين فى العجينة بفعل حرارة الفرن .

وأثناء فترة الخبيز فى الفرن يتطاير الكحول الناتج أثناء التخمر من العجينة كما يتطاير جزء من الرطوبة وتتجمع البروتينات وتتجلتن النشا جزئياً يتكون الدكسترين على سطح الرغيف معطيا إياه القصرة التى تأخذ لونا بنيا خفيفاً من أثر تكرمل السكريات فى العجينة . ويفضل دفع البخار داخل الفرن فى بداية فترة الخبيز لإعطاء قصر الرغيف المظهر اللامع . وعادة تتراوح درجة حرارة فرن الخبيز بين ٤٥٠° ، ٥٠٠° فهرنهيت . وهذه الحرارة كافية لقتل الفطريات والأحياء الدقيقة المرضية الملوثة للعجينة . والأفران الحديثة بعضها يدخله العجين من أحد طرفيه فيحمله سير متحرك أفقيا ويخرج الخبز من الطرف المقابل للفرن الذى يعرف باسم travelling plate oven ، والبعض الآخر من الأفران يدخله العجين من نفس الطرف الذى يخرج منه الخبز ، أى أن الخبز يدور داخل الفرن دورة كاملة ويسمى هذا النوع double – lap oven revolving tray or

وعقب الخبيز يبرد الخبز لمدة ساعتين أو ثلاثة بتركه على رفوف فى الجو



(شكل ٢٠)

تقطيع الخبز الأفرنجى وتغليفه أوتوماتيكيا

العادى أو بوضعه على سيور متحركة داخل الحجرة أو بوضعه على رفوف داخل غرفة تبريد درجة حرارتها ٧٠° إلى ٧٥° فهرنهيت ودرجة رطوبتها النسبية ٨٥ فى المائة ، ويعقب التبريد تقطيع الخبز إلى شرائح وتغليفه أوتوماتيكيا .

صناعة الخبز البلدى :

تصنع فى جمهورية مصر العربية أنواع عدة من الخبز البلدى يأخذ كل منها إسما مميزاً . فمنها الماوى والمجر والشامى والشمسى والبتاو . وتخضع بعض هذه الأنواع لمواصفات تحددها وزارة التموين ، فالخبز الماوى مثلاً يجب ألا يقل قطره عن ثمانية عشر سنتيمتراً ولاتزيد رطوبته عن أربعين فى المائة وهو ساخن أو ٣٩ فى المائة بعد برودته ، بينما الخبز المجر يجب ألا يقل قطره عن تسعة عشر سنتيمتراً ولا تزيد رطوبته عن ٣٧ فى المائة وهو ساخن أو ٣٦ فى المائة وهو بارد ، وأما الخبز الشامى فلا تزيد رطوبته عن ثلاثين فى المائة . كذلك وضعت مواصفات محددة للخبز الأفرنجى الذى ينتج محليا على نطاق تجارى فيجب ألا تزيد رطوبته عن ٣١ فى المائة ، وكذلك الخبز الأفرنجى المعروف باسم المكرونة يجب ألا تتعدى رطوبته ٢٦ فى المائة .

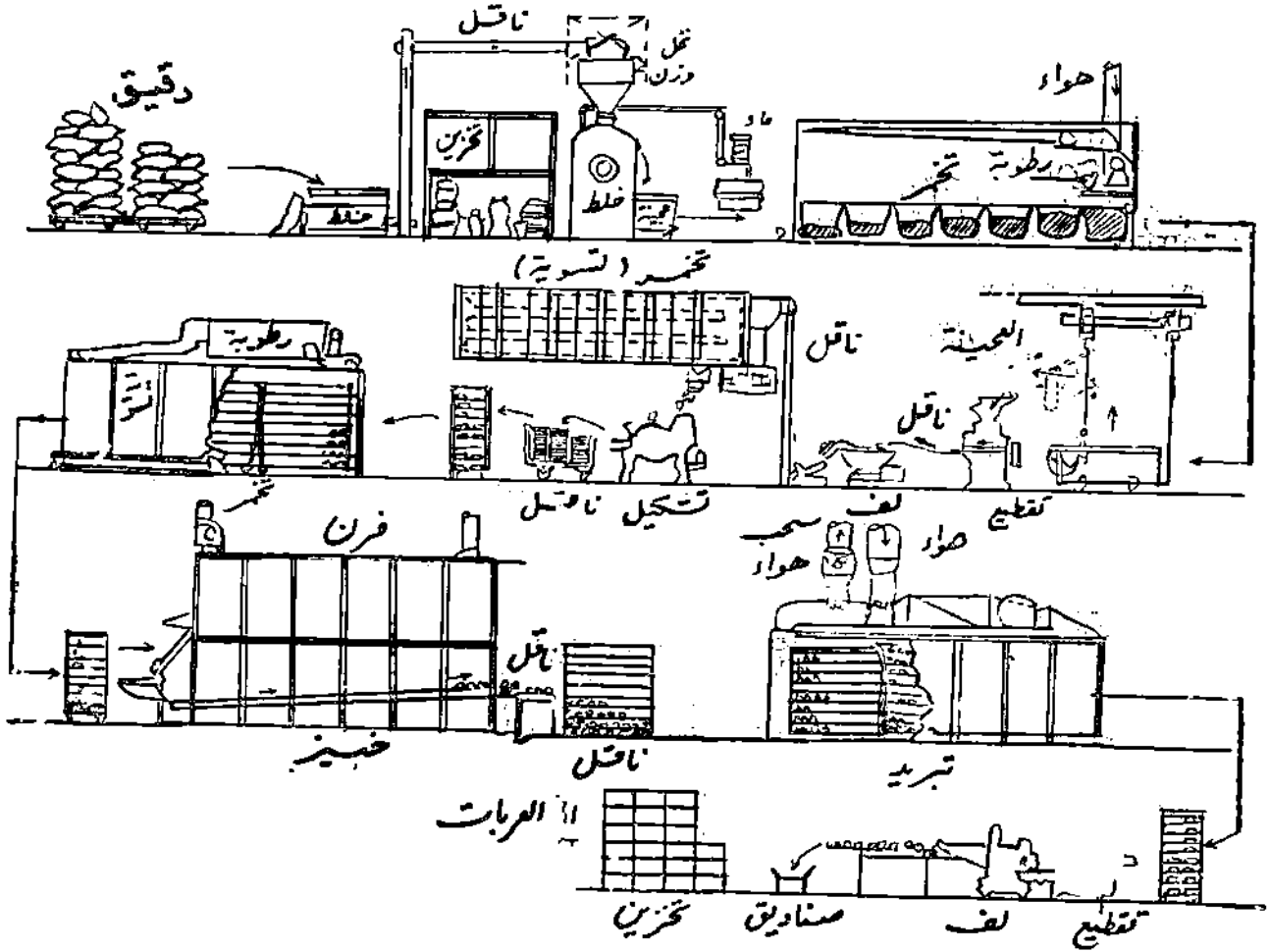
ويصنع الخبز البلدى المصرى باستعمال الخميرة السلطانى أو خميرة الخباز أو خميرة البيرة . ففى حالة الخميرة السلطانى يحتجز جزء من العجين المتخمر المعد للخبيز ويعجن هذا مع كمية مناسبة من الدقيق والماء ويترك فى حوض التخمير حتى اليوم التالى ، ويعتبر هذا الجزء بمثابة الخميرة للعجنة التالية ويسمى بالخمير السلطانى . فتضاف هذه الخميرة السلطانى للدقيق بنسبة ١٢ إلى ١٨ فى المائة ، ويضاف الماء بعدد من اللترات يوازى عدد أقات الدقيق تقريبا ، ثم يضاف الملح بنسبة واحد ونصف

فى المائة تقريبا ، وتخلط العجينة آليا لمدة ثلث ساعة أو يدويا لمدة ثلاثة أرباع الساعة . وتترك العجينة فى حوض التخمر لمدة نصف ساعة تقريبا بعدها تقطع إلى قطع صغيرة وتترك هذه القطع لمـــدة ساعة تقريبا ليستمر تخمرها . وتعفر قطع العجين بالدقيق وتبطط وتترك لمدة تقرب من ساعة ونصف الساعة لتتخمر ثانية . ويلى ذلك خبز الأرغفة المستديرة فى الفرن البلدى على درجة حرارة مرتفعة تزيد على ٣٥٠° مئوية ، وتستغرق عملية الخبيز حوالى ثلاث دقائق .

وفى حالة استعمال خميرة الخباز تضاف هذه للدقيق بنسبة تتراوح بين نصف وواحد فى المائة ، وقد تذاب خميرة البيرة بواقع كيلوجرام واحد منها فى قليل من الماء الدافئ وتضاف لمائة كيلوجرام من الدقيق مع باقى الماء والملح وتمزج العجينة . وفى طريقة أخرى يضاف معلق الخميرة للدقيق مع باقى الماء بدون إضافة الملح وتمزج العجينة وتترك لتتخمر ثم تستعمل لتخمير أربعة أمثال وزنها من الدقيق مع إضافة كميتى الماء والملح اللازمين .

صناعة الخبز الصغير :

يصنع الخبز الصغير rolls بطريقة مشابهة لصناعة الخبز العادى الكبير ، فقط يراعى إضافة مزيد من السكر والمادة الدهنية وأحيانا قليل من اللبن وتقطع العجينة فى ماكينة خاصة إلى قطع صغيرة وتكور فى نفس المـــاكينة . وترص قطع العجين الصغيرة على صوانى الخبيز وتترك لتتخمر كالمعتـــاد فى صناعة الخبز الكبير وتخبز على درجة ٣٩٠° إلى ٤١٠° فهرنهيت لمـــدة أقصر مما يلزم للخبز الكبير .



(شكل ٢١) رسم تخطيطي لمخبز آلي حديث

وفى حالة الرغبة فى إنتاج الخبز الصغير المحلّى أو المنتجات المتخمرة المحلاة تتبع طريقة العجين العادية . فتمزج المكونات جميعها معاً دفعة واحدة وتخمر العجينة كالمعتاد ، بعدها تقطع العجينة إلى قطع صغيرة وتكور وتترك بعض الوقت ثم تفرد أى تبطط آليا فى ماكينة الفرد Sheeting rolls بالسمك المتمشى مع نوع الإنتاج المرغوب . ويلى ذلك تشكيل العجينة لتأخذ شكل الناتج المطلوب ، أو تحفظ العجينة فى غرفة مبردة على درجة ٣٥° فهرنهيت ودرجة الرطوبة النسبية فى جو الغرفة ٩٥ فى المائة إلى أن يحين وقت التشغيل والإنتاج فتدفأ العجينة إلى درجة حرارة الجو العادية وتشكل . ويضاف الحشو للعجينة ويعاد تشكيل العجينة فى الشكل المطلوب ، أو فى حالة عدم إضافة الحشو تقطع العجينة المفرودة بالأحجام المطلوبة أثناء مرورها على سير ناقل بعد خروجها من ماكينة الفرد . وتترك قطع العجين بعد ذلك فى صندوق التسوية لتتخمر ، وبعد الاستواء تخبز العجينة على درجة حرارة تقرب من ٤١٠° إلى ٤٤٠° فهرنهيت ثم تبرد المنتجات وتغلف أوتوماتيكياً .

وفى صناعة البسكوت الجاف Crackers تستعمل طريقة العجينة الإسفنجية المتبعة فى صناعة الخبز الأفرنجى ، فقط يراعى جفاف وتماسك العجينة نسبيا . وبعد إنتهاء تخمر العجينة الكاملة تفرد العجينة آليا على هيئة شريحة ذات سمك معين ، وتقطع هذه الشريحة بالأبعاد المناسبة للبسكوت . وتخبز قطع البسكوت على درجة ٥٠٠° إلى ٥٢٥° فهرنهيت فى فرن متحرك band oven ثم تبرد وتغلف .

صناعة القرص :

تصنع عجينة القرص cookies بطريقة مشابهة لعجينة البسكوت الجاف . فتمزج مكونات العجينة معا مضافاً إليها مسحوق الخبيز بدلا من الخميرة ، ثم تقطع العجينة آليا بالحجم والشكل المطلوبين وتخبز

مباشرة على درجة ٣٥٠° إلى ٤٢٥° فهرنهيت وتبرد وتغلف . وقد تغطى القرص بغطاء سكرى أو بالشيكولاته ويجرى ذلك الآن آليا .

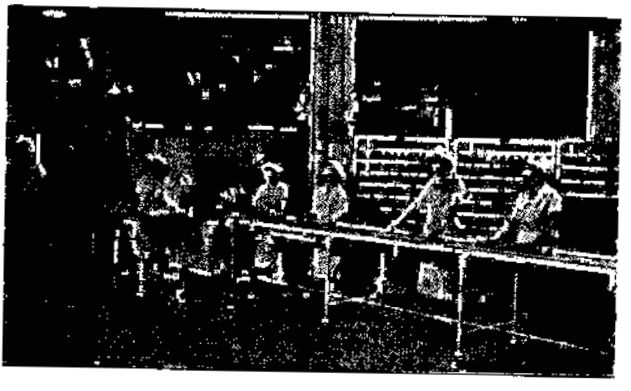
صناعة الكيك :

يستعمل فى صناعة الكعك cake نوع خاص من خلاطات العجين يمكن به ضمان تهوية العجينة وثبات المستحلب بها . ويراعى فى عمل عجينة الكعك ضبط درجة حرارة كل من الماء والبيض ليتسنى عمل عجينة ذات درجة حرارة معينة . وتصب العجينة السائلة فى قوالب الكعك يدوياً أو أوتوماتيكيا . ويخبز الكعك على درجة حرارة تتراوح بين ٣٠٠° ، ٤٣٠° فهرنهيت لمدة تتراوح بين عشرة دقائق وثلاث ساعات تبعا لنوع الكعك وحجمه وشكله . ويراعى عدم ارتفاع حرارة الفرن عن اللازم منعا لتصلب وإزدياد سمك قصرة الكعك أو تشققها بسبب سرعة تمدد الغاز . بينما يلاحظ أن انخفاض درجة حرارة الفرن عن اللازم يؤدى إلى طول فترة الخبيز وجفاف الكعك نسبياً . والدرجة المناسبة لكعك القوالب هى ٣٠٠° إلى ٣٤٠° فهرنهيت وللكعك الطبقى ٣٥٠° إلى ٤٠٠° فهرنهيت ولكعك الملاك والكعك الأسفنجى ٣٧٠° إلى ٤٢٠° فهرنهيت . ويعقب عملية الخبيز تبريد الكعك على أرفف فى جو الغرفة العادى . وقد يغطى الكعك بغطاء سكرى بإمراره فى ماكينة معدة لهذا الغرض ، كما قد تغطى شرائح الكعك بالجلى وتلف فى هيئة أسطوانة عقب خروج شرائح الكعك من الفرن .

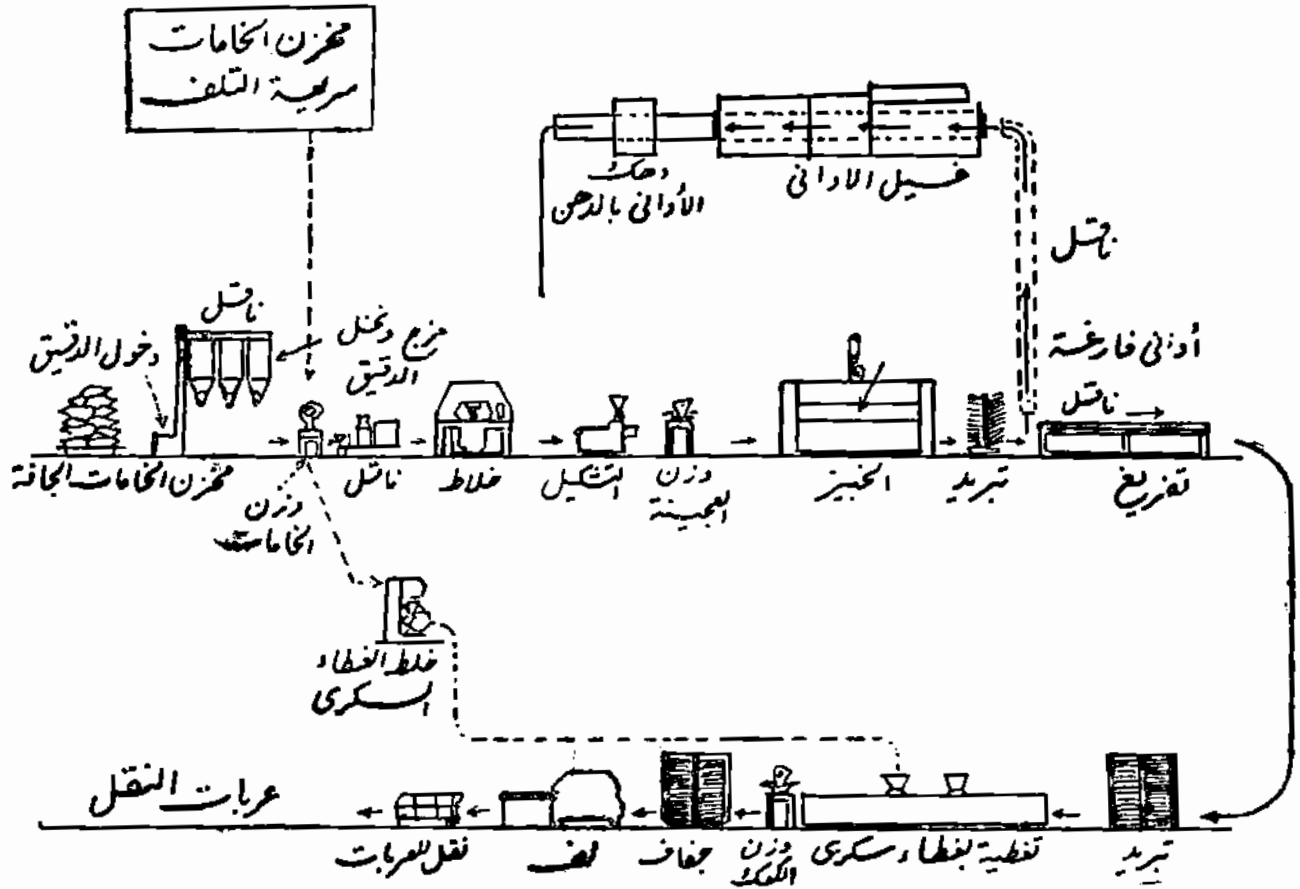
صناعة الدونات :

تحضر عجينة الدونات doughnuts بطريقة مشابهة لطريقة كعك القوالب، ويفضل أن تكون درجة حرارة العجينة ٧٠° إلى ٧٥° فهرنهيت عند الخلط. ففي حالة إزدياد درجة حرارة العجينة عن المناسب يصغر حجم الدونات

(شكل ٢٢)
تغطية القرص بالشيكولاتة أوتوماتيكياً



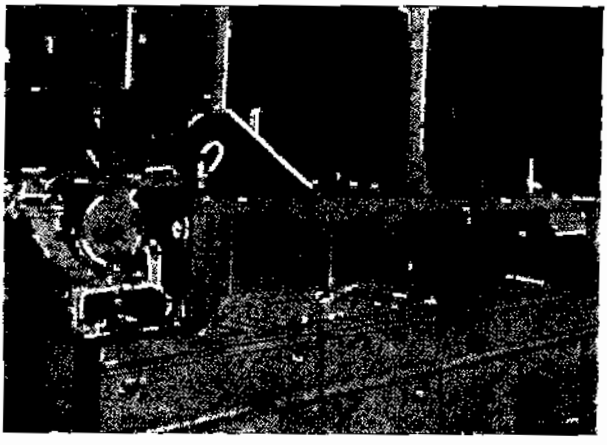
(شكل ٢٣)
تغطية الكعك بالشيكولاتة ولفه Jelly-roll



(شكل ٢٤) رسم تخطيطى لمصنع كعك آلى حديث

ويتغير تشكيلها وقد ينخفض وزنها عن المقرر ، بينما فى حالة برودة العجينة تطول فترة التحمير . توضع العجينة بعد الخلط مباشرة فى ماكينة تقطيع الدونات ، وهذه الماكينة تتساقط منها قطع العجينة فى الزيت المسخن على درجة ٣٧٠° إلى ٣٨٠° فهرنهيت . ويراعى تقليب قطع الدونات بعد أن تبلغ نصف درجة استوائها .

والمعروف أن الدونات قد تمتص الزيت بكمية تزيد عن المناسب أحيانا مما يؤدى إلى ظهور الطعم الدهنى بها ، ويرجع ذلك إلى زيادة مدة خلط العجينة عن اللازم أو برودة العجينة أو ارتفاع درجة حرارة العجينة أو انخفاض درجة حرارة الزيت أو زيادة درجة حرارة زيت التحمير عن اللازم أو عدم تقليب الدونات . كما قد يحدث أن تقل نسبة الزيت الممتصة عن المألوف فتقصر مدة احتفاظ الدونات بطعمها الطازج . وعادة تبرد الدونات فى الهواء بعد تحميرها ثم تعفر بالسكر البودرة المضاف إليه قليل من الدقيق والدهن .



(شكل ٢٥)

ماكينة تقطيع وتحمير الدونات

تنظيف وتطهير المخابز :

من الموضوعات بالغة الأهمية فى التصنيع الغذائى موضوع النظافة . وقد أصبح المستهلك فى عامة الدول المتمدينة الآن يولى موضوع نظافة المنتجات أهمية بالغة ، لذلك فقد أصبح متعذراً تسويق المنتجات الملوثة فى الوقت الذى يمكن فيه العثور على منتجات مماثلة تتميز بالنظافة وبخلوها من الشوائب فوجود الشوائب فى الخبز ، مثل شعر القوارض أو برازها أو أجزاء الحشرات أوالرمل ، يدل دلالة واضحة على عدم اتباع المخبز لبرنامج خاص بالنظافة وعدم فحص خامات الخبيز أو عدم العناية بتخزينها. لذلك أصبح مألوفاً فى المخابز الآلية الحديثة أن يتفرغ لأعمال النظافة متخصصون وأن تفحص جميع الخامات الواردة للمخبز من وجهة تلوثها بمعرفة فنيين وأن يوقع الكشف الطبى على عمال المخابز فى فترات دورية للتأكد من عدم إصابتهم بأمراض معدية بجانب التأكد من نظافة مظهرهم. ويراعى فى الشخص المتفرغ للإشراف على تنفيذ برنامج نظافة المخبز sanitation أن يكون مثقفاً ليتسنى له الاطلاع على المبتكرات العلمية والصناعية الحديثة المتعلقة بمواد وطرق التطهير أو الفحص . ويشترك فى الرأى مع المشرف على تنفيذ برنامج النظافة مدير المصنع manager ومدير الإنتاج production superintendent ومهندس المصنع chiet engineer ورؤساء العمل . ويجرى التفتيش على تنفيذ برنامج النظافة أسبوعياً على الأقل .

ويحدد فى برنامج النظافة عمليات التنظيف التى يجب أن تجرى يومياً والأخرى التى يجب أن تجرى أسبوعياً والأخيرة .التى تجرى على فترات متباعدة ، ثم توزع هذه الأعمال على العدد المناسب من العمال الذين يلزم إمدادهم بما يكفيهم من أدوات النظافة والمواد المطهرة ومبيدات الحشرات والقوارض ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار عند توزيع برنامج النظافة ما قد يطرأ من عمليات تستدعى مباشرة النظافة فوراً مثل التصليحات الميكانيكية

التى تطرأ على آلات المخبز . كما يجب أن يكون هدف عمال النظافة هو إزالة مسببات التلوث بالحشرات والقوارض أيضاً لا أن يقتصر على إزالة العفونة والمخلفات . وهذا يعنى أن عمليات نظافة المخبز لاتستهدف الرش بالمطهرات disinfectants وبمبيدات الحشرات Insecticides وبمبيدات القوارض robenticides فقط ، وإنما يجب أن تستمر عمليات النظافة العادية وتستخدم مثل هذه المواد الكيميائية أثناء النظافة لضمان حسن النتيجة . ومن الحكمة أن يؤخذ بمبدأ الوقاية خير من العلاج .

وعند إنشاء المخبز الآلى يمكن أن تراعى بعض الاشتراطات فى تنفيذ المبنى ليصبح مانعاً لإيواء القوارض . ومن هذه الاشتراطات أن لايتجاوز قطر جميع فتحات المبنى الصغيرة المؤدية لخارج المصنع ثلاثة أثمان البوصة وألا تترك فتحات صغيرة فى المبانى بعد إنتزاع أوتثبيت مواسير فى الجدران . ويراعى فى داخل المبنى عدم وجود شقوق أو زوايا يمكن أن تختبىء فيها الفيران الصغيرة التى قد تدخل المخبز ضمن بعض الخامات أوفى داخل صناديق التعبئة . وعلى عمال النظافة دوام ملاحظة مثل هذه الشقوق والفتحات واستمرار تنظيفها . وأكثر مناطق المخبز عرضة للتلوث هى مخازن المنتجات أو الخامات أو الكهنة أو العبوات . فمثل هذه المخازن يفضل المداومة على تنظيفها وكذلك نقل محتوياتها كل ثلاثة أسابيع تقريباً . ويجب تغطية النوافذ بشباك من السلك تمنع دخول الذباب ، كما ترش أرضية وجو المخبز بمحلول مبيد للحشرات فى أيام العطلة الأسبوعية للمخبز .

وعموماً يعتقد أن القوارض والحشرات تكثر فى المخابز بدافع توفر الرطوبة والغذاء والدفء والمأوى ، ففى النظافة الوقائية sanitation preventive تتركز العمليات حول التخلص من بقايا المنتجات التى تصلح كغذاء وسد الشقوق وتطهير الزوايا التى قد تستخدم كمأوى وتقليل الرطوبة بقدر الإمكان . ويجب أن يعتنى بنظافة أجزاء الآلات التى يتراكم

فيها قليل من الدقيق أثناء العمل منعا لفقس بويضات الحشرات إن وجدت أصلا فى الدقيق مما يسبب تكاثر الحشرات وتلوث المخبز ، ويفضل تدخين هذه الأجزاء أو غسلها بالمطهرات كل ثلاثة أسابيع تقريبا أما الأجزاء الخشبية المهشمة التى تتعرض للتلوث بالحشرات دواماً فيجب تغيرها . ومثل هذه الأعمال يتعاون فيهـا المهندس الميكانيكى للمصنع مع المشرف على النظافة :

عند استلام الدقيق من المخبز تؤخذ عينة تقرب من خمسة أرطال من كل من عشرة جوالات تمثل شحنة الدقيق الواردة وتنخل هذه العينة بمنخل سلك (٣٠ ثقب) ثم تعد الحشرات المتخلفة على المنخل . ويجب ألا يزيد متوسط عدد الحشرات الحية عن واحدة فى الجوال الواحد. كذلك الخامات الأخرى كاللبن المجفف والزبيب والكاكاو والشيكولاتة والنقل يجب فحصها . وتخزن جوالات الدقيق فى مجموعات صغيرة بينها ممرات ضيقة تسمح بمرور الفاحص بينها كل ثلاثة أسابيع ، ويراعى أن تكون الجوالات مرتفعة عن أرضية المخازن بمسافة خمسة وعشرين سنتيمتراً على الأقل . وتخزن الخامات الأخرى فى حجرات مبردة تقل درجة حرارتها عن ٥٠° فهرنهيت ، فهذه الدرجة تحول دون نمو الحشرات لكنها لا تعوق الفيران الصغيرة . ويجب تزويد المخابز بمراوح تدفع غبار الدقيق للخارج منعا لتراكمه فيصبح بيئة لنمو الأحياء الدقيقة والحشرات .

وتتضمن النظافة اليومية غسيل أوعية الخلط ومضارب الخلاطات والأدوات والمناضد وكل ما يمس الإنتاج اليومى . وتضمن النظافة الأسبوعية غسيل جسم الخلاطات وأرضيات الحجرات . وتتضمن النظافة الشهرية غسيل النوافذ وتنظيف الجدران ومعدات النقل والرش بالمطهرات والمبيدات وتجهيز مصايد الفيران .

وبالنسبة لعمال المخابز الآلية لايجوز الإرتكان على تعرضهم للدرجة حرارة مرتفعة أثناء العمل بحجة أن هذا يقتل الأحياء الدقيقة الملوثة لملابسهم أو أظافرهم فكثيراً ما تنتقل عدوى التيفود أو البكتريا السامة إلى المستهلكين عن طريق الخبز أو حشو الكعك . وقد يكون مصدر التلوث ملابس العمال أو أيديهم التى تعرضت للتلوث قبيل دخولهم المخبز لذلك وجب أن تزود المخابز الحديثة بدورات للمياه يعتنى بنظافتها ويلزم العمال بالاغتسال فيها قبيل بدء العمل .

ولمقاومة القوارض يتحتم استعمال مواد سامة للتخلص من الأعداد الكبيرة منها ، فإذا ما قل العدد أصبح ممكناً استعمال المصايد . ومن هذه المواد السامة المستحضر التجارى المعروف فى الدول الأجنبية باسم warfarin الذى يسبب للفأر نزيفاً داخلياً يستمر حتى الموت. وهذه المادة السامة تعتبر مأمونة الاستعمال مقارنة بالسموم الشديدة الأخرى كالزنيخ والاستركنين والثاليوم . لكن يجب أن يؤخذ الحذر تماما عند استعمال أى مادة قاتلة للقوارض لتحاشى تلوث المنتجات بالمادة السامة ومن المخاليط التى شاع استعمالها فى الماضى لهذا الغرض مخلوط DDT وكلوردين chlordane بنسبة خمسة فى المائة من الأول واثنين فى المائة من الثانى ، غير أن هذا المخلوط بطل استعماله لشدة سميته وخطورة استعماله فى المخابز . وحاليا تستعمل مخاليط من مشتقات البيرثرين pyrethrins والروتينون rotenone أو من مركب piperonyl butoxide أو من مخلوط البيريثرم والبيرونيل بيوتوكسيد المعروف تجاريا باسم pyrenone فهذه المخاليط تهلك الآفات بملامستها وهى تتميز على مخلوط DDT وكلوردين بأن مفعولها ينتهى بعد مدة معينة فتصبح غير سامة وغير خطرة . ومن المواد المعروفة فى هذا المجال أيضا methoxychlor و lindane لكن هاتين المادتين لاينصح باستعمالها .

ولمقاومة الذباب والحشرات الطيارة يمكن الرش ببعض المواد السابق

ذكرها مثل البيرثرين والبيرونيل بوتوكسيد والبيرينون ومشتقات البيرثرم والروتينون ، لكنه لايجوز الرش بالكلوردين أو DDT أو الميثوكسى كلور أو الليندين فى المخابز . ويجب تغطية المنتجات والخامات قبل البدء فى رش غرف المخابز منعاً لتلوثها بالمواد السامة .

وفى حالة الرش بمخلوط DDT وكلوردين تتبع الإرشادات التالية :

١ – يستعمل محلول DDT بتركيز خمسة فى المائة أو محلول كلوردين بنسبة اثنين فى المائة . ويلزم استعمال مذيب عديم اللون والرائحة لايسبب تآكل أو تبقع المعدات .

٢ – تستعمل رشاشات قوة ضغطها ٣٢ إلى ٥٠ رطل فى الهواء .

٣ – ترش السطوح من على مسافة ثمانية عشر بوصة بانتظام، وتغطى الجدران بالسائل إلى ارتفاع خمسة أقدام وتغطى الأرضية المجاورة للجدارن بالمحلول لمسافة ثلاثة أقدام .

٤ – تترك النوافذ مفتوحة أثناء الرش ، وتطفأ النيران فى أماكن الرش منعا لاشتعال المذيب ، ويحترس عند رش أماكن توصيل الكهرباء لأن المحلول يعتبر موصلاً للكهرباء ، وينصح القائم بالرش بارتداء قفاز من المطاط .

٥ – يتحاشى تماماً رش خامات الخبز أو المنتجات بالمحلول .

٦ – يفضل محلول الكلوردين فى رش الأماكن الرطبة والبالوعات .

وفى مصايد الفيران توضع مواد غذائية لاجتذاب الحيوانات . مثال ذلك إستعمال مخلوط من ٩٥ فى المائة مطحون ذرة صفراء جافة مع خمسة فى المائة شحم خنزير مسيح ، أو يستعمل ٩٥ فى المائة لبابة خبز أو كعك جافة مع خمسة فى المائة عسل جلوكوز أو عسل نحل . ويجفف المخلوط وينخل ويحفظ .

ويتلخص ما سبق فى النقاط التالية المحددة لبرنامج النظافة :

(أ) الإدارة والإشراف :

١ ــ المدير العام :

(أ) يجب أن يكون ملماً بأصول عمليات التطهير .

(ب) يجب أن يشترك بنفسه فى الإشراف على تنفيذ برنامج النظافة كلما سمح وقته بذلك .

(جـ) يجب أن يسهل للقائمين بعمليات النظافة مهمة الحصول على الأدوات والمواد اللازمة لعملهم .

٢ ــ المشرف على النظافة :

(أ) تحدد مسئوليته أمام المدير العام مباشرة .

(ب) يجب أن يكون ملماً بالعمليات الجارية فى المخبز .

(جـ) يجب أن يكون متفرغا للإشراف على تنفيذ برنامج النظافة .

(د) يقوم بالتفتيش على عمليات النظافة الجارية والتى تمت كالغسيل والرش والتدخين وتجهيز المصايد .

(هـ) يجب أن يقوم بتثقيف عماله من وجهة عمليات التطهير .

(ب) التفتيش :

١ ــ تشكل لجنة لأعمال النظافة والتطهير من المدير المشرف ومدير الإنتاج والمهندس الميكانيكى ومدير المبيعات . وهذه اللجنة تحدد برنامج النظافة وتهيء التسهيلات اللازمة .

٢ ــ تحدد اللجنة شهرياً من يقوم بالتفتيش على جهات معينة فى المخبز وتتلقى اللجنة تقريراً فى هذا الشأن .

(جـ) فحص الخامات :

١ – تفحص عينات الدقيق بمجرد إستلامها .

٢ – تفحص عبوات الخامات نفسها من الداخل فقد تحتوى على حشرات .

٣ – تفحص عبوات المنتجات قبل تغليفها وتعبئتها مباشرة .

(د) أعمال النظافة :

١ – تحدد المساحات أو القطع الواجب تطهيرها أو تنظيفها .

٢ – لا يختص عامل معين بمساحة معينة ، بل يتبادل العمال فى جميع الأعمال .

٣ – تعطى بعض أعمال النظافة الهامة أولوية ، وترتب جميع العمليات وفق مدى أهميتها .

(هـ) مقاومة الآفات :

١ – مقاومة القوارض :

(أ) يجب أن يكون المدير العام على علم بالأماكن التى سيجرى رشها ومتى سيجرى الرش .

(ب) تستعمل المطهرات أو المبيدات غير الخطرة مثل red squill للفيران ، ANTU للفيران ، warfarin للقوارض عامة .

٢ – مقاومة الحشرات :

(أ) يستعمل DDT أو الكلوردين بغاية الإحتراس لإبادة السوس وما شابهه .

(ب) يستعمل البيرثرم أو البيرونيل بوتوكسيد أو مشتقات الروتينون للرش ضد الذباب والحشرات الطيارة .

عملية خلط العجينة :

تخلط مكونات العجينة معاً لغرضين ، أولهما توزيع جميع المكونات فى مخلوط متجانس ، وثانيهما تكوين شبكة الجلوتين بالدرجة المناسبة التى تتمشى مع مرونة وتأدرت العجينة . ويستلزم تحقيق غرضى الخلط التحكم فى درجة الحرارة وسرعة ومدى الخلط ومكونات العجينة ، بعضها أساسى وبعضها اختيارى . فمثلاً فى صناعة الخبز الأفرنجى تضاف المكونات بالنسب التالية منسوبة إلى وزن الدقيق : دقيق ١٠٠ ، ماء ٦٥ تقريباً ، خميرة ٢ ، ملح أمونيوم ٠,٢٥ — ٠,٥٠ ، مولت ٠,٥ — ١,٠ ، ملح طعام ٢ ، سكر ٦ ، جوامد لبنية خالية من الدسم ٦ ، مادة دهنية ٤ . وقد يضاف فى مثل هذه الخلطة دقيق بطاطا أو مسحوق خميرة ميتة أو دقيق فول صويا أو دقيق بذرة قطن أو فول سودانى أو شرش مجفف . ويجب عند إضافة مثل هذه المواد مراعاة ذوق المستهلك وكذلك إمكانيات المخبز الآلى .

وتضاف مكونات العجينة فى الخلاط بالتتابع وفق ما يتمشى مع نوع المكونات وصفات الخلاطات المستخدمة . فى الخلاط الرأسى مثلاً يوضع فى وعاء الخلاط كمية الماء بعد ضبط درجة حرارته وبعد حجز جزء منه لتذاب فيه الخميرة ، ثم يضاف فى الوعاء السكر والملح والمولت وغذاء الخميرة وتذاب هذه فى الماء جيداً وبعدها تدار ماكينة الخلط ببطء ويضاف نصف كمية الدقيق تقريباً أثناء ذلك ويستمر الخلط لمدة نصف دقيقة يضاف بعدها معلق الخميرة وباقى الدقيق ، ثم يستمر فى الخلط لمدة حوالى ثلاث دقائق يتلوها إضافة الدهن . ويستمر الخلط بعد ذلك حتى تتكون العجينة بالقوام المرغوب . ويستغرق ذلك حوالى ثمانية إلى اثنى عشر دقيقة تبعاً لسرعة الخلاط . وفى الخلاط الأفقى السريع تبدأ عملية الخلط بوضع جميع المكونات الجافة فى وعاء الخلاط ومزجها معاً حتى تتجانس بتشغيل الخلاط فترة قصيرة جداً ، ثم يضاف معلق الخميرة المحضر برج الخميرة فى قليل من الماء على درجة حرارة ٦٠° إلى ٧٠° فهرنهيت ،

ويضاف أيضاً ماء العجن وعسل المولت وباقى المكونات السائلة ، ويستمر الخلط نصف المدة المقررة وبعدها يضاف الدهن ويستمر فى الخلط حتى تمام تكون العجينة . وأحياناً يفضل الخباز إذابة المكونات الصغيرة الكمية جميعها فى قليل من ماء العجن فى خلاط صغير خارجى ثم يضاف المحلول دفعة واحدة فى الخلاط . كما يفضل بعض الخبازين نخل الجوامد اللبنية مع الدقيق أو وضعها على سطح الدقيق فى الخلاط ، وبذلك يضمن عدم تكتلها فى الخلاط . ومن الأهمية بمكان ملاحظة عمل معلق الخميرة خالياً تماماً من الملح والسكر والمولت وغذاء الخميرة إذ أن هذه المواد إن وجدت فى معلق الخميرة تسبب بلزمتها . ويرجع سبب إضافة الدهن فى نهاية الخلط إلى تحاشى تأثيره الملين الدهنى على خيوط الجلوتين فى بداية الخلط إذ أن هذا التأثير يسبب عدم تماسكها أو التحامها ، بينما عندما يضاف الدهن فى منتصف مدة الخلط تكون شبكة الجلوتين قد تكونت بالفعل ويفيدها أثر التشحيم . ولضمان تماما انتشار الدهن بشكل متجانس فى العجينة ينصح بتسييح الدهن قبل إضافته فى الخلاط ، أو قد تضاف معه بعض مواد الاستحلاب .

والطريقتان الأساسيتان للخلط فى صناعة الخبز الأفرنجى والمنتجات المخبوزة هما الطريقة العادية Straight dough method وطريقة العجينة الإسفنجية Sponge dough method وقد سبق شرحهما فى بداية لهذا الفصل من الكتاب . وهناك الكثير من التعديلات التى اعتاد الخبازون إدخالها على هاتين الطريقتين . فمن هذه التعديلات مثلاً ما سمى بطريقة الخلط المزدوج remixed straight dough وفيها تخلط جميع المكونات بالطريقة العادية مع احتجاز حوالى ثمانية فى المائة من ماء العجن ، وتحدد مدة الخلط بفترة مساوية لنظيرتها فى الفترة الأولى من طريقة العجينة الإسفنجية ، وتترك العجينة على درجة ٧٨ إلى ٨٢° فهرنهيت مدة ساعتين إلى ساعتين ونصف لتتخمر باستعمال ٢,٥ فى المائة خميرة ونصف فى المائة غذاء خميرة

ثم تعاد العجينة بعد تخمرها إلى الخلاط ، دون أن تضغط أو تلف ، ويضاف إليها الماء المحتجز وتخلط حتى ينعم قوامها ثم تترك لتعاود تخمرها خلال ربع أو نصف ساعة . وتتميز هذه الطريقة المعدلة بإعطاء خبز متجانس حسن الصفات والطعم والنكهة . وفى طريقة أخرى معدلة تعرف باسم طريقة عدم الضغط do punch dough method تخلط العجينة بشدة فى خلاط سرعته حوالى ٦٥ دورة فى الدقيقة لمدة طويلة نسبيا تبلغ ١٢ إلى ١٨ دقيقة تبعاً لمدى تحمل الدقيق المستعمل للخلط ، وفى هذه الطريقة تستعمل المكونات بالنسب التالية منسوبة إلى الدقيق : دقيق ١٠٠ ، ماء ٦٢ ، خميرة ٢ ، غذاء خميرة ٠,٣٧٥ ، مولت ١ ، ملح الطعام ٢ ، سكر ٥ ، لبن ٤ ، دهن ٤ . وتضبط درجة حرارة هذه العجينة الأخيرة عند ٧٨° فهرنهيت وتترك لتتخمر مدة ثلاث ساعات ونصف تقريباً ، بعدها تقطع آليا بدون ضغطها . وفى طريقة أخرى تعرف باسم الطريقة الإسفنجية البحته 1 oo percent sponge method يمزج كل الدقيق مع معظم الماء وكل الخميرة وغذاء الخميرة والمولت والدهن فى بداية الخلط ، وتترك هذه العجينة لتتخمر حوالى ثلاث ساعات وربع ، بعدها توضع العجينة فى الخلاط ويضاف إليها باقى الماء والملح والسكر واللبن ويستمر فى الخلط بشدة . والمكونات المستعملة فى تحضير العجينة بهذه الطريقة الإسفنجية البحتة ، منسوبة للدقيق ، تكون بالنسب التالية . فى العجينة المبدئية ١٠٠ دقيق ، ٥٢ ماء ، ٢ خميرة ، ٠,٣٧٥ غذاء خميرة ، ١ مولت ، ٤ دهن ، وفى العجينة النهائية ١٢ ماء ، ٢ ملح ، ٥ سكر ، ٤ لبن . تضبط درجة حرارة العجينة الإسفنجية عند٧٧° فهرنهيت ومدة الخلط ثلاث دقائق بسرعة ٦٥ دورة فى الدقيقة ومدة التخمر ثلاث ساعات وخمسة وعشرين دقيقة تقريبا . أما العجينة النهائية فتضبط درجة حرارتها عند٨٠° فهرنهيت ومدة الخلط دقيقتان بالسرعة البطيئة وإثنى عشر دقيقة بالسرعة الكبيرة ومدة التخمر ثلث ساعة . وبذلك تكون المدة التى يستغرقها تحضير

العجينة الإسفنجية البحتة أربع ساعات . وتتميز هذه الطريقة الأخيرة بإعطاء خبز صغير ناعم الطعم قوى النكهة ، كما أن المدة التى تستغرقها هذه الطريقة أقصر قليلا من الطرق الأخرى وهذا مما يساعد على تحسين صفات الخبيز .

كيفية تكوين العجينة أثناء الخلط :

خلط العجينة للدرجة المناسبة ذو أهمية بالغة فى تسهيل تداول العجينة فى المخبز وفى تحديد صفات المنتجات . وليس من السهل معالجة العجينة التى تعرضت لأخطاء فى الخلط . فعدم بلوغ هذه الدرجة المناسبة للخلط يؤدى إلى تقعر جوانب الرغيف وصغر حجم وكبر مسام لبابته وزيادة لزوجة العجينة مما يصعب تداولها . بينما زيادة الخلط عن اللازم تجعل العجينة سائلة ولزجة يصعب تشكيلها وتظهر على الخبز نفس العيوب السابق ذكرها .

تمر العجينة أثناء خلطها بثلاث مراحل ، فى الأولى تمتزج المكونات ببعضها لتكون كتلاً متجانسة تتحول فيها جميع المكونات القابلة للذوبان إلى محلول وتبتل النشا والبروتينات . وتختلف المدة اللازمة للخلط فى هذه المرحلة تبعا لقوة الدقيق ودرجة إمتصاصه للماء ونوع ونسب مكونات العجينة وسرعة الخلاط . وتتماسك كتل العجين ببعضها بعد نهاية مرحلة البداية pickup stage فتصبح العجينة كتلة واحدة فى نهاية مرحلة التماسك cleanup stage وتتميز بالنعومة والمطاطية والتماسك وخلو سطحها من البلل . وباستمرار خلط العجينة بعد هذه المرحلة يقل تماسك العجينة وتأخذ مظهرها الحريرى وتزداد مطاطيتها وتبدو على حدافات الخلاط فى شبه شرائح مطاطه ، وهذا ينبئ بنهاية المرحلة الثانية لخلط وبدء المرحلة الثالثة وتعرف باسم letdown stage ولا يجوز استمرار الخلط بعد المرحلة الأخيرة لأن هذا يمزق العجينة ويفقدها مرونتها بسبب إتلاف تركيب الجلوتين من جزاء الضرب الميكانيكى ونشاط الإنزيمات البروتينية

وتحلل النشا بفعل إنزيمات الألفا أميليز وبسبب الفعل الكيميائى للجلوياثيون والسستئين وقد وجد أن إضافة أيونات البرومات أو الكلوريد أو الكالسيوم أو المغنسيوم أو الكبريتات أو الكربونات بنسب ضئيلة تقلل من سرعة تدهور تماسك العجينة . وهذا التدهور تتأثر سرعته أيضاً بدرجة تركيز أيون الإيدرجين فى العجينة وبوجود الجوامد اللبنية وبوسيلة تكييف القمح قبل طحنه .

وتزداد مدة الخلط فى حالة الدقيق القوى عنها فى حالة الدقيق المتوسط والضعيف ، كما تزداد فى حالة إضافة الجوامد اللبنية إذ أن هذه تزيد من قوة الدقيق . وتفضل السرعة المتوسطة فى الخلط عادة إذ لوحظ أنها تنتج خبزاً أجود صفاتاً . وتطول مدة الخلط أيضا بارتفاع درجة امتصاص الدقيق للماء التى يتسبب عنها زيادة وزن العجينة وزيادة وزن الخبز الناتج وزيادة الرطوبة فى الخبز .

تبريد العجينة أثناء الخلط :

ترتفع درجة الحرارة أثناء خلط العجينة آليا بتأثير موتور الخلاط وبسبب تأدرت النشا . وتبلغ الزيادة فى الحرارة حوالى ٤٢,٤ وحدة حرارة بريطانية لكل حصان واحد من قوة الموتور فى الدقيقة الواحدة من مدة الخلط . وهذه الحرارة يجب تحاشيها لتبقى حرارة العجينة عند ٧٨ إلى ٨٠° فهرنهيت . والطرق الثلاث الشائعة فى خفض درجة حرارة العجينة هى باستعمال قطع الثلج أو باستعمال ماء العجين بارداً أو بتبريد وعاء الخلاط . فمى الطريقة الأولى ينعم الثلج جيداً قبل إضافته لمكونات العجينة ليسهل ذوبانه أثناء الخلط وبذلك يتحاشى تكوين جيوب مائية فى العجية أثناء تخمرها . وحالياً توجد وحدات ميكانيكية صغيرة الحجم تشغل مساحة لاتتجاوز ستة أقدام مربعة من أرضية المخبز ويمكن للوحدة من هذه

إنتاج طن من الثلج فى اليوم الواحد . وتتكون الوحدة من اسطوانة مبردة تدور حول نفسها مغمورة فى الماء فيجتمع الثلج على سطح الأسطوانة فى هيئة طبقة رقيقة بسمك عشر بوصة تقريباً ، وهذا الثلج يفصل عن الأسطوانة آليا بواسطة سكينة تعلو الأسطوانة . وتعتبر طريقة التبريد بإضافة الثلج مناسبة للمخابز الصغيرة فقط ، وأهم الصعوبات فى استخدامها ترجع إلى ضرورة حساب كمية الثلج المناسبة لكميات مكونات العجينة . وفى الطريقة الثانية تستعمل وحدات ميكانيكية تمد الخبز بالماء البارد على درجة حرارة ٣٥ إلى ٤٠° فهرنهيت ، وهذا الماء يستعمل قدر منه فى عمل العجينة . وهذه الطريقة الثانية ثبتت صلاحيتها ، فقط لوحظ فى طريقة العجينة الإسفنجية أن الماء البارد المضاف فى إعادة الخلط لا يؤدى الغرض كاملاً ، لذلك ينصح بتبريد وعاء الخلاط نفسه . وفى الطريقة الثالثة يحاط جدار وعاء الخلاط بفراغ يمر فيه سائل مبرد أو سائل التبريد نفسه الذى يتحول فى هذا الفراغ إلى غاز فيمتص الحرارة .

ولتقدير كمية الثلج الواجب إضافتها فى الخلاط لضبط درجة حرارة العجينة الإسفنجية عند حد معين ، يلزم معرفة درجة حرارة الدقيق ودرجة حرارة جو الغرفة ومقدار الارتفاع فى درجة الحرارة أثناء الخلط بتأثير تأدرت النشا وبالتأثير الميكانيكى ودرجة حرارة الماء المعد للعجن . وجميع درجات الحرارة المطلوبة تقاس بالترمومتر فيما عدا الارتفاع فى درجة الحرارة أثناء الخلط فيقاس بالتجارب العملية ، وفيها يحسب مقدار الارتفاع فى درجة الحرارة بضرب درجة حرارة العجينة الناتجة فى ثلاثة وطرح مجموع درجات حرارة العوامل الثلاثة المؤثرة وهى الدقيق والماء والغرفة من ناتج الضرب . مثال ذلك ما يلى :

درجة حرارة العجينة النهائية	٨٢° فهرنهيت
درجة حرارة العجينة النهائية × ٣	٢٤٦° فهرنهيت

درجة حرارة الدقيق	٧٠° فهرنهيت	
درجة حرارة الماء	٦٠° فهرنهيت	
درجة حرارة الغرفة	٨٠° فهرنهيت	
مجموع درجات العوامل الثلاثة	٢١٠°	٢١٠° فهرنهيت
الارتفاع فى درجة حرارة الخلاط		٣٦° فهرنهيت

وعلى ضوء البيانات لحساب درجة حرارة الماء المضاف لإنتاج عجينة درجة حرارتها ٧٨° فهرنهيت يجرى الحساب كما يلى :

درجة حرارة العجينة المطلوبة	٧٨° فهرنهيت	
درجة حرارة العجينة المطلوبة فى ٣	٢٣٤° فهرنهيت	
عامل الخلاط	٣٦° فهرنهيت	
درجة حرارة الدقيق	٧٠° فهرنهيت	
درجة حرار الغرفة	٨٠ فهرنهيت	
	١٨٦° فهرنهيت	
درجة الماء المطلوبة	٤٨° فهرنهيت	

ومن هذا البيان الأخير تحسب كمية الثلج الواجب إضافتها لماء الصنبور لخفض درجة حرارته إلى ٤٨° فهرنهيت . فإذا فرض أن المطلوب للعجن هو ثلاثمائة رطل من ماء الصنبور الذى درجة حرارته ٦٠° فهرنهيت فكمية الحرارة المطلوب إزالتها بإضافة الثلج هى ٦٠ - ٤٨ = ١٢ درجة فهرنهيت يلزم لكل منها وحدة حرارة بريطانية BTU لكل رطل من الماء أى أن كمية الحرارة المذكورة هى ١٢ × ٣٠٠ = ٣٦٠٠ وحدة حرارة بريطانية. ولما كان الرطل من الثلج يمتص ١٤٤ وحدة حرارة بريطانية عند ذوبانه

فتكون كمية الثلج المطلوبة ٣٦٠٠ ÷ ١٤٤ = ٢٥ رطلاً . ويراعى طرح كمية الثلج المضافة من الحجم الكلى لماء العجن ، أى أنه فى هذا المثال يستعمل فى العجن ٢٧٥ رطلا من مـاء الصنبور الذى درجة حرارته ٦٠° فهرنهيت مع ٢٥ رطلا من الثلج للحصول على عجينة درجة حرارتها ٧٨° فهرنهيت . وتتلخص العمليات الحسابية السابقة فيما يلى :

٦٠°ف ـ ٤٨° ف = ١٢°ف

٣٠٠ × ١٢° = ٣٦٠٠°

٣٦٠٠ ÷ ١٤٤ = ٢٥ رطلا من الثلج

وفى طريقة العجن الإسفنجية يلزم عند حساب كمية الثلج أن تؤخذ درجة حرارة العجينة المبدئية The sponge فى الاعتبار ، فيصبح عدد العوامل المؤثرة فى درجة حرارة العجينة أربعة بدلا من ثلاثة ، ويكون الحساب كما يلى :

درجة حرارة العجينة النهائية المطلوبة	٨٠° فهرنهيت
درجة حرارة العجينة النهائية × ٤	٣٢٠° فهرنهيت
عامل الخلاط	٣٦° فهرنهيت
درجة حرارة الدقيق	٧٠° فهرنهيت
درجة حرارة جو الغرفة	٨٠° فهرنهيت
درجة حرارة العجينة المبدئية	٨٤° فهرنهيت
	٢٧٠° فهرنهيت
درجة حرارة الماء المطلوبة	٥٠° فهرنهيت

٦٠°ف ـ ٥٠ ف = ١٠° ف

٣٠٠ × ١٠° = ٣٠٠٠°

٣٠٠٠ ÷ ١٤٤ = ٢٠,٨ رطلا من الثلج

فتكون كمية ماء الصنبور الذى درجة حرارته ٦٠° فهرنهيت الواجب إضافتها هى ٢٧٩,٢ رطلا وكمية الثلج ٢٠,٨ رطلاً .

ولحساب قوة جهاز التبريد فى حالة اتباع طريقة التبريد المباشر أو غير المباشر لوعاء الخلط ، يلزم معرفة الحرارة النوعية للدقيق وللعجينة وللماء وهى ٠,٤٢ ، ٠,٦٠ ، ١,٠ وحدة حرارة بريطانية على التوالى ، وحرارة تأدرت الدقيق وهى ٦,٥ وحدة حرارة بريطانية ، ومقدار الحرارة المنبعثة بتشغيل الموتور وهى ٤٢,٤ وحدة بريطانية فى الدقيقة لكل وحدة حصان من قوة الموتور . والمقصود بحرارة التأدرت هو كمية الحرارة المنبعثة نتيجة لامتصاص الدقيق للماء ، وهذه الحرارة تختلف تبعاً لنسبة الرطوبة فى الدقيق ، فكلما انخفضت رطوبة الدقيق كلما زاد امتصاص جزيئات المـاء الذى يمتص على حبيبات الدقيق وكلما زادت كمية حرارة التأدرت .

عملية تخمر العجينة :

تنحصر أهمية عملية التخمر فى إعطاء الرغيف الأفرنجى القوام الإسفنجى الخفيف الكبير الحجم ، ويتكوين شبكة الجلوتين المرنة المطاطة القادرة على تحمل ضغط غاز ثانى أكسيد الكربون المتولد فى التخمر يتحقق ذلك . وتتأثر حالة الجلوتين بعوامل عدة منها الإنزيمات البروتينية والكحول المتولد

والأحماض العضوية المتكونة ودرجة تركيز أيون الإيدروجين فى العجينة التامة التخمر المسماة بالعجينة الناضجة mature .

يبدأ نشاط الخميرة بتكاثرها وتغذيتها نتيجة لتوفر الظروف الملائمة من رطوبةوحرارة وحموضة ومواد نتروجينية ومعادن ضرورية وكربوإيدرات قابلة للتخمر . نتيجةلنشاط الخميرة تحدث بعض تغيرات فى العجينة منها تناقص كمية المواد القابلة للتخمر وتراكم الكحول وغاز ثانى أكسيد الكربون والأحماض والأسترات وتغير رقم pH وليونة الجلوتين . وتتنوع هذه التغيرات تبعا لاختلاف نوع الدقيق وسلالة الخميرة ونسب المكونات . ولا يزداد عدد خلايا الخميرة بشكل ملحوظ خلال الساعتين الأولتين من بدء عملية التخمر ، لكنه يزداد بنسبة ستة وعشرين فى المائة خلال الساعتين الثالثة والرابعة وهذا أقصى حد لتكاثر الخميرة فى العجينة ، ثم ما يلبث العدد أن يقل فى الساعتين الخامسة والسادسة فتصبح الزيادة فى العدد لاتتعدى تسعة فى المائة من عدد الخميرة الأصلى . وتتأثر الزياد فى عدد الخميرة أى تكاثرها بنسبة الخميرة فى العجينة ، فكلما انخفضت نسبة الخميرة كلما زادت سرعة تكاثرها والعكس صحيح . فمثلاً بإضافة الخميرة بنسبة نصف فى المائة من وزن الدقيق يزداد عدد خلايا الخميرة خلال ست ساعات بما يقرب من ٨٨ فى المائة من العدد الأصلى ، بينما استعمال الخميرة بنسبة اثنين فى المائة يتبعه زيادة عدد الخلايا بنسبة ٢٩ فى المائة . ويلاحظ أن زيادة تكاثر الخميرة يتبعها زيادة حجم الرغيف الناتج . ويشجع تكاثر ونشاط الخميرة إضافة ملح كلوريد الأمونيوم أو كربونات الأمونيوم وكبريتات الكالسيوم . ويبدأ نشاط الخميرة بتخمير سكرى الجلوكوز والسكروز الموجودين فى الدقيق ولذلك فإن نسبة هذين السكرين فى العجينة تنخفض تدريجياً ، بينما نسبة الملتوز تزداد تدريجياً فى بداية التخمر بسبب نشاط إنزيمات الأميليز على نشا الدقيق . وتبدأ الخميرة فى تخمير الملتوز أو الجلوكوز الناتج من تحلل الملتوز بفعل إنزيم الملتيز بعد

تلاشى كميتى الجلوكوز والسكروز . ويقدر للجرام الواحد من الخميرة تخمير ٠,٣٢ جراما من الجلوكوز فى الساعة تحت ظروف التخمر العادية .

وأثناء التخمر تحدث فى العجينة تفاعلات متعددة تؤدى إلى تحلل النشا والبروتينات ، وذلك بفعل الإنزيمات المتعددة التى توجد فى الدقيق وفى الخميرة وفى بعض المواد المضافة . وهذه التفاعلات تؤثر فى صفات العجينة . كذلك الأملاح غير العضوية التى تعمل كمثبتات وأغذية الخميرة المضافة والمواد المؤكسدة تؤثر على صفات وخواص العجينة . ومن أهم ما يعرف عن العجينة أن الماء الموجود بها ليس مجرد محلول تنتشر فيه خلايا الخميرة ، بل إنه عبارة عن سول sol غروى معقد يمكن فصله بالطرد المركزى الشديد على صورة سائل كثيف لزج يمكن تهويته بالضرب كبياض البيض تماماً . ويذوب فى هذا السائل البنتوزانات والبروتينات الذائبة كالألبومينات الجلوبيولينات ذات الوزن الجزيئى المنخفض والأملاح والكربوإيدرات والإنزيمات والغازات .

وعند بلوغ نقطة تمام نضج العجينة ripening or mellowing تصل العجينة إلى أقصى درجة لمطاطيتها ومرونتها وهذا يتمخض عنه أجود صفات للخبز . وترجع ظاهرة نضج العجينة إلى تفاعلات عديدة . فالكحول الناتج أثناء التخمر يذوب فى ماء العجينة ويؤثر على خواصها الغروية ، وثانى أكسيد الكربون يذوب جزء منه فى محلول العجينة مقللا من رقم pH ، وفى فرن الخبز ينطرد معظم الكحول وثانى أكسيد الكربون ، وتقدر نسبة الكحول المتبقى فى الخبز بحوالى نصف فى المائة . وتتكسر بعض حبيبات النشا ، خصوصاً التى تجرحت أثناء الطحن ، إلى دكسترينات وسكريات بفعل إنزيمات الألفا أميليز ، كما تتكسر بعض البروتينات وتستهلك الخميرة جزءاً منها . فهذه التحليلات الإنزيمية

تسبب ليونة العجينة وإضعاف الجلوتين . ويساعد فى ذلك أيضاً إنزيمات الليبيز المحللة للدهن وإنزيمات البنتوزانيز المحللة للبنتوزانات الموجودة فى جدار حبيبات النشا . ويحدث أثناء التخمر أيضاً أن تنشط بكتريا حامض اللكتيك وبكتريا حامض الخليك الموجودتين أصلاً فى الدقيق لتحليل بعض المكونات وإنتاج حامضى لكتيك وخليك بكميات ملموسة . وحامض اللكتيك الناتج يسبب زيادة حموضة العجينة .

ك٦يد١٢ا٦ ← ٢يد ك٣ يد٥ ا٣ ، ك٢ يد٥ ا يد + ا٢ ← يد ك٢ يد٣ ا٢+يد٢ا

ويعتبر تأثير حامض الخليك على حموضة العجينة أبسط من تأثير حامض اللكتيك لأنه أضعف نوعا وينتج بكمية أقل نسبياً . وتتأثر الحموضة ودرجة تركيز أيون الإيدروجين فى العجينة أيضاً بكمية ونوع أملاح الأمونيوم المضافة ، حيث أن الخميرة تمثل الأمونيا وينفرد الشق الحامضى الذى قد يكون قوياً مثل شق الكلوريد أو الكبريتات وهذا يزيد من حموضة العجينة ويخفض من رقم pH بسبب قدرة حمض الكلوردريك والكبريتيك على التأين بشدة . والمعروف أن هذا الارتفاع فى درجة تركيز أيون الإيدرجين يؤثر تأثيراً واضحاً فى مدى تأدرت وانتفاش الجلوتين وفى سرعة فعل الإنزيمات وفى سير تفاعلات الأكسدة والاختزال وتكون الأملاح العضوية .

ولجعل الظروف مناسبة تماماً لعملية التخمر يقتضى ذلك إتزان خلط العجينة وجودة مزجها . وتتوقف جودة الخلط على نوع الدقيق ومدة الخلط ودرجة حرارة العجينة وسرعة الخلط . وهذه العوامل تؤثر على قدرة العجينة على تكوين واحتجاز الغاز . فتكوين الغاز يرجع إلى نشاط إنزيمات الألفا أميليز والمالتيز والإنفرتيز والزيميز . والعوامل المؤدية لإنتاج الغاز بوفرة فى العجينة هى إضافة السكر أو المولت للدقيق المفتقر فى

أيهما ، وإضافة غذاء الخميرة بالقدر المناسب وزيادة كمية الخميرة المضافة ، ورفع درجة الحرارة إلى ٩٥° فهرنهيت أما العوامل المسببة لقلة إنتاج الغاز فى العجينة فهى ملح الطعام ، وارتفاع نسبة غذاء الخميرة عن المناسب ، وارتفاع درجة الحرارة عن الدرجة المثلى . وأما العوامل المؤثرة على قدرة العجينة على احتجاز الغاز فمنها الأنزيمات البروتينية ، والأملاح المعدنية ، والرطوبة ، ودرجة تركيز أيون الإيدروجين والعوامل المؤكسدة ، ومواد التبييض ، وتبطيط وتقطيع وتكوير وتشكيل العجينة. وتعتبر خبرة الخباز منحصرة فى حفظ التوازن بين توليد الغاز واحتجازه . ففى حالة بلوغ إنتاج الغاز الذروة قبل أن تصل مرونة العجينة إلى حدها المناسب يؤدى ذلك إلى فقد جزء كبير من الغاز وتصبح بقية الغاز غير كافية لتهوية العجينة فيصغر حجم الرغيف وتسوء صفاته . ويحدث نفس الضرر إذا بلغت مطاطية العجينة حدها الأقصى قبل أن يصل إنتاج الغاز حده الأقصى . وهذا يعنى أنه يجب بلوغ الذروة لكل من إنتاج الغاز والمطاطية فى وقت واحد إذا أريد الحصول على خبز كبير الحجم منتظم المسامية جيد اللون .

وعقب خلط العجينة توضع هذه فى أحواض مناسبة ، يبلغ طول الواحد منها قدمان للعجينة المحتوية على مائة رطل دقيق فى حالة إتباع طريقة الخلط العادية أو أربعة أقدام فى حالة الطريقة الإسفنجية . وهذه الأحواض تدهن بمادة دهنية لمنع التصاق العجينة بالجدران ، ثم يسوى سطح العجينة ليبدو منبسطاً وناعماً . وتوضع الأحواض trouahs فى غرف التخمر على درجة ٨٠° فهرنهيت وفى جو رطوبته النسبية ٧٥ فى المائة . ونلاحظ درجة الحرارة بعناية إذ أن خفضها يسبب طول فترة التخمر وارتفاعها يسبب نمو ونشاط الخميرة المتوحشة وبكتريا حامض اللاكتيك وبكتريا حامض الخليك والفطر وبكتريا التحبل. كذلك تلاحظ

الرطوبة إذ أن انخفاضها يسبب جفاف وتجلد السطح فيبطء التخمر وينتج الخبز بشكل غير منتظم . والشائع هو ضبط درجة الرطوبة النسبية فى جو غرفةالتخمر عند النسبة المساوية لنسبة الرطوبة الكلية فى العجينة منسوبة للدقيق أى: نسبة مجموع مـــاء العجن رطوبة الدقيق الأصلية لوزن الدقيق . ولهذا أيضاً يراعى انعدام تيارات الهواء فى جو غرف التخمير .

ولحساب مدة التخمر فى طريقة العجينة الإسفنجية تلاحظ العجينة المبدئية أثناء ارتفاعها إلى أربعة أو خمسة أضعاف حجمها الأصلى ثم بدء هبوطها بعد ذلك . فعند نقطة الهبوط تعتبر العجينة قد استنفذت ٧٥ ٪ من فترة تخمرها إذا كانت عجينة حديثة أو ٦٦ فى المائة إذا كانت عجينة قديمة . بذلك تحسب المدة الباقية لإتمام التخمر . وبانتهاء مدة تخمر العجينة المبدئية تعاد للخلاط ويضاف إليها باقى المكونات وتمزج ثم تترك العجينة النهائية لتتخمر فترة تتراوح بين ثلث وثلاثة أرباع الساعة. وهذه الفترة الأخيرة floortime تقصر بارتفاع درجة الحرارة وتطول بانخفاضها. وتتطلب طريقة العجن العادية ارتفاع درجة الحرارة وطول مدة التخمر نسبياً بسبب احتواء العجينة على جميع مكوناتها وبعض هذه المكونات ذو تأثير مثبط على الخميرة . وتختلف العجينة العادية أيضاً عن العجينة الإسفنجية فى كون الأولى تحتاج إلى الضغط punching من وقت لآخر أثناء فترة التخمر لطرد جزء من الغاز . والطريقة المثلى للضغط هى تجميع جوانب العجينة نحو المركز فهذا يساعد على تجانس درجة الحرارة فى العجينة وبالتالى تتجانس سرعة التخمر فى أجزاء العجينة ، ويزيل أثر تجمع الغاز فى بعض أجزء العجينة على تثبيط نشاط الخميرة ، ويسبب دخول جزء من أكسيجين الجو فى العجينة مما يساعد على نشاط الخميرة ، ويساعد على تكوين شبكة الجلوتين مما يزيد من قدرة العجينة على احتجاز الغاز. ويؤثر الوقت الذى يجرى فيه الضغط على صفات الخبيز ، لذلك يختبر العجين

لتحديد الوقت المناسب للضغط بدفع اليد داخل العجينة ثم سحبها بسرعة وملاحظة التئام الفجوة فإذا حدث ذلك كان دليلاً على مناسبة الوقت لضغط العجينة أو لفها فوراً . ونقطة الضغط هذه تدل أيضاً على أن العجينة قد استغرقت حوالى ٦٠ فى المائة من الوقت اللازم لتخمرها . ويعاد ضغط أو لف العجينة مرة أخرى بعد مرور مدة تمثل نصف المدة التى انقضت بين بدء التخمر وبين الضغط الأول للعجينة ، أى بعد انقضاء ٣٠ فى المائة من مدة التخمر. وفى خلال العشرة فى المائة المتبقية من مدة التخمر تنقل العجينة إلى ماكينة التقطيع . ويلاحظ أن الدقيق المخزون يحتاج إلى فترة تخمر أقصر من الدقيق الطازج green flour ، ولذلك تعتبر نقطة ضغط العجينة معبرة عن مرور ثلثى أو ثلاثة أرباع مدة التخمر كما يستغنى عن الضغط الثانى للعجينة ، وبذلك تنتج عجينة حديثة young . وعكس ذلك يحدث فى حالة الدقيق البالغ القوة أو الدقيق الأسمر المرتفع الاستخلاص فكلاهما يحتاج لفترة تخمر أطول وللضغط عدة مرات ، كما يمكن معالجة مثل هذه العجينة بإطالة فترة الخلط قليلاً وبزيادة درجة الامتصاص وبرفع درجة الحرارة قليلاً . وفى الدقيق الطازج قد تنشأ صعوبة تداول العجينة بعد تخمرها نتيجة لزيادة لزوجتها ، ولذلك يفيد فى مثل هذه الحالة تكرار ضغط العجينة وزيادة كمية غذاء الخميرة المضاف وكمية الخميرة حيث أن هذه الأمور تساعد على تماسك الجلوتين وإسراع التخمر .

وتتناسب كمية الخميرة المضافة للعجينة تناسباً عكسياً مع مدة التخمر. ففى حالة الرغبة فى تقصير مدة التخمر لدقيق معروف المدة المناسبة لتخمره وذلك بإضافة مزيد من الخميرة تطبق المعادلة التالية :

$$\text{كمية الخميرة المطلوبة للتخمر الجديد} = \text{النسبة المئوية للخميرة المعتاد استعمالها} \times \frac{\text{مدة التخمر العادية}}{\text{مدة التخمر الجديدة}}$$

وليس ممكناً زيادة كمية الخميرة على طول الطريق بقصد تقصير مدة التخمر إذ أن هذا سوف يؤدى فى وقت ما إلى عدم تكون الجلوتين بدرجة مناسبة وكذلك ظهور نكهة الخميرة فى المنتجات المخبوزة . لهذا ينصح بإتباع هذه الطريقة لإحداث تغيير فى مدة التخمر لا يتجاوز ثلاثين فى المائة بالزيادة أو بالنقص . وفى حالة الرغبة فى تغيير مدة التخمر بدرجة أكبر تتبع وسائل أخرى ، منها تغيير درجة الحرارة أوكمية غذاء الخميرة ، فتغيير درجة الحرارة بمقدار درجة واحدة فهرنهيتية يقابله زيادة أو نقص فترة تخمر العجينة العادية خمسة عشر دقيقة . ولا يجوز إتباع هذه الطريقة الأخيرة أيضاً لتغيير فترة التخمر بأكثر من ثلاثة أرباع الساعة . وبالنسبة لكمية غذاء الخميرة فإسراع التخمر يقتضى إضافة مزيد منه بينما إبطاء التخمر يستلزم تقليل كميته .

وفى كثير من المخابز الحديثة توجد الآن كابينة تخمر أو مجموعة كبائن . وفى هذه الكابينة المصنوعة من الخشب أو المعدن يوضع حوض العجين ويترك للتخمر بدلاً من ترك العجين فى الجو العادى . وقد تميزت العجينة المخمرة فى كابينة التخمر بجفافها نوعاً وسهولة إعادة خلطها وزيادة امتصاصها وجودة الخبز الناتج منها من وجهة مساميته ونعومته ولون لبابته . وتفيد كابينة التخمر فى تسهيل التحكم فى درجة الحرارة ودرجة الرطوبة النسبية . فيما عدا ذلك فلا تكاد تفترق طريقة التخمر فى الجو العادى عن طريقة التخمر فى كابينة التخمر بشكل ملحوظ .

وتفقد العجينة أثناء تخمرها حوالى نصف إلى أربعة فى المائة من وزنها وهذا مايعبر عنه بفاقد التخمر fermentation loss الذى يقدر بوزن العجينة قبل وبعد التخمر أو بمقارنة مجموع أوزان مكونات العجينة خصوصاً فى الجو المنخفض الرطوبة النسبية . ويساعد على تقليل مقدار فاقد التخمر تقصير مدة تخمر العجينة الإسفنجية المبدئية أو خفض درجة أو عدم إضافة المولت أو استعمال الدقيق المنخفض

الدياستيز . وبديهى أن تقليل قيمة فاقد التخمر ينتج عنه زيادة كمية الخبز الناتج بما يقرب من أربعة فى المائة ، وهـذا أمر له أهميته الاقتصادية .

عملية تقطيع العجينة :

عقب إنتهاء فـترة التخمير تجزأ العجينة divided إلى قطع صغيرة تقابل وزن الرغيف المطلوب . ويلاحظ إن التخمير يستمر خلال فترة تجزئ العجينة ، ولذلك فطول فترة التجزئ تؤدى إلى تفاوت الصفات بين القطع الأولى والقطع الأخيرة من العجينة ، خصوصاً عندما تكون طريقة التخمر القصيرة هى المتبعة . ويفسر ذلك أيضاً سبب تجانس الأرغفة الناتجة من التخمر البطىء بدرجة أوضح مما هى فى التخمر السريع . ويجرى التقطيع يدويا فى المخابز الصغيرة وآليا فى المخابز الحديثة ، خصوصا بالنسبة للخبز الأفرنجى ، أما الخبز البلدى المصرى فمن العسير حتى الآن تقطع عجينته آليا . وتؤثر سرعة ماكينة التقطيع فى مدى ضغط العجينة بداخلها وبالتالى فى صفات قطع العجين . ويفضل ألاتتجاوز سرعة آلة التقطيع divider إثنى عشرة قطعة فى الدقيقة . ويفضل أن تغذى ماكينة التقطيع بقطع صغيرة من العجين بحيث يتم تقطيعها خلال ثلث ساعة تقريبا ، وذلك منعاً لارتفاع درجة حرارة العجين فى ماكينة التقطيع من جراء استمرار التخمر واكتساب حرارة من المخبز . وزيادة حرارة العجينة أثناء التقطيع ينتج عنها عادة زيادة فى سرعة التخمر وزيادة فى اللزوجة وارتفاع فى الحموضة وزيادة فى النضج وعدم تساوى وزن القطع ، ويتبع هذا كله بهتان لون قصرة الرغيف وتغير مسامية وقلة قابليته للحفظ. ويجب أن يراعى فى تجزىء العجينة زيادة وزن القطع عن وزن الرغيف المطلوب بما يوازى مقدار الفقد من العجينة أثناء الخبيز ، خصوصاً فى الدول التى تحدد قوانينها وزن الرغيف كما هو الحال فى جمهورية مصر العربية . ويمكن اختبار وزن بعض قطع العجين أثناء التقطيع

بميزان حساس . والشائع هو جعل قطع العجين تزيد بحوالى ٥ر١٢ فى المائة عن وزن العجينة وبالتالى عدم زيادة الفقد . وقد يقتضى العمل أيضاً ضبط ماكينة التجزىء على فترات أثناء عملها ، إذ أن استمرار التخمر يؤدى إلى انخفاض وزن وحدة الحجوم فيلزم زيادة حجم قطع العجين بعد فترة من بدء العمل إذا أريد الاحتفاظ بوزن قطع العجين ثابتاً .

ويراعى فى استعمال ماكينات التجزىء أن يكون زيت التزييت عديم الطعم والرائحة ، وألا ترتفع نسبة الزيت الملوثة للعجينة لأن هذا يؤدى إلى ظهور فجوات كبيرة فى اللبابة . أما فى التقطيع اليدوى فيراعى عدم وجود شقوق بكثرة فى العجينة ، كما يستعمل دقيق التعفير بأقل كمية ممكنة .

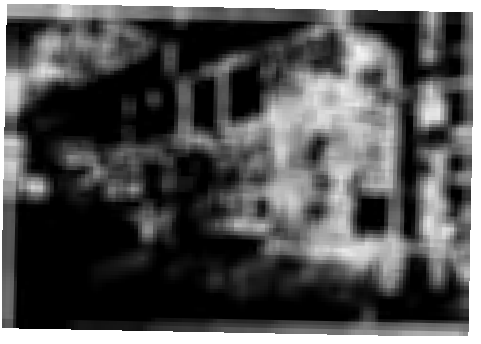
عملية تكوير العجينة :

تؤدى عملية تقطيع العجينة إلى فقد جزء من الغاز الموجود بها . كما أنه ينتج عنها قطع من العجين غير منتظمة الشكل لايسهل تشكيلها فى هيئة أرغفة وهى على هذه الحالة . لذلك كان لزاماً ترك قطع العجين بعض الوقت لتستعيض جزءاً من الغاز ، وفى هذه الحالة يفضل تكويرها قبل تركها منعا لضياع بعض الغاز المتولد من مكان التقطيع . فالغرض من التكوير rounding إذن هو إكساب قطعة العجينة شكل غلاف يمنع تسرب الغاز المتولد ، وهذا الغلاف أيضاً يمنع لزوجة العجينة والتصاقها باليد مما قد يصعب تشكيلها . ويجرى تكوير العجينة يدوياً أو آلياً . ويراعى فى تشغيل آلة التكوير تقليل كمية دقيق التعفير إلى أقل حد ممكن ، كما قد يكون من الأفضل تشميع سطح ماكينة التقطيع بدلاً من التعفير بالدقيق .

فترة الراحة المبدئية :

ليس ممكناً تشكيل قطع العجين بعد تقطيعها وتكويرها مباشرة إذ أن ذلك يؤدى إلى خفض درجة مطاطية العجينة وبالتالى سرعة تمزقها .

لذلك تترك كور العجين مدة تقرب من ثمانية إلى إثنى عشر دقيقة ، وهذا ما يعرف باسم first proof أو short proof أو preliminary proof أو intermediate proof أو overhead proof . وتوضع كور العجين عادة فى كابينة صغيرة تسمى كابينة الراحة intermediate proofer أو فى



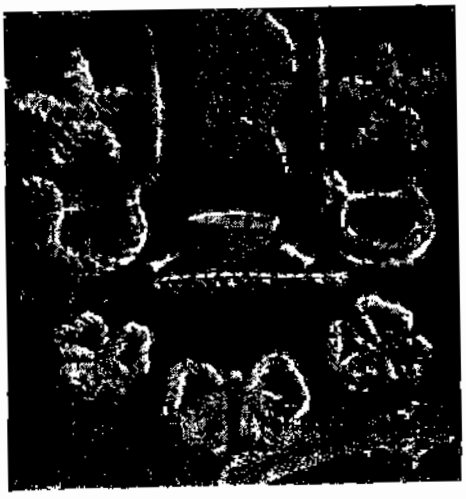
(شكل ٢٦) كابينة أوتوماتيكية لحفظ العجينة وقت الراحة

كابينة مماثلة كبيرة تناسب المخابز الكبيرة وتعرف باسم overhead proafer . وتضبط رطوبة الجو النسبية فى الكابينة عند ٧٠ إلى ٧٥ فى المائة منعاً لجفاف سطح العجينة ، ولايجوز أن تزيد عن ذلك منعاً لامتصاص العجينه للرطوبة من الجو مما يسبب زيادة لزوجة العجينة ومما يستلزم فيما بعد استعمال مزيد من الدقيق للتعفير . وتضبط درجة حرارة الكابينة عند ٨٠ إلى ٨٥° فهرنهيت أيضاً ، فارتفاع الحرارة عن ذلك يسبب إضعاف قدرة العجينة على احتجاز الغاز ويزيد لزوجتها كما أن انخفاض درجة الحرارة عن ذلك يسبب بطء التخمر وطول مدة الراحة . ويجب ألا تتعرض العجينة داخل الكابينة لأى تيارات هوائية .

عملية تشكيل العجينة :

عقب إنتهاء فترة راحة العجينة تشكل قطع العجين فى هيئة رغيف أفرنجى ، ويجرى ذلك يدوياً أوآلياً . ففى ماكينة التشكيل moulder تفرد

العجينة فى هيئة شريحة رقيقة بمرورها بين أسطوانتين ، ويسبب ذلك طرد الغاز من العجينة وانتظام توزيع الجيوب الغازية فى العجينة ، ثم تلف شريحة العجين فى هيئة أسطوانة تتعرض بعد ذلك إلى ضغط أسطوانة فتلتحم الأطراف. وتوجد حاليا صور متعددة من ماكينات تشكيل العجينة . ويجب أن تكون العجينة جافة ولينة ومرنة عند تشكيلها ، وهذه الصفات تتوقف على نوع الدقيق وجودة الخلط وكمية دقيق التعفير ، ومن المهم أيضا فى عملية التشكيل أن تضبط المسافة بين أسطوانتى فرد العجينة فى ماكينة التقطيع عند الحد المناسب للعجينة المستعملة ، وكذلك ضبط بعد أسطوانة ضغط ولحام حواف العجينة .



(شكل ٢٧) بعض نماذج تمثل تشكيل العجينة فى أشكال متنوعة

قوالب الخبيز :

عقب تشكيل عجينة الخبيز الأفرنجى توضع كل قطعة فى قالب خبيز ، ويجرى ذلك يدوياً أو آلياً . ويراعى التحقق من الوزن عند تعبئة قطع العجين فى القوالب pannnig . وتستبعد قطع العجين الناقصة الوزن أو الملتحمة ببعضها ، وتعاد إلى الخلاط لتدخل ضمن عجينة أخرى ، أو تترك بعض الوقت لتلتئم ثم يعاد تشكيلها . ويراعى استعمال قوالب الخبيز

وهى باردة وسطحها الداخلى مدهون بمادة دهنية تمنع التصاق الرغيف بالجدران . ويراعى عند وضع العجينة فى القالب أن يكون الخط عند طرف الالتحام متجهاً لأسفل أى ملامساً لقاع القالب . وعادة تبرد قوالب الخبيز فى جو المخبز العادى ويستغرق ذلك حوالى ساعتين ، إلا أنه توجد حالياً فى المخابز الكبيرة ماكينات لتبريد هذه القوالب إلى درجة ٩٠° فهرنهيت خلال مدة لاتتجاوز الخمس دقائق . وتفيد سرعة التبريد هذه فى إمكان إعادة إستعمال قوالب الخبيز سريعاً ، وبالتالى قلة عدة القوالب اللازم تداولها بالمخبز . كما توجد أيضاً ماكينات لدهان السطح الداخلى للقوالب بالدهن بدلاً من إجراء ذلك يدوياً . ويستعمل أنواع متعددة من الدهون فى هذا الغرض ، منها شحم الخنزير . ولا ينصح باستعمال الزيوت المعدنية لأنها تولد كثيراً من الدخان داخل الفرن . ويراعى عدم زيادة كمية الزيت أو الشحم المستعملة منعاً لتأثيرها على العجينة حيث تحمر السطوح وتتقعر الجوانب ، كما لاتقلل الكمية منعاً لإلتصاق بعض أجزاء الرغيف بجدران القوالب . وتعتبر كمية الزيت المناسبة تساوى ٠,١ إلى ٠,٢ فى المائة من وزن العجينة . وقد يستغنى عن الزيت بطلاء السطح الداخلى لقوالب الخبيز بمادة سليكونية مقاومة للحرارة وخاملة وغير موصلة للكهرباء ومانعة لنفاذ الماء . وهذه المواد السليكونية قد تكون فى صور طبيعية متعددة منها المطاط والسائل والدهن والمركب . وقبل أن تدهن قوالب الخبيز بالمادة السليكونية تنظف جيداً من الداخل أو تحرق إن كانت جديدة ثم ترش أو تغمس فى المادة السليكونية وبعدها تسخن فى الفرن على درجة ٤٠٠ إلى ٤٢٥° فهرنهيت لمدة ٤ إلى ٦ ساعات . ويجب ألا تزيد درجة الحرارة عن ٤٢٥° فهرنهيت إذ أن درجة انصهار قصدير القوالب هى ٤٤٩° فهرنهيت وتكفى عملية الطلاء بالمادة السليكونية مرة واحدة لتشغيل القوالب حوالى مائة أو مائتى مرة .

ويراعى فى اختيار قوالب الخبيز أن يتمشى حجمها مع حجم الخبز ،

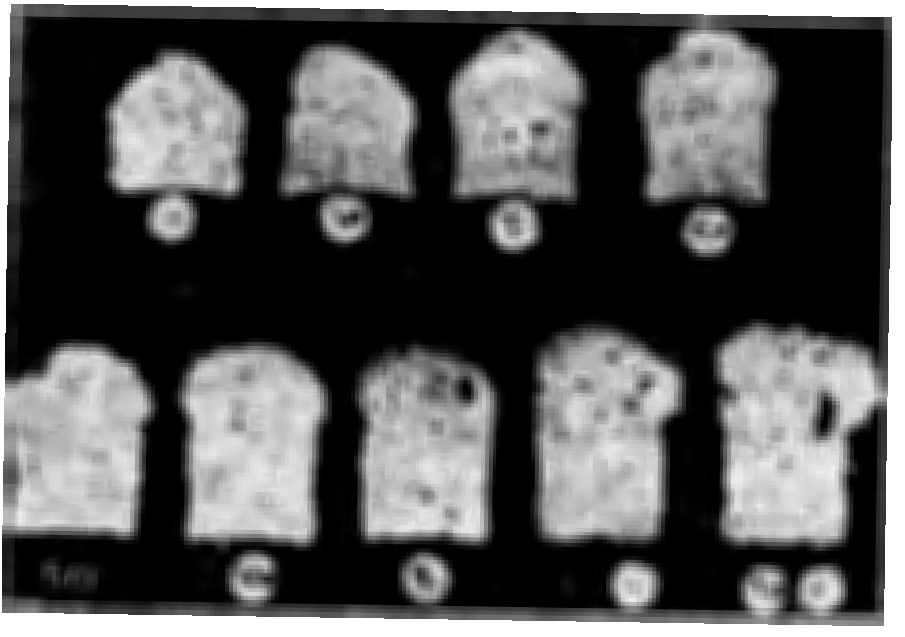
فاذا اختلف ذلك كثيراً أدى إلى ظهور عيوب متعددة فى الخبز منها اتساع وعدم انتظام المسام وصغر الحجم .

عملية النضج الأخير للعجينة :

عقب تشكيل العجينة يلزم تركها بعض الوقت لتستعيد تهويتها وانتفاخها ومطاطيتها ، ويعرف ذلك بالإنضاج الأخير للعجنة final proofing . وتحتاج هذه العملية إلى عناية فائقة إذ أن أى خطأ فيها يسبب ظهور الكثير من العيوب فى الخبز الناتج مثل تصلب القصرة وصغر الحجم وخشونة القوام وضعف النكهة وبهتان اللون . وتجرى هذه العملية بوضع قوالب العجين على حوامل متحركة داخل صناديق التسوية التى قد تسمى أحيـــاناً صناديق البخار Or steamboxes proof boxes وتضبط درجة حرارة الصندوق عند ٩٥ إلى ٩٨° فهرنهيت ودرجة الرطوبة النسبية عند ٨٠ أو ٨٥ فى المائة . فارتفاع درجة الحرارة عن ذلك يسبب ضعف النكهة وقصر مدة الحفظ فى المنتجات المخبوزة ، كما أن انخفاض الحرارة يسبب طول فترة الإنضاج وخشونة الخبز . ويؤدى انخفاض الرطوبة النسبية فى الصندوق إلى جفاف سطح العجينة مما ينشأ عنه صغر حجم الخبز ، كما يضعف نشاط إنزيمات الأميليز وهذا يسبب قلة السكر والدكسترين المتكونين وبهتان لون قصرة الخبز . وتفضل درجات الرطوبة المنخفضة فى حالات خاصة فقط . منها وجود الجوامد اللبنية فى العجينة واستعمال دقيق بالغ القدم .

وتتراوح فترة النضج الأخيرة بين نصف ساعة وساعة . ويسبب طول الفترة أكثر من اللازم بهتان لون القصرة وسوء القوام وضعف النكهة واتساع مسام اللبابة وزيادة حموضة العجينة ، كما قد يصغر حجم الخبز ويتغير لون القصرة وتحترق بعض أجزاء الجوانب أثناء الخبيز . ويراعى فى تحديد مدة الإنضاج الأخيرة أن تتمشى مع درجة حرارة فرن الخبيز ففى حالة استعمال فرن بارد نسبياً يلزم تقصير فترة الإنضاج الأخيرة ، بينما تطول هذه فى حالة الفرن الساخن نوعاً . وينصح دائماً بالاستمرار فى

الإنضاج الأخير إلى أن ترتفع درجة العجينة إلى حد معين بدلاً من أن تحدد مدة بقاء العجينة داخل صندوق الإنضاج . وفى هذه الحالة يضمن التخلص من تأثير تغير درجة الحرارة والرطوبة فى الصندوق . ويمكن ملاحظة تأثير اختلاف مدة الإنضاج الأخير على حجم الخبز من الشكل التالى لعينات تركت فى صندوق الإنضاج مدة صفر ، ١٥ ، ٣٠ ، ٤٥ ، ٦٠ ، ٧٥ ، ٩٠ ، ١٢٠ ، ١٥٠ دقيقة فكان حجم الرغيف الأول ١٢٧٠ وحجم الأخير ٤٠٩٠ سنتيمتراً مكعباً .



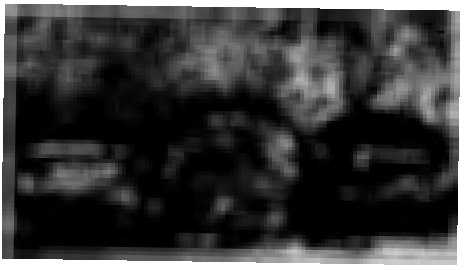
(شكل ٢٨)

عينات الخبز الناتجة بعد فترات متفاوتة من بدء الإنضاج

وتتفاوت عينات الخبز فى صفاتها الطبيعية أيضاً ، لا فى حجمها فقط ، كنتيجة لتفاوت مدة النضج الأخير . وأما اختلاف درجات الحرارة فى صندوق الإنضاج فيسبب تفاوت صفات الخبز الناتج ، كما هو واضح فى الرسم التالى الذى يمثل عينات نضجت على درجات حرارة ٥٦ ، ٧٠ ، ٨٦ ، ٩٥ ، ١٠٤ ، ١١٥ ، ١٢٥ ، ١٣٥° فهرنهيت فكان حجم الخبز الناتج ٢١٦٠ ، ٢٢٠٠ ، ٢٢٨٠ ، ٢٢٧٠ ، ٢٢٩٠ ، ٢٢٦٠ : ٢٢١٠ ٢١١٠ ملليترا على التوالى .

(شكل ٢٩)
عينات الخبز الناتجة بعد الإنضاج على درجات حرارة مختلفة

وصفات عينات الخبز الناتجة بعد الإنضاج على درجات حرارة متفاوتة تكون متباينة أيضاً . أما تباين درجة الرطوبة النسبية فى صندوق الإنضاج فله أثره فى صفات الخبز من وجهة اللون والشكل لكنه لا يؤثر تأثيراً ملحوظاً فى حجم الخبز .



(شكل ٣٠)

العجينة فى بداية إنضاجها وبعد تمامه وبعد خبزها

(شكل ٣١)

قطع العجين أثناء الإنضاج الأخير

عملية الخبيز :

تعتبر عملية الخبيز baking أهم وأدق عمليات صناعة الخبز . وفى أثناء الخبيز تتوقف جميع التفاعلات الحيوية وتهلك جميع الأحياء الدقيقة والإنزيمات وتتغير الصفات الطبيعية لكل من النشا والجلوتين وتتكون بعض المواد الجديدة

كالسكريات المتكرملة والبيرودكسترينات والميلانويدينات وبعض مواد النكهة ويصبح النظام الغروى المتكون ثابتاً . لذلك يلزم التحكم فى ظروف عملية الخبيز كأن تضبط درجة الحرارة فى الفرن ونسبة الرطوبة وطول مدة الخبيز .

وأول التغيرات التى تظهر على العجينة فى الفرن هى تكون شبه غشاء حولها ، وتتوقف مرونة هذا الغشاء على نسبة الرطوبة فى الفرن ، وعادة يكون الغشاء مطاطاً يسمح بانتفاخ العجينة . والتغير الثانى هو انتفاخ العجينة Oven spring بما يوازى ثلث حجمها الأصلى وذلك بتأثير حرارة الفرن على الغاز المحتجز فى العجينة حيث يزداد ضغط الموجود منه داخل الجيوب الغازية المتعددة كما ينطلق الذائب منه فى الماء ، وهذا الضغط الغازى يسبب انتفاخ العجينة . كذلك تسبب حرارة الفرن تبخر جزءاً من سوائل العجينة كالكحول والماء فيزداد ضغط بخارها الأمر الذى ينجم عنه انتفاخ العجينة ، كما تسبب الحرارة زيادة سرعة التخمير فتزداد كمية الغاز المتصاعدة ، خصوصاً فى حالة توفر الإنزيمات الدياستيزية ، ويساعد ذلك على انتفاخ العجينة فى بداية الخبيز . وهذا الانتفاخ له تأثيره الملين Softening على العجينة ، لكنه بوصول درجة الحرارة إلى ١٣٠° فهرنهيت تنتفخ النشا بامتصاصها بعض الماء الموجود فى المكونات الأخرى وتتركز الحبيبات المنتفخة فى شبكة الجلوتين . وبخروج بعض الماء من الجلوتين تصبح خيوطه أكثر لزوجة وأكثر مطاطية . وهذا يعنى أنه بالتحكم فى نسبة إنزيمات الأميليز فى العجينة يمكن موازنة تأثير النشا فى زيادة حجم العجينة مع تأثيرها فى تقوية شبكة الجلوتين ، خصوصاً وأنه يعرف أن ارتفاع درجة الحرارة كثيراً يسبب ليونة وشبه سيولة البروتينات فى العجينة فيصبح أثر النشا فى تماسك العجينة هاماً . فبوصول درجة الحرارة إلى ١٦٥° فهرنهيت يبدأ تجمع الجلوتين ، ويزداد هذا التجمع خلال بقية فترة الخبيز . ويتأثر حجم وتجمع أو انقسام الجيوب الغازية فى العجينة أثناء

الخبيز بعمر الدقيق وسرعة التخمر وظروف الخلط وكيفية التشكيل وحجم قوالب الخبيز وظروف فترة نضج العجينة وظروف الخبيز وعملية تقطيع الخبز إلى شرائح . فعدم إكتمال التخمير ينشأ عنه كبر حجم الخلايا الغازية وعدم انتظام شكلها، بينما زيادة التخمر عن المناسب تسبب صغر حجم واستدارة الجيوب الغازية وزيادة سرعة التخمر أثناء تشكيل العجينة تسبب عدم تمام طرد الغاز مما يدعو إلى عدم إنتظام شكل المسام ، كما أن سرعة التخمر عند الخبيز تجعل المسام Young ، بينما بطء التخمر عند الخبيز يجعل المسام old . وزيادة الخلط أو قلته تؤثر على المسام فتجعلها مستديرة سميكة الجدران متفتحة نوعاً وتكاد تكون متجانسة فى الحجم . وضبط ماكينة تشغيل العجينة بإحكام يعطى مساماً دقيقة متجانسة معبرة عن جودة صفات الخبز . واستعمال الحجم المناسب من قوالب الخبيز يعطى مساماً دقيقة متجانسة ، بعكس الحجم الكبير الذى يدعو إلى تجاوز درجة النضج. وتجاوز درجة النضج المناسبة للعجينة بقصد زيادة حجم الخبز تسبب ظهور مسام كبيرة متسعة مستديرة شبيهة بما يعرف باسم old condition ، بينما عدم بلوغ درجة النضج المناسبة يسبب العكس young characteristics. والإسراع فى عملية الخبيز يسبب ظهور مسام كبيرة متسعة غير منتظمة الشكل. وتسبب آلة التقطيع الغير حادة تمزق جدران كثير من المسام الصغيرة . وأفضل أنواع المسام فى لبابة الخبز الأفرنجى هى التى تتصف بصغر الحجم ورقة الجدران وانتظام الحجم واستطالة الشكل ونعومة الملمس والليونة والخلو من المسام الكبيرة .

وتسبب إضافة الدهون ، وليس الزيوت ، جعل قوام العجينة غير مسامى فلا يتسرب الغاز من العجينة بسهولة وبذلك يزداد حجم العجينة فى فى الفرن بشكل ملحوظ .

ويعزى تلون قصرة الرغيف إلى تكرمل بعض الكربوايدرات وتكون الميلانويدينات . ففى أثناء الخبيز تتعرض النشا والدكسترينات والسكريات

إلى تغيرات تؤثر بدورها على لون وطعم ونكهة الخبز . فالنشا تتكسر إلى بيرودكسترينات ملونة، والسكر يتحول إلى مشتقات بنية متكرملة، كما يتفاعل بعضه مع الأحماض الأمينية مكوناً ميلانويدينات ملونة قوية الرائحة تؤثر فى نكهة الخبز تأثيراً بالغاً ، كما تؤثر فى لون الخبز . والمعروف أن كل حمض أمينى يعطى نوعاً مخالفاً من الميلانويدينات يؤثر فى الخبز تأثيراً مختلفاً . ويعتقد البعض أن الخبز الأبيض الأفرنجى ترجع نكهته أساسا إلى مركبى acetoin، diacetyl اللذين يوجدان بنسبة ضئيلة جداً فى الخبز . أما خبز الجاودار فترجع نكهته أساساً إلى وجود مركب hydroxymethylfurfural المتطاير العديم اللون ويمكن تقدير المواد الطيارة المسئولة عن النكهة فى الخبز بتقديرها وامتصاصها فى محلول برمنجنات بوتاسيوم قلوى معروف القوة ثم تقدير مدى الاختزال الذى سببته هذه المواد الطيارة بالمعادلة بمحلول برمنجنات بوتاسيوم معروف القوة . ويتضح من التجارب أن المواد المتطايرة كالأحماض العضوية الطيارة والألدهيدات والإسترات لاتفقد جميعها أثناء الخبيز فى الفرن ، بل يتبقى بعضها مكسباً الخبز نكهته المميزة .

ويبين الجدول فى الصفحة التالية درجات الحرارة الداخلية أثناء عملية خبيز المنتجات ، ومنها يتضح أنها لا تتجاوز درجة غليان الماء فى أى نوع من المنتجات .

وعادة فى صناعة الخبز الأفرنجى تضبط درجة حرارة فرن الخبيز عند ٣٧٥ إلى ٤٥٠° فهرنهيت ، وتختلف مدة الخبيز تبعاً لدرجة الحرارة فتتراوح بين ٢٥ — ٣٥ دقيقة :

مدة الخبيز بالدقائق	بسكوت	خبز صغير	كعك	خبز
حرارة الفرن	١٥	٢٥	٣٠	٣٢
بالفهرنهيت	٤٥٠	٤٠٠	٣٦٥	٤٥٠
سعة قالب الخبيز				
عدد المكررات	شرائح بقطر $2\frac{1}{8}$ بوصة ٩	قطر ٣ بوصة ٦	$1\frac{1}{2} \times 8$ بوصة ١٢	رطل ٥

دقيقة	م°	ف°	دقيقة	م°	ف°	م°	ف°	م°	ف°
٠	٢٢	٧٦,١	٠	٢١	٩٦,٨	١٩	٦٦,٢	٣٢	٨٩,٦
١	٢٨	٩٢,٤	٢	٣٤,٥	٩٤,١	٣٤	٩٣,٢	٣٢,٥	٩٠,٥
٢	٣٨	١٠٠,٤	٤	٣٨,٥	١٠١,٣	٤١,٥	١٠٦,٧	٣٣	٩١,٤
٣	٤٧	١١٦,٦	٦	٤٦,٥	١١٥,٧	٤٧,٥	١١٧,٥	٣٢	٨٩,٦
٤	٦١,٥	١٤٢,٧	٨	٦٢	١٤٣,٦	٥٥	١٣١,٠	٣٥	٩٥,٠
٥	٧٩,٥	١٧٥,١	١٠	٨٠	١٧٦,٠	٦٣	١٤٥,٥	٣٩	١٠٢,٢
٦	٩٢,٥	١٩٨,٥	١٢	٩١,٥	١٩٦,٧	٧٢,٥	١٦٢,٥	٤٨	١١٨,٤

بسكوت			خبز صغير			كعك		خبز	
دقيقة	م°	ف°	دقيقة	م°	ف°	م°	ف°	م°	ف°
٧	٩٧,٥	٢٠٧,٥	١٤	٩٧,٥	٢٠٧,٥	٧٨,٥	١٧٣,٣	٥٥	١٣١,٠
٨	٩٨,٥	٢٠٩,٣	١٦	٩٩,٥	٢١١,١	٨٤	١٨٣,٢	٦٨	١٥٤,٤
٩	٩٩	٢١٠,٢	١٨	١٠٠	٢١٢,٠	٨٧	١٨٨,٦	٧٧	١٧٠,٦
١٠	٩٩	٢١٠,٢	٢٠	١٠٠	٢١٢,٠	٩٠	١٩٤,٠	٩٠	١٩٤,٠
١١	٩٩	٢١٠,٢	٢٢	١٠٠	٢١٢,٠	٩٤	٢٠١,٢	٩٤	٢٠١,٢
١٢	٩٩	٢١٠,٢	٢٤	١٠٠	٢١٢,٠	٩٦	٢٠٤,٨	٩٧	٢٠٦,٦
١٣	٩٩	٢١٠,٢	٢٦	١٠٠	٢١٢,٠	٩٧,٥	٢٠٧,٥	٩٨	٢٠٨,٣
١٤	٩٩	٢١٠,٢	٢٨	—	—	٩٩	٢١٠,٢	٩٨,٥	٢٠٩,٣
١٥	٩٩	٢١٠,٢	٣٠	—	—	٩٩,٥	٢٨١,١	٩٩	٢١٠,٢
—	—	—	٣٢	—	—	١٠٠	٢١٢,٠	٩٩,٥	٢١١,١

ويلزم ضبط درجة الرطوبة فى جو الفرن بإدخال البخار فى الفرن بالقدر المناسب على ثلاث أو أربع دفعات . ويراعى خفض درجة الحرارة نسبياً فى حالة الخبز المحتوى على نسبة عالية من السكر أو اللبن منعاً لتكرمل السكر بشدة وزيادة دكنة الخبز .

وتتلخص أكثر الأخطاء شيوعاً فى عملية الخبز فى انخفاض أو ارتفاع درجة حرارة الفرن أو الإسراع فى التسخين فى البداية أو زيادة أو قلة كمية البخار المدفوع فى الفرن أو زيادة ضغط البخار أو عدم انتظام درجة الحرارة فى مختلف أجزاء الفرن أو عدم تساوى توزيع قوالب الخبيز داخل الفرن . فانخفاض درجة الحرارة فى الفرن يسبب كبر حجم الخبز عن المناسب وخشونة قوام اللبابة وسماكة وبهتان لون القصرة وارتفاع نسبة الفاقد فى الخبز ، أى أن حجم الخبز يزداد على حساب نعومة القوام . وتعلل الزيادة فى حجم الخبز نتيجة لانخفاض درجة حرارة الفرن باستمرار عمل الإنزيمات مدة أطول فى بداية الخبيز قبل أن تقتلها الحرارة المرتفعة . ويعلل سمك القصرة بطول فترة تجفيفها نتيجة لانخفاض درجة الحرارة . أما بهتان اللون فسببه عدم كفاية التكرمل . وتعلل زيادة نسبة الفاقد بطول فترة تبخر الرطوبة والمواد الطيارة على درجات الحرارة المنخفضة . أما ارتفاع درجة حرارة فرن الخبيز عن المناسب فينشأ عنه صغر حجم الخبز ودكنة لون القصرة وعدم تسوية جوانب الخبز ، ويعلل صغر حجم الخبز بسرعة تكون القصرة مما يعوق الإنتفاخ ، ويؤدى حجم الغاز داخل الخبز فى هذه الحالة إلى اتساع المسام نتيجة لزيادة ضغط الغاز فى الحيز الصغير . وعادة يدكن لون القصرة قبل أن أن يتم استواء مركز اللبابة فى حالة ارتفاع درجة حرارة الفرن كثيراً . وأما الإسراع فى التسخين فى البداية flash heat فيسبب سرعة تلون القصرة قبل أن يكتمل استواء اللبابة . وتعالج هذه الحالة الأخيرة أحياناً بوضع عدد من قوالب الخبيز القديمة ممتلئة إلى

ثلثيها بالماء فى الفرن . وفى حالة تشبيع جو الفرن بالبخار فى بدية الخبيز يلاحظ تكثف بعضه على سطح العجينة الباردة التى تبلغ درجة حرارتها حوالى ٩٥° فهرنهيت ، وهذا يسبب زيادة سمك وصلابة قصرة الخبز . ويظهر أثر الجفاف فى الفرن القليل البخار بظهور بقع جافة على سطح الخبز والبخار الذى يدفع فى الفرن عادة يكون ذا ضغط يبلغ خمسة أو عشرة أرطال على البوصة المربعة ، وهو من النوع المعروف باسم البخار الرطب أو البخار المشبع wet or saturated steam ويقصد به بخار الماء الذى برد قليلا فتكثفت به بضع قطرات دقيقة من الماء فأصبح يشبه الضباب بعد أن كان عديم اللون . ويلاحظ أن إزياد ضغط البخار يتبعه ازدياد درجة الحرارة . وعند إدخال البخار الرطب فى الفرن تتكثف منه قطرات الماء على سطح العجينة محققة الغرض المنشود ، وأما عدم انتظام توزيع الحرارة داخل الفرن فيعطى خبزاً قاعدته وجوانبه غير تامة التسوية ، وتميل الجوانب للتقعر للداخل . ويسبب تزاحم قوالب الخبيز فى الفرن عدم انتظام شكل الخبز .

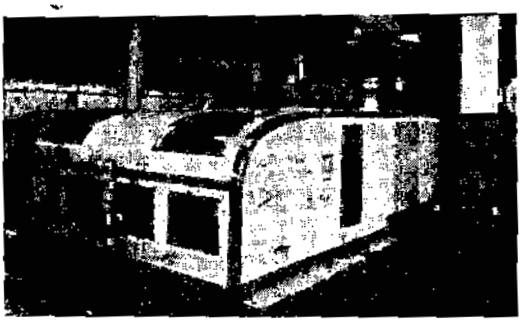
ويبرد الخبز قبل تغليفه منعاً لتراكم الرطوبة بين الخبز والغلاف فتصبح هذه المناطق بيئة صالحة لنمو الفطريات . وعادة يبرد الخبز الأفرنجى حتى تنخفض درجة حرارة لبابته إلى ٩٠° فهرنهيت تقريباً . ويراعى فى تحديد ظروف التبريد ألا يفقد الخبز كثيراً من الرطوبة وألا تتبقى به نسبة من الرطوبة تزيد على المحددة قانونا .

وعند خروج الخبز من الفرن يلاحظ أن جميع أجزائه ذات درجة حرارة متساوية تقريباً ، أما درجة الرطوبة فتكون مرتفعة فى مركز اللبابة عنها فى الطبقات الخارجية من الخبز . لذلك أثناء تبريد الخبز تنتقل من المركز فى اتجاه القصرة ، وهذا مما يسبب ليونة القصرة نسبياً .

فالتبريد عقب الخبيز مباشرة ضرورى لإيقاف سريان الرطوبة السريع وبالتالى المحافظة على قوام القصرة . ويجرى التبريد فى الجو العادى مستغرقاً ثلاث أو أربع ساعات ، أو يجرى فى نفق مجهز بمراوح تسحب الهواء الجوى إلى الداخل ماراً بالخبز ثم إلى خارج النفق ، وتستغرق هذه العملية حوالى ساعتين ونصف . والطريقة الأفضل لتبريد الخبز هى بوضعه فى أجهزة مكيفة الهواء أى ذات درجتى رطوبة وحرارة محددتين ، وتستغرق هذه العملية حوالى ساعة ونصف . وأحدث الطرق فى هذا المجال هى التبريد تحت ضغط مخفض حيث تستعمل مبردات قسمين أولهما مكيف الهواء يمر فيه الخبز خـــلال ثمانى وعشر دقيقة فيبرد كثيراً ، والثانى منخفض الضغط يمر فيه الخبز الذى أصبحت درجة حرارته حوالى ١٣٥° فهرنهيت فيعمل التفريغ على إزالة الضغط البخارى المرتفع عند مركز اللبابة فتصبح الحرارة والرطوبة متجانستين فى الخبز . وتستغرق هذه الطريقة الأخيرة حوالى نصف ساعة وتتميز بعـــدم ارتباطها بالظروف الجوية .

وحاليا تنتج بعض المخابز الكبيرة منتجات متخمـــرة نصف مصنعة أى أنها كاملة الحجم غير مكتملة التلون أو التسوية ، وذلك باتباع طريقة تسمى Brown N Serve . وفى هذه الطريقة تخلط المكونات بنسب معينة وتخمر العجينة بطريقة معينة وتخبز العجينة تحت ظروف معينة . فدرجة حرارة الفرن لاتتجاوز ٢٧٥ إلى ٣٠٠° فهرنهيت ، ولذلك تكيف العجينة للحد من الإنتفاخ الزائد الذى قد تتعرض له العجينة على هذه الدرجة المنخفضة من الحرارة . ويتضمن تكييف العجينة رفع مدى تماسك العجينة ، ورفع درجة حرارة العجينة العادية أثناء الخلط إلى ٩٠ أو ٩٥° فهرنهيت ، وتقليل نسبة الخميرة ، وإضافة الدهن والبيض ضمن مكونات العجينة ، وإجراء التخمر فى غرفة دافئة ، وإجراء

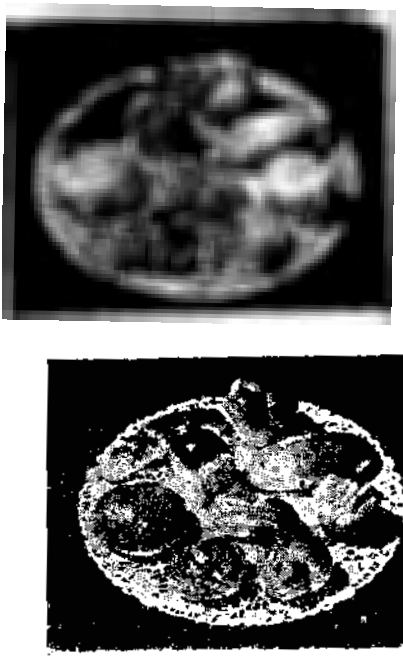
(شكل ٣٢)
إدخال الخبز فى المبرد



(شكل ٣٣)
نفق تبريد الخبز تحت ضغط منخفض

الإنضاج على درجة ١٠٠ إلى ١٠٥° فهرنهيت . وعادة يجرى الخبيز على درجة ٢٧٥ إلى ٣٠٠° فهرنهيت مدة كافية بشرط عدم تلون سطح المنتجات إطلاقا وبشرط أن تكون درجة حرارة اللبابة أعلى من ١٧٠° فهرنهيت عند خروجها من الفرن منعا لهبوط المنتجات collapse . وعادة تكفى مدة ١٥ إلى ٢٠ دقيقة فى الخبيز ، ويجب تبريد المنتجات وتغليفها مباشرة .

وهذه المنتجات نصف المصنعة يمكن حفظها فى المنزل بعض الوقت ثم تستكمل تسويتها منزليا قبيل الاستعمال .



(شكل ٣٤)

بعض المنتجات المخبوزة نصف المصنعة

عجينة الطوارىء :

فى بعض الدول ، وخاصة فى الولايات المتحدة الأمريكية ، يتبع نظام خاص فى تحضير العجينة وخاصة فى حالات الطوارىء Emergency no-time dough وفى هذا النظام تستخدم كمية من الخميرة تزيد على القدر الشائع استخدامه ، كأن تكون كمية الخميرة حوالى ٢,٥٪ من وزن الدقيق ، أى بمعدل سبعة أرطال Lb لكل جوال إنجليزى من الدقيق، كما ترفع درجة حرارة التخمير عن المعتاد ، كأن تصبح ٣٠° — ٣٢° م (٨٦° — ٨٩° ف) ، ويجرى تقسيم العجينة مباشرة ، وبعدها بربع ساعة يجرى التشكيل النهائى Final moulding لقطع العجين ، ثم تترك قطع

العجين المشكلة مدة ساعة واحدة على درجة ٤٣°م (١١٠° ف) للاستواء Proving ، وأخيراً تخبز الأرغفة . والخبز الناتج يكون عادة منخفض الدرجة من وجهة الجودة ، إذ تكون لبابته Crumb سميكة الجدران thick-walled ومسامها بالغة الإتساع كما أن يكون سريع التجلد Staling .

الخبيز بالموجات القصيرة :

الشائع فى صناعة الخبز Conventional oven baking هو تسخين وتسوية العجينة بحرارة اللهب . ولما كانت العجينة رديئة التوصل الحرارى فهذا التسخين يؤدى إلى سرعة سخونة السطح الخارجى للعجينة مقارناً بالجزء الداخلى لقطعة العجين ، كما أن بطء سريان الحرارة فى العجينة ينجم عنه ازدياد نشاط إنزيم الألفا أميليز بدرجة غير مستحسنة قبيل أن توقف الحرارة نشاطه . لهذا بدأ التفكير فى استخدام الطاقة Microwave energy فى صناعة الخبز Microwave baking. والطاقة المستخدمة تنتقل بالإشعاع radiation يتردد Freguency وقدرها ٩٠٠ ميجاهرتز (Megahertz (MHZ فأكثر ، من مولدها المغنطرون Magnetron فهذه الأشعة القصيرة Microwaves تخترق العجينة بسرعة فائقة وتسوى رغيف الخبز بدرجة متماثلة فى كل من خارجه وداخله ، كما أن عملية الخبيز تتم فى وقت قصير يسبب سرعة التسخين برغم بقاء درجة الحرارة عند الحد الذى يسمح باستمرار نشاط الألفا أميليز . وهذ يعنى أن الدقيق الذى لايصلح لصناعة الخبز الأفرنجى لارتفاع نشاط الألفا أميليز به يمكن أن يستخدم الآن بنجاح فى صناعة الخبز باتباع طريقة الخبيز بالإشعاع .

وقد أفادت طريقة الخبيز بالإشعاع فى التغلب على صعوبة أخرى متعلقة بنسب البروتين فى الدقيق فباتباع طريقة الخبيز العادية Conventional بالتسخين بالحرارة يلاحظ فقد الغازات أثناء الخبيز بنفس السرعة التى تتكون بها تقريباً وذلك بسبب ضعف جدر خلايا اللبابة Crumb إلى الحد

الذى يجعلها عاجزة عن احتجاز الغازات ، وهذا الضعف طبيعى عندما تكون نسبة البروتين فى الدقيق أقل من ١٠,٥٪ ، وهذا أيضاً هو سبب التوصية بضرورة استخدام دقيق به نسبة مرتفعة من البروتين فى صناعة الخبز الأفرنجى . أما باتباع طريقة الإشعاع أمكن استخدام خبز منخفض البروتين إلى حد قد يصل إلى ٧,٥ ٪ والحصول على خبز أفرنجى يماثل فى صفاته الخبز المصنوع من دقيق عادى مرتفع البروتين بطريقة الخبيز العادية ، وسبب ذلك أن الغازات تتولد بسرعة تفوق كثيراً سرعة فقدها أثناء الخبيز بالإشعاع بسبب سرعة تسخين العجينة خارجياً وداخلياً . وهذه النتيجة ذات أهمية اقتصادية بالغة ، إذ أنه بالخبيز بالإشعاع أصبح ممكناً فى دول أوروبا استخدام الدقيق المنخفض البروتين المنتج محلياً فى صناعة الخبز الأفرنجى والاستغناء عن استيراد دقيق ذى نسبة بروتين مرتفعة .

ويلاحظ أن الخبيز بالإشعاع يعطى رغيفاً عديم القصرة Crustless loaf فإذا أريد تكوين قصرة أصبح هذا ممكناً بتعرض الرغيف لهواء ساخن . ومن الممكن استخدام الهواء الساخن فى نفس فرن الخبيز بالإشعاع ، وتستغرق عملية الخبيز للرغيف زنة ٢٨ أوقية أقل من ثمانية دقائق ، وتعرف العملية باسم طريقة الإشعاع والتسخين الحرارى the microwave radiant heat process وأكثر مايعوق إنتشار هذه الطريقة الحديثة هو التكاليف الباهظة لكل من المعدات epuipmeut والمصاريف الجارية Running costs وليس هناك تعويض لازدياد التكاليف سوى أن جزءاً منها يعوض انخفاض سعر الدقيق القليل البروتين والذى أصبح ممكناً استخدامه فى صناعة الخبز الأفرنجى بهذه الطريقة عن سعر الدقيق المرتفع البروتين الذى مايزال يحتل الصدارة فى إنتاج الخبز الأفرنجى .

أجهزة المخابز :

توضح الرسومات التالية نماذج من الأجهزة والآلات المستخدمة فى

المخابز الآلية الحديثة . وسيكتفى بعرض هذه النماذج دون شرح لها من الوجهة الهندسية إذ أن ضغط هذا الكتاب فى حيز مناسب يستلزم غض النظر عن هذه الناحية الهندسية .

تقسم آلات وأدوات المخابز إلى آلات وأدوات الدقيق ، وآلات وأدوات العجين ، وآلات وأدوات الخبيز ، وآلات وأدوات الخبز ، وآلات وأدوات متنوعة . فالقسم الأول يشمل مخازن الدقيق وأجهزة نقله ونخله ووزنه . ويشمل القسم الثانى ماكينات خلط العجينة وتقسيمها وتكويرها وتشكيلها وصناديق إنضاج العجينة وقوالب الخبز وأحواض العجين. ويشمل القسم الثالث الأفران وأدوات الأفران ، ويشمل القسم الرابع مبردات الخبيز وماكينات تقطيع الخبز وتغليفه ونقله ويشمل القسم الأخير مقياس الماء والثلاجات وغلاية البخار وماكينات غسيل القوالب ومبردات القوالب وأجهزة المستحلبات وغيرها .

معدات النقل :

أستبدلت طريقة نقل الدقيق القديمة ، بوضعه داخل جوالات ، بالطريقة

(شكل ٣٥)

نقل عبوات الدقيق من وإلى المخازن

الحديثة ، وهى نقل الدقيق السائب bulk handling فى عربات bulk trailers or freight care لأن هذه الطريقة الحديثة ثبتت سهولتها وأفضليتها من الوجهتين الاقتصادية والصحية . إلا أن الطريقة الحديثة تستلزم أن يكون المخبز مزوداً بخلايا bins لاستقبال الدقيق السائب وتخزينه، وكذلك بوسائل النقل الآلى Pneumatic conveying system سواءاً كان موجب الضغط أو سالب الضغط Negative Pressure type . وبديهى أن النظام الموجب يكون الأسهل من الوجة الميكانيكية لكنه يعاب عليه أنه فى حالة حدوث تلف يؤدى هذا الضغط الموجب إلى تناثر الدقيق ومنتجات الطحن فى أرجاء المصنع وتناثر غبار الدقيق القابل للانفجار فى الجو .

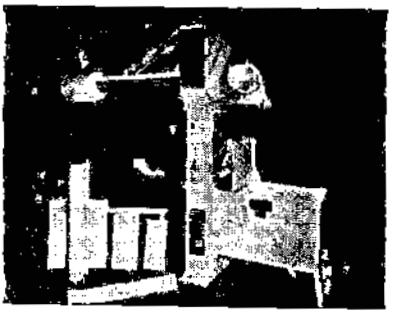
ويوزن الدقيق فى نظام الوجبات batch mixing بواسطة ميزان آلى يوضع عادة فوق الخلاط مباشرة ، كما يمكن إجراء الوزن عند صومعة الدقيق مع مراعاة احتساب الفاقد فى الوزن loss-in-weight procedure . ومن المفيد إجراء عملية نخل إضافية للدقيق قبل دخوله الخلاط مباشرة .

وتزود المخابز بوسائل تخزين ونقل المواد الدهنية السائلة والصلبة . وأحياناً يحتاج الخباز إلى دهن مطاط Plastic fat للحصول على القوام texture والمظهر appearance المرغوب ، ولهذا يمرر الدهن السائل فى وحدة تبريد ، مثل votator ذو غلاف مبرد ،ومنه يخرج الدهن المتجمد إلى وعاء الخلاط مباشرة . وتستخدم أجهزة قياس metering devices فى قياس حجم الدهن السائل .

وتستقبل المخابز كميات من السكر السائب bulk sugar ، وفى حالة السكر المتبلور يمكن استخدام الناقلات الأتوماتيكية بالضغط الموجب أو السالب . إلا أن تخزين واستعمال العسل syrups هو الأكثر شيوعاً ، مثل عسل الذرة corr syrup ومحلول سكر القصب المركز cane sugar syrups وأحيانا يستعمل السكر السائل liquid sugars خاصة فى العمليات التى لاتتضمن ضرب creaming .

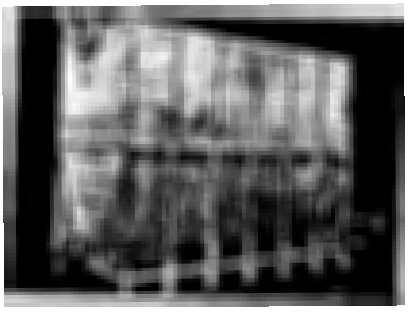
الخلاطات :

الغرض من عملية الخلط mixing فى جميع مصانع الأغذية هو ضمان تجانس توزيع جميع المكونات فى الكتلة الممتزجة النهائية . ويضاف إلى هذا الغرض أيضاً فى صناعة الخبز إدخال فقاعات من الهواء فى الكتلة لتصبح



(شكل ٣٦)
صندوق الدقيق وناقل الدقيق والمنخل فى وحدة واحدة

نواة foci لانطلاق غاز ثانى أكسيد الكربون . وثمة غرض آخر هو العمل على تكوين الجلوتين ، وهذا أمر له أهميته فى صناعة الخبز لكن لايفيد فى صناعة الكيك والبسكويت . ومعظم الخلاطات المستخدمة فى



(شكل ٣٧)
صومعة دقيق

المخابز من النوع الأفقى horizontal لأنه يمتاز بقدرته على تخليق الجلوتين نتيجة لدوران الحدافات فى اتجاه واحد مما يساعد على تنظيم وجدل خيوط البروتين . وأصابع المقلب agitator عادة ثلاثة ، كل منها بقطر ٢ أو ٣ أو ٤ بوصات وتمتد فى اتجاه مواز لقطر وعاء الخلاط . وهذا الوعاء يكون عادة مزدوج الجدران ليتسنى تبريد العجينة أثناء الخلط والتخلص من الحرارة المتولدة نتيجة للمزج السريع وذلك بإمرار إيثيلين جيلكول ethylene glycol أو بالاستفادة من التمدد المباشر لأحد غازات التبريد . ولكل خلاط سرعتان عادة ، إحداهما مرتفعة أى ٧٠ دورة فى الدقيقة ، والثانية منخفضة ، أى حوالى ٣٥ دورة فى الدقيقة . والسرعة المرتفعة تستخدم فى مرحلة تكوين العجينة dough development بينما السرعة البطيئة تستخدم أساساً فى مرحلة إضافة الماء . والخلاطات الرأسية vertical مستعملة عادة فى نظام الوجبات batch mixing للعجائن الرخوة batters وغيرها ، وبها مضارب ذات أشكال متنوعة ، منها السلك wire whips المستخدم لضرب بياض البيض ومنها الحدافات batter beaters المستخدمة فى مزج الكيك الطبقى layer cake ومنها قطاعات الحلوى pastry cutters لعمل عجينة الفطائر . وتوجد خلاطات خاصة تناسب أغراضاً معينة مثل Oakes continous mixer الذى يمتاز بقدرته على تهوية aeration بعض عجائن الكيك ، ومثل Morton whisk الذى يصلح لخلط العجينة فى حيز مضغوط ، ومثل Artofex mixer المستخدم فى أوربا ويشتهر بتماثل نتائجه مع نتائج العجن اليدوى .

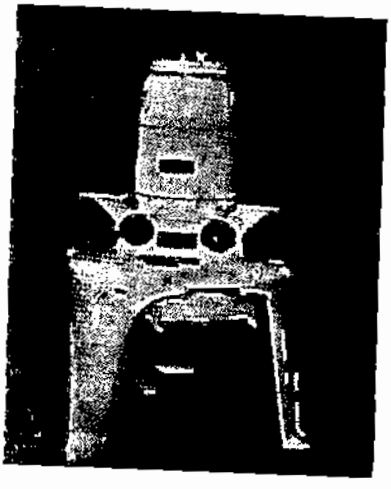
كرات

(شكل ٣٨)

منخل الدقيق ذى الكرات

ماكينات تقطيع العجين :

عقب خلط العجينة يلزم تقطيع هذه العجينة إلى قطع يعطى كل منها وحده معينة من المنتج النهائى لهذا تستخدم ماكينات dough dividers تعمل على أساس حجمى Volume displacement بدلاً من الأساس الوزنى ، فتمر العجينة بداخل أسطوانة ذات حجم محدد ، ومنها تخرج القطع المطلوبة . وتبدأ العملية بوضع العجينة داخل غرفة المكبس compression chamber وبواسطة السكينة التى تتحرك أفقياً فى نهاية الغرفة تقطع العجينة إلى أجزاء، كل منها يدفعه المكبس Piston إلى سلندر دائرى rotatable cylinder الذى بدورانه يقطع العجين الزائد وتبقى قطعة بالحجم المطلوب تنطلق للخارج بواسطة رافعة . وبعودة السلندر فارغاً تنصب فيه عجينة أخرى بتأثير الجاذبية الأرضية والشفط Suction ، ويعاود المكبس والسكين دفع وقطع قطعة أخرى من العجينة . وعادة تكون الماكينة ذات عدد من السلندرات يتراوح بين اثنين وثمانية ، وتعطى عدداً من القطع يبلغ حوالى ٢٥ قطعة فى الدقيقة ، وتكون القطع بأوزان تتراوح بين ٦ ، ٣٦ أوقية ، وتبلغ



(شكل ٣٩)

جهاز الطرد المركزى لإبادة بويضات ويرقات الحشرات فى الدقيق

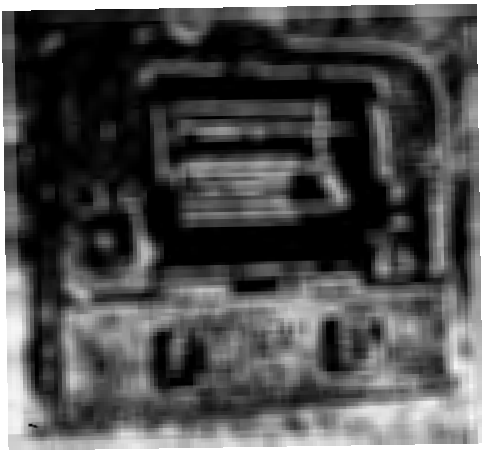
قوة الموتور ١ إلى ٧,٥ حصان hp. وبديهى أن أى عامل يغير من كثافة العجينة سوف يغير وزن القطع ، ولهذا فورن القطع ينخفض قليلا بتقدم الوقت نظراً لأن غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يتولد بصفة مستمرة فى العجينة يخفض الكثافة .

ماكينات تكوير العجينة :

لما كانت قطع العجين تبدو غير منتظمة الشكل وبعض سطوحها لزجة فهى تكون مدعاة لتسرب الغاز ، خاصة وأن الجلوتين يكون غير مهيئاً تهيئاً كاملا disoriented مما يجعل العجينة مازالت غير معدة للتشكيل molding . لهذا تتولى ماكينات تكوير العجينة rounders مهمة ، تحقيق التئام قطع العجين وجعل السطح جافاً وأملساً،وجعل غلاف Skin العجينة متماسكاً وأكثر سمكاً ، وإعادة ترتيب خيوط الجلوتين ، وتكوير العجينة لتصبح كرة يسهل تداولها . والأساس فى عمل هذه الماكينات هو دحرجة قطعة العجين على سطح أسطوانة drum أو مخروط Cone فى خط سير لولبى spiral track سواء فى اتجاه تصاعدى upward أو تنازلى downward ويساعد دقيق التعفير dusting flour مع الهواء الجوى على تجفيف السطح ،

(شكل ٤٠)
ميزان أوتوماتيكى للدقيق

وتقسم هذه الماكينات إلى ذات الوعاء bowl وذات الاسطوانة drum وذات الشكل المظلى umbrella-type . وعادة يكون السطح الملامس للعجين موجاً corrugated رأسياً أو أوفقياً مغطى بالشمع waxed أو بمادة بلاستيكية plastic مثل Teflon لتقليل إحتمال التصاق Sticking العجينة بالسطح .

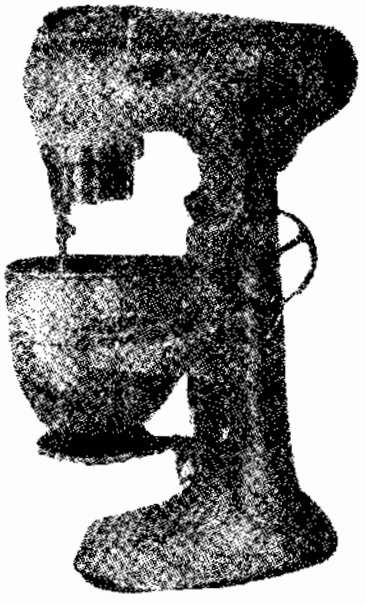


(شكل ٤١)
خلاط العجين السريع

غرف التخمير :

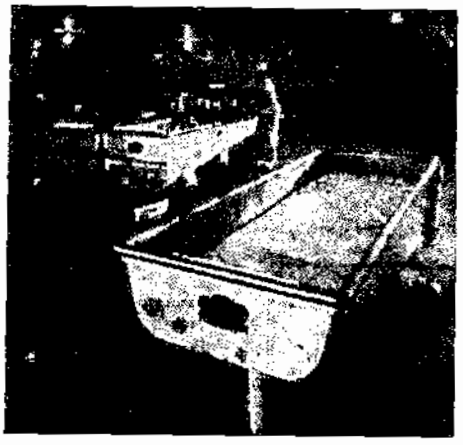
عادة تترك العجينة فترة راحة rest ، مرة واحدة أو أكثر stages ، لتتخمر فيجتمع بها ثانى أكسيد كربون وعوامل النكهة Flavoring constituents ففى صناعة الخبز تكون الراحة على ثلاث أو أربع مراحل ، هى التخمر fermentation الذى يظهر عادة بمجرد خروج العجينة من الخلاط ، والتسوية الوسطية intermediate proof التى تحدث عادة عقب تجزئة وتكوير العجينة ، والتسوية فى القوالب pan proof التى تتم عقب وضع قطع العجين المشكلة فى القوالب وتركها لتجميع الغاز قبل وضعها فى الفرن . وفى كثير من المخابز تقسم عملية التخمر الأولى إلى مرحلتين يجرى بينهما عملية

ضرب remix العجينة . والمفضل عادة هو ضبط درجة حرارة غرف التخمير والرطوبة النسبية فى جو الغرف ،لأن سرعة التخمر تتوقف أساساً على درجة الحرارة ، كما أن صفات التداول handling propertiesتتوقف على مدى تعرض العجينة للجفاف . وغرفة التخمير عبارة عن صندوق معزول well-insulated ومزود بوسائل ضبط درجتى الحرارة والرطوبة النسبية . وعادة توضع العجينة فى أحواض troughs ذات عجلات ، أما قطع العجين المشكلة فتوضع فى صوانى trays وهذه ترص على أرفف racks ذات عجلات تسهل دفعها داخل غرف التخمير المزودة بماكينات تكييف الهواء لضبط درجة حرارة جو الغرفة عند ٨٠° ف ± ١° ف ودرجة الرطوبة النسبية عند ٧٦ ٪ ± ١ ٪ أما فى مرحلة التخمير الوسطى ،أو التسوية الوسطية ،فتوضع كور العجين داخل غرفة تسوية Intermediate proofer



(شكل ٤٢)
خلاط العجين الرأسى

يكاد يقتصر استخدامها على صناعة الخبز بالذات ، وتترك العجينة للراحة relaxes . وفى المخابز الكبيرة تستخدم ناقلات Tray-type conveyors فتوضع قطـــع العجـــين فى صوان أو قوالب pans معـدنية أو أحواض troughs معدنية أو قواديس buckets معدنية أو صوان خشبية ، وهذه تتحرك على سير ينقلها فى المدخل إلى المخرج خلال مدة معينة تكفى للتسوية .

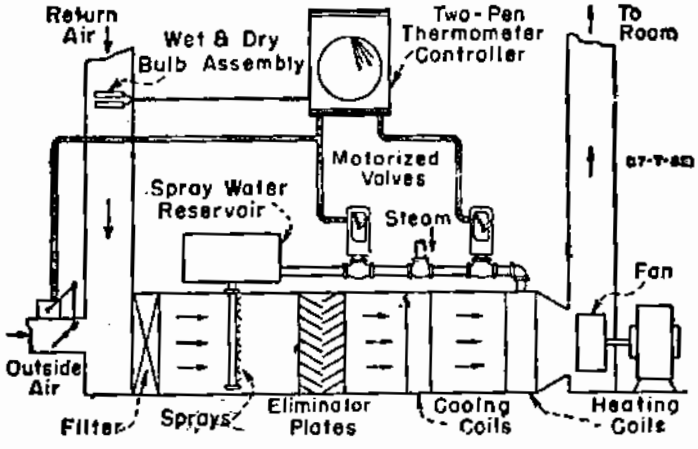


(شكل ٤٣)
أحواض العجين داخل غرفة التخمير

ماكينات التشكيل :

بعد مرحلة التخمر الوسطية intermediate proof تنقل قطع العجين إلى ماكينة التشكيل molder التى تتولى تشكيل shaping قطعة العجين فى هيئة رغيف loaf أى أسطوانة cylinder معدة لوضعها فى الفرن . وتوجد صور متعددة من ماكينات التشكيل ، جمعها تؤدى أربعة وظائف ، هى فرد sheeting العجينة و curling ولفها rolling ولحمها Sealing ويتم التشكيل فى هذه الماكينة باستخدام زوجين أو أكثر من السلندرات المتتابعة consecutive ،

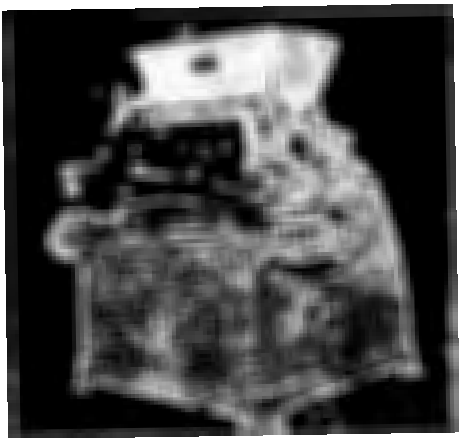
والأكثر شيوعاً هو ثلاثة أزواج ، والمسافة بين سلندرى الزوج الثالث أصغر منها بين سلندرى الزوج الثانى كما أن المسافة بين سلندرى الزوج الثانى أصغر منها بين سلندرى الزوج الأول . وهذا يعنى أن الضغط الواقع على العجينة فى الزوج الأول ، المعروف باسم زوج القمة head rolls ، يكون صغيراً ، ويزداد هـذا الضغط فى الزوج الثانى المعروف باسم زوج الوسط center rolls ثم يزداد مرة أخرى فى الزوج الثالث ، المعروف باسم الزوج المنخفض lower rolls أو زوج الفرد Sheeting rolls . وهذا التدرج فى الضغط يقلل من سمك العجينة تدريجياً وبالتالى يقلل من حدة ضرب العجينة punishment مما يقلل من احتمال حدوث التمزق فى العجينة . وعقب فرد العجينة Sheeted out يبدأ لفها curled up فى صورة أسطوانة بواسطة



(شكل ٤٤)
رسم تخطيطى لنظام تكييف الهواء فى غرفة التخمر

السلندرات أخرى Special set of rolls أو بواسطة زوج من السيور apair of canvas belts . وعقب اللف تكون طبقات layers قطعة العجين المشكلة ليست متلاصقة تماماً not tightly adherent ولهذا تتولى الماكينة مهمة لحم seal القطع حتى لا تتفسخ فى الفرن عند إنتفاخها ، وكذلك لطرد الهواء الموجود بين طبقات قطعة العجينة . وهـذا النظام الأتوماتيكى

mechanized مستخدم بكفاءة فى صناعة الخبز الأفرنجى ، لكنه ليس تام الميكنة فى صناعة حلوى الدقيق ، فهذه الأخيرة يغلب فيها إستخدام مناضد أوتوماتيكية mechanica lbenches تتولى عمليات فرد العجائن المحلاّة ومزجها بمكسبات النكهة السائلة والصلبة على السواء ، ولف العجينة فى صورة أنبوبة إهيلجية الشكل ، ولحام طرف العجينة ، وتقطيع العجينة بالأحجام المرغوبة .



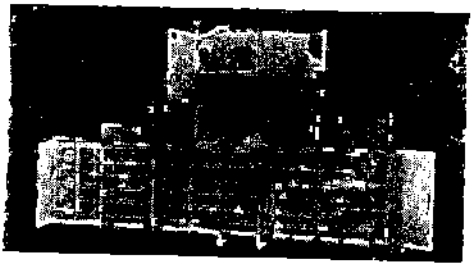
(شكل ٤٥)
ماكينة تقطيع العجينة

الأفران :

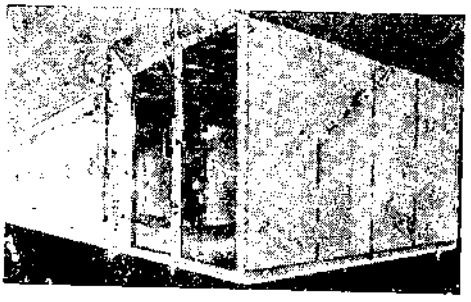
إندثرت الأفران القديمة المصنوعة من الحجارة أو الطوب والتى تسخن باللهب المتولد بداخلها ، وحلت محلها الأفران الحديثة المناسبة للإنتاج الغزير والتى يسهل التحكم فى ضبط درجة حرارتها مع تقليل عدد العمال اللازمين لوضع العجين فى الفرن واستقبال المنتجات المخبوزة . لكنه لا يخفى أن الأفران القديمة مازالت قائمة فى بعض الدول الصغيرة وفى القرى . وتقسم الأفران الحديثة من وجهة نظمها إلى reel ovens و Single- lap ovens و double-lap ovens و travelling-hearth ovens بالإضافة إلى

peel ovens و rotary-hearth ovens الذين مايزالا يستخدمان فى المخابز الصغيرة وفى بعض الأغراض الخاصة . ويتكون فرن reel من سلاسل أرفف shelves يمتد كل منها بين أذرع arms تدور ببطء أثناء مرحلة الخبيز مما يجعل الأرفف تسير فى ممر أسطوانى cylindrical path ، وبذلك لايؤثر التباين فى درجتى الحرارة فى كل من قمة وقاع الفرن على المنتجات المخبوزة وفى التشغيل توضع قوالب الخبيز على الأرفف من خلال فتحة صغيرة أمامية، كما أن المنتجات المخبوزة تؤخذ من نفس الفتحة .

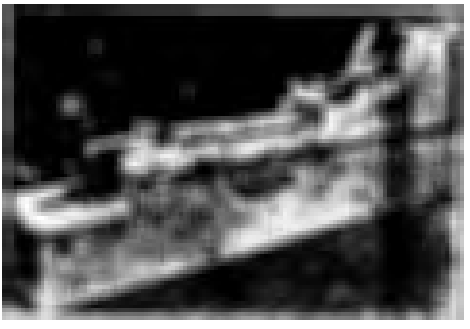
(شكل ٤٦)
ماكينة تكوير العجينة ذات المخروط



(شكل ٤٧)
جهاز نضج العجين

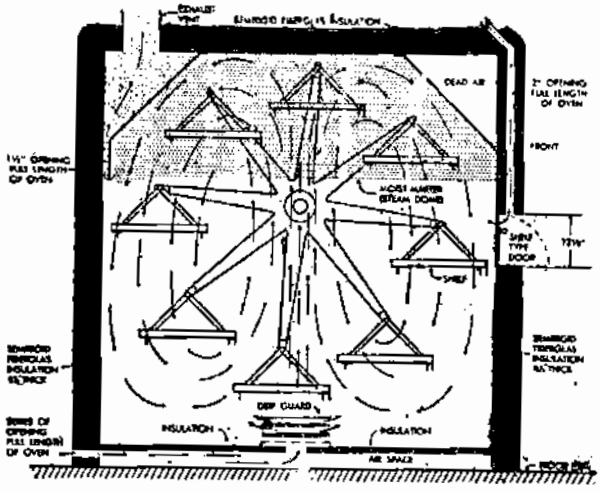


(شكل ٤٨)
جهاز نضج العجين المكيف الهواء

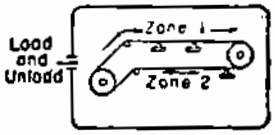


(شكل ٤٩)
جهاز لتشكيل العجينة ووضعها فى القوالب أوتوماتيكياً

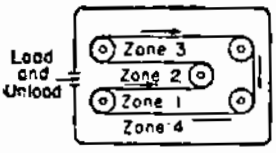
(شكل ٥٠)
فرن النفق للخبيز

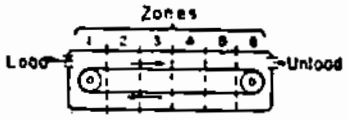


(شكل ٥١)
رسم تخطيطى لفرن الدوران للخبيز



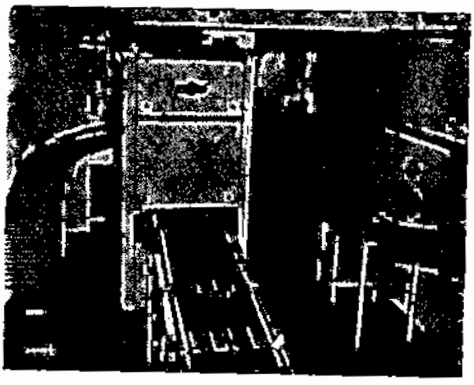
(A) Single Lap
Single or Multicycle
TRAVELING TRAY OVEN
(up to 70' Long)



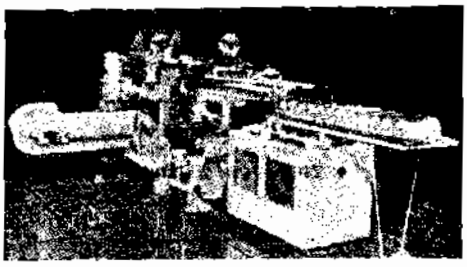
(B) Double Lap
TRAVELING TRAY OVEN
(up to 35' Long)

(C) TUNNEL OVEN
with Traveling Plate or Hearth
(up to 130' Long and 16 Zones)

(شكل ٥٢)

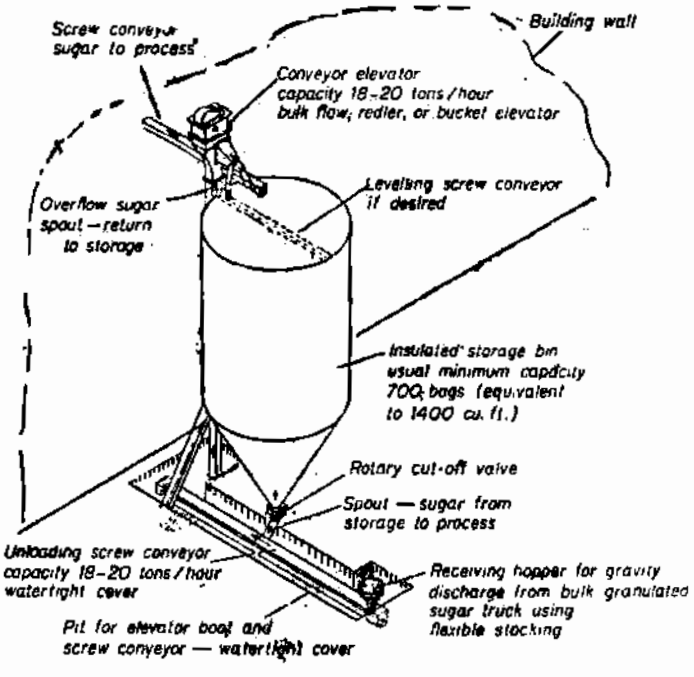
إتجاهات العجين فى الفرن ذى الثقة الواحدة أو الثقتين أو ذى النفق



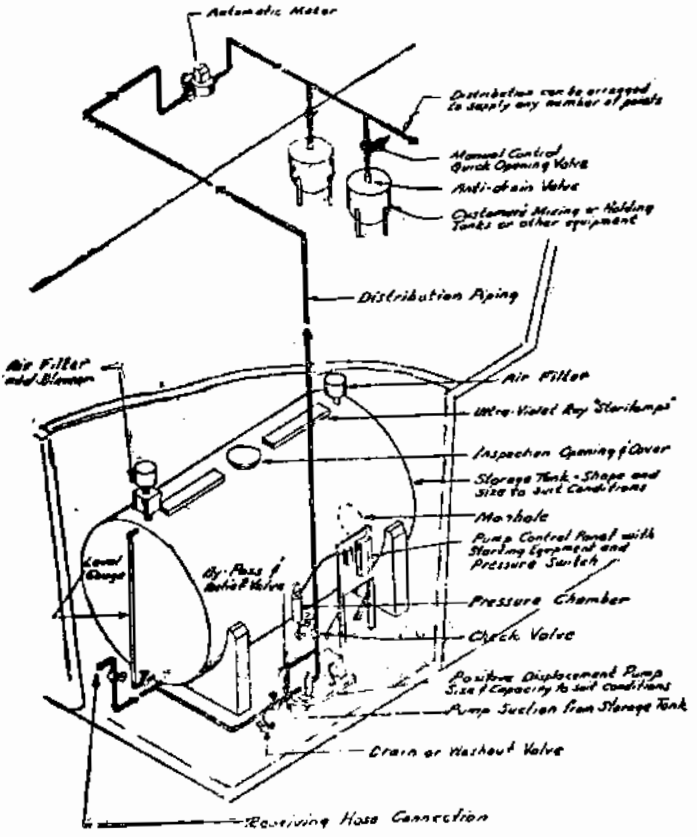
(شكل ٥٣)



(شكل ٥٤)
تغليف الخبز ميكانيكياً

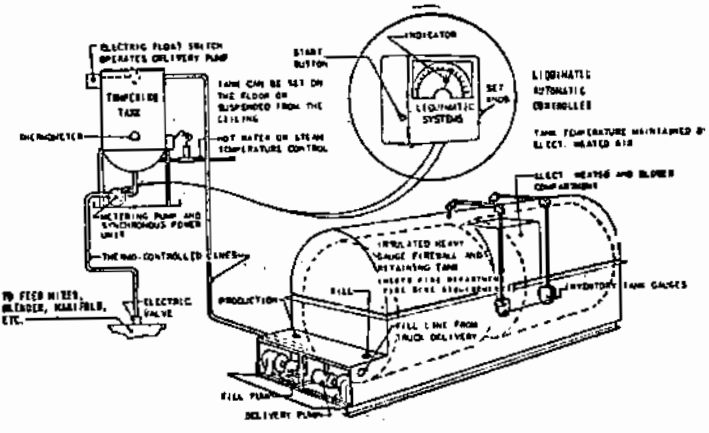


(شكل ٥٥)
رسم تخطيطى لطريقة تخزين السكر فى المخابز الكبيرة



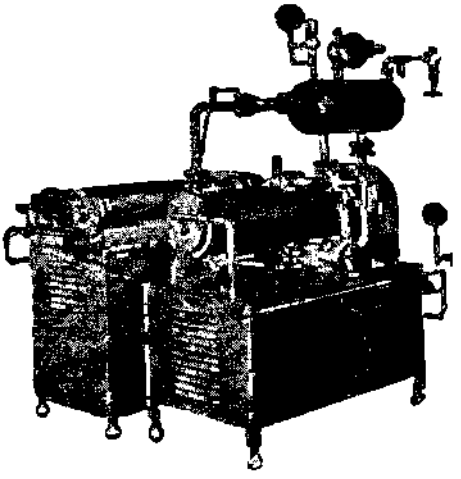
(شكل ٥٦)

رسم تخطيطى لطريقة تخزين العسل فى المخابز الكبيرة

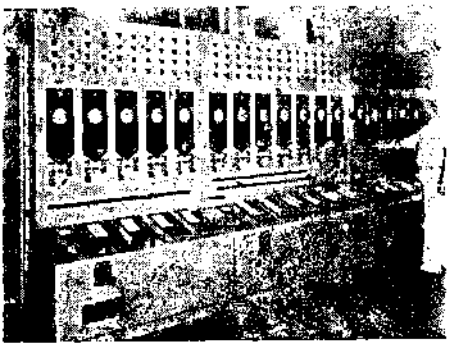


(شكل ٥٧)

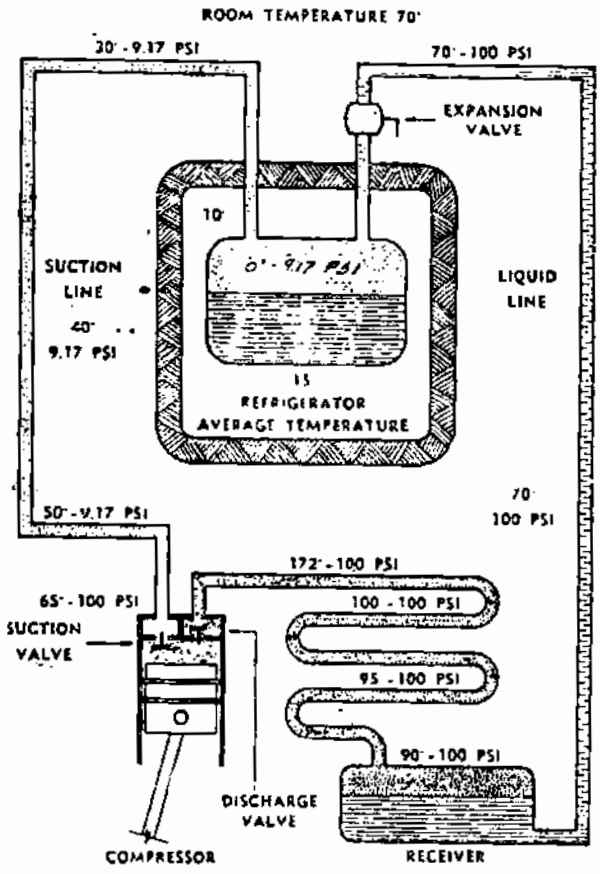
رسم تخطيطى لطريقة تخزين الدهن وتداوله فى المخابز



(شكل ٥٨)
ماكينة لتحويل الزيت إلى عجينة

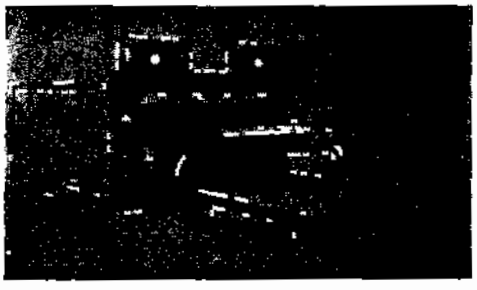


(شكل ٥٩)
لوحة ضبط كميات جميع خامات الخبيز فى المخبز الأوتوماتيكى



(شكل ٦٠)

دورة الغاز فى جهاز التبريد

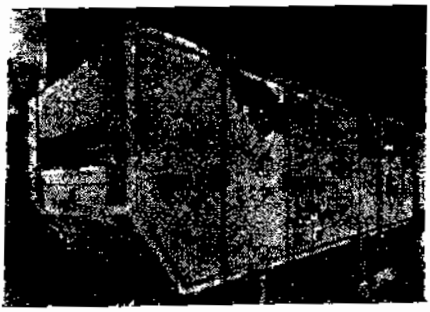


(شكل ٦١)

فرن كهربائى ذو قاع متحرك

Electric drawkate oven

(شكل ٦٢) قطاع فى فرن الهواء الساخن
Heat Trap Hot Air oven

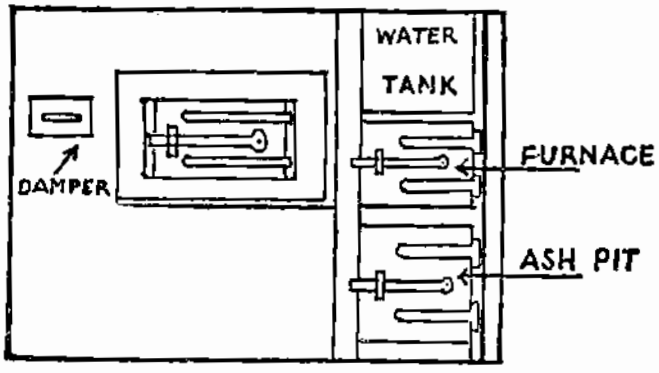


(شكل ٦٣) فرن الصوانى الدائرة وحيد الاتجاه

(شكل ٦٤)
فرن الصوانى الدائرة وحيد الاتجاه
Uniflow Swing tray travelling oven

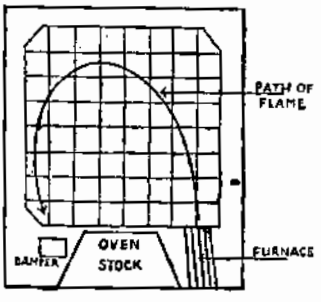
(شكل ٦٥)

فرن دوار Kneeds reel Oven



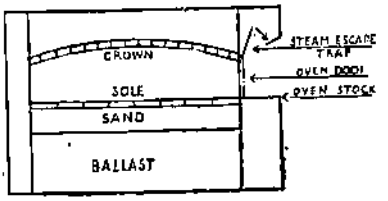
(شكل ٦٦)

واجهة فرن اللهب الجانبى Side-fire oven



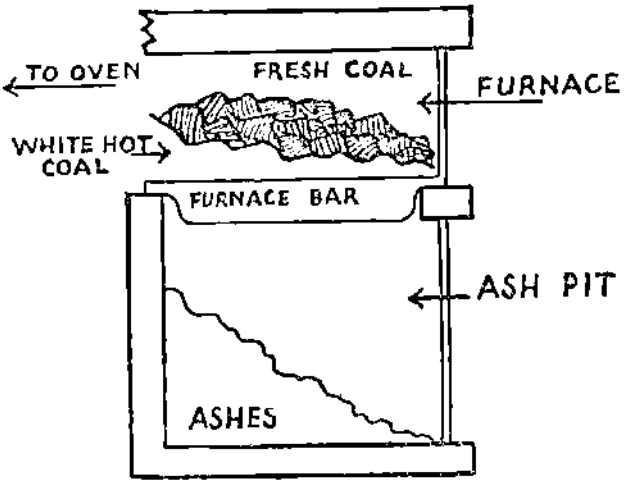
(شكل ٦٧)

اتجاه اللهب فى فرن اللهب الجانبى



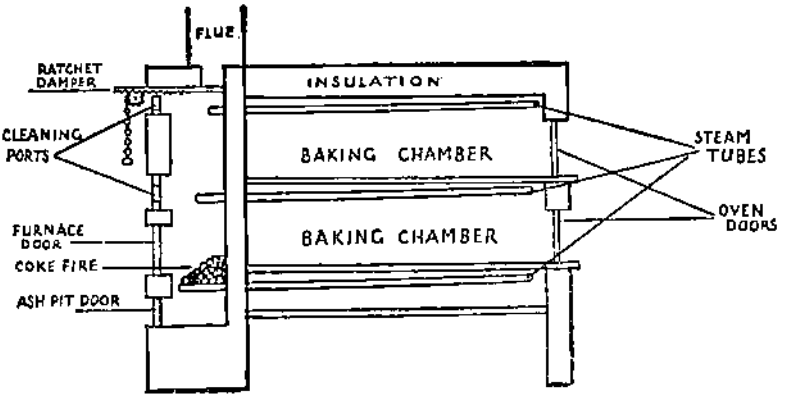
(شكل ٦٨)

جانب فرن اللهب الجانبى



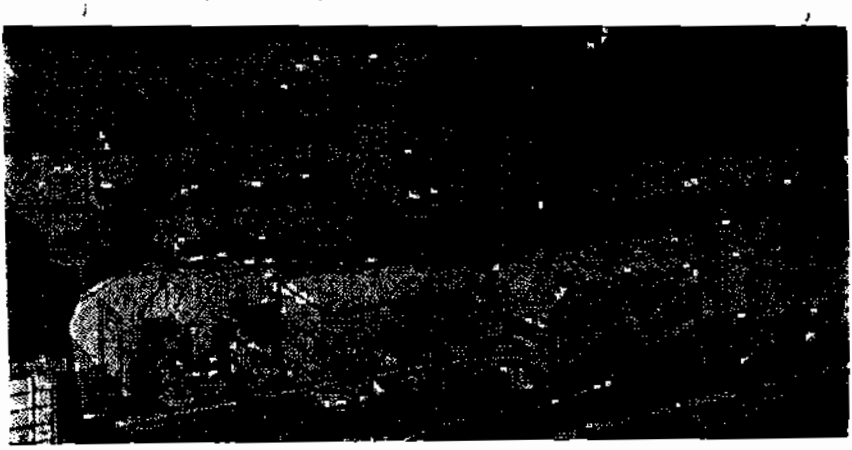
(شكل ٦٩)

إشعال فرن اللهب الجانبى



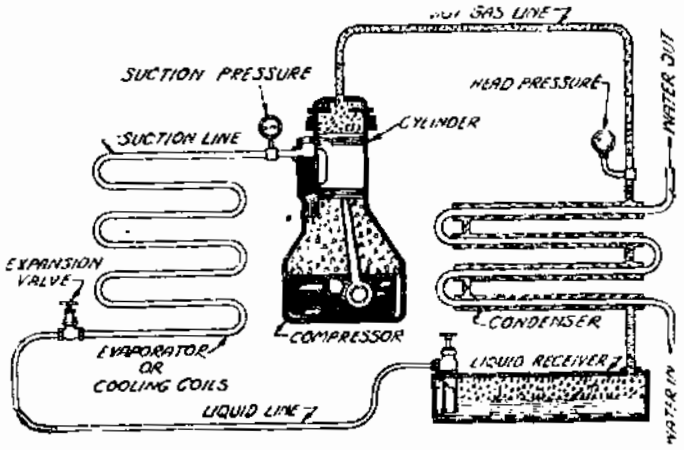
(شكل ٧٠)

إشعال اللهب فى الفرن ذى أنابيب البخار

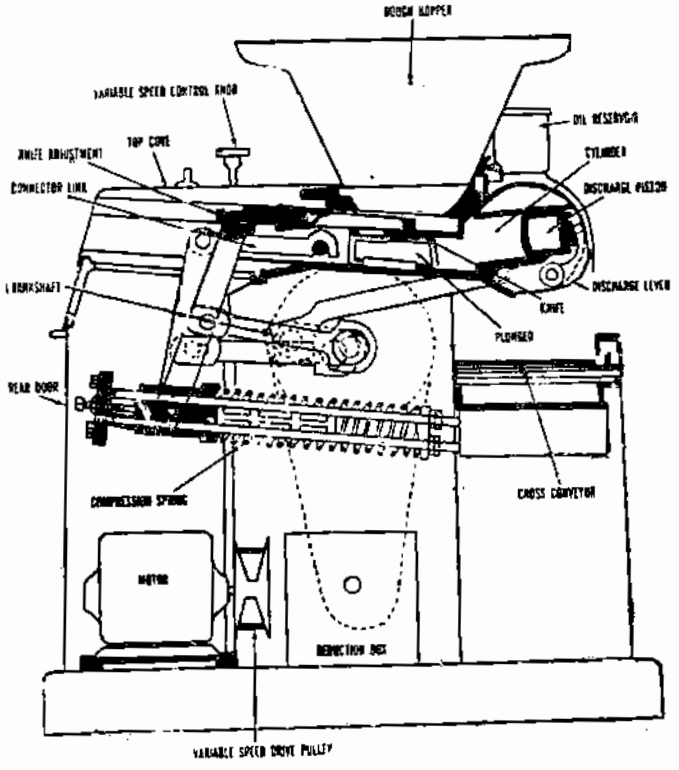


(شكل ٧١)
مخبز حديث ذو طابقين

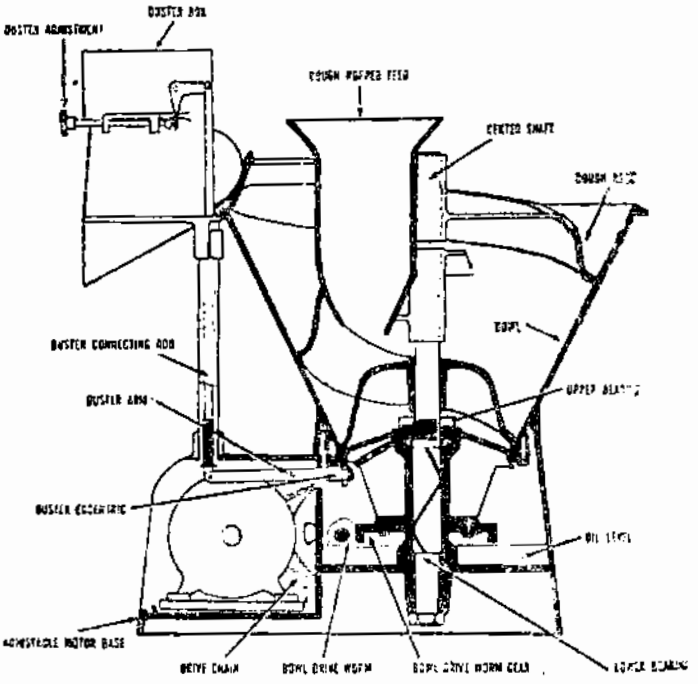
(شكل ٧٢)
قطاع فى مخبز حديث وحيد الطابق



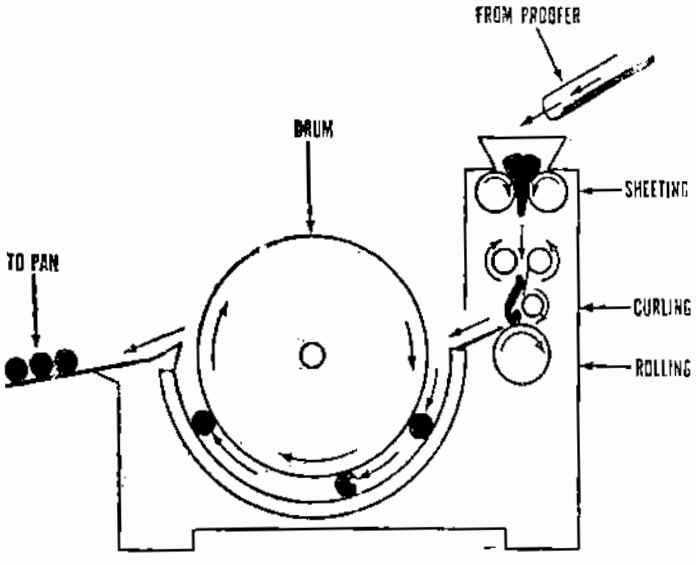
(شكل ٧٣) رسم تخطيطى يوضح نظرية أجهزة التبريد



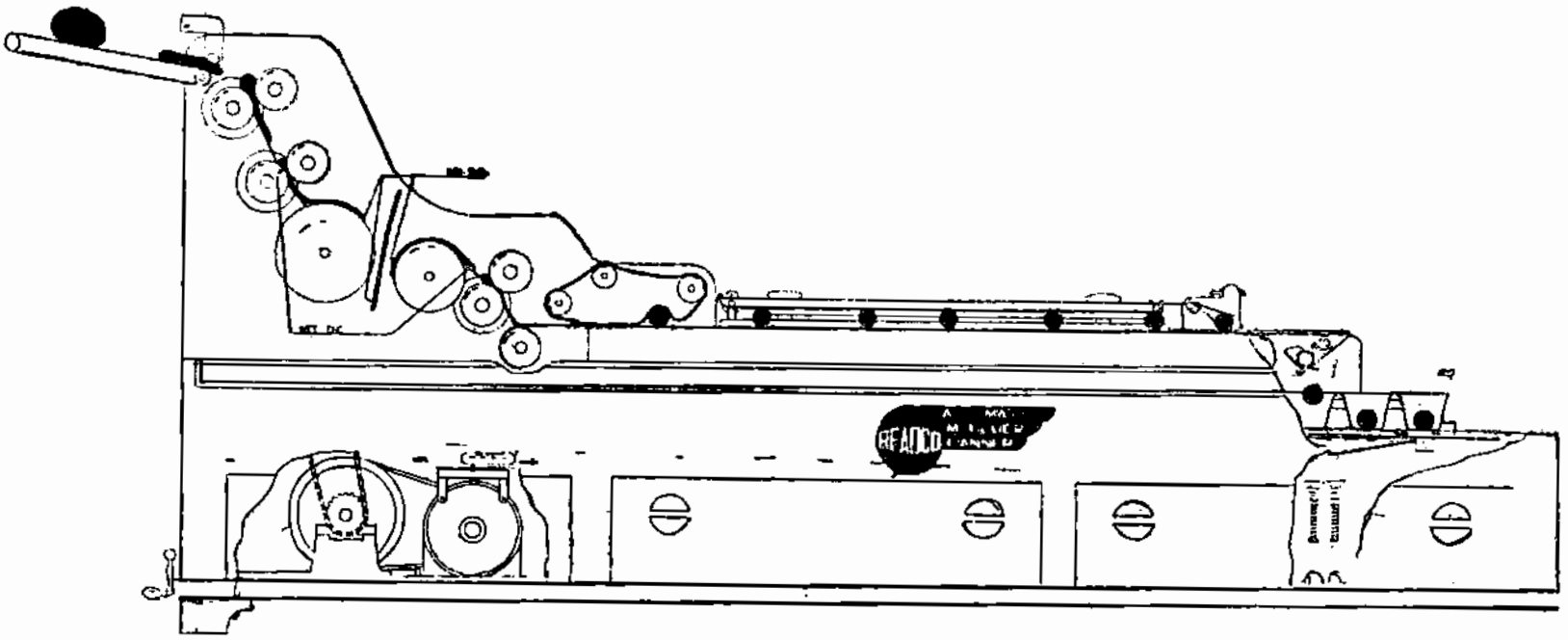
(شكل ٧٤) أجزاء ماكينة تجزىء العجينة



(شكل ٧٥) أجزاء ماكينة تكوير العجينة

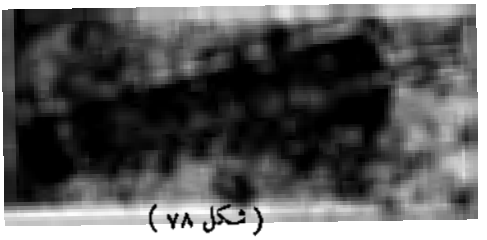


(شكل ٧٦) رسم تخطيطى لماكينة تشكيل العجينة



(شكل ٧٧)

رسم تخطيطى لماكينة فرد وتشكيل وتعبئة العجينة



(شكل ٧٨)
سلندر تشكيل القرص

حساب الرطوبة فى المخابز :

يمكن معرفة الرطوبة النسبية فى جو المخبز أو فى غرفة التخمير أو فى صناديق التسوية من قراءتى الترمومترين الجاف والرطب بالرجوع إلى الجدول التالى:

قراءة الترمومتر الرطب	قراءة الترمومتر الجاف						
	٩٨	١٠١	١٠٤	١٠٧	١١٠	١١٥	١٠٢
٨٨	٦٧,٥	٦٠,١	٥٣,٥	٤٧,٦	٤٢,٤	٣٤,٠	٢٨,٠
٨٩	٧٠,٥	٦٢,٨	٦٠,٠	٤٩,٩	٤٤,٥		
٩٠	٧٣,٥	٦٥,٥	٥٨,٥	٥٢,٢	٤٦,٦	٣٧,٥	٣١
٩١	٧٦,٦	٦٨,٣	٦١,٠	٥٤,٥	٤٨,٧		
٩٢	٧٩,٧	٧١,٢	٦٣,٦	٥٦,٩	٥٠,٩	٤١,٥	٣٤
٩٢,٥	٨١,٣	٧٢,٧	٦٥,٣	٥٨,١	٥٢,٥		
٩٣	٨٢,٩	٧٤,١	٦٦,٣	٥٩,٤	٥٣,٢		
٩٤	٨٦,٢	٧٧,١	٦٩,٠	٦١,٩	٥٥,٥	٤٥,٥	٣٨
٩٥	٨٩,٥	٨٠,٢	٧٢,٠	٦٤,٥	٥٧,٩		
٩٥,٥	٩١,٢	٨١,٨	٧٣,٣	٦٥,٨	٥٩,٠		
٩٦	٩٢,٩	٨٢,٣	٧٥,٠	٦٧,١	٦٠,٢	٥٠	٤١
٩٧	٩٦,٤	٨٦,٥	٧٧,٦	٦٩,٧	٦٢,٧		
٩٨	١٠٠,٠	٨٩,٨	٨٠,٧	٧٢,٥	٦٥,٢	٥٤	٤٥
٩٩		٩٣,١	٨٢,٦	٧٥,٣	٦٧,٨		
١٠٠		٩٦,٥	٨٦,٨	٧٨,٢	٧٠,٤	٥٩	٤٩
١٠١		١٠٠,٠	٩٠,٠	٨١,١	٧٣,١	٦٣,٥	
١٠٢			٩٣,٣	٨٤,١	٧٥,٨		٥٣
١٠٣			٩٦,٦	٨٧,١	٧٨,٦		
١٠٤			١٠٠,٠	٩٠,٢	٨١,٥	٦٨,٥	٥٨
١٠٥				٩٣,٤	٨٤,٤		
١٠٨						٧٩	٦٧
١١٠						٨٥	٧٢
١١٢						٩١	٧٧
١١٤						٩٧	٨٢
١١٦							٨٨
١١٨							٩٤

حساب كمية الخميرة اللازمة للتخمر :

لوحظ أنه دائماً بضرب كمية الخميرة المستعملة لعجينة جوال دقيق فى مدة التخمر المناسبة يعطى الرقم تسعة . ولذلك تتبع طريقة العامل factoria method فى حساب كمية الخميرة المطلوبة للعجينة فيقسم العامل تسعة على مدة التخمر بالساعات . مثال ذلك دقيق زنة ٢٨٠ رطلاً يحتاج إلى ٩ ÷ ٤ = ٢¼ رطلاً من الخميرة لإتمام تخمير العجينة خلال أربع ساعات ، أو إلى ١¾ رطلاً من الخميرة لإتمام التخمر فى خمس ساعات ، أو إلى ثلاث أرطال من الخميرة لإتمام التخمر خلال ثلاث ساعات . وهذا العامل فى الواقع يناسب جوال الدقيق زنة ٢٨٠ رطلاً المستعمل فى تحضير عجينة على درجة ٧٦ إلى ٨٠° فهرنهيت مع إحتواء الدقيق على خمسة أرطال من ملح الطعام . فيما عدا ذلك يجب أن يحدد بالتجارب العامل المناسب . وتتأثر قيمة العامل بدرجة الحرارة ونسبة الملح ونسبة الماء ونوع الخبز وطريقة الخلط والمعاملات الميكانيكية التى تتعرض لها العجينة . وفى حالة استعمال كمية من الدقيق أقل من ٢٨٠ رطل وتزيد على ١٤٠ رطل ينصح باستعمال العامل أحد عشر ، وتطبق المعادلة التالية فى حساب كمية الخميرة .

$$\text{وزن الخميرة} = \frac{\text{العامل} \times \text{كمية الدقيق منسوبة للجوال}}{\text{مدة التخمر}}$$

فمثلاً لتخمر ثلاثة أرباع الجوال تكون كمية الخميرة اللازمة تساوى (١١ × ¾) ÷ ٤ = ٢ ¾ رطلاً ، لإتمام التخمر فى أربع ساعات . وفى حالة انخفاض وزن الدقيق عن ١٤٠ رطلا أى عن نصف جوال يصبح العامل إثنى عشر . فلتخمير أربعة عشر رطلا من الدقيق يلزم (٢١ × ½) ÷ ٢ = ٥ أوقيات من الخميرة لإتمام التخمر خلال ساعتين . ولتخمير كمية من الدقيق تزيد على وزن الجوال تعدل الطريقة أيضاً ، فالجوالين من الدقيق يلزمهما كمية من الخميرة تعادل ضعف وزن الخميرة اللازمة للجوال الواحد ويخصم من هذا القدر نصف رطل ، أى أنه إذا

كانت كمية الخميرة اللازمة للجوال الواحد لإتمام التخمر خلال أربع ساعات هى ٢½ رطلا فتكون الكمية اللازمة للجوالين معاً هى :
(٢½ × ٢) − ½ = ٤ رطلا من الخميرة .

وتتوقف كمية الخميرة أيضاً على درجة حرارة العجينة ، فهذه قد تكون باردة cold أى درجة حرارتها أقل من ٧٤° فهرنهيت أو باردة نوعاً cool ذات درجة حرارة تتراوح بين ٧٤ ، ٨٤ فرنهيت أو ساخنة hot تزيد درجة حرارتها عن ٨٤° فهرنهيت . فالعجينة الباردة تضاعف لها كمية الخميرة فمثلا عجينة جوال دقيق على درجة حرارة ٧٨ إلى ٨٠° فهرنهيت تتخمر خلال أربع ساعات باستعمال أربعة أرطال ونصف من الخميرة تقريباً .

أهمية الملح فى العجينة :

تلخص فوائد الملح المضاف للعجينة فيما يلى :

١ — يشترك فى إعطاء النكهة للخبز .

٢ — يعطى الملح للجلوتين صفة الثبات .

٣ — يؤثر الملح فى سرعة عملية التخمير .

٤ — يساعد الملح فى زيادة القدرة على الاحتفاظ بالماء .

٥ — يؤثر الملح فى لون قصرة الخبز ولبابته بسبب تأثيره على التخمر .

٦ — يعمل الملح المضاف للكعك على حفظ التوازن مع الرطوبة الزائدة ومع الطعم .

وتختلف كمية ملح الطعام المضافة تبعاً لطريقة العجن وقوة الدقيق ونسبة الماء فى العجينة وذوق المستهلكين . وتتراوح الكمية الشائعة الاستعمال فى الخبز الأفرنجى بين ٣,٥ وخمسة أرطال من الملح فى كل ٢٨٠ رطلا من الدقيق ، وقد ترتفع الكمية إلى سبعة أرطال فى حالة التخمير الطويل .

ويعلل تأثير الملح على لون قصرة الخبز بتأثيره على سرعة التخمر وهذا يؤثر فى كمية السكر فى العجينة وبالتالى يؤثر فى التفاعلات المتعلقة بلون الخبز .

تخزين الخميرة :

يجب أن تكون الخميرة المعدة للاستعمال فى المخابز فى حالة جيدة ، ويعرف ذلك ببرودة ملمسها وبلونها الكريمى وبتكسرها بقطاعات منتظمة وبتشابه نكهتها مع نكهة التفاح الناضج . وتعتبر الخميرة غير صالحة للاستعمال إذا أخذت لوناً بنياً داكناً وقواماً ليناً لزجاً ورائحة كريهة ، كما تعتبر غير جيدة إذا كان لونها باهتاً وملمسها دافئاً متحبباً جافاً .

وتخزن الخميرة على درجة ٤٠° فهرنهيت . وعند الاستعمال يراعى عدم مزج الخميرة بالملح أو بالسكر . ويجرى التخمر عادة على درجات حرارة تتراوح بين ٧٨ ، ٨٢° فهرنهيت ، فإذا زادت درجة الحرارة عن ذلك تزداد سرعة التخمر حتى تصل درجة الحرارة إلى ١٢٠° فهرنهيت فيبدأ تأثير الخميرة ، ثم عند ١٤٠° فهرنهيت تقتل الخميرة . ويبطء فعل الخميرة بشكل ظاهر عندما تنخفض درجة الحرارة عن ٧٤° فهرنهيت حتى يتوقف تماما عندما تصبح درجة الحرارة ٤٠° فهرنهيت .

صناعة الخميرة :

تبدأ صناعة الخميرة النقية بحقن بيئة جيلاتين أو آجار مغذى بخلايا نقية نشطة من الخميرة فى طبق بترى . وبعد فترة الحضانة تنقل الخلايا إلى محلول مغذى داخل دورق وتترك فى المحضن حتى يستنفذ غذاء الخميرة ، بعدها تنقل الخلايا إلى دورق أكبر حجماً ، ويستمر العمل هكذا حتى تكون

كفاية من الخميرة لبدء التنمية على نطاق صناعى . وتعرف هذه المرحلة الأولى بمرحلة البدء seed yeast stage ، ويراعى المداومة على فحص خلايا الخميرة للتأكد من نقاوتها . ويلى ذلك تلقيح وعاء صغير فى مصنع الخميرة يحتوى على محلول غذائى لها بالخميرة النقية المحضرة فى المعمل ، وتنقل الخميرة المتزايدة فى العدد من وعاء إلى آخر أكبر حجماً يقع أسفله حتى يتضاعف وزن الخميرة مائتان أو ثلاثمائة مرة . وللإيضاح يذكر أنه خلال ثلاث أسابيع يمكن أن تنتج الخلية الواحدة مئات الأطنان من الخميرة ، علماً بأن الأوقية الواحدة من الخميرة تحتوى على حوالى ٢١٥٠٠٠ مليون خلية.

وتنمى الخميرة صناعياً فى محاليل سكرية مضاف إليها قليل من المواد النتروجينية والأملاح المعدنية ، ويعرف المحلول باسم wort . والسكر المستعمل قد يكون فى صورة مولاس أو فى صورة عسل الذرة أى جلوكوز تجارى . ولذلك تسمى الخميرة الناتجة باستعمال المولاس « خميرة مولاس » ، والأخرى تسمى « خميرة حبوب » . وقد يستعمل مستخلص المرلت .

ويلزم ضبط درجة حرارة التانكات وتهويتها بهواء معقم مضغوط أثناء فترة تكاثر الخميرة . ويلاحظ أن كثافة المحلول ferment تنخفض أثناء التكاثر بسبب تكون الكحول ، ويلزم إضافة المولاس وغذاء الخميرة من وقت لآخر . وبعد مدة ترتفع الخميرة إلى السطح وتقف عملية التخمر .

وتفصل الخميرة عن السائل بقوة الطرد المركزى ، ثم تمزج الخميرة بالماء وتبرد إلى درجة ٣٨° فهرنهيت فيتوقف نشاط الخميرة . وترشح الخميرة المبردة خلال مرشحات تحت ضغط فينفصل عنها الماء وتتحول إلى شبه عجينة لزجة يمكن تشكيلها فى هيئة قوالب تغلف

أوتوماتيكياً فى ورق شمع وتخزن فى ثلاجات . وقد تجفف الخميرة صناعياً .

خبز المولت :

يضاف المولت للخبز بنسب متفاوتة ، فينتج خبز ذو ثلاث درجات يطلق عليها الصفات : خفيف ومتوسط وثقيل . وفيما يلى مكونات العجينة لأنواع خبز المولت :

	خفيف		متوسط		ثقيل	
	أوقية	رطل	أوقية	رطل	أوقية	رطل
دقيق كامل	٤	أ	٤	١	٨	—
دقيق أبيض	٨		٨		٤	١
مستخلص مولت	١		١,٥		٥,٥	
دقيق مولت	—		—		١	
مسحوق خبيز	—		—		¼	
دهن	,٥		,٥		,٥	
عسل	,٥		١		٢	
ملح طعام	,٥		,٥		,٥	
خميرة	١		١		١¼	
ماء	٤	١	٤	١	١,٥	١

	خفيف	متوسط	ثقيل
	أوقية رطل	أوقية رطل	أوقية رطل
درجة حرارة العجينة	٨٠° ف	٧٦° ف	٧٦° ف
مدة التخمر	١ ساعة	١,٥ ساعة	١,٥ ساعة
درجة حرارة الفرن	٤٢٠° ف	٤٠٠° ف	٣٥٠° ف
مدة الخبز	٤٥ دقيقة	٦٠ دقيقة	٩٠ دقيقة

أسباب إعادة خلط العجينة :

كما سبق ذكره الشائع هو إعادة ضرب العجينة يدوياً أو خلطها فى الخلاط الآلى لفترة قصيرة بعد مدة من بدء التخمير ، والدوافع لإجراء هذه العملية هى :

١ – طرد غاز ثانى أكسيد الكربون من العجينة .
٢ – إدخال بعض الأكسجين فى العجينة .
٣ – التقريب بين الخميرة وغذائها فى العجينة .
٤ – مساواة درجة الحرارة فى جميع أجزاء العجينة .
٥ – مط الجلوتين قليلاً .
٦ – تيسير إضافة الملح للعجينة فى حالة اتباع طريقة delayed salt.

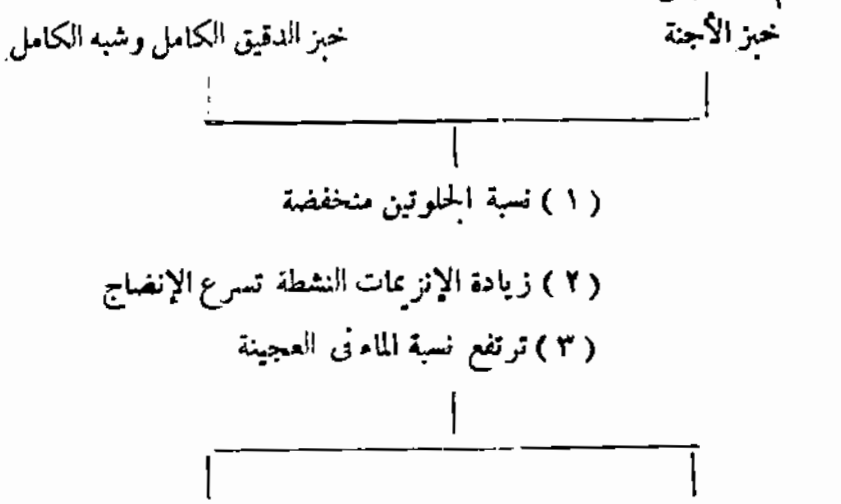
الخبز الأسمر :

تعرض فى الأسواق الخارجية كميات من الخبز المصنوع من دقيق القمح الكامل wholemeal الخالى من أى مواد مخففة مضافة ، أو من دقيق القمح شبه الكامل wheatmeal الذى تزيد نسبة استخلاصه على ٨٥ فى المائة . وعادة يكون الخبز الأفرنجى الأسمر أصغر حجما من نظيره الأبيض ، ويعلل ذلك باحتواء الخبز الأسمر على جميع الردة والأجنة وهذه خالية من الجلوتين الذى يكون شبكة مطاطة تحجز الغاز وتشكل هيكل الرغيف ، وكذلك تؤثر شرائح الردة فى قوام وتماسك العجينة حيث تمنع اتصال خيوط الجلوتين وبالتالى تضعف شبكة الجلوتين .

وتحتوى الردة والجنين على مزيد من الإنزيمات ، وهذه تسرع من نضج العجينة المصنوعة من الدقيق الكامل . ولذلك يلاحظ أن درجة امتصاص الماء تكون مرتفعة تماماً فى الدقيق الكامل وشبه الكامل . ولذلك فمدة التخمر عادة تكون نصف ساعة لعجينة الدقيق الكامل أو ساعة ونصف لعجينة الدقيق شبه الكامل .

وهناك نوع من الخبز الأفرنجى يعرف باسم خبز الجنين germ breads الذى يصنع من ٧٥ فى المائة دقيق أبيض مضاف إليه ٢٥ فى المائة أجنة قمح معاملة بالحرارة ومحفوظة بالتمليح. وعجينة هذا الخبز تنضج سريعا بفضل إنزيمات الجنين ، كما أن نسبة الحلوتين تعتبر منخفضة نسبيا لحلو الأجنة منه .

وتتلخص أهم النقاط التى تراعى فى صناعة الخبز الأسمر وخبز الأجنة فى الرسم التخطيطى التالى :



وفيما يلى نماذج لمكونات العجينة يعطى كل منها ثلاث وحدات من الخبز يزن كل منها كيلوجرام واحد :

(ا) دقيق كامل ناتج من مطحن حجارة :			(ب) دقيق شبه كامل		
	أوقية	رطل		أوقية	رطل
دقيق	١٢	١	دقيق	١٢	١
خميرة	١		خميرة	١	
ملح طعام	٥ر		ملح طعام	٥ر	
ماء	٤	١	دهن	٥ر	
			ماء	٣	
حرارة العجينة ٨٠° ف					
تضرب العجينة بعد ٣٠ دقيقة			حرارة العجينة ٨٠° ف		

تقطع العجينة بعد ٤٠ دقيقة — تضرب العجينة بعد ١ ساعة

تجزأ العجينة بعد ١,٥ ساعة

(جـ) خبز الجنين :

أوقية	رطل
١٢	١ دقيق مضاف له ٢٥٪ جنين
١	خميرة
٤	١ ماء (١٢٠° ف)

تذاب الخميرة فى قليل من الماء البارد ويضاف المعلق بعد بدء الخلط بقليل. تشكل العجينة وتوضع مباشرة فى قوالب الخبز الخاصة .

(د) خبز الجنين :

أوقية	رطل
١٤	١ دقيق مضاف له جنين
١	خميرة
٣	١ ماء (١١٠° ف)

حرارة العجينة ٨٢° ف

تضرب العجينة بعد ١٥ دقيقة

تجزأ العجينة بعد ٢٠ دقيقة

فعل محسنات الخبز :

تضاف بعض المواد فى صناعة الخبز الافرنجى لرفع مستواه ، وتعرف هذه المواد باسم محسنات الخبز bread improvers وتقسم هذه المحسنات إلى مواد معدنية الأصل تضاف فى المطاحن ، ومواد عضوية تضاف بقصد تدعيم الخبز ورفع قيمته الغذائية ، ومواد تشترك فى فعلها مع مواد القسمين السابقين بالإضافة إلى كونها أغذية للخميرة تسرع من نشاط الخميرة . وعادة تسمى المحسنات المعدنية باسم محسنات الدقيق لأنها تعمل على زيادة حصيلة الخبز دون ارتباط أحيانا بتحسين صفات الخبز . ومن هذه المواد المعدنية كلوريد الصوديوم وكبريتات persulphates الأمونيوم أو البوتاسيوم التى تضاف للدقيق بنسبة ربع أو نصف أوقية لكل ٢٨٠ رطل من الدقيق فتعمل على زيادة قدرة الدقيق على امتصاص الماء ، وبرومات البوتاسيوم التى تضاف بنسبة نصف أوقية للجوال وهى تزيد

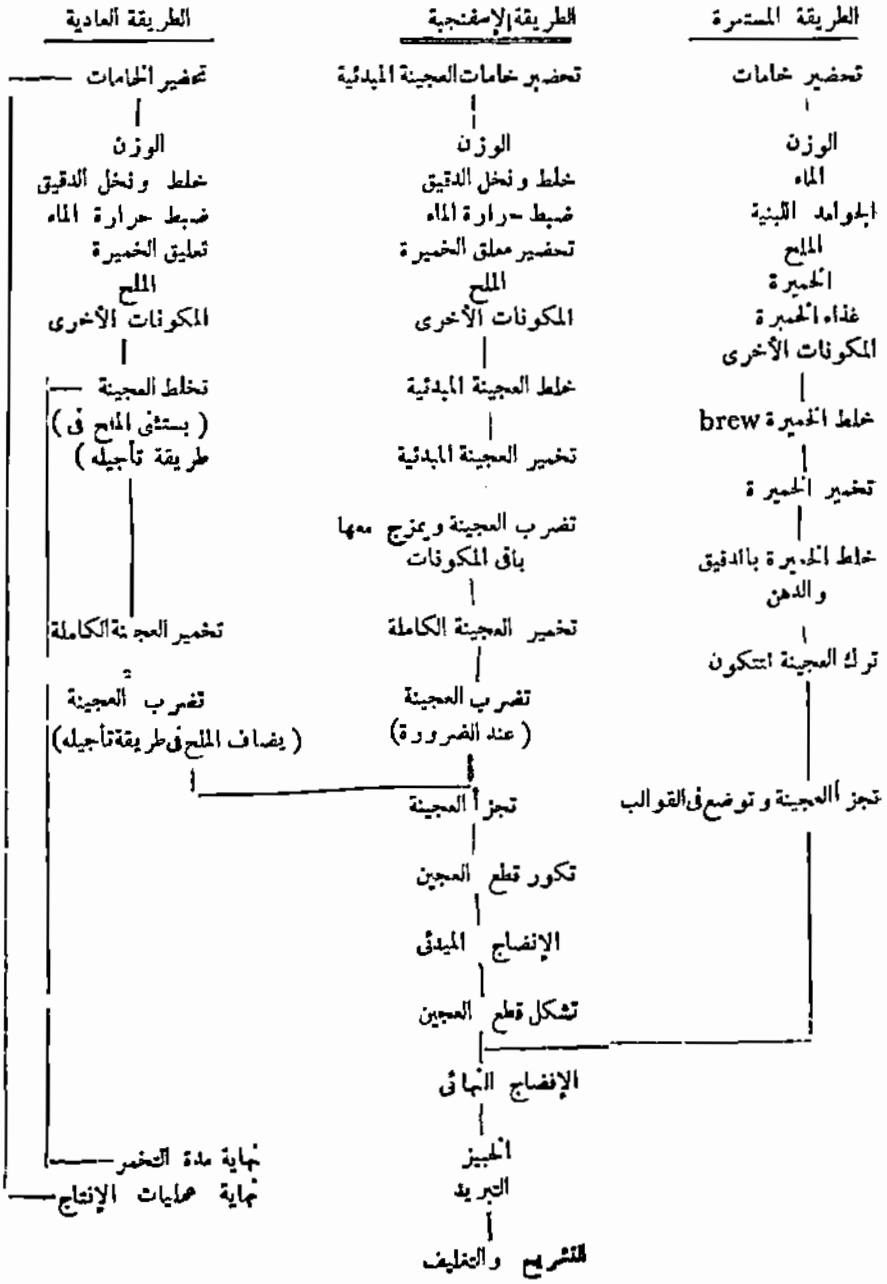
من ثبات الجلوتين ومن قدرة الجلوتين على احتجاز الغاز ومن تحمل العجينة لمزيد من الماء ، وكبريتات البوتاسيوم والألومنيوم أو كبريتات النحاس وكبريتات المغنسيوم أو كبريتات الصوديوم التى تزيد من نصاعة لون الدقيق ومن قدرته على امتصاص الماء ، وفوسفات الكالسيوم الحامضية أو فوسفات الأمونيوم التى تضاف بنسبة رطل أو اثنين من الأولى أو نصف رطل من الثانية لجوال الدقيق (٢٨٠ رطلا) ، وماء الجير الذى يطيل فترة التخمر بسبب خفضه لحموضة العجينة ، وحامض اللكتيك الذى يضاف بنسبة نصف رطل للجوال ، وحامض السكسنيك الذى يضاف بنسبة ربع رطل للجوال . أما محسنات الخبز إنها المولت الدياستيزى وغير الدياستيزى وأولهما يؤثر فى نكهة الخبز ويزيد نسبة السكر فى العجينة ويمدها بإنزيمات الدياسيز وبإنزيمات بروتينية تعدل قوام الجلوتين.

أما الثانى فيمد العجينة بالسكر ويشترك فى إعطاء نكهة الخبز ، ومنها السكريات ، عدا اللكتوز ، والعسل فهى تغذى الخميرة وتزيد نشاطها ، ومنها الدهون التى تضفى على الخبز النعومة وتقلل من شدة الجلوتين وترفع القيمة الغذائية وتقلل من المطاطية وتلين كلاً من القصرة واللبابة وترفع معامل هضم الخبز وتطيل فترة حفظ الخبز الطازج وتؤثر فى نكهة الخبز وتبطىء من سرعة التخمر ، وهى تضاف بنسبة قد تصل إلى عشرة أرطال للجوال الواحد ، ومنها اللبن الذى يشترك فى تلوين قصرة الخبز ويرفع القيمة الغذائية . ويجب ألا تتجاوز كمية اللبن خمسين فى المائة من وزن سائل العجين بسبب تأثيره فى زيادة تماسك الجلوتين ، كما يجب خفض درجة حرارة الخبيز منعاً لزيادة دكنة الخبز مع إطالة فترة الخبيز نوعاً ، ويفضل إضافة قليل من المولت ومن الدهن مع اللبن لتخفيف حدته فى زيادة تماسك الجلوتين ، وينصح بزيادة الخميرة المضافة ونسبة الماء فى حالة إضافة اللبن بوفرة .

ومن محسنات الدقيق الشائعة الاستعمال فوق أكسيد النتروجين والكلور وكلوريد النتروزيل وفوق أكسيد البنزويل وثالث كلوريد النتروجين وثانى أكسيد الكلور وحمض الأسكوربيك .

التشابه بين طرق عمل العجينة :

يوضح الرسم التخطيطى التالى الفروق بين طرق صناعة الخبز الأفرنجى الرئيسية الثلاثة .


الطريقة المستمرة
تحضير خامات
الوزن
الماء
المواد اللبنية
الملح
الخميرة
غذاء الخميرة
المكونات الأخرى
خلط الخميرة brew
تخمير الخميرة
خلط الخميرة بالدقيق والدهن
ترك العجينة لتتكون
تجزأ العجينة وتوضع في القوالب
الطريقة الإسفنجية
تحضير خامات العجينة المبدئية
الوزن
خلط ونخل الدقيق
ضبط حرارة الماء
تحضير معلق الخميرة
الملح
المكونات الأخرى
خلط العجينة المبدئية
تخمير العجينة المبدئية
تضرب العجينة ويمزج معها باقي المكونات
تخمير العجينة الكاملة
تضرب العجينة
(عند الضرورة)
تجزأ العجينة
تكور قطع العجين
الإنضاج الميدئي
تشكل قطع العجين
الإنضاج النهائي
الخبيز
التبريد
التشريح والتغليف
الطريقة العادية
تحضير الخامات
الوزن
خلط ونخل الدقيق
ضبط حرارة الماء
تعليق الخميرة
الملح
المكونات الأخرى
تخلط العجينة
(يستثنى الملح في طريقة تأجيله)
تخمير العجينة الكاملة
تضرب العجينة
(يضاف الملح في طريقة تأجيله)
نهاية مدة التخمر
نهاية عمليات الإنتاج

المصطلحات الدارجة فى المخابز :

١ ــ الامتصاص Absorption : هو أقصى كمية من الماء يمكن أن تضاف فى صناعة عجينة معينة .

٢ ــ النكهة Aroma : وهى المواد الطيارة المنطلقة من القصر واللبابة .

٣ ــ قاعدة الرغيف Base : وهى الجزء السفلى من الرغيف .

٤ ــ اللمعة Bloom : وهى البريق الذى يظهر على قصرة الرغيف الجيد التام التخمر .

٥ ــ جسم الرغيف Body : وهو تماسك لبابة الخبز الأفرنجى ومقاومة الضغط .

٦ ــ بداية القصرة Break : وهو الجزء من القصرة المتكون أثناء إنتفاخ العجينة فى الفرن .

٧ ــ عجينة يابسة Bucky : وهى عجينة شديدة تمط بشدة عند شدها .

٨ ــ مدة التخمير كاملة Bulk fermentation : وهى المدة من نهاية عملية خلط العجينة حتى وقت التجزئ أو الوزن .

٩ ــ صفاء اللبابة Clarity : وهى خلو لبابة الخبز الأفرنجى من البقع المتماسكة والطبقات الجامدة وحزم اللبابة .

١٠ ــ صفات العجينة Clearing : وهو تمام انتشار جميع مكونات العجينة بجودة الخلط .

١١ ــ بقع التكثيف Condensation marks : وهى بقع داكنة اللون فى لبابة الخبز الأفرنجى سببها تكثف البخار أثناء التبريد .

١٢ – الملمس Consistency : وهو ملمس لبابة الخبز الذى يعبر عن اتزان درجة الامتصاص .

١٣ – التكتلات Cores : وهى البقع الجامدة فى لبابة الخبز التى يمكن إدراكها بالضغط على اللبابة بإبهام اليد .

١٤ – اللبابة Crumd : وهى الجزء من الخبز بخلاف القصرة .

١٥ – القصرة Crust : وهى سطح الرغيف الذى تحلل به جزء من النشا وتكرمل جزء من السكر .

١٦ – طريقة الملح المؤجل Delayed solt method : وهى طريقة لتحضير العجينة مع إضافة ملح الطعام جميعه عند إعادة ضرب العجينة :

١٧ – تكون العجينة Development : وهو النقطة المناسبة فى عملية تخمر العجينة التى تؤدى إلى تكوين الخبز بأقصى حجم وبدون ظهور عيوب فى اللبابة .

١٨ – المطاطية Extensibility : وهى مدى قابلية العجينة للمط بدون تمزق .

١٩ – الوجهة Face : وهى القصرة الجانبية للخبز المخبوز فى القوالب .

٢٠ – العجينة المخمرة مبدئياً Ferment and dough : وهى العجينة المصنوعة بطريقة التخمر المبدئى .

٢١ – تحمل التخمر Fermentation tolerance : وهو المدة قبل وبعد نقطة استواء العجينة عند إنتاج خبز جيد .

٢٢ – النضج الأخير Final proof : وهو الفترة من التخمر بعد تشكيل العجينة وقبل الخبيز مباشرة .

٢٣ – النكهة Flavour : وهى الشعور بامتزاج الطعم والرائحة فى الطعم.

٢٤ – مخلوط الخميرة السريعة Flying ferment : وهو الخميرة البدائية التى تترك فترة تحضير خامات العجينة .

٢٥ – الخميرة الإسفنجية السريعة Flying sponge : وهى الخميرة البدائية التى تترك لتتخمر مدة ساعتين أو أقل .

٢٦ – لون وردى Foxy colour : وهو اللون الأحمر المائل للبنى الذى يظهر على قصرة الخبز الغير مكتمل التخمر .

٢٧ – المسامية Grain : وهى حجم وشكل وترتيب الخلايا الغازية على سطح اللبابة .

٢٨ – عجينة خضراء Green dough : وهى عجينة غير تامة التخمر.

٢٩ – تكوير العجينة Handing up : وهو تشكيل العجينة فى هيئة كرة بعد تجزىء العجينة مباشرة .

٣٠ – شدة التماسك Harshness : وهى تعبر عن شدة تماسك الجلوتين.

٣١ – النضج الأولى Intermediate proof : وهو فترة ترك العجينه لتلتئم بعد تكويرها وقبل التشكيل النهائى لها .

٣٢ – ضرب العجينة Knock back : وهو إعادة مزج العجينة بعد مضى ثلثى مدة تخمرها تقريباً ، وفى حالة إجراء ذلك يدوياً تسمى العملية Cutting dack .

٣٣ – عجينة بلا تخمير No-dough-time dough : وهى عجينة تجزأ بعد خلطها مباشرة أى أنها لاتترك فترة للتخمير .

٣٤ ــ الإنتفاخ فى الفرن Oven spring : وهو الفرق بين حجم العجينة عند دخولها الفرن وحجم الرغيف المخبوز .

٣٥ ــ عجينة فائتة Over developed : وهى عجينة تجاوزت مدة التخمير المناسبة . ولذا فهى تعطى خبزاً كبير الحجم باهت اللون عديم اللمعان غير منتظم القصرة أو اللبابة .

٣٦ ــ قصرة القالب Pan crust : وهى قصرة الخبز الملامسة لقوالب الخبيز :

٣٧ ــ البناء pile وهو بناء اللبابة .

٣٨ ــ التفتح Porosity : وهو اتساع أو انطباق المسام فى اللبابة .

٣٩ ــ التجاوب Response : وهو مدى تأثير مادة مضافة على العجينة .

٤٠ ــ التفتل أو التحبل Rope : وهو تغير لون اللبابة وازدياد لزوجها وظهور رائحة كريهة لها .

٤١ ــ الطبقات الخافة Seams : وهى طبقات جامدة نوعاً تظهر فى اللبابة ويمكن إدراكها باللمس .

٤٢ ــ الإنعكاس Sheen : وهو الانعكاس من المسام فى مقطع اللبابة .

٤٣ ــ قصرة منفصلة Shell or Flying top : وهى قصرة الرغيف التى انفصلت عن اللبابة .

٤٤ ــ مظهر القطع Shred : وهو مظهر الحواف عند القطع فقد تكون ملساء أو غير متساوية .

٤٥ ــ حمضية Sour : وهى العجينة التى تكونت بها نسبة زائدة من الأحماض وهى تعطى خبزاً صغير الحجم داكن اللبابة باهت القصرة واضح الحموضة . وقد يعبر هذا الإصطلاح أيضاً عن العجينة القديمة المستخدمة فى صناعة خبز الجودار .

٤٦ ــ طريقة العجينة الإسفنجية Sponge and dough method : وهى عمل عجينة باستعمال عجينة مخمرة مبدئياً Sponge .

٤٧ ــ الثبات Stability : وهى صفة فى الجلوتين تجعله قادراً على تحمل آثار التخمير .

٤٨ ــ العجينة العادية Straight dough : وهى طريقة فيها تمزج جميع مكونات العجينة مرة واحدة .

٤٩ ــ الرفع Streaks : وهى كتل تظهر فى اللبابة .

٥٠ ــ التجانس Symmetry وهو مدى تجانس الخبز .

٥١ ــ القوام Texture : وهى ملمس اللبابة إن كان خشناً أو حريرياً أو صوفياً ويمكن الشعور به بإمرار الأصابع على مقطع اللبابة .

٥٢ ــ القصرة العلوية Top crust : وهى قصرة الخبز التى تعلو قالب الخبيز .

٥٣ ــ فترة التخمر الكامل Total fermentation time : وهى الفترة من بدء نشاط الخميرة حتى توقفه أثناء الخبيز .

٥٤ ــ فترة الإنتاج Total production time : وهى الفترة من بدء مزج مكونات العجينة حتى إعداد الخبيز للتسويق .

٥٥ ــ توزيع المسام Vesiculation : وهى توزيع المسام فى لبابة الخبز .

٥٦ ــ اللزوجة Viscosity : وهى مدى انسياب العجينة .

التخمر الذاتى :

كثيراً ما ينتج الخباز خبزاً بدون إضافة خميرة حية ، فيعتمد فى تخمير العجينة على تركها أو ترك محلول غذاء الخميرة فى الجو العادى بعض

الوقت فتحدث عملية التخمر بفعل الأحياء الدقيقة الموجودة فى الهواء ومنها الخميرة الحية . وتعرف هذه الخميرة الذاتية باسم Spon barm : وهى متكونة بفعل التخمر الذاتى Spontanious fermentation . وقد تعدل هذه الطريقة بتحضير بادىء Starter حيث يوضع فى زجاجة ربع لتر من محلول متخمر وبضع أوقيات من سكر بنى وقليل من الدقيق الخام وتسد فوهة الزجاجة بدون إحكام وتترك ساكنة على الرف فى مكان دافىء فيبدأ ظهور الخميرة المتكاثرة بها بعد حوالى ستين ساعة ثم بعد مدة تتكون رغوة فى عنق الزجاجة ويبدأ تحرك السدادة لأعلى فتكون خميرة البادىء معدة للاستعمال . والشائع قديماً هو استعمال مستخلص المولت وحشيشة الدينار مع قليل من بادىء سابق فى تحضير بادىء جديد .

ومن الطرق المستخدمة فى أوروبا للتخمير الذاتى وضع أربع جالونات من الماء وثلاث أوقيات من حشيشة الدينار فى وعاء كبير يوضع فى الفرن ويترك لمدة ثلاث ساعات بعدها يصب السائل خلال مصفاة فى حوض التخمير ويترك بعض الوقت حتى يظهر الانعكاس على سطح السائل ثم يضاف ثلاثة أرطال وربع من الموات المطحون ويقلب المخلوط وتغطى فوهة الحوض بجوال . وبعد أربع ساعات يضاف للمزيج ثلاثة أثمان اتر من خميرة ذاتية سابقة ورطلان من الدقيق ويقلب المخلوط ويغطى الحوض بجوال نظيف ويترك فى غرفة التخمر على درجة حرارة ثابتة لمدة ست ساعات بعدها يصفى السائل ويخزن فى أوانى زجاجية أو خزفية .

ويلزم تغيير البادىء أو الخميرة الذاتية من وقت لآخر حيث أنها تضعف تدريجياً . ويمكن تأخير ظهور ضعف الخميرة بإضافة قليل من السكر البنى أو الزنجبيل أو قليل من بذور الكروياء الملفوفة بإحكام فى قطعة من القماش .

ومن النسب الشائعة الاستعمال فى أوروبا لتحضير خميرة ذاتية ما يلى :

أوقية	رطل		أوقية	رطل	
—	٤٠	ماء	٨	٧	دقيق مولت أو
٢	—	حشيشة دينار	—	١٠	مولت مطحون
٥,	—	ملح طعام بادىء بنسبة ثمن حجم مستخلص المولت			

تغلى حشيشة الدينار فى جالون ماء لمدة ثلاث دقائق ،وعند درجة ١٦٦° فهرنهيت يضاف المولت المحروش أو دقيق المولت فتنخفض درجة الحرارة إلى ١٥٠ أو ١٥٤° فهرنهيت ويغطى السائل ويترك لمدة ثلاث ساعات ونصف بعدها يصفى ويبرد إلى درجة ٨٠° فهرنهيت شتاء أو ٧٠° فهرنهيت صيفاً . ويضاف البادىء والملح إلى السائل ويقلب ويترك على درجة حرارة ثابتة لمدة ستة وثلاثين ساعة بعدها تصبح الخميرة الذاتية معدة للاستعمال ، وتبقى صالحة للاستعمال مدة ثلاثة أو أربعة أيام . ويحضر البادىء الأول باستعمال نصف أوقية من الخميرة أما بعد ذلك فيحجز دائماً نصف جالون من الخميرة الذاتية للتحضير التالى .

ولعمل الخبز الأفرنجى باستعمال الخميرة الذاتية تحضر خميرة مبدئية باستعمال :

أوقية	رطل		أوقية	رطل	
١٢	٣	خميرة ذاتية	—	٣٥	ماء
٨		ملح	—	٧٠	دقيق

درجة حرارة العجينة المبدئية ٧٥° فهرنهيت ومدة الخلط ٤ دقائق ومدة التخمر ١٥ ساعة . ثم تمزج العجينة الكلية باستعمال :

أوقية	رطل		أوقية	رطل	
—	١١٠	ماء	٨	٤	ملح طعام
—	١	دهن	—	٢١٠	دقيق

درجة حرارة العجينة ٨٢°ف ومدة التخمر كاملة ٣ ساعات .

وفى طريقة أخرى تستعمل خميرة المولت السلطانى المكونة من :

أوقية	رطل	
—	١٠	ماء
٨	١	مستخلص مولت منخفض الدياستيز
٥		خميرة

تترك هذه الخميرة مدة ١٨ إلى ٤٨ ساعة ، ويحتجز منها ثلاثة أرطال لعمل الخميرة التالية بشرط ألا تستعمل إلا بعد مضى ٤٨ ساعة من عمرها. ثم تعمل العجينة بالنسب التالية :

أوقية	رطل		أوقية	رطل	
—	٢٨٠	دقيق	—	٥	ملح طعام
—	١٥٠	ماء	—	١٠	خميرة ذاتية(جالون)

درجة حرارة العجينة ٨٢° ف ومدة التخمر كاملة ٦ ساعات .

وهناك نوع من الخميرة الذاتية تعرف باسم الباريسية وهى تصنع فى أربعة مراحل كما يلى :

(١) المستخلص Mash : ويحضر بإضافة سبعة أرطال من المولت المجروش إلى عشرين رطل من الماء على درجة ١٦٠° فهرنهيت ، ويغطى

المزيج ويترك ثلاث ساعات بعدها يصفى السائل ويكمل حجمه إلى جالونين على درجة حرارة ١٢٦° فهرنهيت .

(ب) التسخين Scald : فيضاف أربعون رطل من الماء المغلى إلى ثلاثين رطل من الدقيق ، على دفعات كل منها جالون واحد ، مع التقليب بشدة .

(حـ) العجينة Batter : فبعد أن يبرد الماء والدقيق يضافا إلى المستخلص وتبرد العجينة إلى درجة ٨٠° فهرنهيت .

(د) التخزين Srorage : فيضاف للعجينة جالون واحد من خميرة ذاتية سابقة وتترك ثلاثة أيام ساكنة بعدها تصبح الخميرة الذاتية الجديدة معدة للاستعمال .

وتستخدم الخميرة الذاتية الباريسية مع أى من الخلطتين التاليتين :

(ا) الطريقة الربع إسفنجية :

	أوقية	رطل
ربع :		
		درجة الحرارة ٨٠ ف .
—	٢٨	ماء الزمن ١٣ ساعة .
—	٧٠	دقيق تمزج المكونات لعمل عجينة مبدئية .
١٠	—	ملح طعام جالون واحد خميرة ذاتية barm .

خميرة مبدئية :

أوقية	رطل	
—	١٦٠	ماء درجة حرارة العجينة المبدئية ٧٨° ف .
—	١٢٦	دقيق الزمن ١,٥ ساعة .
٨	٢	ملح طعام تمزج المكونات بعد ذلك لعمل عجينة .

العجينة :

أوقية	رطل	
—	٢٠	ماء درجة حرارة العجينة ٧٨° ف .
—	٢٢٤	دقيق الزمن ١,٥ ساعة .
٨	٥	ملح طعام

(ب) الطريقة نصف الإسفنجية :

خميرة مبدئية :

أوقية	رطل	
—	١٠٠	ماء درجة حرارة العجينة المبدئية ٨٠°ف.
—	١٨٥	دقيق الزمن ١٣ ساعة .
٨	١	ملح طعام جالونان خميرة ذاتية barm .

العجينة :

—	١٠٥	ماء درجة حرارة العجينة ٧٨° ف.
—	٢٣٥	دقيق الزمن ١½ ساعة .
٨	٦	ملح طعام

وهناك نوع من الخميرة الذاتية يعرف باسم خميرة البطاطس potato Barm وتحضر كما يلى :

أوقية	رطل	
٨	٣	بطاطس تغلى البطاطس فى الماء حتى تلين تماماً . يصفى الماء
—	٧	ماء والبطاطس ويضافا للدقيق بعد التخلص من القشور
٨	٣	دقيق على المصفاه . تعجن العجينة وتغطى وتترك خمس
٢,٥		خميرة دقائق . يضاف ١٥ رطلا من الماء وتخلط
٦		سكر المكونات وتدفأ إلى درجة ٨٠° فهرنهيت . تضاف
		الخميرة والسكر إلى المستخلص ويترك ٢٠ إلى
		٢٤ ساعة على درجة حرارة ثابتة .

وتحضر العجينة العادية بالنسب التالية :

أوقية	رطل	
—	٢١٠	دقيق درجة حرارة العجينة ٧٨°ف. تضرب العجينة
—	١١٥	ماء بعد ساعتين ثم بعد ثلاث ساعات ، وتجزأ بعد
		أربع ساعات.

جالونان من خميرة البطاطس الذاتية .

ويمكن استعمال مواد سكرية أخرى كالبلح فى صناعة الخميرة الذاتية. فمثلاً يسلق ستة أرطال من البلح فى تسعة جالونات لمدة ثلث أو نصف

ساعة ، ويضاف إلى أربعة أرطال ونصف دقيق كمية من مستخلص البلح تكفى لعمل عجينة وتدفأ وتترك بعض الوقت ، ويضاف باقى السائل والبلح بعد التصفية ويقلب المخلوط ويترك ليبرد حتى درجة ٨٥ إلى ٩٠° فهرنهيت بعدها يضاف ثلاثة أوقيات من الخميرة المضغوطة . وتصبح الخميرة الذاتية معدة للاستعمال بعد خمس أوست ساعات .

خبز الجودار :

يصنع من الجودار Rye المجروش غيرالناعم نوع من الخبز اللين يعرف باسم Pumpernickel. .

إدارة المخبز :

على المشرف على تنفيذ تشييد المخبز مراعاة وجود مساحة خالية مجاورة للمخبز تسمح بالتوسع مستقبلاً . ويقام المخبز فى مكان فى المدينة آهل بالسكان فيصبح المخبز معروفاً . ويمد المخبز بالماء والقوة المحركة والإضاءة والغاز وغيرها . ويراعى القرب من الطريق بحيث يسهل استقبال وتفريغ حمامات الخبز وشحن المنتجات . وتفضل المناطق المزدحمة بالسكان لضمان توزيع نسبة كبيرة من الإنتاج فى المنطقة ويكون المخبز وحيد الطابق لتقليل تكاليف البناء ، غير أن هذا يقتضى إتساع مساحة الأرض وعدم الاستفادة من قوة الجاذبية الأرضية فى نقل بعض الخامات داخل المخبز . ويرتب العمل فى المخبز متتابعاً . وتحدد للعاملين فى المخبز تعليمات خاصة بالنواحى الصحية ونظام العمل . ويلاحظ فى المخبز أن تكون الجدران ملساء يسهل غسلها من آن لآخر وأن تكون التهوية والإضاءة متوفرتين . ويجهز المخبز بأدوات ومواد الإسعاف لعلاج الحالات الطارئة . ويتحتم تجهيز المخبز بمعدات إطفاء الحريق .

ويدير المخبز مدير مسئول يعاونه عدد من الأفراد كل منهم يختص بجزء

معين من برنامج العمل . ولايجوز تحميل الفرد الواحد مسئوليات تزيد عن طاقته . وأهم الوظائف الرئيسية هى وظائف مدير الإنتاج ومدير المبيعات والمهندس الميكانيكى ومشرف النظافة ومراقب درجات الجودة .

خبز فيينا :

المعروف عن خبز فيينا Vienna bread أنه خبز مدعم ، بعكس الخبز الفرنسى الذى يسمى الخبز المائى Water bread ، وليس مطابقاً لخبز اللبن العادى . وقد أصبح ممكناً صناعة هذا الخبز من خلطات دقيق متنوعة وخبزه فى فرن عادى بدلاً من فرن فيينا . ويتصنف خبز فيينا بصفات خارجية محددة هى رقة وشدة لمعان القصرة ذات اللون الذهبى الناصع ، وتقصف القصرة بحدوث فرقعة ، وتشابه القصرة فى الصفات مع البسكوت أى أنها من نوع القصرة المعروف فى صناعة الخبز باسم egg – shell crust . أما الصفات الداخلية لخبز فيينا فتتلخص فى نعومة واتساع اللبابة ذات اللون الأصفر الكريمى . ويصنع هذا الخبز من دقيق متوسط القوة متفوق الصفات ممزوج بمثل وزنه على الأكثر من دقيق كندى يزيد من صفة الثبات ويعمل على زيادة حجم الخبز . وتستعمل خميرة جيدة النكهة بالغة النشاط ،وقليل من المولت ، وبعض من الدهن الجيد الصفات كالزبدة مثلا .

وتتميز عجينة هذا الخبز بكونها وفيرة الماء والخميرة وباردة ، أى أن درجة حرارتها تتراوح بين ٦٥ و ٧٠° فهرنهيت . ويجب ألا يجف سطح العجينة أثناء إنضاجها وألا تتلامس قطع العجين ببعضها . وتخبز قطع العجين فى فرن مشبع بالبخار حيث يتكثف البخار على سطح العجينة الباردة بمجرد دخولها الفرن مسبباً تجلتن النشا على السطح وتكون الدكسترين بفعل الحرارة ومعطياً قصرة الخبز اللمعة الشديدة المميزة لخبز فيينا ..وقبل انتهاء الخبيز بفترة وجيزة يسحب البخار من الفرن وتستكمل عملية الخبيز فى جو جاف ليعطى ذلك للقصرة قوامها الهش .

ولعمل خبز فيينا تستعمل النسب التالية :

	أوقية	رطل	أوقية	رطل
دقيق	—	٧٠	٨	٣
دهن	—	٢	١,٥	
ملح	٤	١	١	
سكر	—	١	¼	
لبن مجفف	١٢	—	,٥	
خميرة	٨	١	٢	
ماء	٨	٤٢	٢	٢

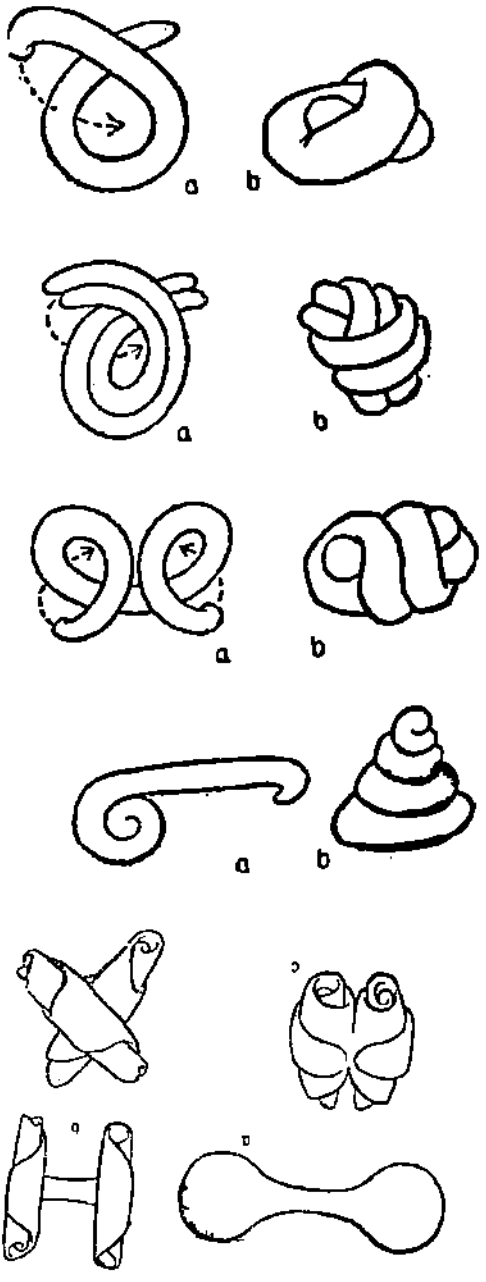
درجة حرارة العجينة ٧٢ ° فرنهيت ، مدة التخمير ساعتان ، تضرب العجينة كل نصف ساعة ، الناتج من الخبز ٢٢٠ قطعة زنة كل منها سبعة أوقيات للعجينة الكبيرة أو ١١ قطعة للعجينة الصغيرة .

بعد تجزىء العجينة تكور القطع وتترك مغطاة لتاتثم ثم تشكل وتترك فترة للإنضاج .

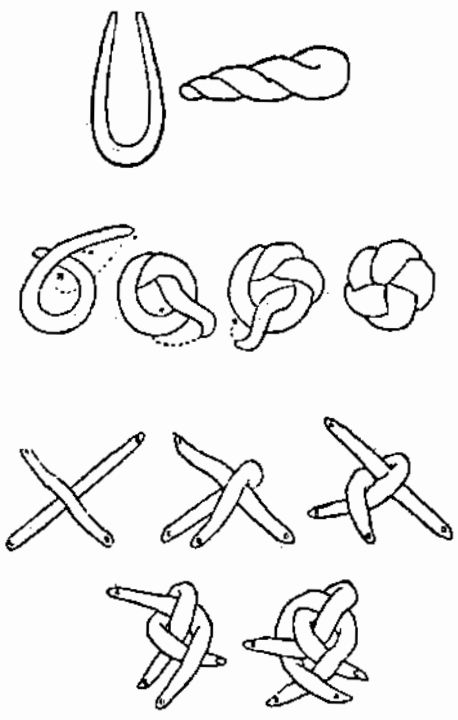
وقبل الخبيز مباشرة تقطع أرغفة العجين خمس أو ست مرات فى شكل منحرف .

تشكيلات الخبز :

كثيراً ما تشكل قطع العجين فى أشكال متعددة منها القطع الصغيرة المستديرة الشكل و duoble knots, knots 'points ,batons 'round 'rolls ·the wedge. S rolls, C rolls : cheese rolls ' winkles 'staf fordshire knots Kaisers ' Crescents 'Cannons 'twins 'buttons ' peardrops ' rosettes



(شكل٧٩) بعض نماذج لأنواع الخبز الصغير



(تابع شكل ٧٩) بعض نماذج لأنواع الخبز الصغير

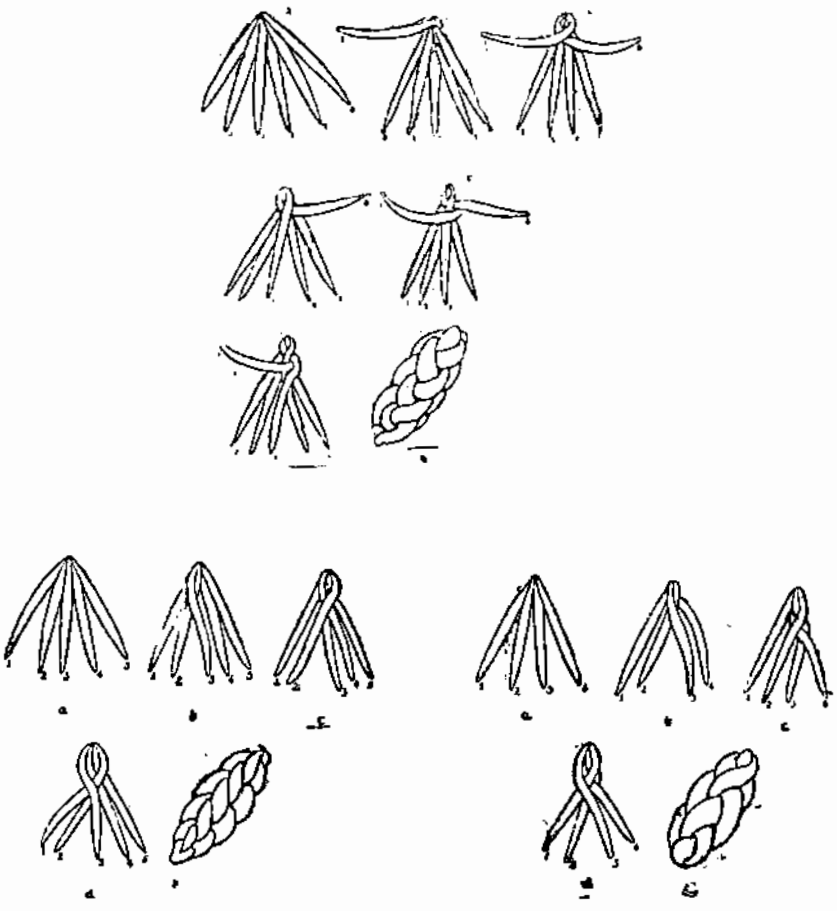
خبز الشاى الدسم :

يراعى دائما فى صناعة الخبز الفاخر الصغير الذى يقدم فى حفلات الشاى أن تتساوى قطع العجين فى الوزن وفى الشكل وفى السمك وفى الطول. ويمكن استعمال النسب التالية فى عمل خبز الشاى :

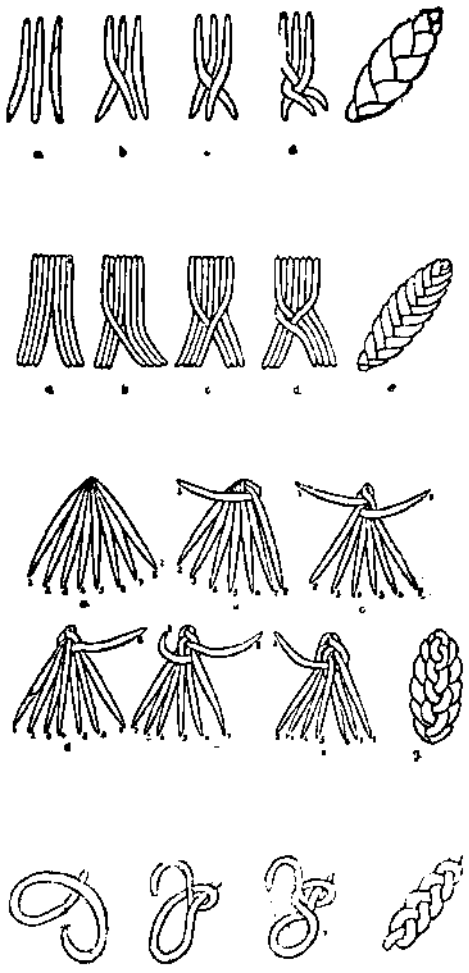
	أوقية	رطل		أوقية	رطل
دقيق	٤	٢	ملح طعام	¼	—
ماء	٩	—	دهن	٢	—
بيض	٢	—	خميرة	١	—
سكر	¾	—			

درجة حرارة العجينة ٧٦° فهرنهيت ، درجة حرارة فرن الخبيز ٤٥٠° فهرنهيت ، مدة التخمير كاملة ١,٥ ساعة ، الناتج من الخبز أربعة قطع زنة ٨ أوقيات ويشكل هذا الخبز الفاخر فى أشكال متعددة منها :

.One, two, three, four, five, six, seven or eight-strandplait



(شكل ٨٠) بعض نماذج لخبز الشاى الدسم



(تابع شكل ٨٠)

بعض نماذج الخبز الشامى الدسم

خبز الحصاد :

فى بعض الدول الأجنبية يحتفل بموسم الحصاد بصناعة نوع خاص من الخبز تمثله الخلطتان التاليتان :

	أوقية	رطل
دقيق	١٢	٢
خميرة	١	.
ملح طعام	٦	
ماء	٦	١

درجة حرارة العجينة ٧٥° ف

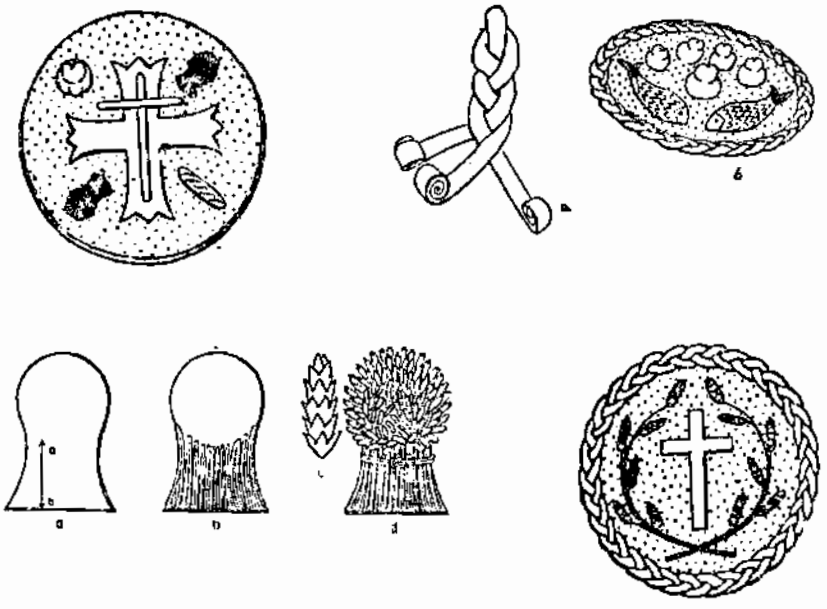
مدة التخمر كاملة ساعة

	أوقية	رطل
دقيق	—	٩
خميرة	٢	
ملح طعام	٢	
ماء	٤	٤
لبن مجفف	٢	
سكر	١/٣	

درجة حرارة العجينة ٧٨° ف

مده التخمر كاملة ساعة

وتشكل العجينة فى أشكال متعددة منها Wheatsheaf و festival bread و loaves and fishes



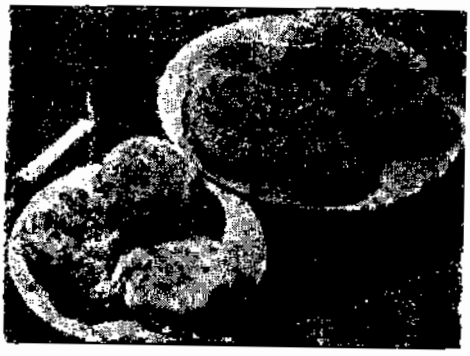
(شكل ٨١) نماذج لخبز الحصاد

(تابع شكل ٨١)

نماذج لخبز الحصاد

خبز اللوح الساخن :

يمكن صناعة بعض المنتجات المخبوزة بخبزها على لوح مسخن بالكهرباء مثال ذلك crmpets muffins ، ويراعى دهان سطح اللوح بالدهن فى حالة احتواء العجينة على سكر ، بينما يجب خلو سطح اللوح من الدهن عندما تكون العجينة خالية من السكر . وتكور قطع العجين وتوضع داخل حلقة على السطح الساخن ، ثم تقلب بعد أن يحمر قاعها بدرجة كافية .



(شكل ٨٢)

crumpets لليمين ، muffins لليسار

ويمكن استعمال الخلطات بالنسب التالية :

	أوقية	رطل		أوقية	رطل
دقيق قوى	٨	٣	سكر	٥,	
ملح طعام	١		دهن	٥,	
خميرة	١,٥		ماء (١٠٠°)ف	٨	٢

تضرب العجينة بعد ساعة ، تقطع العجينة بعد ١,٥ ساعة ، وزن كل قطعة ٣ أوقيات ، الناتج ثلاثون muffins .

	أوقية	رطل		أوقية	رطل	
دقيق	٨	٢	ماء	٥	—	ب
ماء (١٠٠ ف)	٨	٢	ملح طعام	¾	—	ب
خميرة	١,٥		بيكربونات صوديوم	⅛	—	ب

تترك العجينة « ا » ٤٥ دقيقة ثم تضاف المكونات « ب » وتترك العجينة ربع ساعة أخرى . ويراعى دهان كور العجين بمادة دهنية ، كما يجب تقليبها على اللوح الساخن لتسوية سطحها .

الخبز المرفوع كيماويا :

أسرع الطرق لصناعة الخبز هى طريقة مواد الرفع الكيمائية ، حيث يمزج الدقيق بالملح ومسحوق الخبيز والماء أو اللبن وتوضع العجينة فى قوالب الخبيز وتخبز مباشرة . والخبز الناتج يكون كبير الحجم منتظم الشكل لامع القصرة لين اللبابة أى جيد الصفات . ولا يغفل أن مسحوق الخبيز لايتدخل فى تكون شبكة الجلوتين بعكس الخميرة . ويفضل فى هذه الطريقة استعمال الدقيق متوسط القوة إذ يساعد جلوتينه الأقل تماسكاً على التمدد فى الفرن وبالتالى زيادة حجم الخبز ونظراً لضعف النكهة

فى هذا الخبز فمن المستحسن إضافة مادة دهنية كالشحم لاكتساب الخبز بعض النكهة . وينصح فى هذه الطريقة بخفض درجة حرارة فرن الخبيز قليلا وجعل العجينة أكثر سيولة ، كما قد تغسل قطع العجين وتعفر بالدقيق وتشق شقاً عميقاً يساعد على التمدد قبل وضع القطع فى قوالب الخبيز مباشرة . كذلك من المفيد إضافة بعض اللبن الخض الغنى فى حمض اللكتيك إذا تساعد زيادة الحموضة فى إنضاج الجلوتين . ويمكن استعمال أى من الخلطات التالية فى عمل خبز أبيض :

أوقية	رطل		
٤	١	لبن طازج بارد	تترك على درجة ٧° ف لمدة نصف ساعة
١٠		دقيق لين بادىء حمض لاكتيك	
—	١	دقيق استرالى	تعمل عجينة لينة ، تجزأ العجينة وتشكل
٥,		ملح طعام	قطع العجين ، تدهن القطع بالبيض المخفف .
٥,		عسل	تعفر القطع بالدقيق ، تشق القطع بعمق ،
١,٥		شحم	توضع القطع فى القوالب ، تخبز على درجة ٤٢٠° ف والناتج من الخبز ثلاث قطع زنة رطل .
١		مسحوق خبيز	
١٢	١	دقيق	تعمل عجينة لينة ، تجزأ العجينة وتكور القطع ، تخبز القطع مكورة أو شبه منبسطة
¼	—	ملح طعام	

أوقية	رطل		
٥,	—	بيكربونات صوديوم	على درجة ٢٤٠° ف ، والناتج من الخبز ثلاث قطع زنة رطل .
١,٥	—	شحم	
٤	١	لبن خض	

أوقية	رطل		
١٠	١	لبن بارد طازج	تترك لمده ساعة على درجة ٨٠°ف
٦	—	دقيق فاخر	
١٢	—	دقيق أسمر	
		بادئ حمض لكتيك	
١٤	—	دقيق أسمر	تعمل عجينة لينة وتكور ، تشكل العجينة بطول ١٢ بوصة تقريباً ، توضع قطع العجين على صوانى الخبيز وتقسم إلى أربعة ، تبلل قطع العجين وتعفر بالدقيق وتترك لمدة ثلث ساعة ، تخبز القطع على درجة ٤١٠° ف ، والناتج من الخبز قطعة مستديرة زنة ٤ أرطال fari .
٥,		ملح طعام	
¾		عسل	
٢	—	شحم	
٢	—	بيض	
١,٥		مسحوق خبيز	

خبز اللبن :

ويمكن عمل خبز أفرنجى باللبن بالنسب التالية :

أوقية	رطل		أوقية	رطل	
١	١ ماء ٩٠° ف		—	٢ دقيق	أ
١	خميرة	١	٢	دهن	ب
¼	سكر		٥,	ملح طعام	
٨	دقيق		٥	ماء	
١	مسحوق خبز				

تمزج المكونات« ا » وتترك حتى تهبط . ولعمل العجينة يدهك الدهن مع الدقيق ويذاب الملح فى قليل من الماء ويضاف المحلول للخميرة المبدئية « ا » . يضاف الدقيق وتمزج المكونات لعمل عجينة لينة . تضرب العجينة بعد ساعة وتترك نصف ساعة بعدها تجزأ إلى أربعة قطع . تكور قطع العجين وتلف فى القماش وتترك لتلتئم وتنتفخ ، ثم تشكل وتوضع على صوانى الخبز المظيفة وتدهن بالبيض المخفف وتقسم وتغطى بصفائح وتترك للنضج . تخبز قطع العجين على درجة حرارة منخفضة لمدة أطول . ويراعى زركشة سطح قطع العجين بأشكال مقبولة .

خبز الفاكهة :

يعتبر خبز الفاكهة فائق التدعيم إذ أنه يحتوى على دهن وسكر ولبن ونوع أو أكثر من الفاكهة والنقل . ويمكن صناعة هذا الخبز من دقيق أبيض أو أسمر . ومن أمثلة خبز الفاكهة ،

Sultana or Currant bread, bun loaves , Stollen , Walnut and raisin bread, raisin bread,

يصنع الخبز bun loaves من عجينة محتوية على الفاكهة أو الزبيب وبشر قشور الفاكهة ، فتقطع العجينة إلى قطع زنة كل منها ١٢ أوقية وتشكل

وتدهن بالبيض وتوضع قطع العجين فى قوالب الخبيز المربعة أو البيضاوية الشكل ، وتخبز على درجة ٤٣٠° فهرنهيت . ويلزم إعادة دهان السطح أثناء عملية الخبيز .

وفى خبز الزبيب تقلل نسبة كل من السكر والدهن عنها فى نوع الخبز السابق ويسترشد بالنسب التالية :

أوقية	رطل		أوقية	رطل
٢	٢	دقيق	١ ¼	— سكر
١	—	لبن مجفف	٤	— زيت أو دهن
١,٥	—	خميرة	٤	١ ماء
,٥	—	ملح طعام	١٠	— زبيب

تعمل العجينة على درجة ٨٠° فهرنهيت وتترك نصف ساعة للتخمر . يدفأ الزبيب ويضاف ويقلب فى العجينة باحتراس . وبعد نصف ساعة تجزأ العجينة إلى خمس قطع زنة كل منها ١٤ أوقية . تشكل قطع العجين وتدهن بالبيض وتوضع فى قوالب الخبيز المربعة أو البيضاوية . تخبز قطع العجين على درجة ٤٥٠° فهرنهيت .

ويعتبر خبز الفاكهة والنقل معاً مرتفع القيمة الغذائية وهو مرغوب النكهة . ومن النسب الشائعة فى صناعته ما يلى :

أوقية	رطل		أوقية	رطل
—	٢	دقيق	١,٥	— خميرة
٢		دهن	٤	١ ماء

أوقية	رطل	أوقية	رطل
٢	سكر	١	زبيب
١	لبن مجفف	٦	عين الجمل أو اللوز
¼	ملح طعام		

تعمل العجينة على درجة ٧٨° فهرنهيت وتترك نصف ساعة للتخمر بعدها يضاف الجوز والزبيب ويقلبان فى العجينة باحتراس . بعد نصف ساعة تقطع العجينة إلى خمس قطع زنة ١٥ أوقية وتشكل القطع فى أشكال متعددة أو قد تبطط . تدهن قطع العجين بالبيض وتترك للنضج ثم تخبز على على درجة ٤٢٠ إلى ٤٤٠° فهرنهيت .

وخبز الشاى المعروف باسم Stollen قد يكون بيضاوياً أو عصوياً مغطى بغطاء سكرى به فانيليا أو بالفوندان أو بغطاء مائى لامع . ويحشى هذا الخبز عادة بالفاكهة أو بالمارزيبان أو بالنوجة أو باللوز أو بالجوز أو بغيرها. ومن النسب الشائعة فى صناعة خبز الشاى ما يلى :

أوقية	رطل		أوقية	رطل
٤	١	لبن	—	٢ دقيق
٥	—	خميرة	—	— ملح
١	—	سكر	١٢	— زبد
١٠	—	دقيق	٣	— سكر بنى
تمزج معاً وتترك لتتخمر ثم يبدأ			٨	— زبيب بنانى أبيض
هبوطها			٤	— بشر فاكهة
			٨	١ زبيب
			٤	— كريز مفروم
			١	— روم
			عصير ليمونة واحدة	

تمزج المكونات جميعها معاً عدا الفاكهة وتترك العجينة لتتخمر ويتم استواؤها مستغرقاً ذلك حوالى ساعة أو ساعة ونصف . وتضاف الفاكهة وتقلب باحتراس . تقطع العجينة إلى قطع زنة عشر أوقيات ، وتشكل القطع وتترك بعض الوقت مغطاة بقطعة قماش مبللة . ترص قطع العجين على صوانى الخبيز وتخبز على درجة ٤١٠° فهرنهيت ، وعند سحب الخبز من الفرن يدهن سطحه بالزبد المسيح . وبعد أن يبرد الخبز يغطى سطحه بالغطاء السكرى أو بالفوندان . وقد تحشى القطع بالمارزيبان قبيل تشكيلها فى شكلها النهائى :

الطرق العالمية الحديثة لصناعة الخبز الأوروبى :

كانت أبرز الاعتراضات الموجهة لطريقة صناعة الخبز الأفرنجى العادية تنحصر فى طول مدة التخمر الكلى bulk fermentation واستنفاذ الكثير من الوقت وشغل حيز كبير من المكان ، بالإضافة إلى الفقد فى وزن العجينة نتيجة لتحول جزء كبير من الكربوهيدرات إلى ناتجات طيارة معظمها إيثانول وغاز ثانى أكسيد كربون لن تتبقى فى الخبز فيما بعد . ومن هنا بدأ التفكير فى إلغاء مرحلة التخمر الكلى ، إلا أن هذا أدى إلى صغر حجم رغيف الخبز وخشونة قوام اللبابة وسرعة تجلد الخبز . ومن المؤكد أن عملية التخمر الكلى تؤثر فى الخواص الريولوجية rheological properties للعجينة : فالعجينة بعد الخلط مباشرة تكون قصيرة Short وغير مطاطة inelastic وغير قادرة على تحمل ضغط الغاز الناتج بالدرجة المطلوبة ، وهذه الصفات جميعها تتغير تماماً عقب عملية التخمر الكلى . لكنه بطول فترة التخمر أكثر من اللازم تفقد العجينة قدرتها على احتجاز الغاز . ولهذا يلزم التحكم فى ظروف عملية التخمر بحيث تصبح صفات العجينة فى مجموعها عند الحد الملائم ، وحينئذ يطلق على العجينة عند هذه النقطة الحرجة critical point صفة النضج «developed» or «mature» or «ripe» . وهذه الصفة ذات أهمية بالغة إذا أريد الحصول على رغيف جيد القوام bold وجيد الانتفاخ well-risen ودقيق المسام Fine-textured ومرن resilient ، فهذه صفات الخبز الأوروبى الجيد .

وإزاء هذه الاعتراضات سالفة الذكر اتجهت البحوث العلمية نحو ابتكار وسيلة أخرى لتكوين وتسوية العجينة بدون الارتكان على عملية التخمر بالخميرة ، وتمخضت الأبحاث عن نتائج إيجابية أحدثت إنفجاراً فى مجال تكنولوجيا صناعة الخبز بدأ منذ حوالى ثلاثين عاماً وما يزال مستمراً للآن . والطرق التى أوجدتها هذه الثورة العلمية الصناعية فى العالم أمكن تصنيفها فى ثلاثة أقسام وهى :

١ــ طريقة التخمر الكلى Bulk Dough Fermentation process

٢ــ طرق التكوين والإنضاج الميكانيكى

Mechanical DoughDevelopmentl

(ا) طريقة دوميكر The Do-Maker process

(ب) طريقة شورلى وود The Chorleywood Bread process

٣ــ طريقة التكوين والإنضاج الكيميائى

Chemical or Activated Dough Development

ويمكن مقارنة هذه الطرق عل النحو التالى :

الطريقة : الأولى طريقة الخلط الكلى المألوفة

: The Traditional Straight Dough Method

تتلخص هذه الطريقة لصناعة الخبز الأفرنجى فى الخطوات التالية :

١ــ تخلط مكونات العجينة جميعها معاً لمدة ١٥ــ٢٠ دقيقة (Mixing) .

٢ــ تترك العجينة فى وعائها لمدة ثلاث ساعات على درجة ٨٠°ف (٢٧°م) لتتخمر (bulk Fer mentation) .

٣ــ تقطع العجينة إلى قطع بالوزن المطلوب الذى يعطى رغيفاً ذا وزن معين . (Dividing) .

٤ــ تشكل كل قطعة فى هيئة كرة . (Moulding) (Rounding).

٥ــ تترك كور العجين لمدة ١٥ــ٢٠ دقيقة للراحة rest أى للإنضاج الأول . (First Proof)

٦ــ يعاد تشكيل العجينة فى صورتها النهائية وتوضع فى وعاء الخبيز (Remonlding)

٧ــ تترك قطع العجين المشكلة فى غرفة الإنضاج المغلقة ذات درجة الحرارة الثابتة فى حدود ١٠٠ــ ١٢٠°ف (٣٨ــ٤٨°م) ودرجة الرطوبة

النسبية الثابتة المرتفعة نوعاً لمدة ٤٥ – ٦٠ دقيقة للإنضاج النهائى . (Final Proof)

٨– تخبز قطع العجين فى فرن النفق أو الفرن ذى القاع المتحرك على درجة ٤٣٠ – ٤٥٠°ف (٢٢٠ – ٢٣٠°م) لمدة نصف ساعة .

٩– تنزع أرغفة الخبز من القوالب وتبرد فى غرفة مكيفة الهواء حتى تصل درجة حرارة مركز اللبابة إلى ٨٠°ف (٢٧°م) خلال فترة زمنية قدرها ٢½ – ٣ ساعات .

الطريقة الثانية : الطريقة الإسفنجية

: The Tponge and Dough Method

أبرز المتغيرات فى هذه الطريقة المستخدمة فى الولايات المتحدة الأمريكية هى :

١– خلطة العجينة تحتوى عادة على نسبة من الدهن والسكر وجوامد اللبن أعلى نسبياً من المألوف.

٢– تقسم مرحلة التخمر الكلى إلى قسمين ، الأولى هى تحضير الخميرة الإسفنجية «Sponge» التى تحتوى على ثلاثة أرباع الدقيق الكلى وثلثى كمية الماء وكل كمية الخميرة ، وهذه تترك مدة ٤ – ٥ ساعات للتخمر ، بعدها تضاف باقى الكميات إلى الخميرة الإسفنجية وتخلط وتترك مدة نصف ساعة أخرى للتخمر .

وتمتاز هذه الطريقة بإعطاء رغيف حلو الطعم لين القوام مرتفع الحجم النوعى Specific volume إذ يصل هذا الأخير إلى سبعة ملليلترات للجرام (٧ مل / جم) ، بدلا من ٣,٦ – ٣,٨ مل / جم فى الرغيف العادى Standard loaf

الطريقة الثالثة : طريقة العجينة النيئية The Green Dough process :

أبرز المتغيرات Variations فى هذه الطريقة ما يلى :

١ــ تقصير مدة الخلط الكلى ، كما هو متبع فى هولندا ، عن المألوف المتبع فى بريطانيا وغيرها .

٢ ــ إطالة مدة الخلط مع تقطيع وتكوير قطع العجينة عقب الخلط مباشرة .

٣ــ تترك كور العجينة مدة ٧٠ دقيقة للنضج ، وهذه مدة أطول من المألوفة ، مع مراعاة إجراء النضج على مرحلتين ، إذ يعاد التشكيل remoulding فى منتصف المدة . وهذا يعنى إختفاء مرحلة التخمر الكلى واستبدالها بمزيد من فترة تخمير قطع discrete lumps . ومن هنا يتضح أن الزمن الكلى لهذه الطريقة لم يختزل بدرجة ملموسة مقارناً بالطريقة العادية المألوفة فى الإنتاج الهولندى .

الطريقة الرابعة : طريقة رابينوفتش The Rabinovich Process :

فى الاتحاد السوفيتى أمكن التوصل إلى ميكنة mechanisation عملية التخمر الكلى المألوفة ، وذلك بإدخال التعديلات التالية :

١ــ بطريقة مستمرة تتحدد كميات مكونات العجينة وتخلط وتوضع فى الجانب العلوى من حوض منحدر sloping trough.

٢ــ تسيَّر العجينة ببطء فى الحوض باستخدام دافع بريمى scrsw tyge impeller بحيث تقطع المسافة خلال أربع ساعات تقريباً .

٣ــ تنقل العجينة كاملة التخمر إلى قادوس ماكينة التقطيع ؛ وتستمر العملية بنفس خطوات الطريقة المألوفة .

الطريقة الخامسة : طريقة دو — ميكر "The Do-Maker" Process ،

هذه الطريقة أساسها التكوين والإنضاج الميكانيكى باستخدام ماكينات صممت خصيصاً لهذه العملية وعرفت باسم « دو — ميكر » وهى من ابتكار الدكتور بيكر J. C. Baker بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٥٠ . وقد أدخلت هذه الطريقة فى بريطانيا عام ١٩٥٦ . وفى هذه الطريقة تم الربط بين التكوين والإنضاج الميكانيكى mechanical development وبين الخلط المستمر Continuous mixing فى عملية ذات مرحلتين two-stage Process هما :

(ا) يحضر الشراب المخمر brew المتكون من محلول سكرى وخميرة yeast وبعض المكونات الأخرى التى من بينها قدر كبير نسبياً من دقيق الخلطة ، وذلك بتركه لمدة تتراوح بين ساعتين وأربع ساعات للتخمير الأولى Pre Ferment

(ب) يمزج هذا الجزء المخمر brew مع الدقيق والدهن المسيح فى خلاط مستمر للحصول على عجينة . ثم تدفع العجينة بالمضخة pumped بسرعة ثابتة داخل الكابينة الإنضاج المغلقة التى يدور بداخلها دافعان impellers قويان كبيران فتمتص العجينة قدراً كبيراً من الطاقة energy أثناء مرورها فى الكبينة developer ، وهذه الطاقة ، بالإضافة إلى الفعل السريع للمواد الكيميائية المؤكدة المضافة ، هى التى تجعل العجينة قابلة للقذف extruded فى قوالب الخبز مباشرة حيث تبقى بعض الوقت للإنضاج الأخير ثم تخبز .

ولهذه الطريقة مزايا أربع وهى إلغاء عدد من خطوات الطريقة العادية المستخدمة فى صناعة الخبز ، وتوفير بعض الوقت ، وتوفير جزء من الخبز ، وإعطاء خبز لبابته ناعمة جيدة القوام .

والمواد المؤكسدة المعتمدة approved فى مجال صناعة الخبز هى :

		معدل التفاعل	الصورة المختزلة
يودات البوتاسيوم	بو ى ا$_{٣}$	سريع	بو ى
يودات الكالسيوم	كا (ى ا$_{٣}$)$_{٢}$	متوسط	كا ى$_{٢}$
برومات البوتاسيوم	بو بر ا$_{٣}$	بطىء	بو بر
برومات الكالسيوم	كا (بر ا$_{٣}$)$_{٢}$	بطىء	كا بر$_{٢}$
فوق أكسيد الكالسيوم	كا ا$_{٢}$	بطىء	كا ا

آزودای كربون اميد يد$_{٢}$ ن ك ا ن = ن ك ا ن يد$_{٢}$ سريع

Biwrea Azodicarbon amida

ويلاحظ أن العديد من محسنات العجينة dough improvers يؤثر فى الصفات والخواص ، والبعض يتدخل فى الأكسدة أيضاً . لذلك تعددت المخاليط For mulations المستخدمة فى هذا المجال ومن أمثلتها الأنواع الثلاثة التالية :

١ –	كبريتات كالسيوم	٢٤,٩٣ ٪
	كلوريد أمونيوم	٩,٣٨ ٪
	برومات بوتاسيوم	٠,٢٧ ٪
	كلوريد صوديوم	٢٤,٩٣٪
	نشا ورطوبة	٤٠,٤٩٪
٢ –	برومات بوتاسيوم	٠,١٢ ٪
	يودات بوتاسيوم	٠,١٠ ٪
	كبريتات أمونيوم	٧,١٠ ٪
	كلوريد صوديوم	١٩,٣٥٪

فوسفات أحادى الكالسيوم	٥٠,٠٦ ٪
نشا ورطوبة	٢٣,٣٦ ٪
٣- فوق أكسيد كالسيوم	٠,٦٥ ٪
فوسفات ثنائى الأمونيوم	٩,٠٠ ٪
فوسفات ثنائى الكالسيوم	٩٠,٠٠٪
نشا	٠,٣٥ ٪

الطريقة السادسة : طريقة أمفلو The Amflow process المنسوب إلى شركة American Machine and Foundry Co. منذ عام ١٩٥٩ :

هذه الطريقة تكاد تماثل إلى حد كبير طريقة دو ـ ميكر سالفة الذكر.

الطريقة السابعة : طريقة شورلى وود The Chorleywood Bread Process (CBP) التى تتبع فى بريطانيا منذ عام ١٩٦١ :

هذه الطريقة تتصف بالملامح التالية :

١ ـ إلغاء مرحلة التخمر الكلى .

٢ ـ زيادة الشغل work المكتسب أثناء خلط العجينة إلى خمسة أمثال أو مايزيد عن ذلك إلى أن يصل إلى ثمانية أمثال مقدار الشغل (الطاقة) التى تستنفذ عند خلط العجينة فى طريقة التمخر الكلى bulk fermentation المألوفة ، على أن يتم ذلك خـــلال خمس المدة المتبعة فى طريقة التخمر الكلى . وهذا يتأتى باستخدام خلال مستمر continuous mixer أو خلاط وجبات batch mixer قوى high-powered.

٣ ـ وجود حامض أسكوربيك ، أو ما يكافئه ، كمادة مؤكسدة ومحسنة بنسبة ٧٥ جزء فى المليون من وزن الدقيق المستخدم فى عمل العجينة ويلاحظ أن العامل المؤكسد الحقيقى هو حمض دهيدرو أسكوربيك الذى

يتكون فى العجينة نتيجة للتحول الإنزيمى السريع . ومن أمثلة بدائل هذا الحامض برومات أويودات البوتاسيوم والآزوداى كربون أميد
azodicar bon amide

٤ — وجود الدهن بنسبة ٠,٠٥ إلى ٠,٠٧ ٪ منسوباً لوزن الدقيق . فهذا الدهن يزيد من قدرة العجينة على إحتجاز الغاز ، ويزيد نعومة لبابة الخبز ، ويزيد حجم الرغيف .

٥ — عدم استعمال خمير brew سابق أو أى خميرة أولية pre-fernent. وهذ الاكتشاف كان بمثابة معول الهدم لطريقة التخمر الكلى لأنه بدد الاعتقاد السائد وقتذاك بأن مرحلة التخمر الكلى للعجينة لها أثرها الحيوى فى إكساب الخبز نكهته المألوفة .

٦ — زيادة نسبة الخميرة ، وهذا تعديل ضرورى نظراً لأن التخمر محصور فى مرحلة الإنضاج الأخير فقط فى هذه الطريقة .

وبمراجعة ظروف هذه الطريقة ومقارنتها بالطريقة العادية المألوفة تتضح عدة مزايا لطريقة شورلى وود وهى :

١ — توفير ٦٠ ٪ من الوقت الذى تستغرقه عمليات صناعة الخبز مجتمعة .

٢ — توفير ٧٥ ٪ من الخبز الذى تشتغله العجينة .

٣— خفض كمية العجينة التى يجرى تصنيعها فى أى مرحلة من مراحل صناعة الخبز بمعدل ٧٥ ٪ ، وهذا يفيد فى حالة توقف العمل لأسباب طارئة إذ تنحصر الخسارة فى كمية صغيرة من العجينة .

٤— إزدياد حصيلة الخبز الناتج بمقدار ٤ ٪ نتيجة للزيادة المحتجزة من جوامد الدقيق ، ولزيادة كميتى الماء والخميرة ، ولزيادة الدقة فى

تقطيع العجينة لأنها تكون أكثر تجانساً ، أكثر كثافة denser . فالعائد المادى إذن يكون أكبر .

٥ — إمكان استعمال دقيق منخفض البروتين دون أن يسبب ذلك تأثيراً غير مرغوب فى صفات الخبز organoleptic bread quality ، وهـــذا يعنى إمكان استخدام نسبة أكبر من القمح الأضعف ويتبع ذلك مزايا اقتصادية .

٦ — تأخر حدوث حالة التجلد staling فى الخبز .

الطريقة الثامنة : طريقة الإنضاج والتنشيط الكيميائى .

: Chemical or Activated Daugh Development (ADD)

هذه الطريقة أبتكرها هنكا وزنر Henika and Zenner عام ١٩٦٠ فى الولايات المتحدة الأمريكية ، وهى تعرف أحياناً باسم الإنضاج الفورى للعجينة instant dough development . والمتغيرات فى هذه الطريقة تتلخص فيما يلى :

١ — إستعمال مخلوط متزن balanced blend من المواد المختزلة والمؤكسدة ضمن مكونات العجينة لإسراع التفاعلات المرغوبة التى تحدث بين جزيئات البروتين أثناء مرحلة التخمر الكلى للعجينـة . والمواد التى تضاف لهذا الغرض متعددة وتمثل مخاليط متباينة ، إلا أن أحد هذه المخاليط يلقى إقبالا زائداً من الصناع وهو مخلوط يعرف باسم «Redoli–Sponge» المحتوى على الحمض الأمينى المختزل سستئين (يسارى) وبرومات بوتاسيوم وقدر كبير من مسحوق الشرش المجفف .

٢ — تمزج مكونات العجينة باستخدام خلاط تقليدى Conventional machine لمدة محددة بالضبط ، بعدها تترك العجينة لمدة ٣٠—٤٠ دقيقة للتخمر الكلى ثم تصنع مباشرة .

٣ – إلغاء عملية تحضير الخميرة الإسفنجية Sponge fermentation المألوفة فى الولايات المتحدة الأمريكية .

وقد أدخل البريطانيون بعض التعديلات على هذه الطريقة لتلائم ظروفهم الخاصة ، مع بقاء الستة بن كأفضل العوامل المختزلة حيث يضاف بنسبة ٣٥ جزء فى المليون منسوباً لوزن الدقيق ، ومع استخدام عامل مؤكسد عبارة عن مخلوط من برومات البوتاسيوم (٤٠ جزء فى المليون) وحمض أسكوربيك (٥٠ جزء فى المليون) ، وبذلك استبعد مسحوق الشرش الذى يضاف عادة فى مخلوط Reddi – Sponge . وتمتاز هذه الطريقة بإمكان استخدام خلاطات بطيئة السرعة ، وبإمكان ترك العجينة فترة قصيرة للراحة قبل تقطيعها للحصول على نتائج أفضل ، وباكتساب بعض ملامح طريقة شورلى وود مثل إضافة قدر زائد من الدهن والماء .

وتتلخص مزايا هذه الطريقة فى النقاط الثلاث التالية :

١ – توفير فى الوقت والحيز ، برغم طول مدة الخلط نسبياً .

٢ – ارتفاع محصول الخبز .

٣ – عدم الحاجة إلى استخدام خلاط خاص .

أما ما يؤخذ على هذه الطريقة فهو :

١ – نوعية الخبز المنتج بهذه الطريقة ليست هى الأفضل .

٢ – إستعمال قمح ضعيف نوعاً يسبب تدهوراً فى نوعية الخبز الناتج .

وبصفة عامة يلزم الانتباه فى صناعة الخبز إلى مدى نشاط إنزيم الألفا أميليز فى الدقيق عند اختيار الأقماح لإنتاج دقيق الخبز . فالنشاط الفائق لهذا الإنزيم يسىء إلى صفات الخبز الناتج لأنه يهدم النشا التى

تتجلتن أثناء الخبيز فيعطى دكسترينات لزجة ويطلق سراح الماء الذى كان مرتبطاً boumd water . ولهذا فتسخين العجينة بانتظام evenly وبسرعة ، بدلا من الانتظار حتى تتغلغل الحرارة من السطح الخارجى إلى الداخل كما هو الحال فى طريقة الخبيز العادية ، يصبح ممكناً إيقاف نشاط الألفا أميليز بسرعة . والطريقة الفذة المستخدمة فى هذا الغرض لتسخين العجينة هى باستخدام الإشعاع الكهرطيسى المرتفع التردد hiyhfreyuency electromaynetie radiation ، إلا أن هـذه الممارسـة ماتزل فى مراحل الدراسة والبحث وهى تبشر بامكان ابتكار طريقة للخبيز يستخدم فيها الطاقة الإشعاعية ذات الموجة الكهرطيسية بالغة القصر microwave radiation مع حرارة الإشعاع أو الحمل radiant or convected heat . وفى حالة نجاح هذه الطريقة سوف يزول الاهتمام بمراقبة نسبة الألفا أميليز فى القمح عند إجراء تجارب تربية أصناف جديدة من القمح ، كما سيتبدد الخوف من حصاد القمح رطباً Wet harvest . وعموماً يفضل استخدام القمح الحديث الحصاد عن القمح الذى خزن لمدة أحد عشر شهراً . وأول ما يلتفت إليه فى تقييم نوعية القمح المخزن هو حالته أو سلامته soundness ، ثم يلتفت إلى الصفات التى ستترك أثرها فى خواص الطحن ولون المطحون وهى اللون colour والصلابة hardness or vitreousness . فاللون الابيض فى الدقيق ولبابة الخبز أصبح من متطلبات المستهلكين المرفهين ، كما أن الجمهور عادة يعتبر اللون الأبيض رمز النقاوة . ويقدر وزن البوشل من القمح باعتباره أحد مؤشرات جودة القمح عندما يشترى القمح بمقادير حجمية ، إلا أن هذا يصبح غير ذى نفع عندما تشترى الأقماح بمقادير وزنية ، فقد أصبح الطحانون على دراية بأن بعض أنواع القمح تعطى حاصلاً من الدقيق أكبر مما تعطيه أنواع أخرى عندما يقارن الاثنان على أساس حجمى . وفى بداية القرن العشرين أضيف كمية ونوعية الحلوتين إلى قائمه مؤشرات الجودة فى القمح أسوة بالصلابة ومحصول الدقيق الفاخر ونسبة الرماد فى الدقيق . وأول تقدم ملموس فى

مجال درجة الجودة أوجده مربى النباتات الدكتور شارلز سوندرز Charles Saunders عام ١٩١٠ بإنتاجه للقمح ماركويس marquis الذى اعتلى قمة الجودة بالنسبة لدقيق الخبز واعتبر دولياً المقياس النموذجى فى سوق الغلال لفترة طويلة من الزمن وظل حتى الآن يمثل النموذج standard للجودة لأقماح كندا الربيعية الحمراء الصلبة ، وهو جميل المنظر ، مرتفع فى وزن البوشل ، يعطى محصولاً وافراً من الدقيق الجيد اللون القليل الرماد الصالح للاستخدام فى إنتاج الخبز بطرق متنوعة ، يستجيب فى التصنيع بدون إضافة محسنات ، ويفيد فى حالة إضافته إلى أقماح لينة أو ضعيفة لتحسين حالتها . وحالياً ظهرت فى العالم أصناف أخرى تفوق ماركويس . ويصر الطحانون على الحصول على القمح السليم النظيف المخفض الرطوبة المتماثل فى حجم حبوبه الذى يعطى محصولا وفيراً من الدقيق الناصع البياض القادر على امتصاص قدر كبير من الماء ويحتاج إلى مدة قصيرة فى الخلط أو إلى طاقة أقل ومرونته تجعله يتحمل ما يطرأ على طريقة التصنيع من تعديلات وقادر على إنتاج خبز جيد ثابت الحجم والقوام ، بشرط أن تظل هذه الصفات ثابتة ومتجانسة على مر الزمن . وبديهى أن العوامل المؤثرة فى طحن القمح بعضها ظاهر visible والبعض ليس مرئياً intrinsic ، وعادة تركز معامل الاختبار جهودها حول البيانات المتعلقة بالمنشأ origin أو الصنف والدرجة ونسبة الرطوبة ووزن البوشل ووزن الألف حبة ونسبة البروتين ورقم الهبوط وقيمة الترسيب ومحصول الدقيق . وعادة ينظر إلى هذه التقديرات مجتمعة ، فإذا ما شذ أحدها عن المجال المعتاد برز الشك حول العينة . أما الدقيق الناتج من طحن القمح معملياً فيجرى عليه اختبارات نسبة الرماد ، واللون ، ونسبة حبيبات النشا المجروحة ، ونسبة البروتين ، والقدرة على إنتاج الغاز ، أو نشاط الدياستيزات ، والألفا أميليز أو الأميلوجراف لمعرفة اللزوجة ، ونسبة امتصاص الماء مقدرة بالفارينوجراف ، والصفات الريولوجية مقدرة بالاكستنسوجراف أو الألفيوجراف أو المكسوجراف ، ومدة تكوين العجينة مقدر بالفارينوجراف أو المكسوجراف ،

وصفات الخبز مقدرة باختبار الخبز القياسى . ويجب أن تكون هذه الاختبارات جميعاً واقعة فى نطاق معتدل مقبول ، وهى جميعاً تهدف إلى إعطاء فكرة سليمة عن محصول وجودة الخبز. وعملياً يكتفى فى أغلب الأحوال بإجراء اختبار الطحن المعملى واختبار الخبز القياسى . ولا يهتم الآن كثيراً بنسبة البروتين لأن الطرق الآلية لتكوين العجينة حلت محل طريقة التخمر العادية فى معظم بقاع العالم المتحضر . أما نسبة الأميليز فقد أصبحت أساسية فى الاختبارات. الآن لأن ارتفاعها إلى حد كبير غير ملائم يقف أمامه الطحان عاجزاً عن معالجته . ويكاد يكون القمح الربيعى الأحمر رقم ١ الكندى No.1 CW Red spring Wheat هو أشهر وأغلى أصناف القمح العالمية فى الوقت الحاضر ، وقد أمكن التحكم فى نسبة البروتين بهذا القمح بحيث يتسنى إنتاجه بنسبة بروتين قدرها ١٢½ أو ١٣½ أو ١٤½ حسب رغبة المشترى . والحقيقة التى يجب ألا تغيب عن أذهان الباحثين أن نوعية القمح تتأثر إلى حد كبير بكلى العاملين ، العامل الوراثى وعوامل البيئة ، وأن التأثير الأكبر تحدثه عوامل البيئة إذ قد يكون أثرها بالغاً إلى حد حجب تأثير العامل الوراثى . وقد لوحظ أن التغيرات الوراثية فى نسبة الليسين فى القمح تكون متواضعة القدر .

ويوحى الاستعراض لتطورات صناعة الخبز فى الحقبة الأخيرة من الزمن إلى الاعتقاد بأننا فى عمق ثورة صناعية فى مجال تكنولوجيا الخبز وليس ممكناً التكهن الآن بموعد بلوغها نهايتها القصوى . ومن المؤكد أن الإنطلاقة الأولى فى هذه الثورة كانت من إعداد سوانسون وورکنج Swanson and workiny الذين نشرا عام ١٩٢٦ مقالهما بعنوان « التعديلات الميكانيكية فى العجينة لجعل إنتاج الخبز ممكناً فى حالة قصر التخمر على مرحلة التخمير فى قوالب الخبز فقط » . والحدث الثانى فى هذا المجال كان بظهور طريقة بيكر عام ١٩٥٠ ثم طريقة شورلى وود فى بريطانيا عام ١٩٦١

وطريقة المنشطات الكيميائية عام ١٩٦٠ مستخدمة مواداً مختزلة مثل السستئين ، وبعدها استخدمت المواد المؤكسدة .

المعروف أن نسبة استخلاص الدقيق لها أثرها الواضح فى صفات الخبز المنتج بسبب تباين نسبة بقايا الأغلفة فى الدقيق . فحبة القمح تتكون من ١٠ ٪ أغلفة خارجية Outeq coverings or the seed-coat (البريكارب والغلافة testa) و٦ ٪ طبقة ألبرون و٨١ ٪ إندوسبرم و٣ ٪ بزرة germ (١ر٥ Scutellum ، ١ر٥ جنين embryo) . ولهذا فنسبة استخلاص الدقيق تراقب جيداً ، ويمكن الاستدلال عليها بثلاثة طرق وهى تقدير الرماد أو درجة اللون Grade colour Figure أو الألياف والكربوهيدرات . ونادراً ما يستخدم دليل نيكولز وفريزر Nicolls and Fraser Grade Index الذى يعطى مقياساً لكمية الكربوهيدرات غير الإندوسبرمية المختلطة بالنشا الناتجة من الإندوسبرم ، فهذا يعنى إعطاء درجة الدقيق . ولحساب هذا الدليل تقدر النشا والكربوهيدرات غير النشوية Car bohy drates(N-s) والبروتين للحصول على البيانات التالية :

نوع الدقيق	دليل الدرجة = الكربوهيدرات غير النشوية × ١٠٠ / النشا + البروتين
مطحون قمح كامل	١٠٠ ٪	١٧,٦ — ١٨,١
دقيق أسمر	٩٣ ٪	١٣,٢ — ١٣,٧
دقيق لين Soft	٨١ ٪	٥,٣
دقيق عادى Straight-rum	٨٠ ٪	٤,٦ — ٥,٥
دقيق	٧٢ ٪	٤,٠

وفى الواقع بدأ الجدل حول مقارنة الخبز الأبيض بالخبز الأسمر من الوجهة الغذائية منذ قرون سابقة . فالرومان واليونانيون منذ عهد أبقراط

وجالينوس Hippocrates and Galen اقتنعوا بأن الدقيق الأسمر مسهل axative ويزيد كتلة البراز مما أدى إلى الاستنتاج بأن الدقيق الأبيض ذو قيمة غذائية أعلى . لكن لايخفى أن الدقيق الكامل يحتوى على قدر أكبر من البروتين والدهن وفيتامينات باء ومعظم المعادن ، وهذا هوسبب الاعتقاد السائد الآن بأن الدقيق الكامل قيمته الغذائية أعلى من الدقيق الأبيض . فالإنسان يحصل من الدقيق الأبيض على قدر من الطاقة أكبر مما يحصل عليه من وزن مماثل من الدقيق الأسمر ، إلا أنه سوف يستفيد Injest من وزن مماثل من الدقيق الأسمر قدراً أكبر من كل من البوتاسيوم والمغنسيوم والحديد وبعض العناصر المعدنية الأخرى وفيتامينات باء . ويبدو أن من الحكمة أن ينظر الإنسان إلى طعامه العادى أولاً قبل أن يقرر أيهما أفضل له الخبز الأبيض أم الخبز الأسمر ، إذ قد يكون الطعام العادى مفتقراً لمغذيات معينة وفى هذه الحالة يختار الإنسان النوع من الخبز الأكثر احتواءاً على هذه المادة المغذية المطلوب زيادتها . وبصفة عامة يلاحظ أن الدقيق الكامل يحتوى على مكونين لايوجدان عادة فى الدقيق الأبيض الفاخر أو قد يوجدان بنسبة ضئيلة وهما حمض الفيتيك inositol hexaphosphoric فى صورة ملح بوتاسيوم أو مغنسيوم غالباً ، والجزء من الكربوهيدرات الذى يطلق عليه جوازاً إسم الألياف Fibre برغم أن ليس أليافاً بمعنى الكلمة الكيميائى ، أى مايتبقى بعد المعاملة بالقلوى وبالحامض ، بل هو الجزء الذى يتبقى بعد انتهاء عمليات هضم وامتصاص الطعام فى الإمعاء الدقيقة ، وهذا مايعبر عنه بالمعنى الفسيولوجى باللفظ «ألياف». وهذان المكونان يتصفان بعدم قابليتهما للامتصاص وباعتراضهما لامتصاص بعض المغذيات الأخرى. فحمض الفيتيك يكون مع الكالسيوم والحديد والزنك وبعض المعادن الأخرى أملاحاً غير قابلة للذوبان فلاتمتص . وهذا هو أساس الدور الذى يقوم به حمض الفيتيك فى الحبوب إذ ييسر تخزين الفوسفور والبوتاسيوم والمغنسيوم والحديد والعناصر النادرة فى البذور فى صورة أملاح غير ذائبة . والجداول التالية توضح هذه المعلومات :

تحليل دقيق قمح المانيتوبا

المكونات	استخلاص ١٠٠٪	استخلاص ٧٠٪
ماء ٪	١٥	١٥
بروتين ٪	١٣,٦	١٢,٨
دهن ٪	٢,٥	١,٢
كربوهيدرات قابلة للهضم (كنشا) ٪	٦٣,٠	٧٠,٠
سعرات kcal	٣٢٨	٣٤١
بوتاسيوم (ملليجرام / ١٠٠ جرام)	٣١٢	٨٢
كالسيوم (»)	٢٧,٦	١٢,٨
مغنسيوم (»)	١٤١	٢٦,٩
حديد (»)	٣,٨	٢,٢
نحاس (»)	٠,٦٠	٠,١٨
زنك (»)	٣,٧٣	١,١٦
فوسفور كلي(»)	٣٥٠	٩٧
فوسفوريتات(»)	٢٤٢	٣٠
ثيامين (»)	٠,٤٠	٠,٢٨
ريبوفلافين(»)	٠,١٦	٠,٠٤
حمض نيكوتنيك(»)	٥,٠	٢,٠

الكالسيوم فى الخبز

نوع الخبز	ملليجرامات الكالسيوم :		
	المأكول	المطرود	الممتص
أبيض	٥٠٤	٣٤١	١٦٣
أسمر	٥٦١	٥١٠	٥١
أبيض + كالسيوم مضاف	١١٤٩	٨٩٢	٢٥٧
أسمر + كاليسوم مضاف	١٢٤٨	١٠٧٣	١٧٥
أبيض+ فيتات صوديوم	٥١٠	٥٣٠	٢٠
أسمر مزال منه الفيتات	٦١٠	٤٤٥	١٦٥

القيمة الحيوية ومعامل الهضم لبروتينات الدقيق

نسبة الاستخلاص	جرامات الطعام المأكول	جرامات البروتين المأكول	زيادة الوزن بالجرام	قيمة تشجيع البروتين للنمو	معامل الهضم
١٠٠	٣١٧	٣٩,٩	٧١	١,٧٧	٨٣,٢
٨٥	٢٧٦	٣٤,٥	٥٧	١,٦٧	٨٥,٤
٧٥	٢٤٦	٣٠,٩	٤٥	١,٤٨	٨٧,٩

النسبة المئوية للمغذيات المتبقية فى الدقيق استخلاص ٧٠ ٪

فيتامينات				معادن	
حمض بانتوشنك	٥٠	سلنيوم	٨٤	بوتاسيوم	٢٣
حمض فوليك	٣٣	كروميوم	٦٠	زنك	٢٢
فيتامين ب٦	٢٨	مولبديوم	٥٢	صوديوم	٢٢
ثيامين	٢٣	كالسيوم	٤٠	مغنسيوم	١٥
ريبو فلافين	٢٠	نحاس	٣٢	منجنيز	١٤
حمض نيكوتنك	١٩	فوسفور	٢٩	كوبلت	١٢
فيتامين هـ	١٤	حديد	٢٤		

الفصل الخامس

ميكروبيولوجيا منتجات الحبوب

إنتشار البكتريا والخمائر والفطريات فى الطبيعة . عملية تخمر السكريات . مدى تلوث الحبوب الغذائية بالبكتريا . مدى تلوث الحبوب ومنتجاتها بالفطريات . الفساد الميكروبى فى الحبوب . الفساد الميكروبى للخبز .

توجد البكتريا والخمائر والفطريات منتشرة فى الطبيعة ، فهى توجد فى التربة والماء والأطعمة وغيرها . وبعض هذه الأحياء الدقيقة يكون سماً بالنسبة للإنسان أو الحيوان ، كما أن البعض قد يسبب أمراضاً للإنسان أو الحيوان أو النبات . وهناك أنواع من الأحياء الدقيقة تسبب فساد أطعمة الإنسان . غير أنه لايخفى أن بين هذه الأحياء الدقيقة عدد كبير يعود على البشرية بالنفع والخير ، مثل الأحياء الدقيقة المؤثرة فى خصوبة التربة الزراعية والمستعملة فى إجراء عمليات تخمر السكريات لإنتاج الكحول والمستعملة فى تخمير العجين عند صناعة الخبز والمستعملة فى تسوية بعض أنواع الجبن والمستعملة فى تحضير عقار البنسلين لعلاج البشر .

وتوجد الأحياء الدقيقة فى بيئاتها بأعداد ضخمة ، فتوسط عددها فى زجاجة اللبن المبستر سعة كيلو جرام يبلغ حوالى ستة وخمسين مليوناً من الخلايا البكتيرية ، بينما الدقيق قد يحتوى الجوال الواحد منه على حوالى ثلاثة آلاف مليون من الخلايا البكتيرية .

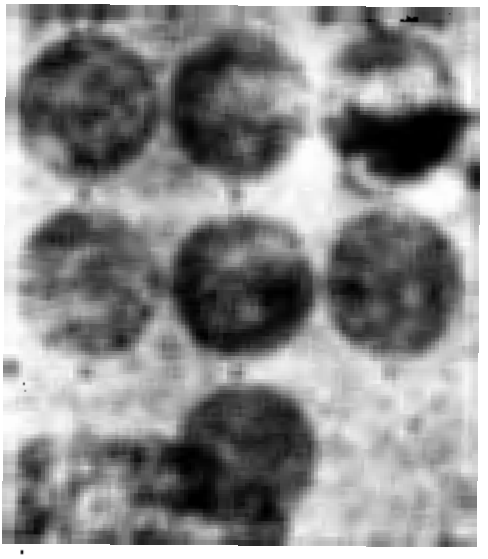
وتتبع الأحياء الدقيقة المألوف وجودها على حبوب القمح ومنتجات الحبوب القسم من المملكة النباتية المعروف باسم Thallophyta الذى لايتميز فيه الجسم إلى جذر وساق . وتنقسم هذه المجموعة من النباتات إلى قسمين رئيسيين يتميز أحدهما باحتوائه على الكلوروفيل بينما يخلو الثانى من هذه الصبغة الخضراء . وتقع الطحالب تحت القسم المحتوى على الكلوروفيل بينما ينقسم القسم الآخر إلى قسمين أولهما عديد الخلايا ويتبعه الفطريات وثانيهما وحيد الخلية وينقسم إلى قسمين تبعاً لطريقة التكاثر ، فالأول تتبعه البكتريا التى تتكاثر بالانقسام الذاتى بينما الثانى تتبعه الخمائر التى تتكاثر بالتبرعم .

وتنقسم مجموعة الفطريات Fungi التى يتبعها البكتريا والخميرة والفطر إلى ثلاثة أقسام هى : Myxomycetes (Slime fungi) و Schizomyctes

(baeteria) و Eumycetes (true fungi) . وتقسم البكتريا إلى Eubacteriales و Actinomycetales و Chlamydobacteriales و Thiobacteriales و Myxobacteriales و Spirochaetales . وكل من هذه الرتب order تقسم إلى عائلات ، وكل عائلة family تقسم إلى فصائل وكل فصيلة tribe تقسم إلى أجناس genera يضم كل منها نوعاً أو أكثر من أنواع البكتريا . أما الخمائر yeasts والفطريات moulds فتتبع القسم Eumycetes . وتتبع الخمائر التى تكون جراثيماً فى الظروف الملائمة عائلة Endomycetaceae التابعة لرتبة Ascomycetales . وتقسم هذه العائلة الأخيرة إلى أربعة تحت عائلات أهمها تحت عائلة Saccharomycoideae ، التى تقسم بدورها إلى ثلاث فصائل أكثرها أهمية فصيلة Saccharomycetaceae التى تضم الجنس Saccharomyces وهو الذى يشتمل على الخميرة المفيدة المستخدمة فى تخمرات الخبز والبيرة . وهناك الخمائر التى لا تكون جراثيماً وهى تتبع ثلاث عائلات ويقع ضمنها Torulae المنتشرة فى الطبيعة . وأما الفطريات moulds فتوجد فى رتب متعددة تتبع القسم Eumycete ، خصوصاً الرتبة المعروفة باسم Fungi Imperfecti وتقع الفطريات المسببة للتفحم Smuts والصدأ rusts فى القمح تحت رتبة Basidiomycetales .

وتتكون البكتريا من خلية واحدة يتراوح طولها بين ٠,٦ إلى ١٠٠ ميكرون وعرضها بين ٠,٤ إلى ٣٠ ميكرن ، فهى صغيرة الحجم يمكن أن يشغل ١٤٥ مليونا منها سطح بوصة مربعة واحدة . وتتكون الخلية البكتيرية من جدار خلوى منفذ للمواد الذائبة فى محلول وبداخله البروتوبلازم الحيوى . وللخلية أسواط flagella بروتوبلازمية تساعد البكتريا بانقباضاتها وانبساطها على الحركة فى السوائل . ويختلف شكل الخلية البكتيرية فقد يكون عصويا أولولبيا أو كروبا أو خيطيا . ويطلق على الخلايا الكروية الإسم cocci ، فإذا كان الجنس يتميز بوجود خلايا مزدوجة يسمى diplococci ، بينما البكتريا التى تظهر فى شكل عنقود من الكرات فتسمى

Staphylcoci ، وفى حالة ظهور الخلايا الكروية فى شكل سلاسل قصيرة أوطويلة تسمى Streptococci ، وعندما تظهر فى هيئة كتل منتظمة الشكل تعرف باسم Sarcinae والخلايا العصوية قد تكون قصيرة وسميكة أو تكون طويلة ورفيعة أو تكون صغيرة جـداً يكاد يقرب طولها من عرضها .



(شكل ٨٣)

أشكال البكتريا

(أ) Staphylococci (ب) Streptococci (جـ) Sarcinae

د ، هـ ،و بكتريا عصوية (ى) بكتريا لولبية

وتتكاثر البكتريا بسرعة فائقة حيث تنقسم الخلية البكتيرية كل نصف ساعة تقريباً يتكون غشاء يقسم البروتوبلازم إلى نصفين سرعان ما ينفصلان عن بعضهما وينمو كل منهما على حدة . والذى يحد من إنتشار البكتريا هو تغير الظروف المناسبة لها وقلة الطعام فى بيئتها . وتستطيع بعض أنواع البكتريا أن

تقاوم مثل هذه الظروف غير الملائمة بالتحول إلى جراثيم spores تبقى ساخنة حتى تتحسن الظروف فتستعيد نشاطها بالتحول إلى خلايا خضرية . مثال ذلك جراثيم البكتريا المسببة لتحبل الخبز فهى تتحمل ارتفاع درجة حرارة العجينة والخبز وتتحمل الجفاف :

وتتفاوت أنواع البكتريا فى مدى تحملها للحرارة ولكل منها درجة حرارة مثلى عندها تتكاثر البكتريا بأقصى سرعة، ودرجة حرارة قصوى، ودرجة حرارة دنيا يتوقف نشاط البكتريا تماماً عندما تجاوز أيهما . وهناك بعض أنواع من البكتريا تفضل درجات الحرارة المرتفعة أى ٥٠ أو ٦٠° مئوية وتعرف هذه البكتريا باسم البكتريا المحبة للحرارة thermophilic ، أما معظم أنواع البكتريا فيقع تحت أحد قسمين أولهما تناسبه درجة حرارة ٢٠ إلى ٢٥° مئوية والثانى درجة المثلى ٣٥ إلى ٤٠° مئوية .

وللأكسجين أثر بالغ فى نمو البكتريا ، فبعضها لا ينمو إلا فى وجود الأكسجين ويطلق عليه الإصطلاح هوائية حتما obligatory aerobes ، وبعضها ينمو فى حالة غياب الأكسجين فقط وتسمى هذه البكتريا لاهوائية حتما obligatory anaerobes ، وبعضها ينمو فى وجود أو غياب الأكسجين ويسمى facultative. كذلك يطلق الإصطلاح microoerophilie على البكتريا التى تنمو فى حالة انخفاض ضغط بخار الماء عن ماء هو عليه فى الجو .

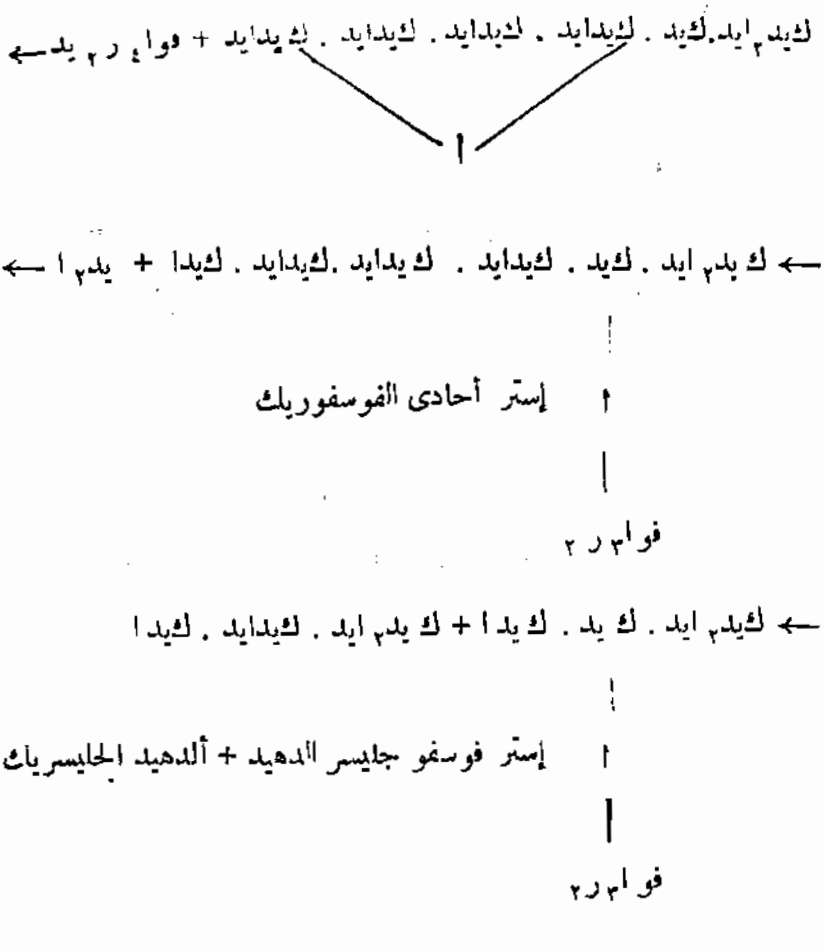
وتتغذى معظم أنواع البكتريا على مواد عضوية ، والقليل منها يتطلب مواد غير عضوية . كذلك تستعمل معظم الأنواع النتروجين البروتينى ، أو الأحماض الأمينية ، والكربون العضوى :

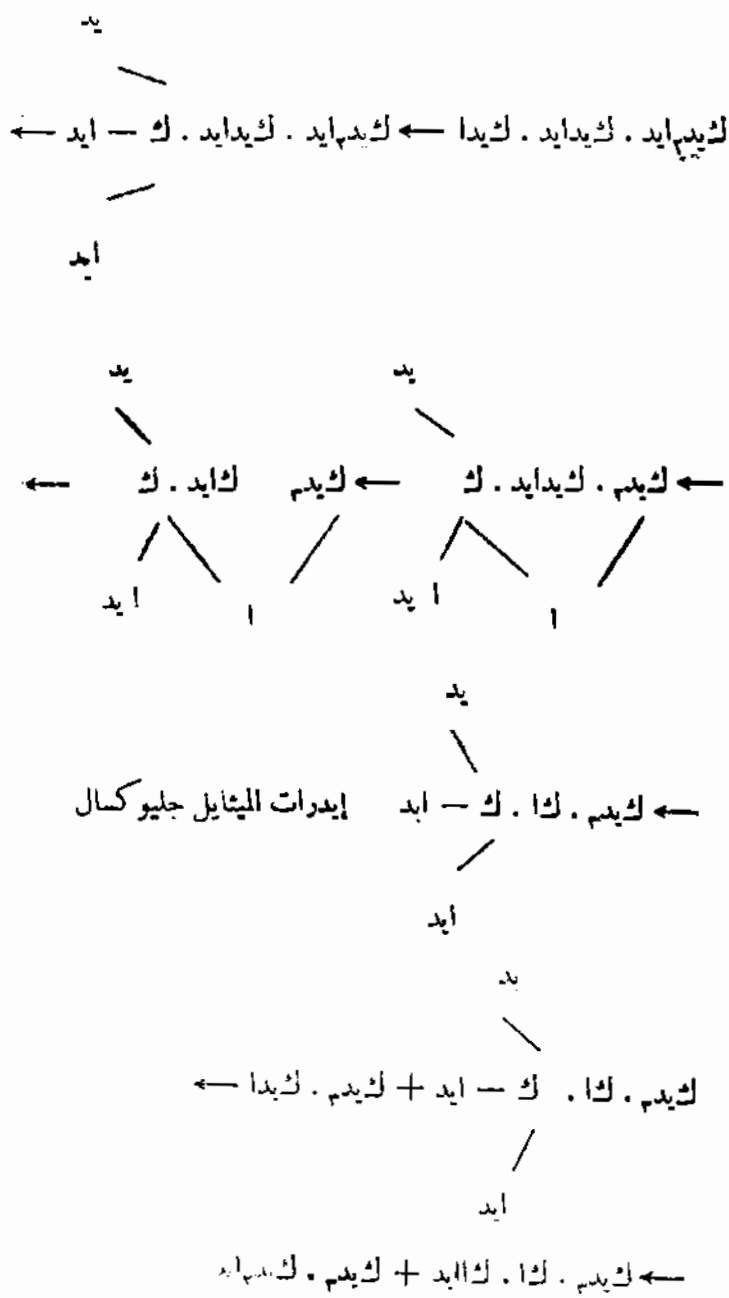
وتؤثر حموضة الوسط على نمو البكتريا ، فمعظمها يفضل الوسط القلوى الخفيف أى pH ٧ إلى ٩ . وتتأثر حموضة الوسط بكمية الأحماض

التى تنتجها بعض أنواع البكتريا المنتجة للأحماض وبكمية المواد القلوية التأثير كالأمونيا التى تنتجها بعض الأنواع ، وكذلك بكمية المواد المنظمة التى قد توجد فى البيئة . كذلك قد تنتج بعض أنواع البكتريا غاز ثانى أكسيد الكربون أو إيدروجين أو نتروجين أو ميثان بتحليلها للكربوإيدرات أو النترات أو السليلوز . وتنتج بعض أنواع البكتريا الإندول من البيئة المحتوية على تربتوفان ، كما ينتج البعض مادة الأسيتيل ميثايل كربينول من الكربوإيدرات . وتحلل بعض أنواع البكتريا النشا إلى سكريات ، وبعضها يحلل الجيلاتين ، بعضها يختزل النترات إلى نتريت .

والخمائر وحيدة الخلية مثل البكتريا غير أنها تتميز عن البكتريا باحتوائها على نواة واضحة . وتأخذ خلايا الخمائر شكلا أسطوانياً أو بيضاوياً أو إهليلجيا . وتتراوح أبعاد خلية الخميرة بين ٣ إلى ١٠ ميكرون فى ٣ إلى ١٠٠ ميكرون . وتحتوى الخلية على فراغات بها سائل رائق ، كما قد تحتوى على بضع قطرات من الزيت . وليس للخلية فلاجلات فهى عديمة الحركة الذاتية . وتتكاثر الخمائر بطريقة مختلفة عن البكتريا تماماً ، فهى تتكاثر بالتبرعم gemmation فيظهر على الخلية برعم صغير سرعان ما يكبر فى الحجم تدريجياً ثم ينفصل عن الأم . وفى حالات خاصة تكون الخمائر جراثيما وتعرف فى هذه الحالة باسم ascospores ، وقد يبلغ عدد الجراثيم المتكونة داخل الخلية الواحدة ثمانية كل منها تستطيع أن تنتج فيما بعد خلية خضرية . فتكوين الجراثيم فى الخميرة يختلف عنه فى البكتريا إذ فى الأولى يعتبر وسيلة للتكاثر بينما فى الثانية لا يعد وسيلة للتكاثر بل إن البكتريا تكون جراثيما لتقاوم الظروف المحيطة غير المناسبة . ويتطلب نشاط الخميرة توفر الرطوبة . وتبلغ درجة الحرارة المناسبة لنشاط الخميرة ٢٠ إلى ٣٠° مئوية وقد تمتد إلى ٤٠° مئوية فى بعض الأنواع ، أما درجة pH الوسط فأنسبها المائلة للحموضة الخفيفة . وتستطيع معظم أنواع الخميرة تخمير بعض الكربوإيدرات وإنتاج كحول وغاز ثانى أكسيد الكربون تحت

ظروف لا هوائية أو فى وجود نسبة ضئيلة من الأكسجين مقارنة بأكسجين الجو . وأهم الأنواع المحدثة لهذا التخمر والتى تسبب رفع العجينة المتخمرة هى Saccharomyces cerevisiae وتتضمن عملية تخمر السكريات بفعل الخميرة عدداً من التفاعلات تتلخص فيما يلى :



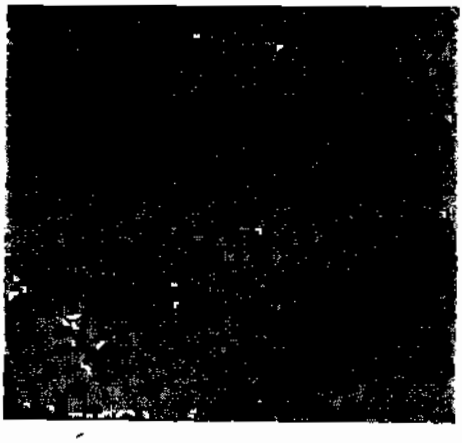


حمض بيروفيك كحول إيثايل

ك٦هـ٦ + ك٢ا . ك٢ا٢د ← ك٦هـ٦ + ك٦يدا + ك٢ا٢

حمض بيروفيك أسيتا لدهيد

ويتحكم فى سير التفاعلات السابقة عدد كبير من الإنزيمات . وتحتوى الخميرة أيضاً على إنزيمات بروتينية لكنها لاتؤثر فى استواء العجينة أثناء التخمر بسبب عدم إمكان انتشار إنزيمات الخميرة البروتينية خارج الخلية ، لكنه يعتقد أن الخميرة تنشط الإنزيمات البروتينية فى الـــدقيق . وتقل نسبة النتروجين الأمينى فى العجينة قليلاً أثناء فترة تخميرها . ولا يقتصر نشاط الخميرة أثناء فترة التخمر على إنتاج الغاز فقط فهى تتكاثر أيضا بما يقرب من خمسين فى المائة من عددها .

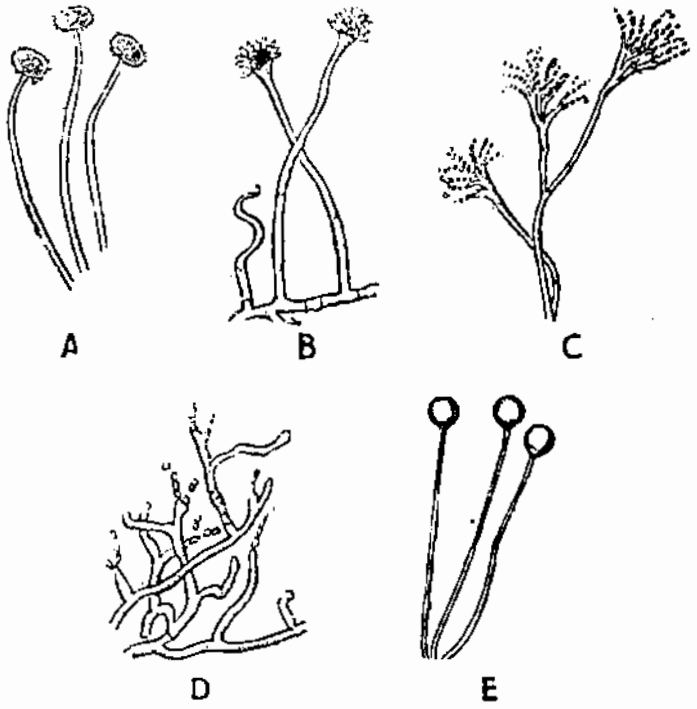


(شكل ٨٤)

خلايا خميرة الخبز مكبرة

(شكل ٨٥)
خلايا خميرة متوحشة مكبرة

وتتميز الفطريات بكونها عديدة الخلايا ،وخلاياها عادة شبه اسطوانية الشكل يتحد بعضها معاً مكوناً سلاسل تعرف باسم الهيفات hyphae . وبعض هذه الهيفات تحمل فى نهايتها جراثيما قادرة على الإنبات لتكوين خلايا خضرية ، وهى تعرف باسم fructifying hyphae . ويطلق على جسم الفطر بمجموع هيفاته اسم الميسليوم mycelium . وفى بعض أنواع الفطر المعروفة باسم septate mycelium تنقسم الهيفات عرضياً إلى عدة أقسام . وعموما تتكون خلية الفطر من جدار خلوى وبروتوبلازم ونواه وأحيانا بعض فجوات وقطرات دهنية . وتتكاثر الفطريات دائما بتكوين الجراثيم التى قد توجد فى شكل عنقودى على جوانب الهيفات أو فى أطرافها، وهذه تعرف باسم الكونيديات conidia . وقد توجد الجراثيم فى أكياس تعرف باسم sporangia ، كما قد تتكون بانقسام الهيفات وتعرف حينئذ باسم oidia . ومعظم جراثيم الفطريات كروية الشكل . وتنشط الفطريات فى وجود الرطوبة التى قد تكون أقل نوعاً مما تتطلبه الخميرة ، وعلى درجة حرارة أقل قليلا مما تتطلبه الخميرة ؛ وفى وجود الأكسيجين . وهناك القليل من الفطريات اللاهوائية والفطريات الاختيارية . وبعض هذه الفطريات قادرر على إحداث التخمر الكحولى .



(شكل ٨٦)
بعض أنواع الفطريات

أ – Mucor mucedo ب – Aspergillus glaucus
جـ – Penicillium glaucum د – Oidium lactis
هـ – Rhizopus nigricans

مدى تلوث الحبوب الغذائية بالبكتريا :

يتميز كل نبات فى الطبيعة بوجود بعض أنواع من الأحياء الدقيقة النامية عليه ويبدو أن العدد الأكبر من هذه البكتريا الموجودة طبيعياً على النباتات من الأنواع العضوية غير المتجرثمة . فباستعمال بيئة الآجار على درجة ٣٧° مئوية وجد أن جراماً واحداً من قمح المانيتوبا يحتوى على ثمانية ملايين

خلية بكتيرية ، وكان العدد فى قمح باروسو ٢١٩٠٠٠ ، وفى القمح الأسترالى ٢٠٠٠٠ ، وفى القمح الإنجليزى ٨٠٠٠٠ . وباستعمال بيئة جيلاتين على درجة ٢٠° مئوية كان عدد البكتريا فى الجرام الواحد من كل من العينات السابقة أربعين مليوناً ، ٢٨١٠٠٠ ، ٨٠٠٠٠ ، ٢٢٥٠٠٠ على التوالى. وبالنسبة لأنواع الحبوب الأخرى وجد أن الجرام الواحد من حبوب الزمير أو الشعير أو الشيلم أو الذرة يحتوى على ٠٠٠ ١٣٠٠ ، ٠٠٠ ١٦٠٠ ، ١٢٦٠٠٠ ، ٠٠٠ ٣٥٠٠ خلية بكتيرية على التوالى . وفى إحدى التجارب وجد أن الجرام الواحد من الأرز الشعير المجفف هوائياً يحتوى على عشرين مليوناً من البكتريا اللاهوائية مع ٣٦٠٠٠٠ خميرة .

وينخفض عدد البكتريا الملوثة للحبوب أثناء التخزين بسبب انخفاض نسبة الرطوبة فى هذه الحبوب ، بينما يزداد العدد كثيراً أثناء تنبيت الشعير فى صناعة المولت . وينخفض عدد البكتريا كثيراً أثناء تنظيف وغسيل حبوب القمح فى المطاحن كأن ينخفض من ٠٠٠ ٢٥٠ ١٣ إلى ٠٠٠ ٣٢٥٠. وقد لوحظ أن الفرشاة تخفض عدد البكتريا فى المطحن بما يقرب من ٢٤ فى المائة ، وأن غربال المروحة يقلل عدد البكتريا بما يقرب من ستين فى المائة .

ويعتقد أن جميع أنواع البكتريا الملوثة لحبوب القمح ليس لها تأثير ضار على صفات الخبيز أو صفات المنتجات المخبوزة . فقط إذا وجدت البكتريا التابعة لمجموعة B.subtilis أدى ذلك لظهور التحبل rope فى الخبز إذ أن هذه البكتريا قادرة على تكوين جراثيم تتحمل درجة حرارة فرن الخبيز لذلك تلجأ بعض المطاحن فى الدول الأجنبية إلى إضافة الكلور أو مركباته أو الكلورامين أو هيبو كلوريت الصوديوم إلى ماء الغسيل لتخفيف حمولة القمح من البكتريا . وقد وجد أن الكمية من الكلور التى تكفى لإبادة الجراثيم تبلغ مائة جزء فى المليون على أن تستمر مدة النقع خمسمائة ثانية ، أو ١٥٠ جزءاً فى المليون لمدة مائتى ثانية .

ويختلف عدد البكتريا تبعاً لدرجة الدقيق فيقل بارتفاع الدرجة ، فعدد البكتريا النامية على درجة ٢٠ إلى ٢٥ مئوية فى الدقيق الفاخر بلغ فى إحدى التجارب ثمانية آلاف ، بينما فى الدقيق العادى كان العدد إثنين وثلاثين ألفاً . ويقل عدد البكتريا فى الدقيق أثناء التخزين ، ويتوقف مدى الانخفاض فى العدد كثيراً على نسبة الرطوبة فى جو المخزن وقليلاً على درجة الحرارة . فالدقيق الفاخر المخزن فى المطحن انخفض عدد البكتريا فيه ، فى إحدى التجارب ، بنسبة ٦٣ فى المائة للبكتريا التى تناسبها درجة حرارة جسم الإنسان وبنسبة ٣٠ فى المائة للبكتريا التى تفضل درجات حرارة أقل من سابقتها ، وذلك بعد مرور ستة وعشرين يوما على التخزين . وقد بلغت نسبة الانخفاض فى البكتريا النامية على الدقيق العادى ٧٩ فى المائة و ٣٩ فى المائة على التوالى عقب التخزين نفس المدة على نفس درجة الحرارة أى ١٥,٥° مئوية ونفس درجة الرطوبة النسبيه أى ٧٧,٥ فى المائة . ويعتبر المصدر الرئيسى لتلوث الدقيق بالبكتريا هو حبوب القمح التى تتلوث من التربة والجو . أما تلوث الدقيق أثناء النقل فضئيل نسبياً وينتج عنه التلوث ببكتريا مخالفة للأنواع التى تنمو عادياً على حبوب القمح epiphytic microflora

ومن تجارب Kent – Jonesand Amos تبين أن جميع الأقماح التى فحصت تحتوى على البكتريا المسببة لتحبل الخبز ، كما احتوت على بعض ميكروبات غير مميزة النوع فأعطيت الأرقام ٣ ، ١٣ ، ٤ ، ١١ ، ١٤ ، ١٥ ، ١٦ . وقد فحصت عينات الدقيق أيضاً فوجد أنها تحتوى على الخميرة أيضاً بمعدل ١٢ إلى ٢٦٨ خميرة فى الجرام الواحد . وقد تراوح عدد جراثيم البكتريا المسببة لتحبل الخبز فى الجرام الواحد من الدقيق بين عشرة ومائة وستين .

ويبدو أن البكتريا التى توجد طبيعياً على حبوب القمح وفى الدقيق لاتؤثر تأثيراً ملحوظاً فى عملية تخمر العجين المضاف إليه خميرة ، خصوصاً

فى حالة اتباع طريقة العجن العادية ، بينما فى حالة اتباع طريقة العجينة الإسفنجية التى تستغرق مدة عشرين ساعة مثلا تسنح الفرصة لنشاط البكتريا ويظهر أثر هذا النشاط بارتفاع حموضة العجينة نتيجة لنشاط البكتريا المنتجة للأحماض مثل B.lactis .

مدى تلوث الحبوب ومنتجاتها بالفطريات :

توجد طبيعياً على الحبوب الغذائية مجموعة فطريات fungal flora بجانب احتوائها على مجموعة البكتريا bacterial flora . ففى الجرام الواحد من عينات قمح أمريكى وجد عدد من الفطريات يتراوح بين ٢٠٤٠ ، ٦٦٠٠٠ . وتسبب غزارة الفطريات على سطح القمح عفونة رائحته وارتفاع حموضة الدهن به ، كما هو الحال عندما يكون عدد الفطر فى الجرام الواحد من القمح الردىء ٤٠٠٠٠٠ مثلاً . وبالنسبة للذرة وجد فى بعض التجارب أن عدد الفطر فى الجرام الواحد من الذرة الأمريكى قد تراوح بين ١٣٠٠ ، ١٨٠٠٠٠٠٠ . وفى الأرز تراوح العدد بين ٥٠٠ و ٤٥٠٠٠٠٠ وفى رجيع الأرز بلغ عدد الفطر ٢٤٠٠٠ . ويتأثر عدد الفطر أثناء تخزين الحبوب بدرجة رطوبتها ، فبارتفاع درجة الرطوبة يطغى نمو فطر . بنسلين penicillium على فطر Aspergilli ، وبازدياد الرطوبة كثيراً يطغى نمو Mucor على سابقيه . كذلك يتأثر عدد الفطر بدرجة الحرارة ، فعند درجة ٢٥° مئوية كان الفطر السائد فى إحدى التجارب هو penicillium عند درجة ٣٠° مئوية كان A.flavur وعند درجة ٣٥° مئوية كان A.glaucus وعند ٤٥° مئوية كان Mucor . وتحتوى حبوب القمح الفاسد على كثير من الفطريات منها Fusarium Hormordendum ، Curvularia ، Helminthosporium ، monilia , Rhizopus ، Cephalosporium ، Streptomoyces ومن الفطريات المألوف وجودها على الشعير أثناء نمو النباتات : Fusarium Cladosporinm ، Alternaria أما عقب الحصاد فيمكن الحصول على

فطريات Aspergillus أو penicillium كلى الحبوب . وأثناء التخزين يهاجم أجنة حبوب الشعير الفطر A . restrictus خصوصاً عندما تكون نسبة الرطوبة فى الحبوب ١٣,٥ إلى ١٤,٥ فى المائة .

ويتخفض عدد الفطر فى حبوب القمح بعد التنظيف والغسيل بما يقرب من تسعين فى المائة . ويعتقد أن الدقيق يمكن أن يتلوث بالفطريات أثناء عملية الطحن . ففى أحد الأبحاث وجد أن عدد الفطر فى الجرام الواحد من الدقيق الناتج من سلندر الدش الأول ١١١٧٠٠٠ وفى الدقيق الناتج من سلندر الدش الخامس ٢٤٥٦٠٠٠ وفى دقيق سلندر التنعيم السادس ١٠٢٠٠٠٠ . وفى بعض المطاحن قد تكون درجة التلوث بالفطريات أكبر منها فى مطاحن أخرى .

ويزداد عدد الفطر فى الدقيق المخزون بارتفاع نسبة رطوبته بعكس البكتريا إذ يقل عددها . ففى إحدى التجارب وجد أن عدد الفطر فى الجرام الواحد من الدقيق المحتوى على ١٦,٥ فى المائة رطوبة والمخزون فى أوانى مقفلة على درجة ١٥° مئوية قد ارتفع من ٣٦٠٠ إلى ٣٨٨٠٠ وعلى درجة ٢٠° مئوية ارتفع من ٣٦٠٠ إلى ٥٤٠٠٠ : بينما الدقيق المحتوى على ١٩,٦ فى المائة رطوبة ارتفع عدد الفطر به من ٣٢٠٠ إلى ٣٢٠٠٠٠٠٠ على درجة ١٥° مئوية . ومن ٣٢٠٠٠ إلى ١٣٠٠٠٠٠٠٠ على درجة ٢٠° مئوية . أما الدقيق المحتوى على ١٥ فى المائة رطوبة فلم يزداد عدد الفطر به أثناء التخزين إلا نادراً . والفطريات التى تنمو على الدقيق متعددة تمثل حوالى عشرين نوع تتبع ثمانية أجناس ، غير أن حوالى ٩٠ فى المائة من هذه الفطريات عبارة عن A . glaucus ، A candidus

الفساد الميكروبى فى الحبوب :

الحبوب المرتفعة الرطوبة تتلف أثناء تخزينها بسبب نمو الفطريات عليها. ويتحكم فى مدى نموا ونشاط الفطريات درجتا الرطوبة والحرارة وكمية الفطريات الملوثة للحبوب فى البداية اونسبة الشوائب . وتعتبر بعض أنواع

الفطر أكثر ضرراً من الأنواع الأخرى ، ففى الذرة الصفراء كان ارتفاع الحموضة بسيطاً فى حالة نمو الفطر A. glaucus وكبيراً فى حالة نمو الفطريات A. flavus ، A. Candidus ، Fusarium sp, penicillium sp وليس ممكناً إيقاف نمو الفطريات أثناء التخزين بجعل الظروف لاهوائية أى بالتخلص من الأكسيجين أو برفع تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى جو المخزن إلى ثلاثين فى المائة تقريباً ، إذ أن بعض الفطريات مثل Cephalosporium sp يستمر نموها على الحبوب الرطبة المخزنة تحت هذه الظروف . وفى صوامع الغلال كثيراً ما توجد الفطريات : A, flavus ، A. repen ، A. candidus ؛ Aspergillus resrtrictus .

ويتبع نمو ونشاط الفطريات على حبوب القمح المخزونة قلة حيوية الحبوب أوفقدها وتلون الأجنة بلون قاتم وارتفاع حموضة الدهن فى الحبوب وفساد الرائحة . ويعلل تغير لون الأجنة لحدوث تفاعل ميلارد بين السكريات والأحماض الأمينية فى القمح الملوث ، إذ أن الفطريات تسبب تحلل البروتينات وهذا مما يسبب تفاعل ناتجات التحلل تحت تأثير الإنزيمات .

وأثناء التخزين ترتفع درجة حرارة حبوب القمح ذاتياً فى بعض مناطق الصومعة بتأثير التنفس أو الإصابة بالحشرات . وهذا الارتفاع فى الحرارة يسبب نمو الفطريات فى بدايته ونمو البكتريا المحبة للحرارة عندما يزداد الارتفاع . وقد تصل درجة الحرارة أحياناً إلى ٥٠° مئوية .

وتصاب أطراف حبوب القمح المحتوية على الأجنة أحياناً بفطر أسود من جنس Helminthosporium لايؤثر فى صفات الخبز إطلاقاً ، ويعرف هذا المرض باسم Smudge أو black point كما تسبب إصابة القمح بالفطر Fusarium culmorium تبقعه باللون الأحمر ، ويعرف المرض باسم Wheat scab . ومن الأمراض الفطرية الشائعة فى الحبوب والتى ترجع إلى نمو الفطريات مرض الصدأ ومرض التفحم ومرض الأرجوت ergot .

الفساد الميكروبى للخبز :

يحتوى الدقيق النظيف عادة على قليل من البكتريا وقليل من الفطريات ، وهذه الأحياء الدقيقة لاتتلف الدقيق أثناء التخزين لانخفاض نسبة الرطوبة به . وعند الخبيز تقتل جميع الخلايا الخضرية بحرارة الفرن ، لكن لب الرغيف يظل ملوثاً ببعض جراثيم البكتريا إن وجدت ، خصوصاً جراثيم مجموعة Subtilis و mesentericus . وهذه الجراثيم تنبت أثناء تخزين الخبز وتسبب تحبل الرغيف فتظهر له رائحة غريبة وتظهر فى لبابته بقع لونها بنى مصفر وتبدو اللبابة لزجة الملمس . وهذه اللزوجة ترجع إلى تحلل النشا إلى سكريات وصموغ بفعل سلالات البكتريا B. subtilis التى قد تبلغ التسعة . وعند جذب اللبابة للخارج تبدو فى شكل خيوط رفيعة .

ويبدو أن ظهور التحبل فى الخبيز ليس متوقفاً على مدى تلوثه بالجراثيم فقط بل إن ظروف تبريد وتغليف وتخزين الخبز لها الأثر الفعال فى ظهور التحبل . فكلما كانت الظروف أكثر ملاءمة لإنبات الجراثيم ونشاط البكتريا كلما زاد ظهور التحبل . وللوقاية من ظهور التحبل ينصح بزيادة كمية الخميرة المضافة للعجينة وتحاشى لزوجة العجينة وتسوية الخبز جيداً وسرعة تبريد الخبز قبل تغليفه وإضافة فوسفات الكالسيوم الحامضية للعجينة بنسبة أربعة فى المائة من وزن الدقيق الفاخر أو خمسة فى المائة من وزن الدقيق الأسمر ، أو يضاف محلول حامض الخليك تركيزه إثنى عشر فى المائة للعجينة بنسبة ربع لتر تقريبا لكل ثلاثمائة رطل من الدقيق ، أو تضاف بيروفوسفات الصوديوم الحامضية بنسبة رطل ونصف تقريبا لكل ٢٨٠ رطل من الدقيق ، أو تضاف خلات صوديوم ثنائية الخلات للدقيق بنسبة عشر فى المائة مع مراعاة منع تأثيرها على حجم الخبز بتقليل كمية ملح الطعام المضافة وزيادة كمية الخميرة .

وتبقع الخبز باللون الأحمر نتيجة لنمو البكتريا Bacillus Prodigiosus نادر الحدوث فى العالم ، ويعرف هذا المرض باسم bleeding brea

ومن الفطريات التى تنمو على الخبز المخزون ما يلى :

Aspergillus glaucus, OosPora variabilis, penicillium crustaceum Rhizopus nigricans , Aspergillus niger, Aspergillus Fumigatus, Penicillium olivaceum, Aspergillus , Aspergillus nidulans , Aspergillus Flavus, Monilia

auantiacum. وتقتل جميع جراثيم الفطر أثناء عملية الخبيز ، أى أن نمو الفطريات على الخبز يحدث نتيجة لتلوثه عقب الخبيز . وينتشر الفطر فى الخبز للداخل عن طريق الشقوق التى قد توجد فى سطح الخبز . لذلك ينصح بالعناية بنظافة حوامل الخبز وغرف تبريده وتخزينه وورق تغليفه وماكينة تقطيعه ، وكذلك ينصح بتطهير جو الغرف . وتساعد حموضة العجينة ، أى انخفاض رقم pH بها ، على منع نمو الفطريات ، وقد وجد أن الأحماض الدهنية سامة للفطر بدرجة أكبر من الأحماض العضوية والمعدنية . لذلك يضاف حامض الخليك للعجينة لرفع حموضتها أو يدهن سطح الخبز بمحلول مخفف من حامض البروبيونيك أو بروبيونات الكالسيوم أو يبلل السطح الداخلى لورق تغليف الخبز بهذا المحلول ، وقد تضاف بروبيونات الكالسيوم للعجينة بنسبة ٠,١ إلى ٠,٢ فى المائة من وزن الدقيق . وفى طريقة أخرى تعرض شرائح الخبز للأشعة فوق البنفسجية لمنع نمو الفطريات عليها .

الفصل السادس

تصنيع مخلفات مصانع الحبوب

المخلفات فى تغذية الحيوان . تقدير القيمة الغذائية لمواد العلف .

الفيتامينات . المضادات الحيوية . مواد العلف الشهيرة .

صناعة مواد العلف . نماذج علائق متزنة . المواد الضارة فى العلائق . المغذيات فى مواد العلف .

تستخدم مخلفات المطاحن فى تغذية الدواجن والحيوانات . وتمثل هذه المخلفات الردة والناتجات المنحصرة بين الردة والدقيق والتى يطلق عليها العديد من الأسماء مثل : Shorts، pollards، dan، toppings، parings Sharps middlings ، red-dog ، fourths ، thirds . وهذه المخلفات جميعها عادة يطلق عليها الإسم : offal أو Wheat feed أو wheatings أو Superfine Weatings . وقد حددت تعاريف ومواصفات لمخلفات صناعة الطحن فى كثير من الدول. وفى جمهورية مصر العربية تنتج المطاحن ردة خشنة وردة ناعمة وسن أبيض وسن أحمر وأكلونة .

وتتطلب الدواجن والحيوانات إحتواء الطعام على بروتينات وكربوإيدرات ودهون وموادمعدنية وفيتامينات ورطوبة ، بالإضافة إلى وجود الألياف . وتحسب علائق الحيوان على أساس maintenance ration أى الغذاء اللازم لبقاء الحيوان فى حالة صحية دون أن يزداد وزنه ، فهو يمد الحيوان بالطاقة والحرارة اللازمين له وبالمواد اللازمة لتجديد أنسجته ، أو على أساس production ration أى الغذاء الزائد عما يلزم للبقاء والذى يستخدم فى زيادة وزن الحيوان أو إنتاج اللبن والبيض .

ويلزم أن تكون علائق الحيوان متزنة ، فتغذية الأبقار على الذرة فقط يقلل من إنتاج اللبن بسبب قلة البروتين فى العليقة وعدم اتزانها ، كذلك تغذية الدواجن على الذرة يقلل من إنتاج البيض بسبب قلة كل من البروتين والمعادن وعدم إتزان العليقة . ولذلك ينصح دائماً بتحضير العليقة من مزيج عدة مواد ليكمل بعضها البعض ولتحقق الأغراض التالية :

١ — وجود كفاية من البروتين للنمو أو للبقاء .

٢ — وجود كفاية من الكربوإيدرات لمد الجسم بالحرارة اللازمة لدفئه وبالطاقة اللازمة للحركة .

٣ — وجود كفاية من المعادن لتكوين الأسنان والعظام وغير ذلك .

٤ — وجود كافة الفيتامينات لضمان تمثيل كل الغذاء فى الجسم ، وعدم ظهور أعراض مرضية .

٥ — وجود الماء . وجميع هذه الأغراض مرتبطة ببعضها . وتتوقف نسبة البروتين للكربوإيدرات على سن الحيوان وسرعة النمو ونوع العمل أو الإنتاج . ويجب أن تكون العلائق دائماً شهية وسهلة الهضم وكميتها مناسبة لحجم المعدة . وينصح دائماً بمزج الأطعمة المركزة كالفول والذرة بأخرى خفيفة مالئة كالنزمير المجروش ، ولهذا تقدر نسب الألياف فى الأطعمة . وتضاف الأطعمة الغنية فى الألياف بالقدر الذى يناسب الحيوان ، فبعض الحيوانات يهضم جزءاً من الألياف أكبر مما يقوى على هضمه نوع آخر من الحيوان ، مثال ذلك الخيل والأبقار فهى مقدورها تحمل زيادة من الألياف مقارنة بالخنزير . ولا يخفى أن زيادة الألياف تعوق هضم وامتصاص جزء من البروتين والكربوإيدرات والدهون فى الطعام ، كما يستنفذ قدر من الطاقة فى مرور الألياف بالجهاز الهضمى .

وتستعمل بروتينات الطعام فى تكوين عضلات الجسم وتجديد الأنسجة التالفة وتكوين الخلايا أثناء النمو وتكوين بروتينات اللبن أو البيض . والأغذية البروتينية مرتفعة الثمن مثل السمك أو اللحم المجفف المطحون وكسب الفول السودانى وبذر الكتان . والإفراط فى تقديم الأطعمة البروتينية يدعو إلى استعمال البروتينات فى مد الجسم بالطاقة .

وتستعمل الكربوايدرات فى مد الجسم بالطاقة والحرارة ، إلا أن

الزيادة منها تخزن فى الجسم على هيئة دهن خصوصاً فى حالة خمول الحيوان . وتعتبر كربوإيدرات الغذاء إحدى مصادر السكر والدهن فى اللبن . وهذه الأطعمة الكربوإيدراتية هى أرخص مصادر الطاقة والحرارة . ويلاحظ أن ارتفاع نسبة الدهن فى العلف يسبب ليونة دهن الخنزير .

وتستعمل المعادن فى تكوين العظام والأسنان والعصارات الهضمية . وتحتاج الدواجن إلى كمية من الأملاح المعدنية لتكوين قشرة البيضة .

ومعظم أطعمة الطيور والحيوانات غنية بالفيتامينات ، كما أن بعض الحيوانات قادرة على تكوين بعض الفيتامينات داخل الجسم بمساعدة بعض الأحياء الدقيقة فى جهازها الهضمى ، ولذلك فالأبقار لاتحتاج إلى فيتامينات « ب » بعكس الإنسان . وكثيراً مايضاف زيت كبد الحوت فى عليقة أبقار اللبن وفى أغذية الدواجن شتاءاً ، غير أنه لوحظ أن إضافة هذا الزيت تسبب انخفاض نسبة الزبد فى اللبن .

ومن الطرق المتبعة فى تدعيم علائق الأبقار بالأملاح المعدنية عمل مخلوط مكون من جزءين بالوزن ملح طعام مع جزء حجر جيرى مطحون وجزء فوسفات كالسيوم أى عظام مطحونة معقمة ، ويضاف هذا المخلوط للعليقة بنسبة ثلاثة فى المائة . وبالنسبة للخنزير يحضر المخلوط بمزج جزئين بالوزن عظام مطحونة مع جزءان حجر جيرى ناعم مع جزء ملح طعام ، ويضاف المخلوط للعليقة بنسبة ٣ فى المائة . وقد يضاف فى عليقة الخنزير يوديد بوتاسيوم بنسبة ١,٥ فى الألف تقريباً . فنسبة ملح الطعام فى عليقة الخنزير يجب أن تكون منخفضة . ومن المخاليط الأخرى المستعملة مايلى :

٥٠ جزء بالوزن مطحون عظام معقمة .

٢٣ جزء بالوزن طباشير أو حجر جيرى ناعم .

٢٠ جزء بالوزن ملح طعام .

٥ جزء بالوزن كبريت .

٢ جزء بالوزن أكسيد حديد .

$\frac{1}{4}$ جزء بالوزن يوديد بوتاسيوم .

ويبين الجدول التالى محتويات بعض مواد العلف من الفيتامينات .

نسب بعض الفيتامينات فى بعض مواد العلف

المادة الغذائية	فيتامين ا	فيتامين ب	فيتامين جـ
حشيش أخضر	+++	+++	+++
حشيش جاف	+++	++	++
برسيم أخضر	+++	++	++
دريس	+	+	آثار
قش	صفر	صفر	صفر
جذور	قليل	قليل	+++
قمح	+	—	صفر
رده وسن	قليل	+++	صفر
شعير مطحون	قليل	+	صفر
ذوة شامى	صفر	—	صفر
ذرة صفراء	++	—	صفر
كسب بذر كتان	++	+++	صفر
نقـــل	++	+	—
كسب بذرة قطن	++	+++	صفر
كسب جوز هند	آثار	+	صفر
خميرة مجففة	—	+++	—
سمـــك	+	—	—
زمير	قليل	+	صفر

تقدير القيمة الغذائية لمواد العلف .

قديماً قدرت القيمة الغذائية للأطعمة بما سمى وحدة الغذاء «food units»

وهى تحسب بضرب ٢,٥ فى مجموع نسبتى الزيت والألبومينويدات وإضافة حاصل الضرب إلى نسبة الكربوإيدرات . وحالياً تقدر القيمة الغذائية بحساب مكافئ النشا Starch equivalent ومكافئ البروتين protein equivalent والنسبة الغذائية nutritive ratio . فمكافئ النشا هو عدد الأجزاء من النشا النقية المكافئ لمائة جزء من العليقة من وجهة القيمة الحرارية . ويحسب مكافئ النشا للبقاء naintenance starch equivalent لكل مائة رطل من المعادلة :

مكافئ النشا للبقاء = { (البروتين المهضوم × ١,٢٥) + (الفرق بين البروتين الخام المهضوم والبروتين النقى المهضوم) × ٠,٦ } + { (الدهن المهضوم × ٢,٣) + (الكربوإيدرات المهضومة) + (الألياف المهضومة)

ويحسب مكافئ النشا للانتاج production starch equivalent لكل مائة رطل من المعادلة :

مكافئ النشا للانتاج = [(البروتين النقى المهضوم × ٠,٩٤) + (الزيت المهضوم × ٢,٤ للبذرة الزيتية أو الكسب أو ٢,١ للحبوب أو ١,٩ للعلف الخشن) + (الكربوإيدرات المهضومة) + (الألياف المهضومة)] × نسبة مكافئ النشا مقدراً بالتجربة إلى مكافئ النشا المحسوب.

وفى حساب مكافئ البروتين تؤخذ المواد النتروجينية فى الاعتبار وتقدر قيمتها الغذائية بنصف القيمة للبروتين النقى، وتطبق المعادلة التالية :

$$\text{مكافئ البروتين} = \text{البروتين النقى المهضوم} + \frac{(\text{البروتين الخام المهضوم} - \text{البروتين النقى المهضوم})}{٢}$$

وتبين النسبة الغذائية نسبة أغذية الطاقة المهضومة أى الكربوإيدرات

والدهون إلى نسبة البروتين الخام المهضوم، مع مراعاة أن الدهن يعطى ٢,٥ مرة قدرما تعطيه الكربوإيدرات من حرارة للجسم. فتحسب النسبة بجمع نسبة الكربوإيدرات المهضومة ونسبة الألياف ونسبة الدهن المهضوم مضروبة فى ٢,٣ ويقسم المجموع على نسبة البروتين الخام المهضوم . فالناتج عبارة عن عدد أرطال مواد الطاقة لكل رطل من البروتين. وهذه النسبة الأخيرة تعتبر مقياساً لاتزان العليقة .

يبين الجدول التالى للقيمة الغذائية لبعض مواد العلف التى مصدرها الحبوب الغذائية .

القيمة الغذائية لمواد العلف (عن Kent jones)

المادة الغذائية	النسبة المئوية للمكونات — بالتحليل الكيميائي					النسبة المئوية للجزء المهضوم				الحساب من الجزء المهضوم	
	المادة الجافة	البروتين الخام	الدهن	(مستخلص خالي من النتروجين) الكربوهيدرات	الألياف الخام	الرماد	البروتين الخام المهضوم	البروتين المهضوم / الدهن المهضوم	الكربوهيدرات المهضومة	الألياف المهضومة	النسبة الغذائية	نسبة مكافئ النشا المقدر بالتجربة إلى مكافئ النشا المحسوب	لكل مائة رطل / مكافئ النشا
	(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)	(٦)	(٧)	(٨)	(٩)	(١٠)	(١١)	(١٢)	(١٣)	(١٤)
نبات الشعير المزهر	٣١,٤	٢,٢	٠,٥	١٦,٨	٩,٩	٢,٠	١,٥	١,٣	٠,٣	١٢,١	٦,٤	١٢	٧٩	١٦,١
نبات المدرة	١٩,٤	١,٧	٠,٥	١٠,٤	٥,٦	١,٢	١,٠	٠,٦	٠,٣	٦,٧	٣,١	١٠	٨٣	٩,١
نبات المدرة الرفيعة	١٣,٠	١,٣	٠,٢	٦,٢	٤,١	١,٢	٠,٧	٠,٤	٠,١	٣,٨	٢,٢	٩	٨٢	٥,٤
نبات الزمير المزهر	٢٣,٢	١,٩	٠,٦	١٠,٤	٨,٥	١,٨	١,٤	١,٢	٠,٤	٦,٥	٤,٩	٩	٧٥	١٠,٠
نبات الحاودار	٢٣,٤	٣,٠	٠,٩	١٠,٣	٧,٥	١,٧	٢,١	١,٤	٠,٥	٧,٠	٤,٩	٦	٨٠	١١,٣
الحنطة السوداء	١٦,٣	٢,٥	٠,٦	٧,٨	٤,٣	١,١	١,١	١,١	٠,٣	٥,٢	٢,٥	٥	٨٧	٨,١

(تابع) القيمة الغذائية لمواد العلف

	(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)	(٦)	(٧)	(٨)	(٩)	(١٠)	(١١)	(١٢)	(١٣)	(١٤)
سيلاج الذرة	١٨,٥	١,٦	٠,٨	٠,٩	٥,٧	١,٤	٠,٨	٠,٤	,٤	٦,٢	٣,٢	١٣	٨٢	٨,٦
سيلاج الزمير الأخضر	٢٣,٧	١,٩	٠,٨	١٠,٧	٨,٥	١,٨	١,١	٠,٦	٠,٤	٥,٩	٥,١	١١	٧٢	٨,٩
سيلاج الشيلم	١٣,١	١,٦	٠,٥	٥,٧	٤,٤	٠,٩	٠,٩	٠,٥	٠,٢	٣,٤	٢,٦	٧	٨١	٥,٥
نبات الذرة الرفيعة المجففة	٨٦,٦	١٠,٨	٢,٢	٣٨,٥	٢٩,٤	٥,٧	٦,١	٤,٨	٠,٩	٢٣,٤	١٧,٦	٧	٧٦	٣٦
نبات الزمير (الطور اللبنى) المجفف	٨٦,٠	٨,١	٢,٦	٤٠,٧	٢٧,٨	٦,٨	٤,٤	—	١,٦	٢٢,٩	١٤,٥	٩	٧٦	٣٤,٠
قش الأرز المجفف	٨١,٣	٦,٤	١,٣	٤٠,٦	٢٤,٩	٨,١	٢,٥	٢,٣	٠,٥	١٩,٧	١٥,٦	١٥	٧٥	٢٩
نبات شيلم (قبل الأزهار) مجفف	٨٥,٧	١٠,٤	٢,٥	٣٩,٠	٢٨,٥	٥,٣	٧,٣	٦,٢	١,٥	٢٧,٣	١٧,١	٧	٨٣	٤٤
نبات شيلم (مزهر) مجفف	٨٦,٠	٦,٣	٢,٠	٣٨,٦	٣٤,٤	٤,٧	—	—	—	—	—	—	—	—
نبات قمح (الطور اللبنى) مجفف	٨٦,٠	٥,٧	١,٦	٤٧,٣	٢٥,٢	٦,٢	٣,١	—	٠,٩	٢٩,٣	١٤,٧	١٥	٨٣	٤٠,٦
قش الشعير	٨٦,٠	٣,٣	١,٨	٤٢,٤	٣٣,٩	٤,٦	٠,٨	٠,٦	٠,٦	٢٢,٥	١٨,٣	٥٢	٥٤	٢٣
قش الحنطة السوداء	٨٤,٠	٤,٨	١,٢	٣٤,٦	٣٨,٢	٥,٢	٢,٢	١,٧	٠,٥	١٨,٠	١٧,٢	١٧	٤٢	١٦
أغلفة الحنطة السوداء	٨٦,٨	٤,٦	١,١	٣٥,٣	٤٣,٥	٢,٢	—	—	—	—	—	—	—	—
قصلة وقشور الذرة الرفيعة	٨٨,٠	٤,٨	٢,٢	٢٩,٠	٤٠,٨	١١,٢	١,٧	١,٢	٠,٧	١٣,٦	١٥,١	١٩	٦٣	٢٠

(تابع) القيمة الغذائية لمواد العلف

	(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)	(٦)	(٧)	(٨)	(٩)	(١٠)	(١١)	(١٢)	(١٣)	(١٤)
قش الزمير	٨٦,٠	٢,٩	١,٩	٤٢,٤	٣٣,٩	٤,٩	١,٠	٠,٨	٠,٦	١٩,٤	١٨,٣	٣٩	٥٠	٢٠
قصلة الزمير	٨٦,٠	٦,٠	٢,١	٤٤,٨	٢٢,٨	١٠,٣	٢,٢	١,٧	١,٠	٢١,٠	١٠,٢	١٦	٨١	٢٩
سرس الأرز	٩٠,٢	٣,٨	١,٤	٣٢,٩	٣٨,٠	١٤,١	٠,٤	٠,١	٠,٩	١١,٥	٠,٤	٣٥	٢٢	٣
قش الحودار	٨٦,٠	٣,٢	١,٦	٤١,٧	٣٦,٩	٢,٦	٠,٦	٠,٤	٠,٨	١٧,٠	١٧,٣	٦٠	٤١	١٥
قصلة الحودرا	٨٥,٧	٣,٥	١,٣	٢٩,١	٤٠,١	٧,٧	١,١	٠,٧	٠,٤	١١,٣	٢٢,٠	٣١	٦٣	٢٢
قش القمح	٨٦,٠	٢,٩	١,٣	٣٩,٨	٣٥,٩	٦,١	٠,١	—	٠,٤	١٤,٧	١٨,٠	٣٣٦	٣٩	١٣
قصلة القمح	٨٦,٠	٣,٧	١,٢	٤٢,٦	٢٧,٧	١٠,٨	—	—	—	—	—	—	—	—
حبوب الشعير	٨٥,١	١٠,٠	١,٥	٦٦,٥	٤,٥	٢,٦	٧,٦	٧,٠	١,٢	٦٠,٩	٢,٥	٩	٩٨	٧١,٤
حبوب الذرة	٨٧,٠	٩,٩	٤,٤	٦٩,٢	٢,٢	١,٣	٧,٩	٧,٤	٢,٧	٦٣,٧	٠,٨	٩	١٠٠	٧٧,٦
حبوب الذرة الرفيعة	٨٧,٥	١٠,٦	٣,٩	٦١,١	٨,١	٣,٨	٨,٠	٧,٤	٣,١	٤٥,٨	٢,٧	٧	٩٥	٥٨,٩
حبوب الزمير	٨٦,٧	١٠,٣	٤,٨	٥٨,٢	١٠,٣	٣,١	٨,٠	٧,٢	٤,٠	٤٤,٨	٢,٦	٧	٩٥	٥٩,٥
حبوب الأرز والشعير	٨٨,٦	٨,٣	١,٨	٦٤,٧	٨,٨	٥,٠	—	—	—	—	—	—	—	—
حبوب الأرز الأبيض	٨٧,٤	٦,٧	٠,٤	٧٨,٠	١,٥	٠,٨	٥,٨	٥,٥	٠,٢	٧٥,٧	٠,٧	١٣	١٠٠	٨٢,١

(تابع) القيمة الغذائية لمواد العلف

	(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)	(٦)	(٧)	(٨)	(٩)	(١٠)	(١١)	(١٢)	(١٣)	(١٤)
حبوب الشيلم	٨٦,٦	١١,٥	١,٧	٦٩,٥	١,٩	٢,٠	٩,٦	٨,٧	١,١	٦٣,٩	١,٠	٧	٩٥	٧١,٦
حبوب القمح	٨٦,٦	١٢,١	١,٩	٦٩,٠	١,٩	١,٧	١٠,٢	٩,٠	١,٢	٦٣,٥	٠,٩	٧	٩٥	٧١,٦
حبوب الحنطة السوداء	٨٥,٩	١١,٣	٢,٦	٥٤,٨	١٤,٤	٢,٨	٨,٥	٧,٥	١,٩	٤٢,٣	٣,٥	٦	٩٣	٥٣,٤
بذور الدحريج	٨٨,٢	١٥,٢	٥,٠	٥٨,١	٦,٢	٣,٧	—	—	—	—	—	—	—	—
دقيق الموز	٨٧,٢	٢,٩	٠,٥	٧٩,٠	٢,٤	٢,٢	—	—	—	—	—	—	—	—
ردة الشعير	٩١,٨	٥,٩	١,٣	٥١,٨	٢٦,٤	٦,٤	—	—	—	—	—	—	—	—
غبار طحن الشعير	٨٦,٠	١٢,	٦,٠	٤٩,٠	١٣,٠	٦,٠	—	—	—	—	—	—	—	—
كسر حبوب الشعير	٣٢,٤	٧,٥	٢,٨	١٤,٦	٦,١	١,٤	٥,٥	٥,٢	٢,٤	٩,١	٢,٤	٣	٨٦	١٨,٤
كسر حبوب الشعير المجفف	٨٩,٧	١٨,٣	٦,٤	٤٥,٩	١٥,٢	٣,٩	١٣,٠	١٢,١	٥,٦	٢٧,٦	٧,٣	٤	٨٥	٤٨,٣
قشور المولت	٩١,٢	٧,٨	٢,٤	٥٧,٢	١٩,٢	٤,٦	—	—	—	—	—	—	—	—
كسر البسكويت	٩٠,٠	١٥,٦	٢,٧	٦٦,١	١,٨	٣,٨	—	—	—	—	—	—	—	—
الخبز البائت	٦٦,٢	٨,٠	٠,٧	٥٥,٥	٠,٦	١,٤	—	—	—	—	—	—	—	—
ردة الذرة	٨٨,٢	٨,٤	٤,٢	٦٢,٠	١١,٧	١,٩	٥,٥	٤,٨	٣,٦	٥٣,٤	٣,٩	١٢	٩٥	٦٧,٠

(تابع) القيمة الغذائية لمواد العلف

	(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)	(٦)	(٧)	(٨)	(٩)	(١٠)	(١١)	(١٢)	(١٣)	(١٤)
علف الذرة الحلوتينى	٨٩,٦	٣٣,٥	٣,٤	٥٦,٧	٣,٥	٢,٥	٢٠,٠	١٨,٤	٢,٧	٤٩,٣	٢,٥	٣	١٠٠	٧٥,٦
مطحون الذرة الحلوتينى	٩٠,٩	٣٥,٥	٤,٧	٤٧,٥	٢,١	١,١	٣٠,٦	٣٠,٣	٤,٤	٤٢,٦	—	٢	١٠٠	٨١,٥
مخلفات طحن الذرة	٨٩,٨	٢٠,٤	٤,٤	٥٩,٠	٥,٠	١,٠	١٧,٠	١٥,٥	٣,٥	٥١,٣	٣,٣	٤	١٠٠	٧٧,٦
ذرد نابت	٢٢,٤	٣,١	١,٠	١٦,٧	١,١	٠,٥	—	—	—	—	—	—	—	—
مخلفات نشا الذرة	٩٠,٩	٢٢,٨	٦,٩	٥٢,٧	٧,٦	٠,٩	١٩,٢	١٨,٤	٦,٢	٤٤,٨	٥,٥	٣	١٠٠	٨١,٨
لب الذرة	١١,٠	٣,١	٠,٨	٦,١	٠,٦	٠,٤	—	—	—	—	—	—	—	—
قوالح الذرة الخضراء	٢٨,٢	٢,٥	٠,٧	١٩,٩	٤,٣	٠,٨	—	—	—	—	—	—	—	—
قوالح الذرة الناضجة	٥١,٧	٤,٨	١,٦	٣٨,٥	٥,٨	١,٠	—	—	—	—	—	—	—	—
المولت الحاف	٩٣,٤	١٣,٨	٣,١	٦٤,٩	٩,٠	٢,٦	١١,٠	٨,٨	٢,٤	٥٦,٤	٤,٥	٦	٩٦	٧١,٥
علف ذرة رفيعة مصرية	٨٧,٥	١٣,١	٢,١	٥٦,٥	٨,٦	٧,٢	—	—	—	—	—	—	—	—
ردة زمير	٩٠,٥	٨,٠	٣,٦	٥١,٠	٢١,٩	٦,٠	٤,٠	٣,٦	٢,٠	٣٥,٦	٨,١	١٢	٨٨	٤٥,٥
علف زمير	٩١,٨	١٦,٠	٦,٧	٦٥,٥	١,٦	٢.٠	١٢,٠	١٠,٥	٥,٤	٤٨,٠	٠,٨	٥	٩٩	٧١,١
قشور الزمير	٩٤,٠	٢,٠	١,٠	٥٤,٠	٣٣,٠	٤,٠	—	—	٠,٤	١٩,٤	١٠,٩	—	٩٦	٢٠,٦
حبوب الزمير	٩١,٧	١٦,٢	٦,٤	٦٥,٣	١,٩	١,٩	—	—	—	—	—	—	—	—
غبار طحن الزمير	٩٣,٠	١٠,٠	١١,٠	٥٥,٠	١٣,٠	٤,٠	—	—	—	—	—	—	—	—

(تابع) القيمة الغذائية لمواد العلف

	(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)	(٦)	(٧)	(٨)	(٩)	(١٠)	(١١)	(١٢)	(١٣)	(١٤)
علف زمير	٩١,٠	١٠,٣	٥,٠	٥٣,٧	١٧,٥	٤,٥	—	—	—	—	—	—	—	—
أرز مطحون	٩١,١	١٢,٩	١٣,٧	٤٩,٥	٦,٤	٨,٦	٧,٥	٦,٦	١١,٦	٣٩,٠	١,٦	٩	١٠٠	٧٢,٣
ردة جودار	٨٧,٥	١٦,٧	٣,١	٥٨,٠	٥,٢	٤,٥	١٢,٥	١٠,٨	٢,٤	٤٢,٩	١,٧	٤	٧٩	٤٦,٩
جنين الذرة	٨٩,٨	٣٢,٠	٩,٢	٤١,٩	٢,٠	٤,٧	—	—	—	—	—	—	—	—
ردة القمح النابت	٩٠,٦	١٢,٩	٣,٣	٦١,١	١٠,٢	٣,١	—	—	—	—	—	—	—	—
سن القمح	٨٦,٠	١٥,٩	٤,٥	٥٥,٩	٦,٠	٣,٧	١١,٦	١٠,١	٣,٩	٤٥,٩	١,٤	٥	٨٦	٥٦,٥
ردة القمح	٨٧,٠	١٥,١	٣,٨	٥٢,٨	٩,٥	٥,٨	١٠,٩	٨,٩	٢,٦	٣٧,٤	٢,٢	٤	٧٧	٤٢,٦
ردة خشنة	٨٧,٠	١٤,٧	٤,٠	٥٢,١	١٠,٣	٥,٩	١١,٠	٩	٢,٨	٣٦,٩	٢,٢	٤	٧٧	٤٢,٦
زوائد الدقيق ٧٥٪ ناعمة	٨٧,٠	١٦,٣	٥,١	٥٤,١	٧,٥	٤,٠	١٢,٢	—	٣,١	٤١,٢	٢,٠	٤,١	٨٠	٤٩,٠
ردة ناعمة من دقيق استخلاص ٨٥٪	٨٧,٠	١٥,٢	٤,٥	٥٣,٥	٩,٤	٤,٤	١٠,٨	—	٢,٦	٣٩,٦	١,٩	٤,٤	٧٧	٤٤,٠
ردة خشنة من دقيق استخلاص ٨٥٪	٨٧,٠	١٥,٠	٤,٣	٥٢,٣	١٠,٣	٥,١	١١,٠	—	٠,٩	٣٧,٥	٢,٨	٣,٩	٧٧	٤٠,٤
زوائد الدقيق ٨٥٪ ناعمة	٨٧,٠	١٤,١	٤,٣	٥٣,٤	١٠,٣	٤,٩	٩,٩	—	٢,٤	٣٨,٧	٣,٣	٤,٨	٧٧	٤٣,٤
زوائد الدقيق ٨٥٪ خشنة	٨٧,٠	١٢,٣	٣,٩	٥١,٤	١٣,٤	٦,٠	٧,٦	—	٠,١	٣٤,٨	٤,٤	٥,٢	٧٥	٣٤,٩
خميرة مجففة	٩٣,٧	٤١,٥	١,٠	٤١,٤	٠,٢	٩,٦	٣٥,٦	٢٩,٤	٠,٤	٣٤,١	—	١	١٠٠	٦٨,٣

الفيتامينات :

تحتاج الحيوانات إلى الفيتامينات غير أن الحيوانات المجترة البالغة تستطيع تكوين وامتصاص مايكفيها من فيتامينات «ب» داخل جسمها فيما عدا فيتامين ب١٢ ، وكذلك بعض الحيوانات غير المجترة مثل الفأر تكون الفيتامينات داخل أمعائها الغليظة فلا تمتص ، وإنما بتغذيتها على برازها تمتص الفيتامينات داخل جسمها . ويتكون فيتامين ج أيضاً داخل جسم الحيوانات فيما عدا القردة والفأر الرومى. لذلك يراعى فى تربية الحيوان تدعيم العلائق بفيتامينات ا ، د ، ب٢ ، ب٧ ، حمض البانتوثنيك والكولين . والمقررات اليومية من الفيتامينات للحيوانات هى :

الحيوان	المقرر لكل رطل من وزن العليقة من فيتامينات :						
	ا	د	ب٢	ب٧	حمض بانتوثنيك	كولين	ب١٢
	بالوحدة الدولية			بالملليجرام			بالميكروجرام
أبقار صغيرة	متغير	٣٧٥	—	—	—	—	—
أبقار اللبن	متغير	٣٧٥	—	—	—	—	—
فراخ	٢٠٠٠	٢٢٥	١,٦	٨,٠	٥,٠	٧٠٠	٦
فراخ التربية	٢٠٠٠	٢٢٥	٠,٩	؟	؟	؟	؟
فراخ البيض	٣٣٠٠	٢٢٥	٠,٩	؟	٢,٥	٥٠٠	٦
فراخ رومى	٤٠٠٠	٣٠٠	٢,٠	؟	؟	٩٢٠	٤ — ٦
خنزير	٣٠٠٠	٤٠٠	١,٤	٥,٠	٤,٥	٤٥٤	٥ — ٩

وفيما يلى نسب الفيتامينات فى بعض مواد العلف المشتقة من الحبوب الغذائية

المادة الغذائية	ا	ب٢	ب٧	حمض بانتوثنيك	بيريدوكسين	كولين	ب ١٢	حمض فوليك
	بالوحدة الدولية	بالملليجرام للرطل						
شعير	٣٠٠	٠,٦	٢٧	٣,٠	١,٦	٤٥٠		٠,٢
ذرة	٣٦٠٠	٠,٥	٩	٢,٣	—	٢٠٠	٠,٠٠٤٥	٠,١
زمير	٨٠	٠,٥	٥	٦,٠	—	٤٣٥	—	٠,١
قمح	آثار	٠,٥	٢٧	٥,٢	—	٤٥٨	٠,٠٠٣٠	٠,٢
ردة	١٣٠	١,٤	٦٣,٥	١٣,٦	—	٥٠,٢	—	١,٠
خميرة مجففة	—	١٨,٦	٢٢٨,١	٥٤,٠	—	١٦٢٥	٠,٠٠٣٦	١٣٥
جنين قمح	—	٢,٤	٢٣,٥	٥,٢	—	١٦٧٠	—	—
زوائد	—	٠,٨	٤٤,٣	٩,٤	—	٥٤٧	—	٠,٤

المضادات الحيوية :

كثيراً ما يضاف فى علائق الدواجن والخنازير بعض من المضادات الحيوية كالبنسلين والتراميسين والأورروميسين . هذه المضادات الحيوية عبارة عن مواد كيميائية تفرزها الأحياء الدقيقة أو تحضر منها ، ولها القدرة على منع نمو الميكروبات. وتفيد إضافة المواد الحيوية فى تحسين نمو الدواجن . وهذه المواد يجب ألا تتجاوز نسبتها فى العلائق جزءاً فى كل ١٠٠٠٠ جزء ، كما أن مستحضراتها المتداولة بقصد إضافتها للعلائق يجب ألا يتجاوز تركيز المضادات الحيوية بها واحد فى المائة ، وأن تعبأ فى عبوات خاصة يوضع عليها اسم المضاد الحيوى antidiotic وطبيعة المادة المالئة أى المخففة وعدد الوحدات بالعبوة وتاريخ نهاية صلاحية الاستعمال .

ويضاف البنسلين فى علائق الفراخ الرومى بنسبة أربعة إلى خمسة كيلوجرامات

فى الطن ، وبنصف القدر فى علائق الدجاج . أما الأوروميسين فيضاف بنسبة ١٢ إلى ١٥ جراماً فى الطن .

ويبدو أن المضادات الحيوية المضافة يزداد مفعولها فى وجود فيتامين ب١٢ وما زالت فكرة إضافة المضادات الحيوية فى علائق الحيوان محل دراسة وتجارب .

مواد العلف الشهيرة :

تحتم بعض الدول تحديد مواصفات لمواد العلف المتداولة تجارياً . فمثلاً يشترط توضيح نسبتا الدهن والألبومينويدات فى كسب بذرة القطن أو جوز الهند أو بذر الكتان أو جنين الذرة أو فول الصويا أو نواة البلح أو علف الذرة الخلوتينى . وتوضح نسب الدهن والألبومينويدات والألياف فى متخلفات تصنيع الذرة الأخرى ورجيع الأرز ومتخلفات ضرب الأرز الأخرى والكسب المخلوط والعلائق المخلوطة وكسب بذرة القطن المقشورة . وتوضح نسب حمض الفوسفوريك والألبومينويدات فى منتجات العظام . وتوضح نسب الدهن والألبومينويدات وحامض الفوسفوريك فى علائق اللحوم والعظام . وتوضح نسب الدهن والألبومينويدات وحمض الفوسفوريك وملح الطعام فى علائق الأسماك أو متخلفاتها . وتوضح نسبة الدهن فى عليقة بذر الكتان . وتوضح نسبتا السكر والألياف فى عليقة المولاس أو العسل . وتوضح نسبة الألياف فى زوائد الطحن وفى متخلفات طحن الزمير . وتوضح نسبة البروتين فى الحشائش المجففة .

ويطحن القمح دواماً قبل تقديمه للحيوان ، فيما عدا الدواجن ، وعادة لا تتجاوز نسبة القمح فى العليقة عشرين فى المائة منعاً لتعجنه فيصبح الغذاء غير شهى .

وتستعمل مخلفات طحن القمح فى تغذية الحيوان بكثرة ، وتتميز بغناها

بفيتامينات « ب » ولذا فهى تعتبر مفيدة بالنسبة للدواجن والخنازير. وتناسب الردة حيوانات العمل واللبن والخيول بدرجة أكبر من حيوانات التسمين التى يناسبها السن الأبيض أو الأحمر .

وتعتبر الذرة فقيرة فى البروتين والأملاح المعدنية ، لذلك يراعى خلطها بمواد أخرى غنية بهذه المكونات ، ولكنها سهلة الهضم لانخفاض نسبة الألياف بها . والذرة الصفراء أغنى فى الكاروتين من الذرة البيضاء ، وتصلح الذرة المجروشة لتغذية الدواجن ، وتفضل الذرة الصفراء فى تغذية دجاج البيض ، كما أنها تفيد مواشى اللبن . وينصح بعدم الإفراط فى تغذية الخنازير على الذرة لأن ارتفاع نسبة الزيت بها يسبب ليونة دهن الحيوان . ويلاحظ أن علف الذرة الجلوتينى وعلف الذرة الزيتى المتخلفين فى صناعة نشا الذرة غنيان فى البروتين والزيت ، ويمكن مزجهما بما يقرب من ثلاثين فى المائة من الوزن بمطحون قوالح الذرة الفقير فى هذين المكونين .

ويستعمل الشعير فى تغذية مواشى اللحم ويناسب الخنازير لانخفاض نسبة الألياف به . وفى حالة تقديمه للأغنام ينصح بمزج بعض الكسب لافتقاره فى البروتين .

ونظراً لاتزان الزمير فهو يستعمل بكثرة فى تغذية الخيول والأبقار والغنم والدواجن ، ويفضل الزمير فى تغذية مواشى العمل واللبن دون مواشى التسمين ودون الخنازير التى تتأثر من ارتفاع نسبة الألياف فى الزمير .

وفى حالة استعمال الشيلم فى علائق الحيوان يجب التأكد من خلوه من الأرجوت الذى يسبب تقلص العضلات وإجهاض الحيوان بتأثيره على الشرايين والشعيبات الرئوية والرحم .

ويجفف الشراب المتخلف فى مصانع التقطير باستعمال مجففات أسطوانية فيتحصل على مادة غذائية شبيهة باللبن المجفف لحد ما من وجهة التركيب حيث تحتوى على حوالى ثلاثين فى المائة بروتين وحوالى خمسين فى المائة كربوإيدرات وحوالى تسعة فى المائة رماد وقليل جداً من الألياف وحوالى تسعة ميكروجرامات من فيتامين الثيامين لكل جرام من المادة وحوالى أربعة وعشرين ميكروجراما ريبوفلافين وحوالى خمسمائة ميكروجراما حمض نيكوتنيك وحوالى مائة وخمسة وعشرين ميكروجراماً حمض بانتوثنيك وقليل من البيريدوكسين والبيوتين والكولين .

صناعة مواد العلف :

يحضر علف الذرة بتنظيف الحبوب بالغربلة والنسف والمغناطيس ثم تطحن بين سلندرات وتنخل بمناخل مناسبة . وفى بعض المصانع يستخلص حوالى عشرة فى المائة من جنين الحبوب الغنى بالزيت . وفى صناعة شرائح الذرة Flaked maize تنظف الحبوب وتجرش لتحويلها إلى أجزاء يقرب كل منها من ربع أوثاث حجم حبة الذرة وترطب الحبوب المجروشة بالماء عدة مرات بانتظام حتى ترتفع رطوبتها من حوالى ١٣ فى المائة إلى حوالى عشرين فى المائة . ويلى ذلك تسخين الحبوب المجروشة الرطبة لمدة عشر دقائق ببخار ضغطه حوالى ١٥ إلى ٤٠ رطلا فى وعاء ارتفاعه ١٠ إلى ١٤ قدماً وقطره حوالى قدم واحد ثم تمرر الذرة المتجلتنة بين سلندرين ناعمى السطح قطر كل منهما حوالى ١٨ بوصة فتتحول إلى الشكل المطلوب ، بعدها تبرد شرائح الذرة . وتصبح نسبة الرطوبة فى الناتج النهائى حوالى ١٤,٥ إلى ١٦ فى المائة . ونتيجة لتجلتن النشا فى هذا العلف يصبح أسهل هضماً وشهياً .

ويحضر علف الشعير بطحن الحبوب الجافة فى طواحين حجرية وترطيب الناتج برذاذ من الماء إذا لزم ذلك . ويطحن الزمير بنفس الطريقة باستعمال Emery أو Percussion grinders . ويلاحظ أن علف الزمير يكون عرضة للتزنخ أثناء تخزينه .

وكثيراً ما يحضر العلف فى صورة قطع مكعبات أو أقراص ، ويجرى ذلك بمزج المادة الغذائية بالمولاس مع تدفئة المزيج أثناء الخلط ثم تكبس القطع آلياً فى مكابس تعدها فى شكل أقراص أو مكعبات بالحجم المطلوب .

نماذج علائق متزنة :

فيما يلى بعض نماذج لعلائق مركزة . ويجب أن تؤخذ أسعار المكونات فى الاعتبار لتستبدل المكونات المرتفعة الأثمان بأخرى أرخص ثمناً تحقق نفس الغرض . ولاستعمال هذه العلائق يجب مراعاة تمشيها مع وزن الحيوان ونوع الإنتاج وطبيعة المواد الغذائية المتقدمة معها وماتتطلبه شهية الحيوان من نسبة المواد الجافة . ويمكن تحديد كمية العليقة اللازمة لزيادة وزن الحيوان بقدر معين أو لإنتاج عدد من جالونات اللبن بالرجوع إلى جداول خاصة منشورة فى العديد من المراجع العلمية . ففى حالة الرغبة فى زيادة إدرار اللبن تقلل نسبة الدريس فى عليقة الأبقار وتزداد نسبة العليقة المركزة فى حدود تمشى نسبة المواد الصلبة مع شهية الحيوان .

ا — عجول التربية baby beef وتباع عمر ١٤ إلى ٢٢ شهراً :

زوائد قمح	إلى ١٥ فى المائة	حبوب وزوائد ٥٠ إلى ٨٠ فى المائة يمكن أن تمزج بمركزات متزنة غنية فى البروتين والمعادن والفيتامينات .
ذرة مطحونة أو شرائح	٥ إلى ٥١ فى المائة	
شعير أو قمح أو ذرة رفيعة	٥ إلى ٢٠ فى المائة	
زمير	إلى ٦٠ فى المائة	
كسب منخفض البروتين	إلى ١٥ فى المائة	

حشائش	إلى ١٥ فى المائة
كسب بذر كتان	إلى ١٥ فى المائة

فول سودانى أو فول صويا مقشور مستخلص منه ٥ إلى ٢٠ فى المائة الزيت

فول سودانى أو فول صويا غير مقشور مستخلص قليل منه الزيت

لحم أو سمك مطحون ٢,٥ إلى ٧,٥ فى المائة

مواد معدنية للتدعيم إلى ٣ فى المائة

وهذا يعنى أن عليقة عجول التسمين يجب أن يعطى تحليلها الكيمائى البيانات التالية : ٢,٥ إلى ٥ فى المائة زيت ، ١٧,٥ إلى ٢٢ فى المائة البومينويدات ، ٤ إلى ٨,٥ فى المائة ألياف ، مكافئ النشا ٦٢ إلى ٦٨ ، مكافئ البروتين ١٤ لى ١٦ .

ب ـ عجول التسمين fattening cattle .

ذوائد قمح	إلى ٢٠ فى المائة	الحبوب والزوائد ٦٠ إلى ٩٠ فى المائة
ذرة شرائح	إلى ١٠ فى المائة	
شعير أو ذرة أو قمح أو ذرة رفيعة	إلى ٣٠ فى المائة	
زمير	٢٠ إلى ٧٠ فى المائة	
كسب منخفض البروتين	إلى ١٥ فى المائة	

حشائش إلى ٢٠ فى المائة

كسب بذر كتان إلى ٢٠ فى المائة

فول سودانى أو صويا مقشور مستخلص منه الزيت صفر إلى ٢٠ فى المائة

فول سودانى أو فول صويا غير مقشور مستخلص صفر إلى ١٥ فى المائة منه الزيت

مواد معدنية للتدعيم حوالى ٢,٥ فى المائة

ويعطى التحليل الكيمائى للعليقة النتائج التالية : ٢,٥ إلى ٥ فى المائة زيت ، ١٣ إلى ٢٠ فى المائة البومينويدات ، ٤ إلى ١٠ فى المائة ألياف ، مكافىء النشا م ٦ إلى ٧٠ ، مكافىء البروتين ١٠ إلى ١٨ .

جـ – أبقار اللبن Milking cows :

زوائد قمح	إلى ٢٠ فى المائة	حبوب وزوائد ٥٠ إلى ٨٠ فى المائة
ذرة شرائح	إلى ١٥ فى المائة	
شعير أو قمح أو ذرة أو ذرة رفيعة	إلى ٣٠ فى المائة	
زمير	إلى ٦٠ فى المائة	
كسب منخفض البروتين	إلى ٢٠ فى المائة	
حشائش		إلى ٢٠ فى المائة
كسب بذر كتان		إلى ١٠ فى المائة
فول سودانى أو فول صويا مقشور مستخلص منه الزيت		إلى ٢٠ فى المائة
فول سودانى أو فول صويا غير مقشور ومستخلص منه الزيت		إلى ١٠ فى المائة
سمك أو لحم مطحون		صفر إلى ٥ فى المائة
مواد معدنية للتدعيم		إلى ٣,٥ فى المائة

ويعطى التحليل الكيمائى لعليقة أبقار اللبن البيانات التالية : ٢,٥ إلى

٤ فى المائة زيت ١٦ إلى ١٨,٥ فى المائة ألبومينويدات ، ٥ إلى ١٠ فى المائة ألياف ، ٦١ إلى ٦٥ مكافىء النشا ، ١٢,٥ إلى ١٤ مكافىء البروتين .

ويجب أن يكون الماء فى متناول أبقار اللبن معظم الوقت ، إذ أن البقرة الحافة تحتاج إلى خمسة جالونات ماء يومياً مضافاً إليها ثلاثة جالونات ماء لكل جالون لبن تدره . ويجب توفر المواد المعدنية خلال فترة نهاية الحمل لتقليل احتمال حدوث الإجهاض. ويلزم زيادة نسبة العليقة المركزة فى حالة إزدياد الإدرار ، مع تقليل نسبة باقى مكونات العليقة . مثال ذلك بقرة تحتاج إلى ٢٠ رطل من الدريس للبقاء وإلى ٣,٥ رطل من المواد المركزة لكل جالون لبن تدره ، فتكون النسب كما يلى :

اللبن بالجالون	الدريس بالرطل	المواد المركزة بالرطل
١	٢٠	٣,٥
٣	٢٠	١٠,٥
٤	٢٠	١٤
٥	١٦	١٧,٥
٦	١٢	٢١
٧	٩	٢٤
٨	٨	٢٨

وتزاد كمية الأملاح المعدنية والفيتامينات خلال شهور الشتاء . ففى أوروبا يضاف شتاء حوالى أربعة ملايين وحدة من فيتامين ا ومليون وحدة من فيتامين د لكل طن من مواد العلف .

وعند استعمال بذر الكتان يلزم التأكد من خلوه من الجليكوسيد الذى يتحلل مائياً بفعل الإنزيمات منتجاً حامض إيدروسيانيك سام . والجليكوسيد نفسه ليس ساماً ، فتقل الإنزيمات بالحرارة يبعد الأثر السام . ولهذا ينصح بمزج عليقة بذر الكتان بالماء المغلى مباشرة .

(د) الأغنام :

زوائد قمح	إلى ٢٠ فى المائة	حبوب ومنتجاتها ٦٠ إلى ٨٠ فى المائة
ذرة شرائح	إلى ٢٠ فى المائة	
زمير	٢٠ إلى ٧٠ فى المائة	
حبوب أخرى غذائية	٢٠ إلى ٧٠ فى المائة	

كسب منخفض البروتين	إلى ٢٠ فى المائة
كسب بذر كتان أو كسب غنى بالبروتين	إلى ٢٠ فى المائة
كسب فول سودانى أو بذرة قطن غير مقشور	إلى ١٠ فى المائة
أملاح معدنية	٢,٥ إلى ٣ فى المائة
خروب — اختيارى	إلى ١٠ فى المائة من مخلوط الحبوب

وبتحليل عليقة الأغنام يتحصل على البيانات التالية : ٢,٥ إلى ٤ فى المائة زيت ، ١٦ إلى ٢٠ فى المائة البومينويدات ، ٥ إلى ١٠ فى المائة ألياف ، ٦٠ إلى ٦٨ مكافىء النشا ، ١٣ إلى ١٨ مكافىء البروتين .

ولتسمين الأغنام تحضر العليقة التالية :

زوائد قمح	إلى ٢٠ فى المائة	٥٠ إلى ٩٠ فى المائة
ذرة شرائح	٥ إلى ٢٥ فى المائة	
زمير	١٠ إلى ٥٠ فى المائة	
حبوب أخرى	١٠ إلى ٣٠ فى المائة	

كسب منخفض البروتين	إلى ٢٠ فى المائة
كسب بذر كتان	إلى ٢٠ فى المائة
أملاح معدنية	٢,٥ إلى ٣ فى المائة

والتحليل الكيمائى للعليقة يعطى البيانات التالية : ٢,٥ إلى ٥ فى المائة زيت ، ١٢ إلى ١٦ فى المائة ألبومينويدات ، ٥ إلى ٨,٥ فى المائة ألياف ، ٦٣ إلى ٧٠ مكافىء النشا ، ١٠ إلى ١٣ مكافى البروتين .

(هـ) الخيول :

زوائد قمح	١٠ إلى ٣٥ فى المائة
شعير أو ذرة سورجم	إلى ١٠ فى المائة
زمير	٤٠ إلى ٧٠ فى المائة
كسب جوز هند أو كسب بلح مستخلص دهنه	إلى ٢٠ فى المائة
فاصوليا أو لوبيا مطحونة	إلى ١٠ فى المائة
كسب بذر كتان	٥ إلى ١٠ فى المائة
أملاح معدنية	حوالى ١,٥ فى المائة

والتحليل الكيمائى للعليقة يعطى النتائج التالية : ٢,٥ إلى ٥ فى المائة زيت ، ١٣ إلى ١٦ فى المائة ألبومينويدات ، ١٠ فى المائة ألياف .

(و) الخنازير المرضعة :

زوائد قمح	٢٠ إلى ٤٠ فى المائة	٦٥ إلى ٨٥ فى المائة
زمير مطحون	إلى ٢٠ فى المائة	
ذرة شرائح	١٠ إلى ٣٠ فى المائة	
ذرة مطحونة	١٠ إلى ٣٠ فى المائة	
شعير مطحون	٢٠ إلى ٣٠ فى المائة	

علف ذرة جلوتينى	إلى ١٠ فى المائة
كسب غنى بالبروتين	إلى ٧,٥ فى المائة
سمك أو لحم مطحون	٥ إلى ١٠ فى المائة
أملاح معدنية	٢,٥ إلى ٣ فى المائة

ويضاف مستحضرات فيتامينى ا ، د ويعطى تحليل العليقة النتائج التالية : ٢ إلى ٣,٥ فى المائة زيت ١٦ إلى ١٨ فى المائة البومينويدات ، ٤ فى المائة ألياف ، ٦٧,٥ مكافئ النشا .

(س) الخنازير المفطومة :

زوائد قمح	٥ إلى ٢٠ فى المائة	٦٥ إلى ٨٥ فى المائة
زمير مطحون	إلى ٥ فى المائة	
ذرة مطحون أو شرائح	إلى ٢٠ فى المائة	
شعير مطحون	٢٠ إلى ٣٠ فى المائة	
قمح	١٠ فى المائة	

علف ذرة جلوتينى	إلى ٥ فى المائة
كسب مرتفع البروتين	إلى ١٠ فى المائة
سمك أو لحم مطحون	٥ إلى ١٠ فى المائة
أملاح معدنية	٢ إلى ٢,٥ فى المائة

والتحليل الكيمائى للعليقة يعطى البيانات التالية : ٢ إلى ٤ فى المائة زيت ، ١٦ إلى ١٨ ألبومينويدات ، ٤ إلى ٥,٥ فى المائة ألياف

(ص) خنازير التسمين :

زوائد قمح	٥ إلى ٢٠ فى المائة	٧٠ إلى ٩٠ فى المائة
زمير مطحون	إلى ٢٠ فى المائة	
ذرة مطحونة	إلى ١٠ فى المائة	
شعير أو قمح	إلى ٢٠ فى المائة	

علف ذرة جلوتينى	إلى ٧,٥ فى المائة
كسب مرتفع البروتين	إلى ٧,٥ فى المائة
سمك أو لحم مطحون	إلى ٥ فى المائة
أملاح معدنية	٢ إلى ٣ فى المائة

والتحليل الكيميائى للعليقة يعطى النتائج التالية : ٢ إلى ٣ فى المائة زيت ، ١٢ إلى ١٤,٥ فى المائة ألبومينويدات ، ٤ إلى ٥,٥ فى المائة ألياف ، ٦٥ مكافئ النشا .

(م) الدواجن :

يتبع فى تغذية الدواجن أحد النظامين « Scratch and mach » أى النظام الفسيح أو « all mash » أى النظام المشدد . ففى النظام الأولى تترك الدواجن طليقة فتأكل ما يصادفها ، وفى هذه الحالة يكتفى بإمدادها بعليقة منخفضة البروتين أى تتراوح النسبة بها بين ١٠ ، ١٠,٥ فى المائة ، بينما فى النظام الثانى يجب أن تكون العليقة غنية بالبروتين أى تصل النسبة إلى حوالى ١٨ فى المائة . ويراعى كفاية نسبتى البروتين والأملاح فى عليقة الدواجن فى مرحلة وضع البيض منعاً لانخفاض عدد البيض . ويراعى توفر فيتامين د فى عليقة الدواجن غير الطليقة ، فيضاف مثلاً قليل من زيت كبد الحوت . ويلزم أيضاً رفع نسبة البروتين فى عليقة الكتاكيت . وتبلغ كمية العليقة اليومية للدجاجة أربعة أوقيات ، وهذه الكمية يجب ألا يتجاوز حجمها ٢٩٠ ملليمترا .

وتتكون عليقة الطيور الصغيرة السن مما يلى :

ردة	١٠ إلى ٢٥ فى المائة
سن	٢٠ إلى ٣٠ فى المائة

ردة مطحونة	١٠ إلى ٣٠ فى المائة
زمير مطحون	١٠ فى المائة
سمك مطحون	٧,٥ فى المائة
فول صويا مطحون	٢,٥ فى المائة
لبن مجفف	٥ فى المائة
برسيم	٢,٥ فى المائة
زيت كبد الحوت	١ فى المائة
أملاح معدنية	٣ فى المائة

وهذه العليقة تحتوى على حوالى ٤ فى المائة زيت ، ١٨ إلى ١٩ فى المائة البومينويدات ، أقل من ٧ فى المائة ألياف .

والعليقة التالية للدجاج العادى :

زوائد قمح	إلى ٢٠ فى المائة	حبوب ومنتجاتها ٦٠ إلى ٧٥ فى المائة
ذرة مطحونة	١٠ إلى ٦٠ فى المائة	
زمير مطحون	إلى ١٠ فى المائة	
قمح مطحون	إلى ١٠ فى المائة	
شعير مطحون	إلى ٥٠ فى المائة	

حشائش جافة مطحونة	إلى ٧,٥ فى المائة
فاصوليا أو بسلة مطحونة	إلى ٥ فى المائة
سمك أو لحم مطحون	إلى ١٥ فى المائة
فول صويا أو فول سودانى مطحون	إلى ١٥ فى المائة
أملاح معدنية	٢,٥ فى المائة

وبتحليل العليقة يوجد بها ٢,٥ إلى ٤ فى المائة زيت ، ١٨ إلى ٢٠ فى المائة ألبومينويدات ، وأقل من ٥,٥ فى المائة ألياف ، وتضاف منتجات الألبان فى علائق الدجاج لتوفير فيتامين الريبو فلافين له .

والعليقة التالية تناسب الدواجن الكبيرة .

زوائد قمح .	إلى ٢٥ فى المائة	٦٥ إلى ٨٥ فى المائة
ذرة مطحونة	إلى ٢٠ فى المائة	
زمير مطحون	إلى ٢٥ فى المائة	
قمح مطحون	: إلى ٣٠ فى المائة	
شعير مطحون	إلى ٣٥ فى المائة	
حشائش مجففة	إلى ١٠ فى المائة	
فاصوليا أو لوبيا مطحونة	إلى ١٠ فى المائة	
فول صويا أو فول سودانى مطحون	إلى ٧,٥ فى المائة	
سمك أو لحم مطحون	٢,٥ إلى ٧,٥ فى المائة	

وينصح بتدعيم هـذه العليقة بفيتامينى ا ، د وبالمعادن خصوصاً المنجنيز والعناصر النادرة . وبتحليل العليقة يوجـد بها ٢,٥ إلى ٤ فى المائة زيت ، ١٥ إلى ١٧ فى المائة ألبومينويدات ، أقل من ٧,٥ فى المائة ألياف .

وبالنسبة لفترة وضع البيض تعتبر العليقة التالية مناسبة :

زوائد قمح	إلى ٢٠ فى المائة	٦٠ إلى ٨٠ فى المائة
ذرة مطحونة	إلى ٢٥ فى المائة	
زمير مطحون	إلى ٢٠ فى المائة	
قمح مطحون	إلى ٣٠ فى المائة	
شعير مطحون	إلى ٤٠ فى المائة	

بسلة أو فاصوليا مطحونة	إلى	١٠ فى المائة
فول صويا أوفول سودانى مطحون مستخلص دهنه	إلى	١٢,٥ فى المائة
سمك أو لحم مطحون	إلى	١٠ فى المائة
أملاح معدنية	إلى	٥ فى المائة

وتدعم هذه العليقة بالفيتامينات والمضادات الحيوية . وتحتوى هذه العليقة على ٢,٥ إلى ٤ فى المائة زيت ، ١٥ إلى ١٨ فى المائة ألبومينويدات ، ٤ إلى ٦,٥ فى المائة ألياف .

المواد الضارة فى العلائق :

أحياناً تتعرض الحيوانات للمرض أو تنفق بتأثير التسمم من مواد توجد ضمن أغذيتها . مثال ذلك الأرجوت وبذور الخروع والدحريج والخشخاش والحردل التى تسبب التسمم . وقد يسبب الرمل بعض المتاعب للحيوان . فالحردل يوجد أحياناً مختلطاً بكسب بذر الكتان ، وهو يسبب ظمأ الحيوان بشدة والتهاب الأمعاء. والحبوب السوداء corncockle تعتبر سامة إذا تناولها الحيوان بنسبة ٠,٢٥ رطلا لكل مائة رطل من وزن العجول ، أو ٠,١٠ رطلا فى الخنازير ، أو ٠,٩٠ رطلا فى الكلاب . وهذه الحبوب ليست سامة بالنسبة للأبقار والأغنام والخنازير والماعز عندما توجد فى العلف بالنسب العادية . ويرجع الأثر السام إلى وجود جليكوسيد معين فى هذه الحبوب . وتظهر أعراض التسمم على الحيوان بالمغص والإسهال الحاد .

ويحتوى الدحريج على جليكوسيد ينتج حمض بروسيك السام ، ولذلك يحسن اختبار مواد العلف المحتمل احتوائها على جليكوسيد ينتج حمض إيدروسيانيك .

ويجب ألا تتجاوز نسبة الأرجوت التى يتعاطاها الحيوان ٠,١ جراماً لكل ١٤٠ رطل من وزن الحيوان وإلا ظهر التسمم . ومن السهل التعرف على وجود الأرجوت لأنه يكون كتلاً زرقاء بنفسجية اللون .

وتعتبر النسبة العالية من السليكون فى مواد العلف ضارة بالحيوان . وهذه النسبة قد تصل إلى أربعة فى المائة مثلا فى رجيع الكون الذى لم ينظف من السرس جيداً. فالسرس تصل به نسبة السليكا إلى حوالى عشرين فى المائة .

وليس مأموناً إضافة قشور الكاكاو فى علائق الدجاج. وترجع خطورة هذه المادة إلى وجود الثيوبرومين بنسبة مرتفعة وإلى احتمال انتفاش هذه المادة بتشربها الماء فى حوصلة الدجاج .

المغذيات فى مواد العلف :

يبين الجدول التالى نسب المغذيات التى تكتسبها العليقة بإضافة أطعمة متنوعة .

سبة الإصابة %	النسبة المئوية				المادة الغذائية
	زيت	بروتين	ألياف	رماد	مكافىء نشا
٢,٥	٠,٠٤	٠,٢٥	٠,١١	٠,٠٧	١,٨ شعير
٣	٠,٠٥	٠,٣٠	٠,١٤	٠,٠٨	٢,١ ١٤,٩٪ رطوبة
٤	٠,٠٦	٠,٤٠	٠,١٨	٠,١٠	٢,٩ ١,٥ ٪ زيت
٥	٠,٠٨	٠,٥٠	٠,٢٢	٠,١٣	٣,٦ ١٠,٠٪ بروتين
٧,٥	٠,١٢	٠,٧٥	٠,٣٣	٠,٢١	٥,٤ ٤,٥ ٪ ألياف
١٠	٠,١٥	١,٠٠	٠,٤٥	٠,٢٦	٧,١ ٢,٦ ٪ رماد
١٢,٥	٠,٢٠	١,٢٥	٠,٥٨	٠,٣٣	٨,٩ ٩ ٪ النسبة الغذائية
١٥	٠,٢٥	١,٥٠	٠,٦٧	٠,٤٣	١٠,٧ ٧١,٤ مكافىء النشا
٢٠	٠,٣٠	٢,٠٠	٠,٩٠	٠,٥٢	١٤,٣
٢٥	٠,٣٨	٢,٥٠	١,١٣	٠,٦٥	١٧,٩
٣٠	٠,٤٥	٣,٠٠	١,٣٥	٠,٧٨	٢١,٤
٣٥	٠,٥٣	٣,٥٠	١,٥٧	٠,٩١	٢٥,٠
٤٠	٠,٦٠	٤,٠٠	١,٨٠	١,٠٤	٢٨,٦
٤٥	٠,٦٨	٤,٥٠	٢,٠٢	١,١٧	٣٢,٢
٥٠	٠,٧٥	٥,٠٠	٢,٢٥	١,٣٠	٣٥,٧
٢,٥	٠,١٠	٠,٣٨	٠,٢٥	٠,١٥	١,١ ردة
٣	٠,١٢	٠,٤٥	٠,٣٠	٠,١٧	١,٣ ١٣,٠٪ رطوبة
٤	٠,١٦	٠,٦٠	٠,٤٠	٠,٢٣	١,٧ ٣,٩ ٪ زيت
٥	٠,٢٠	٠,٧٥	٠,٥٠	٠,٢٩	٢,١ ١٥,٠٪ بروتيقا
٧,٥	٠,٣٠	١,١٣	٠,٧٥	٠,٤٤	٣,٢ ١٠,٠٪ ألياف
١٠	٠,٣٩	١,٥٠	١,٠٠	٠,٥٨	٤,٣ ٥,٨ ٪ رماد
١٢,٥	٠,٤٩	٠,٨٨	١,٢٥	٠,٧٣	٥ ٤ النسبة الغذائية

١٥	٠,٥٩	٢,٢٥	١,٥٠	٠,٨٧	٦,٤	٢٢,٦ مكافىء النشا
٢٠	٠,٧٨	٣,٠٠	٢,٠٠	١,١٦	٨,٥	
٢٥	٠,٩٨	٣,٧٥	٢,٥٠	١,٤٥	١٠,٧	
٣٠	١,١٧	٤,٥٠	٣,٠٠	١,٧٤	١٢,٨	
٣٥	١,٣٧	٥,٢٥	٣,٥٠	٢,٠٣	١٤,٩	
٤٠	١,٥٦	٦,٠٠	٤,٠٠	٢,٣٢	١٧,٠	
٤٥	١,٧٦	٦,٧٥	٤,٥٠	٢,٦١	١٩,١	
٥٠	١,٩٥	٧,٥٠	٥,٠٠	٢,٩٠	٢١,٣	
٢,٥	٠,١١	٠,٢٥	٠,٠٤	٠,٠٢	٢,١	ذرة شرائح
٣	٠,١٣	٠,٢٩	٠,٠٥	٠,٠٣	٢,٥	١١,٠٪ رطوبة
٤	٠,١٧	٠,٣٩	٠,٠٦	٠,٠٤	٣,٤	٤,٣ ٪ زيت
٥	٠,٢٢	٠,٤٩	٠,٠٨	٠,٠٥	٤,٢	٩,٨ ٪ بروتين
٧,٥	٠,٣٣	٠,٧٤	٠,١٢	٠,٠٧	٦,٣	١,٥ ٪ ألياف
١٠	٠,٤٣	٠,٩٨	٠,١٥	٠,٠٩	٨,٤	٠,٩ ٪ رماد
١٢,٥	٠,٥٤	١,٢٣	٠,١٩	٠,١١	١٠,٥	٨ النسبة المغذية
١٥	٠,٦٥	١,٤٧	٠,٢٣	٠,١٤	١٢,٦	٨٤ مكافىء النشا
٢٠	٠,٨٦	١,٩٦	٠,٣٠	٠,٩٨	١٦,٨	
٢٥	١,٠٨	٢,٤٥	٠,٤٠	٠,٢٣	٢١,٠	
٣٠	١,٢٩	٢,٩٤	٠,٤٥	٠,٢٧	٢٥,٢	
٣٥	١,٥١	٣,٤٣	٠,٥٣	٠,٣٢	٢٩,٤	
٤٠	١,١٢	٣,٩٢	٠,٦٠	٠,٣٦	٣٣,٦	
٤٥	١,٩٤	٤,٤١	٠,٦٨	٠,٤١	٣٧,٨	
٥٠	٢,١٥	٤,٩٠	٠,٧٥	٠,٤٥	٤٢,٠	

٢,٥	٠,١١	٠,٢٥	٠,٠٦	٠,٠٣	١,٩
٣	٠,١٣	٠,٣٠	٠,٠٧	٠,٠٤	٢,٣
٤	٠,١٨	٠,٤٠	٠,٠٩	٠,٠٥	٣,١
٥	٠,٢٢	٠,٥٠	٠,١١	٠,٠٧	٣,٩
٧,٥	٠,٣٣	٠,٧٥	٠,٩٧	٠,١٠	٥,٨
١٠	٠,٤٤	٠,٩٩	٠,٢٢	٠,١٣	٧,٨
١٢,٥	٠,٥٥	١,٢٤	٠,٢٩	٠,١٦	٩,٧
١٥	٠,٦٦	١,٤٩	٠,٣٣	٠,٢٠	١١,٦
٢٠	٠,٨٨	١,٩٨	٠,٤٤	٠,٢٦	١٥,٥
٢٥	١,١٠	٢,٤٨	٠,٥٥	٠,٣٣	١٩,٤
٣٠	١,٣٢	٢,٩٧	٠,٦٦	٠,٣٩	٢٣,٣
٣٥	١,٥٤	٣,٤٧	٠,٧٧	٠,٤٦	٢٧,٢
٤	١,٧٦	٣,٩٦	٠,٨٨	٠,٥٢	٣١,٠
٤٥	١,٩٨	٤,٤٦	٠,٩٩	٠,٥٩	٣٤,٩
٥٠	٢,٢٠	٤,٩٥	١,١٠	٠,٦٥	٣٨,٨

درة
١٣,٠٪ رطوبة
٤,٤ ٪ زيت
٩,٩ ٪ بروتين
٢,٢ ٪ ألياف
١,٣ ٪ رماد
٩ النسبة الغذائية
٧٧,٦ مكافىء النشا

٢,٥	٠,٣١	٠,٣٣	١٠,٠	٠,٠٩	٢,١
٣	٠,٣٨	٠,٣٩	٠,١٢	٠,١١	٢,٥
٤	٠,٥٠	٠,٥٢	٠,١٦	٠,١٤	٣,٤
٥	٠,٦٣	٠,٦٥	٠,٢١	٠,١٨	٤,٢
٧,٥	٠,٩٤	٠,٩٨	٠,٣١	٠,٢٧	٦,٣
١٠	١,٢٥	١,٣٠	٠,٤١	٠,٣٦	٨,٤
١٢,٥	١,٥٦	١,٦٣	٠,٥١	٠,٤٥	١٠,٥

علف جنين الذرة
١٠,٨٪ رطوبة
١٢,٥٪ زيت
١٣,٠٪ بروتين
٤,١ ٪ ألياف
٣,٦ ٪ رماد
٧ النسبة الغذائية

١٥	١,٨٨	١,٩٥	٠,٦٢	٠,٥٤	١٢,٦
٢٠	٢,٥٠	٢,٦٠	٠,٨٢	٠,٧٢	١٦,٩
٢٥	٣,١٣	٣,٢٥	١,٠٣	٠,٩٠	٢١,١
٣٠	٣,٧٦	٣,٩٠	١,٢٣	١,٠٨	٢٥,٣
٣٥	٤,٣٨	٤,٥٥	١,٤٤	١,٢٦	٢٩,٥
٤٠	٥,٠٠	٥,٢٠	١,٦٤	١,٤٤	٣٣,٧
٤٥	٥,٦٣	٥,٨٥	١,٨٥	١,٦٢	٣٧,٩
٥٠	٦,٢٥	٦,٥٠	٢,٥٠	١,٨٠	٤٢,٢
٢,٥	٠,٠٩	٠,٥٩	٠,٠٩	٠,٠٦	١,٩
٣	٠, ٠	٠,٧١	٠,١٠	٠,٠٨	٢,٣
٤	٠,١٤	٠,٩٤	٠,١٤	٠,١٠	٣,٠
٥	٠,١٧	١,١٨	٠,١٨	٠,١٣	٣,٨
٧,٥	٠,٢٦	١,٧٧	٠,٢٧	٠,١٩	٥,٧
١٠	٠,٣٤	٢,٣٥	٠,٣٥	٠,٢٥	٧,٦
١٢,٥	٠,٤٣	٢,٩٤	٠,٤٤	٠,٣١	٩,٥
١٥	٠,٥١	٣,٥٣	٠,٥٣	٠,٣٨	١١,٤
٢٠	٠,٦٨	٤,٧٠	٠,٧٠	٠,٥٠	١٥,١
٢٥	٠,٨٥	٥,٨٨	٠,٨٨	٠,٦٣	١٨,٩
٣٠	١,٠٢	٧,٠٥	١,٠٥	٠,٧٥	٢٢,٧
٣٥	١,١٩	٨,٢٣	١,٢٣	٠,٨٨	٢٦,٥
٤٠	١,٣٦	٩,٤٠	١,٤٠	١,٠٠	٣٠,٢
٤٥	١,٥٣	١٠,٥٨	١,٥٨	١,١٣	٤٠٣٠

٨٤,٣ مكافىء النشا

علف النمرة الحنوتينى
MG fee
١٠,٤ ٪ رطوبة
٣,٤ ٪ زيت
٢٣,٥ ٪ بروتين
٣,٥ ٪ ألياف
٢,٥ ٪ رماد
٣ النسبة الغذائية
٧٥,٦ مكافىء النشا

٥٠	١,٧٠	١١,٧٥	١,٧٥	١,٢٥	٣٧,٨	
٢,٥	٠,١٢	٠,٩٠	٠,٠٥	٠,٠٣	٢,٠	علف الذرة الجنوتيبى
٣	٠,١٤	١,٠٧	٠,٠٦	٠,٠٣	٢,٤	MG Meal
٤	٠,١٩	١,٤٢	٠,٠٨	٠,٠٤	٣,٣	٩,١ ٪ رطوبة
٥	٠,٢٤	١,٧٨	٠,١١	٠,٠٦	٤,١	٤,٧ ٪ زيت
٧,٥	٠,٣٦	٢,٦٨	٠,١٦	٠,٠٩	٦,١	٣٥,٥٪ بروتين
١٠	٠,٤٧	٣,٥٥	٠,٢١	٠,١١	٨,٢	٢,١ ٪ ألياف
١٢,٥	٠,٥٩	٤,٤٥	٠,٢٦	٠,١٤	١٠,٢	١,١ ٪ رماد
١٥	٠,٧١	٥,٣٣	٠,٣٢	٠,١٧	١٢,٣	٢ النسبة الغذائية
٢٠	٠,٩٤	٧,١٠	٠,٤٢	٠,٢٢	١٦,٣	٨١,٥ مكافىء النشا
٢٥	١,١٨	٨,٨٨	٠,٥٣	٠,٢٨	٢٠,٤	
٣٠	١,٤١	١٠,٦٥	٠,٦٣	٠,٣٣	٢٤,٥	
٣٥	١,٦٥	١٢,٤٣	٠,٧٤	٠,٣٩	٢٨,٦	
٤٠	١,٨٨	١٤,٢٠	٠,٨٤	٠,٤٤	٣٢,٦	
٤٥	٢,١٢	١٥,٩٨	٠,٩٥	٠,٥٠	٣٦,٧	
٥٠	٢,٣٥	٧١,٧٥	١,٠٥	٠,٥٥	٤٠,٨	
٢,٥	٠,١٠	٠,٢٧	٠,٢٠	٠,١٠	١,٥	الذرة الرفيعة
٣	٠,١٢	٠,٣٢	٠,٢٤	٠,١١	١,٨	١٢,٥٪ رطوبة
٤	٠,١٦	٠,٤٢	٠,٣٢	٠,١٥	٢,٤	٣,٩ ٪ زيت
٥	٠,٢٠	٠,٥٣	٠,٤١	٠,١٩	٢,٩	١٠,٦٪ بروتين
٧,٥	٠,٣٠	٠,٨٠	٠,٦١	٠,٢٩	٤,٥	٨,١ ٪ ألياف

١٠	٠,٣٩	١,٠٦	٠,٨١	٠,٣٨	٥,٩
١٢,٥	٠,٤٩	١,٣٣	١,٠١	٠,٤٨	٧,٤
١٥	٠,٥٩	١,٥٩	١,٢٢	٠,٥٧	٨,٨
٢٠	٠,٧٨	٢,١٢	١,٦٢	٠,٧٦	١١,٨
٢٥	٠,٩٨	٢,٦٥	٢,٠٣	٠,٩٥	١٤,٧
٣٠	١,١٧	٣,١٨	٢,٤٣	١,١٤	١٧,٧
٣٥	١,٣٧	٣,٧١	٣,٨٤	١,٣٣	٢٠,٦
٤٠	١,٥٦	٤,٢٤	٣,٢٤	١,٥٢	٢٣,٦
٤٥	١,٧٦	٤,٧٧	٣,٦٥	١,٨١	٢٦,٥
٥٠	١,٩٥	٥,٣٠	٤,٠٥	١,٩٠	٢٩,٥

٣٨,٣٪ رماد
٧ النسبة الغذائية
٥٨,٩ مكافئ النشا

٢,٥	٠,١٢	٠,٢٦	٠,٢٦	٠,٠٨	١,٥
٣	٠,١٤	٠,٣١	٠,٣١	٠,٠٩	١,٨
٤	٠,١٩	٠,٤١	٠,٤١	٠,١٢	٢,٤
٥	٠,٢٤	٠,٥٢	٠,٥٢	٠,١٦	٣,٠
٧,٥	٠,٣٦	٠,٧٧	٠,٧٧	٠,٢٣	٤,٥
١٠	٠,٤٨	١,٠٣	١,٠٣	٠,٣١	,٦٠
١٢,٥	٠,٦٠	١,٢٩	١,٢٩	٠,٣٩	٧,٥
١٥	٠,٧٢	١,٥٤	١,٥٤	٠,٤٨	٩,٠
٢٠	٠,٩٦	٢,٠٦	٢,٠٦	٠,٦٢	١١,٩
٢٥	١,٢٠	٢,٥٨	٢,٥٨	٠,٧٨	١٤,٩
٣٠	١,٤٤	٣,٠٩	٣,٠٩	٠,٩٣	١٧,٩
٣٥	١,٦٨	٣,٦٠	٣,٦٠	١,٠٩	٢٠,٨

رمير
١٣,٣٪ رطوبة
٤,٨ ٪ زيت
١٠,٣٪ بروتين
١٠,٣٪ ألياف
٣,١ ٪ رماد
٧ النسبة الغذائية
٥٩,٥ مكافئ النشا

٤٠	١,٩٢	٤,١٢	٤,١٢	١,٢٤	٢٣,٨	
٤٥	٢,١٦	٤,٦٤	٤,٦٤	١,٤٠	٢٦,٨	
٥٠	٢,٤٠	٥,١٥	٥,١٥	٠,٥٥	٢٩,٨	
٢,٥	٠,٣٤	٠,٣٢	٠,١٦	٠,٢٢	١,٨	أرز شعير مطحون
٣	٠,٤١	٠,٣٩	٠,١٩	٠,٢٦	٢,٢	٨,٩ ٪ رطوبة
٤	٠,٥٥	٠,٥٢	٠,٢٦	٠,٣٤	٢,٩	١٣,٧ ٪ زيت
٥	٠,٦٩	٠,٦٥	٠,٣٢	٠,٤٣	٣,٦	١٢,٩ ٪ بروتين
٧,٥	١,٠٣	٠,٩٧	٠,٤٨	٠,٦٥	٥,٤	٦,٤ ٪ ألياف
١٠	١,٣٧	١,٢٩	٠,٦٤	٠,٨٦	٧,٢	٨,٦ ٪ رماد
١٢,٥	١,٧١	١,٦١	٠,٨٠	١,٠٨	٩,٠	٩ النسبة الغذائية
١٥	٢,٠٦	١,٩٤	٠,٩٦	١,٢٩	١٠,٨	٧٢,٣ مكافئ النشا
٢٠	٢,٧٤	٢,٥٨	١,٢٨	١,٧٢	١٤,٥	
٢٥	٣,٤٣	٣,٢٣	١,٦٠	٢,١٥	١٨,١	
٣٠	٤,١١	٣,٨٧	١,٩٢	٢,٥٨	٢١,٧	
٣٥	٤,٨٠	٤,٥٢	٢,٢٤	٣,٠١	٢٥,٣	
٤٠	٥,٤٨	٥,١٦	٢,٥٦	٣,٤٤	٢٨,٩	
٤٥	٦,١٧	٥,٨١	٢,٨٨	٣,٨٧	٣٢,٥	
٥٠	٦,٨٥	٦,٤٥	٣,٢٠	٤,٣٠	٣٦,٢	
٢,٥	٠,٠١	٠,١٧	٠,٠٤	٠,٠٢	٢,١	أرز أبيض
٣	٠,٠١	٠,٢٠	٠,٠٥	٠,٠٢	٢,٥	١٢,٦٪ رطوبة

٤	٠,٠٢	٠,٢٧	٠,٠٦	٠,٠٤	٣,٣	٠,٤٪ زيت
٥	٠,٠٢	٠,٣٤	٠,٠٨	٠,٠٤	٤,١	٦,٧٪ بروتين
٧,٥	٠,٠٣	٠,٥١	٠,١٢	٠,٠٦	٦,٢	١,٥٪ ألياف
١٠	٠,٠٤	٠,٦٧	٠,١٥	٠,٠٨	٨,٢	٠,٨٪ رماد
١٢,٥	٠,٠٥	٠,٨٤	٠,١٩	٠,١٠	١٠,٣	١٣ النسبة الغذائية
١٥	٠,٠٦	١,٠١	٠,٢٣	٠,١٢	١٢,٣	٨٢,١مكافىء النشا
٢	٠,٠٨	١,٣٤	٠,٣٠	٠,١٦	١٦,٤	
٢٥	٠,١٠	١,٦٨	٠,٣٨	٠,٢٠	٢٠,٥	
٣٠	٠,١٢	٢,٠١	٠,٤٥	٠,٢٤	٣٤,٦	
٣٥	٠,١٤	٢,٣٥	٠,٥٣	٠,٢٨	٢٨,٧	
٤٠	٠,١٦	٢,٦٨	٠,٦٠	٠,٣٢	٣٢,٨	
٤٥	٠,١٨	٣,٠٢	٠,٦٨	٠,٣٦	٣٦,٩	
٥٠	٠,٢٩	٣,٣٥	٠,٧٥	٠,٤٠	٤١,١	
٢,٥	٠,٠٤	٠,٢٩	٠,٠٥	٠,٠٥	١,٨	شيلم
٣	٠,٠٥	٠,٣٥	٠,٠٦	٠,٠٦	٢,٢	١٣,٤٪ رطوبة
٤	٠,٠٧	٠,٤٦	٠,٠٨	٠,٠٨	٢,٩	١,٧ ٪ زيت
٥	٠,٠٩	٠,٥٨	٠,١٠	٠,١٠	٣,٦	١١,٥٪ بروتين
٧,٥	٠,١٣	٠,٨٧	٠,١٥	٠,١٥	٥,٤	١,٩ ٪ ألياف
١٠	٠,١٧	١,١٥	٠,١٩	٠,٢٠	٧,٢	٢,٠ ٪ رماد
١٢,٥	٠,٢١	١,٤٤	٠,٢٤	٠,٢٥	٩,٠	٧ النسبة الغذائية
٥٥	٠,٢٦	١,٧٣	٠,٢٩	٠,٣٠	١٠,٧	٧١٦,مكافىء النشا

٢٠	٠,٣٤	٢,٣٠	٠,٣٩	٠,٤٠	١٤,٣	
٢٥	٠,٤٣	٢,٨٨	٠,٤٨	٠,٥٠	١٧,٩	
٣٠	٠,٥١	٣,٤٥	٠,٥٧	٠,٦٠	٢٢,٥	
٣٥	٠,٦٠	٤,٠٣	٠,٦٧	٠,٧٠	٢٥,١	
٤٠	٠,٦٨	٤,٦٠	٠,٧٦	٠,٨٠	٢٨,٦	
٤٥	٠,٧٧	٥,١٨	٠,٨٦	٠,٩٠	٣٢,٢	
٥٠	٠,٨٥	٥,٧٥	٠,٩٥	١,٠٠	٣٥,٨	
٢,٥	٠,١١	٠,٤٠	٠,١٤	٠,٠٩	١,٤	زوائد القمح
٣	٠,١٣	٠,٤٨	٠,١٧	٠,١١	١,٧	١٤,٠ ٪ رطوبة
٤	٠,١٨	٠,٦٤	٠,٢٢	٠,١٤	٢,٣	٤,٤ ٪ زيت
٥	٠,٢٢	٠,٨٠	٠,٢٨	٠,١٨	٢,٨	١٦,٠ ٪ بروتين
٧,٥	٠,٣٣	١,٢٠	٠,٤٢	٠,٢٧	٤,٢	٥,٥ ٪ ألياف
١٠	٠,٤٤	١,٦٠	٠,٥٥	٠,٣٥	٥,٧	٣,٥ ٪ رماد
١٢,٥	٠,٥٥	٢,٠٠	٠,٦٩	٠,٤٤	٧,١	٥ النسبة الغذائية
١٥	٠,٦٦	٢,٤٠	٠,٨٣	٠,٥٣	٨,٥	٥٦,٥ مكافئ النشا
٢٠	٠,٨٨	٣,٢٠	١, ١	٠,٧٠	١١,٣	
٢٥	١,١٠	٤,٠٠	١,٣٨	٠,٨٨	١٤,١	
٣٠	١,٣٢	٤,٨٠	١,٦٥	١,٠٥	١٧,٠	
٣٥	١,٥٤	٥,٦٠	١,٩٣	١,٢٣	١٩,٨	
٤٠	١,٧٦	٦,٤٠	٢,٢٠	١,٤٠	٢٢,٦	
٤٥	١,٩٨	٧,٢٠	٢,٤٨	١,٥٨	٢٥,٤	
٥٠	٢,٢٠	٨,٠٠	٢,٧٥	١,٧٥	٢٨,٣	

٢,٥	٠,٠٥	٠,٣٣	٠,٠٥	٠,٠٤	١,٨
٣	٠,٠٦	٠,٣٦	٠,٠٦	٠,٠٥	٢,٢
٤	٠,٠٧	٠,٤٨	٠,٠٨	٠,٠٧	٢,٩
٥	٠,١٠	٠,٦١	٠,١٠	٠,٠٩	٣,٦
٧,٥	٠,١٥	٠,٩٤	٠,١٥	٠,١٣	٥,٤
١٠	٠,٢٠	١,٢١	٠,١٩	٠,١٧	٧,٢
١٢,٥	٠,٢٥	١,٥٤	٠,٢٤	٠,٢١	٩,٠
١٥	٠,٣٠	١,٨٢	٠,٢٩	٠,٢٦	١٠,٧
٢٠	٠,٤٠	٢,٤٢	٠,٣٩	٠,٣٤	١٤,٣
٢٥	٠,٥٠	٣,٠٣	٠,٤٨	٠,٤٣	١٧,٩
٣٠	٠,٦٠	٣,٦٣	٠,٥٧	٠,٥١	٢١,٥
٣٥	٠,٧٠	٤,٢٤	٠,٦٧	٠,٦٠	٢٥,١
٤٠	٠,٨٠	٤,٨٤	٠,٧٦	٠,٦٨	٢٨,٦
٤٥	٠,٩٠	٥,٤٥	٠,٨٦	٠,٧٧	٣٢,٢
٥٠	١,٠٠	٦,٠٥	٠,٩٥	٠,٨٥	٣٥,٨

قمح
١٣,٤٪ رطوبة
١,٩٪ زيت
١٢,١٪ بروتين
١,٩٪ ألياف
١,٧٪ رماد
٧ النسبة الغذائية
٧١,٦ مكافىء النشا

الفصل السابع

الإنزيمات فى تصنيع الحبوب

الأميليزات . أميليزات الدقيق . قياس نشاط الأميليز . تحلل النشا إنزيمياً فعل الأميليز فى الخبز . المواد الغنية بالأميليز المضافة . أهمية تقدير نشاط الأميليز . الأستيريزات تقدير نشاط الإستيريزات . تحضير الإنزيم . الحموضة والحرارة المثلى للإنزيم . الليبيزات فى خامات الخبز . فعل الإنزيمات المحللة للدهون . الفوسفاتيزات . إنزيمات الأكسدة . إنزيمات الحديد . الكتاليز . البروكسيديز . السيتوكروم أكسيديز . إنزيمات النحاس . التيروزينيز . الأسكوربيك أسيد أوكسيديز . الفوسفوبريدين نيوكليوتيد . الهكسوزداى فوسفات دهيدروجينيز . دهيدروجينيز المالات وحمض الجلوتاميك .

دهيدروجينيز حمض الفيوماريك والسكسنيك والفورميك . الأوكسالير . إنزيمات الدهيدروجينيز الأخرى . الليبوكسيديز . الإنزيمات المؤكسدة فى الخميرة . نظام التأكسد والإختزال فى الدقيق والعجينة . البروتيزات . دقيق مولت القمح . بروتينيز الخميرة . القمح المصاب بالحشرات . عملية التخمر الكحولى . التحول اللاهوائى . خطوات التخمر الكحولى . الاتحاد بالفوسفات . دورة الفوسفات . التخمر بالخميرة . تأثير الحرارة والحموضة الفعلية . تأثير السكريات . تأثير المكونات غير السكرية . تكاثر الخميرة فى العجينة .

الأميليزات

يرجع استخدام إنزيمات الأميليز فى صناعة منتجات الحبوب الغذائية إلى عهد قديم جداً ، فالتاريخ يروى بعضاً عن تحضير المولت عام ٧٠٠٠ قبل الميلاد ، كما أن البيرة احترفت صناعتها عام ٥٠٠٠ قبل الميلاد ، ويبدو أن صناعة الخبز كانت معروفة فى ذلك الوقت أيضاً .

عام ١٨١٦ اكتشف Kirchhof أن الحبوب وخصوصاً النابتة منها ، قادرة على تحويل النشا المغلى إلى سكر . وقد أطلق Payen and Persoz إسم الدياستيز على المادة الفعالة فى الحبوب عام ١٨٣٣ . وأشار Marcker عام ١٨٧٩ إلى وجود نوعين من الدياستيز فى المولت . ثم استنتج Lintner عام ١٨٨٧ أن أحد الإنزيمين Liquifier والآخر Saccharifier ، وكلاهما يوجد فى الحبوب غير النابتة . وفى عام ١٨٨٦ تبين jago أن تخمر العجينة يرجع إلى وجود السكريات بها من ناحية وإلى فعل إنزيمات الدياستيز على النشا من ناحية أخرى ، كما أثبت عام ١٨٩٥ أن إضافة المولت للعجينة تسبب زيادة كمية الغاز الناتجة أثناء التخمر وبالتالى زيادة حجم الخبز . وفى عام ١٩٠٢ أوضح Maurizio أن حجم الخبز يتأثر بكمية الغاز الناتجة أثناء التخمر وكذلك بقدرة العجينة على الاحتفاظ بالغاز .

أميليزات الدقيق :

يحتوى القمح والمولت على بيتا أميليز الذى يعمل على النشا المتجلتنة منتجاً

سكر الملتوز بتحليله الروابط الطرفية فى جزىء النشا ، ويتخلف عن ذلك جزىء الدكسترين الذى يلون محلول اليود بلون قرمزى والذى يزيد من لزوجة المحلول .

وتحتوى الحبوب أيضاً على أنزيم الألفا أميليز الذى يسبب سيولة النشا وتحليل بعض روابطها الداخلية فى الجزىء منتجاً دكسترينات ذات وزن جزيئى منخفض ليس لها تأثير على لون محلول اليود ، كما أن هذا التحلل يسبب انخفاض لزوجة مغلق النشا بشكل واضح . وتعتبر نسبة الألفا أميليز فى حبوب القمح السليمة صغيرة للغاية مقارنة بنسبة البيتا أميليز . والمعروف أن جزءاً ليس بالقليل من هذين الإنزيمين يوجد فى الحبوب على حالة مرتبطة فلا يسهل استخلاصه بالماء ، بل ينفصل هذا الجزء فقط بتأثير الإنزيمات البروتيوليتية كالبابين أو بالفعل المرسب للأملاح . فنسبة الإنزيم الكلى تعنى فى الواقع مجموع نسبتى الإنزيم المرتبط altnet amylase والإنزيم الحر free amylase الممكن استخلاصه بالماء أو بمحلول ملحى مخفف جداً . وعند الإنبات ينفصل جزء كبير من البيتا أميليز المرتبط كما يزداد نشاط الألفا أميليز كثيراً ، ويتضح ذلك من الجدول التالى الذى يبين نشاط إنزيمى الأميليز الحر المستخلص بمحلول خلات كالسيوم مخفف لمدة ساعة والكلى المستخلص بالبابين لمدة ثمانية عشر ساعة ، فى حبوب القمح المنبتة على درجة ١٥° مئوية .

فالجدول التالى يبين أن حوالى ثلث كمية البيتا أميليز ونصف كمية الألفا أميليز وجدت على حالة حرة . ويتضح أيضاً أن البيتا أميليز الحر تزداد كميته أثناء إنبات الحبوب إلى الحد الذى يقرب من كمية الإنزيم الكلى المستخلص بالبابين ، بينما كمية الإنزيم الكلى لاتزداد بل على العكس من ذلك تنخفض

قليلاً . أما إنزيم الألفا أميليز فيزداد نشاط كميتيه الحرة والكلية أثناء الإنبات وهذا يعنى أن البيتا أميليز يزداد نشاطه وينطلق أثناء الإنبات أما الألفا أميليز فيتكون مزيد منه أثناء الإنبات.

مدة الإنبات	نشاط البيتا أميليز		نشاط الألفا أميليز	
باليوم	الحر بالوحدة	الكلى بالوحدة	الحر بالوحدة	الكلى بالوحدة
٠	١٠,١	٢٨,٤	٠,٠٢٧	٠,٠٤٣
٣	١٦,٣	٢٨,٦	٣٥,٠	٤٠,٥
٤	٢٠,٨	٢٦,٥	٨٧,٢	٩٠,٧
٥	٢٦,٦	٢٦,٢	٢٢٩,٠	٢٣٨,٠

وتتفاوت كمية إنزيمات الأميليز فى حبوب القمح تبعاً لعوامل البيئة والعوامل الوراثية . وتتناسب نسبة البروتين فى نوع معين من القمح تناسباً طردياً مع كمية إنزيم البيتا أميليز الكلية وليس مع كمية الإنزيم الحرة . ولذلك فعينات الدقيق تتفاوت فيما بينها فى مدى نشاط إنزيمات الأميليز .

ويعتقد أن الدقيق يحتوى على إنزيم أميلوفوسفاتيز amylophosphatase يستطيع تحويل عجينة النشا إلى حالة شبه سائلة وإنتاج القليل من الدكسترينات وكمية واضحة من الفوسفات . وهذا الإنزيم لا تعرف طبيعته وأهميته على وجه التحديد للآن . ولذلك يعتقد حالياً أن الإنزيمات المؤثرة على النشا هى أساساً الألفا والبيتا أميليز . لكنه يجب ألا يغفل أن تحلل النشا إنزيمياً يتداخل فيه عوامل أخرى منها الإنزيمات المحللة للسكريات المعقدة غير النشا ، مثال ذلك إنزيم الفوسفوريليز الذى ينشط التفاعل العكسى بين النشا واستركورى أى جليكوجين ⟵ فوسفات — ١ — جلوكوز ، وكذلك إنزيم الجليكوزيديز فى ذرة السورجم النابتة الذى يشارك إنزيمى الألفا والبيتا أميليز فعلهما فى تحويل النشا .

قياس نشاط الأميليز :

يمكن تقدير مدى نشاط إنزيمى الأميليز معاً عملياً ، كما يمكن تقدير نشاط كل من الإنزيمين على حدة . وتبنى طرق التقدير على استخلاص إنزيم المادة المراد اختبارها بمذيب مناسب وقياس نشاط المستخلص باستعمال نشا متجلتنة محددة الظروف. فلتقدير نشاط البيتا أميليز فى الدقيق يؤخذ حجم معين من المستخلص ويعامل به محلول نشا ذائب قياسى تحت ظروف محددة ثم تقدر المجاميع المختزلة الناتجة وتحسب فى صورة وحدات مناسبة . ولا يؤثر إنزيم الألفا أميليز فى هذا التقدير لانخفاض نسبته فى الدقيق إلى حد كبير . فقط فى حالة إجراء التقدير على حبوب نابتة تتأثر النتيجة بكمية الألفا أميليز ، غير أنه يمكن حساب نشاط البيتا أميليز وحده بطرق أخرى.

ويقدر نشاط إنزيم الألفا أميليز بتقدير الانخفاض فى لزوجة عجينة النشا عند المعاملة بمستخلص الإنزيم ، وهذا التقدير لايتأثر بوجود البيتا أميليز ، أو بتقدير تكون الدكسترين . ويجرى الاختبار الأخير فى وجود كمية زائدة من إنزيم البيتا أميليز فيصبح التغير فى كمية الدكسترين منسوباً للتغير فى مدى نشاط الألفا أميليز .

ويقدر نشاط الإنزيم أحياناً بطرق التحلل الذاتى autolytic evaluation فيهضم الدقيق لمدة ثلاث ساعات على درجة ٣٠° درجة مئوية تحت ظروف مشابهة لظروف الخبيز ، وتقدر السكريات فى نهاية المدة ، وبطرح قيمة اختبار بلانك blank من القيمة المقدرة يستدل على نشاط الأميليز. وقد تعدل هذه الطريقة بإضافة خميرة الدقيق ثم تقدير السكريات عن طريق تقدير غاز ثانى أكسيد الكربون المتولد ، مع مراعاة إجراء إختبار بلانك . وهذا التقدير الأخير يتأثر بالوقت ودرجة الحرارة ونسبة الدقيق للماء والكيماويات المضافة وقد نصح باعتبار كمية الملتوز الناتجة أساس وحدة تقدير نشاط الأميليز ، وسميت القيمة برقم الملتوز maltose figure. ويقدر الملتوز بالتحليل البولاروجرافى

أو الرفراكتومترى أو بانتأثير المختزل على محلول كبريتات النحاس أو حديدى سيانيد البوتاسيوم القلوى .

وفى طريقة أخرى لتقدير نشاط الأميليز يستعمل الدقيق والماء والخميرة بنسب محددة لمدة معينة على درجة حرارة ثابتة ويقدر الغاز الناتج حجمياً أو مانومترياً أو كيميائياً بالإمتصاص .

وبمقارنة طريقة رقم الملتوز بطريقة الغاز يتضح أن رقم المالتوز يتحصل عليه بالتحليل لمدة ساعة وهو لا يعطى بيانات عن كمية السكريات غير المختزلة القابلة للتخمر التى توجد فى الدقيق أصلا ، أما طريقة الغاز فتستغرق وقتاً طويلا متمشياً مع مدة الخبيز وهى تعطى نتائج مبنية على جميع السكريات القابلة للتخمر سواء ما وجد منها أصلا فى الدقيق أو ما يتكون . وهناك علاقة وطيدة بين نتيجتى الطريقتين ، لكنه لا يستطاع التكهن من رقم الملتوز بكمية الغاز المتولدة بالضبط إلا فى حالة إطالة فترة التحليل الذاتى لمدة متمشية مع اختبار الغاز مع أخذ كمية السكريات غير المختزلة الموجودة أصلا فى الدقيق فى الاعتبار .

ولا تدل كمية السكر المتكونة أثناء التحلل الذاتى للدقيق دلالة صحيحة على مدى نشاط إنزيم الأميليز ، إذ أن الدقيق يحتوى على نسبة من حبيبات النشا المتهتكة التى يهاجمها إنزيم البيتا أميليز دون الحبيبات السليمة . ونظراً لتوفر إنزيم الأميليز مقارناً بكمية حبيبات النشا المتهتكة ، فإن تكون السكر يتوقف على كمية حبيبات النشا المتهتكة وليس على نشاط الأميليز . لذلك فزيادة تنعيم الدقيق أثناء الطحن تسبب زيادة فى تحول النشا بسبب زيادة نسبة حبيبات النشا المتهتكة . ولذلك أصبح مفضلا الآن تجاهل الاصطلاحات القديمة وهى نشاط الدياستيزات diastatic activity أو قوة الدياستيزات diastatic power واستبدالها بعدد الملتوز maltose figure أو قيمة الملتوز maltose value أو one-hour saccharogenic value .

تحلل النشا إنزيميا :

تتحلل النشا السليمة native starch granules والنشا المتجلتنة available starch بفعل الألفا أو البيتا أميليز أو كليهما معاً . وينقسم التأثير على النشا المتجلتنة إلى سيولة lipuefaction أو تكون دكسترينات dextrinization أو تكون سكر Saccharification.

وتتراوح نسبة حبيبات النشا المتهتكة أثناء الطحن حسبما يستدل على ذلك من رقم الملتوز ، بين ١ إلى ٢ فى المائة فى دقيق القمح اللين ، ٣ إلى ٤ فى المائة فى دقيق القمح الصلب ، ٦ إلى ٨ فى المائة فى دقيق قمح الديورم . فالجزء الأكبر من حبيبات النشا فى الدقيق يوجد على صورة سليمة غير متهتكة وهذه الحبيبات لا يؤثر فيها إنزيم البيتا أميليز ، وإن كان يعتقد أنه يوجد إنزيم آخر غير معروف طبيعته على وجه التحديد يهاجم هذه الحبيبات السليمة مؤدياً فعل الألفا أميليز ويسمى أميليز النشا الخام raw starch amylase

وتحضر النشا للتجارب الإنزيمية إما بالطحن الجاف أو بتسخينها فى الماء حتى نقطة التجلتن أو بإحداث الجلتنة بالقلوى وبغليان النشا المذابة المحضرة بطريقة Lintner يتحصل على محلول منخفض اللزوجة يناسب تجارب التحلل إلى دكسترينات أو سكريات . وتحضر نشا البطاطا المتجلتنة لتجارب الأميليز . فعند المعاملة بالألفا أميليز يبدو الانخفاض فى اللزوجة واضحاً تماماً فى بداية التجربة ، ثم باستمرار العمل يبدأ بعد مدة ظهور الدكسترينات والسكريات وكلا الإنزيمين ، الألفا والبيتا أميليز يحللان النشا المتجلتنة منتجين دكسترينات وسكريات ، لكنهما يختلفان تماماً فى نوع ناتجات التحلل النهائية فالألفا أميليز يحول النشا دكسترينات منخفضة الوزن الجزيئى لا تلون محلول اليود وينتج قدر ضئيل من السكر القابل للتخمر ، بينما البيتا أميليز ينتهى تفاعله بتكون دكسترينات معقدة limit dextrin أو

alpha–amylodextrin وسكر قابل للتخمر . وتقرب كمية الملتوز المتكون من ستين فى المائة من النشا . وبديهى أن ازدواج فعل كل من الألفا والبيتا أميليز يعطى أعلى نسبة ممكنة من السكر . ويمكن أن يقال أن أقصى إنتاج من سكر الملتوز يستلزم وجود كفاية من الألفا أميليز ويعززه البيتا أميليز . فالبيتا أميليز منفرداً ليس قادراً على إحداث سيولة النشا المتجلتنة أو تحويلها إلى دكسترينات أو سكريات أو تحليل النشا غير المتهتكة .

فعل الأميليز فى الخبيز :

تنقسم عمليات إنتاج الخبز إلى مرحلتين ، أولاهما عملية التخمر الثانية عملية الخبيز . ففى عملية التخمر يظهر تأثير إنزيمات الأميليز عند حدوث تجلتن النشا وبتأثير درجة الحرارة على نشاط الأميليز . وفى حالة عدم إضافة مستحضرات غنية بالإنزيم إلى الدقيق يكون هذا فقيراً فى الأميليز ، لكنه لايخلو من بعض الألفا أميليز . أما الدقيق المضاف له محسنات فيكون غنياً فى كلى النوعين أى الألفا والبيتا أميليز .

ويتأثر نشاط الأميليز فى العجينة بدرجة الحرارة والحموضة الفعلية ووجود المنشطات أو المثبطات . ويجب توفر الظروف المناسبة لنشاط الإنزيم أطول فترة ممكنة ليتسنى عمله على النشا المتجلتنة فترة طويلة . مثال ذلك الحموضة الفعلية المناسبة لإنزيم الألفا أميليز فهى pH_d خمسة فى حالة قصر الفترة بينما تقرب من سبعة إذا أريد ثبات الإنزيم أى نشاطه فترة طويلة . أما إنزيم البيتا أميليز فالحموضة الفعلية المناسبة لنشاطه قريبة من تلك التى تناسب ثبات الإنزيم . وتتدخل عوامل الحموضة والحرارة والمدة معاً ، فمثلا على على درجة ٣٠° مئوية تكون الحموضة المناسبة خلال عدة ساعات هى pH ٤,٥ إلى ٥,٥ . كذلك بارتفاع درجة الحرارة عن ٢٠ إلى ٣٠° مئوية يزاد نشاط إنزيمات الأميليز حتى تصل درجة الحرارة إلى حد معين بعدها لايزيد ارتفاعها بقدر ضئيل نشاط الإنزيم بشكل ملحوظ ، وتسمى

هذه النقطة درجة الحرارة المثلى . وهذه الدرجة المثلى تعبر عن الاتزان بين الزيادة فى نشاط الإنزيم والتفاعل العكسى المسبب لفقد الإنزيم وبزيادة درجة الحرارة عن ذلك يقل النشاط إلى أن يتوقف تماماً . ففى عجينة درجة جرارتها ٣٠° مئوية تزداد سرعة الأميليز ويقل الفقد فى النشاط الإنزيمى وعند وضع العجينة فى الفرن يزداد النشاط الإنزيمى كثيراً ثم يعود للهبوط ، إلى أن يتوقف تماماً عند ما تصل حرارة الخبز الداخلية إلى ٨٠° مئوية .

ومن منشطات الأميليز بعض الأملاح وبعض ناتجات تحلل البروتينات فأيون الكالسيوم يزيد ثبات الألفا أميليز وقد يزيد قابليته للذوبان أى انطلاقه . ونظراً لوجود مثل هذه المواد فى العجينة فإن فعلها قد يكون ذا أثر فى عملية الخبيز . وتوجد مواد مثبطة لنشاط الأميليز فى العجينة منها سكر الملتوز نفسه الذى باستهلاكه فى عملية التخمر يستمر نشاط الإنزيم .

ويحتوى الدقيق على قدر من حبيبات النشا المتهتكة ، وهذه يعمل عليها إنزيم الألفا أميليز مسبباً سيولتها كما يقلل من امتصاصها للماء ، ثم تصبح أكثر قابلية للتأثر بالبيتا أميليز فتتكون الدكسترينات والسكريات . ولهذا فالدقيق الذى يحتوى على كمية كبيرة نسبياً من حبيبات النشا المتهتكة تقل قدرته على تشرب الماء ويكون عجينة لزجة فى حالة إضافة مواد غنية بالأميليز للعجينة . أما العجينة المفتقرة لإنزيم الألفا أميليز فيستمر بها تكون الملتوز بالقدر الذى تسمح به كمية البيتا أميليز الموجودة ويكون الانخفاض فى قدرة العجينة على تشرب والاحتفاظ بالماء قليلا .

وفى بداية عملية التخمر يستمر تكون سكر الملتوز بتأثير نشاط الألفا أميليز أو إنزيم مشابه على حبيبات النشا المتهتكة وغير المتهتكة . غير أن هذا القدر من الملتوز المتكون ضئيل للغاية مقارناً بكمية الملتوز التى تنتج

من تحلل النشا المتهتكة ، ولهذا يمكن أن يقال أنه بعد استنفاذ كمية السكر الموجودة أصلا فى العجينة يعتبر المصدر الوحيد لسكر الملتوز فى العجينة هو حبيبات النشا المتهتكة .

ويعتقد أن التفاوت فى صفات العجينة الطبيعة ، خصوصاً من وجهة القوام واللزوجة ، وبين عجينة عادية وأخرى مضاف إليها مولت أو مستحضر أميليز يرجع إلى تحلل جزء من النشا أى إلى نوع الدكسترين المتكون . فالألفا أميلو دكسترين يكون فى العجينة ذات الدقيق المفتقر فى إنزيم الألفا أميليز بنسبة تقرب من أربعين فى المائة من وزن النشا المتهتكة. بينما فى حالة توفر إنزيم الألفا أميليز لا يتكون هذا الدكسترين إطلاقاً أو يتكون بنسبة تقل كثيراً عما ذكر .

ويسبب النشاط الإنزيمى أثناء فترة التخمر انخفاض أو تلاشى حبيبات النشا المتهتكة بحيث يصبح إنتاج السكر فيما بعد قاصراً على تحلل حبيبات النشا السليمة ويزداد فعل الإنزيم على الحبيبات السليمة بارتفاع درجة الحرارة إلى حد يقرب من التجلتن ، غير أن كمية التحلل التى تحدث فى هذه المرحلة تعتبر ضئيلة مقارنة بالتحلل الذى يحدث فى أثناء التجلتن . ومعنى هذا أن التحلل الإنزيمى الذى يحدث داخل فرن الخبيز يتوقف على سرعة مرور العجينة بمرحلة تجلتن نشا الدقيق ، وأيضاً على درجة الحموضة الفعلية ووجود أو انعدام العوامل المثبتة للأميليز وكمية ونوع ونقاوة إنزيم الأميليز الموجود فى العجينة .

وبديهى أن كمية الأميليز فى العجينة بعد عملية الخلط مباشر تتساوى مع كميته فى نهاية فترة التخمر . أما درجة تركيز أيون الإيدرجين فتزداد ، مع مراعاة عدم انخفاضها عن pH خمسة أو تكون حوالى ٥,٥ عند الخبيز . وتتأثر درجة تركيز الإيدروجين بكفاءة المواد المنظمة فى الدقيق وبطول مدة التخمر وبنوع المواد المضافة . وتعتبر الدرجة تركيز أيون الإيدروجين

المذكورة مرتفعة عن درجة المثلى لثبات إنزيم الألفا أميليز لكنها تعتبر مناسبة للإبقاء على نشاط إنزيم البيتا أميليز .

ويتأثر مدى الاحتفاظ بنشاط الألفا أميليز عند pH خمسة ودرجة ٣٠° مئوية بأيون الكالسيوم الموجود فى العجينة والذى مصدره أملاح الكالسيوم فى كل من الدقيق وماء العجن وبعض المحسنات المضافة . وعملياً يحاول البعض استعمال ماء مقطر فى العجن غير أنه تحت هذه الظروف يفقد جزء كبير من الألفا أميليز ، لذلك يضاف فى مثل هذه الحالة قليل من أيونات الكالسيوم أثناء العجن ، فهذا يحقق ثبات الألفا أميليز فى العجينة لكنه برغم تأثيره غير المثبت على إنزيم البيتا أميليز فإن الفقد فى البيتا أميليز يكون ضئيلا للغاية .

وفى بداية الخبيز يستمر عمل إنزيم الألفا أميليز الموجودة أصلاً فى الدقيق وفى المحسنات المضافة ، كما يستمر عمل البيتا أميليز الذى تزداد كميته فى هذه المرحلة بسبب تحرر الجزء المرتبط من الإنزيم خلال فترة التخمر . ويتأثر عمل الإنزيم فى هذه المرحلة بدرجة حرارة الفرن وبالعوامل الأخرى . فالخبز الذى يزن نصف كيلو جرام ترتفع درجة حرارة لبابته إلى ٦٠ أو ٧٥° مئوية بعد حوالى ثلاث أو أربع دقائق . درجة pH فى العجينة عند دخولها الفرن تكون عادة بين خمسة وخمسة ونصف . وعند هذه الدرجة من الحموضة يفقد جزء كبير من نشاط الألفا أميليز خصوصاً عند درجة حرارة مرتفعة ، لكنه بوجود أيون الكالسيوم تتبقى كفاية من هـذا الإنزيم فى مرحلة تجلتن النشا أى عند درجة ٦٠ إلى ٧٥° مئوية . أما البيتا أميليز فتساعد هذه الدرجة من الحموضة على الاحتفاظ به ، ولكن أيون الكالسيوم يسرع من فقده ، غير أن وجود كمية كبيرة من الإنزيم فى البداية تحقق قيامة بوظيفتـه على در الحرارة العالية . ومن المؤكد أن إضافة مولت أو مستحضرات غنية بالأميليز

بنسبة كبيرة ينتج عنه زيادة فى نشاط الألفا أميليز وبالتالى زيادة فى تحلل النشا إلى دكسترينات وملتوز مما يسبب تلف صفات الخبز الناتج . وهذا يفسر أيضاً الفرق فى صفات الخبز الناتج من طحن حبوب قمح سليمة وأخرى نابتة ، فالحبوب النابتة بها زيادة من الأميليز تحلل جزءاً كبيراً من النشا ، ويتضح ذلك من النتائج التالية :

القمح	التركيب	تجربة أولى		تجربه ثانية	
		عجينة	خبز	عجينة	خبز
عادى	الجزء الذائب فى الماء	٩,٨١	١٦,٨٠	٧,٧٠	١٢,٧٤
	بروتين	١,٩٤	١,٠٠	١,٨٤	١,٢٦
	ملتوز	—	٢,٤٠	٢,١٤	٢,٨١
	مواد غير نتروجينية	٧,٨٧	١٣,٤٠	٣,٧٢	٨,٦٧
منبت	الجزء الذائب فى الماء	٢١,٢٦	٤٦,٠٠	١٨,٠٠	٤٣,٠٠
	بروتين	٢,٢٥	٢,٠٠	٢,٢٧	١,٢٣
	ملتوز	٦,٩٠	٩,٤٠	٧,٠٠	٥,٦٣
	مواد غير نتروجينية	١٢,١١	٣٤,٦٠	٨,٧٣	٣٦,١٤

وتتلخص أهمية فعل إنزيمات الأميليز فى صناعة الخبز فى تحويل جزء من النشا ، وهو الحبيبات المتهتكة ، إلى ناتجات أخرى ، وفى خفض نسبة هذا النوع من الكربوإيدرات وفى إنتاج مواد أخرى ، ذات طبيعة مختلفة عن النشا وبكميات متفاوتة . فتحلل النشا المتهتكة ذات درجة الامتصاص المرتفعة يتبعه إنخماض قدرة العجينة على الاحتفاظ بالماء ، ولذلك ففى العجينة المرتفعة الأميليز ينصح بإضافة كمية أقل نسبياً من الماء فى العجن بحيث بعد تحلل جزء من النشا يصبح القدر من الماء المتبقى متمشياً مع درجة الإمتصاص. وتؤثر كمية النشا المتحللة على قوام لبابة الخبز وعلى حجمه عن طريق تأثيرها على درجة امتصاص الماء . وهناك أدلة على أن كمية الدكسترين

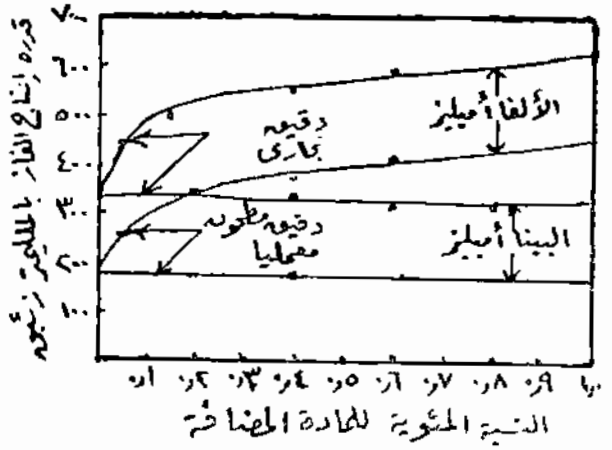
الناتجه من تحلل النشا تؤثر فى قدرة العجينة على احتجاز غاز ثانى أكسيد الكربون . ويبدو أن أهم أثر لنشاط إنزيمات الأميليز هو إنتاج سكر الملتوز الذى تستعمله الخميرة ، بشرط أن تكون كمية السكر الموجودة أصلاً فى العجينة غير كافية للتخمر ، أما فى حالة إضافة كمية من السكر للعجينة تفى باحتياجات الخميرة وإنتاج الغاز فيصبح الأميليز غير ذى أثر مرموق .

وتؤثر البنتوزانات فى التخمر وإنتاج الغاز . وقد لوحظ أن قدرة هذه البنتوزانات على تكوين جل عند معاملتها بمواد مؤكسدة تنعدم بوجود المولت أو ردة القمح أو مستخلص جنين القمح ، وهذا يشير إلى إحتمال احتواء مثل هذه المواد على إنزيم يحدث هذه الحالة .

المواد الغنية بالأميليز المضافة :

عرف تأثير إضافة المولت فى صناعة الخبز منذ عهد Jago عام ١٨٨٦ إلى ١٨٩٥ وعزى Baker alnd Haton عام ١٩٠٨ تأثيره إلى إنزيم الأميليز . وقد ثبت فيما بعد أن إنزيم الألفا أميليز فى المولت هو المسبب لزيادة إنتاج غاز ثانى أكسيد الكربون فى العجينة وزيادة ليونة العجينة وزيادة حجم الخبز . ويمكن الإثبات عملياً أن حجم الخبز يزداد فى حالة معالجة الدقيق الفقير فى السكر بإضافة قدر من المولت إليه ، وأن الإنزيم المؤثر فى هذه الحالة هو الألفا أميليز ؛ كما هو واضح فى نتائج التجارب التالية :

المولت المضاف	نشاط البيتا أميليز	نشاط الألفا أميليز	الزيادة فى حجم الخبز	مدة الإنضاج إلى ارتفاع ٩,٥ سم
	وحدة	وحدة	سم مكعب	دقيقة
غير معامل	٨,٠	٥٠,٠	٦٤	٤٦
معامل بالحرارة	٠,٠	٥٠,٠	٥٥	٤٧
معامل بالحرارة	٠,٠	٤٠,٠	٤٧	٤٦
معامل بالحرارة	٠,٠	٣٠,٠	٤٥	٤٧
معامل بالحرارة	٠,٠	٢٠,٠	٢٦	٤٦
معامل بالحرارة	٠,٠	١٠,٠	٢٢	٤٧
معامل بالحامض	١٢,٤	٤,٨	١٢	٤٦
معامل بالحامض	٦,٢	٢,٤	٠	٤٦



(شكل ٨٧)

تأثير إضافة الألفا والبيتا أميليز على قدرة الدقيق على إنتاج الغاز .

وتتلخص أغراض إضافة المولت والمواد المشابهة التأثير إلى العجينة فيما يلى :

١ ــ زيادة كمية الغاز الناتجة .

٢ ــ تحسين لون قصرة الخبز .

٣ ــ زيادة رطوبة لبابة الخبز وإطالة مدة حفظه .

٤ ــ تحسين نكهة الخبز .

٥ ــ زيادة قدرة العجينة على الاحتفاظ بالغاز .

وترفع نسبة الألفا أميليز فى أى مرحلة من مراحل تداول القمح او الدقيق أو العجينة . فخلط القمح السليم بنسبة من الحبوب النابتة يزيد من كمية الأميليز . وقد تضاف مستحضرات الألفا أميليز للدقيق بعد الحصول على الإنزيم من الحبوب النابتة أو من الفطر أو من البكتريا أو من الحيوانات . وأكثر هذه المصادر استخداماً هو مولت الشعير أو مولت القمح . وفى الإمكان استعمال مولت الشيلم أوالزميرأوالسورجم أوالذرة، إلا أنه يذكر أن كمية أنزيم البيتا أميليز فى هذه الحبوب منخفضة خصوصاً فى الذرة والسورجم . ويلاحظ أن تلوث الحبوب بالفطر والبكتريا يرفع من نسبة الأميليز ، كما هو الحال فى البكتريا المسببة لتحبل الخبز Bacillus mesentericus ، لكنه لا ينصح بطحن الحبوب الملوثة من أجل تحقيق هذا الغرض . فقط يمكن أن يستخلص الأميليز من هذه الأحياء الدقيقة ويضاف على حالة نقية .

وينمو الفطر Aspergillus oryzae على ردة القمح ، وهو يتميز بإنتاج كمية وافرة من الألفا أميليز . لذلك تضاف ردة الفطر هذه إلى الدقيق أو يستخلص منها الإنزيم ويضاف للدقيق . ويتصف مستحضر الأنزيم بعدم مقاومته للحرارة العالية . ويتميز هذا المستحضر بإمكان تحضيره فى وقت قصير أى أن كميات كبيرة من الإنزيم تتكون خلال يومين أو ثلاثة . وفى الصناعة تحضر كميات كبيرة من الإنزيم بتنمية سلالات من B. subtilis أو B. mesentericus

والإنزيم فى هذه الحالة يتميز بمقاومته للحرارة العالية فنشاطه يستمر فترة أطول داخل فرن الخبيز وهذا يتلف من صفات لباية الخبز .

والأميليز الحيوانى ، أى أميليز البنكرياس ، شائع الاستعمال أيضاً . وهو يتميز بثباته على درجة الحرارة المرتفعة مثل أميليز الفطر وبيتا أميليز الحبوب . والحموضة المثلى لهذا الإنزيم هى pH سبعة تقريباً ، وهى درجة من الحموضة لاتوجد عادة فى العجينة مما يجعل استخدام هذا الإنزيم فى صناعة الخبيز غير ذى نفع . ويلاحظ أيضاً أن تحضير الإنزيم الحيوانى باهظ التكاليف نسبياً .

ومن ذلك يتضح أن أسهل الطرق لتدعيم العجينة بإنزيم الأميليز هى إضافة مولت الحبوب أو مولت الفطر . ويستعمل المولت إما فى صورة حبوب نابتة أو دقيق الحبوب النابتة أو مستخلص المولت أو عسل المولت . وحالياً توجد مستحضرات أميليز على حالة متبلورة يمكن تخفيفها بنشا القمح أو بدقيق القمح .

أهمية تقدير نشاط الأميليز :

نظراً لإمكان إضافة مواد غنية بالأميليز للدقيق فليس من الضرورى اختبار نسبة الأميليز فى الدقيق أصلاً . لكنه فى حالة احتواء الدقيق على كمية زائدة من الأميليز فمن الواجب إذن التعرف عليها . ولذلك يجرى البعض اختبار رقم الدكسترين على عينات الدقيق .

ويقدر نشاط الأميليز فى الدقيق بطرق متعددة منها تقدير كمية الغاز الناتج ،

وتقدير قيمة الملتوز بالتحلل الذاتى ، وتقدير رقم الملتوز ، وتقدير نشاط الألفا أميليز .

ويجرى اختبار الغاز الناتج على عجينة قوامها الدقيق والماء والخميرة دون حاجة إلى إضافة ملح الطعام أو السكر أو المواد المؤكسدة ، مع مراعاة التحكم فى درجة الحرارة والوقت ونسبة كل من الدقيق والماء والخميرة . فكمية الغاز يزداد بزيادة نشاط الأميليز .

وفى اختبار رقم الملتوز بالتحلل المائى للدقيق المعلق فى الماء لمدة ساعة لوحظ أن الوقت لايكفى لتحلل النشا ذات الدرجة المتوسطة من المقاومة كما أن السكريات الغير مختزلة الموجود أصـــلا فى الدقيق لاتؤخذ فى الاعتبار . فنتيجة التقدير تدل على مدى مقاومة النشا للتحلل المائى الإنزيمى كما تدل دلالة محدودة على كمية الألفا أميليز فى الدقيق . لذلك يعتقد أن رقم الملتوز لايدل دلالة صادقة على قدرة الدقيق على إنتاج الغاز أثناء التخمر .

وفى بعض الأحيان يستخلص إنزيم الأميليز وتجرى عليه تجارب التقدير باستعمال النشا ، غير أنه يتضح أن النتائج فى هذه الحالة لا تمثل مايحدث فى العجينة .

لاختبار المواد المضافة تقدر كمية إنزيم الأميليز مباشرة فى المادة أو يقدر نشاط الإنزيم تحت ظروف مشابهة لما يحدث فى العجينة أثناء التخمر أو يقدر تأثير الإضافة أى تأثير الأميليز بمشاهدة الأثر الذى يتركه فى صفات الخبز . وقد تجرى عدة تجارب على الدقيق بإضافة كميات متفاوتة من المادة الغنية فى الإنزيم وتقدير رقم الملتوز وكمية الغاز الناتجة ومنها يتعرف على أنسب كميات تضاف للدقيق .

الإستيريزات

ينتمى الإسم « إستيريزات » إلى مجموعة الإنزيمات المحللة للدهون والإسترات ، فهى تشمل الليبيزات وأستيريزات حمض الفوسفوريك أو الأحماض الدهنية. وقد تقسم هذه الإنزيمات إلى ليبيزات lipolyticenzymes or lipases وأستيريزات بسيطة simple esterses ، والأولى تختص بتحليل جليسريدات الأحماض الدهنية . لكنه لايغفل أن عددا من إنزيمات الاستيريزات يحلل كلاً من الجليسريدات والإسترات البسيطة . وهناك استيريزات أخرى تعرف باسم كلوروفيليز وليسيثينيز وفوسفاتيز ، والأخيرة منها ذات أهمية فى عمليات الطحن والخبيز .

وتوجد الليبيزات فى فول الصويا وبذرة القطن وحبوب الشعير والذرة والقمح وبذور الخروع . كما تحتوى الحبوب على إنزيم الفيتيز phytase أيضاً ، وهو يحلل حمض الفيتيك وأملاحه إلى إينوزيتول وحمض فوسفوريك .

تقدير نشاط الإستيريزات :

يمثل فعل الإنزيم بالتفاعلين التاليين :

$$\text{ركاارَ} + \text{يدهـا} \rightleftarrows \text{ركاا يد} + \text{رَايد}$$

ليبيز حمض دهنى + جليسرول

مرتفع الوزن الجزيئى

$$\text{ركاا رَ} + \text{يدهـا} \rightleftarrows \text{ركاا يد} + \text{رَايد}$$

حمض دهنى بسيط + كحول أحادى الكربون

وتعتمد طريقة تقدير نشاط الاستيريز على تقدير الارتفاع فى الحموضة

تحت ظروف ثابتة من الحرارة والوقت ودرجة تركيز أيون الأيدروجين ، وذلك بالتعادل . كذلك فى طريقة أخرى قد يقدر الجليسرول الناتج عندما يكون التفاعل عبارة عن تحلل الجليسريدات . كذلك قد يقدر التغير فى مقدار الجذب السطحى فى حالة تحلل إسترات الأحماض الدهنية ذات الوزن الجزيئى المنخفض ، فتحلل الإستر يسبب إرتفاع الجذب السطحى ويستدل على ذلك بانخفاض عدد نقط السائل التى تتساقط من الماصة أو من جهاز stalagmometer . وفى طريقة أخرى يستعمل التقدير المانومترى manometric determination حيث تقدر كمية الحامض المتكون عن طريق قياس حجم غاز ثانى أكسيد الكربون المتولد من تأثير الحمض على محلول بيكربونات معلوم القوة . ومن الطرق المتبعة أيضاً تقدير التغير فى مدى تحويل الضوء فى حالة تحليل مواد لها القـدرة على تحويل الضوء optically active .

وتحسب نتائج تقدير نشاط الإنزيم بمعرفة حجم المحلول القلوى العيارى الذى يلزم لمعادلة الحامض المتكون . كذلك قد يحدد النشاط بوحدات أخرى منها النسبة المئوية للمادة المتفاعلة Substrate ، أو عدد جزيئات الجلسريد الثلاثى المتحللة . وأشهر طرق تقدير نشاط الليبيزات تتلخص فيما يلى :

فى طريقة Lang and Holter تكون المادة المتفاعلة بيوتيرات الميثايل والمادة المنظمة جليسين وإيدروكسيد صوديوم ويجرى التعادل بحامض مخفف . فحمض البيوتريك المتكون يتعادل مع المحلول المنظم القلوى ، فالإنخفاض فى القلوية إذن يكون نتيجة النشاط الإنزيمى . ورقم pH المستخدم هو ٨,٢ .

وفى طريقة Sullivan and Howe يوضع نصف جرام من القمح المطحون الناعم فى عشرة ملليترات ماء وملليترين تولوين وعشرة ملليترات محلول منظم وملليتر واحد من محلول المادة المتفاعلة أو جرام واحد من

الدهن الصلب ، داخل دورق مخروطى سعة ربع لتر على درجة ٣٧,٩° مئوية لمدة ٢٤ ساعة . وفى نهاية المدة يضاف مائة ملليلتر من مخلوط الأسيتون والإيثير بنسبة ٣ إلى ١ ، ويجرى التعادل بمحلول إيدروكسيد صوديوم عشر أساسى باستعمال دليل الفينول فثالين بتركيز واحد فى المائة . ويعبر عن نشاط إنزيم الليبيز بعدد ملليترات محلول إيدروكسيد الصوديوم المستعملة ويجب إجراء اختبار بلانك باستعمال نفس المواد مع الغليان قبل بداية فترة التحضين .

وفى طريقة Willstatter and Memmen يقدر نشاط الإنزيم بوحدات بيوتيريز B.E. وهى عبارة عن كمية الإنزيم التى إن وجدت فى ٥٧ ملليترا محاول بيوترين ثلاثى مشبع وملليترين محلول منظم مناسب وملليتر معلق إنزيم تسبب انخفاض عدد النقط المتساقطة من جهاز استالاجمومتر أوستوالد (الذى يعطى ستين نقطة ماء مقطر فى الدقيقة) بمقدار عشرين نقطة بعد مضى خمسين دقيقة على درجة ٢٠° مئوية .

وفى طريقة Olcott and Fontaine توزن العينة وتوضع فى زجاجة ويضاف إليها ملليتر واحد من المادة المتفاعلة وثلاث ملليترات ماء وملليتر محاول منظم وتسد فوهة الزجاجة وترج ستة عشر ساعة على درجة حرارة الغرفة ثم تعامل المحتويات بقوة الطرد المركزى . ويغسل الراسب أربع مرات بمحلول الأيزوبروبانول فى إيثير البترول بنسبة ٢ إلى ١ ، ويضاف ماء الغسيل المنفصل بعد الطرد المركزى إلى السائل السابق فصله عن الراسب بقوة الطرد المركزى ، ويعادل السائل جميعه بمحاول إيدروكسيد صوديوم فى البروبانول المشابه قوته عشر أساسى باستعمال أزرق الأنيلين كدليل .

تحضير الإنزيم :

يستعمل فى تجارب إنزيمات الليبيز نفس المواد النباتية المحتوية على

الإنزيمات ، أو يستخلص الدهن من هذه المـــواد باستعمال الأسيتون أو الإيثير . ويتأثر النشاط الإنزيمى بدرجة نعومة المادة ، فكلما صغر حجم الحبيبات كلما زاد النشاط . وليس من المجدى تركيز الإنزيم باستخلاصه بالجليسرول لأن الإنزيم قليل الذوبان فى معظم المذيبات العضوية وفى الماء . وقد يحاول البعض طحن الحبوب مع الماء لاستخلاص الإنزيم ثم معاملة المستحلب الناتج بالطرد المركزى لتركيزه . وقد يزاد التركيز فى هذه الطريقة الأخيرة بطريق الادمصاص على Kieselguhr أو بالمعاملة بحامض كلوريك مخفف أو محلول صودا كاوية مخفف أو محلول ملحى مخفف لفصل البروتين . غير أنه لوحظ عملياً أنه من الأفضل عدم التمادى فى تنقية الإنزيم .

وفى تجارب تقدير نشاط الليبيز يراعى التحكم فى تركيز المادة المتفاعلة. كما أن طبيعة المادة المتفاعلة تؤثر فى التفاعل ، فالشائع هو استعمال جليسريدات منخفضة الوزن الجزيئى أو إسترات بسيطة ، كما قد يستعمل زيت الزيتون المستحلب . فنتائج التعادل تكون منخفضة فى حالة استعمال جليسريدات مرتفعة الوزن الجزيئى كالبالمتين الثلاثى والاستيارين الثلاثى والدهن المستخلص من القمح ، ويعلل ذلك بقلة قابلية هذه الجليسريدات المركبة للذوبان فى الماء . وأنسب مادة متفاعلة لتجارب الليبيزات هى الجليسريد المتجانس القابل للذوبان الذى يسمح بقياس النشاط بطريقة التعادل خلال فترة قصيرة نسبياً

الحموضة والحرارة المثلى للإنزيم :

تختلف درجة pH المثل لانزيم الليبيز باختلاف طبيعة المادة المتفاعلة وإضافة المنظمات . ففى تجارب متنوعة وجد أن قيمة pH المثلى كانت ٧,٢ ، ٨,٢ ، ٨,٥ ، ١٠,٥ ، ٧,٤ وأحياناً ٤,٥ إلى ٥,٠ .

أما درجة الحرارة المثلى للانزيم فلم تحدد تماماً ، والشائع هو إجراء التجارب على درجة ٣٨° مئوية فيما عدا تجارب الاستالاجرومتر فتجرى على درجة ٢٠° مئوية .

الليبيزات فى خدمات الخبيز :

تحتوى حبوب القمح على إنزيم استيريز يتركز معظمه فى الطبقات الخارجية للحبة . ويزداد نشاط الإنزيم بارتفاع رطوبة الحبة وبحدوث الإنبات ، بينما ينعدم النشاط بالتسخين إلى درجة ٦٠° مئوية لمدة ثلث ساعة . وقد لوحظ أن النشاط الإنزيمى فى حبوب القمح الصلب أكثر منه فى حبوب القمح اللين . ويزداد نشاط الإنزيم على جلسريدرات الأحماض الدهنية عنه على الاسترات المقابلة . فالتحلل يكاد يكون كاملاً فى حالة جليسريدات الأحماض الدهنية المنخفضة الوزن الجزيئى مثل الأسيتين الثلاثى والبروبيونين الثلاثى .

وفيما يلى مقارنة لنشاط الإنزيم فى القمح بعد استخلاصه بطرق متعددة وإستعماله فى تحليل الأسيتين الثلاثى على درجات متفاوتة من تركيز الإيدروجين :

مصدر الإنزيم	رقم pH : ٥,٨	٧,٧	٧,٤	٦,٣	٥,٨	٥,٢
	ملليترات الصودا الكاوية عشر أساسى :					
قمح ساكن	٢٢,١	٢٧,٤	٢٥,٩	٢٠,١	١٧,٩	١٤,٤
غير مستخلص	٢٣,١	٢٩,٠	٢٧,٠	٢١,٨	١٧,٦	١٢,٨
مستخلص بالتلوين	٢٢,٦	٢٨,٠	٢٥,٩	٢١,٣	١٧,٥	١٤,٦
مهضوم بالتربسين وغير مستخلص	٢,٥	٢,٩	٣,١	٤,٥	٣,٢	٢,٥
مهضوم بالتربسين ومستخلص بالإيثير	٣,١	٤,٢	٣,١	٤,٠	٣,٣	٢,٠
الراشح بعد الهضم بالتربسين	١٩,٥	٢٤,١	٣٢,٥	—	—	—
مهضوم بالدياستيز ومستخلص بالإيثير	٣,١	٣,٠	٤,٠	٤,٠	٣,٧	٣,٢
الراشح بعد الهضم بالدياستيز	١٣,٥	١٩,١	١٩,٠	—	—	—
مستخلص الجليسرول	١٣,٦	١٩,٧	١٩,٧	—	—	—
مستخلص بالماء	٧,١	١٠,١	٩,٢	٧,٨	٦,٣	٣,٨
الراشح بعد الاستخلاص بالماء	٨,٤	١٧,٩	١٦,٩	١٢,٦	٨,٩	٦,٨
قمح نابت	٢٢,٥	٢٩,٠	٢٧,٥	٢٢,٠	١٨,٤	١٦,٥

ولا توجد علاقة بين نسبة الإنزيم ونسبة الدهن فى الحبوب ، لكن النشاط يتأثر بدرجة نضج الحبوب ويزداد بطول فترة التخزين كذلك يزداد نشاط الليبيز فى حالة الإثبات خصوصاً عندما تكون المادة المتفاعلة جليسريدات ثلاثية مرتفعة الوزن الجزيئى . وفى الحبوب وجد أن أعلى نسبة للإستيريز توجد فى القصعة ، وأن نشاط هذا الجزء من الإنزيم ينخفض عند الإنبات ويحتوى الإندوسبرم على كمية من الإنزيم أقل مما فى القصعة ، وهذه الكمية ترتفع خلال الإثنى عشر ساعة الأولى من الإنبات ثم تعود للانخفاض سريعاً. وفى الحبوب النابتة تتركز أكبر كمية من الإنزيم فى الفلقات ، وهذه الكمية تزداد خلال الإثنى عشر ساعة الأولى من الإنبات ثم تعود للانخفاض سريعاً . ويحتوى الدقيق العادى الدقيق الأسمر على كمية من النشاط الإنزيمى تزيد على نظيرتها فى الدقيق الفاخر وفى الجنين وفى الردة . والكمية من الإنزيم الموجود فى الردة وأغلفة الحبة قليلة نسبياً وهى لاتتغير أثناء الإنبات.

ويحتوى اللبن أيضاً على قليل من إنزيم الليبيز . وتحتوى الخميرة على كمية من الليبيز باستعمالها على زيت الزيتون يكون pH المناسب ٦ر٦ إلى ٨ر٦ ودرجة الحرارة المثلى ٣٠° مئوية . ويتلف الإنزيم بتسمم الخميرة بالكلوروفورم أو خلات الإيثايل أو الأيثير أو غيرها . وتحتوى الخميرة أيضاً على فوسفاتيزات تحلل فوسفات الفينايل وكذلك الألفا أو البيتا جليسروفوسفات . وكذلك تحتوى الخميرة على بيروفوسفاتيز .

والليبيزات التى يعمل عليها الإنزيم تتوزع فى منتجات طحن القمح الصلب بالنسب التالية :

قمح	٣,٠ ٪	دقيق أسمر	٢,٢ ٪
دقيق فاخر	١,٣ ٪	ردة	٦,٥ ٪
دقيق عادى	١,٦ ٪	سن	٧,٥ ٪
دقيق مسمر	٢,٧ ٪	جنين	١٥,٥ ٪

وتتكون ليبيدات جنين القمح من أربعة فى المائة مادة غير متصبنة وأربعة إلى عشرة فى المائة ليسيثين وكفالين وحوالى ٨٦ إلى ٩٢ فى المائة جليسريدات ثلاثية . وبالتحليل تعطى هذه الجليسريدات الثلاثية المختلطة ١١,٨ فى المائة حمض بالمتيك ، ٣,٠ فى المائة حمض استياريك ، ١,٢ فى المائة حمض ليجنوسيرك ، ٢٨,١ فى المائة حمض أوليك ، ٥٢,٣ فى المائة حمض لينوليك ٣,٦ المائة حمض لينولناك . وتبلغ نسبة الأحماض الدهنية المشبعة حوالى ١٦ فى المائة . ولا توجد جليسريدات تامة التشبع إطلاقاً ، فالدهن يتكون معظمه من خليط من جليسريدات حمض مشبع وآخرين غير مشبعين مع جليسريدات جميع أحماضها غير مشبعة .

ويحتوى الدقيق على أحماض طيارة بنسبة أعلى منها فى جنين القمح . وأكثر الأحماض الدهنية المشبعة وجودا هو البالمتيك ، أما الأحماض غير

المشبعة فى الدقيق وفى الجنين أيضاً فهى : الأوليك ، واللينوليك ، واللينولنك ، وأعلاها نسبة هو اللينوليك .

وتتكون الدهون المستخدمة فى الخبيز كالزبد والمسلى البناتى من جليسريدات قوامها سلسلة أحماض دهنية طويلة مستقيمة أحادية العدد تحتوى على أحماض تبدأ من البيوتيرك إلى الليجنوسيرك ، والجزء الغالب هو الأحماض الدهنية ذات العدد من ذرات الكربون المتراوح بين ١٦ ، ١٨ ، وبعض الأحماض مشبع ، والبعض به روابط زوجية أو ثلاثية أو رباعية . وفى كثير من الأحيان يكون حمض الأوليك هو أكثر الأحماض غير المشبعة وجوداً .

وتعتبر نسبة الدهن فى كل من الخميرة واللبن والمولت ومخامات الخبيز الأخرى ضئيلة للغاية ولا تؤثر على عملية التخمر .

فعل الإنزيمات المحللة للدهون :

تزداد حموضة الدهن فى حبوب القمح أثناء تخزينها ، وتعزى هذه الزيادة إلى نشاط إنزيمات الليبيز . ويزداد التحلل بارتفاع درجة حرارة الحبوب المخزونة ، وارتفاع درجة حرارة التخزين . ويحدث نفس التحلل فى الدقيق أثناء تخزينه . والإنزيم الفعال فى التحلل هو إنزيم القمح وليس إنزيم الفطريات الملوثة للقمح . ويسبب هذا التحلل ضعف قوة الجلوتين فتقل مرونته ويتمزق بسهولة .

وقد لوحظ أن الأحماض الدهنية غير المشبعة تتلف صفات الخبيز عندما تتأكسد إذ تصبح العجينة ميتة dead وحجم الخبز صغيراً وطعم ونكهة الخبز فقيرين . وفى أثناء التخزين يتعرض الدقيق لكلى النوعين من التزنخ ، أى

الأكسيدى والتحللى أما المنتجات المخبوزة فتزنخها من النوع الأكسيدى فقط .

ويظهر التلف بدرجة أسرع فى الدقيق الأسمر عنه فى الدقيق الفاخر ، وفى دقيق القمح اللين عنه فى دقيق القمح الصلب ، وفى الدقيق المبيض عنه فى غير المبيض . وقد أصبح مألوفاً فى بعض الدول تحديد حد أقصى لحموضة الدهن فى الدقيق المستورد .

وفى عملية التخمر برغم مناسبة الظروف لنشاط إنزيمات الليبيز ، إلا أن هذه الإنزيمات لاتسبب تأثيراً يذكر فى العملية .

الفوسفاتيزات :

يحتوى الدقيق على فوسفاتيزات أى فوسفواستيريزات . ويحتوى رجيع الكون على phosphomonoesterase بعضه حر قابل للذوبان فى الماء وبعضه مرتبط ودرجة الحموضة المثلى له هى pH ٥,٥ و phosphodieseterase . ويحتوى الأرز والشعير والذرة على إنزيم pyrophosphatase ، ويحتوى القمح على إنزيم adenosinetriphosphatase البالغ الأهمية . وإنزيمات الفوسفاتيز هذه ذات أهمية بالغة فى عمليات تمثيل الكربوإيدرات أثناء إنبات الحبوب وكذلك فى الحيوانات .

ويحتوى الأرز والشعير على استيريز يعرف باسم الفيتيز الذى يحلل الفيتين أو حمض الفيتيك إلى أينوزيتول وحمض فوسفوريك ، ويوجد الجزء الأكبر من الإنزيم فى البريكارب . ويستخلص هذا الإنزيم بالماء على درجة ٢ إلى ٣ مئوية ويرسب بترشيح المستخلص واستقبال الراشح فى كحول إيثايل .

ويحتوى الدقيق على حوالى تسعة فى المائة من فوسفور الردة ، والقدر من هذه الكمية الذى يوجد مرتبطاً مع حامض الفيتيك يتراوح بين ٢٤ ،

٣١ فى المائة ، أى أنه قدر ضئيل . أما الكالسيوم والمغنسيوم فى الدقيق فيقل امتصاصهما بوجود حمض الفيتيك ، ولذلك يراعى تدعيم الدقيق الأسمر بكمية من الكالسيوم . وهناك اعتقاد أن حمض الفيتيك يحول دون امتصاص الحديد أيضاً .

ونظراً لوجود إنزيم الفيتيز فإن حوالى ٨٥ فى المائة من حمض الفيتيك يتلف بتأثير الإنزيم أثناء عمليات الخبيز .

إنزيمات الأكسدة

تلعب إنزيمات الأكسدة دوراً هاماً فى تنفس وإنبات الحبوب وفى عملية التخمر . وفى الواقع إن عملية التخمر ما هى إلا عملية تنفس لاهوائى والتمثيل الغذائى يتضمن سلسلة من التفاعلات التى تؤثر فيها إنزيمات الأكسدة .

وتعرف الأكسدة بأنها فقد إلكترونات سواء صحب ذلك فقد إيدروجين أو لم يصحبه . ويعرف الاختزال بأنه إكتساب الكترونات مع أو بدون اكتساب أكسجين . وهذا يفسر خطأ تسمية بعض الإنزيمات المؤكسدة باسم نازعات الأيدروجين dehydrogenases إذ أن هذه الإنزيمات لاتنزع الإيدروجين فى كثير من الحالات . والمعروف أن انتقال الإلكترونات من المادة المتفاعلة إلى الأكسجين يحدث نتيجة لعدة عمليات تتضمن الكثير من الإنزيمات المساعدة والتفاعلات العكسية . لذلك فمن الأوفق أن يقسم نظام الأكسدة والاختزال إلى :

'phosphopyridine neocleotide ، copper–protein ، iron–porphyrin .lipoxidase ، oxalase ، other dehydrogenases ، flavin systems

إنزيمات الحديد :

(ا) **الكتاليز** : التفاعل الوحيد الذى يؤثر فيه الكتاليز الذى يعتبر

إنزيم iron-porphyrin هو تحليل فوق أكسيد الإيدروجين إلى ماء وأكسجين ، ولذلك فالإنزيم يقدر بتقدير كمية الأكسجين المتولد أو كمية فوق أكسيد الإيدروجين غير المتحللة فى نهاية مدة معينة . ويثبط الإنزيم بوجود حمض الإيدروسيانيك وكبريتيد الإيدروجين . وبالحساب وجد أن الكتاليز المتبلور يحتوى على أربعة مجاميع هيماتين .

ويبلغ نشاط الكتاليز الذروة فى الردة وطبقات حبوب القمح الخارجية ، بينما يصل إلى حده الأدنى الأندوسبرم . لذلك فالنشاط الإنزيمى يزداد بارتفاع نسبة استخلاص الدقيق أى باستمرار لونه . وهذا يفسر أيضاً تمشى النشاط الإنزيمى للكتاليز طردياً مع نسبة الرماد فى الدقيق ، ولهذا يقدر نشاط الكتاليز أحياناً ويعتبر دليلاً على نسبة استخلاص الدقيق . لكنه يعتقد أن هذه الطريقة الأخيرة ليست سليمة حيث وجد أن النشاط الإنزيمى فى عينات دقيق متشابهة يتفاوت تبعاً لمصدر عينات القمح وتبعاً لموسم زراعة القمح . وينخفض النشاط الإنزيمى أيضاً بتبييض الدقيق بثالث كلوريد النتروجين أو بفوق أكسيد البنزويل ، وكذلك بطحن الدقيق فى ball mill ، وبتخزينه على درجة حرارة الغرفة العادية . ويعوق إنزيم الكتاليز وجود الكلور أو الكلورات أو فوق الكلورات أو البرومات أو اليودات أو فوق اليودات أو فوق الكبريتيت فى الدقيق . ويضعف نشاط الكتاليز فى تحليل فوق أكسيد الأيدروجين بوجود نسبة ضئيلة من مواد مختزلة كحمض الأسكوربيك وحمض المالييك وكلوريد القصديروز وحمض الكارمينيك والفورمالدهيد والبيروكاتيكين . والصعوبة التى تصادف تبييض الدقيق بفوق أكسيد الإيدروجين ترجع إلى وجود إنزيم الكتاليز . ويمكن التحكم فى نشاط إنزيم الكتاليز فى الدقيق بإضافة نسبة ضئيلة محددة من حامض الأسكوربيك كمادة مختزلة .

ويزداد نشاط الكتاليز سريعاً خلال الأربعة أيام الأولى من الإنبات ثم يعود للهبوط خلال فترة النمو بتأثير بعض المواد التى توجد فى النبات .

ويعتبر فعل إنزيم الكتاليز الوسيلة للتخلص من الكميات الزائدة من فوق أكسيد الإيدروجين السام المتكون فى عمليات التنفس وغيرها والذى يعرقل سير تفاعلات الأكسدة والاختزال فى مجراها الطبيعى .

وفى بعض تجارب الخبيز أمكن التعرف على مدى إصابة الخبز بيكتريا التحبل B. mesentericus بتقدير نشاط الكتاليز فى الخبز عن طريق تقدير كمية الأكسجين المتكون .

(ب) البيروكسيديز : يحتوى إنزيم البيروكسيديز على حديد ، وهو يعمل على أكسدة عدد كبير من الفينولات والأمينات الحلقية ، فى وجود فوق أكسيد الإيدروجين ، مثل الجوايا كول والبنزيدين والهيدروكينون والبيروجالول والأرثوفينيلين داى أمين . ويوجد هذا الإنزيم فى معظم النباتات . ويقدر الإنزيم بأكسدة البيروجالول وتقدير البربيروجالين purpurogallin المتكون بالتعادل أو بالمقارنة بمحاليل ملونة قياسية .

يزداد نشاط البيروكسيديز أثناء إنبات حبوب القمح حتى يصل حده الأقصى بعد حوالى ثمانية أيام ثم يعود للهبوط . ويبدو أن نسبة الإنزيم فى الردة أعلى منها فى أجزاء حبوب القمح الأخرى . ويوجد الإنزيم فى جميع الحبوب .

وتؤكسد المواد المختزلة فى الدقيق بإضافة مواد مؤكسدة كالبرومات أو الآجين ، وقد تستبدل هذه بمخلوط من إنزيم البيروكسيديز و فوق أكسيد إيدروجين ٠,١ فى المائة وحمض لكينك ٠,٢ فى المائة ، ولكن استعمال هذا المخلوط الأخير نادر الحدوث .

(ج) السيتوكروم أوكسيديز :

يعرف من السيتوكروم الإنزيمات ا ، ب ، جـ وجميعها تحتوى على حديد

وتميز عن بعضها باختلاف امتصاصها للضوء . ويوجد إنزيم السيتوكروم جـ أوكسيديز الذى كان يعرف قديماً باسم الاندوفينول أوكسيديز . ويساعد السيتوكروم أو كسيديز على أكسدة إنزيمات السيتوكروم التى لا تتأكسد ذاتياً ، ويتأكسد هو بفعل الأكسيجين . ومثبطات إنزيم السيتوكروم أوكسيديز فى حبوب القمح هى حمض الإيدروسيانيك وأزيد الصوديوم وأول أوكسيد الكربون . ويضاد الضوء المرئى فعل أول أوكسيد الكربون المثبط .

إنزيمات النحاس :

(ا) التيروزينيز : يعتمد هذا الإنزيم ، كباقى إنزيمات المعادن ، على أيون المعدن فى نقل الألكترونات إلى الأوكسجين . وهذا الإنزيم يعمل على أكسدة كثير من المركبات الفينولية كالفينول والباراكريزول والكاتيكول والتيروزين . ويقدر نشاط الإنزيم بتقدير كثافة اللون المتكون عند معاملة لفينول أو التيروزين بالإنزيم ، أو يقدر بحساب كمية الأوكسجين التى تؤخذ باستعمال جهاز الواربورج Warburg . وتتراوح درجة تركيز أيون الأكسيجين المثلى بين pH ٨,٥ . تبعاً لطبيعة المادة المتفاعلة والمنظم .

ويوجد التيروزينيز فى حبوب القمح ، ويبدو أن الجزء الأكبر منه يوجد فى الردة . كذلك يعتقد أن تركيز الإنزيم فى حبوب القمح متعلق بالعوامل الوراثية ، ولذلك أجريت بعض التجارب لتمييز أصناف حبوب القمح باختبار . وزينيز . للتير .

(ب) الأسكوربيك أسيد أوكسيديز :

يعمل هذا الإنزيم على حمض الأسكوربيك اليسارى محولا إياه إلى صورة مؤكسدة dehydro . ويقاس نشاط الإنزيم بتقدير كمية الأكسيجين المأخوذ فى جهاز واربورج أو بمعادلة ما يتبقى من حمض الأسكوربك

بواسطة صبغة 2, 6 dichloropheuolindopheuol .

وباعتبار حمض الأسكوربيك مادة مختزلة ، ومحسنات الدقيق مواد مؤكسدة ، فمن الممكن إضافة حمض الأسكوربيك لتحسين صفات الدقيق لونى وبديهى أن الحمض المؤكسد يكون أكثر فاعلية . وفى حالة إضافة الحمض غير المؤكسد فإنه يتأكسد بفعل الإنزيم الدقيق ، ويقوم الجلوتاثيون فى هذه الحالة بعمل وقائى. وهناك أدلة على أن d– isoascorbic acid يفيد فى تحسين صفات العجينة .

الفوسفوربريدين نيوكليوتيدو الفلافين :

جميع تفاعلات الأكسدة والإختزال تتضمن إنتقال الألكترونات . وتسمى الإنزيمات أو الإنزيمات المساعدة المتعلقة بهذه العمليات فى كثير من الأحيان بنازعات الإيدروجين dehydrogenases ويقاس نشاط هذه الإنزيمات باستعمال صبغة أزرق الميثيلين أو الثيونين أو بتقدير الأكسجين المأخوذ فى وجود الإنزيم المساعد باستعمال جهاز الواربورج .

(ا) الهكسوزداى فوسفات دهيدروجينيز :

يحتوى الدقيق ، خصوصاً الأسمر ، على إنزيم دهيدروجينيز يزيل لون صبغة – أزرق الميثيلين خصوصاً فى وجود فوسفات الهكسوز والإنزيم المساعد (DPN) diphosphopyridine nucleotide ، وسمى الإنزيم Hexosediphosphate dehydrogenase . ويعتقد الآن أن هذا الإنزيم لا وجود له ، وأن الفعل الإنزيمى المشاو إليه يرجع إلى وجود إنزيم 1,3 – diphosphoglyceraldehyde dehydrogenase .

(ب) دهيدروجينيز المالات وحمض الجلوتاميك :

يوجد هذان الإنزيمان فى القمح ، ويستدل عليهما باختبار صبغة أزرق الميثيلين .

(ج) دهيدروجينيز حمض الفيوماريك والسكسينيك والفورميك :

توجد هذه الإنزيمات فى القمح ، ويستدل عليها بزوال لون صبغة أزرق الميثيلين فى وجود الإنزيم DPN ، وقد يزول اللون فى غياب الإنزيم المساعد ولكن ذلك يستغرق وقتاً أطول .

الأوكساليز :

يظن أن القمح يحتوى على دهيدروجينيز حمض الأكساليك ، إذ يستدل على ذلك بأكسدة حمض الأوكساليك هوائياً أو لا هوائياً بالقمح مع قياس حجم ثانى أكسيد الكربون المتكون : ولا يتأثر هذا التفاعل بإضافة أزرق الميثيلين لكنه يثبط بفعل الكينون والهيدروكينون الذين يتلقفا الأوكسيجين الجزيئى . ولهذا اعتبر الإنزيم عبارة عن دهيدروجينيز يستطيع نقل الإيدروجين إلى أوكسيجين جزيئى فقط ، وهذا تفسير ضعيف .

إنزيمات الدهيدروجينيز الأخرى :

يعتقد أن التلف الذى يصيب الحبوب أثناء تخزينها يرجع إلى إنزيمات الدهيدروجينيز فى الجنين وهذه الإنزيمات تنشط لحدما فى الوسط الحمضى التأثير وتتوقف تماماً عند PH ٤,٥ إلى ٥ . ويختلف رقم PH تبعاً لطبيعة المحاليل المنظمة المضافة . ويزداد نشاط الإنزيم بوجود حمض الجلوتاميك وفوسفات الهسكوز .

الليبوكسيديز

يؤكسد الليبوكسيديز الدهون والكاروتينويدات الملونة ، وهو يوجد فى القمح بنسبة ٨١٠ وحدة للجرام الواحد من المادة الجافة وفى فول الصويا بنسبة ٣٥٠٠٠ وحدة . وترجع أهمية الإنزيم إلى أثره فى تزنخ الدهن وفقد الكاروتين وفيتامين ا وحمض الأسكوربيك .

ويقدر الإنزيم بقياس أثره فى أكسيدة الكاروتين وفى تكوين البيروكسيد. ففى المعلق المائى المخفف تؤكسد بيروكسيدات الدهن الحديدوز إلى حديديك يمكن تقديره بالتحليل اللونى بطريقة الثيوسيانات . وطريقة أخرى يتتبع مدى أكسدة الكاروتين أو صبغة ليوكو leuco –o– chlorophenolindophenol .

وقد لوحظ أن إنزيم الليبوكسيديز فى فول الصويا يؤكسد أحماض اللينوليك واللينولنك والأراكيدونك فقط دون حمض الأوليك . وقد ثبت أن البيروثيونين Purothionin فى دقيق القمح يمنع الأكسدة .

الانزيمات المؤكسدة فى الخميرة :

تحتوى الخميرة على إنزيمات مؤكسدة تؤثر فى عملية التخمر ويتأثر نشاطها بوجود المراد المؤكسدة والمختزلة . فتخمر الجلوكوز بفعل الخميرة يصحبه عملية phosphorylation ويتحول جزى حمض فوسفوريك إلى إستر مقابل كل جزىء ثانى أكسيد كربون متكون . فعملية التخمر الكحولى تتضمن عدداً من تفاعلات الأكسدة والاختزال يتحكم فيها عدد من إنزيمات الأكسدة والاختزال . وتحتوى الخميرة على إنزيم كربوكسيليز ، وهو بروتين ثنائى فوسفات الثيامين ، ينزع مجموعة الكربوكسيل من الأحماض الألفا كيتونية محولاً إياها إلى ألدهيدات وثانى أكسيد كربون . وإنزيم ميوتيز البيروفات ، الشبيه فى تكوينه بالإنزيم السابق ، يعمل أثناء التخمر محولا حمض البيروفيك إلى حمض لكتيك وحمض خليك . وتحتوى خميرة الخباز على دهيدروجينيز الكحول الذى يحول كحول الإيثايل إلى أسيتالدهيد ، ويزداد النشاط بوجود مجموعة Sulfhydryl ويتدخل فيه الإنزيم المساعد DPN . ويوجد فى الخميرة أيضاً إنزيم دهيدروجينيز حمض اللكتيك الذى يحول الأحماض الإيدروكسيلية ألفا إلى أحماض كيتونية ألفا . وإنزيم دهيدروجينيز حمض الجلوتاميك الموجود فى الخميرة يحول حمض الجلوتاميك إلى حمض ألفا كيتوجلوتاريك فى وجود الإنزيم المساعد t.riphosphopyridine neocleotide (TPN) لا يعرف على وجه التحديد إن كان لإنزيم دهيدروجينيز حمض الجلوتاميك دخل فى التخمر الكحولى .

والمعروف أن الإنزيم المساعد DPN يوجد فى الدقيق بقلة ، ولذلك فيعزز كميته وبالتالى عمله إضافة الخميرة التى تحتوى على نسبة منه .

نظام التأكسد والاختزال فى الدقيق والعجينة :

جميع منتجات طحن القمح لها قوة تأكسد وإختزال ، وتتصف بالقدرة على الاختزال . والجهد الكهربائى potential فى الدقيق أقل منه فى الردة وأقل كثيراً منه فى الجنين . فالجهد فى الدقيق يتراوح بين + ٠,٠٨ ، + ٠,١٢ فولت عند pH ٦,٢ ، بينما هو — ٠,١٦٩ فى مستخلص جنين القمح عند نفس الحموضة الفعلية ومعلق الخميرة له نفس الجهد مثل الجنين ، فكلاهما مختزل بشدة . وتزداد قوة الاختزال فى الدقيق باسمرار لونه أى بارتفاع نسبة استخلاصه . وتعزى قوة الاختزال الشديدة فى جنين القمح إلى إحتوائه على الجلوتاثيون glutathione الذى ينشط العديد من الإنزيمات والذى يسىء إلى صفات الخبيز . ولهذا فتحسين صفات خبز الدقيق يجرى أحياناً بإضافة المواد المؤكسدة للدقيق ، ويحتاج الدقيق الكامل إلى كمية من المواد المؤكسدة تزيد عما يلزم للدقيق الفاخر . ويعتقد أن التحسين الطبيعى natural aging أو إضافة المحسنات improvers كثالث كلوريد النتروجين والبرومات واليودات وحمض الأسكوربيك المؤكسد تفيد عن طريق أكسدة مجموعة مختزلة فى البروتين أو الببتيد المنخفض الوزن الجزيئى مما ينشأ عنه تحسن الخواص الغروية للجلوتين . ويعلل الأثر السيء للمواد المختزلة فى الدقيق كالسستئين والجلوتاثيون وحمض الإيدروسيانيك بتقصير مدة الخلط وجعل العجينة لينة ولزجة وضعيفة القدرة على الاحتفاظ بغاز ثانى أكسيد الكربون . ولا يعرف على وجه التحديد الدور الذى تقوم به الإنزيمات المحتوية على رابطة كبريتية فى عمليات الأكسدة والاختزال فى الدقيق .

البروتييزات

عرف منذ عام ١٨٨٤ أن جنين القمح يحتوى على إنزيم يسبب تحلل وليونة الجلوتين . ويزداد النشاط الإنزيمى بشكل واضح أثناء إنبات حبوب القمح .

ويقدر نشاط إنزيمات البروتييز باتباع طريقة سورينسون — Sorenson formol titration method فيقدر النتروجين الأمينى الناتج بعد التحلل . وقد تكون نسبة النتروجين الأمينى ضئيلة جداً ، ولكن هذا لايعنى ضآلة التحلل الإنزيمى . وتزداد نسبة الإنزيم فى الدقيق الأسمر عنه فى الدقيق الفاخر . ويعتقد أن الإنزيم فى الدقيق من نوع البابين papain وينشطه المواد المختزلة كالسستئين والجلوتاثيون وينشطه البرومات وحمض الأيودوخليك وبعض المواد المؤكسدة الأخرى .

وفى حالة ارتفاع نسبة إنزيمات البروتينيز فى القمح أو الدقيق يظهر أثرها واضحاً فى تحلل البروتين وزيادة ليونة الجلوتين ولزوجة العجينة وانخفاض قدرة العجينة على الاحتفاظ بالغاز .

ويعتقد أن المواد المؤكسدة كالبرومات واليودات المضافة للدقيق تحسن من صفاته لأنها تثبط نشاط إنزيمات البروتييز التى توجد فى الدقيق والتى ينشطها أحياناً بعض المواد المنشطة التى توجد فى الخميرة . فى حين أن إضافة الجلوتاثيون أو معلق الخميرة المغسلى تسبب ليونة وسيولة العجينة وبالتالى صغر حجم الخبز ورداءة صفاته الداخلية . ويعتقد البعض أن إضافة المواد المختزلة بنسبة ضئيلة تسبب زيادة فى نشاط إنزيمات البروتييز ، بينما الكمية الزائدة من هذه المواد المختزلة تحدث تأثيراً كيمائياً على الجلوتين .

ومما يدعو إلى الاعتقاد أن البروتييز فى الدقيق شبيه بالبابين أن الإنزيم

يهضم الكازين ويحدث خثرة اللبن ويقلل لزوجة معلق الجيلاتين وتثبطه محسنـــات الدقيق كالبرومات والميتافانادات ويوقف فعله حامض الأيودوخليك .

ويظهر تأثير البرومات بعد مضى بعض الوقت من بدء التخمر ، بينما اليودات يظهر فعلها سريعاً والكمية التى تلزم منها لإحداث نفس الأثر أقل مما يلزم من البرومات . وهذه المواد لا تؤثر على إنزيمات الأميليز أو على الليبيدات أو النشا أو السكريات .

ومن نتائج بعض التجارب على دقيق القمح يمكن أن يقال أن تأثير المواد المختزلة على الجلوتين وصفات العجينة هو تأثير كيماوى أولاً مصحوب بالفعل الثانوى لهذه المواد على نشاط البروتينيز .

ويعتقد بعض الباحثين أن فعل المواد المختزلة والمواد المؤكسدة لا يرجع إلى تنشيط أو تثبيط إنزيمات البروتييز ، ففعل البرومات بطىء ويستمر بعض الوقت . فعند معاملة عجينة دقيق غير مؤكسدة بالكمية العادية من برومات البوتاسيوم ، أى ملليجرام أو ملليجرامين بوبر ١ ٣ فى المائة جرام ، لايظهر فعل الأكسدة إلا بعد مضى بعض الوقت من بدء التخمر ، كما أن ظهور الفعل المؤكسد أو تلاشى المواد المختزلة يكون تدريجياً . فإذا كان الفعل المختزل فى العجينة هو نتيجة تحلل البروتين فإن تلاشيه يعنى إعادة تكوين بروتين الجلوتين .

ويعتقد أن كمية الإنزيمات البروتينية فى الدقيق ضئيلة للغاية وأن تأثيرها على صفات الخبيز يمكن تجاهله .

ويمكن تلخيص كل ما سبق عن تأثير الإنزيمات البروتينية فى صفات العجين فيما يلى :

١ — توجد هذه الإنزيمات فى دقيق القمح السليم ولكن بنسبة ضئيلة إلى

الحد الذى يجعل قياس نشاطها متعذراً .

٢ — الإنزيمات البروتينية فى الدقيق من نوع البابين فهى تنشط بفعل المواد المختزلة الموجودة أصلاً فى الدقيق أو فى بعض خامات الخبز خصوصاً الخميرة أو المضافة . كذلك تنشط هذه الإنزيمات بإضافة مواد مؤكسدة مثل البرومات واليودات والكلوريت والفانادات .

٣ — برغم تشابه فعل العوامل المؤكسدة على الإنزيمات البروتينية وفعلها فى تحسين صفات الخبز ، إلا أنه ليس من الضرورى أن يكون فعل المحسنات هو إيقاف فعل الإنزيمات البروتينية .

ويبدو أن فعل إنزيمات البروتييز فى العجينة يكون مرغوباً فى بدايته ، أى عندما يتم بنسبة ضئيلة ، إذ يحسن صفات الحلوتين ، كما أنه ينتج بعض المواد النتروجينية التى تستعملها الخميرة فى تغذيتها . وقد وجد فى بعض التجارب أن صفات العجينة تتحسن بإضافة مستخلص إنزيم البروتييز أو كمية مناسبة صغيرة من دقيق القمح النابت أو المولت أو البابين أو البيبسين . ويحدث نفس التأثير بإضافة إنزيم البروتييز بعد استخلاصه وترسيبه من المولت أو الدقيق ، وهذا يؤكد أن التحسين راجع إلى نشاط البروتييز وليس إلى الإنزيمات الأخرى التى توجد فى المولت أو غيره من المواد المضافة .

دقيق مولت القمح :

أصبح شائعاً إضافة قليل من دقيق القمح النابت للدقيق بقصد زيادة نشاط الإنزيمات البروتينية التى يزداد نشاطها بما يقرب من ستة أضعاف بعد مضى أربعة أيام على الإنبات . ويتضح ذلك من التجربة التالية .

المواد	نشاط الإنزيمات البروتينية مقدرة بالنعادل الكحولى لحساب الزيادة فى النتروجين الأمينى بعد التحلل الذاتى		
	بدون منشط	فى وجود المادة المنشطة	
		جلوتاثيون	سستئين
	ملليلترات البوتاسا الكاوية عشر أساسى		
دقيق قمح كامل	١,٩٥	٢,٤٠	—
دقيق قمح كامل	٠,٧٠	—	١,١٥
مولت القمح	٣,٠٠	—	٣,١٥
دقيق أبيض	٠,٤٥	—	٠,٧٥

ويتضح الأثر المنشط للمواد المختزلة فى الخميرة على إنزيمات البروتينيز من النتائج التالية :

العينة	النشاط الإنزيمى ملليجرامات نتروجين غير بروتينى فى مائة جرام		
	بدون خميرة	٣٪ خميرة	٣٪ خميرة + كحول أوكتايل
دقيق فاخر ا	١١٧	٩٤	—
دقيق فاخر ب	٤٨	٧٠	—
دقيق فاخر جـ	٣١	٥٠	—
دقيق مولت ا	٢٥٧	٣١٠	٣٤٨
دقيق مولت ب	٢٣٣	٢٧٦	٣٠١
دقيق مولت جـ	٣١٧	٣٣٦	٣٧٨

وتشير بعض التجارب العملية إلى أن ليونة ولزوجة العجينة لا يمكن أن تعزى إلى نشاط إنزيمات البروتييز فى دقيق المولت المضاف ولكنها ترجع أصلاً إلى الكمية الزائدة من إنزيم الألفا أميليز فى هذه الكمية من دقيق المولت المضافة .

بووتينيز الخميرة :

يعتقد أن إنزيمات البروتينيز فى الخميرة توجد مرتبطة داخل الخلايا وليس ممكناً إنتشارها إلى خارجها .وليس لهذه الإنزيمات فى الخميرة أثراً واضحاً فى بروتينات الدقيق أثناء فترة التخمر التى تبلغ حوالى أربع أو خمس ساعات . وفى حالة هلاك خلايا الخميرة تنطلق الإنزيمات المرتبطة داخل الخلايا وتؤثر على بروتينات العجينة . وعند حدوث ذلك يمكن تقليل أو منع الأثر السئ لهذه الإنزيمات بإضافة قليل من المواد المؤكسدة . لذلك عند استعمال خميرة جافة مخزنة على هيئة مسحوق مدة طويلة تجعلها عرضة للتلف جزئياً ينصح بإضافة برومات لمنع الأثر السئ للإنزيمات التى أصبحت حرة على بروتين الدقيق .

القمح المصاب بالحشرات :

تصاب الأقماح فى جمهورية مصر العربية وفى بعض دول شمال إفريقيا وآسيا وأوروبا بالحشرات أثناء فترة نضج الحبوب ، خصوصاً بالأنواع Dolycoris، Aelia، Furygaster . وهذه الإصابة تسبب زيادة قابلية ذوبان بروتينات القمح فى الماء وفى الكحول تركيز ستين فى المائة ، وهذا يعنى تحليل البروتينات إنزيمياً بشكل واضح. ويمكن الاستدلال على مدى هذا التحلل بتقدير النتروجين الكلى الذائب فى الماء والنتروجين الذى لا يترسب بواسطة ثالث كلورور حمض الخليك تركيز إثنين فى المائة قبل وبعد التحلل الذاتى ، كما هو واضح فى التجارب التالية :

الحبوب	النسبة المئوية للنتروجين منسوباً للنتروجين الكلى فى العينة			
	قبل التحليل الذاتى		بعد التحليل الذاتى	
	الذائب فى الماء	غير المترسب بمحلول ك كل٣ ك ١١ يد	الذائب فى الماء	غير المترسب بمحلول ك كل٣ ك ١١ يد
عادية	١٢٥	٧,٦	٢٢,٧	١٦,١
مسوسة	٢٢,٠	١٦,٣	٥٢,٧	٤٣,٨
عادية	١٠,٠	٤,٧	٢١,٢	١٣,٤
مسوسة	١٩,٩	١٤,٠	٥٦,٩	٤٢,٣

ويؤكد هذه النتائج اختبار مطاطية الجلوتين المغسول من عجينة عملت بمستخلص قمح عادى ومستخلص قمح مصاب ، حيث يلاحظ أن مطاطية جلوتين عجينة مستخلص القمح المصاب تزيد على نظيرتها فى حالة القمح غير المصاب حوالى ٧٥ إلى ٣٠٠٠ مرة . ويبدو أن رقم pH المناسب لهذا التحلل الإنزيمى يتراوح بين ستة وسبعة . ويمكن تقليل حدة التحلل الإنزيمى برفع الحموضة قليلاً ، وكذلك يمكن معاملة الحبوب المصابة بالحشرات بالهواء الساخن أو البخار .

عملية التخمر الكحولى

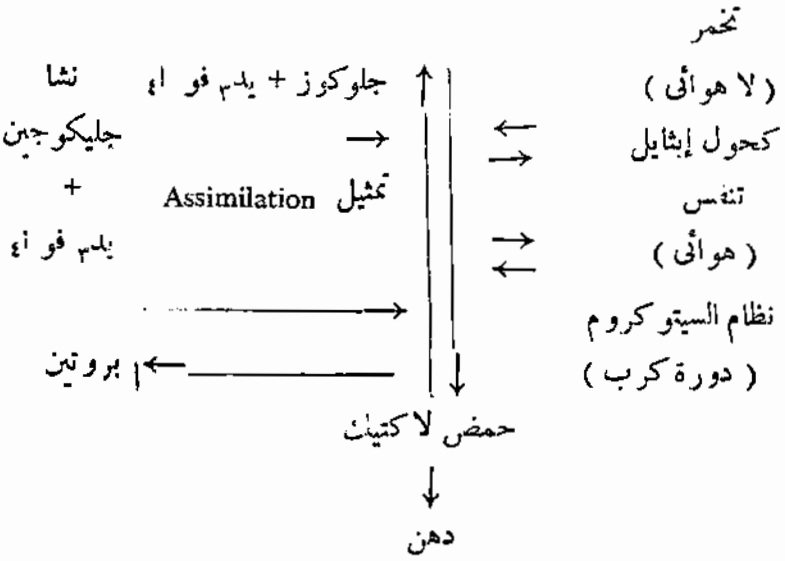
يعنى التخمر الكحولى تحول الكربوإيدرات فى صورة نشا أوسكريات إلى كحول إيثانول وثانى أكسيدكربون مع قليل من الجليسرول وآثار من منتجات أخرى . ويحدث التخمر الكحولى بفعل الخميرة Saccharomyces cerevisiae . وينتج الكحول بفعل كثير من الأحياء الدقيقة الأخرى كبعض البكتريا والفطريات ، مثال ذلك Escherichia coi التى تكون حمض اللكتيك وحمض الخليك وحمض الفورميك وثانى أكسيد الكربون والإيدروجين من الجلوكوز تنتج أيضاً كحول الإيثانول بكمية كبيرة نسبياً . وهذه البكتريا توجد فى الأمعاء . وللبكتريا sarcina ventriculi نفس قدرة الخميرة على تحويل الجلوكوز إلى كحول وثانى أكسيد كربون . كذلك الفطر Fusarium- ينتج كمية ملموسة من الكحول وثانى أكسيد الكربون .

وتتشابه عمليات التخمر الكحولى مع التمثيل اللاهوائى فى الخلايا ، كما أن التحول الغذائى فى الخلايا متشابه فى النباتات الخضراء وفى الحيوان وفى البكتريا وفى الخمائر وفى الفطريات ، بل ويتشابه فى خلايا الأنسجة المختلفة للكائن الحى كالمخ والكبد والعضلات مثلاً . ومعنى هذا أن الأنواع تختلف عن بعضها من هذه الوجهة اختلافات طفيفة . فالنواتج النهائية للتحول هى بالنسبة للخميرة إيثانول وثانى أكسيدكربون ، وبالنسبة للبكتريا Aerobacter aerogenes حامض خليك وحامض فورميك وحامض لكتيك وحامض سكسنيك وأسيتيل ميثايل كربينول و ٢ ، ٣ — بيوتيلين جليكول وإيثانول وثانى أكسيد كربون وإيدروجين ، وبالنسبة لبكتريا حامض البروبيونيك هى أحماض البروبيوتيك والسكسنيك والخليك وثانى أكسيد الكربون. فنظام التحول اللاهوائى متشابه فى حالة الأنواع الثلاثة من الأحياء الدقيقة ، فقط يختلف فى التحولات الطرفية ويمثل تحول الكربوإيدرات إلى بيروفات ولاكتات بالشكل التالى :

التحول اللاهوائى

Anaerobic dissimilation

حمض بيروفيك



وعند هذا الحد يبدأ التفاوت فى التحليل بين الأنواع المختلفة من الأحياء الدقيقة . كما تتفاوت أفراد النوع الواحد فى كيفية التحلل تبعاً لاختلاف ظروف البيئة . فالبيروفات هى نقطة التحول التى عندها تنتهى المرحلة المتشابهة فى التحلل بين الأحياء ويبدأ عندها التحولات الطرفية اللاهوائية التى تتأثر بالنوع وظروف البيئة . وهذه البيروفات تتحول أيضاً إلى أحماض أمينية بحدوث تبادل الأمين transamination ، كما أنها الناتج الذى يؤكسده أكسجين التنفس فى دورة كرب وفى نظام التأكسد بالسيتوكروم ، وهى قد تتحول إلى دهن أيضاً . ومعنى ذلك أن البيروفات هى رابطة بين تحولات كل من البروتينات والكربوإيدرات والدهون الغذائية داخل جسم الكائن الحى .

فالتخمر الكحولى عملية لاهوائية . ويطلق هذا الاصطلاح عادة على التحولات الغذائية اللاهوائية ، لكن إصطلاح التخمر قد يطلق فى الصناعة على أى عملية تقوم بها الأحياء الدقيقة أو الإنزيمات .

ويتلخص نظام التحول الغذائى المعروف باسم Embden Meyerhof scheme فى تحلل الكربوإيدرات فى العضلات وخلايا الخميرة لإنتاج الطاقة اللازمة للحياة والتكاثر عن طريق سلسلة من تفاعلات نقل الألكترونات التى يتبعها أحياناً وليس دائماً إنتقال الإيدروجين . ويساعد على سير هذه التفاعلات أى إنتقال الالكترونات عدد من ناقلات الالكترونات . وتقوم الإنزيمات المساعدة الثلاثة المعروفة بالأسماء إنزيم مساعد(١) وحمض الأدينيلك والكوكربوكسيليز بدور هام فى هذه العمليات . فالإنزيم المساعد (١) Coenzyme 1 يعمل كناقل للإيدروجين ، وحمض الأدينيلك adenylic acid يتدخل فى تحولات الفوسفات ، أما الكوكربوكسيليز cocarboxylase فليس معروفاً على وجه التحديد الدور الذى يقوم به .

خطوات التخمر الكحولى :

تتلخص تفاعلات التخمر الكحولى فيما يلى :

نشا أو

فركتوز + فواء	جلوكوز + فواء	جليكوجين + فواء
(ADP)	(ABP)	فوسفوريليز ↑|
هسكوكينيز ↑↓	هكسوكينيز ↓↑	خمض أدينيلك ↓|
		مغ + +

فركتوز-٦- فوسفات ⇄ جلوكوز-٦-فوسفات ⇄ جلوكوز-١-فوسفات
Neuberg ester فوسفوهكسوأيزومريز Robison ester فوسفوجليكوميوتيز
Cori ester فوسفوهكسوكينيز

+ فواء ↑↓
(ATP)
فركتوز-١ ، ٦- ثنائى الفوسفات
(Harden - Young ester)
ألدوليز ↑↓
فوسفات ثانى

أيدروكسيل ⇄ ٣ - فوسفوجليسر الدهيد + فواء
الأسيتون أيزومريز ↑\| Fischer ester
يد٣ فواء + ↓\|
١ ، ٣ - ثانى فوسفوجليسر الدهيد
إنزيم مساعد (١)
↑↓
٢ يد ⇌
١ ، ٣ - ثنائى فوسفو حمض جليسريك

١ ، ٣ — ثنائى فوسفو حمض جليسريك

فوسفات أدينوسين ↓↑

ثنائية Adp

٣ — حمض فوسفو جليسريك + أدينوسين ثلاثى الفوسفات

فوسفو جليسروميوتيز ↓↑

٢ — حمض فوسفوجليسريك

إينوليز ↓↑

يدم ا ⇌

فوسفو إينول حمض بيروفيك + يدم ا

حمض أدينيلك + ↓

(Atp)أدينوسين ثلاثى الفوسفات+حمض بيروفيك يدم فوا+حمض بيروفيك

كربوكسيليز + ↓ ↓

كام + أسيتا لدهيد كام + أسيتيل فوسفات

إنزيم مساعد (١) مختزل + ↓

يدم ⇌ ↓

كحول إيثايل يدم فوا + حمض خليك

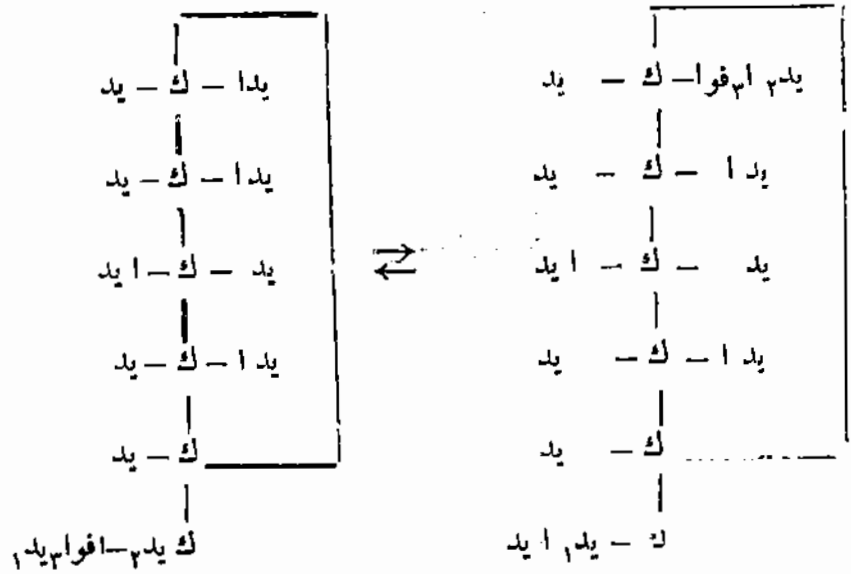
فالعملية تبدأ داخل الخلية باتحاد الفوسفات مع الجلوكوز الناتج من النشا أو من الجليكوجين . وهذا التفاعل عكسى ، لكن الجلوكز —١— فوسفات لايتحول إلى سكريات معقدة إلا فى وجود نسبة قليلة من السكر المعقد . ويكون الإتزان عند pH سبعة ٧٧ إلى ٢٣ ، أما عند pH ثمانية فيكون الإتزان ٩٢ إلى ٨ أى يميل إلى تكوين الجليكوجين . والإنزيم المتحكم فى التفاعل يعرف باسم الفوسفوريليز وهو مركب بروتينى به مغنسيوم وحمض أدينيلك . ويعتقد أن خلايا الخميرة تستطيع بدء عملية التخمر بدون تدخل

الفوسفات وفى هذه الحالة يتكون مركب وسطى ثلاثى الكربون غير قابل للتخمر .

وتوجد إنزيمات الفوسفوريليز فى العضلات وأعضاء الحيوان والبكتريا والخميرة وكثير من النباتات ، وتتوفر فى البطاطس . ويعتقد البعض أن الإنزيم يحتاج إلى الإنزيم المساعد المعروف باسم حمض الأدينيلك . وتنشط إنزيمات الفوسفوريليز فى النبات أو الحيوان بفعل العوامل المختزلة ، أما الجلوكز فيثبطها .

ويحتوى الجليكوجين وكذلك النشا على الرابطة ١ ، ٤ والرابطة ١ ، ٦ وكلاهما تتحلل بفعل فوسفوريليز الخميرة والعضلات ، أما إنزيم البطاطس فيهاجم الرابطة ١ ، ٤ فقط .

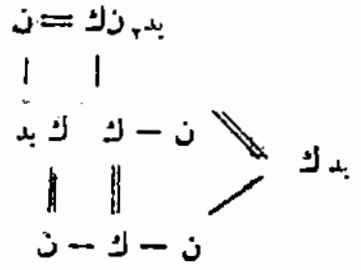
ويتغير ترتيب الذرات فى جزىء الجلوكوز — ١ — فوسفات داخل خلايا الخميرة متحولا إلى جلوكوز — ٦ — فوسفات ، وهذا التفاعل يحدث بتأثير إنزيم الفوسفوجليكوميوتيز البروتينى المحتوى على مغنيسيوم ، ويحدث الإتزان عند النسبة ٦ إلى ٩٤ أى يتجه التفاعل نحو تكوين الجزء الأكبر من إستر روبيسون جلوكوز — ٦ — فوسفات . ويعتقد أن هذا الإستر يوجد أحياناً فى صورة مخلوط من جلوكوز — ٦ — فوسفات مع فركتوز — ٦ — فوسفات بنسبة ستين فى المائة من الأول وأربعين فى المائة من الثانى . ويتجمع فى العصير وفى الخميرة الجافة كمية من الفركتوز — ١ — ٦ — ثنائى فوسفات . ورقم pH المناسب لإنزيم الفوسفوجليكو ميوتيز هو ٧,٥ إلى ٩,٢ ، وقد أمكن تحضيره خالياً من الفوسفوريليز ومن الفوسفوهكسوز أيزومريز . ويوضح التفاعل الإنزيمى بما يلى :



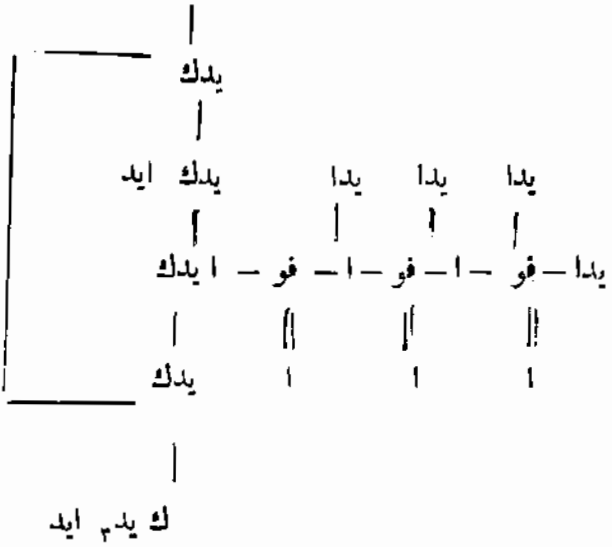
جلوكوز — ١ — فوسفات جلوكوز — ٦ — فوسفات

وهذه التفاعلات تختلف عما يحدث فى التخمر خارج الخلايا الحية ، حيث فى هذه الحالة الأخيرة تبدأ العمليات بتحلل النشا أو الجليكوجين مائياً بفعل إنزيمات الأميليز أو الجليكوزيديز . لهذا فالصناعة تستخدم كربوايدرات بسيطة فى صناعة الكحول نظراً لأن الخميرة لا تفرز إنزيمات الأميليز اللازمة لتحليل النشا .

وفى تفاعل الفوسفات مع الجلوكوز أو المانوز أو الفركتوز يتدخل الإنزيم المساعد ثالث فوسفات الأدينوسين الذى يمثله الرمز التالى عندما يستخرج من الخميرة بينما تكون مجموعة الفوسفات متصلة فى الوضع خمسة فى جزئ الريبوز فى حالة إنزيم العضلات :



أدينوسين ثلاثى
الفوسفات



ويبدو أن تفاعلات مركب الأدينوسين يمكن أن يعبر عنها بصفة عامة بالتفاعل التالى :

أدينوسين ثلاثى الفوسفات + جلوكوز ← أدينوسين ثنائى الفوسفات + جلوكوز — ٦ — فوسفات

٢ أدينوسين ثنائى الفوسفات ← أدينوسين ثلاثى الفوسفات + حمض أدينيلك .

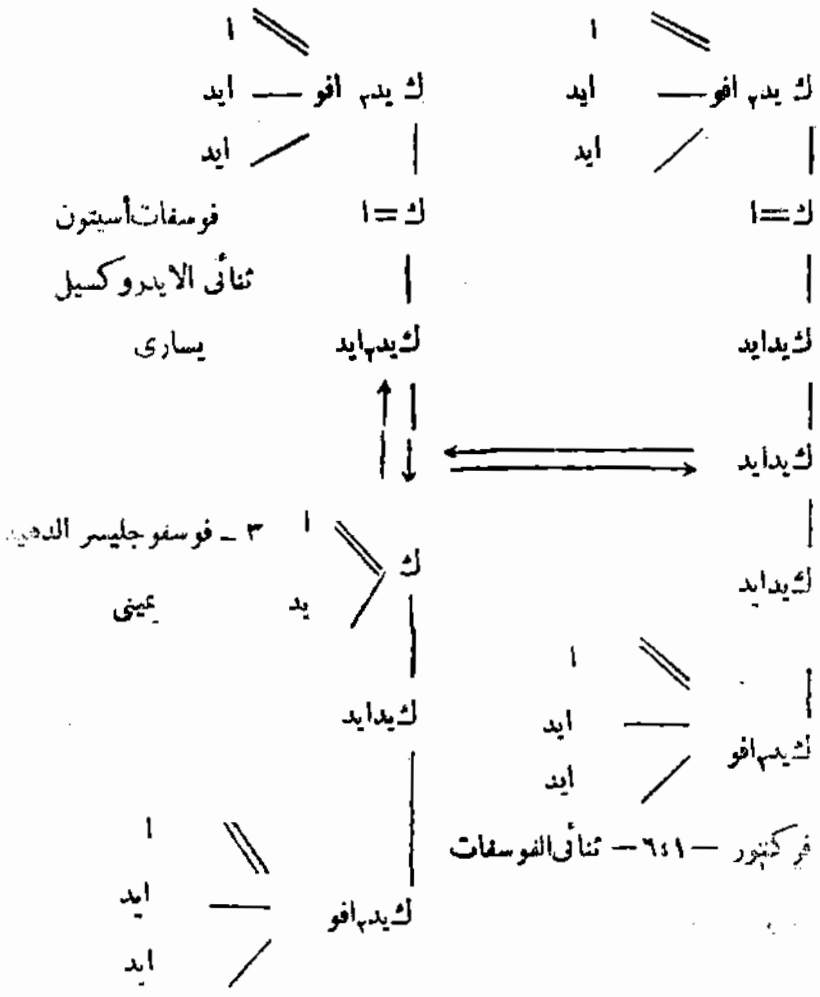
ودخول المجموعة الثانية من الفوسفات فى جزىء السكر يحتاج إلى مجموعة غنية بالطاقة ، ولذلك أقترح لها التفاعل التالى :

٢ هكسوز أحادى الفوسفات ← هكسوز ثنائى الفوسفات +١هكسوز

وحيث أن التغير فى الترتيب الداخلى لجزىء الإستر المحتوى على الفوسفات ممكن حدوثه ، فمن المحتمل أن الجلوكوز — ١ — فوسفات ينقل مجموعته الفوسفاتية إلى الوضع واحد فى جزىء الفركتوز — ٦ — فوسفات ، وبذلك لا تستنفذ رابطة فوسفاتية غنية بالطاقة لإدخال مجموعة الفوسفات الثانية فى الجزىء أحادى الفوسفات ، بعكس الحال عندما يتخمر الجلوكوز فإن مجموعتى الفوسفات المضافتين لجزىء السكر تستلزم إضافتهما إستفاذ رابطتين فوسفاتيتين غنيتين بالطاقة . ويتجدد تكون الرابطة الفوسفاتية الغنية بالطاقة فى التفاعلات التى سوف تعقب ذلك وهى :

١ ،٣— حمض ثنائى الفوسفوجليسريك + أدينوسين ثنائى الفوسفات ⇌
٣— حمض فوسفو جليسريك + أدينوسين ثلاثى الفوسفات
حمض فوسفواينول بيروفيك + أدينوسين ثنائى الفوسفات ⇌ حمض بيروفيك + أدينوسين ثلاثى الفوسفات .

ويتحلل جزىء الفركتوز — ١ ، ٦ — ثنائى الفوسفات إلى مركبين كلاهما ثلاثى الكربون وهما فوسفات الأسيتون ثنائى الإيدروكسيل والفوسفوجليسرالدهيد . ويتحكم فى حفظ الإتزان بين هذين المركبين إنزيم تريوز أيزومريز . وقديماً أطلق الإسم تفاعل الزيموهكسيز Zymohexase reaction على الإتزان فى تحلل الفركتوز ١ ، ٦ — ثنائى الفوسفات إلى المركبين ثلاثى الكربون وكذلك الإتزان بين هذين المركبين . ويوجد هذان المركبان معاً بنسبة ٩٥جزء كيتوتريوز أى فوسفات الأسيتون ثنائى الإيدوركسيل اليساوى إلى ٥ أجزاء من الألدوتريوز أى ٣ — فوسفوجليسرالدهيد اليمينى .

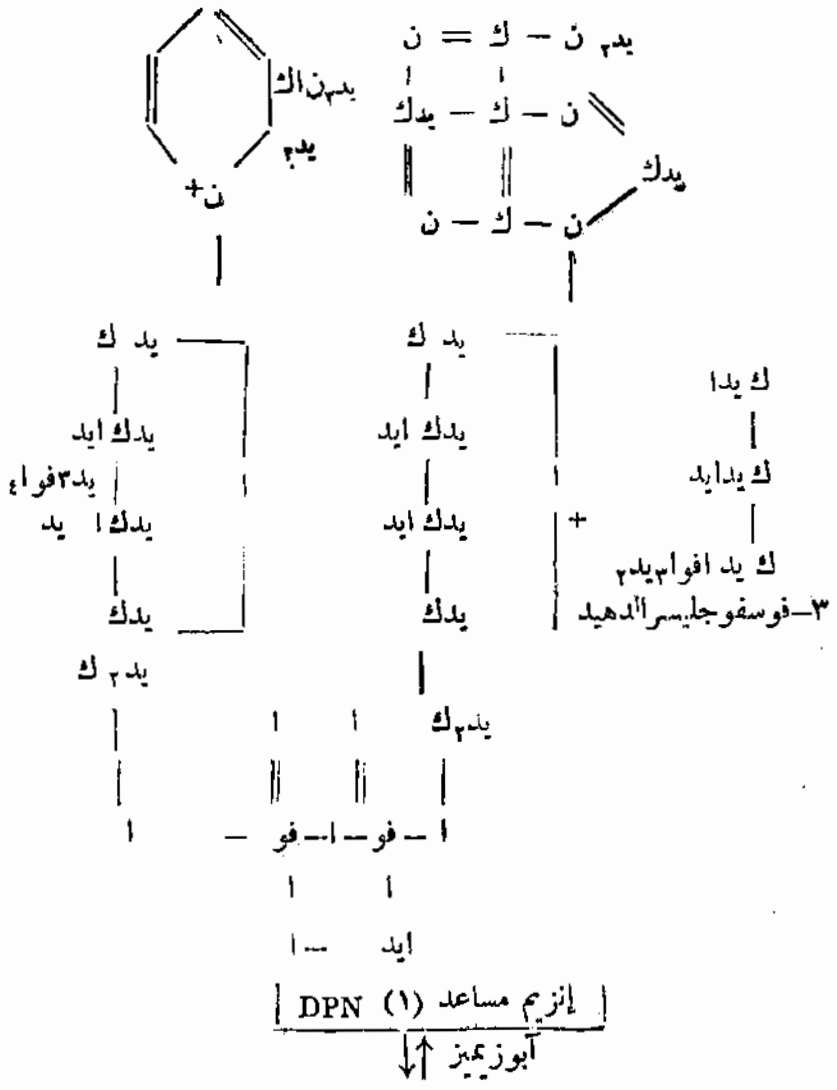


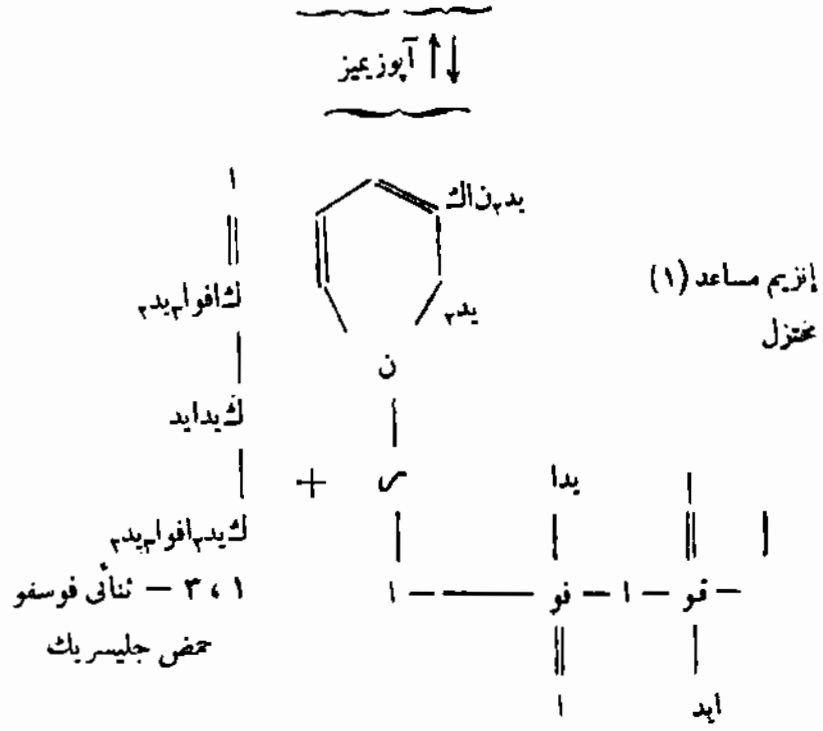
وبرغم تفاوت نسبتى الترپوز فإن المركب اليمينى هو الذى يتحول إلى حمض فوسفو جليسرياك إذا أن الذى يتكون حمض يمينى لا يتكون من المركب اليسارى .

وتنحصر عملية التحول glycolysis بعد هذه المرحلة فى تحولات الفوسفو ـ جليسر الدهيد الذى يتأكسد فى تفاعل يتضمن إختزال الإنزيم المساعد (١) فى نفس الوقت ، ثم يعود هذا الإنزيم المساعد فيتأكسد بفعل

الأسيتالدهيد . ولا يتم إختزال فوسفات الأسيتون ثنائى الإيدروكسيل إلى ألفاجليسروفوسفات مع أكسدة الإنزيم المساعد (١) فى نفس الوقت لأن الأسيتالدهيد يعتبر الأفضل فى اكتساب الإيدروجين .

ويتأكسد المركب ٣ – فوسفو جليسر الدهيد إلى ٣ – حمض فوسفو جليسريك وفى نفس الوقت تدخل مجموعة فوسفات ثانية مكونة ١ ، ٣ – ثنائى فوسفو حمض الجلسريك .





ويعتبر هذا التفاعل هو أول تفاعلات الأكسدة وفيه يقوم الإنزيم المساعد (١) المحتوى على النيكوتين أميد بنقل الألكترونات . ويعود الإنزيم المساعد المختزل إلى صورته الأصلية أى يتأكسد بانتقال ذرتا أيدروجين إلى الأسيتالدهيد الذى سوف يتكون فيما بعد نتيجة لانتزاع مجموعة الكربوكسيل من حمض البيروفيك . ويسمى الإنزيم المساعد(١) بأسماء متعددة هى cozymase ، coreductase , factor v , coferment 1 , codehydrogenase 1 , diphosphopyrydinenucleotide . ويوجد هذا الإنزيم المساعد فى جميع الحيوانات والنباتات والأحياء الدقيقة التى تحدث فيها تحولات الكربوإيدرات . وتعتبر الخميرة غنية فى هذا الإنزيم المساعد (١) إذ تحتوى على نصف جرام لكل كيلوجرام من وزن الخميرة . ويكون حوالى ٣٥ إلى ٤٥ فى المائة من النيوكليوتيد الكلى فى صورة dihydro . ويحتاج هذا الإنزيم المساعد إلى شق بروتينى دائماً أى إلى أبو إنزيم apoenzyme ، كما أن تفاعلاته جميعها

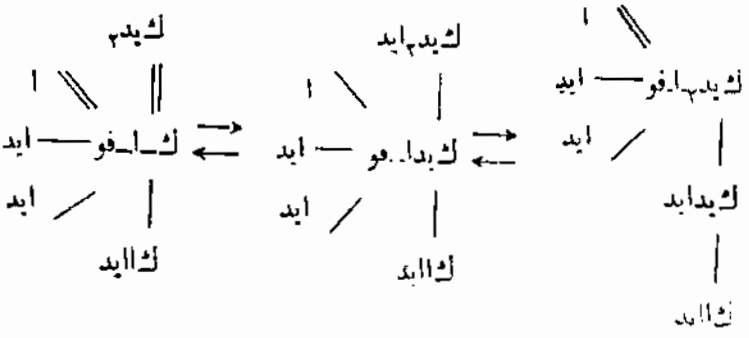
عكسية إلا أنها لا تصل إلى حالة الاتزان فى الظروف العادية لأن التخلص من ناتجات التفاعل يدعو إلى استمرار سير التفاعل .

ويفقد المركب ١ ، ٣ — ثنائى فوسفو حمض جليسريك مجموعة فوسفات متحولاً إلى المركب ٣ — حمض فوسفو جلسريك بفعل الأدينوسين ثنائى الفوسفات .

٣ — فوسفو جليسر الدهيد + يدم فواء + إنزيم مساعد (١) + أدينوسين ثنائى الفوسفات ⇌ ٣ — حمض فوسفو جلسريك + إنزيم مساعد (١) مختزل + أدينوسين ثلاثى الفوسفات .

ويتأكسد الإنزيم المساعد (١) المختزل عند تكون الأسيتالدهيد الذى يختزل لتكوين الناتج النهائى للتخمر وهو كحول الإيثايل ، ويستخدم الأدينوسين ثلاثى الفوسفات فى نقل الفوسفات إلى الجلوكوز .

وتوجد حالة اتزان بين المركب ٣ — حمض فوسفو جليسريك والمركب ٢ — حمض فوسفو جليسريك بتأثير إنزيم الفوسفو جليسروميوتيز . ويتحول المركب الأخير إلى حمض فوسفو إينول بيروفيك بتأثير إنزيم الإينوليز ، enolase وهـذا الحمض الأخير تتركز الطاقة فى رابطة الفوسفات به .



٣ — حمض فوسفو جليسريك ٢ — حمض فوسفو جليسريك حمض فوسفو إينول بيروفيك .

ويظهر الاتزان نتيجة لنشاط إنزيمى الفوسفو جليسرو ميوتيز و الإينوليز عند النسب التالية :

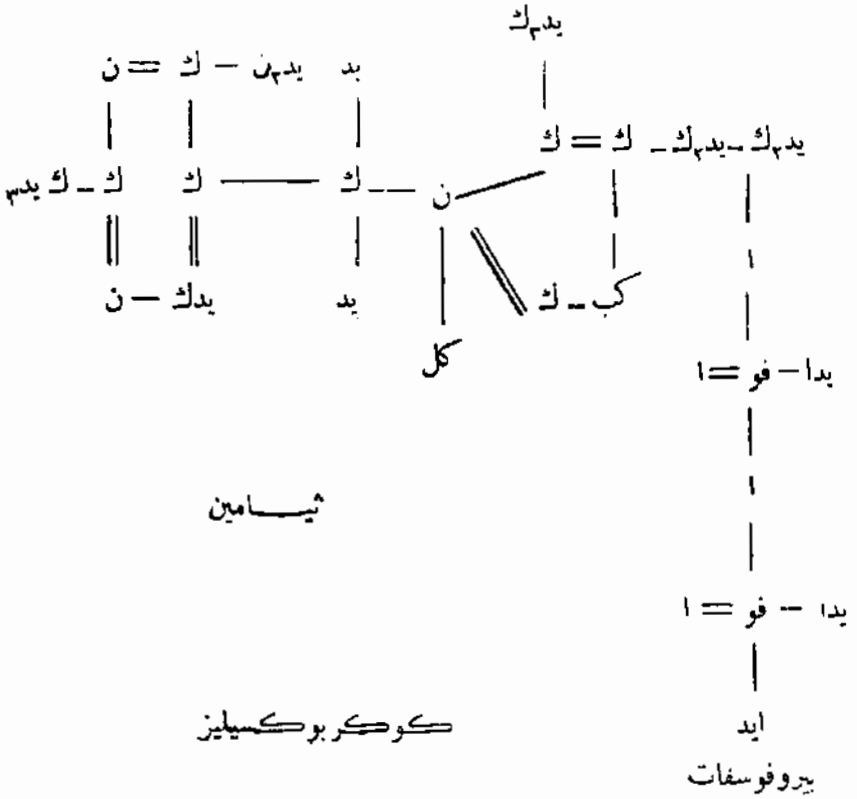
٣ — حمض فوسفو جليسريك(٥و٥٨٪) ⇄ ٢ — حمض فوسفو جليسريك (٥و١٢٪) ⇄ حمض فوسفو إينول بيروفيك (٢٩٪) .

ويمكن إيقاف تحلل المركب ٢ — حمض فوسفو جليسريك وبالتالى إيقاف عملية التخمر بإضافة فلوريد الصوديوم الذى يثبط نشاط الإينوليز عن طريق تكوين مركب معقد من أيون المغنسيوم يتحتم وجوده لتنشيط إنزيم الإينوليز . أما وجود المنجنيز كمنشط للإينوليز فيجعل إضافة فلوريد الصوديوم عديمة الأثر فى نشاط الإنزيم ، إذ لا يتحد الفلوريد مع المنجنيز ، بعكس المغنسيوم الذى يكون مركب فلوروفوسفات مغنسيوم مرتبطاً بالبروتين .

ويتحول حمض الفوسفو بيروفيك إلى حمض بيروفيك بتأثير إنزيم فوسفاتيز الفوسفو بيروفات Phosphopyruvate Phosphatase فتنفصل الفوسفات التى يكتسبها الإنزيم متحولاً من مركب الأدينوسين ثنائى الفوسفات المرتبطة بالمغنسيوم والبروتين وهو المركب المعروف باسم إنزيم فوسفاتيز الفوسفوبيروفات إلى مركب الأدينوسين ثلاثى الفوسفات الغنى بالطاقة . ويحدث إنفصال الفوسفات عادة فى وجود مادة تتلقف الفوسفات كالجلوكوز أو الجلوكوز — ٦ — فوسفات ، فإذا لم توجد مثل هذه المواد فإن التفاعل يحدث فى وجود حمض الأدينيلك ويتكون حينئذ الأدينوسين ثلاثى الفوسفات .

وفى التخمر الكحولى يتحلل حمض البيروفيك إلى أسيتالدهيد وثانى أكسيد كربون بفعل إنزيم الكربوكسيليز . وهذا التفاعل يتدخل فيه الإنزيم المساعد كوكربوكسيليز وهو عبارة عن إستر حمض البيروفوسفوريك للثيامين . ويحتاج الإنزيم إلى أيون معدنى ثنائى التكافؤ كالمغنسيوم

أو المنجنيز لربط الجزء البروتينى أى الآبو إنزيم بالإنزيم المساعد . ويبدو أن تكون الكوكربوكسيليز يحدث بتأثير الأدينوسين ثلاثى الفوسفات على فيتامين ب فيكتسب الثيامين مجموعة فوسفات . ويكون رمز الكوكربوكسيليز كما يلى .



وتحتوى الخميرة على إنزيم فوسفاتيز قادر على فصل الثيامين من الكوكربوكسيليز . أما الفوسفاتيز فى المصادر الأخرى فيكون قادراً على فصل مجموعة فوسفات واحدة تاركاً المجموعة الثانية . كما أن الخميرة قادرة على نقل الفوسفات من حمض الفوسفو بيروفيك إلى الثيامين عن طريق نظام حمض الأدينيلك .

ويرجع التأثير الحيوى للثيامين إلى فعل مركبه مع حمض البيروفوسفوريك

ويستفاد من التأثير المنشط للثيامين على التخمر الكحولى فى التقدير الكمى للثيامين فى المواد الغذائية . كذلك تستعمل الخميرة فى التقدير الكمى للكوكربوكسيليز بتقدير كمية غاز ثانى أكسيد الكربون المنطلق من حمض البيروفيلك .

ويختزل الأسيتالدهيد الناتج من إنفصال ثانى أكسيد الكربون من حمض البيروفيلك متحولا إلى كحول بواسطة الإيدروجين الذى ينفصل عند تحول المركب ٣،١ ــ ثنائى الفوسفوجليسر الدهيد الى ٣،١ ــ حمض ثنائى الفوسفوجليسريك . فالإيدروجين ينتقل إلى الإنزيم المساعد (١) . وتعتبر هذه الخطوة نهاية مراحل تحول النشا أو الجلوكوز إلى كحول ، أى نهاية عمليات التخمر الكحولى .

وفى حاله عدم اختزال الأسيتالدهيد لسبب ما ، فإن مركباً آخر قادراً على اكتساب الإيدروجين ، كفوسفات الجليسرالد هيد أو فوسفات الأسيتون ثنائى الإيدروكسيل ، ينشط ويتكون جليسروفوسفات نتيجة للاختزال وهذه تتحلل مكونة جليسرول وحمض فوسفوريك بتأثير الفوسفاتيز . وفى مثل هذه الظروف تكون كمية كحول الإيثايل المتكونة ضئيلة بينما تنتج كميات كبيرة من الجليسرول . ومن العوامل المسببة لعدم اختزال الأسيتالدهيد وجود الكبريتيتات التى تتحد معه . وهذه الظروف لها أهمية صناعية ، ويعرف التخمر فى هذه الحالة باسم Neuberg,stype 2 . وفى ظروف أخرى تعرف باسم Neuberg,s type 3 fermentation عندما يكون الوسط قلوياً يتأكسد جزء من الأسيتالدهيد متحولا إلى حامض خليك على حساب جزىء آخر يختزل إلى كحول إيثايل . والإيدروجين المتصاعد من أكسدة جزىء فوسفات جليسر الد هيد قادر على اختزال جزىء آخر إلى جليسر وفوسفوت التى تتحلل مائياً بعد ذلك إلى جليسرول وحمض فوسفوريك .

الاتحاد بالفوسفات :

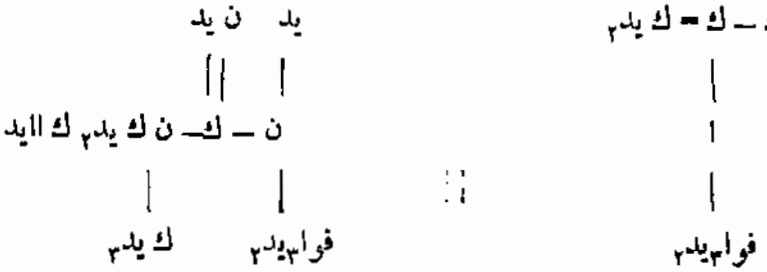
أفترض أحياناً أن عمليات التحول الغذائى للكربوإيدرات فى العضلات glycolysis وفى الأنسجة تحدث بدون فسفرة phosphorylation غير أن هذا الرأى لم يلق تعضيد الباحثين . وقد أصبح معروفاً الآن أن الفوسفات تتحد مع جزىء الكربوإيدرات فى تفاعلات عكسية عديدة تتكون فيها رابطة إستيرية فيها ترتبط الفوسفات عن طريق مجموعة إيدروكسيل كحولية كما فى فوسفات الهكسوز وفوسفات الترايوز والجليسر وفوسفات والمركب ٣ــأو ٢ ــ حمض فوسفو ــ جليسريك . وتتشابه إستيرات الفوسفات فى كثير من الأحوال مع إستيرات الكحولات والأحماض العضوية ، وتحسب الطاقة الحرة من علاقتها بثابت الإتزان من المعادلة :

$$\Delta F^{\circ} = - RT \ln K = - 4.58 \log K$$

وتكون الرابطة الجليكوسيدية فى المركب جلوكوز ــ ١ ــ فوسفات مكافئة للرابطة الجليكوسيدية فى جزىء الجلوكوز . وتقدر قيمة ΔF بحوالى ــ ٣٠٠٠ سعراً وفى حالة مجموعة الفوسفات التى تتحول إلى إستر مع مجموعة إيدروكسيل كحولية تكون الطاقة الحرة ٢٠٠٠ إلى ٤٠٠٠ .

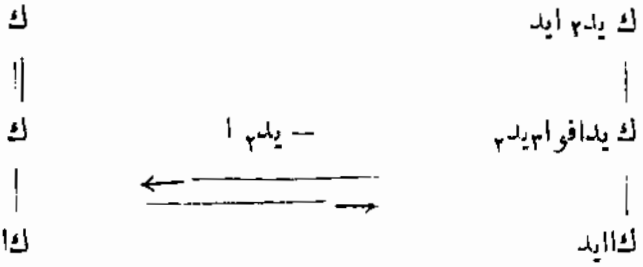
والمركبات ذات الرابطة الفوسفاتية الغنية بالطاقة فى عمليات التحلل الغذائى للكربوإيدرات هى حمض الفوسفو بيروفيك ، والأدينوسين ثلاثى الفوسفات وفوسفات الكرياتين ، ولكل منها رابطة مختلفة هى :

ك ــ ا ــ فو ، فو ــ ا ــ فو ، ن ــ فو على التوالى .



حمض فوسفوإينول بيروفيك (ك ـ ا ـ فو) فوسفات كرياتين (ن ـ فو)

ومن أمثلة تحولات الرابطة الفوسفاتية الغنية بالطاقة ، تحول المركب ٢ ـ حمض فوسفوجليسريك إلى المركب حمض فوسفوإينول بيروفيك بانتزاع الماء :



٢ ـ حمض فوسفو جليسريك حمض فوسفوإينول بيروفيك

ففى هذا التفاعل تتحول رابطة إستيرية فقيرة فى الطاقة إلى رابطة ك ـ ا ـ فو غنية فى الطاقة . وكمية الطاقة الكلية فى المركبين السابقين متساوية ، ولكنه فى المركب المتكون تكون الطاقة مركزة عند الرابطة الفوسفاتية فى حمض الإينول بيروفيك . وهذا يعنى أن فقد الماء من حمض الجليسريك الحر وتحوله إلى حمض بيروفيك يحدث بفقد طاقة تمتصها العوامل المحيطة ، بينما فقد المـــاء من حمض الفوسفوجليسريك وتحوله إلى حمض إينول فوسفوبيروفيك لا يترتب عليه فقد طاقة بسبب الاحتفاظ بهذه الطاقة فى الرابطة الفوسفاتية الإينولية .

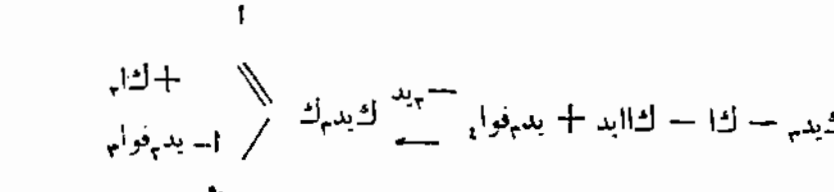
دورة الفوسفات :

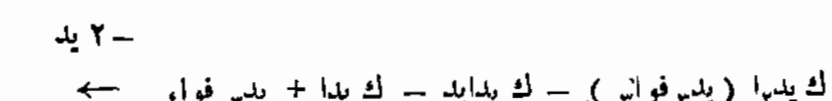
تسلك الفوسفات فى عمليات تحول الكربوإيدرات سلوكاً محدداً . فالفوسفات غير العضوية تبدأ الدورة بدخولها جزىء الكربوإيدرات حيث ترتبط فيه برابطة فقيرة فى الطاقة عن طريق تفاعل عكسى .

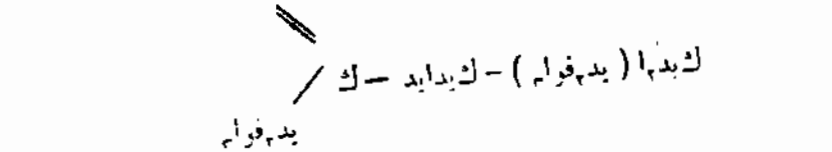
جليكوجين + فوسفات ⇄ جلوكوز ـ ١ ـ فوسفات

ويؤثر فى سير هذا التفاعل إنزيم مجموعته المرتبطة عبارة عن حمض أدينيلك الذى يقوم بفعل الملامسة ولكنه لا يرتبط بالفوسفات .

وتدخل الفوسفات أيضاً فى الجزيئات المحتوية على مجموعات كربوكسيل مثل :





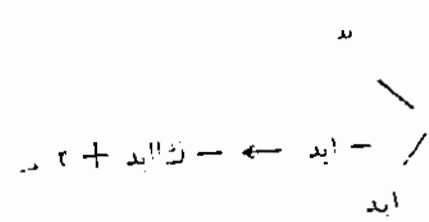


حمض ثنائى الفوسفو جليسريك .

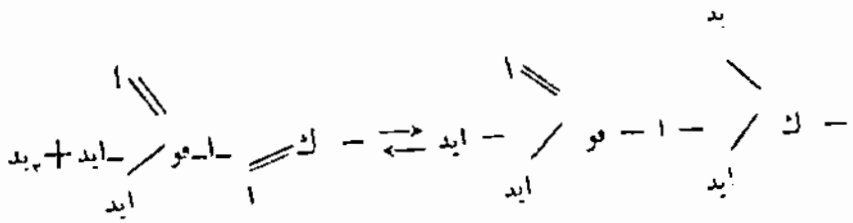
ففى كل من هذين التفاعلين تتكون رابطة فوسفاتية غنية فى الطاقة . والثابت أن أكسدة حمض البيروفيك تعطى حمض خليك نشط يدخل فى تفاعلات إضافة الخلات acetylation والتكثيف condensation بعد ذلك . وتحدث الأكسدة بمرورها خلال مرحلة تكون فوسفات الأستيل :

٢ فوسفات الأسيتيل + حمض أدينيلك ← ٢ حمض خليك + أدينوسين ثلاثى الفوسفات

وحالياً أصبح معروفاً أن الفوسفات تتدخل فى أكسدة مجموعات الكوبونيل وهذه الأكسدة كان يعتقد أنها تستلزم التأدرت .

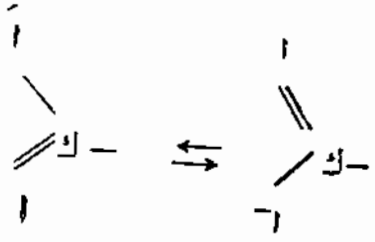


ويعتقد أن الفوسفات هى التى تدخل فى هذه الأكسدة وليس الماء :



فوسفات الكربونيل فوسفات الكربوكسيل

وينشأ عن التأدرت والأكسدة إنخفاض كبير فى الطاقة الحرة بسبب تكون الكربوكسيل .



بينما الانخفاض فى الطاقة الحرة عند أكسدة فوسفات الكربوكسيل ضئيل لأن التفاعل عكسى . فالطاقة فى مجموعة الكربوكسيل يمكن أن تحفظ فى هذه الحالة لتستخدم فى تفاعلات أخرى . وتنتقل الفوسفات من فوسفات الكربوكسيل مباشرة بتأثير إنزيم معين لتكون adenosine. polyphosphate .

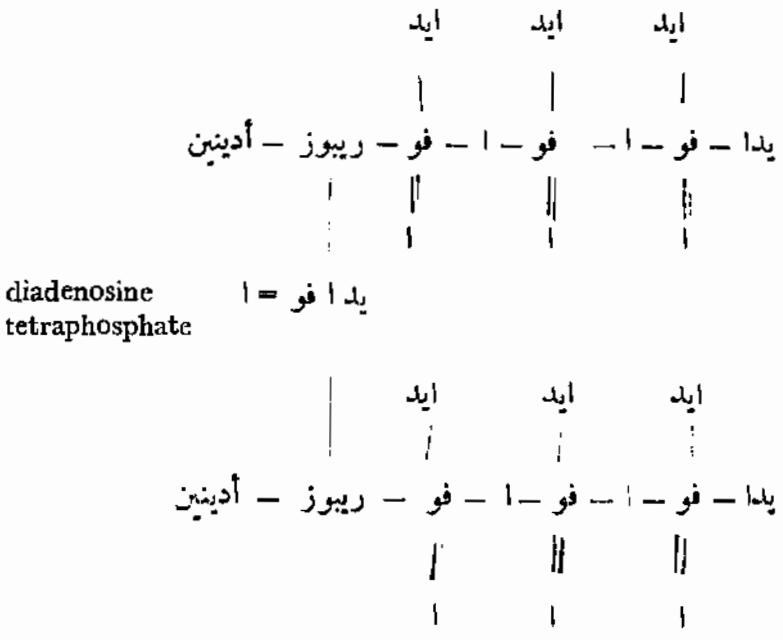
وفى عملية التخمر تحدث عدة تفاعلات لا هوائية والطاقة الناشئة عن

أكسدة الكربوإيدرات تتحول إلى طاقة رابطة فوسفاتية . وتتكون رابطتان فوسفاتيتان غنيتان فى الطاقة لكل جزىء تريوز يتأكسد ، إحداهما فى ثنائى الفوسفوجليسرات والثانية فى الفوسفو إينول بيروفات . وتستعمل رابطة فوسفاتية واحدة غنية فى الطاقة فى تكوين رابطة إستيرية عند فسفرة الجلوكوز أى تحوله إلى جلوكوز—٦—فوسفات ، وذلك عن طريق الأدينوسين ثلاثى الفوسفات .

فالمركبات العضوية الفوسفاتية الغنية فى الطاقة تتكون أثناء الأكسدة الحيوية مما يترتب عليه الإبقاء على مستوى ثابت من الطاقة فى الخلايا الحية الممثلة للغذاء . وهذه الطاقة تستعمل فى انتقالات الفوسفات التى يتحتم حدوثها داخل الخلايا تحت تأثير الإنزيمات . ويقوم حمض الأدينيلك بعمل الأنزيم المساعد الذى ينقل الفوسفات من مركب غنى بالطاقة إلى آخر غنى بالطاقة أو إلى الإستر الأقل فى الطاقة . وعادة تنفصل الفوسفات على صورة غير عضوية بتأثير الفوسفاتيز ، فتنخفض بذلك الطاقة بها إلى أقل المستويات . ويترتب على التفاعلات المذكورة والتى تنخفض فيها كمية الطاقة من أعلى مستوياتها أى ١٠٠٠٠ سعر إلى أقل المستويات ، كما يحدث عند تحول الأدينوسين ثلاثى الفوسفات إلى الإستر جلوكوز—٦—فوسفات ، أن يفقد ستة آلاف سعر . ومن المؤكد أن تبادل الفوسفات بين المركبات العضوية لا يمكن أن يحدث خلال الفوسفات غير العضوية لأن هذا إن حدث فسيتبعه فقد فى الطاقة م يستلزم تعويضه بعمليات أكسدة .

ويقوم الأدينوسين ثنائى الفوسفات والأدينوسين ثلاثى الفوسفات بعمل الملامسة الهام فى عملية التخمر الكحولى ؛ وكلاهما يحتوى على الرابطة فو—ا— فو الغنية فى الطاقة . فتوجد مجموعة واحدة من هذه فى المركب ثنائى الفوسفات ومجموعتان فى المركب ثلاثى الفوسفات . والجزء المتبقى من مجموعة الفوسفات ليس غنياً فى الطاقة ولا يدخل فى تفاعلات التخمر الكحولى وهو يرتبط بالريبوز برابطة إستيرية عادية فقيرة فى الطاقة .

وقد وجدت مركبات ثنائية الأدينوسين عديدة الفوسفات ، ويعتقد أنها تتكون من الأدينوسين أحادى الفوسفات أى حمض الأدينيلك بالتفاعل مع الفوسفات ، ويصحب هذا التفاعل تفاعل أكسدة فوسفات الجليسر الدهيد بتأثير الإنزيم المساعد (١) أى الكوزيميز إلى خليط من المركبين ٣ — حمض فوسفو جلسيريك ، ٢ — حمض فوسفو جليسريك . وتعوق العوامل المثبطة للأكسدة تكون الأدينوسين ثلاثى الفوسفات ، لذلك يعتقد أن المركب ٣ — فوسفو جليسر الدهيد يتحد بالفوسفات مكوناً ١ ، ٣ — ثنائى فوسفو جليسر الدهيد الذى يتأكسد مباشرة إلى ١ ، ٣ — حمض ثنائى فوسفو جليسريك .



وتمثل التفاعلات السابقة بما يلى :

« ا » إنزيم مساعد (١) +٣ — فوسفو جليسر الدهيد+ يدم فوا ⇄

إنزيم مساعدمختزل (١) + ١ ، ٣ — حمض ثنائى فوسفو الجليسريك .

« ب » ١ ، ٣ — حمض ثنائى فوسفو جليسريك + أدينوسين ثنائى الفوسفات ⇄ ٣ — حمض فوسفو جليسريك + أدينوسين ثلاثى الفوسفات .

وعند إضافة فوسفات أثناء تخمر الجلوكوز بفعل الخميرة وجد أن سرعة التخمر تزداد وتكون الزيادة فى كمية غاز ثانى أكسيد الكربون المتولد متناسبة مع كمية الفوسفات المضافة .

التخمر بالخميرة

بعمل العجينة تبدأ سلسلة من التغيرات الكيميائية والحيوية والطبيعية التى لا تتوقف حتى بعد خبز الخبز وتحولها إلى خبز وتتأثر عملية رفع العجينة ، أى إنتاج غاز ثانى أكسيد الكربون بعدة عوامل مباشرة . فالخميرة تخمر ثلاث سكريات على الأقل من بين الأربعة سكريات المختلفة الموجودة فى العجينة . كما أن سرعة التخمر تتفاوت فى السكريات الثلاث . ويترتب على ذلك تغير تركيز السكريات دواماً نتيجة لاستنفاذها بفعل الخميرة وكذلك لتكونها من مكونات أخرى فى العجينة . وتمتص الخميرة أيضاً بعض الأملاح والفيتامينات والمركبات العضوية ، أو تتفاعل معها . فهذه المكونات يتغير تركيزها أيضاً فى العجينة على مر الوقت بتأثير نشاط إنزيمات البروتيز والفيتيز والفوسفاتيز وغيرها . وتتغير بعض ظروف العجينة الأخرى فتصبح الظروف لاهوائية بدلا من هوائية والحموضة الفعلية pH ٥ بدلا من pH ٦ .

ويحتوى الدقيق على بكتريا وفطريات تسبب تغيرات فى العجينة . إذ أن الدقيق لا يعقم إطلاقاً . وقد يكون لتغير نسبة الأوكسجين فى جو المخبز أثناء خلط العجينة أثر فى نشاط إنزيمات العجينة . ويعتقد أيضاً أن الثيامين ، أى فيتامين ب يلعب دوراً هاماً فى عملية التخمر .

ومن المؤكد الآن أن عملية تخمر العجين ماهى إلا عملية إنزيمية . ويمثل التخمر الكحولى بمعادلة جاى لوساك Gay — Lussac التالية :

$$ك_{٦} يد_{١٢} ا_{٦} \longrightarrow ٢ ك_{٢} يد_{٥} ايد + ٢ ك ا_{٢}$$

زيموهكسوز كحول ثانى أكسيد كربون

وهذه المعادلة لا تمثل التخمر الكحولى تمثيلا صادقاً ، إذ المعروف أن عملية التخمر يصحبها تكون مركبات أخرى منها حمض السكسنيك والجليسرول ، كما أن جزءاً من السكر تستنفذه الخميرة فى تغذيتها . ومن المعادلة السابقة يتبين أن جزىء السكر ينتج جزيئان من الغاز حجمهما ٤٤,٨ لتراً عند معدل الضغط ودرجة الحرارة ، وهذا يقابل ٢٤٩ ملليلتراً من الغاز لكل جرام واحد من السكر ،أو ٢٨١ ملليلتراً بعد أخذ قدد الغاز وبخار الماء فى الاعتبار عند درجة حرارة ٢٥° مئوية . وعملياً يتحصل على كمية من الغاز تقل عن الكمية المحسوبة نظرياً ،فبعض الباحثين حصل على ٢٠٠ ملليلتراً من جرام الجلوكوز أو الملتوز و٢١٠ ملليلتراً من جرام السكروز . وفى تجارب أخرى أضيف فيها الثيامين إرتفع هذان الرقمان إلى ٢١٥ ، ٢٢٥ ملليلتراً على التوالى . وحقيقة الأمر أن هذه الأرقام تقريبية إذ أنه من الصعب تقدير كمية السكر فى العجينة بالضبط لأن السكر يتكون دواماً من تحلل النشا .

تأثير الحرارة والحموضة الفعلية :

تؤثر درجة الحرارة تأثيراً كبيراً فى سرعة التخمر سواء استخدمت خميرة البيرة أو غيرها ،ويتضح ذلك بمقارنة معامل الحرارة $\frac{\text{س د} + ١٠}{\text{س د}}$ على درجات حرارة مختلفة تقع بين ١٠ ، ٣٥° مئوية كما يلى :

درجة الحرارة	١٠°	١٥°	٢٠°	٢٥°	٣٠°	٣٥°
	٥,٦	٣,٨	٢,٨	٢,٢٥	١,٩	١,٦

ومعدل الحرارة لتخمر كل من السكروز والفركتوز يماثل المعدل للجلوكوز ، أما الملتوز فيرتفع معدله بشكل ملحوظ عند درجة حرارة تقل عن ٢٥° مئوية . وعند درجة حرارة تتراوح بين ٢٥ ، ٣٥° مئوية يتماثل المعدل لجميع السكريات العادية المألوفة . وفى إحدى التجارب وجد أن سرعة التخمر فى العجينة على درجة ٣٠° مئوية تكون ثلاثة أمثال سرعتها على درجة ٢٠° مئوية ، أى أن معامل الحرارة ثلاثة ، وهذا مرتفع نسبياً . ومن هذا يتضح أنه من الأهمية بمكان ضبط درجة حرارة العجينة ودرجة حرارة الجو المحيط بالعجينة .

ويبدو أن تغير درجة حرارة العجينة يؤثر فى مدة التخمر ومدة إنضاج العجينة وليس له أثراً بخلاف ذلك فى صفات الخبز الناتج .

ويبلغ نشاط الخميرة فى التخمر وفى التنفس حده الأقصى فى الوسط الحمضى . وقد وجد أن خميرة البيرة ، سواء سلالة السطح أوسلالة القاع ، تعمل بنشاط عند درجة حموضة تتراوح بين pH ٤ ، pH ٦ ، وكان أقصى نشاط لها عند pH ٤,٧ . أما خميرة الخباز فلم تتغير سرعة نشاطها على الجلوكوز عندما تتغير الحموضة فى . حدود pH ٣ إلى pH ٧ ، بينما كانت درجة الحموضة المثلى لنشاط هذه الخميرة على سكر الملتوز منحصرة بين pH ٤ ، pH ٦ .

والمعروف أن الحموضة الفعلية فى الخميرة تتغير أثناء التخمر ، ففى إحدى التجارب وجد أن تغير رقم pH خلال فترة أربع ساعات تتراوح بين ٠,٤١ ، ٠,٤٧ وحدة : وبارتفاع درجة حرارة العجينة يزداد ظهو

الحموضة . وتتأثر الحموضة الفعلية فى العجينة أيضاً بإضافة الأحماض أو الأملاح الحمضية أو اللبن الفرز إليها . وتشير التجارب إلى أن الحموضة التى تتكون فى العجينة يعزى ٧٥ فى المائة منها إلى حمض اللكتيك و ٢٥ فى المائة منها إلى حمض الخليك .

تأثير السكريات :

يحتوى الدقيق على حوالى واحد فى المائة سكريات ، كما يضاف إليه أحياناً نسبة من السكر ، وهذا بخلاف السكر الذى يتكون فى العجينة بفعل إنزيمات الدياستيز . ونظراً لانخفاض درجة امتصاص الدقيق للماء عن المائة دائماً ، فإن تركيز المحلول السكرى فى العجينة الذى تعمل عليه الخميرة يكون معتدلا ولا يؤثر تغيره المحدود فى سرعة التخمر إلا فى حالة استعمال قدر زائد غير عادى من الخميرة .

وفى حالة ارتفاع نسبة السكر فى العجينة عن عشرة فى المائة ، منسوباً لوزن الدقيق ، تنخفض سرعة التخمر بسبب التأثير الأسموزى على خلايا الخميرة . وهذا التأثير يحدث أيضاً بفعل الملح أو الجوامد اللبنية أو المواد الصلبة الذائبة فى الدقيق .

ويحتوى الدقيق على نسبة ضئيلة من السكريات المختزلة القابلة للتخمر ، أى حوالى ٠,١ إلى ٠,٢ فى المائة ونسبة من السكروز تعادل عشرة أمثال السكريات المختزلة ، أى حوالى ١,٠ إلى ١,٧٤ فى المائة وفى بعض التجارب وجد أن الدقيق يحتوى على ٠,١٧ فى المائة سكر هكسوز ، ٠,٢٢ فى المائة سكروز ، ٠,٦ فى المائة ليفوزين levosin . وهذا المركب الأخير عبارة عن مادة بيضاء غير متبلورة ضعيفة الحلاوة تذوب فى الماء وفى الكحول المخفف ودرجة تحويلها للضوء D [∝] تساوى — ٣٦° وبالتحليل الحمضى لها ينتج جزىء جلوكوز وتسعة جزيئات فركتوز . وهذه المادة المسماه

ليفوزين غير قابلة للتخمر فى محاليلها النقية ، لكن معظمها يختفى فى أثناء تخمر العجينة .

ويضاف السكر للعجينة عادة فى صورة سكروز وبنسبة قد تصل إلى خمسة فى المائة من وزن الدقيق فى عجينة الخبز ، أو إلى أربعين فى المائة فى عجينة المنتجات الحلوة . ويضاف عسل المولت أحياناً كمصدر للسكر ، إذ به نسبة مرتفعة من الملتوز مع قليل من الجلوكوز والدكسيرينات والسكروز والسكر المحلول .

والإنزيمات المسئولة عن تكون سكر الملتوز فى العجينة هى إنزيمات الدياستيز التى تحلل نسبة من الدقيق قد تصل إلى خمسة فى المائة .

ويتحلل الجلوكوز بسرعة أكبر من الفركتوز خصوصاً فى التركيزات المنخفضة . فقد وجد أن ثابت ميخائيلس Michaelis constant هو ٠,٠١٠٦٧ للجلوكوز ٠,٠٢٢٥ للفركتوز ، وهذا يوضح أن التآلف بين الإنزيم والجلوكوز أكبر منه بين الإنزيم والفركتوز . ويحدد الفرق فى سرعة التخمر بالثابت الإنتقائى selectivity constant (ث ج / ف) الذى يحدد العلاقة بين لوغاريتم (لو) تركيز الجلوكوز (ى) وتركيز الفركتوز (ز) البداية وتركيزهما (ىَ) ، (زَ) فى أى وقت أثناء التخمر :

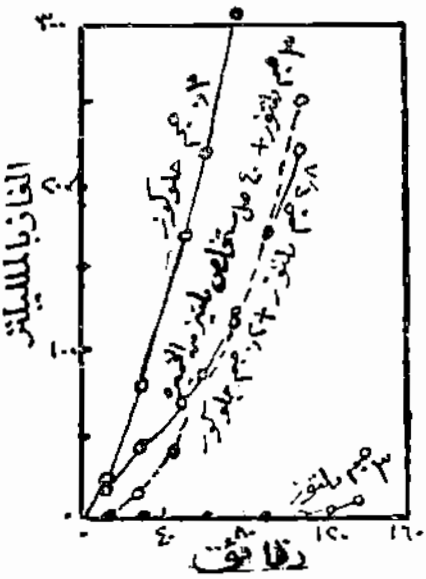
$$\text{ث ج / ف} = \frac{\text{لوى} - \text{لوىَ}}{\text{لوز} - \text{لوزَ}}$$

ولا يتأثر الثابت الانتقائى باختلاف نسبة الفركتوز إلى الجلوكوز فى العجينة ولا بإضافة السكروز . وتبعاً لنظرية ميخائيلس ومنتن تمثل المعادلة التالية سرعة التفاعل (س) مع كل من مادتى التفاعل اللتين يحللهما نفس الإنزيم ، باعتبار ث ثابت ميخائيلس :

$$\frac{س_1}{س_2} \frac{ث_2}{ث_1} = \frac{لوى - لوى_2}{لوز - لوز_2}$$

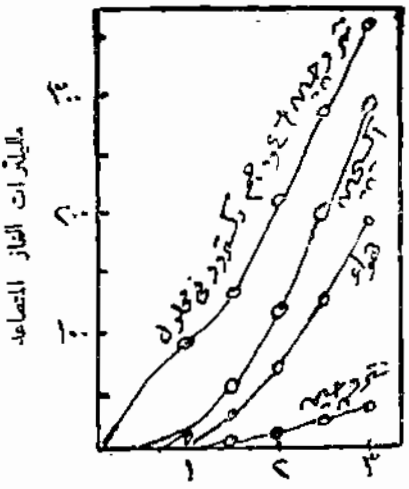
وبتطبيق هـذه المعادلة على الجلوكوز والفركتوز يوجد أن س١ ÷ س٢ = ٢,١ وهذا يتمشى مع الثابت الانتقائى المحسوب من التجارب وقدره اثنان .

ويعتبر الملتوز هو السكر الرئيسى الذى يتخمر فى المرحلة الأخيرة من فترة التخمر . وتخمر الملتوز يستدعى طول الفترة التى تمر من بداية عملية التخمر حتى الوصول إلى أقصى سرعة للتخمر ، وهى الفترة المسماه induction period . وتقصر هذه الفترة عادة بوجود بعض المواد فى الدقيق تسمى بالعامل M ومن بينها الجلوكوز وإنزيم الملتيز والسكروز ، كما أنها تقصر فى جو من الأكسجين النقى عنه فى الهواء عنه فى جو من الأزوت .



(شكل ٨٨)

تأثير الجلوكوز المضاف على تخمر الملتوز



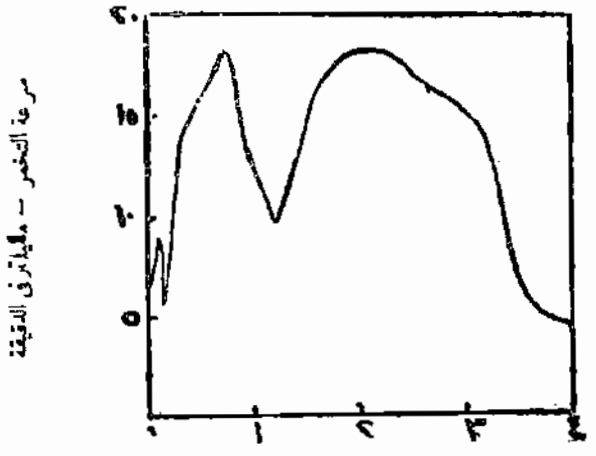
(شكل ٨٩)

تأثير الأكسجين على تخمر الملتوز

ويميل البعض إلى الاعتقاد أن الخميرة تستطيع تخمير الملتوز مباشرة بدون تدخل إنزيم الملتيز ، أى بدون انتظار إلى أن يتحلل الملتوز .

ودرجة pH المثلى لإنزيم الملتيز قريبة من نقطة التعادل ، وعندما تنخفض الدرجة عن خمسة يصبح الإنزيم عديم النشاط فى التجارب المعملية .

وكثيراً ما يظهر الرسم البيانى الموضح لسرعة التخمر بمرور الوقت ذو قمتين إحداهما تمثل أقصى سرعة لتخمر السكروز بفعل الخميرة : والثانية تمثل أقصى سرعة لتخمر الملتوز بعد استنفاذ السكروز فى العجينة .



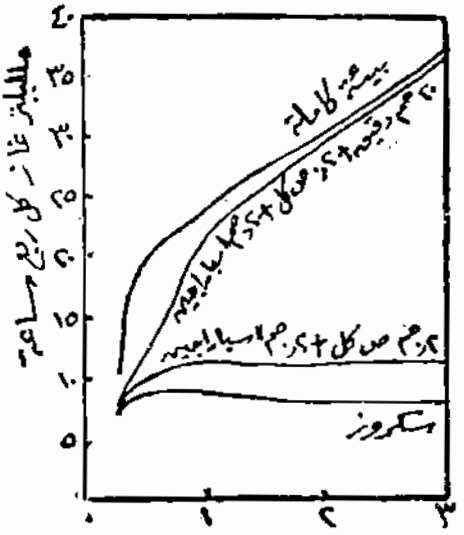
(شكل ٩٠)

سير التخمر فى عينة من الدقيق الغنى بالبروتين

تأثير المكونات غير السكرية :

لوحظ أن سرعة التخمر فى العجينة تفوق كثيراً سرعتها فى المحاليل النقية المحضرة معملياً . وقد استنتج من ذلك أن الدقيق يحتوى على مواد

غير سكرية تنشط عمـلية التخمر الكحولى ، وأطلق على هذه المواد اسم العامل Z ومنها الثيامين والبوتاسيوم والمغنسيوم والكبريتات والفوسفات. ويوضح الرسم البيانى التالى الفارق بين سرعتى التخمر مقـدرة بكمية الغاز المتصاعد فى عجينة الدقيق وفى محلول نقى يتركب من ٠,٠٦ جراماً ص يد٢ فو ا٤ ، ٠,٠٤ جراماً مغ كب ا٤ . ٧ يد٢ ا ، ٠,٠١٦ جراماً بوكل ، ٠,٢ جراماً أسباراجين ، ٠,٠٨ ملليجراماً ثيامين ، ٠,٠٨ ملليجراماً تيركسين ٠,٠٨ ملليجراماً نياسين ، ٢,٥ ملليلتراً محلول سترات صوديوم منظم تركيزه ثلث جزىء فى اللتر ورقم pH له ٥,٥ ويستعمل من هـذا المحلول عشرون ملليلتر على درجة ٣٠° مئوية وتحتوى على جرامين سكروز مع ٠,٦ جرام خميرة .



الزمن بالساعات

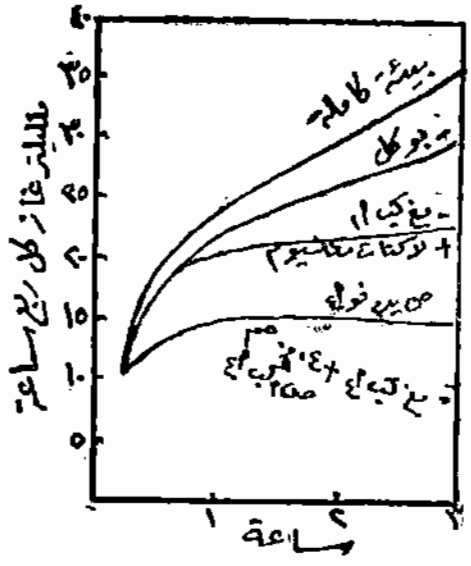
(شكل ٩١)

سرعة التخمر فى العجينة وفى المحلول النقى

وللفوسفات أهمية خاصة فى التخمر الكحولى فهى تدخل ضمن تركيب

إنزيم الكوكربوكسيليز وهو ثنائى فسفوثيامين ، كما أنها تتدخل فى سير تفاعلات التخمر الكحولى . لذلك يضاف قليل من الفوسفات الذائبة إلى المولاس فى صناعة التخمر . ويحتوى الدقيق على فوسفات عضوية فى صورة فوسفوليبيدات وحمض فيتيك . وحيث أن حمض الفيتيك يتكسر فى أثناء عملية التخمر فإنه من المحتمل أن الفوسفور المنفصل منه يستعمل فى التخمر .

والكبريت من مكونات البروتوبلازم فى الخلية . وتستعمل الكبريتات داخل الخلية الحية فى بناء الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت وهى : الستين والمثيونين والجلوتاثيون . ويعتقد أن كمية الكبريتات فى الدقيق تفى باحتياجات التخمر الكحولى . ويبين الرسم البيانى التالى تأثير الأملاح على سرعة تخمر السكروز .



(شكل ٩٢)
تأثير الأملاح على سرعة تخمر السكروز

والمغنسيوم يتدخل فى عمليات تحول الكربوايدرات أثناء التخمر الكحولى فهو يعتبر ذا دور فعال فى التخمر . أما البوتاسيوم فيزيد سرعة التخمر ولكنه

لايعرف على وجه التحديد الدور الذى يقوم به . وعموماً يمكن أن يقال أنه لايعرف تماماً إذا كانت الفوسفات والكبريتات والبوتاسيوم توجد فى الدقيق بكميات تكفى احتياجات التخمر الكحولى أم أن بعضها قد يوجد بتركيز منخفض فيصبح متحكماً فى مدى سير التخمر .

والنتروجين يزيد من سرعة التخمر لذا فهو يضاف فى صورة بيتون أو كلوريد آمونيوم أو بعض أحماض أمينية . والمعروف أن الخميرة تستعمل النتروجين فى تغذيتها وهى تستمده من أملاح الأمونيوم وكذلك من الأميدات ، مثل الأسباراجين الذى تحلله الخميرة بفعل إنزيم اسباراجينيز لتستفيد من النتروجين المنفصل . وللنتروجين فى العجينة ثلاث مصادر هى المركبات النتروجينية القابلة للذوبان فى الماء والموجودة أصلاً فى الدقيق ، والأحماض الأمينية الذائبة والنتروجين الذى يصبح فى متناول الخميرة إثر نشاط الإنزيمات المحللة للبروتينات ، والمركبات النتروجينية التى تضاف للدقيق عند عمل العجينة . فالقمح يحتوى عادة على ٥٣ ,٠ فى المائة مركبات أمينية ذائبة ، والدقيق الفاخر يحتوى على ملليجرامين نتروجين أمينى فى كل مائة جرام .

ويوجد الثيامين أى فيتامين ب ١ فى الدقيق بنسبة ضئيلة نظراً لانتزاع الجزء الأكبر منه فى الردة . والكمية الضئيلة من الثيامين المتبقية فى الدقيق تزيد نشاط الخميرة إلى حده الأقصى . هذا فضلاً عن أن الثيامين يلعب دوراً هاماً فى تفاعلات التخمر الكحولى . لذلك فعند إضافة قليل من الثيامين يزداد نشاط الخميرة . وللبيريدوكسين أى فيتامين ب ٦ أثر طفيف على نشاط الخميرة ، وللنياسين أثر أضعف من ذلك .

وقد وجد فى مستخلص الدقيق ، خصوصاً فى الجزء الجلوتينى ، مواد سامة للخميرة . وهذه المواد توجد بنسب ضئيلة ويظهر فعلها أثناء تخمر السكر ، ويمكن أن يوقف عملها بفعل أى ملح . وتتفاوت الأملاح فى تأثيرها

على إيقاف فعل المواد السامة ، مثال ذلك كلوريد الكالسيوم الذى يكفى منه ٠,٠٢ فى المائة ليعطى تأثيراً مساوياً لما يعطيه كلوريد الصوديوم بنسبة واحد فى المائة .

ويحتوى الدقيق على بروتامين Protamine وهى مادة سامة لخلايا الخميرة ، تفقد خاصيتها السامة بالحرارة أو بالتحلل الإنزيمى . ويتفاوت الأثر السام تبعاً لسلالة الخميرة ونسبة الخميرة .

تكاثر الخميرة فى العجينة

بديهى أن تغير عدد خلايا الخميرة فى العجينة يؤثر فى مدى التخمر الكحولى . ولذلك يحصى عدد خلايا الخميرة فى كثير من التجارب باستعمال hemocytometer وباتباع طرق مختلفة منها هضم العجينة بالببسين وحمض الكلوردريك قبل العد لتخليص الخلايا من الجلوتين ، ومنها هضم العجينة كما سبق ثم تحليل النشا بالتسخين على درجة ٩٠° مئوية والهضم بمستخلص المولت الدياستيزى على درجة ٦٥° مئوية . وتصبغ خلايا الخميرة بأزرق الميثيلين . وفى طريقة أخرى يوقف نمو الخميرة بالكلوروفورم ويغسل الجلوتين للتخلص من خلايا الخميرة ومن النشا ، ثم يحلل الجلوتين بحامض كلوردريك مخفف ، ويصبغ المحلوط بالفوكسين carbol fuchsin الذى يعطى خلايا الخميرة وأجزاء الجلوتين لوناً أحمراً داكناً أما النشا فتتلون بلون وردى خفيف .

وتسبب إضافة أملاح كلوريد الأمونيوم وكبريتات الكالسيوم زيادة تكاثر الخميرة فى العجينة . وهناك علاقة طردية بين عدد خلايا الخميرة وحجم الرغيف .

وعموماً لا يمكن أن يقال أن هناك علاقة ثابتة بين عدد خلايا الخميرة وبين سرعة التخمر ، وأنه فى تخمر العجين لا يلتفت إلى تكاثر الخميرة بل توجه العناية إلى كمية غاز ثانى أكسيد الكربون المتكون .

الفصل الثامن

البيرة

خامات الصناعة . القيمة الغذائية للبيرة . الإنتاج العالمى من البيرة . صناعة المولت . صناعة البيرة . فساد البيرة . تشريعات البيرة .

خامات الصناعات

تصنع البيرة عادة من الشعير وحشيشة الدينار والماء ، إلا أنه قد يضاف للشعير بعض المصادر الكربو إيدراتية الأخرى كالأرز والذرة والمولاس والسكر والزمير .

والشعير المستعمل فى صناعة البيرة ذو صفين . ويدل مظهر حبوب الشعير على صلاحيتها لصناعة البيرة ، ويتأكد من ذلك بإجراء بعض الاختبارات الطبيعية والكيميائية لمعرفة نسبة الرطوبة فى الحبوب ، ووزنها النوعى ، وسمك أغلفتها ، وحجمها ، ولونها ودرجة نظافتها ، ودرجة نقاوتها . وإصابتها بالفطريات أو السوس ، ودرجة نضجها ، وحيويتها ، وانتظام شكلها ، ومدى تلفها بفعل الحرارة أو العوامل الجوية أو الدراس ، ونسبة النشا بها ، ونسبة الشعير الصالح صناعياً ، ونسبة الإنبات ، ووزن الألف الحبة ، ونسبة البروتين ، والقوة الدياستيزية ، وشكل ولون ومظهر قطاع الإندوسبرم . وأهم هذه جميعاً بالنسبة لتحضير المولت هو درجة النضج والحيوية وانتظام الحبوب ونسبة البروتين ونعومة الأغلفة وخلو الحبوب من الإصابة .

ويختلف التركيب الكيميائى للشعير ذى الصفين عن الشعير ذى الستة صفوف ، فالنسبة المئوية للهيميسليلوز والبكتين فى ذى الصفين وذى الستة ١١،٨ على التوالى ، وللسليلوز ٧،٤ ، وللجنين ٣،١,٥ . وتتشابه حبيبات النشا فى الشكل فى كل من القمح والشعير إلى حد كبير . وتفضل الحبوب ذات النسبة المرتفعة من النشا فى صناعة المولت .

وتؤثر التركيب الكيميائى للشعير فى القيمة الغذائية للبيرة إذ أنه يحتوى على البروتين والفيتامينات والأملاح المعدنية . الكربو إيدرات التى يستخلص

بعضها فى البيرة . وأهم فيتامينات الشعير هى الثيامين والريبوفلافين وحمض النكوتنيك وحمض البانتوثنيك . والمعروف أن نسب هذه الفيتامينات ترتفع إثر إنبات حبوب الشعير ، أى تحويله إلى مولت ، فيما عدا الثيامين .

وتحتوى حبوب الشعير الجاف على حوالى ٨٠ إلى ٩٠ فى المائة كربوإيدرات معظمها نشا . أما بروتينات الشعير فمنها ثلاثة فى المائة ليوكوزين وهو البيومين ذائب فى الماء، ١٨ فى المائة إدستين وهو جلوبيولين ذائب فى المحلول الملحى المخفف ، ٣٨ فى المائة هوردين وهو برولامين ذائب فى الكحول تركيز ٧٥ فى المائة فى القلوى ، ٤١ فى المائة جلوتلين ذائب فى القلوى . ونقل جودة حبوب الشعير كلما ارتفعت نسبة النتروجين بها .

القيمة الغذائية للبيرة :

تتضح القيمة الغذائية لمشروب البيرة من التحليل الكيميائى لها . فالنسب المئوية لمكونات البيرة هى ٣,٨٣ سكريات ، ٣,٦٣ كحول ١,١٦ سكريات مختزلة ، ٠,٤٦ ثانى أكسيد كربون ، ٠,١٣٥ حوضة ، ٢,٧٣ دكسترينات ، ٠,١٤٨ رماد ، ٠,٠٠١ جلوكوز ، ٠,١٠ ملتوز ، ن ، ٠,٢٠ ملتوتريوز ، ٠,٤٥ مالتو تتراوز ، ٣,٠٤ سكريات مركبة ، ٠,٢٩٩ بروتينات ، ٠,٠٢٩ نتروجين غير بروتينى ، ٠,٠٧١ بروتينات مرتفعة الوزن الجزيئى ، ٠,١٠٠ بروتينات متوسطة الوزن الجزيئى .

٠,٠٩٥١ بروتينات منخفضة الوزن الجزيئى .

آثار من كل من الفركتوز والسكروز . وتحتوى البيرة أيضا على المكونات التالية كأجزاء فى المليون ، ٠,١٧٥ حديد ، ٢٥٦,٠ كبريتات كلسيوم ، ١٥٣,٠ كلوريد صوديوم ، ٥٥,٤ تانينات ، ١٣,٢ ثانى أكسيد كبريت ، ٠,٢٤٥ نحاس . وتبلغ كمية الكحول فى البيرة حجماً ٤,٦٠ فى المائة : وهى تحتوى على ١,٢ سنتيمتراً مكعباً هواء ، ١,٠١ سنتيمتراً مكعباً

نتروجين ، ٠,١٩ سنتيمتراً مكعباً أكسيجين . وتبلغ الحموضة الفعلية فى البيرة حوالى pH ٤,٣٥ ، والوزن النوعى للبيرة ١,٠١٢١ ، والجذب السطحى ٤٦ dynes . وتعطى المائة جرام من البيرة ١٦٨,٣ سعراً .

وتتفاوت أصناف البيرة فى قيمتها الغذائية كثيراً ، فنسب المكونات كملليجرامات فى كل مائة سنتيمتر مكعب بيرة تنحصر فى الحدود التالية : الكربوإيدرات ٢١٠٠ إلى ٨٣٠٠ ، الكحول ٢٣٠٠ ، إلى ٨٣٠٠ ، البروتين ١٨٨ إلى ٦١٦ ، كلوريد الصوديوم ٣٢ إلى ٥٥ ، الكالسيوم ٥,٣ إلى ٢٤,٩ ، الفسفور ٥ إلى ٢٧,٨ ، الحديد ٠,٠٠٥ إلى ٠,٢٨ ، الريبو فلافين ٠,٠٣٣ إلى ٠,١٤٠ ، النيكوتيناميد ٠,٤٥ إلى ٢,٧١ ، حمض البانتوثنيك ٠,٠٤ إلى ٠,٠٩ ، البيريدوكسين ٠,٠٤ إلى ٠,٠٩ البيوتين صفر إلى ٠,٠٠١٥ .

والشعير المستخدم فى صناعة البيرة يعتبر مصدراً رخيصاً للكربوإيدرات ، كما أنه يحتوى على البروتين والفيتامينات ، وهذه الأخيرة تتساوى فى كميتها تقريباً مع فيتامينات البيرة . لهذا تعتبر البيرة مصدراً جيداً لفيتامين الريبو فلافين إذ يحتوى السنتيمتر المكعب منها على ٠,٥ — ٠,٧ ميكروجرام ، وتنخفض نسبة فيتامين ب، فى الشعير بتحويله إلى مولت ، أما نسبة الريبو فلافين فترتفع فى المولت إلى ثلاثة أمثال نسبتها فى الشعير ، وترفع أيضاً نسبتا حمض النيكوتنيك والبانتوثنيك . وتكون الكربوإيدرات ٨٠ — ٩٠٪ من الوزن الجاف للشعير ، وأهم هذه الكربوإيدرات هو النشا لأنها الغذاء المخزون الذى يمد الجنين بالسكر أثناء الإنبات فى صناعة المولت . وتؤثر بروتينات الشعير فى صناعة المولت لأنها تؤثر على صفات الحبة . ويفضل استعمال العامل ٦ بدلا من ٦,٢٥ فى حساب نسبة بروتين الشعير من نسبة النتروجين ويعتبر ٨ — ١٣٪ من نتروجين الشعير ممثلا لناتجات تحلل بروتينية .

الإنتاج العالمى من البيرة :

تنتج جمهورية مصر العربية نسبة ضئيلة من البيرة مقارنة بالإنتاج العالمى . وتنتج الولايات المتحدة الأمريكية وحدها ثلاثين فى المائة من إنتاج البيرة العالمى ، ويلى هذه الدولة ألمانيا التى تنتج ٢٧,٨ فى المائة ، ثم بريطانيا وتنتج ١٣,٩ فى المائة . ويتوزع باقى الإنتاج العالمى بنسبة ٦,٩ فى المائة فى بلجيكا ، ٦,٦ فى فرنسا ، ٢,٥ فى روسيا ، ٢,٤ فى دول اسكندیناوة ، ١,٤ فى استراليا ، ١,٤ فى دول شمال أمريكا فيما عدا الولايات المتحدة الأمريكية ، ١,٣ فى كندا والمكسيك ، ٥,٥ فى جميع الدول الأخرى . والصناعة ظلت محتكرة طيلة الأعوام السابقة فى جمهورية مصر العربية ، وقدر إنتاج الشركة المحتكرة فى عام ١٩٦١ بحوالى ١٢٠٠٠٠٠٠٠ لتراً من البيرة سنوياً .

المولت :

تنبت حبوب الشعير لإنتاج المولت malt الذى يدخل فى صناعة البيرة. والشائع هو تخزين الشعير بضعة أسابيع قبل تنبيته بقصد تحسين صفاته . فبمرور حوالى شهر ونصف على حصاد حبوب الشعير ترتفع نسبة إنباتها بمقدار اثنين فى المائة تقريباً ، وترتفع نسبة مستخلص المولت بحوالى ١,٨ فى المائة ، وترتفع نسبة البروتين الذائب منسوباً للبروتين الكلى بحوالى ٣,٧ فى المائة . ويلاحظ أن المستخلص المحضر من شعير مخزون يكون رائقاً بعكس المحضر من شعير حديث الحصاد فيكون عكراً نوعاً . والشعير النظيف القادر على الإنبات يعطى مولتاً ردىء الصفات إذا ما استنبتت بعد حصاده مباشرة بالرغم من أنه سوف ينبت بقوة وبانتظام بعد أخذ طور الراحة المناسب للجنين ، وتنعكس رداءة الصفات فى ظهور بعض العكارة بمستخلص المولت مما يدل على تحضير المستخلص من شعير غير تام النضج. والأرقام التالية توضح أثر تخزين الشعير .

تاريخ نقع الشعير	نسبة إنبات الشعير	نسبة المستخلص	نسبة البروتين الذائب للبروتين الكلى	مظهر المستخلص
بعد الحصاد مباشرة	٩٧	٧٢,٥	٣٥,٥	عكر
بعد شهر من الحصاد	٩٩	٧٣,٥	٣٧,٥	قليل العكارة
بعد شهر ونصف من الحصاد	٩٩	٤٧,٣	٣٩,٢	رائق

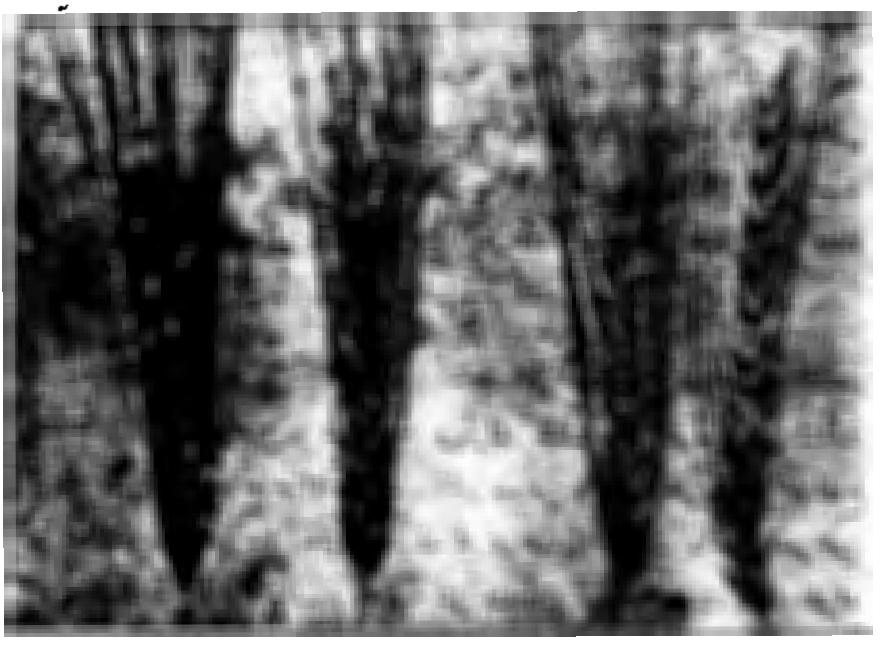
وأهم التغيرات التى تحدث فى حبوب الشعير أثناء تخزينها هى ارتفاع الحموضة كنتيجة لنشاط إنزيمات الكتاليز والبروكسيديز والأكسيديز ، كما تزداد قدرة الحبوب على تشرب الماء . وهذه الزيادات تصبح ملحوظة قرب نهاية فترة التخزين التى يظهر عندها أيضاً نشاط إنزيم الأوكسيديز .

وقد وجد أن نسبة مستخلص المولت تتأثر بنسبة النتروجين فى الحبوب وبوزن الألف حبة ، كما يتضح من المعادلة :

كمية المستخلص بالرطل من كل ٣٣٦ رطل مولت = ١ — (١٠,٥ × النسبة المئوية للنتروجين) + (٠,٢ × وزن الألف حبة بالجرام) .

صناعة المولت :

تتلخص خطوات صناعة المولت فى التنظيف Cleaning والتدريج Grading



(شكل ٩٣)
سنابل الشعير ذى الصفين (يمين) وذى الستة صفوف (يسار)

والنقع أو البل Steeping والإنبات Germination والتسوية Curing :

فتبدأ صناعة المولت بتنظيف حبوب الشعير الجافة وإزالة المواد الغريبة والبذور والحبوب الضامرة والحبوب المكسورة . وتدرج الحبوب النظيفة إلى أحجامها المختلفة .

ثم تنقع حبوب الشعير لفترة قصيرة فى محلول ماء جير أو صودا كاوية لفترة قصيرة تكفى لإزالة المواد الصمغية المحيطة بالحبوب ولتليين القشرة وتسهيل دخول الماء إلى الحبوب . وينفاوت تركيز المحلول المستخدم تبعاً

لصنف الشعير . ويلى ذلك غسيل الحبوب بالماء الجارى لمدة ٢٤ — ٦٥ ساعة.

وتؤثر درجة حرارة ماء النقع فى المدة ، فكلما ارتفعت درجة الحرارة كلما قصرت المدة اللازمة للنقع . ويلزم تهوية الحبوب على فترات خلال مرحلة النقع . وأثناء النقع يفقد حوالى ٠,٥ — ٠,١٥ ٪ من المادة الجافة كما يفقد حوالى ٦,٢ ٪ بتأثير التنفس وحوالى ٢,٥ ٪ فى تكوين الجذير . أما نسبة السكر فترتفع من ١ ٪ فى الشعير إلى ٣ ٪ فى المولت ويتبع هذا انخفاض فى نسبة النشا . وأما الجلوتين فتنخفض نسبته فى المولت إلى ثلاثة أرباع نسبته فى الشعير بسبب التحلل المائى الإنزيمى الذى يبدأ بطيئاً ثم يصل إلى حده الأقصى بعد يومه الثالث حتى اليوم السابع أو الثامن .

وعقب النقع تصفى المياه وينشر الشعير على أرضية غرفة تنبيت الشعير Flooring بسمك ١,٥ — ٢,٥ قدم ويترك كذلك لمدة تتراوح بين ثمانية واثنى عشر يوماً ، مع مراعاة تقليب الحبوب من وقت لآخر وعدم ارتفاع درجة الحرارة عن ١٥° مئوية . وقد تجرى عملية الإنبات داخل أحواض الإنبات ذات القاع الكاذب والمحتوية على فتحات تهوية لتحديد كمية الهواء البارد التى تدخل الأحواض .

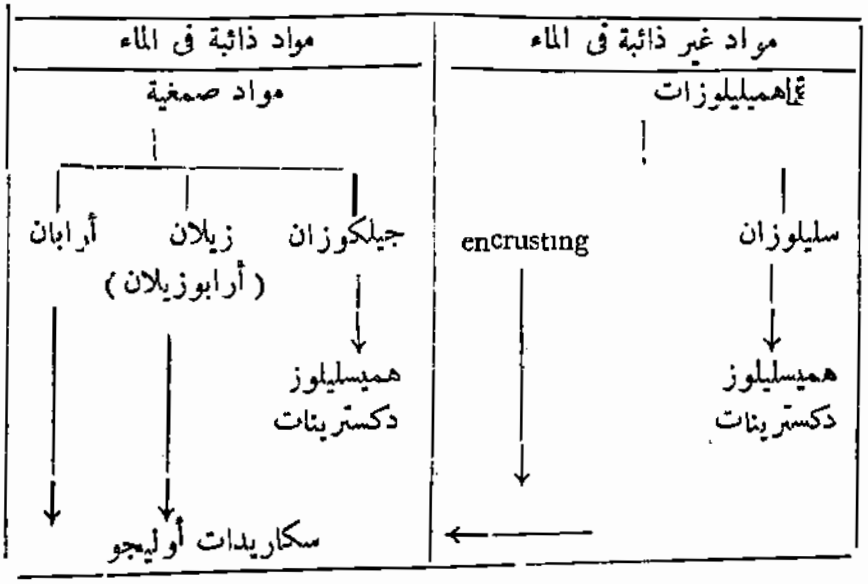
وتحدث بعض التغيرات فى حبوب الشعير أثناء فترة إنباتها ، ومن هذه التغيرات

(شكل ٩٤)
نقع حبوب الشعير فى الأحواض

(شكل ٩٥)
الشعير على أرضية غرفة الإنبات

نمو الريشة والجذير وذوبان جدران خلايا الإندوسبرم بفعل إنزيم السيتيز وتحلل جزء من النشا بفعل إنزيمات الدياستيز وتحلل جزء من البروتينات إلى مواد أبسط بفعل الإنزيمات البروتينية وتحلل بعض المواد الذائبة فى الماء منتجة أرابان وزيلان وجليكوزان ودكسترينات وأوليجو سكاريدات .

والمواد العديدة التسكر غير النشوية التى توجد فى الشعير وتتعرض للتغير هى :

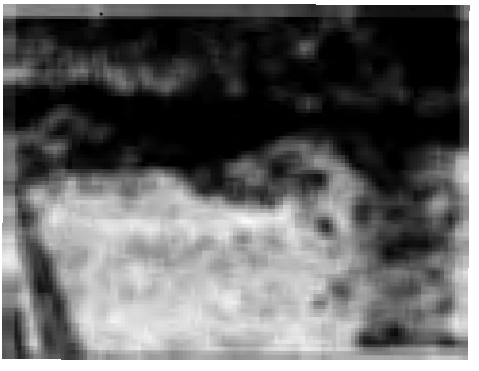


ويبدو أن تكون البنتوز والبنتوزانات طبيعياً مرتبط بالسكريات السداسية والهكسوزانات عن طريق حمض اليورونيك والبوليبورنيك .

كيدا (كيدايد) ٤ . كيدم ايد ← كيدا (كيدايد) ٤ . كاايد .
هكسوز حمض هكسيورونيك
↓ — كا ٢
كيدا . (كيدايد) ٣ كيدمايد
بنتوز

وأندريد اليورنيك موجود فى الشعير بنسبة ١,٧٩ فى المائة تقريباً ، وفى المولت بنسبة ١,٧٢ فى المائة تقريباً .

وتنخفض لزوجة مستخلص الحبوب بطول فترة الإنبات ، ولهذا تقاس اللزوجة دواماً للتعرف على مدى التغيرات التى حدثت عند تحضير المولت .



(شكل ٩٦) حبوب الشعير فى فترة التنبيت

وعندما يبلغ إنبات حبوب الشعير حده المناسب يوقف الإنبات بتحميص الحبوب على درجة حرارة منخفضة ، ثم ترفع درجة الحرارة تدريجياً لإيقاف فعل الإنزيمات دون أن تقتل . وتسمى هذه العملية بالتسوية curing . ويلى ذلك تبريد الحبوب وغربلتها لفصل الجذيرات عن المولت .

وعند تحميص المولت يراعى ألا تتجاوز نسبة الرطوبة به الثلاثة فى المائة حتى لايتعذر طحنه . وعملية التحميص هذه تؤثر فى نكهة البيرة ولونها . والمعتقد أن تفاعل ميلارد Maillard يحدث فى المولت ويتدخل فى إظهار اللون . والمعروف أن نكهة المولت ولونه يرجعان إلى الميلانويدينات Melanoidins وهى مواد ذات أثر حمضى ضعيف وقابلة للذوبان فى الماء وهى الأساس فى تحضير الكرامل Caramel التجارى .

ويتكون مولت الشعير ذو الصفين من المكونات التالية وبالنسب التالية : نشا ٥٨ ، كربوإيدرات ذائبة ١٢ ، هميسليلوز وبكتين ٧ ، بنتوزانات ذائبة صفر ، سليلوز ولجنين ٦ ، بروتين ٧ ، مواد نتروجينية ذائبة ٢,٥ ، دهن ٢ ، تانين ٠,٣ ، رماد ٢,٢ رطوبة ٢ . أما مولت الشعير ذى الستة صفوف فنسب مكوناته المئوية هى : ٥٣ ، ١٠ ، ١٠ ، ١ ، ١٠ ، ٧ ، ٢ ، ٢ ، ٠,٥ ، ٢,٥ ، ٢ وبنفس الترتيب .

ويحضر المولت المحمص roasted malt بتحميص المولت المجفف فى أسطوانات معدنية مسخنة بانتظام فيبدأ التكرمل عند درجة ٤٤٥° فهرنهيت بينما يبدأ التكربن عند درجة ٤٨٠° فهرنهيت . وهذا المولت المحمص الذى قد يعرف باسم المولت الأسود يحتوى على ٣ فى المائة رطوبة ويعطى كل ٣٣٦ رطل منه ٨٤ رطلاً من المستخلص .

ويحضر المولت المتبلر Grystal and caramel malt من المولت الأخضر الغير مجفف بتسخينه على درجة ١٥٠ إلى ١٧٠° فهرنهيت ثم رفع درجة الحرارة تدريجياً خلال ساعتين أو ثلاثة . وتسبب هذه المعاملة الحرارية شبه سيولة للأندوسبرم الذى سرعان مايتحول إلى كتلة متبلورة بعد برودته . وتبلغ نسبة السكريات المختزلة فى هذا المولت ٣٠ إلى ٥٠ فى المائة منسوبة للمادة الجافة ومحسوبة فى صورة ملتوز ، أما نسبة الرطوبة فتبلغ حوالى خمسة فى المائة . وتعطى كل ٣٣٦ رطل من هذا المولت ٨٢,٥ رطلا من المستخلص .

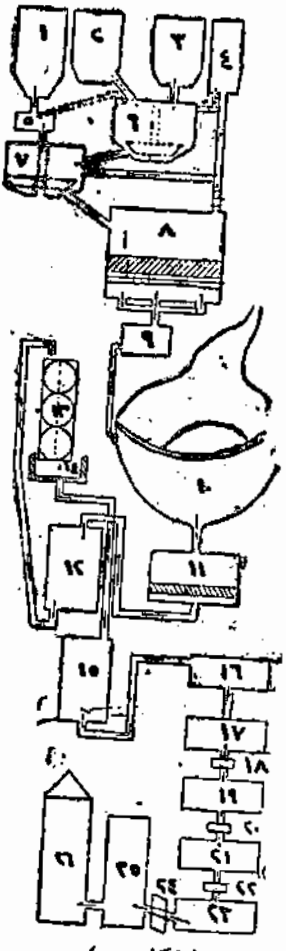
ويتأثر نشاط إنزيمات الأميليز بالمعاملة الحرارية ، فالبيتا أميليز المنتج للسكر يتلف بالتسخين على درجة ٧٠° مئوية لمدة ربع ساعة أو على درجة ٦٥° مئوية لمدة ثلث ساعة .

ويدخل المولت فى كثير من الصناعات بخلاف صناعة البيرة ، مثل صناعة العقاقير والحلوى والبسكويت والخبز والنسيج وأطعمة الأطفال وبديل القهوة وإنتاج الإنزيمات المحللة للبروتينات .

صناعة البيرة :

يمثل الشكل التالى خطوات صناعة البيرة :

١ — صومعة المولت
٢ — صومعة الأرز
٣ — صومعة الذرة
٤ — ماء نقى
٥ — طاحونة
٦ — حوض التسخين بداخله مقلب
٧ — حوض الاستخلاص بداخله مقلب
٨ — حوض التصفية ذو القاع الكاذب
٩ — حوض
١٠ — غلاية
١١ — مصفاة مستخلص حشيشة الدينار ذات القاع الكاذب
١٢ — فنطاس مستخلص المولت الساخن



(شكل ٩٧)
خطوات صناعة البيرة

١٣ – مبرد
١٤ – صينية المبرد
١٥ – ترسيب
١٦ – تخمير
١٧ – فناطيس التخزين
١٨ – ثانى أكسيد الكربون
١٩ – فنطاس تخزين
٢٠ – تبريد
٢١ – فنطاس تخزين
٢٢ – ثانى أكسيد الكربون
٢٣ – فنطاس تخزين
٢٤ – ثانى أكسيد الكربون
٢٥ – فنطاس
٢٦ – تعبئة الزجاجات

تبدأ صناعة البيرة بعمليات تنظيف حبوب الشعير Cleaniog ، ونقعها فى الماء steeping على درجة حرارة ١٣ إلى ٢٠° مئوية لمدة ٤٨ إلى ٦٠ ساعة ، وفرش الحبوب المنقوعة على أرضية غرف الإنبات flooring فى طبقات لايتجاوز سمكها ١,٥ إلى ٢,٥ قدماً لمدة ٩ إلى ١٣ يوماً على درجة حرارة لاتتجاوز ١٥° مئوية مع مراعاة التقليب بانتظام وتوفر التهوية الجيدة . ويلى ذلك إيقاف الإنبات Withering بعد أن يبلغ طول الريشة ثلثى أو ثلاثة أرباع طول الحبة وذلك بتجفيف الحبوب المنبتة على درجة حرارة منخفضة لاتوقف نشاط الإنزيمات حتى تنخفض نسبة الرطوبة إلى خمسة فى المائة . وعادة يجرى التجفيف على مرحلتين الأولى منهما على درجة ٦٠° مئوية لمدة ٢٤ ساعة ، وفيها تنخفض الرطوبة إلى ١٠ أو ١٢ فى المائة والثانية على درجة ٨٠° مئوية لمدة ٢٤ ساعة . وترتفع درجة الحرارة إلى ١٠٥° مئوية فى المرحلة النهائية عند صناعة البيرة الداكنة dark beer التى يستعمل فى صناعتها المولت المتكرمل جزئياً .

ويكبرت المولت بغاز ثانى أكسيد الكبريت لتحسين لونه وقتل الأحياء الدقيقة الملوثة إن وجدت . وهذه العملية يترتب عليها انخفاض رقم pH بما يقرب من ٠,٤ درجة وهذا يشجع نشاط الإنزيمات البروتينية الأمر الذى ينشأ عنه ارتفاع نسبة البروتين القابل للذوبان فى المستخلص بما يقرب من ثلاثين فى المائة .

ويغربل المولت لفصل الجذيرات والقشور ثم يطحن ويخزن لمدة شهرين تقريباً تحدث خلالهما بعض التغيرات الحيوية فى المولت مما يساعد على عدم حدوث ترسيب Haze فى البيرة بعد صناعتها . ويستخدم فى هذه العملية مصاف أسطوانية ذات حدافات داخلية تسبب عند الدوران انفصال الجذايرات والقشور الجافة والشعيرات .

ويستخلص المولت بالماء Mashing مع التسخين على درجة ٣٨ إلى ٥٠° مئوية لمدة تستغرق حوالى ساعة تنشط خلالها الإنزيمات التى سبق إيقافها بعملية التسوية ، بعدها ترفع درجة الحرارة إلى ٦٥ أو ٧٠° مئوية لمدة بضع دقائق ، ثم إلى درجة ٨٠ — ٨٥° مئوية لمدة بضع ثوان لقتل الإنزيمات . وعندما يراد إضافة مواد أخرى كالسكر أو الأرز أو الذرة أو الزمير فتضاف هذه إلى المخلوط قبل رفع درجة الحرارة إلى ٦٥ — ٧٠° . والماء المستعمل قد يكون عادياً أو خاصاً لإنتاج أنواع معينة من البيرة ، كأن يستعمل ماء Burton الذى ترتفع فيه نسبة المواد المسببة للعسر الدائم وتقل نسبة المواد المسببة للعسر المؤقت لصناعة البيرة المعروفة باسم Pale ales والمنتشرة فى بريطانيا ، أو يستعمل ماء Dublin فى صناعة البيرة المعروفة باسم Stout . وهذا يعنى أنه يجب التعرف على نسب الأملاح فى الماء المستعمل فى البيرة لأنها تؤثر تأثيراً واضحاً فى صفات المستخلص خصوصاً كربونات وكبريتات الكالسيوم والمغنسيوم ثم كلوريدات وكربونات وكبريتات الصوديوم والبوتاسيوم. إذ أن الأيونات الناتجة من تأين هذه الأملاح قد تتفاعل مع بعضها ويترتب على التفاعل إرتفاع أو انخفاض الحموضة الفعلية. وهذا التغير فى الحموضة قد يكون مرغوباً أو غير مرغوب . وبعض هذه التفاعلات يؤثر فى لون وثبات البيرة ، كما أن الكلوريدات تؤثر على نكهة البيرة وعلى الهضم . أما عن درجة الحرارة فهى متعلقة برقم pH أيضا إذ يصبح هذا ٦,٢ إلى ٦,٣ فى مستخلص المولت الناتج من استعمال الماء المقطر البارد بينما يكون ٥,٢ إلى ٥,٦ فى حالة استعمال الماء على درجة حرارة ٦٥°

مئوية أو ٤,٨ إلى ٥,٢ فى حالة الاستخلاص على درجة الغليان . وأنسب درجة للحموضة الفعلية هى ٥,٢ لكنه فى هذه الحالة تكون نسبة الكحول منخفضة نسبياً بينما عند pH ٥,٤ تكون نسبة الكحول أعلى ، ويعلل ذلك بازدياد نشاط إنزيم الألفا أميليز عند رقم pH المرتفع . فالحموضة الفعلية تؤثر على النشاط الإنزيمى وعلى مدى ذوبان بعض المكونات فى مسحوق المولت كالصبغات ، والتانينات ، وعلى سرعة انفصال البروتينات المتجمعة . وهذه الأسباب تبرر تأثير الحموضة الفعلية للمستخلص فى كمية المستخلص الناتجة وفى لونه ونكهته وفى ثبات مشروب البيرة . ويحتوى مستخلص المولت المعد لصناعة البيرة pale ales على ٥٤,٤ إلى ٢٠,٤ جزء من كبريتات الكالسيوم فى ١٠٠,٠٠٠ جزء ، ١٢ إلى ٦ جزءاً كبريتات مغنيسوم ، ٥,٩ ٢,٩ جزءاً كلوريد كالسيوم . أما مستخلص البيرة Mild ales فيحتوى على ٢٠,٤ إلى ٦,٨ ، . إلى ٦,٠ ، ١١,٧ إلى ٥,٦ جزءاً من هذه المركبات على التوالى . والبيرة Stouts تحتوى على ٠,٠ إلى ٦,٠ ، ١٧,٥ إلى ١١,٧ ، ١٦,٣ إلى ١١,١ جزءاً بنفس الترتيب . ويمكن أن يقال بوجه عام أنه من الأفضل عدم وجود الكربونات فى المستخلص ، ويساعد على ذلك أن الجزء الأكبر منها يتحلل أثناء الغليان . ويعمل الغليان لمدة طويلة أيضاً على استخلاص التانين والسليكون بدرجة أكبر من قشور المولت وهذا له أثره السيء فى لون ونكهة وثبات البيرة . كذلك يتحلل السكروز أثناء الغليان إلى جلوكوز وفركتوز ، ويتحلل جزء من النشا إلى دكسترينات بفعل إنزيمات الأميليز ويتحلل جزء من البروتينات ومن الألفا والجاما جلوبيولين ، أما نسبة البيتا جلوبيولين فلا تتغير بشكل ملحوظ . لذلك توجد فى المستخلص أحماض أمينية على حالة حرة هى الألانين وحمض الأمينوبيوتريك والأرجينين وحمض الأسبرتيك والسستين وحمض الجلوتاميك والجليسين والهستدين والأيزوليوسين والليسين والمثيونين والبرولين والفينايل ألانين والسيرين والثريونين والتربتوفان والتيروزين . ويوجد مع هذه الأحماض الأمينية الأميدان جلوتامين وأسبرجين .

ويصفى مستخلص المولت لفصل القشور والمواد الصلبة ، ويتخلف عن عملية التصفية lautering تفل البيرة Spent grains التى تستعمل علفاً للماشية وهى تحتوى على ١٠,٨٦ فى المائة رطوبة ، ٣,٨٩ فى المائة رماد ، ٤,٥٤ فى المائة زيت ، ١٦,٨٨ فى المائة ألياف ، ١٤,٣٧ فى المائة بروتين ، ٤٩,٤٦ فى المائة مستخلص خالى من الأزوت . ويطلق على المترشح الإسم wort .

تضاف حشيشة الدينار hops إلى المستخلص ويغلى Copper boiling لاستخلاص بعض مكونات حشيشة الدينار المكسبة لنكهة البيرة ولتركيز المستخلص وخفض رقم pH به قليلاً وتعقيمه وقتل إنزيماته فيثبت تركيب الكربوإيدرات وللتخلص من بعض المواد النتروجينية ولإحداث التكرمل

(شكل ٩٨)
إضافة حشيشة الدينار لمستخلص المولت

فى بعض سكريات المستخلص . وتفيد حشيشة الدينار أيضاً فى منع نمو البكتريا Bacillus بالاشتراك مع الحموضة فى هذا التأثير .

والمواد التى تستخلص من حشيشة الدينار أثناء الغليان هى التانينات والزيوت العطرية والمواد النتروجينية الذائبة فى الماء والمواد الراتنجية والمواد

البكتينية والهميسيليلوزات وفيتامينات ب . هذه المواد الراتنجية هى التى تكسب البيرة طعمها المر المميز . أما الزيوت العطرية فيتطاير تسعون فى المائة منها تقريباً بالغليان لمدة ساعتين . وأهم الزيوت العطرية فى حشيشة الدينار هى :

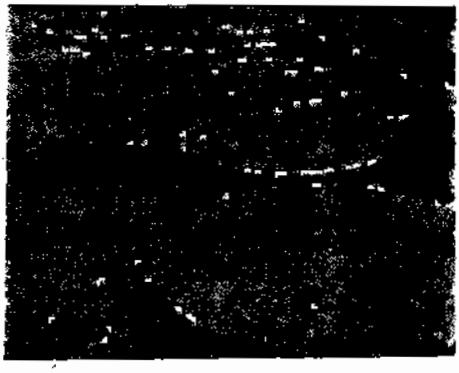
Luparol, Luparenol, Luparone, humulene, Geraniol, Linalool, Myrcene.

وأما المواد النتروجينية المستخلصة من حشيشة الدينار بالغليان فتستعملها الخميرة فى تغذيتها أثناء عملية التخمر . وللتانينات أثرها فى الصناعة إذ أنها تتحد بالبروتينات والبروتيوزات والببتونات فتقلل من ذوبان هذه المواد النتروجينية فى المستخلص . والمركب المسئول عن مرارة البيرة هو humulene الذى يستخلص من حشيشة الدينار . ويساعد على ذوبان المواد المسببة للطعم المر تهوية المستخلص أثناء غليانه .

ويبرد مستخلص المولت وحشيشة الدينار إلى درجة ٢٥° مئوية ثم إلى درجة ٦° مئوية لترسيب البروتينات المتجمعة . ويفضل رج المستخلص لدفع بعض المواد الغروية إلى أن تطفو على السطح أو يمرر فى المستخلص أثناء تبريده فقاعات من غاز الإيدروجين أو من الهواء .

ويلقح مستخلص المولت وحشيشة الدينار بالخميرة pitched with yeast ويترك للتخمر fermentation . والخميرة Saccharomyces cerevisae المضافة تحتوى على اثنين فى المائة من وزنها الجاف شيتين وميوكوبروتين ، ٨ فى المائة جلوكان ، ٢,٥ فى المائة مانان ، ١٠ إلى ٣٠ فى المائة جليكوجين ، ٥ إلى ١١ فى المائة ماء ، ١٤ فى المائة ترهالوز . وهذه الخميرة تمتص السكريات الأحادية القابلة للتخمر إلى داخل خلاياها حيث تتحول بعمليات متعددة إلى كحول وثانى أكسيد الكربون . وتبدأ عملية التخمر باتحاد السكر السداسى بالفوسفات باستنفاذ جزيئين من المركب ATP ثم يتحلل هذا

المركب ثنائى الفوسفات إلى مركبين كل منهما ثلاثى الكربون ينتجان فيما بعد أربعة جزيئات من مركب الأدينوزين ثلاثى الفوسفات ATP . أى أن كل جزئ جلوكوز يتخمر ينتج عنه كسب فى الطاقة قدره جزيئان من مركب الفسوفات الغنى فى الطاقة ، وهو القدر الذى تستفيده الخميرة فى سد احتياجاتها الأخرى . وهناك ناتجات عرضية لعملية التخمر منها كحولات ذات وزن جزيئى مرتفع ككحول الأميل المشابه والنيروزول ك٦ يد١٢ (ا يد) ك يد٦ ك يد٦ أيد ، ومنها ر . ك١ ك١١ الذى قد يتحول إلى المركب ر . يدا يد . ك ايد أور . ك١ . ك١١ يد . والمعروف أنه بعد مضى حوالى



(شكل ٩٩)
أحواض تخمير مستخلص المولت

٩٦ ساعة على بدء التخمر يفقد حوالى ٩٠ فى المائة من الأحماض الأمينية وكل المثيونين الموجود فى المستخلص .

والمعروف أيضاً عن الخميرة أنها قادرة على اختزال بعض الألدهيدات الموجودة فى المستخلص محولة إياها إلى كحولات ، كما تحول بعض الكيتونات إلى كحولات وبعض مركبات النتروإلى أمينات . وسلالة الخميرة التى تنمو فى القاع قادرة على اختزال مركبات الكبريت إلى كبريتور إيدروجين . ويزداد نشاط الخميرة بارتفاع نسبة المضاف منها وبارتفاع نسبة السكروبوجود كمية

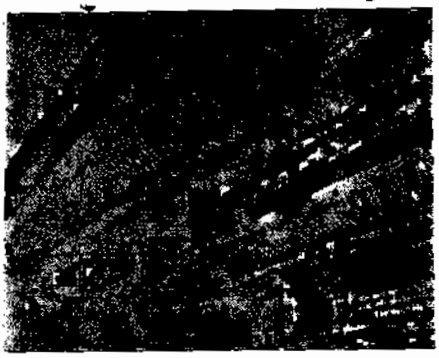
كافية من المواد النتروجينية . ويتوقف النشاط فى وجود المواد السامة مثل النحاس والكادميوم والفضة والزئبق والأزميوم والبلاديوم بتركيز يتراوح بين واحد وعشرة فى المليون ، ومثل الكوبلت والبورون والنيكل والفلور والزرنيخ والقصدير بتركيز حوالى ١٠٠ إلى ٣٥٠ جزءاً فى المليون . ويتأثر النشاط أيضاً بدرجة الحرارة فالسلالة النامية فى القاع تنشط على درجة ٦,٣° مئوية ويتم التخمر فى هذه الحالة خلال أربعة عشر يوماً ، أو على درجة ٩,٢° مئوية لإنجاز التخمر خلال ثمانية أيام . أما فى حالة سلالة الخميرة التى تنمو على السطح فدرجة الحرارة المستعملة عادة تتراوح بين ١٥ إلى ١٧° مئوية . وفى الواقع تتوزع الخميرة داخل المستخلص أثناء فترة التخمر فيوجد بعضها فى القاع والبعض على السطح والبعض داخل السائل ، وهذه الحالة الأخيرة هى الأكثر فعلاً من وجهتى تكاثر الخميرة وإنتاج الكحول . وبتكوين الكحول ينخفض pH المستخلص من ٥,٤ أو خمسة إلى ٤,٢ أو أربعة .

وترسب الخميرة من المستخلص بتبريده إلى درجة ٢° مئوية ، وتفصل الخميرة المترسبة وتخزن الخميرة بعد غسلها وضغطها مغمورة تحت سطح الماء على درجة صفر إلى ٤° مئوية فى حالة سلالة القاع ، أو مغمورة فى البيرة على درجة ٧ إلى ١٠° مئوية فى سلالة السطح . وللتخزين الطويل تخمر الخميرة فى مستخلص المولت وتعبأ فى أوانى تقفل وتخزن على درجة الصفر المئوى لمدة تقرب من خمسة أسابيع .

وتخزن البيرة الناتجة لمدة تقرب من شهرين على درجة حرارة تقرب من الصفر المئوى بقصد تعتيقها ، مع مراعاة تنظيم الضغط داخل الأوانى لمنع حدوث انفجار سببه ضغط ثانى أكسيد الكربون المتولد .

وترشح البيرة لفصل الشوائب والخميرة قبل تعبئتها فى الزجاجات المغسولة

بالماء المضاف إليه صودا كاوية بنسبة ٣ فى المائة ثم بالماء العادى . ويضاف للبيرة غاز ثانى أكسيد الكربون لرفع تركيزه فى الزجاجات إلى نصف فى المائة تقريباً قبل قفل الزجاجات .



(شكل ١٠٠)
جهاز ترشيح البيرة

وتحفظ البيرة ببسترتها على درجة ٦٠° مئوية لمدة ثلث ساعة تقريباً ، مع مراعاة عدم ارتفاع درجة الحرارة كثيراً خوفاً من الإضرار بنكهة البيرة . ويلاحظ أن غاز ثانى أكسيد الكربون المضاف له تأثيراً حافظ أيضاً .

فساد البيرة :

تظهر فى البيرة بعض العيوب الناشئة عن سوء التصنيع كأن تبدو فى البيرة إعكارة haze مرجعها إلى المعادن أو النشا أو حمض الأكساليك أو صموغ حشيشة الدينار أو بعض المواد النتروجينية المتحدة مع التانين والتى تظهر عند تبريد البيرة وتعرف عادة باسم Chill haze . وقد تكون هذه العكارة ناشئة عن تأكسد بعض مكونات البيرة . وهناك عكارة سببها الخميرة أو البكتريا .

ويعرف الفساد البكتريولوجى فى البيرة بظهور حمض اللكتيك أوحمض الخيك أوكبريتور الإيدروجين . وفى حالة ارتفاع درجة الحرارة كثيراً أثناء عملية البسترة يتلف لون البيرة ونكهتها . وقد تساعد الحرارة على أكسدة البروتينات المحتوية على رابطة كبريتية والألبومينات والنيوكليوبروتينات فيؤثر ذلك على لون ونكهة ورغوة البيرة ومدة حفظها .

ويجب المداومة على فحص خامات الصناعة وناتجاتها الوسطية والبيرة نفسها للتأكد من مطابقتها لاشتراطات الجودة . فعلاوة على الاختبارات السابق الإشارة إليها يقدر الجذب السطحى للبيرة وكثافة الرغوة ونسب كل من الحديد والنحاس والتانينات والهواء وثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت والميلانويدينات .

ولما كانت هذه الاختبارات متعددة وتستغرق وقتاً طويلا ، فقد يلجأ فى معظم الأحيان إلى الإكتفاء بالاختبارات الدالة على مدى الحلاوة والمرارة وأكسدة البروتينات وثبات الرغوة . فالاختبارات المتعلقة بالرغوة هى الجذب السطحى وكثافة الرغوة وتوزيع كل من البروتين والسكر . أما الاختبارات المتعلقة بالطعم القابض فهى نسب كب ا ٢ والحديد والنحاس والتانينات والهواء وك ا ٢ والميلانويدينات . ويلاحظ أن هذه المواد توجد عادة فى البيرة ولكن بنسب قليلة يصعب تأثيرها على طعم البيرة ، غير أنها تصبح ظاهرة وذات أثر واضح فى الطعم عند ارتفاع تركيزاتها عن حد معين. فمثلا ٠,٣٥ جزء فى المليون حديد لا تؤثر على طعم البيرة ، ولكن ارتفاع نسبة الحديد إلى ٠,٧٠ جزء فى المليون يعطى للبيرة طعماً مراً ، فإذا ما أزيل من البيرة ٠,٣٥ جزء فى المليون حديد عاد إليها طعمها العادى ثانية . ويوجد كب ا ٢ فى البيرة عادة بنسبة ٣,٥ — ٨ جزء فى المليون وهذه النسبة لا تؤثر على طعم البيرة ، أما فى حالة ارتفاع النسبة إلى ١٦ جزء فى المليون يصبح طعم البيرة قابضاً .

وتؤثر أكسدة البروتينات على مظهر وطعم وحفظ ورغوة البيرة . فقد تتأكسد البروتينات المحتوية على مجموعة – كب – كب – إلى بروتينات ذات وزن جزيئى أعلى ، كما قد تتأكسد الألبومينات إلى نيوكليوبروتينات . ويساعد على الأكسدة الحرارة المرتفعة فى البسترة واتصال البيرة بأوكسيجين الهواء الموجود فى الفراغ العلوى للزجاجة المعبأة بالبيرة . وباستمرار أكسدة البروتين يستمر ظهور الغبش فى البيرة وكذلك يتغير الطعم . لهذا قد يضاف للبيرة أثناء تصنيعها بعض الإنزيمات البروتينية بقصد إطالة مدة حفظها ، غير أنه يلزم تحاشى إضافة كميات كبيرة منها إذ قد تحول هذه كميات زائدة من البروتينات ذات الوزن الجزيئى المرتفع إلى بروتينات ذات وزن جزيئى منخفض ويتبع ذلك انخفاض الجذب السطحى فتضعف الرغوة وتفتقر زجاجة البيرة فى مظهرها .

تشريعات البيرة :

قسمت تشريعات البيرة الأنواع التى تنتج محلياً إلى ثلاثة أقسام تبعاً لنسبة الكحول بها ووزنها النوعى ودرجة تخميرها ونسبة تقيعها وهى البيرة الخفيفة والبيرة المتوسطة والبيرة القوية . ويشترط فى البيرة خلوها من الفلزات السامة والروائح الكريهة والمواد الغريبة والراسب والعكارة والسكارين والسابونين . كما يشترط ألا تزيد حموضة البيرة الكلية عن ٢٧و٠ فى المائة محسوبة فى صورة حامض لبنيك بعد استبعاد الكربون ، وألا تزيد نسبة غاز ثانى أكسيد الكبريت ، وهو المادة الحافظة الوحيدة فى البيرة ، عن سبعين ملليجراماً فى اللتر ، وألا تزيد نسبة المواد النشوية أو السكرية المضافة للشعير عن ثلاثين فى المائة من مجموع الخامات المستعملة فى صناعة البيرة وبشرط عدم إضافة أى مواد مخففة إطلاقاً فى صناعة البيرة التى يطلق عليها الإسم التجارى « بيرة مولت » .

والمواصفات القياسية للبيرة المصرية هى :

١ – يجوز أن يستخدم فى صناعة البيرة حبوب أخرى غير الشعير كالأرز وغيره من المواد النشوية أو السكرية بحيث لا تزيد هذه المواد المضافة عن ٣٠٪ من مجموع المواد الأولية المستخدمة فى تحضير النقيع .

٢ – لايجوز أن تطلق تسمية بيرة مولت إلا على البيرة التى تحضر من مولت الشعير الخالص بدون استخدام النشويات أو السكريات الأخرى .

٣ – يجب أن تكون البيرة ذات طعم ورائحة مقبولين طبيعيين وأن تكون خالية من الروائح والمواد الغريبة وكذا من العكارة والرواسب والمواد العالقة .

٤ – لايجوز أن تحتوى البيرة على مادة حافظة سوى ثانى أكسيد الكبريت بشرط ألا تزيد نسبة ما يوجد منه عن ٧٠ ملليجرام فى اللتر .

٥ – يجب أن تكون البيرة خالية من الفلزات السامة والسكارين والسابونين وأى مادة أخرى غريبة أو ضارة بالصحة .

٦ – يجب ألا تزيد الحموضة الكلية بالبيرة عن ٠,٢٧٪ محتسبة كحامض لبنيك بعد استبعاد ثانى أكسيد الكربون .

٧ – تصنف البيرة كما يلى :

(ا) بيرة خفيفة : وهى التى لا يقل مقدار نقيعها الأصلى عن ٩٪ بالوزن ونسبة الكحول لا تقل عن ٢,٥٪ والوزن النوعى قبل التخمير لا يقل عن ١,٠٣٦٣ .

(ب) بيرة متوسطة : أو ما تسمى تجارياً بيرة التصدير أو الحفظ ، ويجب ألا يقل مقدار نقيعها الأصلى عن ١٢٪ بالوزن ونسبة الكحول فيها

لا تقل عن ٣٪ بالوزن ودرجة تخميرها لا تقل عن ٥٠٪ ولا يقل وزنها النوعى قبل التخمير عن ١,٠٤٨٨ .

(ج) برة قوية : وهى المعروفة تجارياً باسم Double Malt ويجب ألا يقل مقدار نقيعها الأصلى عن ١٦٪ بالوزن — ونسبة الكحول فيها لا يقل عن ٣,٥٪ ودرجة تخميرها لا تقل عن ٤٤٪ ولايقل وزنها النوعى قبل التخمير عن ١,٠٦٥٧ .

الفصل التاسع

صوامع الغلال
ومخازن الدقيق ومنتجاته

الاعتبارات الرئيسية فى تخزين الحبوب . الاشتراطات إلى تراعى فى تحديد طريقة التخزين . إشتراطات مبانى مخازن الحبوب. الضغط على جدران خلايا الحبوب. تخزين الحبوب الصغيرة فى الصوامع. تخزين كيزان الذرة الخضراء . صوامع الحبوب الكبيرة : بعض طرق التخزين الخاصة . صوامع الغلال المركزية . أخطار الصوامع . تجفيف الحبوب. الصوامع المصرية. تخزين الدقيق السائب. تخزين الزوائد . صعوبات مخازن الدقيق والزوائد . تعبئة وتخزين منتجات الحبوب . القوارض التى تصيب الحبوب المخزونة . تنفس الحبوب المخزونة . نمو الأحياء الدقيقة على الحبوب .

تفقد الدول المنتجة للحبوب الغذائية كميات كبيرة من الحبوب سنوياً بسبب سوء ظروف تخزينها وتداولها ، إذ تتعرض نسبة كبيرة من هذه الحبوب للتلف بفعل عوامل الفساد التى أهمها تقلبات الجو والإصابة بالحشرات والقوارض والأحياء الدقيقة . لذلك اتخذت معظم الدول المتقدمة خطوات إيجابية نحو تحسين طرق تخزين الحبوب فتطورت هذه من مجرد تكويم الحبوب على سطح الأرض معرضة للظروف الجوية ، أو رصها معبأة فى جوالات ، أو دفنها تحت سطح الأرض فى حفر ، إلى تخزين الحبوب فى المخازن الحديثة أو فى الصوامع . فعلى سبيل المثال أقيمت فى الولايات المتحدة الأمريكية شبكة من الصوامع الريفية Country elevators لتجميع الحبوب فى الريف ومنها تشحن الحبوب إلى المطاحن أو المصانع القريبة . كما أنشئت صوامع رئيسية فى جهات متفرقة لتجميع وتخزين الحبوب .

الاعتبارات الرئيسية فى تخزين الحبوب :

عند تخزين الحبوب الغذائية على نطاق واسع ، سواء كان ذلك فى مخازن ريفية بسيطة أو فى صوامع كبيرة حديثة ، توجد عدة اعتبارات يلزم أخذها فى الاعتبار للمحافظة على سلامة الحبوب وعدم تدهور جودة صفاتها . وهذه الاعتبارات تتلخص فى ثلاث نقاط هى ظروف الحبوب نفسها وتأثير مبنى التخزين فى المحافظة على صفات الحبوب ومواصفات المبنى .

فبالنسبة لظروف الحبوب نفسها ، يعتقد أن رطوبة الحبوب ودرجة حرارتها هما العاملان الرئيسيان المؤثران فى كفاءة التخزين . ويلى هذين العاملين فى الأهمية نسبتا الحبوب المكسورة والشوائب . فهناك درجة رطوبة قصوى فى الحبوب يجب عدم تجاوزها إذا أريد المحافظة على سلامة

الحبوب فى التخزين . وهذه الدرجة من الرطوبة تختلف تبعاً لنوع الحبوب وموقع المخازن وطرق تكييف الحبوب وطول مدة التخزين . وتعتبر درجات الرطوبة فى الحبوب المناسبة للتخزين لمدة عام كامل دون أن تتعرض الحبوب للتلف هى :

١٣ ٪	لحبوب الذرة والزمير والسورجم
١٣ — ١٣,٥ ٪	للقمح الشتوى الأحمر الصلب
١٣ — ١٤ ٪	للقمح الشتوى الأحمر اللين
١٤ — ١٤,٥ ٪	للقمح الربيعى الأحمر الصلب
١١	لفول الصويا

ويلزم خفض هذه النسبة بمقدار إثنين فى المائة فى حالة التخزين المدة أطول قد تصل إلى خمسة أعوام وكذلك عند تخزين حبوب التقاوى . ويجب الا يغفل أن هذه الأرقام قد حددت على ضوء تجارب أجريت فى الولايات المتحدة الأمريكية ، فتطبيقها فى الظروف المحلية يقتضى الحذر ، ويفضل أن تحدد الأرقام المناسبة بإجراء تجارب فى جمهورية مصر العربية . ولا تحدد درجة واحدة لتخزين النوع الواحد من الحبوب إذ تتوقف هذه الدرجة على ظروف المناخ فى مناطق التخزين المختلفة ، كما أن التباين فى درجة الرطوبة المناسبة بين الأنواع المختلفة من الحبوب يرجع إلى اختلاف الإتزان بين الرطوبة النسبية ورطوبة الحبوب لكل نوع منها . وهذا الإتزان له أهميته العملية إذ أن الفطريات لا تنمو على الحبوب عندما تنخفض الرطوبة النسبية عن ٦٥ فى المائة .

وعندما تنخفض نسبة الرطوبة فى حبوب الذرة والقمح إلى تسعة فى المائة يتوقف نشاط حشرات الحبوب . لكن هذه الدرجة من الرطوبة ليست عملية فى بعض الدول ذات الجو الرطب أثناء فترة نضج المحصول ولذلك

يشار بصفة عامة إلى أنه كلما انخفضت نسبة الرطوبة فى الحبوب كلما قلت الإصابة بالحشرات .

وبانخفاض درجـة حرارة الحبوب يقل نمو الفطريات والإصابة بالحشرات ، ولذلك ففى الأجواء الباردة يمكن تخزين الحبوب وبها نسبة من الرطوبة تزيد بمقدار الواحد أو الواحد ونصف فى المائة عن نظيرتها فى الجو الدافىء . كذلك مما يساعد على المحافظة على سلامة الحبوب المخزونة تقليبها وتهويتها من وقت لآخر مما يسبب برودتها ، أو تعديل درجة حرارة جو الصومعة ميكانيكياً . وفى التخزين الحديث تنحصر أهمية تهوية الحبوب المخزونة فى تبريد الحبوب ومنع تسرب رطوبتها إلى الطبقات السطحية وإزالة جزء من الرطوبة المتجمعة فى الطبقات السطحية والتخلص من جزء من الحرارة فى حالة التخزين فى الجو الحار . ويجب تحاشى إجراء عملية التهوية فى حالة الرطوبة المفرطة لأن هذا يسبب اندفاع الرطوبة داخل الحبوب .

وتساعد الشوائب عند وجودها فى الحبوب المخزونة بنسبة مرتفعة على نمو ونشـاط حشرات الحبوب المخزونة غـير الثاقبة المعروفة باسم brad or fungus beetles والتى تتغذى على غبار الحبوب والحبوب المكسورة والفطريات . ومن مساوئ ارتفاع نسبة الحبوب المكسورة والمواد الغريبة أيضاً تعذر تدخين هذه الحبوب جيداً .

الاشتراطات التى تراعى فى تحديد طريقة التخزين :

كل ما يراعى فى التخزين الحديث يتلخص فيما يلى :

١ — حماية الحبوب من الرطوبة الزائدة ومن الحشرات ومن القوارض ومن درجة الحرارة الملائمة لنشاط ونمو الحشرات والفطريات .

٢ — إمكان تخزين كميات كبيرة من الحبوب .

٣ – ضمان سلامة وسهولة نقل الحبوب من وإلى لمخازن .

٤ – إمكان فحص الحبوب بسهولة داخل المخازن أو الصوامع دون اضطرار إلى نقلها للخارج .

٥ – إمكان تكييف الحبوب المخزونة .

وأهم هذه الاعتبارات بصفة عامة هو منع ارتفاع نسبة الرطوبة فى الحبوب إلى حد يزيد على درجة الأمان ، إذ أن ارتفاع الرطوبة عن الحد المناسب هو العامل المنشط لعوامل الفساد الأخرى . لذلك تؤخذ كافة الإحتياطات لعزل جو الصومعة أو مخزن الحبوب عن الجو الخارجى منعاً لتسرب الرطوبة من الجو إلى الداخل . ويراعى عدم نشع الرطوبة من أرضية المخزن إلى الحبوب ، كما يتحاشى وجود الرشح من الجدران أو صغر مساحة السقف لأنها تسبب تلف نسبة ضئيلة من الحبوب وهذه النسبة سوف تكون نواة لبداية الفساد إذا لم يتخلص منها سريعاً .

وتسرب الرطوبة فى الحبوب المخزونة بكميات كبيرة له أهميته . فتجمع الرطوبة يظهر فى مركز الطبقات السطحية للحبوب أثناء تغير الجو تجاه البرودة حيث تصبح طبقات الحبوب فى المركز أدفأ نسبياً من الحبوب المجاورة للجدران ، وهذا يسبب دوران الهواء المحيط بالحبوب فيرتفع الهواء الساخن من المركز إلى الطبقات الخارجية حيث يتعرض للبرودة ويسبب ذلك انتقال رطوبة من الهواء إلى الحبوب . والتأثير ليس طفيفاً بل إنه بالغ الخطورة إذ قد يسبب رفع نسبة الرطوبة فى الحبوب فى الطبقة السطحية التى يقرب سمكها من القدم الواحد إلى ما يقرب من ثلاثين فى المائة . وتزداد الحالة سوءاً فى هذه المنطقة بانتقال الحشرات إليها سعياً وراء الدفء ويترتب على نشاط هذه الحشرات ارتفاع كل من درجة الحرارة ونسبة الرطوبة . وبديهى أن حماية الحبوب من رطوبة الجو المحيط تتحقق بالتخزين فى حيز مغلق كالصومعة ، أما منع أو تقليل انتقال الرطوبة من

مناطق إلى أخرى فى الحبوب المخزونة فيتوصل إليه بتخزين الحبوب بكميات ضئيلة أو بسمك قليل وبتجفيف الحبوب نوعاً قبل تخزينها وبتبريد الحبوب أثناء التخزين .

وتعتبر المخازن الحديثة هى الوسيلة الوحيدة الفعالة فى تقليل تلف وفقد الحبوب وكذلك فى تقليل تلوث منتجات الحبوب بأجزاء الحشرات وشعر القوارض . ويمكن جعل الصوامع ومخازن الغلال مانعة لتسرب الحشرات إلى الحبوب بوضع شباك على فتحاتها فتمنع دخول الحشرات ، كما يمكن جعل المخازن محكمة القفل تمنع تسرب الهواء للداخل فيمتنع بالتالى دخول الحشرات بالإضافة إلى أن ذلك يسبب موت الحشرات الموجودة بالداخل .

ولدرجة الحرارة أهميتها فى التخزين . وعادة ترتفع درجة حرارة الحبوب المخزونة بتأثير نشاط الإنزيمات والأحياء الدقيقة وفعل الحشرات وبتأثير حرارة الهواء وأشعة الشمس . فالحشرات قد تسبب إرتفاع درجة الحرارة فى مناطق نشاطها إلى ما يقرب من ١٠٥° فهرنهيت عندما تشتد الإصابة. أما الإنزيمات والأحياء الدقيقة فنشاطهما يظهر بوضوح عندما تتجاوز نسبة الرطوبة فى الحبوب الدرجة الحرجة . وأما أشعة الشمس وحرارة الهواء فأثرهما يظهر على طبقات الحبوب المجاورة للجدران والمعرضة من أعلى ، وقد ترتفع درجة حرارة الحبوب بتأثير ذلك حوالى عشرة أو إثنى عشر درجة فهرنهيتية عند التخزين فى خلايا معدنية مجلفنة عن نظيرتها فى حالة التخزين فى خلايا معدنية مطلاة من الداخل باللون الأبيض أو مزودة بسطح عاكس . ولهذا فالتخزين الحديث يستخدم التهوية الآلية فى الصوامع ومخازن الحبوب لتحقيق برودة الحبوب فتطول مدة الحفظ وكذلك لمنع نشاط الحشرات وتقليل تسرب الرطوبة .

وتفيد المخازن الحديثة الحبوب فى تقليل الفقد بالقوارض والحيوانات والسرقات أيضاً، وهى تسهل نقل الحبوب للداخل وإلى الخارج بطرق آلية ،

خصوصاً فى الصوامع الرئيسية التى تعبأ وتفرغ عدة مرات سنوياً . وعند تشييد هذه المخازن يراعى عمل فتحات خاصة بأخذ العينات ، بدلاً من أخذها من المدخل والفتحات الصغيرة ، وبذلك يتيسر أخذ عينات من السطح قرب المركز حيث تبدأ التغيرات عادة . والشائع هو عمل فتحة وسطية بقطر أربعة أو خمسة أقدام فى سطح الصومعة أو المخزن تسمح بفحص الحبوب بالعين المجردة ويأخذ عينات باستعمال قلم أخذ العينات . ويحدد الفحص الحاجة للتهوية أو للتدخين عند الإصابة بالحشرات . هذا التدخين يزداد فعله عندما تكون الجدران والسقف والأرضية محكمة ، كما يراعى فى إنشاء المخازن إحتواؤها على قنوات التدخين . وقد تجهز خلايا التخزين بفتحات وأبواب تستخدم فى التجفيف وإزالة بعض الحبوب غير المرغوبة .

اشتراطات مبانى مخازن الحبوب :

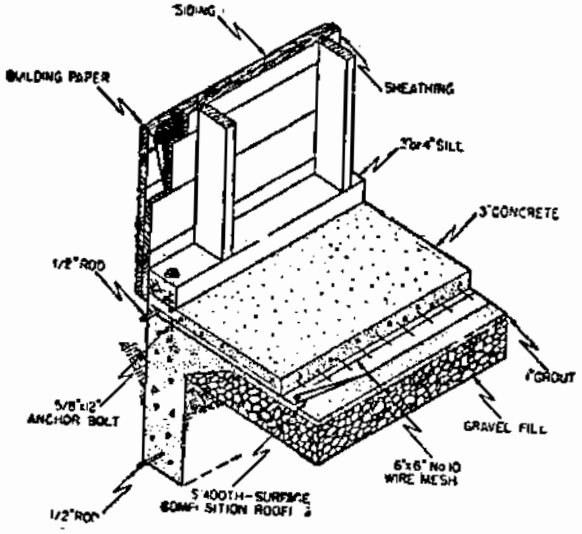
أهم ما يراعى فى إنشاء مخازن وصوامع الحبوب أن تكون أرضيتها وجدرانها قادرة على تحمل وزن الحبوب المخزونة بها . كما يجب أن تكون الجدران قادرة على تحمل الضغط الخارجى الذى يتفاوت تبعاً لنوع الحبوب وطبيعة المبنى ، والذى يجب تقديره بكل دقة منعاً للانهيار مستقبلا .

ويراعى فى تصميم ووضع أساس مخازن وصوامع الغلال أن يكون هذا قادراً على تحمل الوزن الثقيل الذى تزنه الحبوب المخزنة . ولذا يفضل أن تزداد مساحة أساس صوامع الغلال عن نظيرتها فى المبنى المماثل المستعمل فى أغراض أخرى غير تخزين الغلال . ويمكن الاستعاضة عن زيادة المساحة بعمل أعمدة ومشدات تؤدى نفس الغرض . ويراعى فى الأساس أن يكون قادراً على تحمل أى ثقل خارجى .

ويراعى فى أرضية الصوامع ألا تتسرب الرطوبة إلى الحبوب وألا تسمح بمرور القوارض إلى الداخل وأن تحتفظ بغازات التدخين وأن تخلو من الشقوق التى قد تدخل فيها الحبوب . وهذه الأرضية قد تكون واقعة فوق

سطح الأرض مباشرة أو تكون مرتفعة عن سطح الأرض بمثابة رصيف أو سطح الأساس المبنى . ومن المفضل أن تكون الأرضية مرتفعة عن سطح الأرض بحوالى ١٨ إلى ٢٤ بوصة لمنع تسرب الرطوبة والقوارض ، كما أن هذا النظام يسهل سرعة تبريد الحبوب المخزونة . وعند تغطية الأرضية بالطوب يجب أن يقع أسفله طبقة عازلة للرطوبة . ويمكن تغطية الأرضية بمادة معدنية وفى هذه الحالة يراعى تغطية السطح السفلى للمعدن بالأسفلت لمنع التآكل وكذلك تلحم الأطراف والتوصيلات جيداً . ويجب أن ترتفع الأرضية سواء أكانت حجارة أم معدناً عن سطح الأرض بمسافة لاتقل عن ثمانية بوصات .

ويراعى فى إنشاء الجدران أن تتحمل ثقل الحبوب المخزونة وألا تنفذ غازات التدخين أو ماء المطر . ويفضل أن تكون الجدران ذات طبقة عازلة من الورق المانع لتسرب الرطوبة بوسطها . ويراعى فى تصميم الجدران ألا تسمح بتجمع فضلات من الحبوب لأن هذه تكون مصدراً للتلوث بالحشرات فيما بعد . وفى حالة استخدام الطوب المفرغ فى بناء الجدران



(شكل ١٠١)

الأساس والأرضية والجدران فى صومعة خشبية مغطاة بالطوب

يجب عمل وقاية من تسرب المياه بتبطين الجدار من الداخل بطبقة من مادة عازلة للرطوبة ، أو بعمل هذه الطبقة فى الجدار نفسه . وفى المخازن المعدنية يجب مراعاة عدم وجود منافذ فى الجدران تسمح بتسرب الحبوب للخارج كنتيجة لعدم إحكام لحام التوصيلات .

ولا يشترط فى إنشاء جدران مخازن الغلال أن تكون عازلة للحرارة لأن الحبوب نفسها مادة عازلة جيدة ، فطبقة الحبوب بسمك ثلاثة بوصات تؤدى الفعل العازل مثل طبقة ألياف سمكها بوصة . لكنه يفضل على سبيل الوقاية من تسخين الحبوب المخزونة أن تظلل جدران مخازن الحبوب أو تجهز بسطح عاكس أشعة الشمس .

وكل ما يراعى فى إنشاء سقف مخازن الغلال هو أن يكون مانعاً لتسرب ماء المطر وغازات التدخين ، ولذلك يحكم اتصال السقف بالجدران لمنع تسرب الحشرات التى تطير أو تزحف إلى الداخل ، وتغطى فتحات التهوية والمنافذ الأخرى بالشباك لنفس الغرض . ويجب تهوية الفراغ الواقع أسفل السقف حتى فى حالة تخزين حبوب جافة وذلك لتغيير الهواء الساخن الذى ارتفعت حرارته بفعل أشعة الشمس ولتغيير الهواء الرطب الذى ارتفعت نسبة الرطوبة به نتيجة لتجمع الرطوبة على سطح الحبوب .

وفى حالة مخازن الحبوب المعدنية الخفيفة كالمصنوعة من الألومنيوم مثلاً وكذلك للصوامع الأخرى المصنوعة من مواد خفيفة أو بأساس ضعيف ، يجب أن تؤخذ الوقاية من الرياح منعاً لانهيار هذه المخازن عند هبوب الرياح .

الضغط على جدران خلايا صوامع الحبوب :

لضمان سلامة وكفاءة مبانى صوامع الغلال ، ولعدم الإسراف فى التشييد ، يقدر الضغط الذى يجب أن تتحمله أرضية وجدران الصومعة . ويفترض

دائماً أن نسبة وحدة الضغط الجانبي إلى وحدة الضغط العمودى ثابتة فى جميع مناطق خلية التخزين . ويحسب الضغط الجانبي بالأرطال على البوصة المربعة من المعادلة :

$$L = \frac{w\,R}{u}\left(1 - e^{-ky/R}\right)$$

باعتبار L ترمز للضغط الجانبي بالرطل على القدم المربع ، W وزن الحبوب بالرطل فى القدم المكعب ، u معامل احتكاك الحبوب على جدار الخلية وهو يساوى ظل الزاوية Φ أى زاوية إنحدار الحبوب على جدار الخلية بالدرجات ، K نسبة وحدة الضغط الجانبي إلى وحدة الضغط العمودى فى الحبوب ، R مساحة الخلية بالقدم المربع مقسومة على المحيط بالقدم ، Y عمق الحبوب المخزونة بالقدم .

وتحسب وحدة الضغط الرأسى V من نتيجة المعادلة السابقة باستخدام المعادلة .

$$K = \frac{L}{V}$$

ولتطبيق هاتين المعادلتين تستعمل الأرقام التى حسبت من التجارب العملية العديدة لإيجاد القيم k .. n w وهى مبينة فى الجدولين التاليين طبقاً لباحثين مختلفين.

الحبوب	w	Φ	U	K
	رطل قدم	درجة		
شعير	٣٨,٤	٢٦,٨	٠,٥٠٧	
	٤٠,٠—٤٣,٢	١٦ — ٢٨		
ذرة	٤٤,٠	٢٧,٥	٠,٥٢١	
	٤٧,٠	٢٧,٠	٠,٥١٠	٠,٥٩٩
	٤٧,٥	١٨,٧	٠,٣٤	٠,٦٥٤
	٤٨,٠	١٦ — ٢٧		
بذرة الكتان	٤٤,٨	٢٤,٣	٠,٤٥	
	٤٣,٢	١٤ — ٢٥		
ذرة سورجم	٤٠,٠—٤٤,٨			
	٤٦,٤	٢٠ — ٣٣		
زمير	٢٥,٦	٢٨,٠	٠,٥٣٢	
	٣٣,٦—٣٥,٢	١٨ — ٣٢		
بسلة	٥٠,٠	٢٥,١	٠,٣٧٢	
	٣٦,٠	٣٤,٠—٣٦,٠	٠,٦٧٥—٠,٧٢٧	٠,٤٨
أرز		٢٠ — ٣٦		
شيلم	٤٤,٨			٠,٢٣-٠,٤٥
	٤١,٦	١٧ — ١٦		
فول صويا	٤٦,٠	٣٠,٠	٠,٥٨٠	٠,٣٨٣
	٤٦,٤	١٦ — ٢٩		
قمح	٤٨,٠	٢٤,٩	٠,٤٦٦	٠,٣٠-٠,٣٤
	٤٦,٠	٢٧,٠	٠,٥١٠	٠,٦١٢
	٤٨,٨—٥٢,٠	١٦ — ٢٨		

قيمة (u) للحبوب على جدار الصوامع المختلفة طبقاً لباحثين مختلفين

الحبوب	مخازن خشبية			حديد أو صلب	طوب
	سطح خشن	سطح ناعم	جدران ممهدة		
شعير	٠,٤٢٤	٠,٣٢٥		٠,٣٧٦	٠,٤٥٢
	٠,٥٥٤			٠,٤٧٩	
فول	٠,٤٣٥	٠,٣٢٢		٠,٣٦٦	٠,٤٤٢
ذرة	٠,٣٤٤	٠,٣٠٨		٠,٣٧٤	٠,٤٢٣
	٠,٣٠٢			٠,٤٤٧	
					٠, ٢٥
				,٣٦٠	
بلدر الكتان	٠,٤٠٧	٠,٣٠٨		٠,٣٣٩	٠,٤١٤
	٠,٢٧٥			٠,٣٧٢	
زمير	٠,٤٥٠	٠,٣٦٩		٠,٤١٢	٠,٤٦٦
	٠,٣٨٠			٠,٤٤٥	
بسلة	٠,٢٨٧	٠,٢٦٨		٠,٢٦٣	٠,٢٩٦
أرز	—٠,٤٩٥	— ٠,٤٣٥		— ٠,٤٠٢	—٠,٤٧٣
	٠,٥٤٢	٠,٤٤٠		٠,٤٤٩	٠,٦٠٠
	٠,٥٣٠			٠,٤٧٩	
شيلم					
			٠,٥٤		٠, ٨٥
			٠,٧٨		
			٠,٣٧		
			٠,٥٥		
	,٣٣٠			٠,٤٠٦	

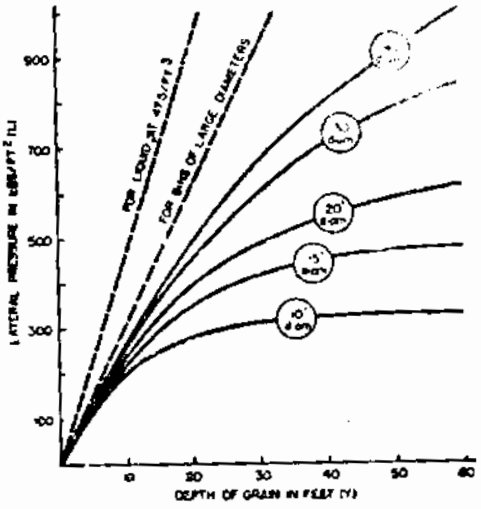
فول صويا				٠,٣٦٨	٠,٢٧
	٠,٣١٢				
قمح	٠,٤١٢	٠٣٦١		٠,٤١٤	٠,٤٤٤
			٠,٤٣		٠,٧١
			٠,٥٨		
			٠,٢٥		
			٠,٤٥		
			٠,٤٢٠	٠,٣٧٥	٠,٤٠٠
			٠,٤٥٠	٠,٤٠٠	٠,٤٢٥
					٠,٣٥
	٠,٢٧٧			٠,٣٤٠	
	٠,٢٩٨			٠,٣٦٦	

ويمكن حساب الضغط الكلى p الواقع على قطاع من جدار الصومعة يمثل وحدة العرض باعتبار عمق الحبوب y من المعادلة .

$$p = \int_{o}^{y} L \, dy$$

ويكون الضغط العمودى الواقع على هذا الحائط مساوماً $p \bar{u}$.

ويمكن إيضاح تاثير عمق الحبوب المخزونة على الضغط الجانبى الواقع على جدران المخزن أو الصومعة بالرسم البيانى التالى الذى يشير إلى زيادة الضغط الواقع على جدران الخلية المستديرة بازدياد عمق الحبوب ، غير ن هذه الزيادة فى الضغط تتأثر بقطر الخلية :



شكل (١٠٢)
الضغط الجانبى على جدران الخلايا المستديرة بتأثير حبوب الذرة المخزونة

وفى طريقة أخرى لحساب الضغط تطبق المعادلة فى حالة المخازن قلية الغور :

$$L = wy \left[\frac{}{\sqrt{u\,(u+u^{-})} + \sqrt{1+u^{2}}} \right]$$

والمعادلة التالية فى حالة المخازن الكبيرة ذات العمق الكبير :

$$L = \frac{w\,d}{u+u} \left[1 - \frac{\sqrt{1+u^{2}}}{\sqrt{\frac{2h}{d}\,(u^{-}+u^{-}) + 1 - u\,u^{-}}} \right]$$

باعتبار d عرض الصومعة بالقدم ، u معامل احتكاك الحبوب على الحبوب أى ظل الزاوية θ وهى زاوية الاستكنان repose ، h أعمق الحبوب

وتتلخص اعتبارات الضغط على جدران وأرضية الصومعة فيما يلى :

١ – يخضع ضغط الحبوب على جدران وأرضية الصوامع لقوانين المواد شبه السائلة التى تختلف تماماً عن قوانين ضغط السوائل .

٢ – يكون دائماً الضغط الجانبى للحبوب على جدران مخازنها أقل من الضغط العمودى ، فالأول لا يتجاوز ٠,٣ إلى ٠,٦ قيمة الثانى ، ويزداد هذا الضغط الجانبى قليلاً عندما يتجاوز العمق مسافة تبلغ ٢,٥ إلى ثلاثة أمثال عرض أو قطر الصومعة .

٣ – تختلف نسبة الضغط الجانبى إلى الضغط العمودى باختلاف الصوامع وأنواع الحبوب.

٤ – يكون ضغط الحبوب المتحركة على جدران خلايا التخزين أعلى قليلا من ضغط الحبوب الساكنة .

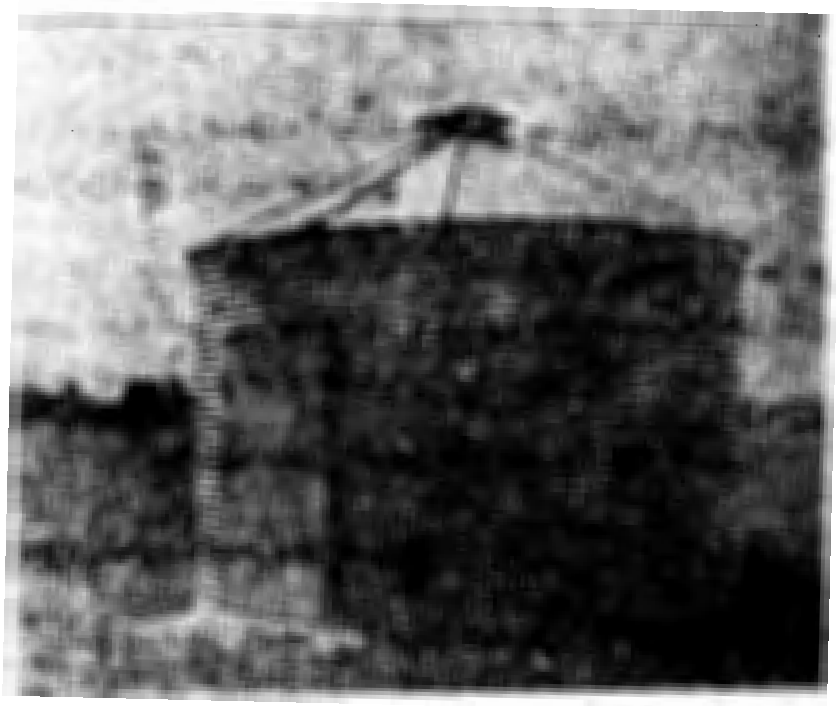
٥ – عند تفريغ خلية الحبوب من أحد جوانبها ينخفض الضغط على جدار الخلية الذى يتم خلاله التفريغ بينما يزداد الضغط على الجدار المقابل لفتحة التفريغ بسبب تحرك الحبوب .

٦ – يبلغ الضغط الجانبى أقصاه عقب إتمام ملأ خلية الحبوب .

تخزين الحبوب الصغيرة فى الصوامع :

عند إنشاء المخازن لتخزين الحبوب الصغيرة يجب أن يؤخذ فى الاعتبار عدة نقاط منها مناخ المنطقة ونسبة الرطوبة وانتشار الحشرات ومدة التخزين ونوع الحبوب وسعر الحبوب وسهولة النقل وتوفر عمال ومواد البناء . وتتلخص الاعتبارات التى تراعى فى التخزين فى المخازن أو الصوامع الصغيرة bins فى الريف فيما يلى :

١ — أنواع المخازن : يمكن استعمال مخازن صغيرة ثابتة أو متحركة، وفى الحالة الأخيرة تحمل الصومعة الصغيرة على أرضية من الخشب ذات عجلات للانزلاق . وتستعمل مثل هذه المخازن الصغيرة فى تخزين كميات صغيرة من الحبوب الجافة قد تصل إلى خمسة وعشرين طناً . ويمكن فى مثل هذه الصوامع الصغيرة تدخين الحبوب لكنه ليس ممكناً تهوية الحبوب وتكييفها إذا اقتضى الأمر ذلك . ويمكن أن تكون وحدة التخزين عبارة عن صومعتين أو أكثر ، وفى هذه الحالة يمكن تهوية وتكييف الحبوب إذا جهزت الوحدة بالآلات اللازمة لذلك .



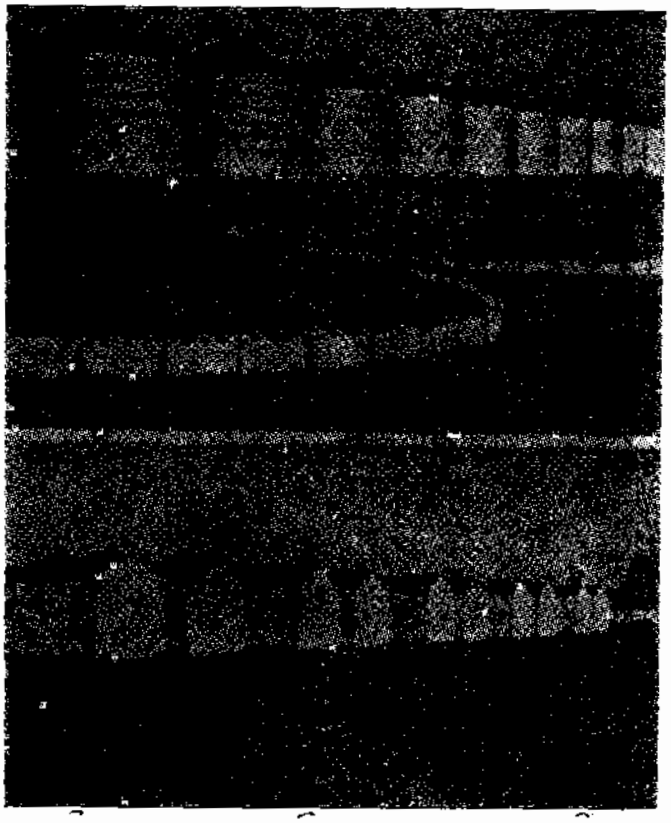
(شكل ١٠٣)

خلية معدنية مستديرة لتخزين الحبوب الجافة فى المزارع

وفى بعض الأحيان تخزن الزيادة من الحبوب فى مبانى المزرعة المستعملة

كمخازن للآلات والأدوات ؛ وفى هذه الحالة تكون الحبوب فى مأمن من أشعة الشمس والأمطار والعواصف ، لكن نسبة التلف تكون أعلى منها فى حالة التخزين فى الصوامع الخاصة .

ويمكن أن تزود المزارع بمجموعات من الخلايا المتوسطة الحجم المصنوعة من الخشب أو الألومنيوم أو الصلب أو غيرها لتجميع كميات من الحبوب قد تصل إلى عشرة أطنان . وبديهى أن مثل هذا المشروع يجب أن تتكفل بإقامته الدولة أو الجمعيات التعاونية الزراعية إذ أنه ليس ممكناً أن يقوم به المزارعون فرادى .



(شكل ١٠٤)

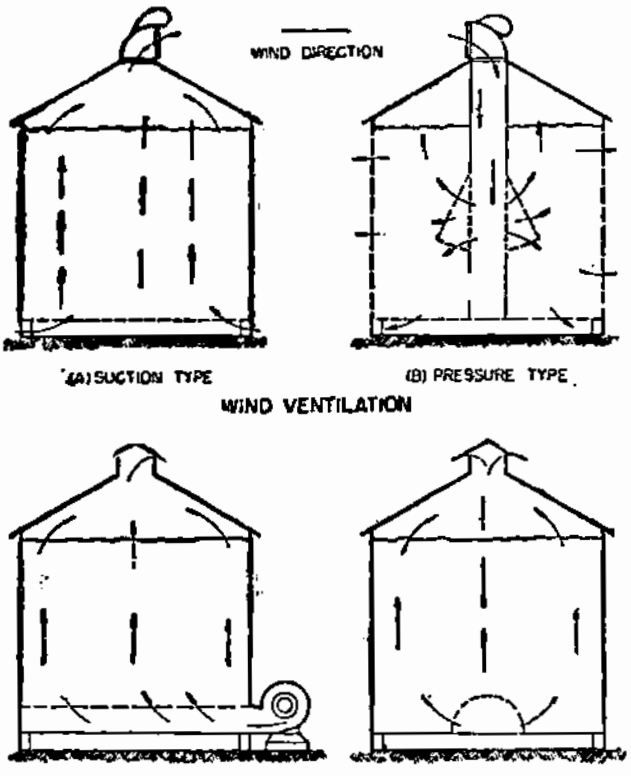
مجموعة من خلايا تخزين الحبوب فى الريف بعضها معدنى وبعضها خشبى

٢ – آلات ملأ وتفريغ خلايا الحبوب . يستعمل فى تعبئة الحبوب داخل خلايا الصوامع وفى تفريغها ماكينات elevators بعضها متنقل وبسيط وسهل التشغيل مثل النوع المعروف باسم Screw Conzcyer Or Euyer Type وبعضها كبير ينقل حوالى ألفى بوشل من الحبوب فى الساعة مثل النوع المعرف باسم elevator Flight – type . وقد يستعمل النوع الثالث المعروف باسم grain blowers لكنه يسبب تجريح بعض الحبوب ، وتزداد نسبة الحبوب المتشققة بزيادة سرعة الحبوب.

(شكل ١٠٥) آلة ملأ وتفريغ الحبوب من خلايا التخزين ومن سيارات الشحن

٣ – مشاكل التخزين الرئيسية : أهم مشكلات تخزين الحبوب فى الصوامع الصغيرة بالريف هى الإصابة بالحشرات وتسرب عوامل التلف من خلال تشققات السقف والجدران وانتقال الرطوبة بين طبقات الحبوب المخزونة.

٤ – طرق تكييف وتهوية الحبوب المخزونة : هذا التكييف له أهمية فى الدول ذات الجو الرطب الذى يسبب ارتفاع نسبة الرطوبة فى الحبوب أثناء فترة الحصاد إلى حد يتراوح بين تسعة وعشرين فى المائة . وهذه الرطوبة



(شكل ١٠٦) نظاما التهوية الطبيعية والميكانيكية فى مخازن الغلال

المرتفعة تسبب تلف الحبوب أثناء التخزين . لذلك يدخل ضمن برنامج تكييف الحبوب طرق التخلص من جزء من الرطوبة . وتتلخص معاملات الحبوب

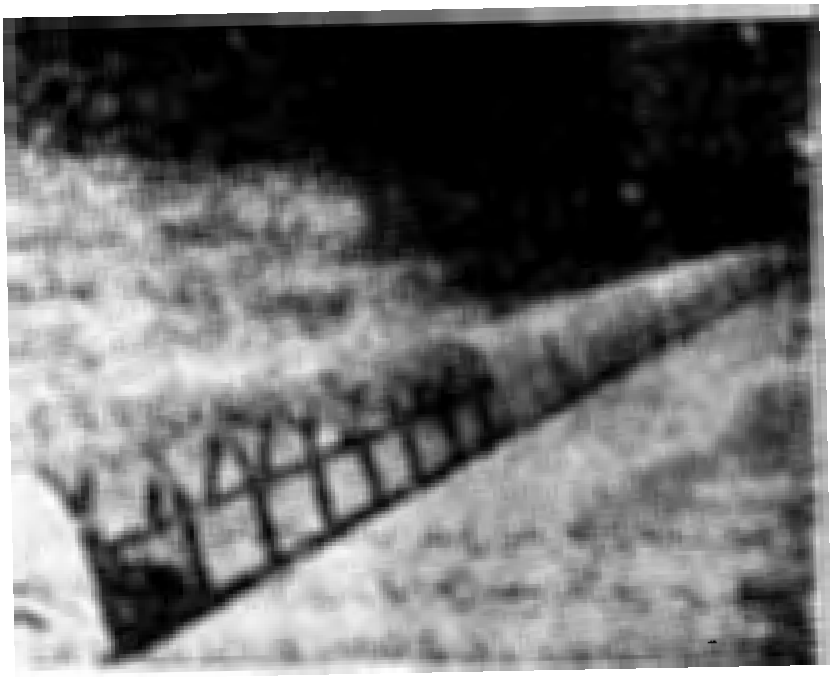
conditioning فى تدخينها قبل تنظيفها ، وتهويتها طبيعياً أو ميكانيكياً وتقليبها وتجفيفها صناعياً ، ويقتصر التجفيف الصناعى على الصوامع الكبيرة ، أما فى المخازن الصغيرة الريفية فيكتفى بتقليب وتبريد الحبوب .

وفى نظام التهوية الطبيعية يستخدم الهواء الجوى ، ويكون سير الهواء فى الاتجاهات الممثلة بالأسهم فى الشكل العلوى السابق . أما فى التهوية الميكانيكية فتزود الخلايا بمراوح وتكون أرضية المخازن مثقبة أو ذات قنوات تسمح بالتهوية كما هو موضح بالشكل السفلى السابق .

ويتم تجفيف الحبوب بانتقال الرطوبة منها إلى هواء التهوية وإلى الخارج على طريق جهاز التهوية . وفى نظام التهوية الطبيعية تفضل طريقة إمرار الهواء بالضغط على طريقة إمراره بالشفط لزيادة كفاءة الأولى فى التجفيف . وفى الصوامع والمخازن الكبيرة تستعمل التهوية الميكانيكية أيضاً إذ أنها تفيد فى تبريد الحبوب فيتحاشى بذلك الأثر الضار لارتفاع درجة حرارة الحبوب . كما أنها توقف تسرب الرطوبة من بعض مناطق الحبوب المخزونة إلى مناطق أخرى . ويمثل الشكل التالى قناة تمتد فوق الأرضية بطول قاعدة مخزن الحبوب الأفقى لتستعمل فى التهوية ، إذ أنها مثقبة وتقوبها مغطاة بالقماش السميك أو بشبكة من السلك تمنع تساقط الحبوب داخل القناة .

والقوة اللازمة لإدارة مراوح التهوية ليست كبيرة ، فالمخزن الذى يتسع لحوالى مائة طن من الحبوب يمكن إدارة مراوحة باستعمال موتور قوته حصان ونصف . ويمكن الحكم على كفاءة عملية التهوية إذا عرف أنه فى إحدى التجارب أمكن خفض درجة حرارة حبوب الذرة من ٥٤ إلى ٢٢° فهرنهيت خلال واحد وسبعين ساعة بالتهوية وباستخدام الهواء على درجة ١٧° فهرنهيت . كذلك ثبت بالتجربة أن درجة الرطوبة فى الحبوب قد ارتفعت من ١٢ إلى ٢٥ فى المائة فى المخازن غير المهواة بينما لم تتجاوز نسبة الرطوبة ١٥ فى المائة فى المخازن المهواة .

ويعتبر تقليب الحبوب أو نقلها من خلية لأخرى أحد وسائل تكييف الحبوب



(شكل ١٠٧) قناة التهوية فى قاعدة مخزن الحبوب

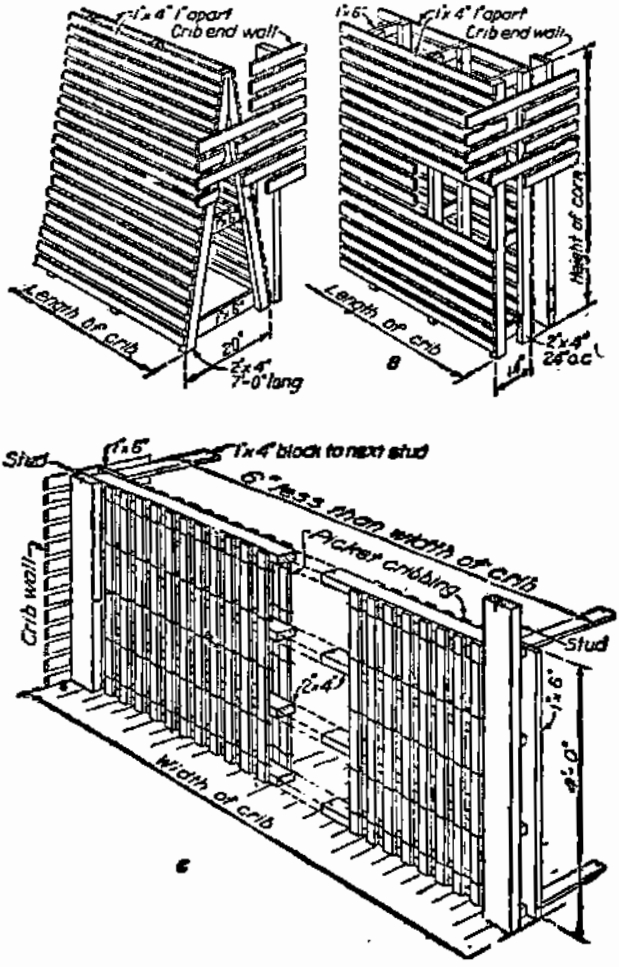
لكن هذه الطريقة لاتعتبر محبوبة تماماً إلا فى حالة إجرائها مراراً طول مدة التخزين . وتفيد عملية التقليب ونقل الحبوب من خلية لأخرى فى تسهيل الفحص بالعين لجميع طبقات الحبوب وبذلك يمكن اكتشاف الفساد عند بدء ظهوره والعمل على إزالته وإزلة مسبباته . وكثيراً ما يلجأ القائمون بالإشراف على مخازن الحبوب بإمرار الحبوب خلال أجهزة وماكينات النظافة أثناء نقلها من خلية لأخرى .

ويعتبر التجفيف الصناعى للحبوب أمراً ضرورياً فى بعض المناطق التى يصعب فيها إجراء التهوية باستخدام الهواء الجوى نظراً لارتفاع رطوبته النسبية . ويجرى التجفيف الصناعى للحبوب بتسخين الهواء عشرة أو عشرين درجة فهرنهيتية لخفض رطوبته النسبية إلى حوالى ثلاثين فى المائة ثم يمرر الهواء فى الحبوب كما فى التهوية الميكانيكية تماماً . وهذه العملية ليست مأمونة إذ قد يترتب عليها شدة جفاف الحبوب المجاورة لممرات الهواء عن باقى الحبوب وكذلك قد تسبب هذه العملية تسرب الرطوبة إلى الطبقات العلوية من الحبوب .

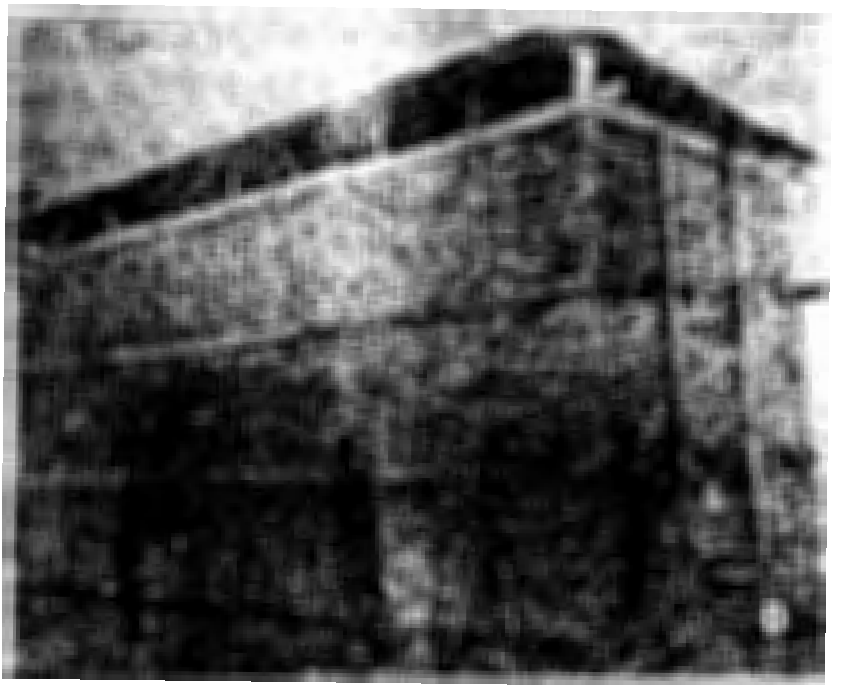
تخزين كيزان الذرة الخضراء :

عندما تتوفر الإمكانيات المادية يفضل بناء مخازن خاصة لتخزين كيزان الذرة الخضراء بدلاً من تركها على سطح الأرض حتى تجف . ويشترط فى مخازن كيزان الذرة Cribs أن تكون جيدة التهوية ليساعد ذلك على خفض رطوبة الكيزان إلى الحد الذى يسمح بتقشيرها وتفريط حبوبها . ويعتمد فى هذه المخازن على دوران الهواء طبيعياً ، ولذلك فسرعة الهواء ورطوبته النسبية يؤثران فى كفاءة هذه المخازن . وكذلك عرض المخزن يصبح ذا أهمية بالغة إذ أنه يؤثر فى سرعة الهواء . ويجب أن يراعى عند بناء مثل هذه المخازن أن تدرس العوامل الجوية فى منطقة الإنشاء وعلى ضوئها يحدد عرض المخزن . وهذه المخازن قد تكون مستديرة أو مستطيلة الشكل وجدرانها ذات فتحات تسمح بالتهوية ، وهذه الفتحات تمثل خمسة فى المائة من مساحة سطح المخزن على الأقل ، وقد ترتفع نسبة هذه الفتحات إلى ما يقرب من مائة فى المائة . وفى حالة ارتفاع نسبة الرطوبة فى كيزان الذرة كثيراً ، كأن تتجاوز ٢١ فى المائة ، يلزم تزويد المخازن

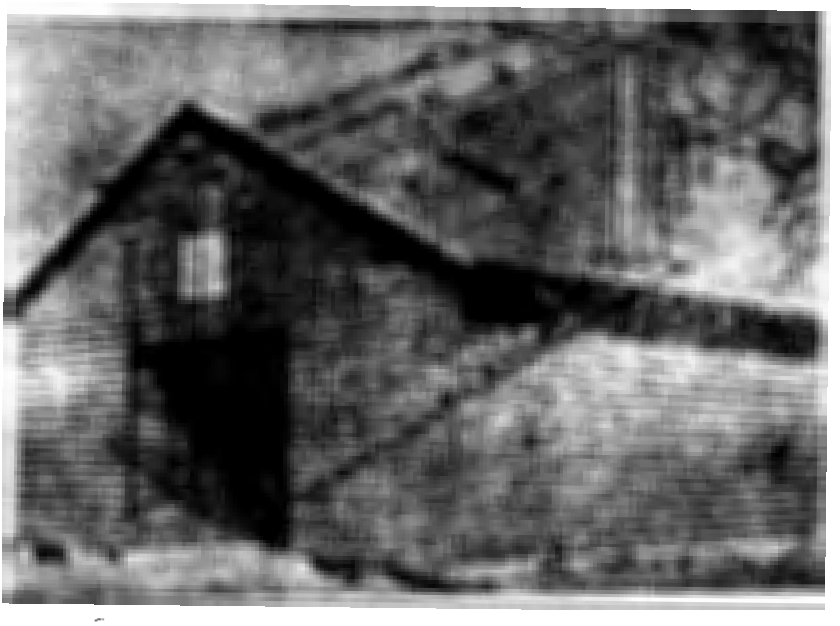
بوسائل التهوية . وتمثل القطاعات الطولية والعرضية فى الشكل المجاور نظام التهوية فى مخازن كيزان الذرة ذات الشكل المستطيل . وتمثل الأشكال التالية نماذج لبعض مخازن كيزان الذرة بعضها مستطيل والبعض بيضاوى ،وبعضها يملأ من السطح . وفى الإمكان تزويد بعض هذه المخازن بما يلزم للتهوية الصناعية .



(شكل ١٠٨) قطاعان طوليان (أ ، ب) وقطاع عرضى (ج) فى مخزن كيزان الذره



(شكل ١٠٩) مخزن عادى لكيزان الذرة



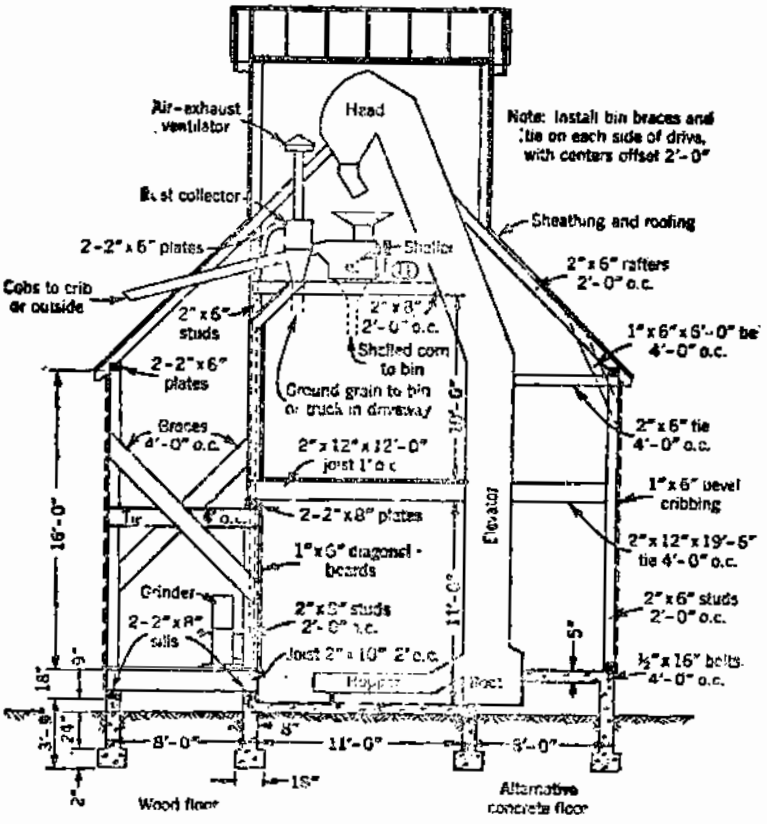
(شكل ١١٠) مخزن الذرة ذو المدخل الجانبى

(شكل ١١١) مخزن ذرة بيضاوى الشكل

وتجهز مخازن الذرة بأجهزة رفع الذرة أو الحبوب ، سواء أكانت أجهزة ثابتة أم متنقلة . كما قد تجهز بعض المخازن الكبيرة بماكينات تفريط حبوب الذرة ، كما هو واضح فى القطاع العرضى المبين فى الشكل التالى . وقد تزود المخازن بآلات التجفيف الصناعى باستعمال هواء يسخن لدرجة ١٣٠° فهرنهيت.

صوامع الحبوب الكبيرة :

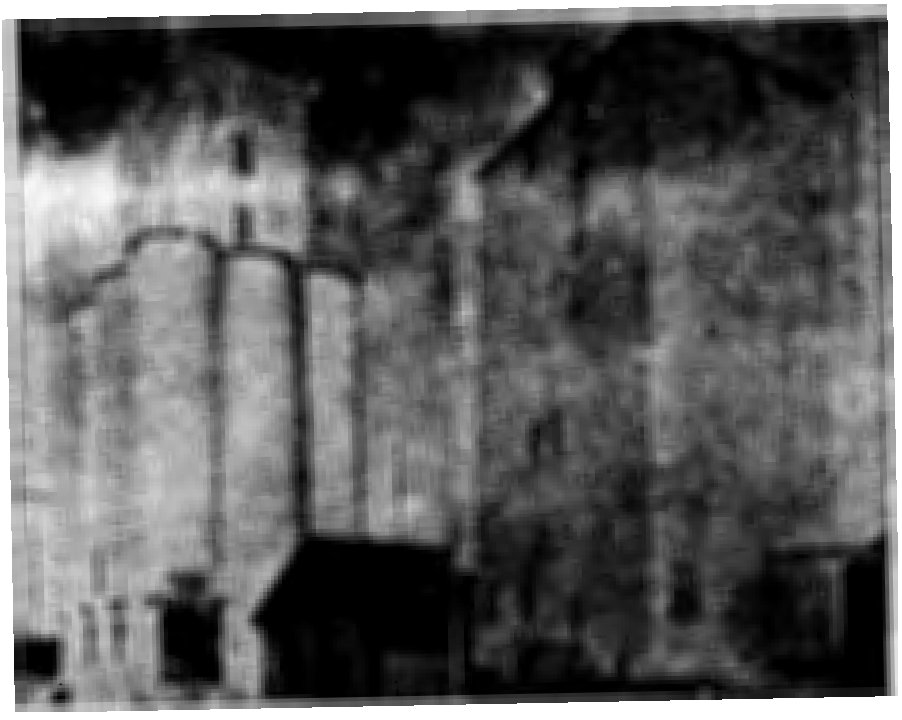
تنحصر مهمة صوامع الحبوب الكبيرة فى استقبال الحبوب من مناطق إنتاجها المختلفة وتنظيفها ووزنها وتخزينها ثم إعادة تعبئتها فى عربات النقل لتنقلها إلى المطاحن أو المصانع أو صوامع التخزين الرئيسية إن وجدت. وتتأثر العمليات



(شكل ١١٢) قطاع عرضى فى مخزن كيزان الذرة وحبوب الذرة

الجارية بهذه الصوامع بظروف المنطقة ونوع ومدى نظافة الحبوب . وتتفاوت سعة مثل هذه الصوامع فقد تبلغ فى الواحدة منها حوالى مائة وعشرين طناً من الحبوب . وتقام مثل هذه الصوامع بأبنية من الطوب أو من الصلب بأشكال مختلفة كما هو واضح فى الشكل التالى .

ومن الأهمية بمكان أن يختار الموقع المناسب لإقامة صومعة الغلال ، فأنسب الأماكن هى القريبة من المواصلات خصوصاً القليلة التكاليف منها سواء أكان



(شكل ١١٣) صومعتان مبنيتان بالطوب إحداهما ذات خلايا مستديرة

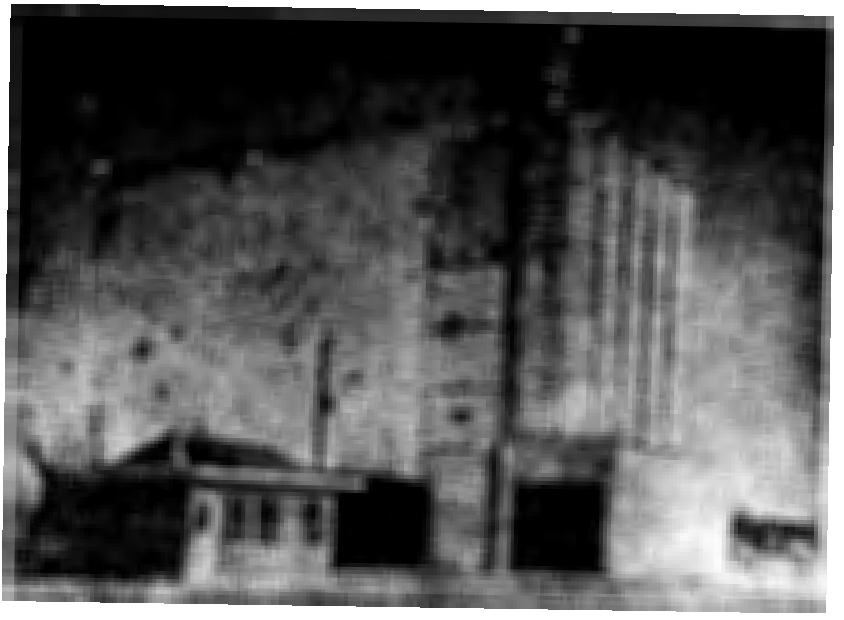
النقل بالطريق البحرى أو البرى ، بالقطارات أو بالسيارات ، وكذلك الأماكن التى تتوفر فيها الأيدى العاملة .

ويحتاج العمل بهذه الصوامع إلى معدات متنوعة هى :

١ – موازين كبيرة كالمعروفة محلياً باسم « البسكول » لوزن شحنات الحبوب الواردة للصومعة والخارجة منها .

٢ – ونش تفريغ الحبوب .

٣ – سواقى نقل الحبوب من أسفل boot إلى أعلى head ، وهذه السواقى تدار بالكهرباء ، وتتكون من سير يدور على عجلتين ومثبت به أكواب نقل



(شكل ١١٤) صومعة من الصلب

الحبوب . وعادة تجهز الصومعة بثلاث سواق elevator legs .

٤ – موزع لتوجيه الحبوب من القمة إلى خلاياها أو إلى أجهزة التنظيف أو إلى المجفف أو عربات النقل .

٥ – ماكينات تنظيف الحبوب وهى غرابيل متحركة متنوعة ومراوح لطرد الشوائب الخفيفة .

٦ – مجمعات الغبار cyclone dust collectors لتجميع الغبار المتصاعد من تنظيف الحبوب .

٧ – موازين أوتوماتيكية تزن أوزاناً محددة من الحبوب وتسجل الوزنات أوتوماتيكياً . وهذه الموازين قد توضع فى قمة الصومعة headhouse فتصب

القمح الموزون فى الخلايا المخصصة لذلك أو فى سيارات الشحن ، أو قد توضع فى قاعدة الصومعة فتستلم القمح الموزون إلى سواقى رفع ونقل الحبوب .

٨ ــ مجفف للحبوب إذا اقتضى الأمر ذلك . وعملية التجفيف لا تتطلبها الحبوب المنتجة محلياً نظراً لحرارة الجو أثناء موسم حصاد القمح مما يسبب انخفاض نسبة الرطوبة فى الحبوب . وتستعمل فى الدول الأجنبية أنواع متعددة من المجففات منها ، belt conveyer type ، column type bin type ودرجة حرارة هواء التجفيف تبلغ ١٨٠° فهرنهيت للحبوب التى تخزن بقصد استعمالها فى تغذية الماشية ، ونقل درجة الحرارة عن ذلك فى حالة القمح المعد للطحن والمولت وحبوب التقاوى وحبوب التصنيع .

٩ ــ أجهزة قياس وتسجيل درجات الحرارة .

فى تشغيل الصومعة ، يراعى أخذ عينات من الحبوب الواردة للتخزين بقصد فحصها وتحديد سعرها على أساس نسب الرطوبة والشوائب والحبوب النالفة بها وكذلك وزنها النوعى . وتؤخذ العينة من الشحنات الواردة بقلم أخذ العينات ، أو قد تؤخذ من العبوات أثناء تفريغها .

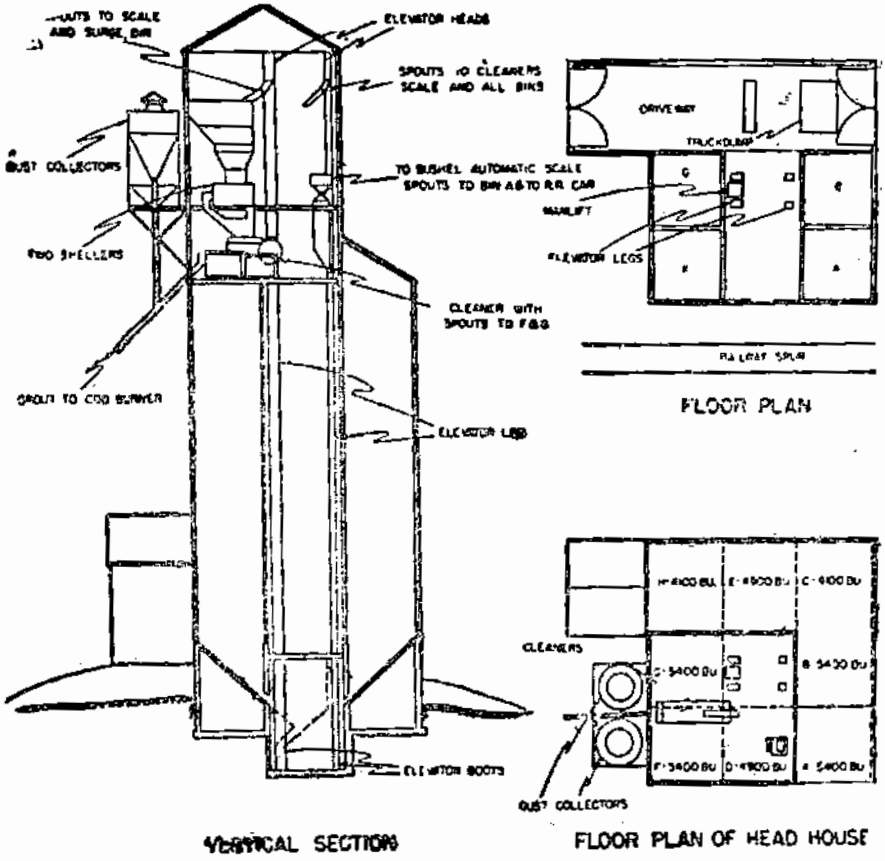
ويوضح الشكل التالى نقل الحبوب وتفريط حبوب الذرة وتنظيف الحبوب والموازين فى صومعة خشبية ، كما تظهر فى القطاع الرأسى للصومعة وقطاع القاعدة وقطاع القمة .

بعض طرق التخزين الخاصة :

توجد طرق أخرى لتخزين الحبوب ومنتجاتها ، بعضها لا يصلح لتخزين كميات كبيرة ، وهذه الطرق عموماً هى :

١ ــ التخزين فى حيز محكم القفل Gastight or hermetic storage ويقصد

بذلك منع تسرب أى غازات إلى داخل الحيز المحتوى على المواد المعبأة بإحكام قفل هذا الحيز . وهذه الطريقة تتميز بإحداث هلاك الحشرات الموجودة بالحبوب أثناء فترة التخزين ، وبانعدام تعرض الحبوب للإصابة بحشرات أخرى جديدة ؛ وبمنع نشاط الفطريات أو ارتفاع درجة حرارة المنتجات المحفوظة ذات الرطوبة المرتفعة ولو أن الحموضة تستمر فى الارتفاع أثناء التخزين بسبب حدوث التخمر اللاهوائى ، وبعدم امتصاص المواد المخزونة للرطوبة من الجو .



(شكل ١١٥) أماكن إجراء العمليات فى صومعة خشبية ممثلة فى قطاع رأسى وآخرين فى قاعدة ورأس الصومعة

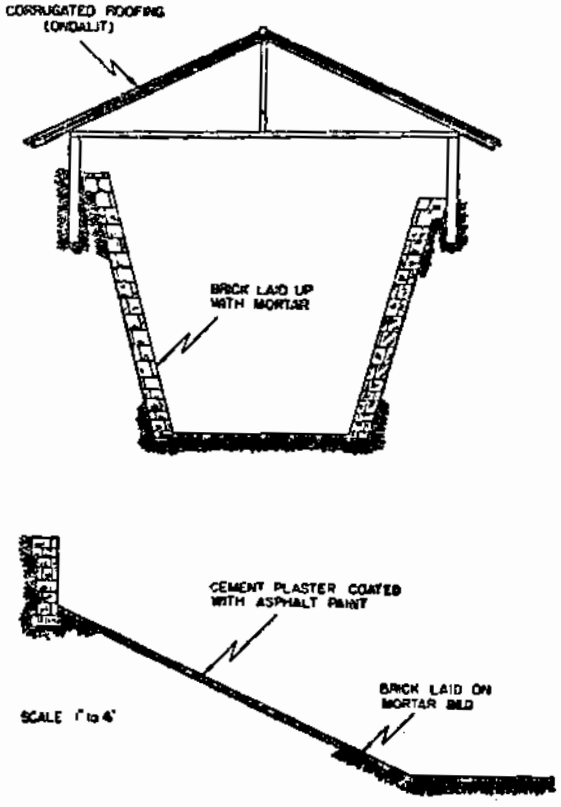
ويعزى هلاك الحشرات فى المواد المخزونة فى حيز محكم القفل إلى نفاذ كمية الأكسجين فى الحيز المقفل وتراكم ثانى أكسيد الكربون الناتج من التنفس . وتتوقف سرعة هلاك الحشرات على تركيز كل من الأكسيجين وثانى أكسيد الكربون وعلى نوع الحشرات ودرجة الحرارة ونسبة الرطوبة فى الحبوب .

وتوجد فى الولايات المتحدة صومعة محكمة القفل لتخزين الحبوب ، تتكون من أرضية من الطوب وجدران وسقف من المعدن ، وبأعلاها صمام يسمح بطرد الغازات المتراكمة أو تغيير الهواء من وقت لآخر دون أن يؤثر ذلك فى كفاءة طريقة التخزين حيث أن كمية الهواء التى تدخل تعتبر ضئيلة للغاية نسبياً . ولموازنة الضغط بين جو الصومعة والهواء الجوى توصل الجدران بالسقف عن طريق كيس ينتفخ أو يضمر تبعاً لتأثير الضغط .

وتظهر مساوئ هذه الطريقة فى حالة ارتفاع نسبة الرطوبة فى حبوب الذرة كثيراً إذ يؤدى ذلك إلى فقد قدرة الحبوب على الإنبات وارتفاع حموضة الدهن فى الحبوب وظهور رائحة كريهة نتيجة للتخمر .

٢ — التخزين تحت سطح الأرض underground storage : وتتميز هذه الطريقة بعدم نشاط الحشرات لقلة الأوكسجين ، وبعدم ارتفاع درجة حرارة الحبوب لبرودة التربة . ويجب تبطين حفر التخزين بمادة عازلة للرطوبة أو بالقش . والشائع فى بعض المناطق الريفية المحلية هو التخزين فى حفر pits قطرها متران وعمقها ثلاثة أمتار . ويمكن تغطية سطح الحبوب والحفر بورق مانع للرطوبة ، كما يمكن تغطيتها بالرمل . وتتوقف كفاءة هذه الطريقة فى التخزين على تبطين الحفر وتغطيتها بمواد مانعة للرطوبة . ويمكن تخزين الحبوب فى حفر بالمناطق الرملية لمدة ثلاثة

أعوام تقريباً . ومن التحسينات المقترح إدخالها على الطريقة تبطين الحفر بصفائح من ورق الألومنيوم ووضع شبكة تمنع تسرب الحشرات على بعد ثلاثة بوصات من جدران الحفر.



(شكل ١١٦)

قطاعان أحدهما عرضى وآخر طولى فى حفرة لتخزين الحبوب بالطريقة المحسنة

٣ ــ التخزين المؤقت فى العراء Temporary storageIin piles : وهذه الطريقة كانت السائدة فى جمهورية مصر العربية إلى بضعة أعوام مضت خصوصاً فى شون بنك التسليف. وتتوقف سلامة الحبوب المخزونة بهذه الطريقة

على حالة الجو أثناء فترة التخزين وطبيعة الأرض المخزن عليها الحبوب ومدة التخزين . وأسوأ ما تتعرض له الحبوب المخزونة بهذه الطريقة هو المطر الذى يتلف نسبة كبيرة من الحبوب ويسبب إنبات نسبة أخرى منها ، لذلك يجب أن يكون تخزين الحبوب فى العراء مقصوراً على المناطق الجافة ولمدة أسابيع قليلة فقط .

صوامع الغلال المركزية :

تقام الصوامع الكبيرة ذات الإرتفاع الشاهق والمكونة من عدد كبير من الخلايا بقصد استقبال الكميات الكبيرة من الحبوب وتخزينها حتى يحين موعد استهلاكها أو تصديرها . ففى الدول المستوردة تقام مثل هذه الصوامع قرب الموانى لتستقبل القمح المستورد ، وفى الدول التى لديها فائض من الحبوب تقام بها الصوامع الكبيرة قرب الموانى لتستقبل القمح الناتج وتخزنه إلى حين تصديره بالبواخر . وتنحصر المهمة الرئيسية للصوامع المركزية فى تخزين الغلال والمحافظة عليها من التلف بجانب المحافظة على صفاتها ، فالحبوب الواردة للصومعة الكبيرة تنظف وتجفف وتغسل وتدرج وتبخر ، كما قد تمزج الأصناف المختلفة من الحبوب ببعضها بنسب معينة لتعديل صفاتها ، ولهذه الصوامع المركزية مهمة أخرى فهى فى الدول ذات الإنتاج الوفير من الحبوب تعمل على موازنة أسعار البيع والشراء إذ أنها تستقبل الكميات الزائدة عندما يزداد العرض عن الطلب وتقدم الكميات المطلوبة للطحان أو غيره بمجرد الطلب . وهذه الصوامع الكبيرة يطلق عليها الإسم Elevators لأنها تستقبل الحبوب من قمتها بعد رفعها لأعلى ، كما أن تفريغها يجرى عن طريق القمة بعد نقل الحبوب إلى أعلى .

وتتكون الصومعة الكبيرة من جزءين رئيسيين أولهما يعرف باسم مبنى التشغيل Workhouse or headhouse وبه توجد ماكينات تفريغ وتعبئة ووزن

وتنظيف وتجفيف ورفع الحبوب ، والجزء الثانى عبارة عن خلايا تخزين الحبوب ، وهذه قد تكون منفردة أى أن كل خلية مستقلة عن الأخرى كما هو الحال فى الخلايا المصنوعة من الصلب ، وقد تكون فى صفوف أو مجموعات يلحق بكل مجموعة أو عدة مجموعات منها مبنى التشغيل ، كما هو الحال فى الخلايا المبنية بالأسمنت المسلح .

مثل هذه الصوامع يمكن صناعتها من خشب سميك بلغ سمكه عند القاعدة ثمانية بوصات وعند القمة أربع بوصات مثل الصوامع القديمة ، لكن هذه الصوامع تكون عرضة للاحتراق ، لذلك عدلت هذه الصوامع بتغطية الخشب بطبقة من الصلب ، ثم استبدل الخشب بالصلب . والنوع السائد حالياً من الصوامع الكبيرة هو المبنى بالأسمنت المسلح ، كما توجد بعض صوامع مشيدة من الصلب ويشترط فى بناء الخلايا بالأسمنت المسلح أن يستمر البناء لأعلى دفعة واحدة فلا يجوز أن تبنى الخلية على دفعات وتوصيل كل جزء بالآخر . وعادة تبنى الخلايا المستديرة بالأسمنت المسلح فى صفين متجاورين أو أكثر ، لذلك توجد فراغات بينية بين الدوائر وهذه الفراغات تستعمل فى التخزين أيضاً وتسمى خلايا بينية interstices or star bins ، كذلك يمكن تحويط الفراغات بين خلايا الصفوف الخارجية وفى هذه الحالة تستعمل هذه الفراغات فى التخزين أيضاً وتعرف باسم الجيوب pockets . ولكنه فى حالة بناء الصوامع من الصلب فليس ممكناً استخدام الخلايا البينية أو الجيوب فى التخزين . .

وترتفع خلايا الصومعة المشيدة بالخرسانة المسلحة إلى ارتفاع ثمانين أو مائة وأربعين قدماً ، تبعاً لمساحة الأرض المقامة عليها وحجم الصومعة المطلوب والوزن الذى يمكن للتربة أن تتحمله ونفقات رفع الحبوب لأعلى ونوع مبنى التشغيل المقرر تشييده . ولكن الخلايا دائماً أبداً مستديرة الشكل فى حالة صنعها من الصلب ، أما خلايا الخرسانة المسلحة فتكون مستديرة

أو بيضاوية أوسداسية الشكل ، غيرأن أفضلها وأقواها وأقلها تكلفة هى الخلايا المستديرة .

وتكون أرضية الخلايا منبسطة أو منزلقة ، وتفضل الأخيرة لتسهيل التفريغ أما حجم الخلية فيتفاوت تبعاً لكميات القمح المزمع تخزينها . ويفضل أن تتكون الصومعة من خلايا متفاوتة فى الحجم بحيث يتسنى تخزين الكميات الصغيرة فى الخلايا الصغيرة بدلا من وضعها فى خلايا كبيرة وترك فراغات كبيرة بالخلايا . كذلك تفيد الخلايا الصغيرة فى نقل ما يتبقى من حبوب فى الخلايا الكبيرة بعد سحب كميات منها . وكثيراً ماتكون خلايا الصومعة ذات أحجام متفاوتة بنسب ٥ : ١٠ : ٢٠ : ٥٠ .

وكثيراً ما يلحق بالصومعة المركزية خلية احتياطية تستقبل الكميات الزائدة من الحبوب عن سعة الصومعة ، وتعرف هذه الخلية ، التى تكون عادة عبارة عن خلية واحدة ونادراً ماتقسم إلى أقسام ، باسم auxiliary bin وهذه الخلية الاحتياطية بسيطة للغاية فهى أحياناً لا تتعدى سطح ينحدر موازياً لانحدار الحبوب وقد يمتد من سطح الصومعة المركزية حتى يصل إلى سطح الأرض . وقد يستعاض عن هذه الصومعة بتخزين الحبوب فى حفر عميقة تحت سطح الأرض ويغطى سطح الحبوب بالورق ثم بالتراب ، وتعرف هذه الحفر باسم الترنشات trenches .

وتنحدر الحبوب داخل خلايا الصوامع بزاوية تقرب من ٢٨° عندما تكون نظيفة وجافة ، أو بزاوية أكبر قليلاً عندما تكون الحبوب رطبة أو غزيرة الشوائب أو كثيرة القصلة والتراب والحبوب المكسورة . وهذه الزاوية المعروفة باسم angle of repose تعنى وجود فراغ داخل الخلية لايمكن استغلاله فى التخزين ، وهذا الفراغ يزداد حجمه فى حالة تعبئة الخلية من الجانب عنه فى حالة الملأ من الوسط . وتأخذ الحبوب داخل

(شكل ١١٧) خلية احتياطية بجوار صومعة غلال كبيرة

خلية الصومعة شكل المخروط الذى تتحدد أبعاد قاعدته بالبعد بين الحوائط ويتحدد مكان قمته بمركز فتحة الملأ . كذلك تتراص الحبوب وتسكن داخل الخلية فتشغل حجماً من الصومعة يقل عن حجمها العادى بحوالى ٠,٦ فى حالة القمح النظيف أو حوالى ٨ فى المائة فى حالة حبوب الزمير الخفيفة . ولا توجد علاقة طردية بين انضغاط الحبوب وبالتالى صغر الحيز الذى تشغله عن حجمها المحسوب وبين ارتفاع ووزن الحبوب داخل الخلية .

وعند صب الحبوب فى خلايا الصومعة أو عند تفريغها تميل الأجزاء الخفيفة إلى الانفصال عن الحبوب الثقيلة . فعند ملأ الخلايا تسقط الحبوب

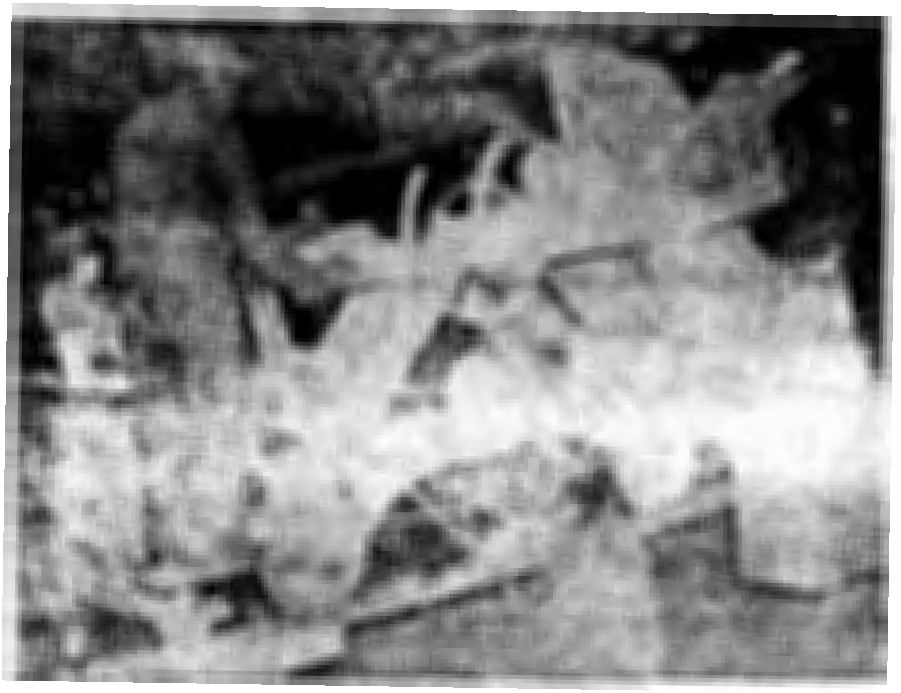
الثقيلة إلى القاع مباشرة بينما القصلة والشوائب الخفيفة تتجه للخارج أى تجاه جدران الخلايا ، وعند تمام ملأ الخلية تتركز البذور الغريبة فى الوسط بينما تتساقط حبوب القمح الثقيلة تجاه الجدران . وفى حالة التفريغ تتحرك القصلة بسرعة أبطأ من تحرك الحبوب الثقيلة .

ويحتل مبنى التشغيل مكانة رئيسية فى الصومعة إذ أنه يحتوى على معظم الماكينات وبه يتم معظم العمل والتوجيهات . ويقع هذا المبنى عادة فى نهاية مجموعة الخلايا أو بين مجموعتين منها . ويوجد بمركز هذا المبنى عدد من السواقى تتحرك بين قاعدة المبنى وطبقاته العلوية التى بها توجد الموازين وأجهزة توزيع الحبوب بين الخلايا التى تنخفض فى مستواها عن مبنى التشغيل ويرتفع هذا الطابق من المبنى عن خلايا التخزين المجاورة فيصل ارتفاعه إلى ١٥٠ أو ٢٠٠ قدما .

وعادة تشغل الخلايا الوسطية بالحبوب المتجهة من وإلى آلات النظافة والتجفيف والغسيل ، أما الخلايا الخارجية فيخزن بها الحبوب المعدة للتفريغ .

وتحتوى الصومعة المركزية على الآلات والأدوات اللازمة لسير العمل بها ، وهذه المعدات يجب أن تكون ذات قدرة كافية تتمشى مع سعة الصومعة وعدد مرات ملئها وتفريغها وكيفية تشغيلها ، وتنحصر المعدات فى الصومعة المركزية فيما يلى :

١ — معدات التفريغ والشحن : هذه المعدات ضرورية لاستقبال الحبوب الواردة ، خصوصاً عندما تكون غير معبأة فى جوالات . وتفرغ الحبوب من سيارات الشحن بطرق متعددة منها رفع مقدمة السيارة فتسقط الحبوب من



(شكل ١١٨) ماكينة تفريغ الحبوب من الناقل إلى خلية التخزين

الخلف ، ومنها دفع الحبوب بواسطة لوح يحركه ونش ، ومنها خفض القاعدة التى تقف عليها السيارة من المؤخرة فتتساقط الحبوب. وتستعمل نفس الطرق فى تفريغ الغلال من عربات القطارات ، فعادة يستعمل ونشان ، وقد يرفع أحد طرفى العربة قليلاً لأعلى ولأحد الجانبين فتفرغ الحبوب .

وتنصب الحبوب فى حفرة معدة لاستقبال شحنة كاملة وتنتقل من هذه الحفرة بواسطة ناقل أو قواديس إلى أجهزة رفع الحبوب فى الصومعة أى إلى السراق ذات القواديس المتحركة من أسفل لأعلى حيث تعبأ القواديس بالحبوب أثناء مرورها من أسفل وتصب محتوياتها أثناء دورانها من أعلى . وتستقبل الحبوب أعلى الصومعة فى garner ومنه تمر إلى الموازين ثم إلى خلايا التخزين أو إلى ناقل يسير بها فى قمة الصومعة حتى يصبها فى الخلية المحددة للتخزين .

ويفضل نظام التفريغ بالشفط على نظام التفريغ بالسواقى فى حالة اختلاف العمق الذى تفرغ منه الشحنات المختلفة كما هو الحال عند الشحن بالبواخر ، لكن نظام الشفط يستنفذ طاقة أكبر أى أنه مكلف أكثر نسبياً .

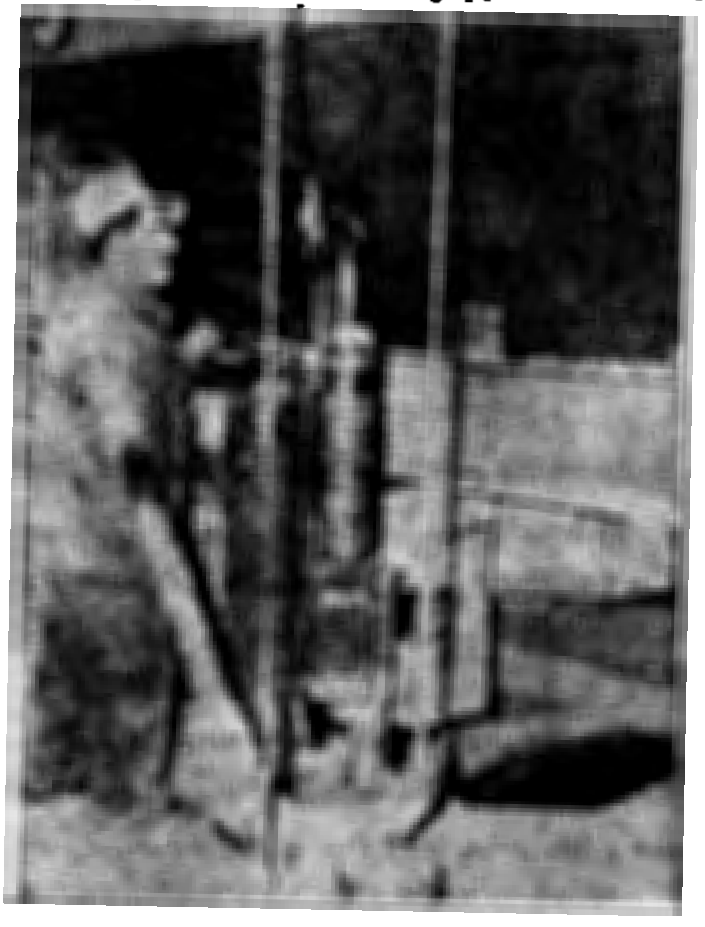
وتحتوى معظم خلايا التخزين على قاعدة منحدرة تساعد على تساقط الحبوب إلى ناقل بقاعدة الخلايا ومنه إلى سواقى الرفع التى تنقل هذه الحبوب إلى خلية أخرى أو إلى أجهزة التجفيف والنظافة أو إلى عربات النقل .

وعند الشحن تتساقط الحبوب من ارتفاع شاهق يبلغ حوالى خمسة وستين قدماً ليساعد ذلك فى طرد الحبوب إلى جوانب عربة الشحن . وتثنى نهاية ماسورة التفريغ قليلاً .

ويراعى بصفة عامة أن تكون معدات التفريغ ذات قدرة تزيد على قدرة معدات استقبال الحبوب . ويجب أن تتناسب قدرات المعدات المختلفة مع بعضها . فمثلا يتحتم أن يكون ناقل الحبوب من قاعدة الخلايا إلى جهاز رفع الحبوب لأعلى له نفس قدرة جهاز الرفع هذا .

٢ — الموازين : وهذه ضرورية لاستلام وتسليم الحبوب وتوزن الحبوب بطرق مختلفة منها وزن عربات السكة الحديد الممتلئة بالحبوب الواردة للصومعة على ميزان أرضى فتوزن العربة ممتلئة ثم توزن بعد تفريغها ويحسب الفرق الدال على وزن الحبوب ، ومنها استعمال الميزان المستدير أو المربع ذى الصندوق hopper scale وبه يوازن ثقل شحنة الحبوب بتحريك ثقل صغير على ذراع الميزان ، كما يمكن بهذا الميزان تسجيل مقدار الوزن على بطاقة منفردة . وغالباً ، ما توجد مثل هذه الموازين فى أعلى مبنى التشغيل أسفل قمة ناقل الحبوب leg مباشرة . وقد يزود كل ناقل بميزانين . وفى بعض الأحيان توضع هذه الموازين فى الدور السفل لمبنى التشغيل ، وفى هذه الحالة تنقل الحبوب إليه بواسطة ناقل صغير يعرف باسم Jack leg ، وعقب الوزن يتولى الناقل

الكبير الرئيسى رفع الحبوب إلى قمة الصومعة . ومعنى هذا أن الميزان فى قمة التشغيل يوفر اقتصادياً إذ يستغنى فى هذه الحالة عن النقل المزدوج ، هذا بالإضافة إلى أنه فى هذه الحالة يتيسر استعمال الميزان فى أغراض أخرى منها

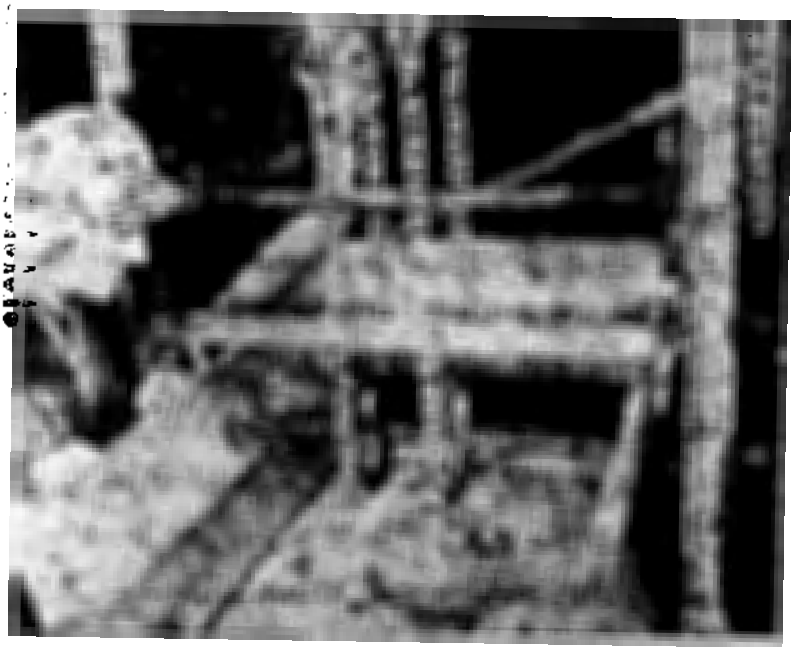


(شكل ١١٩) الميزان ذو الصندوق سعة ٢٠٠٠ بوشل

وزن الحبوب الداخلة إلى المجفف أو إلى آلات التنظيف أو إلى الخارج . وهناك الموازين الأتوماتيكية التى تمتلىء بحجم معين وتفرغه أوتوتيكياً ، وفى هذه الموازين يسجل عدد مرات التفريغ التى يعرف كل منها باسم draft . وهذا النوع من الموازين صغير لا تقارن قدرته بالموازين الكبيرة السابق

الإشارة إليها ، ولذلك فهو يستعمل فى وزن الحبوب عند تعبئتها فى العجوالات أو عند نقلها للتجفيف أو التنظيف مثلاً . ويمكن أن يؤخذ من هذا الميزان عشر وزنات فى الدقيقة ، وكل وزنة منها تمثل واحد إلى خمسة بوشل .

٣ — معدات أخذ العينات وفحصها . وهذه تستعمل لأخذ عينات ممثلة لشحنات الحبوب بقصد فحصها وتدريجها . وتؤخذ العينات بطرق متعددة أشهرها قلم أخذ العينات probe الذى يتكون من اسطوانتين حول بعضهما بطول خمسة أقدام وبقطر بوصة ونصف وبكلى الأسطوانتين فتحات متعددة. فبإدارة الأسطوانة الداخلية تختفى فتحاتها ويدخل القلم فى شحنة الحبوب ، ثم تدار الاسطوانة الداخلية حتى تعود فتحاتها الانطباق على فتحات الاسطوانة الخارجية فتدخل الحبوب لتملأ الاسطوانة وبعدها تدار الاسطوانة مرة أخرى لحبس الحبوب بداخلها ويسحب القلم للخارج بالعينة . وعادة تؤخذ عينة الحبوب من خمس مناطق متباعدة فى عربة السكة الحديد أو فى سيارة الشحن . وفى حالة أخذ العينات من الصنادل والبواخر يستعمل قلم أطول نسبياً قد يصل إلى عشرة أقدام . ولأخذ عينات الحبوب من خلايا التخزين يستعمل القلم المعروف باسم bucket probe المكون من أنبوبة قصيرة مثبتة فى نهاية قضيب أو ماسورة فبعد دفع القلم إلى العمق المطلوب يسحب القضيب فتنتفخ الأنبوبة وتمتلىء بالعينة . ولأخذ عينات الحبوب أثناء تعبئتها فى البواخر للشحن يستعمل كيس من الجلد مثبت فى نهاية عامود ويعرف باسم pelican فيوضع هذا أسفل فتحة صب الحبوب ليمتلىء بالعينة . وتؤخذ العينات من الحبوب المارة على سير باليدين . وهناك أجهزة أتوماتيكية حديثة لأخذ العينات . وتمثل العينة المأخوذة حوالى جزءاً من خمسة آلاف جزء من شحنة سيارة النقل ، أو جزءاً من مائة ألف جزء من شحنة الباخرة .



شكل ١٠٢) جهاز أوتوماتيكى لأخذ العينات

وتفحص العينات المأخوذة بقصد تحديد جودة وصفات وسعر الحبوب فتقدر نسبة الرطوبة بالحبوب والوزن النوعى ونسبة الحبوب الغريبة ونسبة بذور الحشائش ونسبة الشوائب الأخرى ونسبة الحبوب التالفة ونسبة البروتين ومدى ظهور الرائحة الغريبة ، كما قد تقدر نسبة الزيت فى البذور الزيتية . وهذه الاختبارات هى الأساس فى تحديد درجات الحبوب . ففى الولايات المتحدة الأمريكية مثلا يعبر عن درجات الحبوب بالأرقام ، وهذه الأرقام الدالة على مواصفات الحبوب مستقاة من الحد الأدنى للوزن النوعى والحد الأقصى لنسبة الرطوبة والحد الأقصى المسموح به من نسب المواد الغريبة والحبوب المصابة والحبوب الغريبة كما يلحق بهذه الأرقام اشتراطات تتعلق بوجود الصدأ والحشرات والثوم وبطبيعة اللون . وفى كندا تؤخذ هذه

التقديرات فى الاعتبار ولكن التشريعات تحدد الحد الأقصى المسموح به من العيوب بصفة عامة بدلاً من تحديد حد أقصى لكل نوع من التلف على حده .

٤ — معدات النظافة : وهذه المعدات تستعمل فى فصل البذور الغريبة والشوائب وفى تدريج الحبوب تبعاً للحجم وفى فصل أنواع الحبوب المختلفة عن بعضها وفى غسيل الحبوب. والطرق الرئيسية لتنظيف الحبوب فى الصوامع هى النسف والغربلة والتدريج ، فاستخدام الهواء aeration فى طرد الأجزاء الخفيفة قد يجرى منفرداً وقد يقرن بطرق النظافة الأخرى . واستخدام الغرابيل perforated screens هو العملية الرئيسية فى تنظيف الحبوب ، ففيها تفصل الشوائب والحبوب الغريبة ، كما قد تدرج بها الحبوب إلى صغيرة ومتوسطة وكبيرة . وعادة تكون الغرابيل ذات حركة اهتزازية. أما الأجهزة ذات الفجوات المحددة الأشكال Pockets or indents فتستعمل لفصل الحبوب ذات الحجم المعين عن غيرها ، وهى تكون عادة أسطوانية الشكل تدور حول محورها أفقياً وينغمس نصفها السفلى فى الحبوب مما يسبب دخول الحبوب ذات الحجم المعين فى فجواتها وهذه تستقبل فى وعاء آخر .

وفى عملية الغسيل يستعمل رذاذ الماء فى إزالة القاذورات من سطح الحبوب ، وخصوصاً التفحم .

٥ — المجففات : وهذه الأجهزة توجد فى الصوامع المركزية فى الدول الأجنبية التى تنتج أقماحاً وحبوباً ذات نسبة مرتفعة من الرطوبة . وتوجد أنواع متعددة من المجففات ففى أحد الأنواع توضع الحبوب فى شكل أعمدة بين جدران مثقبة ويمرر خلالها الهواء الساخن المحدد درجة حرارته ودرجة رطوبته ، وفى طريقة أخرى توضع الحبوب فى مقصورة ويمرر الهواء الساخن خلالها ، وفى طريقة ثالثة تمرر الحبوب على مراوح تدفع الهواء الساخن خلالها ، وقد تستعمل المجففات الأسطوانية التى تدور أفقياً

حول محورها ويمرر بداخلها الهواء الساخن فوق الحبوب ، وقد توضع الحبوب فوق سيور مثقبة وتتحرك هذه فوق مصادر الهواء الساخن، ونادراً ما تجفف الحبوب بالهواء العادى داخل خلايا صغيرة .

وتستعمل مواقد الغاز كمصدر للحرارة إذ تمزج الغازات الناتجة منها بالهواء العادى ويدفعان خلال الحبوب ، مع مراعاة ضبط درجة الحرارة فى حالة حبوب التقاوى منعاً لتلف الأجنة بفعل الحرارة ، ويعوض هذا الانخفاض فى الحرارة بزيادة حجم الهواء المار . وتحدد تشريعات بعض الدول درجات الحرارة القصوى الممكن استخدامها فى التجفيف ، ففى كندا يجب ألا تتجاوز درجة الحرارة ١١٠° فهرنهيت فى تجفيف شعير المولت أو ١٨٠° فهرنهيت فى تجفيف الحبوب الأخرى .

ويفضل دائماً وضع المجففات خارج مبنى التشغيل ولكن على مسافة قريبة منه ليتسنى استعمال أجهزة النقل . ويجب أن تؤخذ الاحتياطات لمنع نشوب حريق .

ويقل وزن الحبوب بالتجفيف ، وتحسب نسبة الفقد فى الوزن من المعادلة :

$$\text{النسبة المئوية للفقد فى الوزن} = \frac{١٠٠ \left(\text{نسبة الرطوبة فى الحبوب فى البداية} - \text{نسبة الرطوبة بعد التجفيف} \right)}{١٠٠ - \text{نسبة الرطوبة بعد التجفيف}}$$

٦ – أجهزة قياس وتسجيل درجات الحرارة : وهذه ضرورية لتتبع أى تغيرات تطرأ على درجة حرارة الحبوب . والمعتاد هو وضع أنابيب فى أجزاء متفرقة من الخلايا ويوضع بداخلها المزدوجات الحرارية thermocouples ، وتجهز الصوامع الحديثة عادة هذه الأنابيب التى تثبت بها المزدوجات

الحرارية فى أماكن متفرقة من الخلية تبعد كل منها عن الأخرى بحوالى خمسة أقدام ، وتتصل هذه الأجهزة بلوحة معينة تمكن من قراءتها على فترات . وقد يستعمل جهاز واحد يدفع فى الحبوب إلى مسافات مختلفة ، كما قد يستعمل ترمومتر مغلف بغلاف معدنى للمحافظة عليه عند دفعه فى مناطق متفرقة من الحبوب .

٧ — مجمعات الغبار : وهذه ضرورية لمنع تراكم التراب على جدران وأرضية خلايا تخزين الحبوب . فالحبوب دائماً ترد وبها كمية من التراب والأكلونة ، وغالباً ما يتجمع التراب عند قمة سواقى رفع الحبوب والموازين . ومهمة مجموعات الغبار هى سحب الغبار الذى يمثل حوالى ١,٠ فى المائة من وزن الحبوب . والكمية من الغبار التى يفصلها مجمع الغبار لا يستهان بكميتها ، فالصومعة المركزية التى تستقبل مليون بوشل من الحبوب يومياً تفرغ حوالى أربعين طناً من التراب كل يومين .

٨ — مولدات الطاقة : وهذه كانت فى الماضى آلات بخارية . أما الآن فالسائد هو استخدام الكهرباء . وعادة تجهز كل ماكينة بالموتور الخاص بها .

إدارة وتشغيل الصومعة المركزية :

جميع الصوامع الحديثة الرئيسية فى جمهورية مصر العربية خاضعة كلية لإشراف وإدارة القطاع العام بينما فى الدول الأجنبية ، مثل الولايات المتحدة الأمريكية ، توجد صوامع حكومية وأخرى أهلية ، وهذه الأخيرة بعضها يمتلكه شركات النقل والبعض ملك لتجار الحبوب والبعض خاص بأصحاب المصانع . وكثيراً ما تخزن حبوب الغير فى بعض خلايا هذه الصوامع نظير أجر معين . وتحقق الصوامع الملحقة بالمصانع غرضان أولهما الاستفادة من هبوط الأسعار حيث تخزن الحبوب وقت انخفاض الأسعار وتستعمل عندما يرتفع السعر ، كما أن هذه الصوامع تمد المصانع باحتياجاتها

من الحبوب فى كل وقت وبذلك يمتنع ارتباط العمل فى المصنع بالمواصلات أو بالعرض والطلب :

وتتلخص واجبات مدير الصومعة فى ثلاث نقاط :

أولا : استغلال جميع مساحات ومعدات الصومعة بأقصى حد .

ثانياً : تقليل النفقات إلى أقل حد ممكن .

ثالثاً : منع حدوث تلف أو فقد فى الحبوب .

فلاستغلال الصومعة جيداً ترسم خطة محكمة قبل ورود الشحنات بوقت كاف ، وتؤخذ فى الاعتبار احتمالات الطلبات المفاجئة وانقطاع بعض العمال عن العمل وتأخر مواعيد وصول الشحنات وغير ذلك . ويلزم توزيع العمل على المشرفين والعمال قبل ورد الشحنة ، كما يلزم إخلاء الخلايا المحدد استقبال شحنات الحبوب بها قبل ورود الشحنة بوقت كاف حتى لو اقتضى الأمر إجراء ذلك ليلا .

وتتلخص العمليات التى تتعرض لها شحنات الحبوب الواردة للصومعة فى أخذ العينات من كل شحنة وفحصها وتحديد درجتها بمعرفة متخصص مرخص له من قبل الدولة بالقيام بهذه المهمة ، ثم يحدد المشرفون بالصومعة الخلية التى تخزن بها حبوب الشحنة سواء أكانت الخلية خالية تماماً أم أنها تحتوى على حبوب لها نفس الدرجة ومن نفس الصنف . وتوزن الشحنة ويسجل الوزن على بطاقة ثم تفرغ الحبوب فى حفرة الاستقبال ومنها ترتفع الحبوب فى سواقى ساق الصومعة ، أى الناقل ، إلى قمة الصومعة حيث تنصب الحبوب أثناء دوران وانقلاب القواديس فى مستقبل garner ومنه إلى الخلايا المحددة . ويقوم مدير الصومعة بإثبات رقم الخلية وتاريخ ملئها وصفات الحبوب التى خزنت بها فى لوحة مخصصة لهذا الغرض . وعندما

يراد تنظيف أو تجفيف هذه الحبوب يفتح الباب فى قاعدة الخلية فتمر الحبوب إلى الناقل الذى يرفعها إلى أعلى لتمر خلال المخزن والميزان إلى الخلايا المخصصة لهذه الخدمات . ومن هذه الخلايا الأخيرة تسحب الحبوب إلى معدات النظافة أو المجفف ومنه إلى الخلايا المحددة لتخزينها .

ويجب حساب الفقد فى وزن الحبوب نتيجة للتنظيف والتجفيف ، كما يجب أن تفحص الحبوب على فترات للتأكد من احتفاظها بالمواصفات والدرجات المحددة لها .

وعند صرف كميات من الحبوب المخزونة بالصومعة تحدد الكمية فى أمر التوريد وتستقبل العربات الخالية وتوزن وتوضع أسفل ماسورة التفريغ وتترك حتى تمتلىء ثم يعاد وزنها . ويلى ذلك أخذ عينة من العربة وفحصها ومطابقة درجة وصفات الحبوب بالمطلوب .

ويجب تحاشى الأسباب المؤدية إلى عدم استغلال حجم الصومعة بالكامل ومنها التباطؤ فى عمليات التنظيف والتجفيف والمبالغة فى فصل الدرجات عن بعضها ووضع كل درجة منها فى خلية منفصلة ، واستقبال كميات من الحبوب تقل عن الكميات المنتظرة .

ومن مهام مدير الصومعة المركزية دوام الإشراف على صلاحية المعدات وسلامة المبانى والتنبيه إلى مباشرة الترميمات والإصلاحات مباشرة . فمن هذه العمليات الكشف عن خلخلة قواديس السواقى وتآكل سيور الناقل وضعف الموتورات وضبط الموازين وتشققات الجـــدران والسقف وغيرها .

أخطار الصوامع :

أقصى ما يمكن أن تتعرض له الصوامع يتلخص فى أمرين :

أولهما : ارتفاع نسبة التلف فى الحبوب المخزونة مما يترتب عليه خسائر مادية باهظة .

ثانيهما : تعرض الصومعة للحريق أو تلف بعض معداتها أو إصابة بعض عمالها .

فالتلف الذى تتعرض له الحبوب قد يكون فى صورة تغير لون الحبوب بفعل الحرارة أو الفطريات أو البكتريا ، وقد يكون التلف سببه الحشرات أو النشاط الإنزيمى . ومن نتائج التلف فقد الحيوية ورداءة صفات الزيت وفقد بعض الفيتامينات وانخفاض القيمة الغذائية .

ومن أهم عوامل تلف الحبوب هى نسبة رطوبتها ، فهذه يجب ألا تتجاوز أربعة عشر فى المائة . وترتفع هذه النسبة بانخفاض درجة حرارة الجو أى أنه يصبح ممكناً تخزين الحبوب ذات درجة رطوبة أكثر ارتفاعاً فى الأجواء الباردة ، كما أنها تنخفض بارتفاع درجة حرارة الحبوب أو الجو الخارجى . ولا توجد درجة حرارة معينة يمكن أن يقال أنها أنسب الدرجات لتخزين الحبوب ، غير أنه يمكن أن يقال أن درجات الحرارة المنخفضة أكثر أماناً من الدرجات المرتفعة . فنمو الفطريات والبكتريا المسببة لفساد الحبوب ينعدم عند درجة حرارة أقل من ٧٠° فهرنهيت . والحشرات يقف نشاطها على درجة حرارة أقل من ٦٠° فهرنهيت . وعندما تنخفض درجة الحرارة عن ٧٠° فهرنهيت ينعدم تغير لون أجنة حبوب القمح والشيلم المعروف باسم « Sick damage » أو « blue eyes » ، « germ rancid » فى الذرة أو « heat damage » فى الشعير والزمير . وليس من الضرورى أن تظهر كل هذه العيوب أو بعضها فى الحبوب عندما ترتفع درجة الحرارة عن مائة فهرنهيت .

وأخطر حشرات الحبوب هو السوس ويلاحظ أن سوسة الحبوب granary weevil وإسمها العلمى Sitophilus glranarius أكبر حجماً وأدكن لوناً من سوسة الأرز rice Weevil وإسمها العلمى Sitophilus oryza فقادرة على الطيران

والمدافهى تصيب الحبوب فى الحقل. ولا تتلف الحبوب المخزنة بفعل ثاقبة الحبوب grain borer المسماة Rhizopertha domintca لأنها تتغذى على الغبار. وتسبب حشرات الردة bran bugs ارتفاع درجة الحرارة بنسبة أعلى مما يسببه السوس بسبب تراكمها فى جيوب ترتفع فيها درجة الحرارة بسرعة بينما السوس يتحرك وينتشر فى أنحاء المخزن. ولا يتجاوز الارتفاع فى درجة حرارة الحبوب فى أى حالة من الحالات درجة ١٠٦° فهرنهيت لأنه بتجاوز هذه الدرجة ينعدم تكاثر هذه الحشرات أو تموت. وترتفع درجة حرارة الحبوب أيضاً بفعل بعض أنواع العتة خصوصاً Sitotroga cerealela المعروفة باسم Angoumois، Plodia interpunctela المعروفة باسم Indian-meal moth.

وعادة يستدل على تلف الحبوب بفعل الحشرات والأحياء الدقيقة بارتفاع درجة حرارة الحبوب، غير أن هذا ليس صحيحاً فى حالة التلف المعروف باسم blue mold فى الذرة والآخر المسمى Sick damage فى القمح والجودار. فالنوع الأول من التلف يظهر عادة وليس دائماً فى حبوب الذرة الجافة ويبدأ ظهوره فى هيئة خيط يخترق مركز الجنين ثم يمتد أسفل غلاف الحبة المغلف للجنين، ولا تتجاوز الإصابة منطقة الجنين فى الحبة. والفطر المسبب لهذا التلف لا يتكاثر عندما تنخفض درجة الحرارة عن ٦٥ فهرنهيت، وعندما ترتفع درجة الحرارة يبدأ ظهور رائحة كريهة. ويبدأ ظهور النوع الثانى من التلف فى حبوب القمح بتغير لون جنين الحبة إلى الأصفر الباهت ثم إلى البنى وفى النهاية إلى الأسود. وهذا التلف يسبب ضعف أو فقد حيوية الحبوب.

ويعتمد فى التعرف على حدوث التلف فى الحبوب على قراءة درجة الحرارة والفحص بالعين المجردة والاعتماد على الخبرة، وهذا التلف ينعدم أو يقل مقداره فى حالة برودة الحبوب وانخفاض رطوبتها وعدم تجفيفها صناعياً وعدم ارتفاع درجة حرارتها وخلوها من الحبوب المكسورة وعدم إصابتها بالحشرات وارتفاع درجتها ونظافتها. ففى حالة الحبوب ذات

الرطوبة المرتفعة تمزج هذه بكميات مناسبة من الحبوب الجافة أو تستهلك هذه الحبوب أولا . وفى حالة استلام الحبوب ذات درجة حرارة مرتفعة يجب تبريدها مباشرة . وفى حالة الحبوب المصابة بالحشرات يجب تدخينها بمزيج من رابع كلوريد الكربون مع واحد أو أكثر من المواد التالية : ثانى كلوريد الإيثيلين ، ثانى بروميد الإيثيلين ، ثانى كبريتيد الكربون . وهذه المخاليط تصب فى الخلية على فترات منتظمة أثناء ملأ الخلية . وقد يستعمل سيانيد الكالسيوم فيصب ضمن تيار الحبوب على هيئة مسحوق . وهذا المسحوق يتحلل منتجاً حامض إيدروسيانيك الذى يسمم جميع الحشرات . وقد يستعمل الكلوروبكرين chloropicrin السائل الذى يصب على الحبوب أثناء الملأ فيتحول إلى غازات تقتل الحشرات .

وتبرد الحبوب الساخنة عادة بنقلها من خلية إلى أخرى أو بإمرار الهواء خلالها أو بإمرارها فى المجفف مع عدم تسخين الهواء المار به .

وأخطر الحوادث التى تتعرض لها الصومعة هى انفجار الغبار dust explosion الذى قد يؤدى إلى تدمير الصومعة بأكملها . فالغبار به بعض أجزاء من قشور الحبوب وهذه قابلة للاشتعال وإحداث الانفجار . والظروف التى تهيء لحدوث الانفجار هى وجود الغبار والهواء بنسبة معينة وحدوث الشرر وضيق الحيز . والشرر قد يكون مصدره سيجارة أو احتكاك مسمار فى حذاء أحد القائمين بالعمل بالأرضية أو احتكاك جاروف أو آلة بالأرض أو خلل فى موتور أو مفتاح كهربائى أو تعرية واتصال سلكين كهربائيين أو غيرها .

ولتحاشى حدوث الانفجار فى الصوامع يزال الغبار منها دواماً وتؤخذ الاحتياطات لمنع حدوث شرر أو إشعال لهب وتصمم الصومعة بحيث يسمح تكوينها بزوال أى ضغط بمجرد تكونه .

ومن حوادث العمال المألوفة غور العامل داخل الحبوب بسبب وقوفه فوق سطحها أثناء سحب الحبوب من أسفل ، أو بسبب وقوفه تحت كتلة

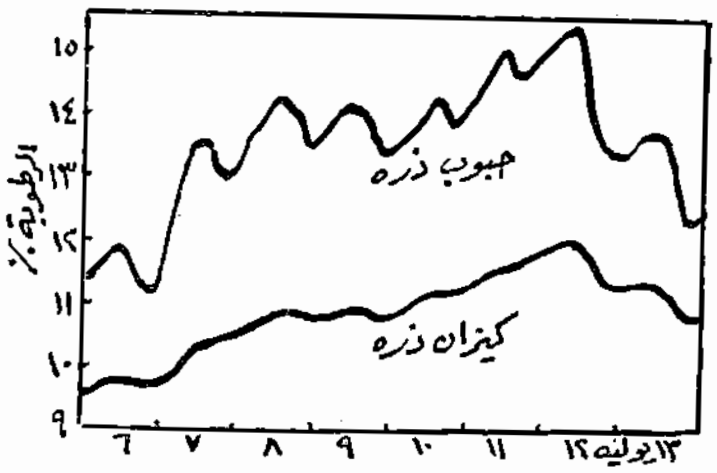
كبيرة من الحبوب ملتصقة بالحائط تسقط فجأة ، أو بسبب وقوفه على سطح الحبوب التى تماسكت وبقى تحتها فراغ من أثر سحب الحبوب من الطبقات السفلى . وفى بعض الحالات يصاب العمال باختناق asphyxiation بسبب قلة الأوكسيجين على سطح الحبوب فى الخلايا نتيجة لتنفس الحبوب والفطريات. ففى بعض خلايا الحبوب وجدت نسبة الأكسيجين تقرب من أربعة فى المائة. وكثيراً ما تحدث الوفاة للعمال بسبب غازات التدخين حتى فى حالة استعمالهم قناعات الغازات . ولذلك ينصح لتحاشى إصابات العمال بألا يسمح للعامل بالنزول فى خلية الحبوب إلا بعد أن يحيط جسمه بحزام الأمان الذى يتصل بحبل طويل يمتد خارج الخلية ويمسك به عامل آخر يستطيع جذبه فى حالة ظهور الخطر.

تجفيف الحبوب :

لا يختلف تجفيف الحبوب الغذائية عن تجفيف المواد الغذائية الأخرى، فقط تتميز الحبوب بانخفاض رطوبتها كثيراً عن الخضروات . وتتوقف سرعة وظروف تجفيف الحبوب على سرعة تسرب الرطوبة فى أجزاء الحبة ، أما سرعة تبخر الرطوبة من سطح الحبوب فأثرها أقل كثيراً .

وتنسب كمية الرطوبة فى الحبوب إلى الوزن الرطب أى الوزن الطازج عادة، كما قد تنسب إلى الوزن الجاف . فمثلاً ٢٥ فى المائة رطوبة منسوبة للوزن الرطب تعنى احتواء المائة جرام من الحبوب الطازجة على ٢٥ جراما من الماء ، أما ٢٥ فى المائة رطوبة منسوبة للوزن الجاف فتعنى أن مائة جراما من الحبوب الطازجة بها ٨٠ جراماً من المادة الجافة وعشرين جراماً من الماء.

وتتأثر رطوبة الحبوب بالرطوبة النسبية فى الهواء ، فهناك تبادل دائم بين رطوبة الحبوب ورطوبة الجو ، وعندما ترتفع رطوبة الجو النسبية تمتص الحبوب



(شكل ١٢١)
التغيرات فى رطوبة حبوب وكيزان الذرة المعرضة للجو

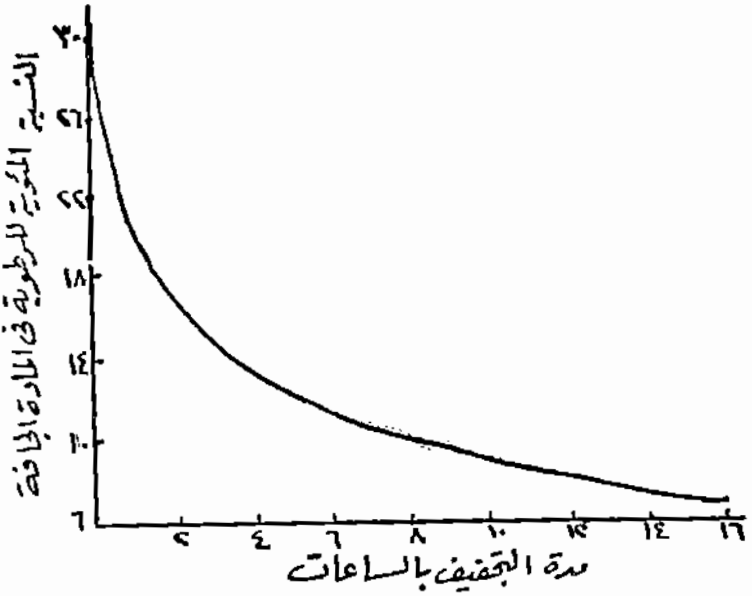
رطوبة من الجو ، بينما تعريض الحبوب فى طبقات رقيقة لجو جاف يسبب فقد الحبوب لجزء من رطوبتها . وتصل الحبوب إلى حالة اتزان مع الجو عند درجة رطوبة معينة ، وهذه الحالة تختلف تبعاً لنوع الحبوب وتبعاً لدرجة حرارة الجو . ويبين الشكل التالى التغيرات فى درجة رطوبة حبوب الذرة وكيزان الذرة المعرضة للجو ، كما يبين الجدول فى الصفحة السابقة نسب الرطوبة فى الحبوب المختلفة عند نقطة الاتزان مع رطوبة الجو عند درجة حرارة الجو العادية وهى حوالى ٧٧° فهرنهيت .

وتصل نسبة الرطوبة فى الحبوب إلى حالة الاتزان مع رطوبة الجو عندما يتساوى ضغط البخار فى كل من الحبوب والجو . ويتأثر تسرب الرطوبة من الحبوب إلى الجو بدرجة حرارة الجو وطبيعة وحجم وشكل الحبوب .

الحبوب	النسبة المئوية للرطوبة منسوبة للوزن الرطب					
	رطوبة نسبية ١٥	٣٠	٤٥	٦٠	٧٥	٩٠	١٠٠
شعير	٦,١	٨,٥	١٠,٠	١٢,١	١٤,٤	١٩,٥	٢٦,٨
حنطة	٦,٧	٩,١	١٠,٩	١٢,٧	١٥,٠	١٩,١	٢٤,٥
ذرة صفراء	٦,٤	٨,٤	١٠,٥	١٢,٩	١٤,٨	١٩,١	٢٣,٨
ذرة بيضاء	٦,٦	٨,٥	١٠,٤	١٢,٩	١٤,٧	١٨,٩	٢٤,٦
ذرة فيشار	٦,٨	٨,٥	٩,٨	١٢,٢	١٣,٦	١٨,٤	٢٣,٠
بذركتان	٤,٥	٥,٦	٦,٣	٧,٩	١٠,٠	١٥,٢	٢١,٤
زمير	٥,٧	٨,١	٩,٦	١١,٨	١٣,٨	١٨,٥	٢٤,١
أرز أبيض	٦,٨	٩,٠	١٠,٧	١٢,٦	١٤,٤	١٨,١	٢٣,٦
شليم	٧,٠	٨,٧	١٠,٥	١٢,٢	١٤,٨	٢٠,٦	٢٦,٧
سورجم	٦,٥	٨,٦	١٠,٥	١٢,٠	١٥,٣	١٨,٨	٢١,٩
فول صويا	—	٦,٢	٧,٤	٩,٧	١٣,٢	—	—
قمح أبيض	٦,٨	٨,٦	٩,٩	١١,٨	١٥,٠	١٩,٧	٢٦,٣
قمح ديورم	٦,٦	٨,٥	١٠,١	١١,٥	١٤,١	١٩,٣	٢٦,٧
قمح لين	٦,٣	٨,٦	١٠,٦	١١,٩	١٤,٦	١٩,٧	٢٥,٦
قمح صلب شتوى أحمر	٦,٤	٨,٥	١٠,٥	١٢,٥	١٤,٦	٢٠,١	٢٥,٤
قمح صلب ربيعى أحمر	٦,٨	٨,٥	١٠,١	١١,٨	١٤,٨	١٩,٧	٢٥,٠

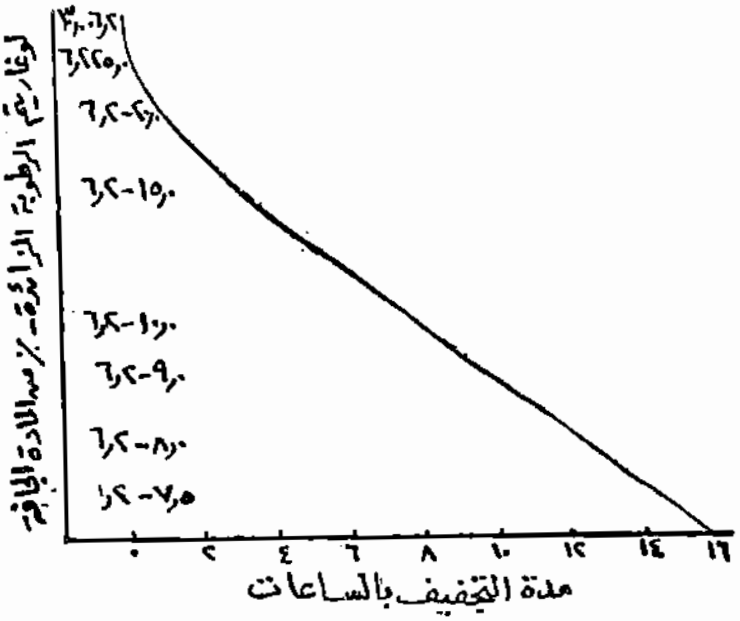
ويمثل المنحنى السابق سير عملية تجفيف الحبوب بالهواء ومنه يتضح سرعة فقد الرطوبة فى البداية ثم بطء تبخيرها .

وينطبق هذا على كافة الحبوب ، فالفقد فى رطوبتها عند تعرضها لتيار هواء ذى درجة حرارة ورطوبة نسبية ثابتتين تزداد سرعته فى البداية وعند ارتفاع درجة الحرارة أو درجة رطوبة الحبوب أو عندما تنخفض رطوبة الهواء أو عندما تزداد سرعة تيار الهواء كثيراً . وبصفة دائمة لاتتناسب سرعة التجفيف مع كمية الرطوبة التى تتبخر فى أى وقت معين ، كما هو واضح من الرسم البيانى التالى المحدد للعلاقة اللوغاريتمية بين الرطوبة المتبخرة وبين مدة التجفيف . وهذا يدل على عدم إمكان تطبيق معادلة الخط المستقيم ، لكن هذه المعادلة تعطى نتائج قريبة من الواقع تصلح للأغراض العملية .



(شكل ١٢٢)

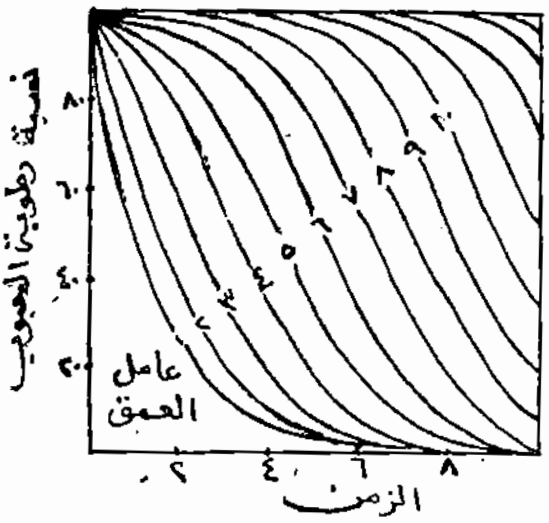
فقد رطوبة الحبوب أثناء تجفيفها بالهواء على درجة حرارة ورطوبة نسبية ثابتتين



(شكل ١٢٣)

الرسم البيانى اللوغاريتمى الموضح للعلاقة بين سرعة التجفيف وكمية الرطوبة المتبخرة ،

والتجفيف الصناعى للحبوب عادة يجرى على كميات كبيرة حيث يدفع الهواء ذو درجة حرارة ورطوبة ثابتتين على سطح وخلال الحبوب . وتتوقف سرعة الجفاف فى حبوب الطبقات الداخلية على صفات هذه الحبوب وظروف الهواء وكمية الحبوب وحجم الهواء المار . ويعتقد أن كل حبة من الحبوب تجفف كما لو كانت معرضة بمفردها للهواء ، وهذ رغماً من استمرار تغير درجتى حرارة ورطوبة الهواء الملامس لها . وتتأثر درجتا الرطوبة النسبية والحرارة لهواء التجفيف بسرعة فقد الرطوبة من الحبوب ، ولهذا فإن جميع التغيرات التى تحدث بداخل الخلايا وهى انخفاض رطوبة الحبوب وارتفاع رطوبة الهواء وانخفاض حرارة الهواء تتأثر بسرعة فقد الرطوبة من كل حبة من الحبوب كما لو كانت معرضة بمفردها . ويوضح الشكل البيانى التالى العلاقة بين نسبة الرطوبة فى الحبوب ومدة التجفيف وعمق طبقة الحبوب . ويستفاد من هذا الشكل فى معرفة نسبة الرطوبة فى أى طبقة من طبقات الحبوب بعد انقضاء فترة معينة من التجفيف .



(شكل ١٢٤)

العلاقة بين رطوبة الحبوب ومدة التجفيف وعمق طبقة الحبوب

وتحسب الحرارة النوعية specific heat للحبوب من المعادلة :

$$Mw\ 0.008 + 0.2 = S$$

باعتبار S الحرارة النوعية بالوحدات الحرارية البريطانية BTU لكل رطل مقدرة كدرجات فهرنهيتية ، وأن Mw النسبة المئوية للرطوبة فى الحبوب منسوبة لوزن الحبوب الرطبة . وقد افترض واضع المعادلة أن الحرارة النوعية لماء الحبوب هى واحد صحيح وأن الحرارة النوعية للمادة الجافة فى الحبوب ٠,٢ .

أما حرارة التبخير heat of vaporization فهى أكثر ارتفاعاً لماء الحبوب عنها للماء الحر ، ويعتبر مقدار الزيادة مساوياً لحرارة الترطيب heat of wetting . وتصل الحرارة الكامنة latent heat إلى أقصاها عند درجة الرطوبة المنخفضة فى الحبوب ، أما عند درجة الرطوبة المرتفعة

فتكون قيمتها مساوية تقريباً للحرارة الكامنة للماء الحر . وبالنسبة لحرارة التأدرت heat of hydrtion فقد وجـــد أن إضافة كميات من الماء إلى الدقيق أو النشا ذات درجة الرطوبة المنخفضة جداً تسبب إنطلاق حرارة تقدر بحوالى مائة سعر للجرام الواحد ، أى ٣٦٠ وحدة حرارة بريطانية لكل رطل . وبافتراض أن حرارة التأدرت تساوى الفرق بين حرارة تبخير الماء من الدقيق وحرارة تبخير الماء الحر ، يستنتج أن الحرارة اللازمة لتجفيف الدقيق تساوى حرارة تبخير الماء الحر (وهى حوالى ألف وحدة حرارة بريطانية لكل رطل) مضافاً إليها ٣٦٠ وحدة حرارة بريطانية . وتنخفض هذه القيمة فى حالة ارتفاع نسبة الرطوبة فى الحبوب. والقيمة المقدرة تبلغ حوالى ١١٢٠ وحدة حرارة بريطانية لكل رطل . وفى بعض التجارب وجد أن حرارة التأدرت للنشا التامة الجفاف تبلغ حوالى ٢٣ إلى ٣٠ سعر للجرام الواحد .

وتوجد معادلة أخرى لحساب حرارة التبخير من الضغط البخارى للرطوبة فى الحبوب وهى :

$$H_{fg} = V_{rg}\ T\ \frac{\delta P}{\delta T}$$

باعتبار H_{fg} حرارة التبخير للرطل V_{fg} حجم البخار بالقدم المكعب للرطل ، T درجة الحرارة المطلقة R° و P ضغط البخار بالرطل لكل قدم مربع .

وتجفف الحبوب بطرق متعددة ، ففى إحدى الطرق توضع الحبوب فى مقصورة ذات جوانب رأسية وقاعدة مثقبة ، ويدفع الهواء المسخن إلى درجة حرارة معينة وبه نسبة رطوبة محددة خلال ثقوب الأرضية فيرتفع لأعلى . وتزداد كمية الرطوبة فى الهواء بتصاعده لأعلى كما تنخفض درجة حرارته ، وهذان التغيران يتمشيان مع كمية الحرارة المستنفذة

فى تبخير الماء ، ولذلك تبقى كمية الحرارة الكلية فى الهواء بدون تغير تقريباً أى يمكن اعتبارها ثابتة ، وهذا يفسر دلالة الترمومتر الرطب الذى يستدل منه على الحرارة الكلية للهواء ، فقراءة هذا الترمومتر الرطب تبقى ثابتة عند مروره فى طبقات الحبوب . وتتوقف سرعة الانخفاض فى درجة حرارة الهواء على سرعة تبخر الرطوبة من الحبوب.

ولمعرفة نسبة الرطوبة فى أى طبقة من طبقات الحبوب وفى أى وقت أثناء تجفيف الحبوب بكميات كبيرة يستفاد من توازن الحرارة heat balance . فالحرارة المستفدة فى تبخير الرطوبة من حبة القمح يجب أن تساوى الحرارة التى اكتسبتها الحبة من الهواء وبسببها انخفضت درجة حرارة الهواء مضافاً إليها الحرارة المكتسبة من جراء تغير درجة الحرارة فى الحبوب المجاورة ومضافاً إليها أيضاً الحرارة المكتسبة من أثر التوصيل أو الإشعاع من الحبوب المجاورة أو من جدران المقصورة . وتعتبر الحرارة المستمدة من تأثير الإشعاع بفعل الجدران ضئيلة ويمكن تجاهلها . فالاتزان الحرارى إذن يقع بين حرارة التبخير وحرارة الهواء وحرارة الحبوب . ويمكن تجاهل تأثير حرارة الحبوب أيضا ، وبذلك يكون الاتزان الحرارى عبارة عن تساوى حرارة تبخير الرطوبة من الحبوب مع الحرارة المفقودة من هواء التجفيف وذلك فى أى بقعة داخل المجفف وفى أى وقت خلال فترة التجفيف . ومن المعادلة التالية يتبين أن مدى تغير رطوبة الحبة يتناسب طرديا مع الفرق بين درجتى حرارة الهواء الواقع فوق وتحت الحبة مباشرة .

$$\frac{\delta M}{\delta t} = P. \frac{\delta T}{\delta x}$$

باعتبار P رقم ثابت يتوقف على مجموع ظروف التجفيف ويساوى $\frac{6000\,QSA}{WV}$ ، W كثافة المادة الجافة فى الحبوب ، V وحدة حرارة التبخير

لرطوبة الحبوب ، A مساحة القطاع العرضى لتيار الهواء المار فى الحبوب ، δT الانخفاض فى حرارة الهواء ، Q وزن الهواء ، SA الحرارة النوعية للهواء ، δx سمك طبقة الحبوب الرقيقة ، X ارتفاع طبقة الحبوب فى المقصورة ، St الوقت ، M نسبة الرطوبة ، δM الانخفاض الطفيف فى الرطوبة .

وبتغيير درجة حرارة ونسبة رطوبة هواء التجفيف تتغير سرعة التجفيف فالهواء تنخفض حرارته وتزداد رطوبته بارتفاعه إلى أعلى ، حتى تصل درجة حرارة الهواء إلى حد معين لاتنخفض بعده وهو درجة الحرارة TG التى عندها تصبح الرطوبة النسبية للهواء فى حالة اتزان مع رطوبة الحبوب . وتعرف درجة الحرارة هذه بقراءة درجة حرارة الترمومتر الجاف فى البداية To ودرجة حرارة الترمومتر الرطب فى البداية Tw . وتتوقف سرعة اقتراب درجة الحرارة T من درجة الحرارة TG على سرعة تبخر الرطوبة من الحبوب ، وذلك عندما تكون جميع الحبوب متجانسة فى درجة رطوبتها ، وتحدد هذه العلاقة بالمعادلة التقريبية :

$$T-T_G = \Delta\ Te^{-cx}$$

باعتبار $T\ \Delta$ تساوى To مطروحاً منها TC ، C سرعة التبريد X المسافة من قاع المقصورة . وهذا يعنى أنه عندما تكون رطوبة الحبوب متجانسة تنخفض درجة حرارة الهواء أثناء ارتفاعه إلى أعلى المقصورة بسرعة تتناسب طرديا مع الفرق بين درجة الحرارة فى هذه النقطة المحددة ودرجة الحرارة عند الاتزان TG :

وتتلخص العلاقة بين عوامل التجفيف فى المعادلات التالية :

$$M-M_E = \Delta\ Me^{-kt}$$

باعتبار M نسبة الرطوبة فى أى وقت ، M_E الرطوبة عند الاتزان ، ΔM التغير فى نسبة الرطوبة ، t الزمن بالساعات ، k ثابت عدد انحدار المنحنى . وهذه المعادلة تنطبق على الحبوب المعرضة بأكملها لظروف التجفيف ، كما هو الحال فى طبقة الحبوب التى تقع فى قاع المقصورة. فسرعة التجفيف لاتتوقف على سرعة الهواء إذ عند تجانس نسبة الرطوبة فى الحبوب ، كما هو الحال فى بداية عملية التجفيف ، يكون :

$$T-T_G = \Delta T e^{-cx}$$

وعند إهمال حرارة التوصيل والإشعاع تكون العلاقة :

$$\frac{\delta M}{\delta} = p \frac{\delta T}{\delta}$$

وتتداخل عوامل التجفيف مع بعضها ، ولذلك يمكن التكهن بدرجة رطوبة الحبوب ودرجة حرارة هواء التجفيف فى أى بقعة داخل مقصورة التجفيف فى أى وقت عند ثبات ظروف التجفيف بتطبيق المعادلتين :

$$M = \Delta M \frac{e^{cx}}{e^{tx} + e^{kt} -} + M_E$$

$$T = \Delta T \frac{e^{kt}}{e^{cx} + ek - 1} + T_G$$

ويمكن تبسيط المعادلات السابقة بتبسيط ثوابتها ، ولذلك تستعمل أعداد الرطوبة فى صورة نسبة أى :

$$M = \frac{M - M_E}{\triangle M}$$

وتكون m قبل التجفيف تساوى الواحد الصحيح وعند الاتزان تساوى صفراً . وتستعمل أعداد الزمن فى صورة فترة كاملة أو نصف فترة وهكذا، باعتبار الفترة الكاملة (H ساعة) هى المدة اللازمة لخفض رطوبة الحبوب التامة التعريض إلى ٠,٥ فى الظروف المحددة، وبذلك يكون e^{-KH} تساوى ٠,٥ أو تكون e^{KH} تساوى اثنان ، ويكون الزمن محسوباً فى صورة نصف فترة :

$$Y = t / H$$

ويعبر عن العمق المكافى (D) ، أى العمق الذى به كفاية من الحبوب تجعل كمية الحرارة اللازمة لتبخير الرطوبة منها بحيث تنخفض من نسبة قدرها الواحد الصحيح إلى نسبة قدرها صفر ، أى من m = ١ إلى m = صفر ، مساوية لكمية الحرارة التى اكتسبتها الحبوب من الهواء فى وحدة الزمن عندما تنخفض درجة حرارة الهواء من T_O إلى T_G عند أى مستوى فى مقصورة التجفيف بالمعادلة .

$$D = \frac{x\,WV\triangle M}{6000QSAH\triangle T}$$

فبتطبيق المعادلات السابقة يصبح ممكناً تبسيط معادلة التجفيف العامة لتأخذ الوضع التالى :

$$m = \frac{{}_2D}{{}_2D + {}_2V - 1}$$

وبهذه المعادلة الأخيرة وبالرسم البيانى شكل ١١٤ يمكن حساب الوقت الذى تصل فيه طبقة معينة من الحبوب إلى نسبة الرطوبة المطلوبة ، كما يمكن تقدير التعديلات المطلوب إدخالها على سرعة الهواء أو العوامل الأخرى .

فعلى سبيل المثال إذا أريد تجفيف كمية من ذرة السورجم عمقها ١٠,٨ بوصة فى مقصورة بإمرار الهواء عليها بمقدار ٢٠ قدماً مكعباً فى الدقيقة لكل قدم مربع بحيث يدخل الهواء من القاع المثقب ويرتفع إلى أعلى ماراً خلال الحبوب تحت الظروف التالية :

كثافة المادة الجافة فى الحبوب W = ٣٥,٢ رطلا للقدم المكعب

نسبة الرطوبة فى البداية منسوبة للمادة الجافة Mo = ٢١,٩٪

عمق الحبوب فى المقصورة (١٠,٨ بوصة) × = ٠,٩ قدماً

درجة حرارة الهواء أى الترمومتر الجاف فى البداية STo = ٨٦,٥° فهرنهيت .

درجة حرارة الترمومتر الرطب Tw = ٦٩,٦° فهرنهيت

الرطوبة النسبية = ٤٢ فى المائة

فيكون كمية الهواء المستخدم فى التجفيف Q = $\frac{٢٠}{١٤}$ = ١,٤٣ رطلا للقدم المربع فى الدقيقة

وتكون M_E محسوبة من الرسم البيانى = ١,٢١ فى المائة منسوبة للوزن الجاف

وتكون H = ١,٨ ساعة

ويفترض أن V = ١١٧٠ وحدة حرارة بريطانية للرطل

وأن s_A = ٠,٢٤ وحدة حرارة بريطانية للرطل بالدرجات الفهرنهيتية

ويكون G من السيكرومتر = ٧٣,٠° فهرنهيت

و ΔM = ٢١,٩ − ١٢,١ = ٩,٨ فى المائة .

و ΔT = ٨٦,٥ – ٧٣ = ١٣,٥ °ف :

وباعتبار عمود الحبوب قطاعه العرضى بوصة مربعة يكون العمق المكافئ D لطبقة الحبوب التى سمكها ١٠,٨ بوصة هو :

$$D = \frac{٩,٨ \times ١١٧٠ \times ٣٥,٢ \times ٠,٩}{١٣,٥ - ١,٨ \times ٠,٢٤ \times ١,٤٣ \times ٦٠٠٠} = ٧,٢٥$$

فالطبقة السطحية من الحبوب فى المقصورة تصل نسبة الرطوبة فيها إلى ١٧ فى المائة منسوبة للوزن الجاف مثلا بعد مدة تحسب من النسبة بين نسبتى الرطوبة أى m :

$$m = \frac{١٢,١ - ١٧,٠}{٩,٨} = ٠,٥٠$$

ففى المنحنى المبين بالشكل رقم ١٢٤ تؤخذ قراءة الزمن التى عندها يتقاطع الخط D المساوى ٧,٢٥ مع قيمة m المساوية ٠٠,٥٠ وهذه القراءة تكون ٧,٤ وتعطى الرمز Y . ولما كانت $Y = t \div H$ فيكون الوقت بالساعات YH مساوياً ١٣,٣ . ومعنى هذا أن الطبقة السطحية من الحبوب سوف تصل نسبة الرطوبة بها إلى ١٧ فى المائة بعد ١٣,٣ ساعة .

وفى حالة اختلاف درجة حرارة الحبوب فى بدء التجفيف عن درجة حرارتها النهائية كثيراً يجب أن تؤخذ حرارة الحبوب فى الاعتبار فتعدل المعادلة باستبدال V بالرمز V_1 الدال على مجموع حرارة التبخير وحرارة الحبوب .

$$V_1 = V + (T_0 - T_1)\left(I + \frac{20}{\Delta M}\right)$$

باعتبار T_1 درجة حرارة الحبوب فى بداية عملية التجفيف .

وفى التجفيف الصناعى يجب أن توضع الكفاءة الحرارية thermal efficiency فى الاعتبار . وهذه الكفاءة الحرارية عبارة عن نسبة الانخفاض فى درجة حرارة الهواء عند تسخينه قبل دخوله المجفف محسوبة كنسبة مئوية :

$$E = 100 \frac{To - T_F}{To - Ta}$$

باعتبار E الكفاءة الحرارية كنسبة مئوية ، To درجة حرارة الهواء الساخن بالفهرنهيت ، T_F درجة حرارة الهواء الخارج من المجفف بالفهرنهيت ، Ta حرارة الجو بالفهرنهيت .

وحيث أن التبخير لا يخفض درجة حرارة الهواء بأقل من الدرجة T_G ، كما سبق إيضاحه ، لذلك يكون الحد الأقصى للكفاءة الحرارية هو :

$$100 \frac{To - T_G}{To - Ta}$$

والطرق المتبعة فى تجفيف الحبوب متعددة ، ويحدد اختيار المجفف المناسب سعة المجفف وتكاليف إقامته وتوفر وسائل الأمان عند تشغيله وإمكان التحكم فى درجة الحرارة به وتجانس إنتاجه وسهولة تشغيله وسهولة تنظيفه. وتتلخص العيوب التى يحتمل ظهورها فى الحبوب المجففة فى فقد حيوية الحبوب وازدياد صلابتها مما يصعب طحنها وانخفاض صفات الخبيز لدقيقها وتكسر بعضها خصوصاً فى حالة الأرز وانخفاض قيمتها الغذائية كعلف وانخفاض تأثيرها الشهى ونمو الفطريات عليها خصوصاً فى حالة طول مدة التجفيف وشياطها بتأثير الحرارة .

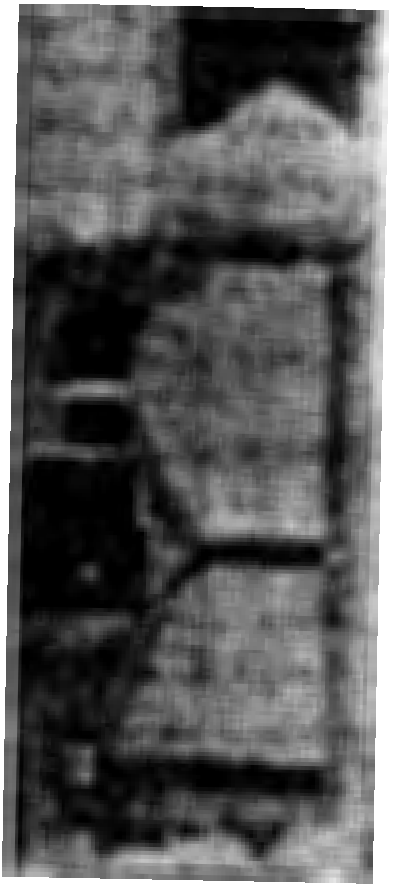
ففى طريقة تجفيف الكميات batch drying تكون الكفاءة الحرارية مرتفعة بشرط ازدياد عمق طبقات الحبوب. غير أنه فى هذه الطريقة يلاحظ تجانس الرطوبة فى الحبوب المجففة عندما يكون عمق الحبوب قليلا أو عندما يستمر التجفيف حتى تصل جميع الحبوب إلى حالة اتزان رطوبتها . لكنه ليس مرغوباً أن يستمر تجفيف الحبوب إلى درجة رطوبة بالغة الانخفاض كما أن هذا لا يكون اقتصاديا . لذلك عند اتباع هذه الطريقة للتجفيف يلزم اختيار أى الوضعين أى الناحية الاقتصادية أو تجانس الرطوبة .

وتعدل الطريقة السابقة فيمرر الهواء الساخن فى أكثر من مقصورة وبذلك تجفف الحبوب فى المقصورة الأولى إلى الدرجة المناسبة بينما تجفف الحبوب فى المقصورة الثانية جزئياً بفعل هواء العادم الخارج من المقصورة الأولى . ويستكمل التجفيف فى المقصورة الثانية بهواء ساخن يرد من السخان مباشرة وبعد خروجه من هذه المقصورة يدخل فى المقصورة الثالثة فيجفف الحبوب بها جزئياً . وفى نفس الوقت تفرغ محتويات المقصورة الأولى ويعاد ملؤها . وتعرف هذه الطريقة باسم التجفيف على مراحل stage drying ، وتتميز بتحاشى زيادة جفاف الحبوب برغم استعمال طاقة الهواء الساخن كاملة ، أى أنها تضمن تجانس رطوبة الحبوب الناتجة دون أن يكون ذلك على حساب الناحية الاقتصادية . ويتصف إنتاج هذه الطريقة بالجودة فى حالة وضع الحبوب بعمق صغير نسبياً .

ومن مشاكل طريقة تجفيف الكميات تبلل حبوب الطبقة السطحية ويعرف ذلك باسم sweat ing ، وسببه برودة الحبوب على السطح عن هواء العادم أو فقد الحرارة من السطح بالإشعاع ؛ وهذه الظاهرة لا تسبب ضرراً اقتصادياً يذكر لكنها قد تسبب نمو الفطريات على سطح الحبوب . وعادة لا تحدث هذه الظاهرة إلا فى حالة تعبئة مقصورات التجفيف بكميات كبيرة من الحبوب ، أى أن عمق

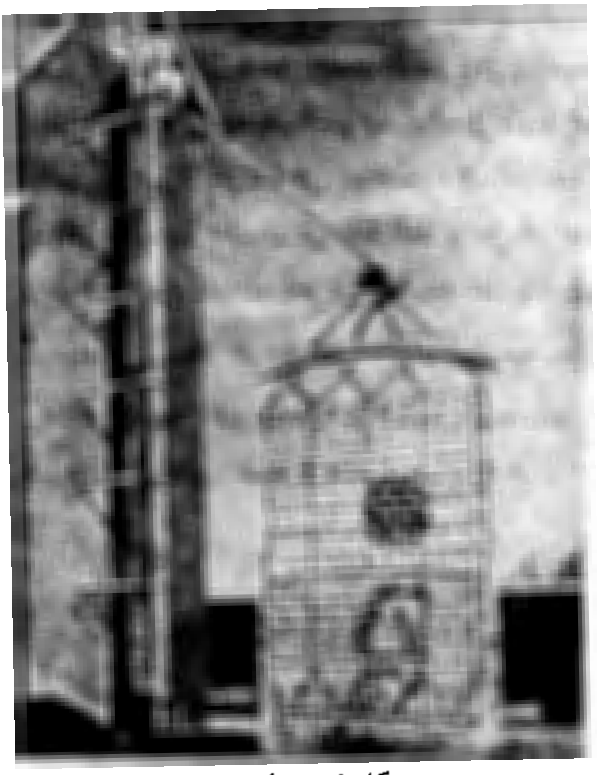
الحبوب يكون كبيراً للغاية .

والطريقة الثالثة لتجفيف الحبوب هى الطريقة المستمرة continuous drying الشائع استخدامها فى تجفيف حبوب الذرة والحبوب الصغيرة . وفى هذه الطريقة تصب الحبوب فى شكل تيار مستمر بتأثير ثقلها وفى أثناء تساقطها يمر خلالها الهواء الساخن . وقد يكون اتجاه الهواء أفقياً فيتخلل تيار الحبوب المتساقطة بدون تقليب ، وتعتبر هذه الطريقة شبيهة بطريقة تجفيف الكميات كما أنها تعطى ناتجها . وقد يمرر الهواء خلال قطاع سفلى فى الحبوب ثم خلال قطاع علوى بالتتابع فتصبح الطريقة شبيهـــة بطريقة التجفيف على مرحلتين . وفى حالة تقليب الحبوب داخل المقصورة يزداد تجانس الحبوب المجففة غير أن الكفاءة الحرارية لاتكون كبيرة .

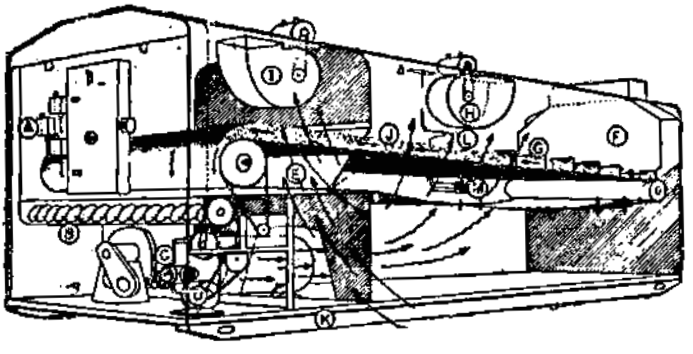


شكل (١٢٥)
مجفف حبوب ويظهر به قسم التجفيف وقسم التبريد

وأشهر أنواع المجففات المستخدمة تجارياً فى الدول الأجنبية مبينة فى الأشكال التالية ، وجميعها تسخن بالغاز أو بالوقود السائل . ويفضل دائماً مزج غازات الاحتراق بهواء التجفيف ، وهذه الغازات لا تؤثر فى كفاءة هواء التجفيف كما أن الرطوبة التى تتكون باحتراق الوقود الزيتى لاتؤثر تأثيراً ملحوظاً فى رطوبة الهواء النسبية .



شكل (١٢٦) مجفف حبوب



شكل (١٢٧)

مجفف حبوب فيه يمرر الهواء خلال الحبوب المارة على سير متحرك .

١ – منظمات درجة الحرارة ٢ – فتحة الخروج ٣ – قرن احتراق السائل
٤ – جهاز الترطيب ٥ – مجرى سير نقل الحبوب ٦ – قادوس الحبوب الرطبة
٧ – عامود التقليب ٨ – مروحة التجفيف ٩ – مروحة التبريد
١٠ – الحبوب أثناء التجفيف ١١ – منظم حرارة علوى ١٢ – منظم حرارة سفلى

ففى المجفف الأول شكل ١٢٥ تنقسم المقصورة إلى قسمين العلوى منهما يمر فيه الهواء الساخن لتجفيف الحبوب والسفلى منهما يمر فيه هواء عادى لتبريد الحبوب حتى لا تخزن وهى ساخنة . وفى المجفف الثانى شكل ١٢٦ يمرر فيه الهواء متخللا الحبوب فى عدة نقط داخل قنوات على شكل رقم ٨ ، ويخرج الهواء من قنوات أخرى ، وبهذه الطريقة يتحرك الهواء رأسياً من قناة مدخله إلى قناة مخرجه، ماراً خلال الحبوب . وفى المجفف الثالث شكل ١٢٧ تتحرك الحبوب من طرف حيز التجفيف إلى الطرف الآخر فى طبقة رقيقة على سير متحرك مثقب يسمح بدخول الهواء وتخلله الحبوب .

ويسخن هواء المجففات عادة إلى درجة ٢٠٠° فهرنهيت لتجفيف حبوب الذرة أو القمح أو الزمير . ويمكن رفع درجة الحرارة فتزداد كمية الرطوبة المتبخرة فى الساعة كما تزداد الكفاءة الحرارية .

وتؤثر عملية تجفيف الحبوب على صفاتها من عدة وجهات هى :

١ — التأثير على صفات الطحن : فارتفاع درجة حرارة التجفيف كثيراً بسبب ظهور حالة الجفاف السطحى فى الحبوب case hardening وتصبح بذلك صعبة الطحن . كذلك يصعب فصل النشا من حبوب الذرة المجففة على درجة حرارة بالغة الأرتفاع . أما صفات الخبز فتسوء أحياناً بتأثير حرارة هواء التجفيف ، ولكنها تتحسن فى حالات أخرى كثيرة . لذلك يعتقد أن درجة حرارة هواء التجفيف يجب ألا تتجاوز ١٨٠° فهرنهيت .

٢ — التأثير على الإنبات : فعند تخزين الحبوب بقصد استعمالها فى التقاوى وكذلك فى تخزين حبوب الشعير لصناعة المولت يجب ألا تتجاوز درجة حرارة تجفيف الحبوب ١١٠ فهرنهيت . وتتأثر درجة الحرارة القصوى للتجفيف التى

عندها لاتتأثر قدرة الحبوب على الإنبات بنسبة الرطوبة فى الحبوب وبنوع الحبوب .

٣ ــ التأثير على القيمة الغذائية : فلا تؤثر حرارة التجفيف على نسبتى الكاروتين والنتروجين الأميدى فى الحبوب .

٤ ــ التأثير على تبييض الأرز : فقد لوحظ أن ارتفاع حرارة التجفيف وكذلك سرعة إجراء التجفيف يسببان تشقق حبوب الأرز مما يؤدى إلى تكسرها أثناء التبييض . لذلك ينصح بجعل درجة حرارة هواء التجفيف لاتتجاوز ١٢٠ إلى ١٣٠ فهرنهيت ، وتبخر الرطوبة فى حدود ٢ أو ٣ فى المائة فقط فى كل مرة ، وحفظ الحبوب بعد خروجها من المجفف فى مقصورة لمدة إثنى عشر ساعة تقريباً قبل إدخالها فى مجفف آخر ستكمال التجفيف ، ويكرر ذلك حتى تنخفض درجة الحرارة إلى الحد المطلوب .

وفى الدول المتقدمة حيث يتوفر التيار الكهربائى فى الريف يمارس بعض المنتجين عمليات تجفيف الحبوب فى المزارع باستخدام مجففات صناعية يتكون كل منها من مروحة لدفع الهواء وسخان لرفع درجة حرارة الهواء ، كما قد تستبدل الكهرباء بفرن احتراق يستعمل فيه الكيروسين أو غيره . وهذه المجففات قد تكون مباشرة direct heat وفيها تدفع غازات الفرن فى هواء التجفيف أو غير مباشرة indirect heat وفيها يكون التسخين غير مباشر ، أما غازات الاحتراق فتطرد خلال فتحة خاصة إلى الجو . ويجب أن تدار مثل هذه المجففات بغاية الحذر منعاً لنشوب الحرائق .

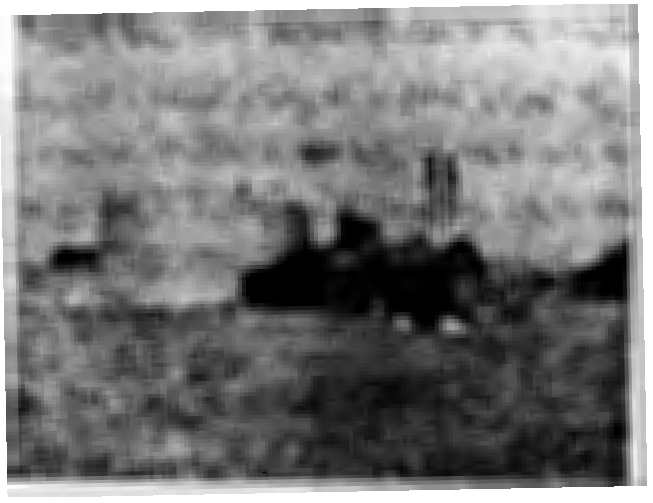
فعلى سبيل المثال للتجفيف فى المزارع ، وجد أن الظروف المناسبة لتجفيف كيزان الذرة فى مجففات المزارع عندما تكون حبوب الذرة بها ٣٠ فى المائة رطوبة هى :

قدرة السخان جالون فى الساعة	قدرة المروحة بالقدم المكعب فى الدقيقة	مدة التجفيف بالأيام
٤	٥٤٠٠	٤ إلى ٦
٢	٣٦٠٠	٨ إلى ١٢
١	٢٧٠٠	١٦ إلى ٢٤
٠,٥	٢٧٠٠	٣٢ إلى ٤٨

وعادة يجرى التجفيف بوضع الحبوب على أرضية مثقبة توضع فوق الأرضية الثابتة لمخزن غلال علف ريفى crib . ويجب أن تكون جدران المخزن غير منفذة للهواء كما يجب وجود فتحة لخروج هواء العادم تعلو سطح الحبوب مباشرة . ويبين الشكلان التاليان وحدتين لتجفيف الحبوب فى المزارع .

(شكل ١٢٨)

وحدة تسخين هواء التجفيف ملحقة بمخزن ريفى تجفف فيه كيزان الذرة بالهواء الممزوج بغازات الاحتراق



(شكل ١٢٩)
وحدة تسخين هواء التجفيف بالطريقة غير المباشرة
ملحقة بمخزن ريفي مستدير يجفف فيه كيزان الذرة

ويمكن اتباع نفس الطريقة السابقة فى تجفيف الحبوب الصغيرة ، فقط تستلزم هذه زيادة القوة اللازمة لدفع الهواء خلال الحبوب .

وفى بعض المزارع تجفف كيزان الذرة بالهواء الجوى غير المسخن ، وتحتاج البوشل إلى حوالى ٣ إلى ٧ أقدام مكعبة من الهواء فى الدقيقة .

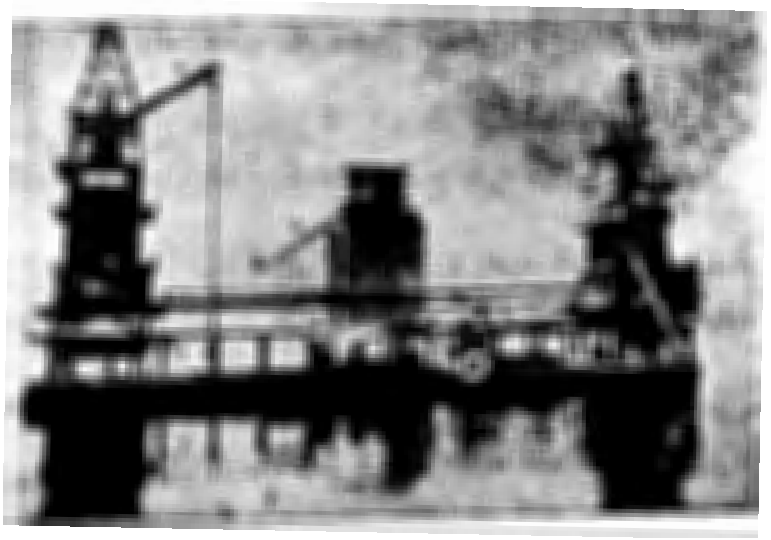
وهناك طريقة لتجفيف الحبوب ما زالت فى دور التجربة وهى مزج الحبوب بمواد كيمائية تمتص الرطوبة chemical desiccants مثل السليكا جل أو كلوريد الكالسيوم .

الصوامع المصرية :

بدأت جمهورية مصر العربية منذ أعوام قليلة فى بناء مجموعة من صوامع الغلال ، وقد تمت إقامة صومعتى القاهرة والإسكندرية ، والأولى

تتسع ثمانية وخمسين ألف طناً من القمح أما الثانية فسعتها ثمانية وأربعين ألف طناً ، والعمل الرئيسى المناط بصومعة الإسكندرية هو استقبال شحنات الحبوب المستوردة وتنظيفها وتبخيرها ثم إعادة توزيعها على المحافظات المختلفة . وصومعة الإسكندرية هذه توفر على الدولة مبالغ طائلة كانت تنفق فى التفريغ البطىء للبواخر . وكلى الصومعتين توفران للدولة مبالغ طائلة تقدر بحوالى ثمانية ملايين من الجنيهات قيمة الحبوب التى كانت تتلف سنوياً نتيجه لسوء التخزين .

وتستمر الدولة حالياً فى استكمال شبكة الصوامع المقدر عددها باثنين وخمسين صومعة سعتها التخزينية ٧٤٩٠٠٠ طناً ، كما ستقام عدة مخازن أفقية لتخزين الحبوب سعتها ٢٤٢٠٠٠ طناً .



(شكل ١٣٠) صومعة القاهرة

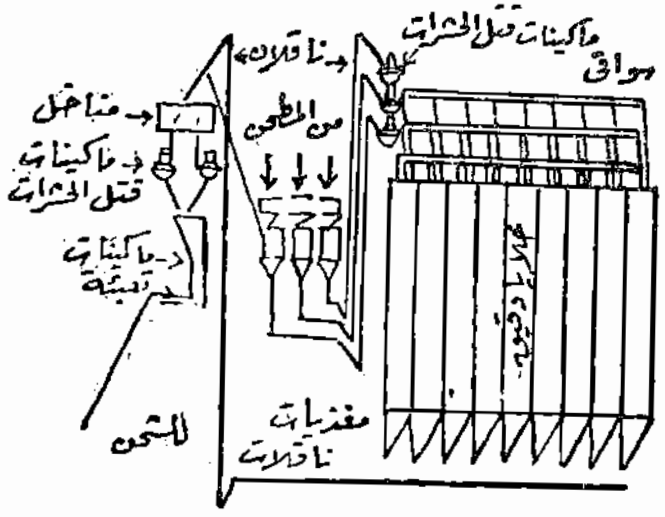
مقامة على مساحة عشرة أفدنة بامبابة – السعة الكلية ٥٨٠٠٠ طن – مجهزة أتوماتيكياً لاستقبال الغلال عن عربات السكة الحديد بقوة ١٦٠ طن / ساعة أو من الصنادل بقوة ١٦٠ طن / ساعة أو من اللوريات بقوة ٤٠ طن ساعة – كذا يمكن التفريغ إلى وسائل النقل بسعة إجمالية ١٦٠ إلى ٣٢٠ طن / ساعة – معدة أتوماتيكياً لتنظيف وتبخير وتهوية الغلال المخزونة .

تخزين الدقيق السائب :

فى بعض الدول تنتج المطاحن الكبيرة كميات كبيرة من الدقيق تفوق ما يمكن تسويقة مباشرة ، ولذلك تعمد هذه الدول إلى إقامة مخازن ضخمة لتخزين كميات كبيرة من الدقيق . وليس ضرورياً أن تقام مثل هذه الصوامع فى البلاد التى تعمل مطاحنها طول الوقت ويتم تصريف منتجاتها أولا بأول . وهذا الوضع يختلف عنه فى حالة القمح ، إذ أن القمح ينتج فى موسم معين ويلزم تخزينه لاستعماله على مدار السنة ، كما أن كميات كبيرة من القمح تستورد وهذه تحتاج إلى تخزين وحفظ طول فترة السحب منها .

وهذا الدقيق يمكن تخزينه معبأ فى جوالات أو براميل ترص فى مبانى متعددة الطوابق أو فى شون بنك التسليف ، غير أن هذا ليس نظاماً نموذجياً أو اقتصادياً . فتخزين الدقيق فى العراء يعرضه لتقلبات الجو والحشرات والقوارض وغيرها ، كما أن التخزين فى عبوات مكلف اقتصادياً . لذلك يفضل إقامة صوامع الدقيق flour bulk-storage plants عندما يقتضى الأمر ذلك .

وتتكون صومعة أساساً من خلال bins مبنية بالمسلح أو مصنوعة من الصلب ، ومن أجهزة نقل الدقيق إلى الخلايا intake side ، ومن أجهوة نقل الدقيق من الخلايا إلى آلات التعبئة discharge side ، ومن ناقلات لنقل الدقيق من خلية إلى أخرى transfer system وتضم الصومعة مناخل لإعادة نخل وتنظيف الدقيق ، وموازين أوتوماتيكية ، وناقلات رأسية وأخرى أفقية فى مبنى التشغيل ، وهذه جميعها تستخدم فى تحركات الدقيق الداخلية . كما تحتوى الصومعة على منظمات لتفريغ الدقيق من خلايا التخزين عند تعبئته ، وناقلات رأسية وأخرى أفقية ، ومناخل وآلات تعبئة الدقيق ، وهذه جميعها تستخدم فى تفريغ الصومعة . وقد تخصص فى الصومعة خلايا خاصة بالتعبئة فتستقبل الدقيق من الخلايا الأخرى ومنها يعبأ الدقيق فى العبوات . ويبين الشكل التالى نموذجاً لصومعة دقيق متوسطة السعة ملحقة بأحد المطاحن الحديثة الكبيرة .



(شكل ١٣١)
صومعة الدقيق

هذه الصوامع تحقق مزايا اقتصادية تتلخص فيما يلى :

١ — توفير نفقات التعبئة قبل التخزين .

٢ — توفير نفقات إعادة التعبئة .

٣ — المحافظة على الدقيق المخزن من التلف بفعل عوامل الفساد التى تتصف بها المخازن العادية أو الشون .

٤ — ضمان تجانس الدقيق بخلط منتجات المطحن فى الأيام المتتالية ببعضها داخل الصومعة .

٥ — تسهيل تحضير شحنات الدقيق بمواصفات محددة حسب الطلب بخلط درجات مختلفة من الدقيق ، وذلك فى الدول التى تسمح تشريعاتها بإنتاج الدقيق بدرجات مختلفة .

٦ ــ تحقق ضمان مطابقة الدقيق للمواصفات المطلوبة بتعبئة الشحنات المصدرة بدقيق من نفس الدرجة دائماً يوجد فى خلايا مختلفة .

٧ ــ تسهيل إجراء الفحص والتحليلات على الدقيق للتأكد من مطابقتها للمواصفات .

ويتوقف حجم الصومعة على كمية الدقيق المطلوب تخزينها ، فهذه قد تكون عبارة عن مقدار الاستهلاك ليومين أو ثلاثة أو لشهر كامل ، ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار عند إنشاء الصومعة اختيار المكان المناسب لضمان سلامة الناحية الاقتصادية . فبعد اختيار المكان المناسب وتحديد السعة المطلوبة يحدد عدد الخلايا وحجم كل منها وعدد الناقلات اللازمة والأدوات والآلات اللازمة .

وهناك بعض قواعد تراعى فى تحديد سعة الصومعة منها : أن يكون الحد الأدنى لصومعة الدقيق يسمح بتعبئة إنتاج الأربعة وعشرين ساعة خلال ثمان ساعات يومياً فتكون سعة خلايا التخزين تسمح باستيعاب الإنتاج فى ستة عشر ساعة وتكون كفاءة قسم التعبئة تسمح بتعبئة إنتاج الأربعة وعشرين ساعة خلال ثمان ساعات فقط أى بقدرة تعادل ثلاثة أمثال قدرة الإنتاج . ويمكن فى نظام آخر أن تزداد سعة التخزين بحيث تستوعب إنتاج أربعين ساعة وتكون قدرة جهاز التعبئة ٣,٦ مرة قدر قدرة الإنتاج ، وبذلك يمكن أن تكون التعبئة خلال خمس دورات كل منها ثمانى ساعات مع استمرار تشغيل المطحن ستة أيام أسبوعياً . وفى حالة الرغبة فى تشغيل صومعة الدقيق بصفة مستمرة يجب زيادة سعة التخزين لتستوعب إنتاج أربعة وستين ساعة ، وبذلك تزداد قدرة قسم التعبئة إلى ٤,٢٥ مرة قدر القدرة على الإنتاج . ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار التشريعات المحلية المحددة لعدد ساعات عمل العمال . ومن العوامل المحددة لسعة وعدد خلايا صومعة الدقيق أيضاً عدد درجات الدقيق التى تنتجها الدولة .

وتشيد مخازن الدقيق من الصلب أو من الأسمنت المسلح ، وتتوقف أفضلية أحد النوعين على الآخر على انخفاض تكاليف أى النوعين مقارناً بالآخر فى ظروف المكان والدولة التى تقام بها المخازن .

ويعتقد أن الصلب هو الأنسب لإقامة المخازن الصغيرة ، بينما يكون الأسمنت المسلح هو الأنسب للمخازن الكبيرة ، وذلك من جهة تكاليف الإنشاء وهناك تأثير مساحة الأرض المخصصة للمخازن ، فصغر المساحة يقتضى إقامة المخازن بالأسمنت المسلح ليتسنى الاستفادة من كل المساحة ، بعكس الصلب الذى يستلزم إقامة الخلايا بشكل مستدير فتترك بعض مساحات من الأرض ، ولو أن هذا التأثير طفيف للغاية إذ أن البناء بالمسلح يقتضى زيادة سمك الجدران وترك فراغات هوائية حول مجموعة الخلايا لمنع التكثف condensation .

ويراعى فى تصميم مخازن الدقيق نظام تهوية الخلايا ، فملأ الخلايا بالدقيق يترتب عليه خروج الهواء منها ، لذلك تعمل فتحة فى قمة الخلية وتغطى هذه بمجمع الغبار . وللتهوية فى مخازن الدقيق أهميتها البالغة فى منع التكثف ، إذ أن الدقيق يدخل المخزن وهو ما يزال ذا درجة حرارة ورطوبة مرتفعتين مما يسبب سخونة وارتفاع رطوبة الهواء فى أعلى الخلية . هذا الهواء إذا ترك ليبرد سوف تتكثف به قطرات الماء التى تتساقط فيما بعد على سطح الدقيق مكونة عجينة . لذلك يجب تهوية خلايا الدقيق دواماً ، وأفضل الطرق لذلك هى إمرار تيار هواء ضعيف من خلية إلى أخرى . ومن الطرق المفيدة المتبعة إحداث تفريغ فى الخلية أثناء ملئها بالدقيق فيساعد ذلك على عدم تطاير ذرات الدقيق فى الجو ، لكن هذه الطريقة باهظة التكاليف .

ويتلخص نظام ملأ مخازن الدقيق فى إعداد موازين خاصة لوزن الدقيق الداخل للخلايا ، وسواقى لنقل الدقيق من المطحن إلى مخزن الدقيق . ويجب خلط ناتجات المطحن المرغوب خلطها ببعضها للحصول على دقيق ذى درجة معينة قبل وصول الدقيق إلى الموازين .

أما نظام تفريغ مخازن الدقيق فيعتمد على وجود مغذى يمد آلات التعبئة بالدقيق ، وتكون فتحته مناسبة . وأهم ما يراعى فى تصميم نظام تفريغ الدقيق من المخازن هو تحاشى تكتل الدقيق وتكوينه عروشاً لاتصل إليها أجهزة التفريغ . ولذلك فهناك العديد من التصميمات التى ابتكرت فى هذا الشأن ومنها النظام السويسرى الذى يقسم قاعدة خلية الدقيق إلى ست فتحات كلها تؤدى إلى غرفة مستديرة تغذى جهاز نقل الدقيق . وبصفة دائمة تكون القاعدة منحدرة بزاوية مناسبة . وهناك أنواع متعددة من أجهزة التغذية بالدقيق أهمها wing type feeder الذى يناسب الكميات الصغيرة و double screw الذى يناسب الكميات الأكبر ، travelling belt الذى يستعمل أساساً فى مزج الدقيق . وينتقل الدقيق من هذه المغذيات بواسطة سواقى إلى ناقل يحمله إلى أعلى ويصبه فى المناخل حيث يمر خلالها إلى قادوس آلة التعبئة فى العبوات .

ونظام النقل من خلية لأخرى يفيد فى تكملة محتويات خلية بمحتويات الأخرى وكذلك فى حالة الرغبة فى إعداد خليط من درجات متنوعة ووضعه فى خلية خاصة به . ويعتمد النظام على وجود ناقل للدقيق يعمل داخلياً بين الخلايا ، ويجب أن يراعى فى الإنشاء إمكان تشغيل هذا الناقل فى كل وقت حتى فى وقت ملأ أو تفريغ الخلايا . ويجب أن يزود هذا الجهاز بميزان لتحديد أوزان الكميات التى تنقل من خلية إلى أخرى .

ولتحديد آلات تعبئة الدقيق اللازمة يراعى أن تكون ذات قدرة تسمح بتعبئة جميع منتجات المطحن فى خلال مدة إنتاجها . هذا فى حالة عدم وجود مخازن للدقيق بالمطحن ، أما فى حالة وجودها فيجب أن تكون أجهزة الدقيق ذات قدرة تعادل ثلاثة أمثال قدرة إنتاج الدقيق . وحالياً توجد ماكينات كل منها قادرة على تعبئة مائة أو مائة وعشرين جوالا فى الساعة ويدير هذه الماكينة رجل واحد . والعامل المحدد لقدرة جهاز التعبئة هو عدد أيام وساعات الإنتاج وعدد أيام وساعات التفريغ أو الشحن . ويعبأ

الدقيق عادة فى جوالات قطنية أو مصنوعة من الجوت . وتختلف سعة العبوات من دولة إلى أخرى فقد تكون هذه ١٠٠ أو ٢٥ أو ١٠ رطلا أو ٥٠ أو ٨٠ أقه أو غير ذلك . وحالياً توجد ماكينات تعبئة كميات صغيرة من الدقيق فى عبوات يحكم قفلها أتوماتيكياً . ومن أكفأ ماكينات تعبئة الدقيق فى أكياس من الورق الماكينة المعروفة باسم Bates valve bag packer التى تستطيع تعبئة وقفل ألف كيس سعة عشرة أرطال فى الساعة .

ومن الأمور البالغة الأهمية فى صوامع ومخازن الدقيق موضوع نظافة الدقيق . ولذلك تجهز هذه المخازن عادة بمناخل حريرية رقم ٩ ×× لإعادة نخل الدقيق وفصل الحشرات منه . وهذه المناخل يجب أن تكون سليمة دائماً إذ أن تسرب الحشرات الحية من بعض أجزاء الحرير الممزقة يسبب تكاثر هذه الحشرات فى المخزن أو فى العبوات إذا خزنت هذه مدة طويلة . وفى حالة ظهور تكاثر الحشرات داخل المخازن يجب تفريغها مباشرة وتدخينها بمادة قاتلة للحشرات مثل بروميد الميثايل ، كما يمكن تبخير الدقيق فى عبواته أيضاً . وفى المخازن الحديثة تستعمل ماكينة قتل الحشرات entoleter impact machine وهى زهيدة الثمن وسهلة التشغيل وبها يضمن إبادة جميع الحشرات التى قد تمر من حرير المناخل . والشائع فى الصوامع الكبيرة هو تركيب ماكينة لإبادة الحشرات أمام كل ناقل ، بدلا من تركيب ماكينة كبيرة واحدة مرتفعه الثمن عند مدخل تعبئة الصومعة ويجب ألا يستغنى بوضع هذه الماكينات عن عملية النخل إذ أن الأخيرة تفيد فى فصل الشوائب الأخرى . ومما ينصح به اقتصادياً تركيب مناخل حريرية رقم ٩ ×× عند مدخل الصومعة وتركيب مناخل سلك رقم ٣٨ عند فتحة التفريغ لنخل الدقيق قبل تعبئته فى العبوات . ويراعى فى تحديد قدرة المناخل أن تتمشى مع القدرة على الإنتاج .

وأكفأ نظام لتنظيف الدقيق هو وضع ماكينات قتل الحشرات عند مدخل كل خلية لتستقبل الدقيق الذى يمر منها إلى مناخل رقم ٩ ×× ومن هذه إلى

ماكينات قتل الحشرات المثبتة عند كل جهاز لتعبئة الدقيق فى الجوالات أو العبوات الأخرى. وهذا النظام مكلف نسبياً . وهناك نظام آخر أقل تكلفة يتلخص فى إمرار الدقيق خلال مناخل حريرية رقم ٩ ×× فى المطحن ثم خلال ماكينات قتل الحشرات المثبتة عند مدخل جميع خلايا التخزين ثم خلال مناخل سلك رقم ٣٨ وماكينات قتل الحشرات المؤدية إلى آلات تعبئة الدقيق ويمكن الاستغناء عن ماكينات قتل الحشرات فى حالة دوام المحافظة على نظافة المخازن وعدم تلوثها بالحشرات ، وكذلك فى حالة جعل جو خلايا التخزين غير مناسب لحياة الحشرات .

تخزين الزوائد :

يقتضى الأمر تخزين متخلفات طحن القمح mill feeds مثل الدقيق تماماً . وينطبق على تخزين الزوائد كل ماذكر فى تخزين الدقيق . هذه الزوائد أى الردة الخشنة والردة الناعمة والسن الأحمر والسن الأبيض ، تمثل حوالى ١٨ إلى ٢٥ ٪ من الوزن الكلى لمنتجات المطحن تبعاً لنسب الاستخلاص وللدول المنتجة ، وهذا يعادل ٢٠ إلى ٣٣ فى المائة من حجم منتجات الطحن . فحجم خلايا التخزين المطلوب للزوائد أصغر مما يلزم لتخزين الدقيق أو الحبوب ، مثال ذلك مطحن قدرته الإنتاجية ستة آلاف طن يومياً ينتج حوالى خمسة وأربعين إلى خمسة وثمانين طناً من الزوائد كل ساعة . وهذه الكمية الناتجة من الزوائد يسهل تعبئتها بعدد قليل من الأيدى العاملة ، ولذى فليس من الحكمة تخصيص عمال متفرغين لهذا الغرض ، وبالتالى يفضل تخزين الزوائد فى مخازن خاصة . وكذلك يفيد التخزين فى تسهيل الشحن وتوفير نفقاته إذ يصبح ممكناً تعبئة الشحنة خلال ساعتين ، بينما الاستلام من ناتج المطحن أولا بأول قد يستغرق أربع وعشرين ساعة لتجميع شحنة كاملة مما يترتب عليه زيادة النفقات وتعطيل سيارات الشحن . وتجهز مخازن الزوائد عادة بماكينات تعبئة أتوماتيكية وبعض هذه الماكينات تصل قدرته إلى ٢٠٠ أو ٢٥٠ جوال سعة مائة رطل فى الساعة .

صعوبات مخازن الدقيق والزوائد :

أبرز صعوبات تخزين الدقيق السائب هى تماسك بعض طبقاته مكونة شبه قبوة وهذه الكتل المتماسكة تكون عرضة للسقوط فى لحظة مسببة تلف ماكينات التغذية أو طفح سواقى نقل الدقيق . ويساعد على حدوث هذا التماسك برودة جو الصومعة مما يترتب عليه تكثف قطرات الماء .

وتسبب الموازين الأتوماتيكية عند مدخل مخازن الدقيق عدم استمرار تيار الدقيق أو الزوائد أى تقطعه وعدم انتظامه .

وهناك صعوبات تعترض عملية خلط الدرجات المختلفة من الدقيق بقصد إنتاج دقيق بمواصفات معينة . فعملية الخلط هذه تستلزم دقة الموازين ومعرفة الفروق بين الدرجات المختلفة من الدقيق والتأكد من انتظام أجهزة التغذية والإلمام بتأثير تغيرات الضغط على كفاءة أجهزة التغذية وتقدير التفاوت فى كثافة الدقيق والتأكد من سلامة الصمامات وأجهزه التنبيه .

وفى تعبئة الدقيق داخل عبوات يجب ضبط سرعة انسياب الدقيق لتتمشى مع حجم العبوات وسرعة الماكينة ، فليس ممكناً تعبئة الجوالات سعة المائة رطل والأكياس سعة العشرة أرطال من فتحة واحدة .

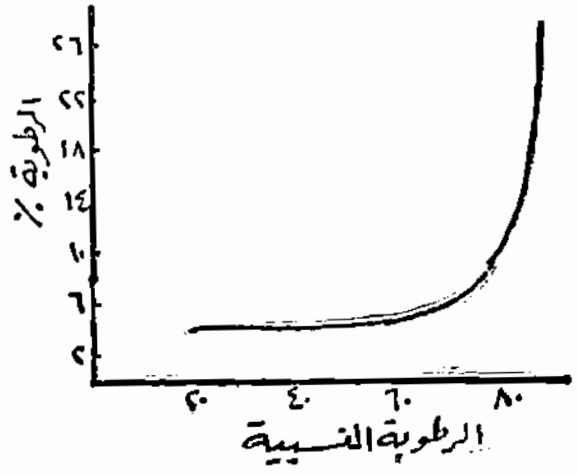
تعبئة وتخزين منتجات الحبوب :

أهم ما يراعى فى تعبئة منتجات الحبوب داخل عبوات مناسبة هو المحافظة على المنتجات بأقل تكاليف ممكنة . وهذه المنتجات عادة زهيدة الثمن ومتوسطة الكثافة وثابتة تقريباً . وقد تصنع بعض هذه المنتجات ، كما قد يضاف لبعضها مواد أخرى مما يسبب ارتفاع قيمة المنتجات النقدية وضرورة تعديل طريقة تعبئتها وحفظها . وتتأثر التعبئة أيضاً بظروف

العرض والطلب ، أى بمدة تعريض وتخزين المنتجات ، وكذلك بذوق ورغبات المستهلكين وبالمواصفات التى تحددها التشريعات الحكومية وبتوفر الخامات أو عدم توفرها . ولما كانت هذه العبوات عديمة النفع للمستهلكين تقريباً فإنه يجب أن يراعى دواماً إنخفاض ثمن العبوات إلى أقل حد ممكن وكذلك ضآلة ثمنها مقارناً بثمن المنتجات المعبأة .

ويفضل دائماً تعبئة منتجات الحبوب لأن هذا يسهل تداولها فى النقل وعند البيع والشراء ويطيل مدة حفظها . كذلك تفيد تعبئة المنتجات داخل عبوات فى إمكان إعطائها إسماً تجارياً تعرف به ويعلن عنها به .

ويلزم دراسة تأثير العبوات على صفات المنتجات بإجراء التجارب المعملية وأهم الخواص التى يجب التعرف عليها فى هذا الشأن هى رطوبة الاتزان equilibrium humidity ومسببات الفساد ووجود الدهون على حالة حرة وكل من الخواص الطبيعية والكيميائية للمنتجات . فدرجة الرطوبة التى عندها يمتنع فقد وامتصاص الرطوبة من المنتجات ، والمعروفة باسم رطوبة الاتزان ، تؤثر



(شكل ١٣٣)

العلاقة بين الرطوبة النسبية بالجو ورطوبة الاتزان بالكعك

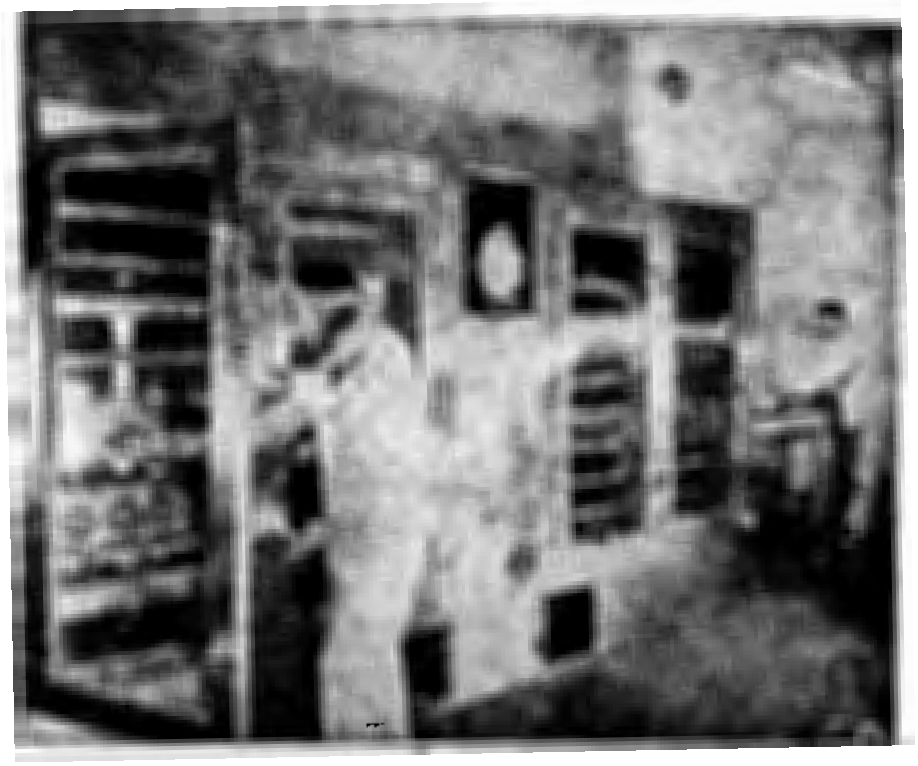
فى حالة المنتجات المعبأة أثناء تخزينها إذ تمتص هذه الرطوبة من الجو عند انخفاض قيمة رطوبة الاتزان بينما تفقد جزءاً من رطوبتها بارتفاع هذه القيمة . مثال ذلك الكيك الذى تنخفض نسبة رطوبة الاتزان به ولذلك يلزم حمايته بالتغليف المناسب من امتصاص رطوبة من الجو.

يسبب فقد أو امتصاص الرطوبة من المنتجات تغير صفاتها وقد تصبح غير صالحة للاستهلاك أوقد تقل جودتها . كذلك حدوث التزنخ يسىء إلى صفات المنتجات ولذلك يجب أن يراعى فى تصميم غلاف المواد المعرضة للتزنخ ألا تساعد الأغلفة أو العبوات على حدوث التزنخ الأكسيدى للدهون وأن تمنع حدوث التزنخ باستبعاد الضوء أو أكسجين الجو أوكليهما ، كما يجب أن تكون العبوات بحالة تسمح بتسرب الرائحة غير المقبولة التى تنشأ عن التزنخ . وللدهون تأثير آخر فهذه قد تكون حرة ، سواء الموجودة منها أصلا فى المنتجات أو المضافة إليها فى التصنيع ، فتتسرب أثناء التخزين إلى سطح المنتجات وقد يمتصها الغلاف بقلة أو بشدة . ففى الحالة الأخيرة يقتضى الأمر استعمال عبوات مانعة لتشرب الدهن . ويمكن الاستدلال على نوع الغلاف المناسب بإجراء تجربة عملية فيها توضع المنتجات على ورق أبيض غير مصقول غير مقوى وتترك لمدة ٢٤ ساعة على درجة ٩٠ إلى ١٠٠° فهرنهيت ومشاهدة الأثر الدهنى على الغلاف ، فإن ظهرت بقع دهنية بسيطة أمكن الاستغناء عن الورق المانع للدهن . ومن أمثلة العبوات المانعة لتشرب الدهن ورق السيلوفان وورق البارشمنت وأغلفة البلاستيك . ويجب أن يراعى فى اختيار العبوات ، عدم تصاعد رائحة ظاهرة منها أثناء التخزين.

وأهم الخواص الطبيعية للمنتجات التى يجب الإلمام بها عند تحديد شكل ونوع العبوات هى كتلة المادة المعبأة ونعومتها وقوامها وسبب أخذ هذه الصفات فى الاعتبار هو العمل على منع تأثير المنتجات على شكل وصفات العبوات ومنع تكسر المنتجات داخل الغلاف . وتؤخذ الخواص الكيميائية فى الاعتبار لمنع تفاعل المنتجات مع الغلاف مما يؤدى إلى تلف أحدهما أوكليهما فمثلا قد تمتص

المنتجات المواد الطيارة من الغلاف فتتلف نكهتها ، وقد تمتص المنتجات الجافة نسبياً رطوبة الغلاف فيضعف ويلين إن كان مصنوعاً من السلوفان ، وقد يتغير لون حبر طباعة الغلاف أو الزبيب المضاف للمنتجات بفعل المواد الطيارة أو ناتجات الأكسدة .

ويجب أن يحدد حجم وشكل العبوات على ضوء تداولها وتجارتها ، كما أن هذا يحدد أيضاً مدى صلابة الغلاف وأهمية طبعه وتزيينه . وكل ما يضعه مصمم الغلاف نصب عينيه هو ضرورة وصول المواد المعبأة بأكملها إلى المستهلك وهى فى حالة صالحة للاستعمال تماماً .



(شكل ١٣٣)

كابينة اختبار العبوات معملياً فى جو محدد الرطوبة

وتوجد طرق قياسية معروفة دولياً لاختبار صلاحية العبوات ، منها طرق معهد التعبئة Packaging Institute ، الجمعية الفنية لصناعة اللب والورق Technical Association of the pulp and paper ، والجمعية الأمريكية لاختبار المواد American Seciety of Testing Materials Industry :

ومن أمثلة أنواع الفساد التى تظهر على منتجات الحبوب المعبأة مايلى :

١ ــ تمزق الغلاف وذلك بفعل خشونة التداول أو ضعف مادة العبوة . ويتحاشى حدوث ذلك باستعمال عبوات من مواد مناسبة .

٢ ــ تكتل الدقيق نتيجة لتغير نسبة الرطوبة . ولمنع حدوث ذلك يحكم قفل العبوات وتستخدم عبوات مانعة للبلل .

٣ ــ تجلد المنتجات المخبوزة بسبب تغير نسبة الرطوبة فى المنتجات وحدوث تغيرات أخرى. ولتفادى ذلك تستعمل عبوات من نوع خاص .

٤ ــ حدوث التزنخ الأكسيدى فى المنتجات بسبب تأكسد الدهن بالأكسجين . وللتغلب على ذلك يحكم قفل العبوات لمنع دخول الأكسجين وتهوية المنتجات لمنع تراكم الرائحة الزنخة .

٥ ــ فقد المواد الطيارة بسبب تسربها من الأغلفة ، وهذا يقتضى استعمال عبوات خاصة تمنع نفاذ المواد المتطايرة .

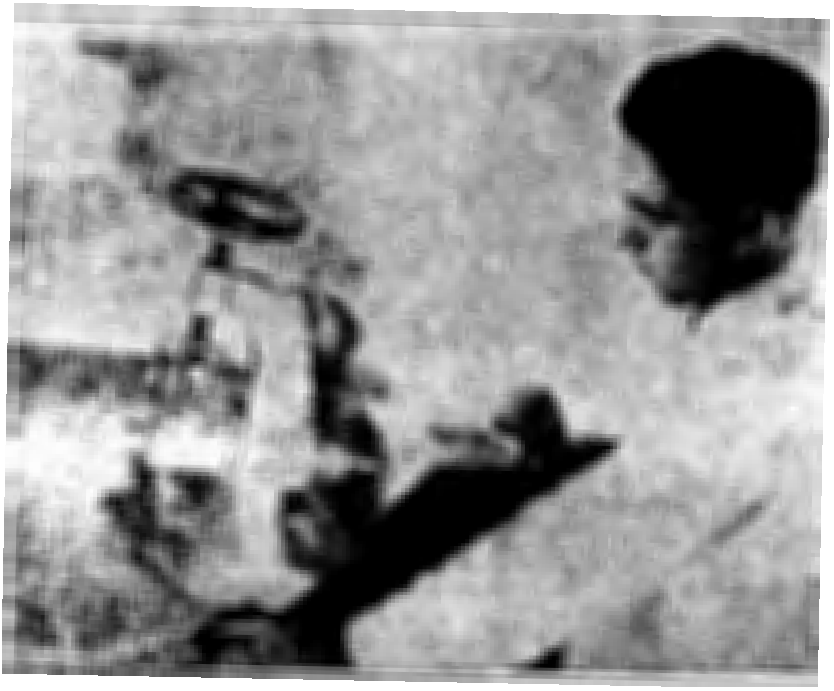
٦ ــ الإصابة بالحشرات نتيجة للتخزين فى أماكن موبوءة . ولذلك يجب أن تكون العبوات محكمة القفل ، أو تستعمل عبوات معدنية .

وأكثر العبوات استعمالا فى تعبئة الدقيق وبعض منتجاته هى الجوالات والأكياس التى قد تكون قطنية أو ورقية أو من الجوت . وتتميز العبوات الورقية بنعومة سطحها وسهولة تعبئتها أوتوماتيكياً وتفريغها وفتحها .

(شكل ١٣٤) تعبئة الأكياس الورقية بالدقيق أوتوماتيكيا

أما العبوات المصنوعة من النسيج فتتميز بإمكان تعبئتها عدة مرات ، ولو أنها لاتحول دون الإصابة بالحشرات والقوارض خلالها متشابهة فى ذلك مع العبوات الورقية . وكثيراً مايعاد تغليف عبوات منتجات الحبوب بورق شفاف ، كما قد تعمل العبوات الورقية بأشكال متعددة بعضها ذو قاع معدنى . وتستعمل العبوات المعدنية فى تعبئة منتجات الحبوب المطلوب تخزينها مدة طويلة أو المراد شحنها لمسافات بعيدة أو المعرضة لأجواء متقلبة .

وتختبر قدرة عبوات منتجات الحبوب باستخدام اختبار مولن Mullen Test أو اختبار كادى Cady tesl .

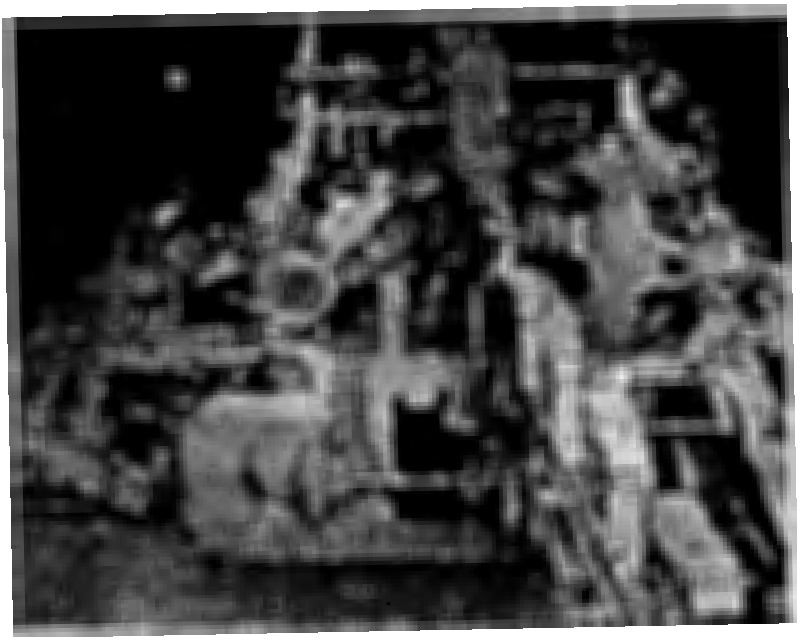


(شكل ١٣٥)
ماكينة موان لتقدير قوة مواد صناعة العبوات!

وحالياً توجد ماكينات متنوعة تنتج العديد من العبوات التى تصاح لتعبئة الدقيق أو الخبز أو أطعمة الإفطار أو الكيك أو غيرها ، وبعضها ينتج العبوات بأشكال مختلفة .

القوارض التى تصيب الحبوب ومنتجاتها المخزونة :

أكثر وسائل التخزين تعرضاً لهجمات الحيوانات القارضة كالفئران الكبيرة أو الصغيرة هى التخزين فى العراء كما هو الحال فى شون بنك التسليف، وكذلك التخزين فى حفر تحت سطح الأرض . وهذه القوارض تسئ أيضاً إلى صفات الحبوب التى لم يلحقها تلف مباشر إذ تتلوث هذه بشعر القوارض وإفرازاتها . وتتضح خطورة هذا التلوث إذ عرف أن



(شكل ٣٦)
ماكينة إعداد العبوات المبطنة من الداخل

ماكينات تنظيف الحبوب فى المطاحن قبل طحنها مباشرة ليس لها القدرة على إزالة القاذورات التى تخلفها القوارض ، سواء فى عمليات الغربلة أو الغسيل أو النسف وأصعب هذه المتخلفات هى إفرازات الفأر الصغير mouse pellets التى يقرب حجمها من حجم حبوب القمح مما يجعل فصلها متعذراً . وتلتصق شعيرات الفأر بالأهداب الرفيعة فى قمة حبة القمح مما يجعل إزالتها فى عملية غسل الحبوب متعذراً .

فمن الأهمية بمكان أن تؤخذ الاحتياطات لمنع الإصابة بالقوارض فى حالة التخزين فى العراء وأثناء النقل فى سيارات أو عربات السكة الحديد أو البواخر وفى المطاحن وفى المخازن الريفية . كذلك يراعى المحافظة على العبوات من التمزق تحاشياً للتلوث .

وتنتشر القوارض فى جميع أنحاء العالم ، وهى متعددة الأنواع . فالفأر المعروف باسم roof rat (Rattus rattus Linnaeus) يعرف منه أكثر من خمسين حيوان مختلف susbspies وتنتشر بعض القوارض فى العالم القديم دون العالم الجديد ، والعكس صحيح . وعادة يطلق القوارض المنتشرة فى بيئة معينة الإسم Commensul rodents أى القوارض التى تأكل على نفس المائدة . وهذه القوارض تقسم إلى ثلاثة أنواع هى فيران الجحور burrow ing rats والفيران المتسلقة Climbing rats والفيران الصغيرة mice.

ومن أمثلة فيران الجحور فأر النرويج Rattus norvegicus Exleben الذى انتقل إلى بقاع مختلفة من العالم . وهذا الفأر ذو لون بنى يزن حوالى ٣٤٠ جراماً ويصل طوله إلى حوالى ٤٠ سنتيمتراً وذنبة قصير خالى من الشعر تقريباً . ويعيش هذا الفأر فى جميع الأماكن التى يطرقها الإنسان كالمنازل والحظائر والمخازن والقنوات والمزارع وأماكن القمامة وغيرها . ويتوالد هذا الفأر فى جحور تقع فى أى من الأماكن السابقة ، لكنه يفضل الأدوار السفلية . وهو يتغذى على اللحوم والأسماك والفاكهة والحبوب والخضراوات . وتلد هذه الفيران من أربعة إلى ستة مرات سنويا . وتبلغ الصغار مرحلة النضج بعد أربعة شهور تقريباً .

ومن أمثلة الفيران المتسلقة فأر السطوح الذى يتميز بصغر حجمه ونحافته وطول ذنبه عن فأر النرويج . ويتفاوت لون هذه الفيران بين الرمادى والبنى أو الأسود المزرق. فالفأر المعروف باسم Rattus r. alexandrinus Geoffroy رمادى اللون مستطيل الوجه كبير الأذنين وزنه حوالى ٢٢٥ جراماً وطوله حوالى ٣٨ سنتيمتراً وذنبه طويل خال من الشعر تقريباً وتحت النوعين المنتشران فى أمريكا هما Rattus r. frugivorus (Rafinesque) الرمادى اللون ، Rattue r . rattus المسود اللون. ويبدو أن هذه الفيران هى الأكثر انتشاراً فى معظم الدول وهى تدخل المخازن والمبانى من خلال الفتحات الضيقة والمواسير

وعلى أسلاك الكهرباء والتليفون . وتفضل هذه الفيران التغذية على المواد النباتية كالفاكهة والخضروات والحبوب .

وتنتشر الفيران الصغيرة Mus musculus Linnaeus فى المنازل وهى تتميز بصغرها إذ لايتجاوز وزنها ١٥ إلى ٢٥ جراماً ويصل طولها إلى ٦ أو ٨ بوصات ويقارب طول ذنبها مجموع طول الجسم والرأس تقريباً . ويغطى الذنب شعر قليل كما يغطى الجسم شعر بنى اللون تقريباً ، أما البطن فلونها باهت . وهذه الفيران منتشرة فى جميع أنحاء العالم . ويعزى ذلك إلى صغر حجمها وتحملها العطش . وهى تتسلق المبانى بسرعة فائقة ، وتتوالد بسرعة فائقة . وتفضل هذه الفيران التغذية على الحبوب والبذور .

وتتعرض الحبوب المخزونة لهجمات كثير من القوارض الأخرى مثل wood rats ، (Microtus) meadow mice ، (peromyscus) deer mice (Neotoma)، السنجاب الأرضى ground squirrels (Citellus, Eutamias) وسنجاب الأشجار tree squirels (Sciuridae) (Tamas . كذلك تتعرض الحبوب المخزنة فى العراء للطيور والدواجن ، كما قد تتلوث بإقامة القطط فيها سعياً وراء الفيران .

وهذه القوارض تسبب خسائر مادية فادحة ، فعلى سبيل المثال ، وجد أن الفأر الكبير يستهلك حوالى ٢٤ جراماً من القمح يومياً ، أى بمعدل عشرين رطل من القمح سنوياً لكل فأر . وهذا بخلاف الجزء من القمح الذى يتلف بتأثير قاذورات القوارض ، وكذلك بخلاف نفقات مقاومة هذه القوارض وقيمة التلف الذى تتعرض له المبانى والآلات والسيور والمواسير والعبوات بفعل القوارض . ويضاف إلى ذلك الأخطار الصحية التى يتعرض لها الإنسان نتيجة لتلوث الحبوب بميكروبات وقاذورات تتركها القوارض . فمن الأمراض المتسببة عن القوارض التيفوس والتسمم الغذائى trichinosis و rat-bite fever ، rickettsial pox ، Leptospirosis .

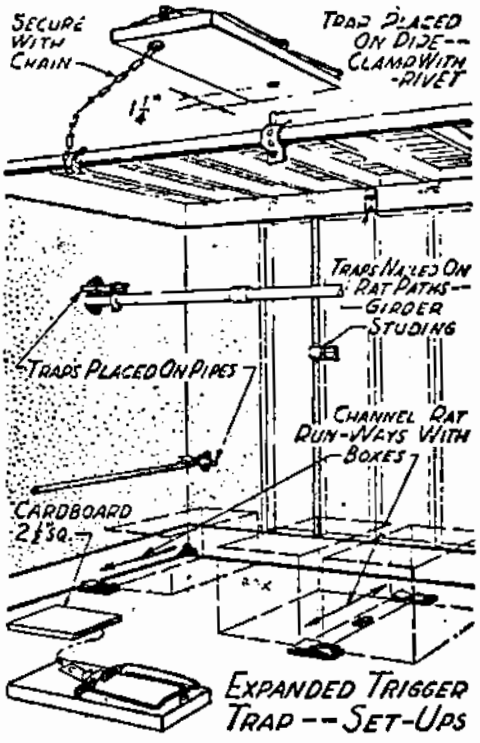
ويستفاد من عادات القوارض فى تنظيم وسائل مقاومتها . فالمعرفة بالعادات الغذائية تمكن من اختيار الطعم المناسب فى مصايد الفيران . ومعرفة حجم الفيران المنتشرة يحدد على ضوئها نوع السلك المستخدم فى تغطية فتحات المخازن ومعرفة نوع القوارض إن كانت متسلقة أم حفارة يحدد مدى جعل مبانى المخازن مانعة لتسرب القوارض. وتكثر تغذية الفيران ليلا . وعادة لاتستمر الفيران فى تغذيتها على الحبوب حتى تمتلىء تماماً ، بل تتردد على الحبوب عدة مرات قد تصل إلى سبعين مرة فى الساعة ، وتبتعد الفيران عن الحبوب بمجرد سماعها الضوضاء لذلك إذا أريد مقاومة القوارض باستعمال المواد السامة فمن المفيد وضع هذه المود قبل بداية فترة نشاط القوارض اليومية مباشرة على أن توضع فى الممرات التى تسلكها الفيران عادة وقريباً من أماكن القمامة ، كما تفضل الأماكن المظلمة . ويراعى عدم إحداث ضوضاء بعد توزيع الطعم السام . كذلك يؤخذ فى الاعتبار عند عمل الطعم السام أن الفأر يشعر بتغير الغذاء بسرعة ، ويستنفذ بعض الوقت فى التعود على الغذاء الجديد .

وأفضل الطرق للوقاية من الإصابة بالقوارض هى جعل الصوامع محكمة ضد تسرب هذه القوارض . فالمعروف أن القوارض يجب أن تتوفر لها ثلاث اشتراطات لتنشط وهى المأوى المناسب والغذاء الكافى وقلة الآفات الأخرى التى تنافس القوارض فى عملها . ويجب أيضاً العناية بنظافة وسلامة المخازن والمبانى ودوام التفتيش عليها .

وتتلخص وسائل مقاومة القوارض فى الطرق التالية :

١ — استخدام المصايد : وهذه الطريقة تعطى نتائج طيبة أحياناً فى مخازن الحبوب المصابة بعدد قليل من القوارض . وتتميز هذه الطريقة بتحاشى

استخدام السموم فى المواد الغذائية . وتعرض فى الأسواق أنواع عدة من المصايد ، منها المبين فى الشكل التالى :



(شكل ١٣٧)

طريقة استعمال نوع بسيط من المصايد

وتوضع بالمصايد أطعمة تجتذب الفيران ، منها بعض الحبوب نفسها مع قليل من مادة جذابة كالعسل أو بعض الدهن الذى يعطى رائحة مميزة ، ومنها الكيك الجاف أو القرص .

٢ — استخدام الغازات السامة : وهذه الطريقة فعالة فى مقاومة القوارض . فتدخن المخازن والصوامع بالغازات السامة مثل حمض الايدروسيانيك الذى ينطلق من سيانيد الكالسيوم الذى يباع على صورة مسحوق ناعم أو متحبب أو على هيئة شرائح . وفى طريقة أخرى يستعمل ثانى كبريتيد الكربون الذى يباع على صورة سائل كثيف مميز الرائحة .

ويستعمل أيضاً بروميد الميثايل أو الكلوروبكرين أوأول أكسيد الكربون . مثل هذه المواد تدفع فى الحجور بالطرق المناسبة . ويلاحظ أن ثانى أكسيد الكبريت قابل للاشتعال . بينما أول أكسيد الكربون يتميز بعدم قابليته للاشتعال .

٣ ــ استخدام القطط والكلاب لاصطياد الفيران : وهذه الطريقة ليست مفيدة إذ أن هذه الحيوانات تسبب تلوث الحبوب . وعادة تتبع هذه الطريقة فى المزارع الصغيرة .

٤ ــ استخدام البكتريا المرضية : وهذه الطريقة خاطئة وفيها مجازفة وأكثر البكتريا استخداماً هى من مجموعة السالمونيلا Salmonella التى تسبب أمراضاً للقوارض ولكنها تسبب التسمم الغذائى .

٥ ــ استعمال المواد الكيماوية الطاردة للقوارض : وهذه الطريقة ليست فعالة تماماً . ويجب أن تكون المواد المستعملة غير سامة .

٦ ــ استخدام عبوات من نوع قوى تعجز القوارض عن تثقيبه .

٧ ــ استخدام الطعم السام : وهذه الطريقة هى الأكثر شيوعاً . وتستخدم فى هذه الطريقة مواد سامة تضاف لمواد غذائية مألوفة . ويفضل أن تستخدم فى عمل الطعم أغذية مخالفة لتلك المخزنة ، كأن تستعمل اللحوم أو الأسماك أو الفاكهة الطازجة أو الخضروات فى مخازن الحبوب . وقد تمزج مثل هذه المواد بثلاثة أمثال وزنها حبوباً جافة أو لبابة خبز . وقد تستعمل مواد سائلة فى عمل الطعم إذ ثبت فاعليتها فى مخازن الحبوب لأنها كانت المصدر الوحيد لماء الشرب فى هذه المخازن : وأحياناً تستعمل محاليل للمواد السامة . ومن المفيد إضافة السكر بنسبة عشرة فى المائة للماء فيستهوى القوارض . وكثيراً مايستعمل اللبن أو عجينة الطماطم . ويلاحظ فى العلائق الجافة ألا تنخفض فيها نسبة الرطوبة

إلى حد كبير مما يجعل الحيوان يعرض عنها . ويجب فى جميع الحالات تحاشى تلوث الحبوب المخزونة بالطعم السام .

وأشهر المواد السامة المستخدمة فى تحضير الطعم السام للقوارض هى :

المادة السامة	القابلية للذوبان فى الماء والثبات	النسبة المئوية من وزن الطعم ٪
كربونات باريوم	غير ذائبة ، ثابتة	٢٠
حامض زرنيخوز	قليل الذوبان . ثابت	١ — ٢
زرنيخيت الصوديوم	ذائبة . ثابتة	١
أستركنين قلوى	غير ذائب . ثابت	٠,٥
كبريتات استركنين	ذائبة . ثابتة	٠,٥
فوسفور أصفر	غير ذائب . يتأكسد بتعرضه للهواء	١
فوسفيد زنك	غير ذائب . يتحلل فى وجود الماء	١
مسحوق Red squill	غير ذائب . ثابت	١٠
مستخلص « «	يمتزج بالماء	١٠
كبريتات ثاليوم	قليله الذوبان . ثابتة	١,٥
ألفا نافثايل ثيويوريا ANTU	غير ذائبة . ثابتة على درجة حرارة عادية	١ — ٣
فلوروخلات الصوديوم ١٠٨٠	ذائبة . ثابتة	٠,٢٥ — ٠,٥
وارفارين werfarin	قليل الذوبان . ملح الصوديوم	٠,٠٢٥ للطعم الجاف
٣ — ألفا أسيتونيل بنزيل — ٤ — هيدروكسى	يذوب	٠,٠٠٥ للطعم السائل

كومارين		
بيفال Pival ٢ —	يذوب	٠,٠٠٥ للطعم السائل
بيفاليل — ١ ، ٣ —		
إندانديون		
تومورين Tomorin	قليل الذوبان	٠,٠٢٥ للطعم الجاف
٣ — (١ — باراكلورو فينايل		فقط
— ٢ — أسيتيل إيثايل		
— ٤ — هيدروكسي كومارين		

وتشير نتائج اختبار المواد السالف ذكرها علمياً إلى ان الزرنيخ والفسفور والثاليوم وفلوروخلات الصوديوم تكون ذات أثر فعال على جميع أنواع الفيران ، أما كربونات الباريوم و Anru, Red squill فأثرها ضعيف على الفيران الصغيرة ، وأما الاسترکنين فأثره ضعيف جداً على الفأر الكبير .

ويستعمل الطعم السام بطريقتين . فى الأولى توضع المادة السامة عند الفتحات بكمية تؤدى إلى تسمم الحيوان بمجرد تذوقه ، وبعد أربع وعشرين ساعة تجمع بقايا الطعم وتعدم . وفى الطريقة الثانية تستعمل أوانى ذات غطاء يمكن ملأها بالمادة السامة كلما خلت منها . وهذه الطريقة يمكن استعمال الطعم بكميات كبيرة وبنسبة من المادة السامة أقل انخفاضاً مما يستدعى تردد الحيوان على الطعم عدة مرات حتى يصل مقدار ما يتعاطاه من الطعم السام إلى مستوى الجرعة السامة فيهلك . ولهذا فليس ممكناً فى الطريقة الأخيرة أن يستعمل الطعم الواضح الطعم والرائحة مثل فوسفيد الزنك red squill إذ أن الحيوان يعرض عن تناول هذا الطعم بعد تذوقه للمرة الأولى . وأفضل السموم فى الطريقة الثانية هى كبريتات الثاليوم .

وينصح بالمداومة على وضع السم لمدة أسبوع أوأسبوعين ضماناً للإبادة .

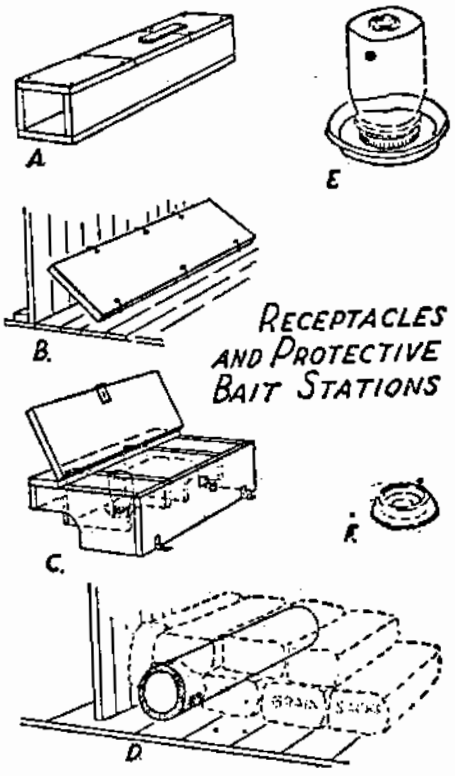
ويجب أن تؤخذ خلال هذه المدة كافة الاحتياطات لمنع الأثر السام على الإنسان والماشية والخيل والكلاب . فالطعم red squill لايخشى أثره السام على الإنسان وحيونات المزارع ، والطعم ANTU ليس ساماً بالنسبة للإنسان لكنه يضر الخيل والكلاب والخنازير والدواجن الصغيرة السن ، ومادة كربونات الباريوم لاتسبب أثراً ضاراً إلا فى حالة تناولها بكميات كبيرة ، وأما مركبات الزرنيخ فسامة لجميع الكائنات الحية . ويتفاوت الأثر السام لكل مادة باختلاف الحيوانات ، فمثلا وجد أن فلورو خلات الصوديوم ذات أثر سام على الكلاب يعادل خمسين مرة قدر أثرها السام على الفأر. وتفقد بعض المواد السامة فعلها بطول فترة تعرضها للجو ، مثل مركبات الفوسفور . ومن الطرق المتبعة أحياناً لتحذير الأفراد من وجود الطعم السام تلوين هذه المواد بلون مميز أو إكسابها رائحة مميزة ، فمن الألوان المستخدمة صبغة النجروسين السوداء nigrosine black dye التى تضاف إلى فلورو خلات الصوديوم ، واللون الوردى الذى يضاف لمركبات الزرنيخ ، واللون الأخضر فى مستحضرات الثاليوم ، واللون الأصفر الزاهى فى مستحضرات البيفال .

وفى حالة استعمال المحاليل السامة فى مقاومة القوارض يجب أن تؤخذ الاحتياطات الشديدة لمنع تلوث الحبوب المخزونة بهذه المحاليل إذ أنها سامة جداً للإنسان . مثال ذلك محاليل فلورو خلات الصوديوم وكبريتات الثاليوم فالجرعة القاتلة للطفل من المحلول الأول لاتتجاوز نصف أوقية . ويجب تحاشى التعفير ضد القوارض بالمساحيق السامة مثل مسحوق DDT فى مخازن الغلال لأن الكمية المتخلفة على الحبوب أو الدقيق قد تكون سامة . ويكتفى باستخدام هذه الطريقة فى مقاومة القوارض داخل الجحور فى المزارع والمبانى بعيداً عن الحبوب .

ولتحضير الطعم السام الجاف تمزج الكمية المحددة من المركب السام بوزن مناسب من مادة مالئة مثل نشا الذرة و دقيق القمح وكربونات المغنسيوم

ويصحن المخلوط ليصبح ناعماً ومتجانساً . وفى حالة إضافة مادة سائلة للطعم كالعسل أو الزيت فمن الأفضل تقليب المركب السام أولا فى السائل ثم إضافة المواد المالئة . ومن المفيد إضافة مادة ملونة للمخلوط ليستدل من لونها على تجانس المخلوط وتمام الخلط . وفى كثير من الأحيان تحضر المواد السامة باستعمال مواد مالئة لها القدرة على اللصق مثل عجينة النشا المضاف إليها عسل أو جلسرين أو ليسيثين أو زيوت معدنية أو مركب سليلوزى معين . وفى حالة استعمال زيوت ينصح بإضافة مواد مانعة للأكسدة بحيث تبطئ سرعة تزنخ الزيت لأن التزنخ بمجرد حدوثه ينفر القوارض من الطعم السام . ويمكن إطالة مدة حفظ الطعم السام المكون من فاكهة أو خضروات طازجة بغمس هذا الطعم المشكل فى هيئة مكعبات فى مخلوط دافئ من البارافين والزيت المعدنى بنسبة ٨٠ فى المائة من الأول مع ٢٠ فى المائة من الثانى ثم تصفية السائل الزائد .

ومما يساعد على ترغيب الحيوانات القارضة فى تناول الطعم السام تغطية مواد الشرب والطعام الأخرى ، كأن تغطى مصادر المياه وتخزن المواد الغذائية فى مخازن محكمة . كذلك جعل الطعم السام جذاباً للحيوانات باحتوائه على خليط من عدة مواد غذائية مرغوبة ، وتعريض هذا الطعم خالياً من المادة السامة بعض الوقت فى أماكن متفرقة لتتعود الحيوانات على تناوله قبل أن تضاف المادة السامة إليه ، وجعل تركيز المادة السامة فى الطعم كافياً لقتل الحيوانات بمجرد تذوقه . ويوضع الطعم السام داخل ورق شفاف بمعدل ملعقة صغيرة من الطعم فى كل لفة . أما السموم التى تترك معرضة مدة طويلة فيجب أن توضع داخل أوانى محكمة مثبتة فى الأرض أو فى الجدران بعيداً عن أيدى الأطفال والعمال غير المدربين وبهذه الأوانى فتحات تتسع لدخول الفيران . ومن أمثلة هذه الأوانى ما هو مبين فى الشكل التالى :



(شكل ١٣٨)

أوعية الطعم السام الأربعة الأولى منها تصلح للطعم الجاف والأخيرتان تصلحان للطعم السائل

ويعتبر التلوث بمخلفات القوارض من أخطر ما يتعرض له الحبوب المخزونة ، إذ أن هذا بالإضافة إلى إساءته لصفات الحبوب فإنه قد يجعل الحبوب الغذائية غير صالحة للتغذية بموجب التشريعات الغذائية التى تحتم خلو الحبوب من المواد الغريبة . فالقانون الأمريكى مثلا : Act (1938) Food , Drug , and Cosmetic يعتبر الأطعمة ، ومنها الحبوب الغذائية ، مغشوشة فى حالة احتوائها على قاذورات أو مواد متحللة وعندما تكون غير صالحة للتغذية أو معبأة تحت ظروف غير صحية تؤدى إلى تلوثها أو تجعلها ضارة بالصحة . وتعتبر القاذورات الملوثة للحبوب أى مادة

لا تدخل فى تركيب هذه الحبوب ، أى أن مخلفات هذه القوارض تعتبر ضمن الشوائب الملوثة أى ضمن مواد الغش .

كذلك يجب أن يقتصر فى استعمال المواد السامة المبيدة للقوارض على تلك المواد المختبرة والمصرح باستعمالها قانوناً ، أسوة بما هو متبع فى الدول المتقدمة .

ويستدل على تلوث الحبوب المخزونة بمخلفات القوارض عن طريق مشاهدة إفرازات هذه الحيوانات وآثار تحركاتها . ومن السهل التعرف على براز الفيران بشكله وحجمه . أما براز الحيوانات الصغيرة فيلتبس أمره على إفرازات بعض الحشرات ، ولذلك يعتمد فى التمييز على اختبارات أخرى منها اختبارات لونية Spot tests . ومن الاختبارات الهامة للتعرف على نظافة الحبوب والدقيق اختبار filth test . الذى يعتمد على الفحص الميكروسكوبى لشعر القوارض وأجزاء الحشرات . وهذا الاختبار الأخير مشروح فى الجزء الأول من هذا الكتاب وهو يعتمد إلى حد كبير على الخبرة فى تمييز هذه الشوائب .

الحشرات التى تصيب الحبوب المخزونة :

تتلف الحشرات حوالى خمسة فى المائة من مجموع الإنتاج العالمى من الحبوب الغذائية سنوياً . فالكمية التى تتلف من الحبوب سنوياً تقدر بحوالى ٢٥٧٥٠٠٠٠٠ طناً ، نصفها على الأقل يعزى تلفه إلى فعل الحشرات .

ويقدر عدد أنواع الحشرات التى تصيب الحبوب المخزونة بالمئات ، إلا أن خمسين منها فقط هى التى تسبب أضراراً جسيمة . ويتفاوت مدى انتشار هذه الحشرات فى الدول المختلفة بسبب تفاوت الطقس . وأشهر هذه الأنواع من الحشرات ما هو مدون فى الجدول التالى :

وتميز سوسة الأرز بوجود أربع بقع صفراء أو محمرة قليلا على ظهرها وكذلك بوجود أجنحة . ولهذه الأجنحة أهمية خاصة إذ أنها تساعد الحشرة

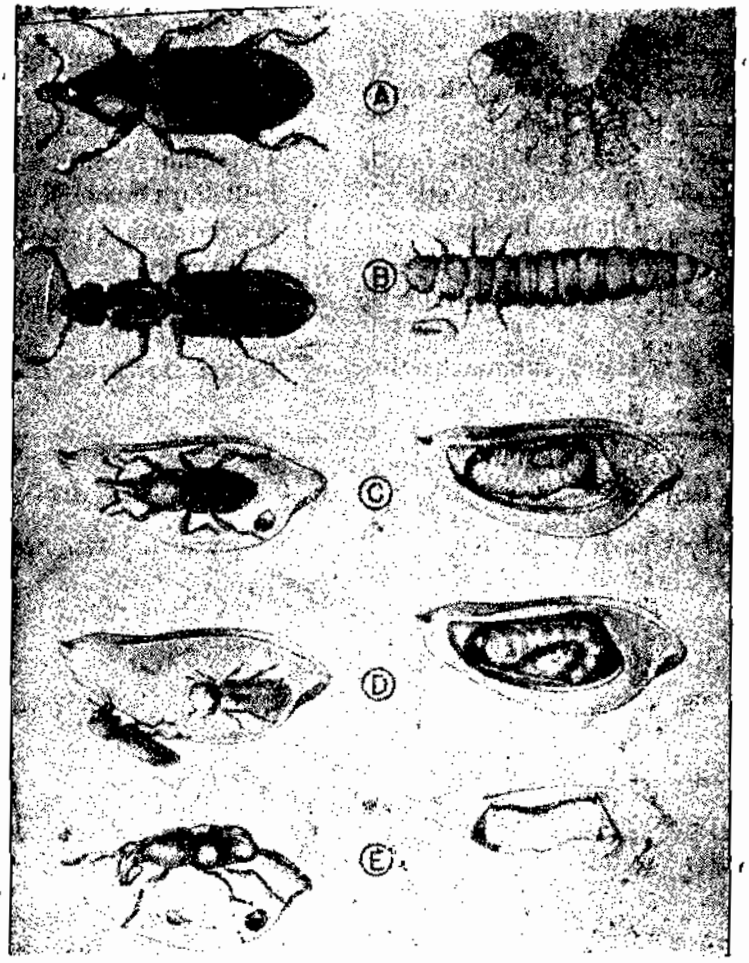
على الطيران ومهاجمة الحبوب فى المزارع قبل الحصاد ، وكذلك الانتقال من الحشرات المصابة إلى الحشرات السليمة .

وهذه الحشرات تقوى على ثقب أغلفة الحبوب ، وبهذه الطريقة تتغذى على الأندوسپرم وتضع بويضاتها فى داخل الحبوب فتصبح هذه فى مأمن من عوامل التلف الخارجية . وهذا البيض يفقس بعد بضعة أيام وتتحول اليرقات إلى حشرات كاملة بعد بضعة أيام أخرى . وتستغرق الفترة من وقت وضع البيض حتى تكون الحشرات الكاملة حوالى أربعة أسابيع فى الظروف المناسبة . وعادة تضع الأنثى بضع مئات من البيض . وتتفاوت الحشرات الكاملة فى حجمها فقد تكون صغيرة فى الحبوب الصغيرة كالذرة الرفيعة والسورجم أو كبيرة فى الحبوب الكبيرة كالذرة الشامية . وقد يستمر تكاثر الحشرات فى الدقيق وفى المكرونة أيضاً .

مدى الاصابة بالآفة	الاسم الدارج	الاسم العلمى
رئيسية	Flour or grain mite	Acarus siro L.
فى القمامة	Foreign grain beetle	Ahasverus adventa waltl
فى القمامة	Black fungus beetle	Alphitobius piceus oliv.
تطفل	–	Aplastomorpha calandrae how
ثانوية	Coffee bean weevil	Araecerus fasciculatus Deg
ثانوية	Black carpet beetle	Attagenus piceus oliv.
فى القمامة	Corn sap beetle	Carpophilus dimidiatus F.
ثانوية	Broad-nosed grain weevil	Caulophilus latinasus Say
ثانوية	Rice moth	Corcyra cephalonica Staint.
ثانوية	Larger black flour beetle	Cynaeus angustus Lec.
رئيسية	The almond moth	Ephestia cautella Wlkr.
رئيسية	Tobacco or cacao moth	Ephestia elutella Hbn,
رئيسية	Mediterranean flour	Ephestia kühniella Zell.
رئيسية	Flat grain beetles	Laemophloeus spp.
ثانوية	Cigarette beetle	Lasioderma Serricorne F.
ثانوية	Long-headed flour beetle	Latheticus oryzae Waterh.
تطفل	–	Microbracon hebetor Say
بشراهة	Window pane fly	Omphrale fenestralis L.
رئيسية	Saw-toothed grain beetle	Oryzaephilus surinamensis L.
رئيسية	Indian-meal moth	Plodia interpunctella Hbn.
ثانوية	Brown spider beetle	Ptinus hirtellus Sturm
ثانوية	Hairy spider beetle	Ptinus villiger Reit.
رئيسية	Lesser grain borer	Rhyzopertha dominica F.
رئيسية	Granary weevil	Sitophilus granarius L.
رئيسية	Rice weevil	Sitophilus oryza L.

رئيسية	Angoumois grain moth	Sitotroga cerealella Oliv.
ثانوية	Drug–store beetle	Stegobium paniceum L.
ثانوية	Meal worms	Tenebrio spp.
رئيسية	Cadelle	Tenebroides mauritanicusL.
ثانوية	European grain moth	Tinea granell L.
رئيسية	Red flour beetle	Tribolium ca tauenumHbst.
رئيسية	Confused flour beetle	Triboiinm confusum Duv.
ثانوية	Black flour beetle	Tribolium madens charp.
رئيسية	Khapra beetle	Trogoderma granarium Everts
ثانوية	Larger cabinet beetle	Trogoderma versicolor creutz
فى القمامة	Hairy fungus beetle	Typha stercorea L.

وأخطر هذه الحشرات جميعاً هى سوس الحبوب ومنها سوسة الأرز (Sitophilus oryza L.) rice weevil وسوسة الحبوب Granary weevil (S. granariu1 L.) المبينة فى الرسم التالى .



(شكل ١٣٩)
الحشرات الكاملة ويرقات سوس الحبوب

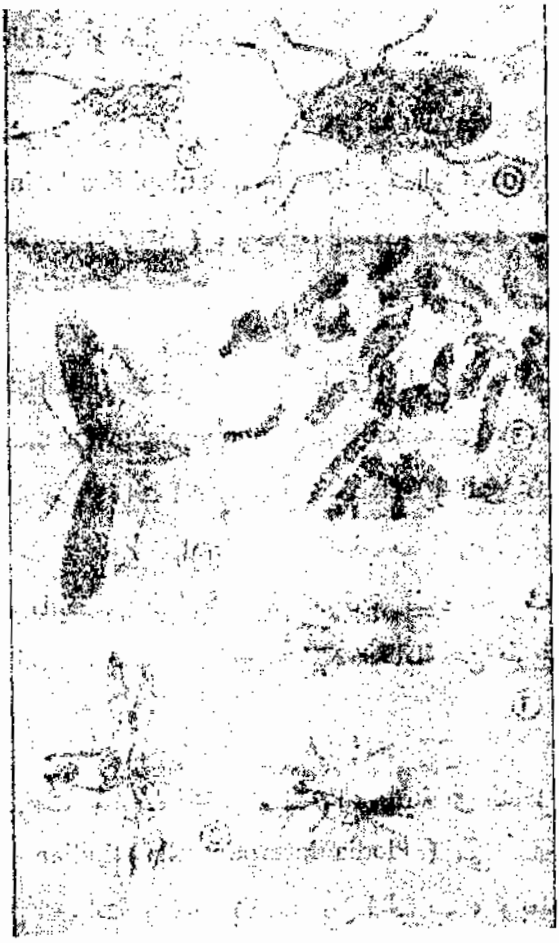
ا – Broad-nosed weevil ب – Saw-toothed grain beetle
جـ – Granary weevil د – ثاقبة الحبوب الصغرى هـ – سوسة الأرز

وتتشابه ثاقبة الحبوب الصغرى (Rhyzopertha) the lesser grain borer (cdominica) مع سوسة الأرز فى عاداتها ، لكنها تستطيع التغذية خارج الحبوب على الدقيق أو غبار الحبوب .

ومن الحشرات التى تقضى مدة حياتها فى الحبوب Broad-nosed gain coffee bean weevil (Caulophilus latinasus) وسوسة حبوب البن (Araecerus fasciculatus) ، وكلاهما لايسبب أضراراً جسيمة للحبوب المخزونة .

ومن الحشرات التى تقضى فترة حياتها قبل بلوغ مرحلة النضج داخل الحبوب (Angoumois grain moth) Sitotroga cerealella وهى تأتى فى المرتبة الثانية بعد ثاقبات الحبوب من وجهة الضرر الذى تحدثه للحبوب . وهذه الحشرات تضع بيضها على سطح الحبوب المخزونة أو الحبوب فى المزارع وعند ما يفقس البيض تتولى اليرقات ثقب الحبوب والاختفاء بداخلها مكونة ممراً يسهل خروج الحشرة الكاملة عن طريقه إلى خارج الحبوب .

ومن حشرات الحبوب المخزونة الأنواع المبينة فى الشكل التالى ومنها (Plodia interpunctella) Indian-meal moth التى تهاجم الحبوب فى المخازن وفى العبوات وتضع بيضها بين الحبوب ، وبعد أن يفقس البيض تتجمع اليرقات فى شكل تجمعات كبيرة متعلقة بأنسجة دقيقة وتهاجم الحبوب خصوصاً فى منطقة الجنين .



(شكل ١٤٠)

بعض حشرات الحبوب

أ – Flat grain beetle ب – فراشة الأرز

جـ – Angoumois grain moth د – سوسة حبوب البز

هـ – عنقساء الدقيق المتشابهة و – حلم الحبوب

(شكل ١٤١) بعض حشرات الحبوب المخزونة

ا – dark meal worm
ب – يرقة Indian–meal moth
جـ – Indian meal moth
د – Hairy Spider beetle
هـ – Red flour beatle
و – يرقة Cadelle
ص – Cadelle
ص – Black flour beetle

وتنتشر بعض الحشرات على الردة والحبوب المكسورة والدقيق وغبار الحبوب، وهذه يطلق عليها عادة الإسم bran bugs أو bran beetles أو flour beetles ، وهذه الحشرات تضع بيضها فى أغلب الأحوال بين الحبوب وتتحرك يرقاتها حرة فيما عدا يرقات flat grain beetle التى تفضل أن تثقب الأجنة . واللون السائد فى هذه الحشرات هو البنى المحمر ، ويتراوح طول الحشرة بين $\frac{1}{16}$ ، $\frac{1}{8}$ بوصة . ويسبب تكاثر هذه الحشرات بأعداد كبيرة ارتفاع درجة حرارة الحبوب مما يؤدى إلى تلف السطح البارد لتكثف الرطوبة عليه وهى الرطوبة المنبعثة من المناطق التى أرتفعت درجة حرارتها . وأكثر هذه الحشرات انتشاراً هى saw-toothed grain beetle ,(Laemophloeus spp.)flat grain beetles ، (Tribolium castaneum Hbst) redflour beetle ، Oryzaephilus surinam ensisL. (T.confusum Duv.) confused flour beetle ، والحشرة الأخيرة أقل خطراً من سابقتها بسبب عجزها عن الطيران مما يجعل وصولها إلى المطاحن صعباً بعكس الأخرى ، كما أن الحشرة (T . madens) black flour beetle التى تتبع نفس الجنس تنتشر فى الحبوب المخزونة وفى مطاحن الغلال .

ومن الحشرات المهمة أيضاً حشرة (Tenebroides maurianitcus)Cadelle التى تنخر يرقاتها خشب مخازن الغلال لتختبىء فيها حتى يعاد ملأ المخازن بالحبوب . كذلك حشرة Khapra beetle (Trogoderma granarium) انتشرت فى كثير من الدول ومن بينها جمهورية مصر العربية .

وتصاب الحبوب المخزونة أيضاً بحشرات mites صغيرة الحجم عديمة الأجنحة رمادية اللون ناعمة الملمس رخوة الجسم ، وهذه لاتعتبر حشرات حقيقية نظراً لأن الحشرة الكاملة ذات ثمانية أقدام بدلا من ستة ، كما أنها لاتعتبر من آفات الحبوب المخزونه الخطرة . وأكثر أنواع هذه الكائنات ضرراً هى : Acarus siro L.

والحشرات التى تعيش على الحبوب التالفة Scavengers لاتسبب أضراراً ملموسة للحبوب المخزونة إلا فى حالة وجودها بكميات كبيرة . ومن أمثلة هذه الحشرات : (T enebrio Spp ,) Hairy fungus beetle , (TyFhaea meal worms corn sap beetle , (Ahasverus abvena) foreign grain beetle (stercorea L. (Alphitobius piceus) . black fungus beetle , . (Carphilus dimibiatus)

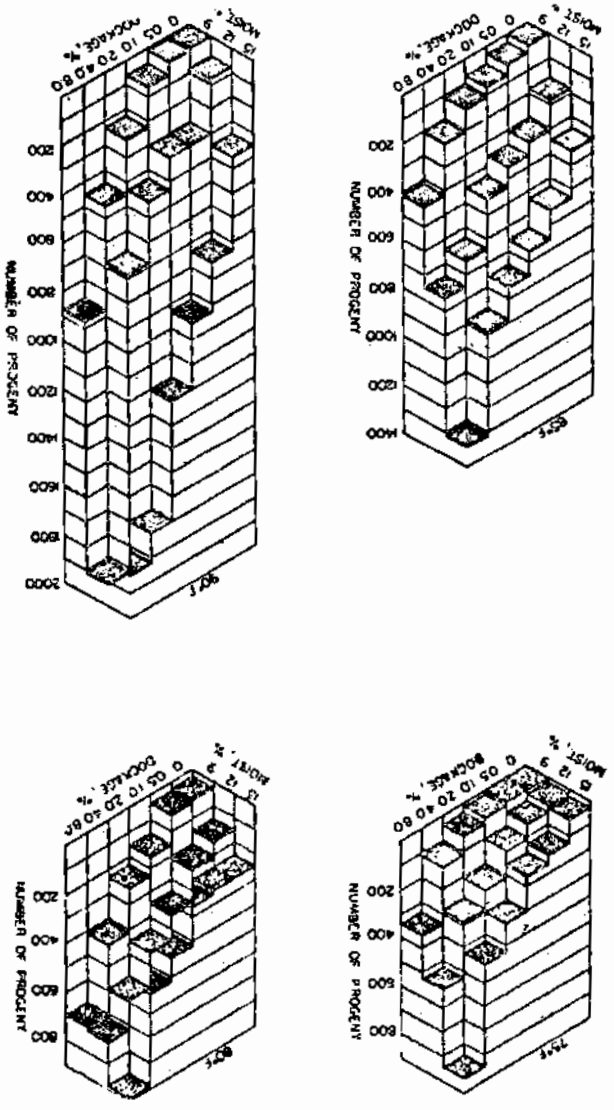
وكثيراً ما تشاهد بعض الطفيليات عل سطح الحبوب المخزونة ، وهذه تفيد بتطفلها على حشرات الحبوب ، ويطلق عليه الاسم Associated insects ومن هذه الطفيليات Aplastomorpha calandrae التى تتطفل على سوسة الأرز وسوسة الحبوب . ولإناث هذه الطفيليات القدرة على تبين وجود الديدان الصغيرة المختبئة داخل الحبوب فتضع عليها بيضها الذى يفقس وتهاجم يرقاته ديدان هذه الحشرات . ومن هذه الطفيليات أيضاً :

Chelifer, (Omphrale fenestralis) window panc fly , Microbracon . hebetor cancroides

وأخطر حشرات منتجات الحبوب الغذائية المطحونة هى Confused flour . beetle red flour beetle ، ويلى هذين Mediterranean Flour moth أما Indian-meal moth فتفضل النمو على الجنين والردة بدلا من الدقيق الفاخر ، وهى منتشرة جداً . وتعتبر cadelle من أخطر آفات الحبوب . وعادة يزداد انتشار mites فى منتجات الحبوب الغذائية فى البلدان ذات الجو البارد الرطب .

ويتطلب انتشار وتكاثر حشرات الحبوب الغذائية توفر الظروف الملائمة ، خصوصاً درجات الحرارة والرطوبة والغذاء فبالنسبة لدرجة الحرارة وجد أن معظم حشرات الحبوب المخزونة تناسبها درجة الحرارة المرتفعة نسبياً ، فدرجة ٧٠° فهرنهيت هى نقطة الانتقال من الضرر المحدود إلى الضرر البالغ . فبارتفاع درجة الحرارة عن ذلك يزداد نشاط وتكاثر حشرات الحبوب المخزونة . ويقل النشاط

والتكاثر بارتفاع درجة الحرارة عن ٩٥° فهرنهيت باستثناء ثاقبة الحبوب الصغرى. وتموت الحشرات بتجاوز درجة حرارة ١٠٠° فهرنهيت، باستثناء Acarus siro. ويمكن إيضاح تأثير درجة الحرارة على تكاثر ونشاط الحبوب المخزونة بالشكل التالى المستمد من تجربة أجريت على خمس وعشرين حشرة من خنفساء الدقيق المتشابهة لمدة تسعة عشر أسبوعاً.



(شكل ١٤٢) تأثير درجة الحرارة والرطوبة والشوائب على تكاثر خنفساء الدقيق المتشابهة فى القمح

ويتأثر نشاط وتكاثر حشرات الحبوب أيضاً بنسبة الرطوبة فى الحبوب إذ أن الحبوب هى المصدر الوحيد للماء اللازم لحياة الحشرات النامية فيها . ولهذا كان التحكم فى نسبة الرطوبة فى الحبوب المخزونة هو أحد الوسائل الفعالة التى يعتمد عليها فى وقاية الحبوب من الحشرات . فسوسة الأرز وسوس الحبوب يموت بانخفاض نسبة الرطوبة فى الحبوب عن تسعة فى المائة . ويبين الجدول التالى نتائج بعض التجارب التى أجريت لدراسة تأثير درجة الحرارة ونسبة الرطوبة على تكاثر سوسة الأرز :

درجة الحرارة	عدد الحشرات الناتجة من مائة سوسة بعد خمس شهور عند ما كانت النسبة المئوية الرطوبة فى القمح :						
	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤
٧٠	٠	٠	٠	٨٧	٤٨٢٧	٨٦٩٢	١٠٧٤٥
٧٥	٠	٠	٠	٠	٤٢٦٢	٩٢٤٤	١٢٤٤٤
٨٠	٠	٠	٣٢٦	٨٨٥	٩٦٨١	١٠٢٦٧	١٣٥٥١
٨٥	٠	٠	٠	—	٥٠٩٠	٦٤٣٦	٥٩٨٣
٩٠	٠	١٢	٤١٣	٩٨٤	٢٢٣٣	٣٢٣٠	٣٩٣٤

ولا تنطبق هذه الظروف على حشرات الردة Bran beetles إذ تستطيع هذه النمو والتكاثر فى غبار القمح الجاف الذى يكاد يخلو من الرطوبة . لكنه بارتفاع نسبة الرطوبة يزداد تكاثر الحشرة وتطول فترة حياتها .

ويترتب على إصابة الحبوب ذات النسبة المرتفعة من الرطوبة بالحشرات ارتفاع درجة حرارة هذه الحبوب . ويعلل الإرتفاع فى درجة الحرارة بتأثير التمثيل الغذائى فى الحشرات أساساً وفى الحبوب المخزونة أيضاً . ويسبب عدم تسرب الحرارة بسرعة من المناطق الساخنة إلى الجو ارتفاع درجة الحرارة إلى الحد الذى يدفع الحشرات البالغة إلى الهجرة من المناطق الساخنة إلى المناطق الباردة ، أما أطوار الحشرة غير التامة النضج فتموت بتأثير الحرارة ومن مساوئ ارتفاع درجة الحرارة أيضاً انتقال الرطوبة من مناطق الحبوب الساخنة إلى المناطق الباردة حيث تتكثف على سطح الحبوب وهذا يشجع على نمو

الفطريات إلى عمق قد يصل إلى ثمانية بوصات من سطح الحبوب المخزونة .

وقد لوحظ أن الحبوب التى تحتوى على حوالى ١٥ فى المائة رطوبة تسبب ارتفاع درجة الحرارة حتى فى حالة خلو الحبوب من الإصابة بالحشرات .

وتعزى إصابة الحبوب المخزونة بالحشرات إلى إصابة بعض الحبوب أثناء نموها فى المزارع ، أما الإصابة بعد التخزين فمرجعها للحشرات التى تتكاثر داخل المخازن واختفت فى جدران المخازن حتى بداية الموسم التالى . وقد تتسرب الحشرات إلى مخازن الحبوب بطيرانها أو بزحفها من أماكن القمامة أو من مخازن العلف .

وتتوزع الحشرات فى مناطق الحبوب المخزونة تحت تأثير عدة عوامل . فالحشرات الرهيفة الضعيفة مثل moth تنتشر على السطح نظراً لعجزها عن شق طريقها فى الحبوب إلى أسفل لتضع بيضها فى مناطق عميقة من الحبوب . أما السوس فقادر على شق طريقه فى مناطق الحبوب ولذا فانتشاره يتوقف على درجتى الحرارة والرطوبة .

وتعتبر درجة الحرارة أكثر تأثيراً من درجة الرطوبة . وأكثر المناطق عرضة لتكاثر الحشرات فى خلايا الصوامع الحديثة هى الطبقتين السطحية والسفلية ، غير أن توزيع هذه الحشرات فى الخلايا يتوقف إلى حد كبير على توزيع الجزء المصاب من الحبوب أثناء ملأ الخلايا . ويمكن الاستدلال على تجمعات الحشرات فى خلايا الصوامع بملاحظة المناطق التى ارتفعت درجة حرارتها hot spots . وتتحرك تجمعات حشرات الحبوب عادة فى اتجاه المناطق الرطبة التى قد يعزى ارتفاع الرطوبة فيها إلى تسرب مياه المطر أو تكثف بخار الماء المتصاعد من مناطق الحبوب الساخنة .

وتختلف أنواع الحشرات السائدة فى منطقة معينة دون الأخرى . فالتخزين قريباً من المزارع يساعد على إصابة الحبوب بالحشرات التى لها القدرة على الطيران مثل سوسة الأرز ، Angoumois grain moth ، وهذا يمهد الطريق للتلوث بحشرات أخرى هى : bran beetles و scavenger Insects

وسيادة أنواع معينة من الحشرات فى منتجات طحن الحبوب تتأثر أيضاً بنفس العوامل ، غير أنه يلاحظ أن عمليات الطحن والتحضير تجعل منتجات الحبوب أكثر جاذبية للحشرات. وقد لوحظ أن بعض حشرات الحبوب تستطيع النمو والتكاثر فى مخازن الدقيق الذى جفف وأزيل منه جزء كبير من الرطوبة .وقد ساعد تدعيم الدقيق بالفيتامينات والمواد المعدنية على تكاثر الحشرات الملوثة للدقيق ، وعلل ذلك باحتياج حشرات الحبوب إلى بعض الفيتامينات مثل الثيامين والريبوفلافين وحمض النيكوتنيك والبريدوكسين وحمض البانتوثنيك والكولين والبيوتين وأحياناً الإينوزيتول وحمض البارا أمينوبنزويك . وتتفاوت أنواع الحشرات فى احتياجاتها من الفيتامينات إذ أن بعضها يحتوى على أحياء دقيقة تمد الحشرات ببعض المواد .

وتنحصر الأضرار التى تلحق بالحبوب المخزونة من جراء إصابتها بالحشرات فى تغذية الحشرات على هذه الحبوب ، وفى فقد قدرة الحبوب على الإنبات فى حالة تغذية الحشرات على أجنة الحبوب ، وفى تلف بعض الحبوب نتيجة لارتفاع درجة حرارتها ، وفى تلوث الحبوب ببراز وأجزاء الحشرات .ويعتقد أن نسبة الخسارة المادية نتيجة لتغذية الحشرات على الحبوب تكون ضئيلة مقارنة بنسبة الخسارة نتيجة للفساد الناشىء عن ارتفاع درجة الحرارة وتكثف الرطوبة والتلوث بالقاذورات وظهور الرائحة الكريهة وتغير الطعم .

ويلزم المداومة على فحص الحبوب المخزونة فى مواعيد دورية ، ومن المفضل أن يكون كل أسبوعين. ويراعى فى الفحص أن يكون شاملا لجميع مناطق الخلايا وأن يحدد فيه الأنواع السائدة من الحشرات. وأسهل أنواع الحبوب فى عملية الفحص هى الطبقة السطحية . ويمكن أخذ العينات من الحبوب بقلم أخذ العينات الذى يدفع من خلال فتحات خاصة أو من خلال فتحات التهوية إذا كانت هذه مصممة لتؤدى هذا الغرض أيضاً . ويستدل على مناطق الإصابة بقراءة درجة الحرارة ، ولذلك يلزم المداومة على تسجيل قراءات الترمومتر .

ويمكن تتبع التغيرات فى درجات الحرارة باستخدام thermocouple أو بوضع الترمومترات داخل مواسير تنتشر فى خلايا الحبوب . وتتميز هذه الطريقة الأخيرة برغم عدم دقتها مقارنة بالطريقة الأولى بأنها تسهل الحصول على درجات الحرارة فى المناطق التى تمتد فيها المواسير . وفى المخازن الصغيرة الريفية يكتفى أحياناً بدفع الذراع داخل الحبوب لأخذ العينات ودرجات حرارة الحبوب . ويلزم اتخاذ إجراء سريع عند مشاهدة ارتفاع درجة حرارة الحبوب سريعاً . كأن ترتفع بمعدل ثلاث درجات فهرنهيتية أسبوعياً مثلا . وفى بعض الحالات يمكن الاستدلال على تلف الحبوب وإصابتها بظهور رائحة مميزة للحبوب . ومن الطرق المفيدة فى تقدير مدى إصابة الحبوب فى الطبقات الداخلية بالمخازن طريقة تقدير ثانى أكسيد الكربون التى تعتمد على قدرة الحشرات على إنتاج ثانى أكسيد الكربون بكميات كبيرة نسبياً . وفى هذه الطريقة تؤخذ عينات متجانسة من الحبوب باتباع طريقة قياسية وتغربل هذه الحبوب للتخلص من الحشرات الحية وتوضع الحبوب فى محضن على درجة ٢٥° مئوية أى ٧٧° فهرنهيت لمدة أربع وعشرين ساعة بعدها يقدر غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الموجود بالفراغات البينية فى الحبوب باستخدام طريقة دقيقة لا يتجاوز الخطأ التجريبى فيها + أو — ٠,٢ فى المائة . ويطلق على نتيجة التقدير ، أى على النسبة المئوية لتركيز ثانى أكسيد الكربون ، الإسم « عدد ثانى أكسيد الكربون » carbon dioxide figure . وتعتبر الإصابة بالحشرات خطيرة عندما يتجاوز عدد ثانى أكسيد الكربون واحد فى المائة . بينما العدد ٠,٣ فى المائة يعنى خلو الحبوب من الحشرات فى حالة تجاوز نسبة الرطوبة فى الحبوب ١٤ فى المائة : بينما فى حالة انخفاض الرطوبة عن ١٤٪ يعنى العدد ٠,٣٪ أن الحبوب مصابة إصابة طفيفة . ويدل عدد ثانى أكسيد الكربون المتراوح بين ٠,٣ ، ٠,٥٪ على أن الإصابة بالحشرات طفيفة أو أن نسبة الرطوبة فى الحبوب تزيد على ٥١ فى المائة . وعندما يكون العدد محصوراً بين نصف وواحد فى المائة تعتبر الحبوب ليست صالحة للتخزين الطويل .

وهناك طريقة أخرى سريعة لاكتشاف الإصابة بالحشرات سواءاً أكانت حية أم ميتة، وهى طريقة J . C . Frankenfeld . ففى هذه الطريقة تستخدم الكيماويات لصبغ لون إفرازات الحشرات التى بها تثبت بيضها فى أماكنه داخل الحبوب ، كما قد يلون الجزء من الإندوسبرم المجاور للبيض أو المنطلق من أثر تغذية الحشرات أو من إصابة ميكانيكية . ومن أفضل المحاليل المستخدمة فى هذا الإختبار محلول يحضر بإضافة خمسين ملليمترا حامض خليك ثلجى إلى ٩٥٠ ملليمتراً ماء مقطر ثم إضافة . نصف جرام فوكسين حمضى . وتحضر العينات بنقع الحبوب فى ماء دافئ لمدة خمس دقائق ثم إعادة نقعها فى الصبغة لمدة دقيقتين أو خمس دقائق بعدها تغسل العينات بماء الصنبور للتخلص من بقايا الصبغة . ويشاهد لون أحمر قرمزى داكن على إفرازات البيض إن وجدت ، أما الثقوب الناشئة عن تغذية الحشرات أو عن إصابة الحبوب ميكانيكياً فتأخذ لوناً ورديا باهتاً . وقد نجح هذا الاختبار مع حبوب القمح والذرة .

والطريقة الأخرى المفيدة فى كشف الإصابة بالسوس هى طريقة Milner التى فيها تستخدم أشعة إكس لفحص الحبوب .

والطريقة السريعة لتقدير إصابة الحبوب بالحشرات داخلياً تعتمد على تقدير عدد الحبوب المثقوبة بفعل الحشرات وضرب هذا العدد فى خمسة للحصول على عدد الحبوب المصابة داخلياً ، ويعرف عدد الحبوب المثقوبة باتباع طريقة الطفو التى تتلخص فى وضع مائة جرام قمح فى محلول نترات حديديك تركيز اثنين فى المائة محضر بإذابة جرامين نترات حديديك مائية فى مائة ملليمتر ماء ، وبعد نصف دقيقة بالضبط تقلب العينة فى المحلول حتى تترطب فيشاهد طفو الحبوب على سطح المحلول ويمكن عدها .

ويمكن التعرف على مدى إصابة منتجات الحبوب المعبأة بالحشرات فى حالة الإصابات الشديدة فقط . فمن علامات الإصابات الشديدة وجود نسيج دقيق على

عبوات الدقيق والمنتجات الأخرى ، وكذلك مشاهدة الحشرات الكاملة motp على جدران المخازن وملاحظة آثار تحركات الحشرات فى بقايا الدقيق المتناثرة على سطح أرضية المخازن ، ورؤية تجمعات الحشرات beetles تحت جوالات الدقيق . ويمكن التخلص من جميع الحشرات والبرقات والبيض بنخل الدقيق خلال منخل سلك رقم ٦٤ .

ويمكن التعرف على تلوث منتجات الحبوب بأجزاء وبقايا الحشرات بالفحص الميكروسكوبى ، وفى حالة صغر الشوائب إلى الحد الذى يجعل رؤيتها ميكروسكوبياً مستحيلا تتبع طرق خاصة فى الفحص تتلخص إحداها فى هضم العينة باستعمال خلاصة البنكرياس pancreatin أو حامض الكلوردريك وعزل الشوائب فى طبقة زيت معدنى خفيف أو غازولين ثم فحص وتمييز الشوائب المنفصلة . ويمكن إجراء هذا الاختبار باستخدام الطريقة المشروحة فى الجزء الأول من هذا الكتاب المعنونة باسم اختبار نظافة الدقيق .

وللوقاية من إصابة الحبوب المخزنة فى المخازن الريفية بالحشرات يلزم العناية بنظافة المخازن وجعلها محكمة لاتتأثر بالتغيرات الجوية وبعيدة بقدر الإمكان عن أى مصادر للتلوث بالحشرات . فالعناية بنظافة المخازن هى أنجح الوسائل لوقاية الحبوب المخزونة من الإصابة بالحشرات إذ أن هذه الحشرات تتطلب غذاء فى الفترة بين موسمى الحصاد والذلك . فإزالة بقايا الحبوب ومنتجاتها وغبارها من المخازن يترتب عليه موت الحشرات . وفى المخازن الخشبية ينصح برش الجدران والأرضية والسقف بمحلول مطهر مثل محلول D D T ٢,٥ فى المائة بمعدل جالونين لكل ألف قدم مربع لضمان قتل الحشرات التى تختبئ فى الشقوق حتى الموسم التالى .

وفى حالة توقع إصابة بالحشرات الرهيفة Angoumois grain moth يمكن تدخين الحبوب المخزونة خلال شهر ونصف من انتهاء الحصاد فيساعد ذلك على عدم الإصابة بهذه الحشرات لمدة عام كامل تقريباً .

ومن الطرق المفيدة فى مقاومة بعض الحشرات مثل Indian-meal moth رش سطح حبوب الذرة بزيت البترول الأبيض النقى petroleum oil بمعدل نصف جالون لكل ألف بوشل . ويجب تدخين الأرز عند تخزينه فى المخازن الريفية مرة واحدة سنوياً .

ولوقاية الحبوب من الإصابة بالحشرات فى الصوامع الكبيرة يعتنى بنظافة خلايا التخزين . وتفيد عملية التهوية ، أى نقل الحبوب من خلية لأخرى فى إزالة الحرارة المرتفعة من أثر الإصابة بالحشرات لكنها لاتفيد فى التخلص من الحشرات نفسها كذلك يترتب على نقل الحبوب من خلية لأخرى أن تمتص الحبوب الجافة بعض الرطوبة من الحبوب الرطبة مما يؤدى إلى تجانس رطوبة الحبوب جميعها ، وهذا يؤدى أيضاً إلى موت بعض الحشرات Mites فى طبقات الحبوب التى تصبح غير ملائمة لحياتها . ولا يجوز نقل الحبوب من خلية لأخرى عندما تكون مصابة بحشرات Indian-meal moth إذ أن هذه الحشرات تنمو على سطح الحبوب فى طبقة سمكها حوالى أربعة أقدام ، فنقل الحبوب يعرض طبقات منها للتلوث بهذه الحشرات . ولذلك ينصح فى هذه الحالة بقتل هذه الحشرات وإزالة مخلفاتها قبل نقل الحبوب لخلية أخرى . ومن المؤكد أن نقل الحبوب من خلية لأخرى يؤدى إلى خفض كمية المواد السامة اللازمة لتبخير الحبوب .

وعند تخزين الحبوب داخل عبوات فى العراء ينصح بإحاطة مساحة التخزين بسور معدنى ناعم يمنع مرور القوارض ، وبتغطية الحوالات بسطح معدنى ناعم يمنع تسرب مياه المطر إلى الحبوب . وهذه الحواجز والغطاء يمكن رشها بمحلول مطهر . وعندما ترص العبوات فى مخازن مقفلة يمكن تبخير هذه المخازن ببروميد الميثايل .

وفى حالة تخزين الحبوب فى حفر تحت سطح الأرض يؤدى تراكم غاز ثانى أكسيد الكربون إلى قتل الحشرات والقوارض ، لكنه يسىء إلى صفات

الحبوب بحدوث التنفس اللاهوائى فى أنسجة الحبوب ونشاط الأحياء الدقيقة اللاهوائية .

وكثيراً ما تموت أنسجة الحبوب التى حدث فيها التنفس اللاهوائى ، ولذا فهذه الطريقة لاتصلح لتخزين حبوب التقاوى . ولا تصلح هذه الطريقة أيضاً لتخزين الحبوب ذات الرطوبة المرتفعة .

وأسوأ طرق تخزين الحبوب هى التخزين فى العراء ، إذ تتعرض الحبوب للتقلبات الجوية والقوارض والحشرات والطيور . وليس من السهل وقاية الحبوب فى هذه الطريقة ، غير أنه يفيد أحياناً تدخين الطبقات السطحية . ومن المفيد أيضاً تغطية الحبوب بطبقة من الغبار المعدنى Mineral dusts مثل مسحوق Magnesite ناعم يمر جميعه خلال منخل ٢٠٠ ثقب ، بمعدل ٢٥ أوقية لكل ياردة مربعة .

وتستعمل مواد عديدة فى إبادة الحشرات ، منها مستخلص البيرثرم pyrethrum الزيتى المحتوى على ٠,٨ فى المائة على الأقل بيرثرين pyrethrins فى زيت جيد ، الذى يرش فى الفراغات التى تعلو سطح الحبوب داخل خلايا التخزين المقفلة بنسبة ستة أوقيات لكل ألف قدم مكعب . ويجب أن تزاد كمية المستحلب إلى ثمانية أوقيات فى حالة خلايا التخزين المفتوحة من أعلى . وفى حالة استخدام pyrethrum aerosols يتحصل على نتائج طيبة باستعمال أوقية ونصف لكل ألف قدم مكعب من الفراغ العلوى فى خلايا التخزين . ويلزم مداومة الرش على فترات إذ أن هذه المبيدات تقتل الحشرات الموجودة على سطح الحبوب فقط فبإعادة الرش بعد مدة يتسنى قتل الحشرات التى تنتقل من الطبقات الداخلية إلى سطح الحبوب . ومن المبيدات المفضلة فى هذا الشأن محلول يحتوى على عشرة فى المائة piperonyl butoxide وواحد فى المائة بيرثرين ومادة استحلاب مناسبة . ويخفف هذا المحلول الأخير بالماء بنسبة واحد إلى تسعة .

وعند تدخين الحبوب المخزونة يراعى احتواء الحبوب على مواد التدخين موزعة بانتظام فى جميع الطبقات على أن يستمر فعلها مدة كافية تقتل خلالها الحشرات الكاملة والأطوار غير الكاملة . ويجرى التدخين فى الصوامع الحديثة بثلاث طرق رئيسية spot Application, grain stream application, surface application فالطريقة الأولى تفيد فى قتل الحشرات النامية على سطح الحبوب وقد تقتل بعضها فى الطبقات العميقة نسبياً إذا كانت مواد التدخين المستخدمة من النوع الثقيل ، يشترط فى هذه الطريقة الأولى أن يحكم غلق فتحات الخلايا . ومن الأمثلة لهذه الطريقة الرش بمحلول الكلوروبكرين بنسبة ١,٥ إلى ٢ رطل لكل ألف قدم من الفراغ الذى يعلو سطح الحبوب ، فهذا يعطى نتائج طيبة فى إبادة Indian-meal moth . أما الطريقة الثانية فهى المفضلة فى إبادة الحشرات التى توجد على عمق بعيد فى الحبوب المخزونة ، وفى هذه الطريقة الثانية تنقل الحبوب من خليتها إلى خلية أخرى وتعامل بالمواد المبيدة أثناء تفريغها فى الخلية الثانية . ويحدد مدى المعاملة بالمبيدات بسرعة صب الحبوب فى خلية التدخين . وواضح أن هذه الطريقة يضمن معها تعريض كافة طبقات الحبوب للمبيدات . وأما الطريقة الثالثة فتستخدم لإبادة الحشرات فى مناطق محددة داخل أكوام الحبوب تكون مصابة بشدة . وفى هذه الطريقة تحدد أماكن الإصابة تقريباً باستعمال جهاز أخذ العينات ، وتحقن هذه الأماكن بالمبيدات فى مناطق متباعدة بمسافة قدمين حول محيط الأماكن المصابة . وتفيد هذه الطريقة الأخيرة فى وقف تفاقم الإصابة المحلية بعض الوقت حتى يتسنى معالجة كل الحبوب .

ويجب أن يراعى دائماً إضافة المبيدات بالقدر الكافى ، فيضاف مثلاً جالون ونصف من مواد التدخين لكل ألف بوشل حبوب . وفى حالة استخدام تركيزات منخفضة من المبيدات ، كما هو الحال فى الكلوروبكرين ، تستخدم مواد مالئة لزيادة الحجم مثل رابع كلوريد الكربون .

ويبين الجدول التالى بعض المواد المبيدة للحشرات الشائعة الاستعمال ونسب الإضافة . ويجب أن تزداد هذه النسب فى حالة وجود كمية زائدة من الشوائب وفى حالة ارتفاع نسبة الرطوبة فى الحبوب كثيراً ، كما يجب أن تتضاعف عند استخدامها فى مخازن خشبية .

مادة التدخين	نسبة الخلط بالحجم	الجرعة بالجالون لكل ألف بوشل		
		ذرة سورجم	ذرة	قمح ، زمير شيلم
رابع كلوريد الكربون	—	٨	٦	٣
رابع كلوريد الكربون مع ثانى				
بروميد الإثيلين	١٩—١	٦	—	٢
ثانى كبريتيد الكربون	٤ — ١	٦	٥	٢
ثانى كلوريد الإثيلين	١ — ٣	٨	٦	٤
ثانى كلوريد الإثيلين (١ : ٣)				
مع بروميد الميثايل ١٠ فى المائة	—	—	٢	٢
كلوروبكرين	٦ — ١	—	١	١,٥
كلوريد البتاميثايل أليل	٣ — ١	—	٢	٢
١,١dichloro-l-olnirocthane	٥ — ١	—	١,٥	١,٥

لتدخين الأرز يستعمل لكل ألف بوشل مخزنة فى صوامع أسمنتية جالونان من مزيج رابع كلوريد الكربون وثانى كبريتيد الكربون (٤ — ١) ، أو أربعة جالونات من مزيج رابع كلوريد الكربون وثانى كلوريد الإثيلين (١ — ٣) ، أو جالون ونصف من مزيج رابع كلوريد الكربون والكلوروبكرين . وتضاعف هذه الكميات فى حالة المخازن الخشبية . وينصح للحصول على أحسن النتائج أن تضاف مواد التدخين فى المائة بوشل الأخيرة من كل ألف أو ألف وخمسمائة بوشل أثناء ملأ الصوامع . ويمكن التدخين بسيانيد الكالسيوم بمعدل ١٥ رطلا لكل ألف بوشل . أما الأرز المعبأ فى عبوات فيدخن ببروميد الميثايل بمعدل ١½ رطل لكل ألف قدم مكعب من حجم الفراغ ، أو بحامض إيدروسيانيك بمعدل رطل أو رطل ونصف لنفس الفراغ .

ويجب أن تؤخذ كافة الاحتياطات عند التدخين لمنع التسمم والتهابات الجلد . لذلك ينصح بارتداء الملابس المانعة والقفازات الجلدية والأحذية والقناعات الواقية .

وأحياناً تخلط الحبوب المخزنة فى المخازن العادية برماد جاف خامل كيمائياً غير سام فهو يمنع تكاثر الحشرات بامتصاص الرطوبة من أجسامها .وكثيراً ما يستعمل مسحوق سليكاجل ناعم أومسحوق فوسفات صخرية أو مسحوق طباشير أو أكسيد مغنسيوم أوكسيد ألمنيوم . ويضاف المسحوق بمعدل جزء لكل ألف جزء من الحبوب ، مع مراعاة انتشار المسحوق جيداً فى الحبوب . وتوجد مساحيق تجارية محتوية على بيرثرين مع بيوتوكسيد بيرونيل أو سلفوكسيد . وتخفف هذه المواد باستعمال قمح مطحون وتضاف بنسبة ٧٥ إلى ١٠٠ رطل لكل ألف بوشل من الحبوب .

وعند تخزين منتجات الحبوب المطحونة يجب التأكد من تمام خلوها من الحشرات وإلا تفاقمت شدة الإصابة . لذلك تنخل منتجات الحبوب المطحونة باستعمال منخل حرير رقم ١٠×× ثم تمرر هذه المنتجات خلال ماكينة entoleter . وقد تعامل المنتجات الخشنة بالحرارة لتعقيمها . ومن المحقق قتل جميع أطوار الحشرات بتعريض منتجات الحبوب لدرجة حرارة ١٤٠° فهرنهيت لمدة عشر دقائق . وينصح بتعبئة منتجات الحبوب فى عبوات مانعة للحشرات ، إذ أن هذه المنتجات عادة تجتذب الحشرات . وتوجد أنواع مختلفة من العبوات بعضها من الورق المقوى والبعض من القطن أو الجوت . وفى كثير من الدول تعامل العبوات بمواد مطهرة مثل DDT وهكسا كلوريد البنزين والكوردين . وأكثر الحشرات انتشاراً فى منتجات الحبوب هى cadelle وهى من الثاقبات . ويتم التلوث فى مراحل متعددة منها أثناء النقل والشحن . لذلك ينصح بتطهير عربات الشحن بمحلول البيرثرم أو بمحلول

DDT . وتدخن بواخر الشحن بغاز حمض الايدروسيانيك بمعدل ثمانى أوقيات لكل ألف قدم مكعب ، أو ببروميد الميثايل بنسبة رطل منه لنفس الحجم .

وعند ورود شحنات منتجات الحبوب إلى المخازن تفحص المنتجات لتقدير مدى إصابتها بالحشرات ، وذلك بنخل هذه المنتجات خلال منخل رقم ٦٤ . وفى حالة ظهور الحشرات على العبوات تدخن هذه قبل تخزينها باستعمال ستة إلى عشرة أرطال بروميد ميثايل لكل عربة قطار ، أو بمعدل رطل إلى رطل ونصف لكل ألف قدم مكعب . ويجب العناية بنظافة المخازن وحسن إدارتها والمداومة على فحص محتوياتها والمسارعة إلى إبادة الحشرات التى تظهر بها . وتعتبر مواد التدخين fumigants أسرع من مواد الرش sprays فى إبادة حشرات المخازن . وفى حالة عدم صلاحية المخازن للتدخين بسبب عدم مراعاة ذلك فى التشييد يمكن تدخين منتجات الحبوب فى غرف تدخين منفصلة قبل تخزينها .

التغيرات التى تحدث فى الحبوب أثناء التخزين :

تحدث فى الحبوب المخزونة بعض التغيرات التى تؤثر فى صفات الحبوب تأثيراً غير مرغوب فى أغلب الأحوال . وهذه التغيرات يتفاوت مداها تبعاً لظروف التخزين ، فهى بالغة فى حالة التخزين فى العراء بينما تكون ضئيلة فى حالة التخزين فى الصوامع . ويعزى ضآلة التغيرات التى تعترى الحبوب عند تخزينها فى الصوامع الحديثة إلى إمكان التحكم فى ظروف التخزين تماماً ، أى فى العوامل المؤثرة على هذه التغيرات وهى الرطوبة ودرجة الحرارة والتهوية وحالة الحبوب .

وتعتبر الرطوبة هى أهم العوامل المؤثرة فى سرعة حدوث التغيرات فى الحبوب المخزونة . فعند خفض نسبة الرطوبة فى الحبوب إلى حد كبير

يمكن تخزينها مدة طويلة ، لكنه فى الواقع تحصد الحبوب وتستخرج منتجات الحبوب بدرجة مرتفعة من الرطوبة تتجاوز النقطة الحرجة . وقد تصاب الحبوب بالتلف أيضاً أثناء تخزينها بالرغم من انخفاض رطوبتها إلى حد الأمان ، ويعزى ذلك إلى ارتفاع درجة الحرارة فى بعض مناطق الحبوب مما يؤثر على الرطوبة النسبية للهواء فى جو خلايا التخزين . والحرارة تأثير آخر فهى تزيد من سرعة التفاعلات الكيمائية أو التفاعلات الأنزيمية التى تحدث فى الحبوب . وبديهى أن درجة الحرارة لاترتفع إلى الحد القاتل للبكتريا والفطريات . كذلك ليس ممكناً حفظ الحبوب بتعقيمها بالحرارة ، وكذلك الدقيق ، لأن درجة الحرارة المرتفعة سوف تسىء بل تتلف صفات الخبز لهذه المواد . ويقتصر استخدام الحرارة للحفظ على المنتجات الممكن حفظها فى الأوانى المحكمة القفل .

وتؤثر نسبة الأكسيجين فى هواء المخازن على الحبوب بسبب ضرورته لتنفس الحبوب والأحياء الدقيقة الهوائية . وباستمرار التنفس تزداد كمية ثانى أكسيد الكربون وتقل كمية الأكسيجين فى جو الصومعة مما يؤدى إلى انخفاض سرعة التنفس وإيقاف نمو الفطريات .

وقد لوحظ أن ارتفاع درجة حرارة الحبوب يكون ملموساً فى حالة ارتفاع نسبة الشوائب فى الحبوب .

وتتلخص التغيرات التى تعترى الحبوب المخزونة فيما يلى :

١ — تغيرات الكربوإيدرات :

تهاجم إنزيمات الألفا والبيتا أميليز النشا فى الحبوب ومنتجاتها أثناء التخزين منتجة دكسترينات وملتوز وجلوكوز . غير أنه يلاحظ أن الزيادة فى كمية الجلوكوز لاتكون ملحوظة لأنها تستهلك فى عمليات تنفس الحبوب

متحولة إلى ثانى أكسيد كربون وماء، إذ أن الظروف التى تشجع على التحلل المائى للنشا هى بدورها تشجع على زيادة سرعة تنفس الحبوب. لهذا فالمشاهد أثناء تخزين الحبوب هو انخفاض فى نسبتى النشا والمواد الصلبة الكلية. وفى حالة ارتفاع نسبة الرطوبة فى الحبوب كثيراً تتعرض الكربوإيدرات للتخمر ويتكون كحولى أو حامض خليك مع ظهور رائحة حموضة. وقد لوحظ فى الصناعة أن نسبة النشا المستخرجة من حبوب الذرة تكون منخفضة فى حالة تخزين الحبوب تحت ظروف غير ملائمة.

ويعتقد أن الأرز الطازج يكون أسهل هضماً من الأرز المخزون تحت ظروف غير ملائمة بسبب إحتواء الأرز الطازج على إنزيم ألفا أميليز الذى يساعد على ظهور اللزوجة فى الأرز أثناء الطهى، أما الأرز فيفتقر إلى هذا التأثير بسبب فقد الإنزيم لنشاطه أثناء التخزين.

٢ — تغيرات البروتين.

لاتتعرض نسبة البروتين فى الحبوب للتغير أثناء التخزين، غير أن التغير قد يظهر بعد التخزين الطويل — فالحبوب تحتوى على إنزيمات بروتيوليتية يؤدى نشاطها إلى تحلل جزء من البروتين إلى ببتيدات معقدة ثم إلى أحماض أمينية، وهذا التحليل لايكون ملموساً إلا بعد تلف الحبوب المخزونة تلفياً واضحاً. ويمكن التعرف على مدى حدوث هذا التلف بتقدير الأحماض الأمينية بطريقة Foreman التى تعتمد على تقدير الفوسفات الحامضية ومجموعات الكربوكسيل الحرة الداخلة فى تركيب الأحماض الأمينية فى الحبوب بعد استخلاصها بالإيثانول تركيز ستين فى المائة وذلك بالتعادل فى محلول إيثانول ٨٥ فى المائة. ويجب أن تستخلص المواد بعد التخلص من دهنها. ويلى ذلك تقدير الفوسفات الحمضية بمفردها فى مستخلص إيثانول تركيزه خمسة فى المائة، ثم طرح نتيجة التعادل من النتيجة السابقة للحصول على نتيجة تقريبية لكمية الأحماض الأمينية فى الحبوب، وهذه النتيجة

لاتتضمن البرولين أو الأحماض الأمينية ثنائية الأمين . وهذه الطريقة تعطى على سبيل المثال ١١٠ ميللجراماً فى حبوب الذرة السليمة ، ٣٢٠ ملليجراماً فى حبوب الذرة الفاسدة لكل مائة جرام حبوب . وقد لوحظ أن نسبة البرولامين فى حبوب الذرة فى بداية مراحل التخزين تزداد بشكل واضح على حساب نسبة البروتين الذائب فى الماء التى تنخفض بقدر يقابل الزيادة فى البرولامين . وهذا التغير هو استمرار لعملية التغير نفسها التى تحدث فى حبوب الذرة أثناء نضج المحصول ، وقد أوضحت بعض التجارب المعملية أن نسبة البروتين فى كل حبوب القمح والذرة وفول الصويا تنخفض قابليتها للذوبان وينخفض معامل هضمها بإنزيمى البيسين والتربسين ، بينما لوحظ إرتفاع فى نسبة النتروجين الأمينى وانخفاض فى نتروجين البروتين الحقيقى . فعلى سبيل المثال بلغ الانخفاض فى نسبة هضم بروتين حبوب القمح المحتوية على ١١ فى المائة رطوبة حوالى ثمانية فى المائة بعد عامين من التخزين فى علب محكمة القفل على درجة ٧٦° فهرنهيت ، وفى حبوب الذرة المحتوية على ١٢ فى المائة رطوبة بلغ الانخفاض ٣,٦ فى المائة ، وكان الانخفاض أكثر فى منتجات الحبوب المطحونة عنه فى الحبوب نفسها .

وأجريت بعض التجارب المعملية على تغيرات البروتين أثناء تخزين حبوب القمح فكانت النتائج كما يلى موضحة كملليجرامات لكل مائة جرام حبوب :

التقديرات	المادة الطازجة	التخزين فى أوانى على درجة ولمدة			
		٣٠° ف		٧٦° ف	
		٩	٢٤	٩	٢٤ شهراً
رطوبة	١٠٩٥٠	١٠٩٦٠	١٠٩٦٠	١٠٩٥٠	١٠٩٤٠
نتروجين كلى	٢١٤٠	٢١٤٠	٢١٤٠	٢١٤٠	٢١٤٠
نتروجين البروتين الحقيقى	١٦٨٢	١٦٥٢	١٥٧٤	١٦٣٢	١٥١٩
نتروجين أمينى حر	٣٧	٣٧	٣٧	٣٨	٣٨
نتروجين ذائب فى محلول ص كل ٣٪	٧٥٦	٦٢٠	٦٠٦	٥٥٧	٥١٦
نتروجين ذائب فى كحول ٧٠٪	٩١٠	٧٧٠	٧٤٨	٧٢٢	٧١٣
نتروجين ذائب فى محلول ساليسيلات صوديوم ٣٪	—	١٠٦١	١٠٣٨	٩٩٨	٩٢٢
نتروجين ذائب فى محلول ص كل يترسب بواسطة حامض ثالث كلورو خليك	٦١٦	٥١٨	٥٠٩	١٣٤	١٦٣
نتروجين ذائب فى محلول ساليسيلات صوديوم يترسب بواسطة حامض ثالث كلورو خليك	—	٩٤٣	٩١٩	٨٧٤	٧٨٨
نتروجينى أمينى ذائب فى مستخلص ص كل	١٠٩	١٠٢	١٠٠	٩٤	٨٨
نتروجين ذائب فى مستحضرات إنزيمية	٢٠٥٠	٢٠٣٣	١٩٨٧	٢٠٢٦	١٨٧٨

وبالنسبة لدقيق القمح الكامل كانت التغيرات فى البروتينات أثناء التخزين فى أوانى زجاجية محكمة القفل وفى جوالات كما يلى ، موضحة كالميجرامات فى كل مائة جرام دقيق :

وبالنسبة للدقيق الأبيض كانت التغيرات فى البروتين بعد التخزين كما يلى ، موضحة كملليجرامات فى كل مائة جرام دقيق :

التقديرات	المادة الطازجة	التخزين فى أوانى على درجة ولمدة :				التخزين فى جوالات على درجة ولمدة			
		٣٠°ف		٧٦°ف		٣٠°ف		٧٦°ف	
		٧	٢٤	٧	٢٤	٧	٢٤	٧	٢٤
رطوبة	١٢٩٠٠	١٢٩٠٠	١٤٠٢٠	١٢٩٠٠	١٢٩٩٠	١٤٢٠٠	١٢٣١٠	١١٣٠٠	١١٣٤٠
نتروجين كلى	١٩١٠	١٩٠٠	١٨٩٠	١٩١٠	١٩٠٠	١٩٠٠	١٨٨٠	١٨٩٠	١٨٩٠
نتروجين البروتين الحقيقى	١٢٨٤	١١٨٤	١٠٦٩	١١٠٦	٩٨٩	١١٤٣	١٠٤٨	١٠٨٦	٩٥٥
نتروجين أمينى حر	٢٣,٥	٢٤,١	٢٤,٠	٢٣,٧	٢٤,٠	٢٤,٥	٢٤,	٢٤,٢	٢٣,٠
نتروجين ذائب فى محلول ص كل ٣٪	٦٢٤	٤١٠	٣٩٢	٣٢٦	٢٦٨	٤٠٩	٣٧٦	٣٠٥	٢٤٣
نتروجين ذائب فى كحول ٧٠٪	١٠٢٦	٩٢٤	٨٨٤	٨١٢	٧١٣	٩١٧	٨٦١	٧٩١	٦٨٣
نتروجين ذائب فى محلول ساليسيلات صوديوم ٣٪	—	٧٧٧	٧٢٦	٧٢٥	٦١١	٧٦٧	٦٨٧	٧٠٤	٥٥١
نتروجين ذائب فى مستخلص ص كل بترسب بحامض ثالث كلوروخليك	٥٠٧	٢٧٣	٢٢٧	١٨٢	٩٧	٢٤٦	١٩٠	١٤٨	٦٤
نتروجين ذائب فى مستخلص ساليسيلات صوديوم يترسب بحامض ثالث كلوروخليك	—	٧١٩	٦٥١	٦٤٠	٥٠٧	٩٦٥	٥٩٦	٦٠٠	٤٣٧
نتروجين أمينى فى مستخلص ص كل الهضم	٥٩,٦	٥٩,٥	٦٧,٠	٧٤,٤	٧٥,٠	٦١,٩	٧١,٠	٧٨,٣	٨٣,٠
	١٨٩٤	١٧٩٦	١٦٦٢	١٧٦٠	١٥٧٣	١٧٦٧	١٦٣١	١٨٣١	١٥٢٤

التقديرات	المادة الطازجة	التخزين فى أوانى على درجة ولمدة :				التخزين فى جوالات على درجة ولمدة :			
		٣٠° ف		٧٦° ف		٣٠° ف		٧٦° ف	
		٧	٢٤	٧	٢٤	٧	٢٤	٧	٢٤ شهراً
رطوبة	١٠٩٥٠	١٠٩٦٠	١٠٩٨٠	١٠٩٤٠	١٠٩٦٠	١٠٩٨٠	١٤١١٠	١٠٤٩٠	١٠٥٠٠
نتروجين كل	٢١٤٠	٢١٣٠	٢١٣٠	٢١٣٠	٢١٣٠	٢١٣٠	٢١٢٠	٢١٣٠	٢١٤٠
نتروجين البروتين الحقيقى	٢٦٨٢	١٥٦٩	١٥٠٧	١٤٥٠	١٣٦١	١٥٣٤	١٤٢٥	١٤٣٦	١٢٨٥
نتروجين أمينى حر	٣٧	٣٧	٣٧	٣٧	٣٧	٣٦	٣٧	٣٧	٣٨
نتروجين ذائب فى محلول ص كل ٣٪	٧٥٦	٥٨٣	٥٥٠	٥٣٦	٤٧٧	٥٧٣	٥١٥	٥٠٩	٤٢٨
نتروجين ذائب فى كحول ٧٠ فى المائة	٩١٠	٧٠٧	٦٨٩	٦٥٨	٥٨٣	٦٨٦	٦٥٣	٦٤٤	٥٣٨
نتروجين ذائب فى محلول ساليسيلات صوديوم ٣٪	—	١٠١٩	٩٦٠	٩٧٧	٨٩٤	٩٩٨	٩٠٥	٩٥٦	٨٦٦
نتروجين ذائب فى مستخلص ص كل يترسب بواسطة حامض ثالث كلوروخليك	٦١٦	٣٨٨	٣٢٦	٣٠٣	٢١٣	٣٧٠	٢٧٨	٣٢٥	١٣٨
نتروجين ذائب فى مستخلص ساليسيلات صوديوم يترسب بواسطة حامض ثالث كلوروخليك	—	٨٦٩	٧٨١	٧٩٥	٦٧٥	٨٤٢	٧٠٩	٧٦٧	٦٢٧
نتروجين أمينى فى مستخلص ص كل الحمض	١٠٩	١٠٠	١٠٩	١٢٨	١٣٠	١١١	١١٧	١٣٦	١٣٧
	٢٠٥٠	٢٠٣٦	١٨٨٧	٢٠٢٦	١٨٥٧	١٩٥٤	١٧٨٨	١٩٤٠	١٧٥١

٣ – تغيرات الدهون :

أثناء التخزين تتعرض دهون الحبوب إلى الأكسدة أو التحلل المائى فتتكون أحماض دهنية حرة وتظهر رائحة ونكهة كريهة للحبوب . ولا يسبب للتزنخ الأكسيدى ضرراً كبيراً فى الحبوب المخزونة لاحتوائها على مواد مانعة للأكسدة بكمية مناسبة . أما منتجات الحبوب كالدقيق الكامل فتكون عرضة للتزنخ الأكسيدى . وتتعرض دهون الحبوب أو منتجاتها المخزونة للتزنخ التحللى بفعل إنزيمات الليبيز ، وتزداد سرعة التحلل بوجود الفطريات بسبب احتواء هذه على الإنزيمات المحللة للدهون . لذلك يعلل تأثير إضافة بعض الكيماويات فى منع التزنخ التحللى بتثبيط هذه المواد لنشاط الإنزيمات فى الفطريات . مثال ذلك المعاملة برابع كلوريد الكربون أو أكسيد البروبيلين أو الإثيلين كلورهيدرين .

٤ – تغيرات المعادن :

لايطرأ على معادن الحبوب أى تغيرات ملموسة أثناء التخزين ، فقط أشير فى بعض التجارب إلى أن الحبوب قد تفقد حوالى ٧٣ فى المائة من السيلينيوم الموجود بها فى صورة مركبات متطايرة ، ويتوقف مدى الفقد على درجة الحرارة وطبيعة مركبات السلينيوم . وبديهى أن نسبة المواد المعدنية الكلية ، أى الرماد ، ترتفع بفقد بعض المواد العضوية من الحبوب نتيجة لتلفها . ومن التغيرات المفيدة أثناء تخزين الحبوب إنطلاق الفوسفور العضوى المرتبط فى الفيتين بتأثير نشاط إنزيم الفيتيز . ففوسفور الفيتين يفرز ٦٠ فى المائة منه لعدم قابليته للامتصاص فى جسم الإنسان أو الحيوان :

٥ ــ تغيرات الفيتامينات :

تعتبر الحبوب الغذائية مصـــدراً جيداً لفيتامينـــات الثيامين والنياسين والبيريدوكسين والإينوزيتول والبيوتين وفيتامين هـ ، ومصدراً متوسطاً لفيتاميني حمض البانتوثنيك وحمض البار أمينو بنزويك . أما فيتامين ا فيوجد فى الذرة الصفراء فقط .

ويفقد القمح حوالى ١٢ فى المائة من الثيامين الذى به خلال خمسة شهور من بداية التخزين ، وقد ترتفع النسبة إلى ٣٠ فى المائة عندما يكون القمح زائد الرطوبة . ويعتقد أن جودة ظروف التخزين تقلل من فقد الثيامين أو تمنعه تماماً . وأهم العوامل المؤثرة من هذه الوجهة هى درجتا الحرارة والرطوبة ومدة التخزين . والدقيق المدعم بالفيتامينات يفقد جزءاً من فيتامیناته تتوقف نسبته على طبيعة المواد المضافة للتدعيم . فإضافة thiamine chloride hydrochloride يتبعها فقد حوالى عشرة فى المائة من الثيامين خلال ستة أشهر ، بينما إضافة الثيامين أحادى النترات فتؤدى إلى خفض الفاقد بمقدار النصف تقريباً ، ويعلل ذلك بزيادة ثبات المركب الأخير . أما الفقد فى نسبتى الريبوفلافين والنياسين من الدقيق المدعم أثناء التخزين فليس ملموساً . كذلك باقى أفراد مجموعة فيتامينات « ب » فلا يفقد منها نسبة محسوسة أثناء التخزين .

وتفقد الذرة الصفراء أثناء تخزينها كميات ملموسة من فيتامين ا الموجود بها فى صورة كاروتين أو كربتوزانثين أو نيوكربتوزانثين مع قليل من الألفا كاروتين وكاروتين k ، ويكون الفقد فى بداية مرحلة التخزين كبيراً ثم يتضاءل تدريجياً ، فقد يبلغ ٣٤ فى المائة من الكاروتين الخام خلال الأسبوع الأول من فترة التخزين على درجة ٣٥° مئوية . لذلك ففى الدول التى يعتمد فيها على الذرة الصفراء فى تغذية الماشية إلى حد كبير تتعرض الحيوانات للإصابة بمرض يعرف باسم anasarca نتيجة

لنقص فيتامين ا ، وتظهر أعراض المرض بضعف الإبصار خصوصاً ليلاً وفقد الشهية للطعام وتورم بعض الأنسجة . وتعالج هذه الحالة بخلط الذرة الصفراء ببعض البرسيم .

ومن التغيرات الهامة التى تعترى الدقيق أثناء التخزين تحسن صفات الخبيز تدريجياً إلى حد معين بعده يؤدى طول فترة التخزين إلى إتلاف هذه الصفات بالتدريج . ويتوقف هذا التحسن على ظروف التخزين وصفات الدقيق . وهذا التغير يؤثر فى حجم وقوام ومسامية الخبز الناتج ، كما أنه يحسن لون الدقيق نسبياً نتيجة لأكسدة بعض الصبغات الكاروتينية فى الدقيق بفعل الهواء . ويعزى تحسن صفات جلوتين الدقيق أثناء التخزين إلى تكون بعض الأحماض الدهنية الحرة فى الدقيق بتأثير أنزيمات الليبيز على الدهن .

ويمكن التعرف على فساد الحبوب ومنتجاتها المخزونة بأى من الطرق التالية :

١ — فحص المظهر الطبيعى .

تفحص الحبوب من وجهات المظهر ودرجة الحرارة والرائحة ووجود الحشرات والتلف الميكانيكى . فالحبوب التالفة تفقد لمعانها ، والتلوث بالفطريات والإصابة بالحشرات يرفع درجة حرارة الحبوب ، ونمو الفطريات وحدوث التخمر يترتب عليهما ظهور رائحة حمضية أو مكروهة فى الحبوب ، ويؤدى ارتفاع الحرارة ونمو الفطريات أيضاً إلى تلف أجنة الحبوب فيدكن لون هذه الأجنة متحولاً إلى البنى أو الأسود .

٢ — تقدير الحموضة :

تقدر الحموضة الكلية فى الحبوب ومنتجاتها المخزونة إذ أنها ترتفع

بدرجة ظاهرة بمجرد حدوث الفساد . أما تغير رقم pH فلا يكون ملموساً إلا بعد أن يبلغ الفساد درجة كبيرة بسبب تأثير المنظمات الموجودة فى الدقيق وهى البروتينات وبعض المكونات الأخرى . وتقدر الحموضة الكلية بأى من الطرق التالية :

(ا) طريقة Bailey and Baston .

(ب) طريقة Balland .

(جـ) طريقة Schulerud .

(د) طريقة A. O. A. C. .

(هـ) طريقة مبنية على أساس تقدير الأحماض الدهنية الحرة .

ففى الطريقة الأولى يهضم مطحون الحبوب مع الكحول تركيز ٨٠ فى المائة ويرشح ويخفف حجم منه بالماء ويعادل بمحلول قلوى معروف القوة فى وجود دليل الفينولفثالين وتحدد النتائج بعدد ملليترات إيدروكسيد البوتاسيوم الأساسى التى تلزم لمعادلة الحموضة فى ألف جرام حبوب .

وفى الطريقة الثانية ، المعروفة باسم الطريقة اليونانية ، يستخلص الدقيق بالكحول تركيز ٨٥ فى المائة ويرشح المستخلص ويعادل بمحلول البوتاسا الكاوية فى الكحول فى وجود curcuma وتحسب النتائج فى صورة حامض كبريتيك كنسبة مئوية .

وفى الطريقة الثالثة يهضم الدقيق مع كحول تركيزه ٧٥ فى المائة ويرشح المستخلص ويعادل بمحلول قلوى معروف القوة فى وجود دليل الفينولفثالين . وتحسب النتائج فى صورة ملليمترات القلوى الأساسى التى تلزم لمعادلة الحامض فى مائة جرام دقيق .

وفى الطريقة الرابعة يهضم الدقيق فى الماء لمدة ساعة على درجة حرارة ٤٠° مئوية ويرشح المستخلص ثم يعادل بمحاول قلوى معروف القوة فى وجود دليل الفنولفثالين وتحسب الحموضة فى صورة حمض لكتيك كنسبة مئوية .

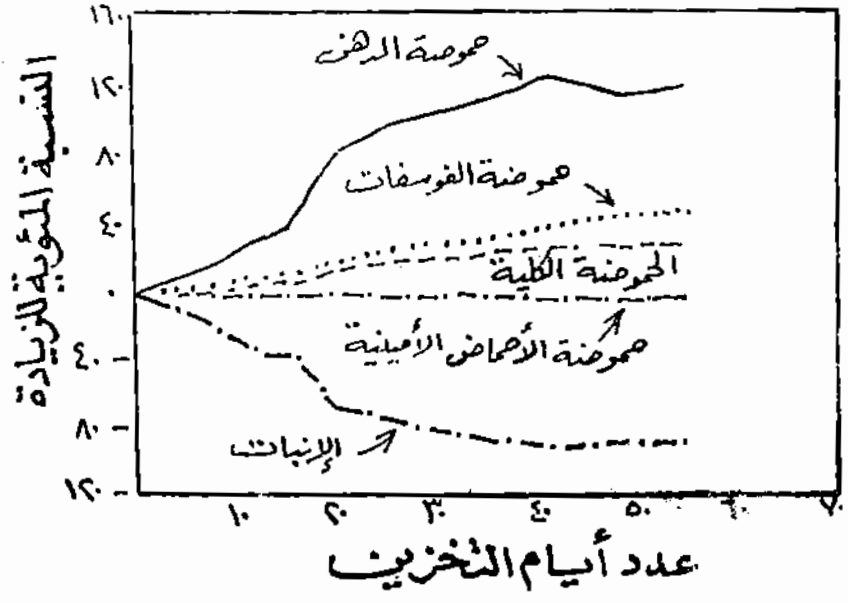
وفى الطريقة الخامسة يستخلص الدهن والأحماض الدهنية الحرة باستعمال المذيب المناسب وتقدر الأحماض الدهنية الحرة .

وتتفاوت النتائج المتحصل عليها فى تقدير الحموضة الكلية بالطرق المختلفة ، ويعلل ذلك بوجود الأحماض فى الحبوب بصور متعددة إذ توجد أحماض دهنية حرة ناتجة من فعل إنزيمات الليبيز وتوجد فوسفات حامضية ناتجة من فعل إنزيم الفيتيز على الفيتين وتوجد أحماض أمينية ناتجة من فعل الإنزيمات البروتيوليتية على البروتينات . وعادة تكون الزيادة فى حموضة الدهن أسرع من الزيادة فى حموضة الفوسفات ، أما حموضة الأحماض الأمينية فلا تزداد أثناء التخزين بشكل واضح . ويمكن إيضاح ذلك بالرسم البيانى التالى :

٣ — تقدير السكريات غير المختزلة :

يتحول جزء من السكريات غير المختزلة إلى سكريات مختزلة أثناء تخزين حبوب الذرة الرطبة بفعل إنزيم الإنفرتيز الذى يوجد فى الفطريات النامية على الحبوب ، فيقدر الانخفاض فى نسبة السكريات غير المختزلة فى الحبوب ليستدل منه على مدى فساد الحبوب . وبديهى أن هذا الانخفاض يتمشى مع ازدياد نمو الفطريات على الحبوب .

وتستخدم الحبوب التى تتلف بالتخزين علفاً للماشية مع تحاشى استخدام الحبوب الملوثة بالفطريات Gibberella لأنها تصبح سامة بشدة للماشية . وفى حالة ازدياد التلف كثيراً يفضل استخدام الحبوب فى صناعة الكحول .



(شكل ١٤٣)

تغير الحموضة والحيوية أثناء تخزين الحبوب

تنفس الحبوب المخزونة :

لما كانت الحبوب المخزونة تحتوى على خلايا حية فمن المتوقع أن تستمر فيها عملية التنفس مما يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارتها . فالتنفس يتضمن إنطلاق طاقة أثناء بعض التفاعلات الحيوية الجارية فى الحبوب التى تتضمن أكسدة بعض الكربوايدرات والمواد العضوية الأخرى . وبديهى أن ارتفاع درجة حرارة الحبوب ، وبالتالى ظهور التلف الحرارى ، يحدثان عندما تكون سرعة انطلاق الطاقة تفوق سرعة تسرب الحرارة من الحبوب. ومن أعراض هذا التلف الحرارى تغير لون الحبوب وظهور رائحة كريهة وفقد الحيوية وازدياد حموضة الدهن وانخفاض القيمة الغذائية للحبوب . ولا يغفل أن ارتفاع درجة حرارة الحبوب له مصدران آخران ، بخلاف الطاقة المنطلقة أثناء التنفس ، وهو نمو الفطريات على الحبوب ، خصوصاً

الزائدة الرطوبة ، وكذلك الإصابة بالحشرات . ويعتقد أن هذه المسببات تؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة الحبوب المخزونة إلى حد معين قد يتجاوز درجة ٥٥° مئوية ، غير أن الحرارة ترتفع بعد ذلك إلى حد كبير بتأثير استمرار الأكسدة الكيمائية دون ارتباط بالنشاط الحيوى أو مسايرة له .

ويحدث التنفس فى جميع الكائنات الحية ، وهو المسئول عن توليد الطاقة اللازمة للتمثيل الغذائى . ففى الظروف الهوائية يمتص الأكسجين ، وهذا يؤكسد المواد العضوية ، خصوصاً الكربوايدرات والدهون ، منتجاً ثانى أكسيد كربون وماء فى نهاية التحولات . وقد تحدث هذه الأكسدة فى الحبة بدون تدخل الأكسجين الجزيئى فتسمى العملية بالتنفس اللاهوائى ونواتجه النهائية عبارة عن ثانى أكسيد كربون أو كحول إيثايل أو حمض فورميك ، أو حمض خليك أو حمض بروبيونيك أو حمض أكساليك أو خليطاً من بعض هذه المركبات . وهذه العملية الأخيرة تتضمنها عملية التخمر التى تحدثها بعض الأحياء الدقيقة .

ويمثل الإحتراق الكامل للدهون والكربوايدرات بالمعادلتين التاليتين ؛ أولاهما للجلوكوز والثانية للبالمتين الثلاثى ، ومنهما يتضح أن كمية الطاقة المتولدة تختلف باختلاف المواد المحترقة .

ك٦ يد ١٢ ا٦ + ١٦ ا٢ ← ٦ ك ا٢ + ٦ يد٢ ا + ٦٧٧,٢ سعراً
١٨٠ جراماً + ١٣٤,٤ لتراً ← ١٣٤,٤ اتراً + ١٨٠ جراماً
١ جراماً + ٠,٧٤٧ لتراً ← ٠,٧٤٧ لتراً + ٠,٦٠ جراماً + ٣,٧٦ سعراً

لتر أكسيجين مستنفد = ٥,٠٤ سعراً
لتر ثانى أكسيد كربون متولد = ٥,٠٤ سعراً

(ك ١٥ يد ٣١ ك ١١) ٣ ك ٣ يد ٥ + ٢١٧٢½ − ٥١ ك ا٢ + ٤٩ يد ٢ ا +
٧٦١٦,٧ سعراً

٨٠٦,٨ جراماً + ١٦٢٤ لتراً ← ١١٤٢,٤ لتراً + ٨٨٣ جراماً
١ جراماً + ٢,٨٨ لتراً ← ١,٤٢ لتراً + ١,٠٩ جراماً + ٩٤٤ سعراً

لتر أكسيجين مستنفد = ٤,٦٩ سعراً
لتر ثانى أكسيد كربون متولد = ٦,٦٧ سعراً .

فالنواتج النهائية فى التنفس اللاهوائى هى ثانى أكسيد الكربون مع بعض المركبات العضوية البسيطة . ونتيجة الأكسدة والاختزال لبعض مكونات الخلية الحية فى التنفس اللاهوائى هى إنطلاق طاقة ، إلا أن كمية الطاقة المنبعثة من وحدة المواد المتفاعلة أى من وحدة مكونات الخلية تكون أقل بكثير من مقدار الطاقة التى تنبعث من وحدة مماثلة فى التنفس الهوائى ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلات التالية :

$ك_{٦}يد_{١٢}ا_{٦}$ ← ٢ ك يد ٣ ك يد ا يد ك ١١ يد + ٢٢,٥ سعراً

حمض لكتيك

$ك_{٦}يد_{١٢}ا_{٦}$ ← ٢ $ك_{٢}يد_{٥}ا$ يد + ٢ $ك_{١}ا_{٢}$ + ٢٢,٠ سعراً

كحول إيثايل

$ك_{٦}يد_{١٢}ا_{٦}$ ← ٣ $ك_{٣}ك$ ١١ يد + ١٥,٠ سعراً

حمض خليك

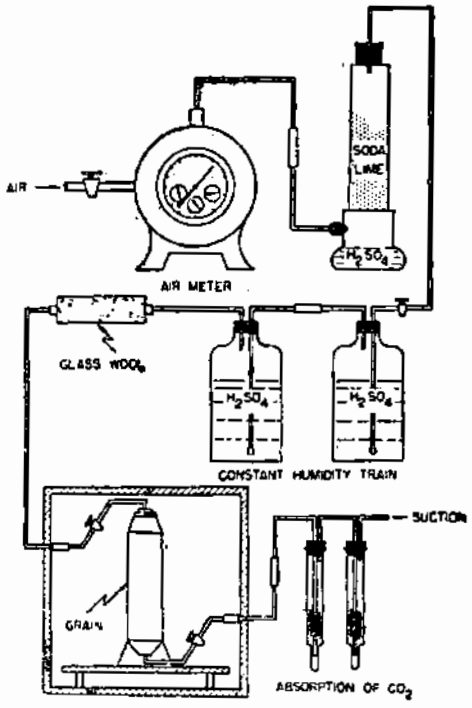
وتفاعلات عملية التنفس تجرى تحت تأثير عدد كبير من الإنزيمات . وعادة تبدأ عملية التنفس فى النباتات ، وكذلك فى الحيوانات ، بتحلل بعض المواد دون تدخل الأكسجين ، غير أن المواد الناتجة عن هذه المرحلة اللاهوائية تتأكسد هوائياً بعد ذلك متحولة إلى ثانى أكسيد كربون وماء . وعموماً فمعظم الكائنات الحية تتطلب الأكسيجين الحر ليستمر نشاطها طبيعياً ، وهى تعيش فترة قصيرة فقط فى ظروف التنفس اللاهوائى . ويعلل ذلك

بالتأثير السام لبعض ناتجات التفاعلات على بروتوبلازم الخلايا ، أو بتراكم ناتجات التفاعلات مما يؤثر على حالة الإتزان .

وينسب حجم أوعدد جزيئات ثانى أكسيد الكربون المتصاعد إلى حجم أو عدد جزيئات الأكسجين المستنفذة فى التنفس للحصول على النسبة التنفسية Respiratory quotient R. Q . فهذه النسبة تختلف باختلاف المواد المؤكسدة فهى واحد صحيح للجلوكوز المؤكسد فى التنفس الهوائى ، أو ٠,٧٠ للبالمتين التام التأكسد . ويمكن استخدام هذه النسب التنفسية فى حساب مقدار الطاقة المنطلقة المقابلة لقدر معين من الأكسيجين المستنفذ . ويجب دائماً تصحيح قراءات حجم الغاز تبعاً لاختلاف درجة الحرارة والضغط ، كما يؤخذ فى الاعتبار الضغط البخارى والتغير فى تركيز النتروجين أثناء تبادل الغازات . كذلك يجب ألا يغفل أن النسبة التنفسية تتأثر بعدة عوامل أخرى . فتحول الدهون إلى كربوإيدرات قبل تأكسدها فى النباتات يتضمن استنفاذ قدر من الأكسيجين ، وهذا القدر لا يقابله كمية ثانى أكسيد الكربون التى تنتج بتأكسد الكربوإيدرات . لذلك كانت النسبة التنفسية منخفضة للأنسجة النباتية التى تخزن فيها المواد الغذائية فى صورة دهون . ويفسر ذلك أيضاً ارتفاع النسبة التنفسية عن الواحد الصحيح أثناء نضج البذور الزيتية إذ أنه فى هذه الفترة تتحول الكربوإيدرات إلى دهون فينطلق أكسيجين يمكن أن يستعمل فى التنفس وبذلك تقل كمية الأكسيجين التى تدخل فى عملية التنفس ممتصة من الجو. لذلك يعتقد أن قياس الأكسيجين وحده أو ثانى أكسيد الكربون وحده لا يعطى صورة صادقة عن مدى التنفس الهوائى أو اللاهوائى ، بل يجب أن يقدر حجم الغازان .

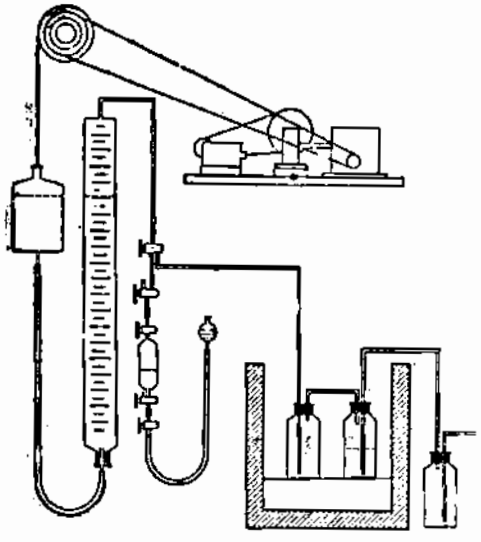
ولاختبار تنفس الحبوب تستخدم طريقتان ، فى الأولى توضع الحبوب داخل حيز مقفل وتترك مدة كافية بعدها يقدر ثانى أكسيد الكربون فى الحيز . وفى الطريقة الثانية تعرض الحبوب لتيار من الهواء

بعض الوقت ثم يحلل الهواء المستخدم فتقدر نسبة الأكسيجين به . ويمكن استعمال الجهاز المبين فى الشكل التالى فى طريقة الحيز المقفل ، والجهاز الآخر فى طريقة التهوية .

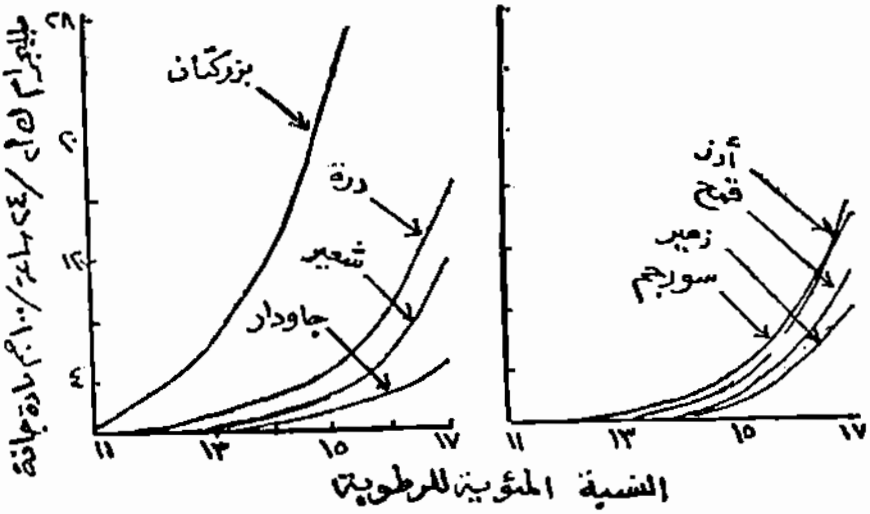


(شكل ١٤٤)

رسم تخطيطى لجهاز تقدير سرعة التنفس فى الحبوب داخل حيز مقفل



(شكل ١٤٥) رسم تخطيطى لجهاز تقدير سرعة التنفس بطريقة التهوية على درجة حرارة ثابتة



(شكل ١٤٦)

مقارنة سرعة التنفس فى بعض الحبوب

ويمكن ملاحظة أثر نسبة الرطوبة فى سرعة التنفس فى الحبوب من الجدول التالى المتضمن أيضاً لأثر الرطوبة فى تكاثر الفطريات وحيوية الحبوب وحموضة الدهن وتحول السكريات فى حبوب القمح الصلب .

وفى دراسة لتأثير درجة الحرارة على سرعة تنفس حبوب القمح الصلب المحتوى على ١٥ فى المائة رطوبة كانت النتائج كما يلى :

درجة الحرارة المئوية	ملليجرامات ك ! ٢ الناتجة من التنفس بعد أربعة أيام فى زجاجات مقفلة
٤	٠,٢
٢٥	٠,٤
٣٥	١,٣
٤٥	٦,٦
٥٥	٣١,٧
٦٥	١٥,٧
٧٥	١٠,٣

نسبة الرطوبة في البداية	نسبة الرطوبة في النهاية	الوقت في جهاز التنفس	مدى التنفس في النهاية	عدد الفطريات	النسبة التنفسية	الإنبات	حموضة الدهن	السكريات الكلية	السكريات المختزلة منسوبة للسكريات الكلية
%	%	يوم	ملليجرام كا ٢	في الجرام	اليوم السابع عشر	%	ملليجرام بوايد في ١٠ جرام	ملليجرام في ١٠ جرام	%
١٢,٣	١٢,٠	٢٠	٠,٠٧	٥٠٠	٠,٦٠	٩٣	٣٥,٣	٢٥٢	١٩,٠
١٣,٦	١٣,١	٢٠	٠,١١	١٠٠	٠,٨٥	٩٥	٣٥,٥	٢٦٣	١٧,٩
١٣,٨	١٣,٧	٢٠	٠,٢٣	١٠٠	٠,٩١	٩٥	٣٥,٣	٢٣٧	١٩,٨
١٤,٥	١٤,٣	٢٠	٠,٥٧	٤٠٠	٠,٨٩	٩٢	٣٧,٨	٢٥٢	١٩,٨
١٥,٤	١٤,٦	٢٠	٢,٥٣	٤٨٠٠	٠,٧٨	٩١	٤٢,٣	٢٥٥	٢٠,٠
١٦,٣	١٦,٠	٢٠	٢٣,٤	٣٩٦٠٠٠	٠,٩١	٦٧	٦٦,٠	٢٤٨	٢١,٨
١٦,٨	١٦,٤	١٧	٢٠,٣	٢٠٩٠٠٠	٠,٩٠	٨٨	٣٨,٦	٢٤٧	٢٠,٦
١٨,٥	١٩,٠	١٧	١١١,٠	٢٢٧٥٠٠٠	٠,٨١	٣٧	١١٥,٠	٢٢٥	٢١,٨
٢٠,٨	٢٢,٠	١٧	٦٠٤,٩	١١٣٠٠٠٠٠	٠,٩٣	١٤	١٤٩,٧	٢٠٢	٢٧,٢
٢٥,٢	٣٠,٠	١٧	١٧٢٤,٨	٣٧٥٠٠٠٠٠	٠,٩٩	٢١	١٤٠,٧	١٨٤	٣٣,٧

وتوثر التهوية فى سرعة تنفس الحبوب أيضاً ، كما يتأثر التنفس بحالة الحبوب المخزونة مثل نسبة الشوائب والحبوب التالفة والتلوث بالأحياء الدقيقة كما هو واضح من البيانات التالية المأخوذة من تجربة على فول الصويا :

الحبوب المصابة	الإنبات	الحبوب المتلوثة بالأحياء الدقيقة	حموضة الزيت	النيتروجين غير البروتينى	السكريات		التنفس
					المختزلة	غير المختزلة	
%	%	%	ملليجرام	ملليجرام فى ١٠ جرام	ملليجرام فى ١٠ جرام	ملليجرام فى ١٠ جرام	ملليجرام
١٠,٣	٥٣	٣٠	١٥,٦	١٣,٩	٦٥	٢٧٩	١٠٧
١٣,٣	٤٤	٢٣	١٩,٤	٣٠,٦	٧٨	٢٨٤	١١٢
٢١,٠	٢٧	٥٠	١٧,٩	٢٩,٧	٨١	٢٤٧	١٨٥
٢٦,٠	٢٩	٥١	١٧,٨	٣٢,٦	٨٣	٢٦٣	٢٣٨
٤١,٠	١٤	٥٨	١٩,٤	٣٥,٢	٨١	٢٧٥	٢٣٩
٥٥,٠	٥	٧٣	٢٨,٨	٤٥,٩	١١٠	٢٢٩	٢٥٧

وقد أجريت محاولات عديدة لإطالة مدة حفظ الحبوب المخزونة بإضافة مواد كيميائية تقلل من سرعة تنفس الحبوب . وهذه الكيماويات بعضها غازى وبعضها صلب . فمن الكيماويات الغازية المستعملة فى حفظ الحبوب الإيثير والهكسان الحلقى ورابع كلوريد الكربون واللجروين ligroin وهى جميعاً لا تؤثر فى نمو الفطريات بدرجة ملموسة ولا تتلف أجنة الحبوب بنسبة ملموسة ومنها أيضاً الأسيتون وكحول الإيثايل المطلق والميثايل فيوران methyl furan، dioxan 1,4 وجميعها تمنع تكاثر الفطريات لكنها تتلف أجنة حبوب التقاوى . ومنها كذلك البنزين وثالث كلوريد الإيثلين والكلوروفورم وجميعها تقاوم نمو الفطريات ولا تتلف حيوية الحبوب بدرجة ضارة اقتصاديا . أما المواد الكيمائية الصلبة المستخدمة فى حفظ الحبوب فأشهرها ما يلى :

Propylene chlorohydrin, Ethylene bromhydrin, Allyl alcohol, Beta-chloroallyl alcohol, Diethyl oxalate, Diethyl malonate, Glycol diacetate, Vinyl Propionate, Propylene glycol dipropionate, Tributyl borate, Propylene glycol diacetate, Ethyl chloracetate, Ethyl chloropropionate, Methylchloracetate, Ethyl isovalerate, Triethyl phosphite, o-Vanillin, 1,3 - Dimethyl - 2,4 - (bichloromethyl) benzene, Benzotrichloride, chlorazene (chloramine T), Chloramine B (sodium N - chlorobenzene sulfonamide) Sulfanilamide, P - Toluene sulfonamide, Diethyl phosphite, Propionic acid, Beta - chloropropionic acid, Acetic acid, Butyric acid, Valeric acid, Phenol, 1,3 - Dichloropropene - 2, 1,3 - Dichlorobutene, Salicyl aldehyde, P - Tertiary - amylphenol (Pentahen), Sodium pentachlorophenate (Santobrite), Hyamine lox, Hyamine 1922, 2 - chloro - 4 phenylphenol (Dowicide 4), Chloro - 2 - Phenyl phenol (Dowicide 4), Chloro 2 - phenyl phenol (Dowicide 30), 2 - Aminothiazole, Chloroacetamide, Acrolein, Methyl vinyl ketone, Sodium cyanide, Crotonic acid.

فالواضح من الجداول السابقة أن هناك تغيرات حيوية تحدث فى الحبوب المخزونة مرتبطة بعملية التنفس. وهذه التغيرات تشمل الكربوإيدرات والدهون والبروتينات والسكريات المختزلة وحموضة الدهن. كذلك تأثرت حيوية الحبوب أثناء التخزين، وكانت أهم العوامل المؤثرة فى الحيوية هى نسبة الرطوبة ودرجة الحرارة ومدة التخزين وتكاثر الفطريات. ويستدل على فقدان الحيوية فى حبوب القمح بظهور اللون الداكن فى أجنة الحبوب التى يطلق عليها حينئذ الإسم sick wheat، كما أن حموضة الدهن ترتفع بشكل ملحوظ. ويمكن دراسة ارتفاع درجة حرارة الحبوب تلقائياً spontaneous heating بتأثير عملية التنفس إ باستخدام الجهاز respirometer المبين فى الشكل التالى، وهو يتكون من ترموستات خشبى معزول « A » وزجاجة ديورس Dewar flask سعة ربع جالون (D) توضع بداخلها عينة الحبوب المراد اختيارها ومقياس ضوء الحرارة النحاسى thermopile « T » ذى الأربع وعشرين نقطة إتصال نصفها فى عينة الحبوب والنصف الآخر معرض خارج زجاجة ديورس إلى هواء الحمام. فبارتفاع درجة حرارة الحبوب قليلاً يتكون فارق فى الجهد بين طرفى الثرموبيل مما يؤدى إلى سريان تيار كهربائى فى الجلفانومتر. وتعمل المرآة على تحويل شعاع الضوء المنعكس الصادر من مصدر الضوء فى الاتجاه X إلى لوح حساس متصل بمنظم الحرارة فى الصندوق R الذى يحدد درجة الحرارة فى حمام الهواء. وتعمل المروحة S والموتور M على دوران الهواء باستمرار.

ويمكن ملاحظة تأثير ارتفاع درجة حرارة الحبوب المخزونة تلقائياً على التركيب الكيميائى من البيانات المستخرجة من تجربة على حبوب فول الصويا المحتوية على ٢٢,٨ فى المائة رطوبة وهى مدونة فى الجدول التالى :

الأيام	درجة الحرارة ٥ م	البروتين الخام %	النتروجين غير البروتيني بالملليجرام في ١٠ جرام	السكريات بالملليجرام في ١٠ جرام: الكلية	غير مختزلة كسكروز	مختزلة كجلوكوز	السكريات المختزلة منسوبة للسكريات الكليه %	مستخلص الايثير منسوباً للوزن الجاف %	الحبوب الملوثة بالفطر %	الإنبات %
٠	٢٤,٤	٣٥,٤	٢٢,٤	٤٤٤	٤٠٠	٤٤	١٠,٠	٢١,١	٣	٩٣
٣	٢٩,٤	٣٥,٤	٢١,٢	٤١٠	٣٧٨	٣٢	٧,٨	١٩,٥	١	٧٣
٥	٣٧,١	٣٥,٨	٢١,٢	٥٠٤	٣٧٣	٣٢	٦,٩	٢٠,٢	١٦	٥٢
٧	٤٤,٤	٣٥,١	٢٢,٢	٣٧٨	٣٤٧	٣١	٨,١	٢٠,٢	١٧	٣٠
٨	٤٩,٣	٣٥,٢	٢٣,٦	٤٣٣	٣٨٢	٥١	١١,٨	٢٠,٣	٦٤	٠
١٠	٥٣,٧	٣٥,٤	٢٨,٢	٤١٧	٣٣٤	٨٣	١٩,٩	١٩,٤	٤٠	٠
١٢	٥٥,١	٣٥,٧	٣٤,٧	٤٩١	٢٤٥	٢٤٦	٥٠,١	١٥,٣	١٤	٠
١٣	٥٥,٢	٣٥,٨	٣٢,٤	٤٣٨	٢٥١	١٨٧	٤٢,٦	١٤,٩	١٣	٠
١٥	٥٩,٧	٣٦,١	٣٢,٣	٤٤٣	٢٢٦	٢١٧	٤٨,٩	١٣,٦	٩	٠
١٧	٦٧,٣	٣٦,٣	٣٥,٧	٤٣٢	١٧٢	٢٦٠	٦٠,٢	١٢,٠	٠	٠
١٩	٧٧,٠	٣٦,٦	٣٥,٠	٢٩١	٢٧	٢٦٤	٩٠,٨	١٠,٥	٠	٠

نمو الأحياء الدقيقة على الحبوب المخزونة :

توجد الأحياء الدقيقة على سطح الحبوب وفى داخلها أيضاً . ففى الحبوب من الداخل تنتشر بعض النباتات الرمية والطفيلية ، إذ تصاب بها الحبوب أثناء فترة النمو والنضج خصوصاً فى الجو الدافىء الرطب . ويمكن التعرف على إصابة الحبوب داخلياً بعدة طرق منها مشاهدة نمو هذه الكائنات الدقيقة فى الحبوب المصابة المطهر سطحها من الخارج عند تخزينها وهى رطبة أو عند وضعها فى بيئة محضرة معملياً ، وبمشاهدة تكرار الإصابة فى الأجزاء الخضرية الناتجة من إنبات الحبوب المصابة وبالفحص الميكروسكوبى لأنسجة الحبوب ، وبفحص الحبوب المتكرمشة والأجنة القاتمة اللون والمقصعة والأندوسبرم والبريكارب وهيفات الفطر . والطريقة الشائعة فى المعامل هى نقع الحبوب فى محلول كلوريد زئبقيك مطهر لمدة عشر دقائق بعدها تغسل الحبوب بماء معقم وتوضع فى بيئة آجار

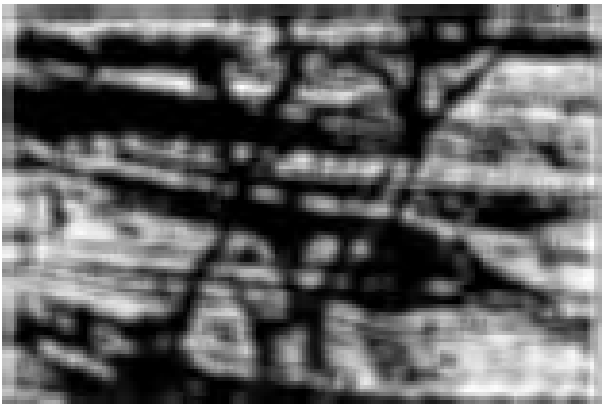
(شكل ١٣٧)

حبوب الزمير على بيئة اجار وتظهر الفطريات نامية فى عينة الحبوب اليسرى بينما خلت العينة اليمنى من الأحياء الدقيقة الداخلية

ومن الفطريات والبكتريا التى وجدت نامية فى بعض الحبوب ما يلى :

الفطريات	قمح	زمير	شعير	شليم	ذرة
Calonectria graminicola	+			+	
Celetotrichum graminicolum		+		+	
Diplodia macrospora					+
D. zeae					+
Fusarium spp.	+	+	+	+	+
Gibberella fujikuroi					+
G. zeas	+	+	+	+	+
Helminthosporium carbonum					+
H. gramineum			+		
H. sativum	+	+	+	+	
H. victoria		+			
Pyterophora avenae		+			
P. teres			+		
Siptoria avenae		+			
S. nodorum	+				
S. secalis					
S. tritici	+				
Ustilago avenae		+			
U. nuda			+		

البكتريا	قمح	زمير	شعير	شليم	ذرة
البكتريا :					
Bacteriurm stewartii					+
Pseudomonas coronafaciens		+			
Ps. striafaciens		+			
Xanthomonas translucens	+		+	+	



(شكل ١٤٨)

ميسيليوم الفطر على السطح الداخلى للبريكاب فى حبوب القمح

ومن الفطريات التي وجدت على سطح حبوب القمح ما يلي :

Acrostalagmus cinnabarinus	Hormodendrum pallidum
Alternaria tenuis	H. viride
Aspergillus glaucus	Mucor circinelloides
Aspergillus candidus	M. racemosus
A. flavus	Paecilomyces varioti
A. fumigatus	Penicillium chrysogenum
A. niger	P. flavi–dorsum
A. oryzae	P. frequentans
A. versicolor	P. purpurogenum
Cephalosporium spp.	P. rugulosum
C. curtipes	P. spinulosum
Cephalotheoinm roseum	P. terrestre
Fusarium culmorum	Rhizopus spp.
F. poae	Scopulariopsis spp.
F. scirpi var. acuminatum	S. brevicaule
F. semitectum var. major	Septoria nodorum
Helminthosporium sativum	Trichederma lignorum

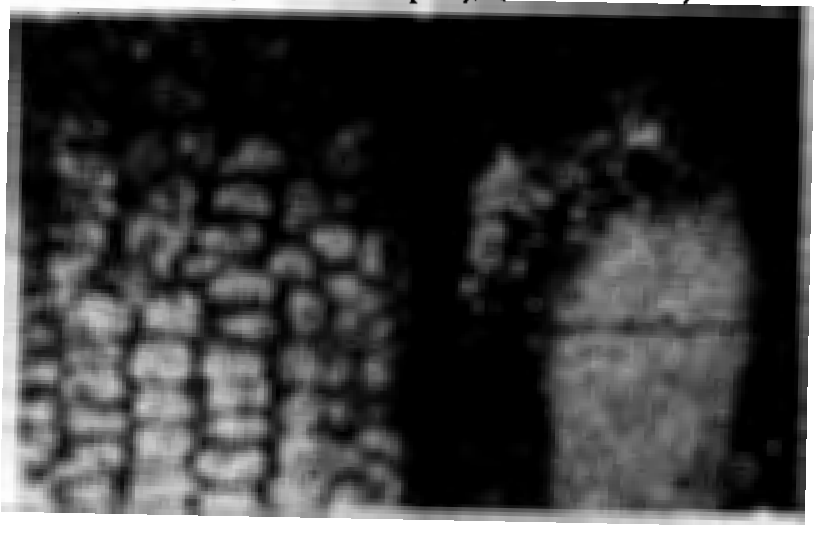
ومن الفطريات والخمائر التي وجدت على الحبوب المخزونة ما يلي :

Candida albicans	C. pseudotropicalis
C. humicola	Oospora sp.
C. krusei	O. abortifaciens
O. aegeritoides	Chromosporium maydis
O. variabilis	Fusidium griseum
O. verticillioides	Geotrichum candidum
Monilia sitophila	Trichosporium maydis
Species of Rhinotrichum	Species of sporotrichum
Species of Toruls	Species of Torulopsis

ويوجد على الحبوب أيضاً خميرة التخمر مثل :

Saccharomyces cervisiae var. ellipsoideus و S. pastorianus كما توجد

خمائر وحشية لاتحدث التخمر مثل Pullularia (Dematium) .Hansenula (Villia) anomala Gryptococcus (Torula) sanguinea, Mycoderma cerevisiae, pullulans Candida valgaris (Momilia candida) Pichia sp., C. pulcherrima, C. utilis Geotrichum candidum, Trichosp-nron variable (Monilia variapilis), (Oidium lactis).

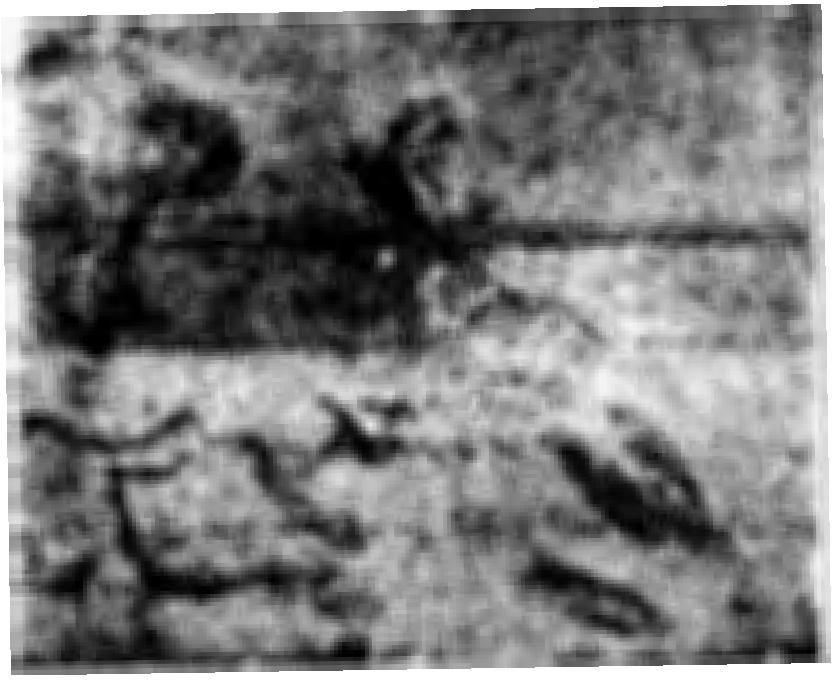


(شكل ١٤٩)
نمو أسبرجلس جلوس على كوز الذرة

وقد أمكن تمييز عدد كبير من البكتريا النامية على الحبوب وفى منتجاتها ومن أمثلتها ما يلى :

Pseudomonas	maidis	Acetobacter	rancens
,,	fluorescens	,,	oxydans
Micrococcus	pulcher	Pedicoccus	acidi lactici
,,	zeae	..	lindneri

Sarcmaxima	Streptoccus lactis
Lactobacillus caneus	Aerobacter aerogenes
„ xylosus	„ cloacae
Escherichia coli	Sarratia marcecens
Proteus mirabilis	Paracolobactrum aeroginoides
„ vulgaris	„ coliforme
Bacterium crenatum	Bacillus cereus
„ esterificans fluorescens	„ cylindricus
Chlostridium roseum	Chlostribium viscifaciens



شكل (١٥٠)

بعض الجراثيم والميسليوم والهيفات لفطريات توجد عادة فى الحبوب أو على سطحها

A – Aspergillus B – Penicillium C – Rhizopus D – Alternaria
E – Helminthosporium

ومن الأحياء الدقيقة التى أمكن تميزها فى الحبوب المخزونة ما يلى :

Actinomyces graminis, Streptomyces albus, Actinomyces albido fuscus, Actinomyces globisporus, Actinomyces cinereus niger aromaticus, Actiomyces griseus Actinomyces violaceus·

ويمكن فحص محتويات الدقيق المخزون من الأحياء الدقيقة بتقليب وزن معين من الدقيق فى الماء المعقم أو فى محلول ملحى فسيولوجى saline ثم يخفف المعلق ويضاف إلى بيئة الأجار أو الجيلاتين .

ويقاوم نشاط وتكاثر الأحياء الدقيقة بطرق متعددة تؤدى إلى التحكم فى درجة الحرارة ونسبة الرطوبة والتهوية والحموضة ، كما قد تستخدم بعض الكيماويات السامة .