أساسيات الصناعات الغذائية

كلية الـهندســة الزراعية

السنة الثالثة

الفصل الأول

أساسيات الصناعات الغذائية

الجـزء النـظري

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

منشورات جامعة حلب

كلية الهندسة الزراعية

أساسيات الصناعات الغذائية

الدكتور
عادل محيو
أستاذ في قسم علوم الأغذية

الدكتور
محمود دهان
أستاذ في قسم علوم الأغذية

لطلاب السنة الثالثة

مديرية الكتب والمطبوعات

١٤٣٦ هـ - ٢٠١٥ م

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

فهرس المحتويات

الصفحة

الباب الأول: أساسيات علم الغذاء

الفصل الأول

تعريف وآفاق علم الغذاء..... 7

الفصل الثاني

مكونات الأغذية وأهميتها الغذائية والتصنيعية 13

الفصل الثالث

عوامل جودة الأغذية ومراقبتها..... 43

الفصل الرابع

فساد الأغذية..... 47

الباب الثاني: أساسيات الصناعات الغذائية الحفظية

الفصل الأول

حفظ المواد الغذائية بالتعليب..... 59

الفصل الثاني

حفظ الأغذية بدرجات الحرارة العالية..... 89

الفصل الثالث

حفظ الأغذية بالتجفيف..... 93

الفصل الرابع

حفظ الأغذية بدرجات الحرارة المنخفضة..... 105

الفصل الخامس

حفظ الأغذية بالمواد الكيميائية..... 129

الفصل السادس

حفظ الأغذية بالإشعاع..... 139

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

الباب الثالث: الصناعات الغذائية بالأحياء الرفيفة

الفصل الأول

أساسيات تقانة صناعة البيرة..... 145

الفصل الثاني

أساسيات صناعة الكحول..... 153

الفصل الثالث

أساسيات صناعة الخل..... 155

الفصل الرابع

أساسيات إنتاج حمض الليمون..... 171

الباب الرابع: أساسيات الصناعات الغذائية التحويلية

الفصل الأول

أساسيات تقانة صناعة السكر..... 173

الفصل الثاني

أساسيات تقانة الزيوت والدهون..... 181

الفصل الثالث

تقانة الطحن والخبيز والمعكرونة..... 217

الفصل الرابع

أساسيات تقانة الألبان..... 233

الفصل الخامس

أساسيات تقانة اللحوم..... 251

المراجع العربية..... 259

المراجع الأجنبية..... 260

UNIVERSITY OF ALEPPO

الباب الأول

أساسيات علم الغذاء

الفصل الأول

تعريف وآفاق علم الغذاء

١- مقدمة:

تُعد مشكلة توفير الغذاء كماً ونوعاً من أعقد المشاكل في العالم، حيث يموت الملايين سنوياً بسبب الجوع وأمراض سوء التغذية، وبالرغم من السعي الحثيث للتوسع في زراعة الأرض وانتشار الدراسات حول الاستغلال الأمثل لها من حيث الإنتاجية كماً ونوعاً، إلا أن التزايد السكاني في العالم قد فاقت متطلباته من الغذاء المنتج فعلاً، فضلاً عن سنوات الجفاف التي قد تزايدت في السنوات الأخيرة في كثير من بلاد العالم وخاصة في أفريقيا، حيث الجهل والمرض والفقر، ويزيد في الأمر سوءاً أن البلاد ذات الإنتاج الزراعي المتقدم تحتكر الغذاء وتستخدمه أداة لابتزاز الشعوب، كما أن العشوائية في الإنتاج الزراعي الغذائي والجهل النسبي في أمور التعامل مع الغذاء المنتج في البلاد النامية من حيث مكافحة الأمراض وتداول وحفظ الغذاء وتصنيع الأغذية، واستخدام المواد الكيميائية في تحضير الكثير من الوجبات الغذائية قد فاقم المشكلة، لذلك فإن المهمات الملقاة على عاتق علماء الزراعة بشكل عام وعلماء الأغذية بشكل خاص هي مهمات شاقة ومعقدة يتوقف مستقبل حياة الملايين من البشر على النجاح في حلها.

٢- تعريف وآفاق علم الغذاء :

يهتم علم الغذاء Food science بكل ما يتعلق بالمادة الغذائية بدءاً من إنتاجها مروراً بنقلها وتداولها وحفظها وتصنيعها وأسلوب استهلاكها وحتى ما بعد ذلك من

حيث هضمها وتمثيلها وتحديد قيمتها الغذائية وما تؤديه من وظائف في الجسم، ولقد تطور هذا العلم في السنوات الأخيرة لاحقاً بركب التقدم العلمي الهائل بشكل عام ليتفرع إلى علم الكيمياء وتحليل الأغذية Food chemistry and Analysis وتقنيات حفظ وتصنيع الغذاء Food technology and Processing والأحياء الدقيقة في الأغذية Food Microbiology وفساد الأغذية والتسممات الغذائية Food Spoilage and Poisoning وتغذية الإنسان Human Nutrition وهندسة مصانع الأغذية Enginering Of Food Factories واقتصاديات الإنتاج والتسويق Economic Of Production and marketing.

إن علم الغذاء هو التطبيق العملي للنظريات والحقائق العلمية للعلوم الأساسية كعلم الكيمياء والفيزياء والأحياء الدقيقة والعلوم الحياتية والرياضيات، فمثلاً يعتمد تصميم أجهزة التبريد والتجميد التي هي الأداة الرئيسة في حفظ الأغذية على علم الفيزياء من حيث معرفة الخواص الفيزيائية للغازات المبردة ومدى قدرتها على امتصاص الحرارة عند التمدد ومدى سميتها وقابليتها للانفجار أو الاحتراق، ومن حيث تصميم المحرك لهذه الأجهزة الذي يعتمد على علم الحركة، وكذلك يقتضي استخدام المجففات الحرارية معرفة الرطوبة النسبية وكيفية التحكم بها وسرعة الهواء ودرجة الحرارة، كما أن استخدام الآلات وأدوات التصنيع التي تتلامس مع الأغذية في المراحل المختلفة يقتضي ضرورة معرفة الخواص الكيميائية للمعادن التي تصنع منها هذه الآلات ومدى تفاعلها مع المادة الغذائية، كما أن الاعتماد على العلوم الحيوية وخاصة علم الأحياء الدقيقة والأنزيمات يساعد جداً في إمكانية تحسين مواصفات الغذاء ومنع فساده.

يمكن علم الغذاء من يحيط به من اختيار أنسب الخامات الغذائية وتفهم العمليات التصنيعية للأغذية المختلفة وكيفية التغلب على العقبات والمشاكل التي تعترضه، وتحديد أسباب التغيرات التي تطرأ على مكونات الغذاء وخواصه وقيمته، فيستغل الإيجابي منها ويعمل على استبعاد السلبي، كما يمكنه أيضاً من استنباط منتجات جديدة وطرق محسنة لجودة الغذاء.

٣- بعض انجازات علم الغذاء :

بفضل التقدم العلمي والتطور والتوسع في أبحاث إنتاج الغذاء وحفظه أمكن توفير معظم الفاكهة والخضر طازجة على مدار العام بالاعتماد على نتائج الأبحاث المنجزة لتحسين ظروف التخزين بالتبريد، وبفضل تقدم علم كيمياء وتحليل الأغذية أمكن تحديد مكونات الأغذية ونسبتها حتى التي توجد بنسبة بسيطة منها، وامتدت إمكانية الاستفادة من مصادر زراعية لم تكن إلى عهد قريب مستخدمة في تغذية الإنسان مثل كسبة فول الصويا والبروتينات المستخلصة التي تحضر منها أطباق غذائية عديدة كاللحوم الصناعية، كما أمكن التطور في علم الغذاء من إنجاح رحلات رواد الفضاء بتحضير أغذية مركزة غنية بعناصرها المغذية والملائمة لشروط انعدام الوزن، ومن أمثلة ذلك أيضاً تطور الأبحاث الخاصة بإنماء بعض أنواع الخميرة والأحياء الدقيقة الأخرى على مخلفات صناعة البترول واستخلاص مواد غذائية منها، واستعمال الأشعة تحت الحمراء في طهي وتسخين الأغذية وحفظها لفترة زمنية طويلة باستخدام أشعة غاما، واعتنى علم الغذاء بتحضير الوجبات الخاصة بالمرضى وأغذية الحمية، ومن الإنجازات الهامة استغلال علم الفيزياء في تطبيق طريقة التجفيف بالتجميد والتسامي (التجفيد) ذات الميزات الباهرة بالمقارنة بطرق التجفيف الشمسي والحراري، حيث يحافظ المنتج على معظم خواص وصفات الغذاء الطازج بعد إعادته بالتشرب إلى الوضع الرطب، فلا تغير يذكر في اللون والحجم والطعم والنكهة والقيمة الغذائية عن المادة الطازجة، واستغلت التقنيات الكهربائية لتسهيل عمليات الإنتاج آلياً بمراقبة عداد الكتروني، والأمثلة على ذلك كثيرة يصعب حصرها في هذا المجال.

٤- أقسام الصناعات الغذائية:

تقسم الصناعات الغذائية حسب الغرض منها إلى:

أ- صناعات غذائية حفظية: وهي الصناعات التي لا تغيراً جوهرياً في طبيعة المادة وقوامها، والهدف الأساسي منها هو حفظ الغذاء سليماً صالحاً للاستهلاك مثل صناعة التعليب والتبريد والتجميد والتجفيف العادي والتجفيد والحفظ بالإشعاع وبالتدخين والتمليح والتخليل.

ب- صناعات غذائية تحويلية: وهي الصناعات التي يحدث في خاماتها الأولية تغير جوهري واضح في القوام والشكل وطبيعة المنتج التي لا تشابه الخامة الأولية مثل صناعة السكر من قصب السكر والشوندر السكري وصناعة الزيوت من البذور الزيتية مثل زيت الزيتون وزيت بذرة القطن وزيت عباد الشمس وزيت الصويا وغيرها، وصناعة الجبن والألبان المتخمرة وصناعة المعجنات والشوكولاته والمربيات.

ج- صناعات غذائية ميكروبيولوجية: مثل صناعة حمض الخل وحمض الليمون والمشروبات الكحولية وإنتاج الخميرة.

كما يمكن أن تقسم الصناعات الغذائية حسب حجم الإنتاج وتعقيدات تقنياته إلى:

أ - صناعات غذائية صغرى: وفيها تستخدم عادة آليات بسيطة وعدد قليل من العمال لا يتجاوز البضع ويكون حجم الإنتاج قليلاً نسبياً مثل صناعة بعض المعجنات وصناعة التخليل والتجفيف الشمسي للتين وعصير المشمش (قمر الدين) ...الخ

ب- صناعات غذائية كبرى: وفيها تستخدم آليات ومعدات كثيرة ومعقدة وتقنيات متقدمة وعدد كبير نسبياً من العمال ويكون حجم الإنتاج كبيراً يغطي احتياجات شريحة كبيرة نسبياً من المستهلكين مثل صناعة الطحين والمخابز الآلية الكبيرة ومعامل صناعة السكر ومعامل صناعة التعليب والمجففات الصناعية ...الخ.

٥- نبذة مختصرة عن الصناعة الغذائية في الجمهورية العربية السورية:

حظيت الصناعة الغذائية في سوريا في السنوات الأخيرة بتقدم ملحوظ من حيث توسع مشاريعها عدداً ونوعاً، وخاصة مشاريع القطاع الخاص، وتعددت هيئات القطاع العام المهتمة بالصناعات الغذائية، فأنشأت جهات حكومية مسؤولة عن كل قطاع منها مثل المؤسسة العامة للصناعات الغذائية التي تتبعها شركات التعليب والألبان والبسكويت والخميرة وغيرها، والمؤسسة العامة للسكر التي تتبعها جميع مصانع السكر في دير الزور ومسكنة وجسر الشغور وحمص..، والمؤسسة العامة للمطاحن والمخابز، وأنيطت بهذه المؤسسات مهمة تطوير الصناعات القائمة والتوسع فيها بإقامة مصانع جديدة، وافتتاح صناعات جديدة لم تكن موجودة في القطر مثل صناعة حمض الليمون، وافتتحت معاهد متوسطة للصناعات الغذائية لإعداد الكوادر الفنية، وتم

استحداث شعب متخصصة في علوم الأغذية بكليات الزراعة، وكلية الهندسة التقنية بحلب، وكلية الهندسة الغذائية والبترولية بحمص، وقد رصدت لهذه المشروعات مبالغ كبيرة للتمكن من النهوض بهذه الصناعة التي تتعلق بأهم متطلبات الحياة وبصحة الإنسان الغذائية، وقد احتلت الصناعة الغذائية في القطر المرتبة الأولى من حيث القيمة التي يشغلها قطاع الصناعات التحويلية.

٦- بعض العقبات التي تعيق تطوير الصناعة الغذائية في القطر العربي السوري:

على الرغم من وجود إمكانيات جيدة للتوسع في إنتاج المادة الغذائية الأولية للصناعة الغذائية، وتوفر الرغبة لدى القطاع العام والخاص في تطوير هذه الصناعة وتقدمها، إلا أنه ما تزال هناك بعض الأمور التي يمكن أن تشكل عثرة في وجه هذا التقدم ومن أهمها:

١- غياب أو قصور في الوعي الغذائي لدى المستهلك وخاصة في الأرياف حيث تجد الغالبية العظمى تعتمد على تحضير الوجبة الغذائية بطرق بدائية تستغرق وقتاً وجهداً، مما يحد من إمكانية تسويق المنتجات المصنعة.

٢- ارتفاع أسعار المنتجات الزراعية الغذائية من خضار وفواكه ولحوم وألبان التي تعتبر المادة الأساسية الخام للصناعة الغذائية وتذبذب هذه الأسعار مما يربك الصناعة الغذائية، ويرفع تكاليف التصنيع.

٣- غياب تخطيط شامل لعملية الإنتاج الزراعي الغذائي والتصنيع الغذائي بحصر المنتجات التي يتميز القطر في إنتاجها وتحديد الأماكن الأصلح لزراعتها ومعاملاتها الزراعية المختلفة والتقصير النسبي في السعي لتحسين مواصفاتها، وتحسين مواصفات المنتجات الحيوانية بما يتلاءم مع متطلبات التصنيع والمواصفات الجيدة للمنتج المصنع.

٤- ندرة اليد العاملة الفنية المدربة في كل مجال من هذه الصناعات ونقص في الخبرات الفنية العالية والاعتماد على اليد العاملة العادية التي لا تمتلك أقل مقومات الخبرة.

٥- التخزين السيئ للمنتجات الغذائية الزراعية الأولية والإهمال في إيصال هذه المنتجات إلى المصانع بحالتها الجيدة وكذلك التقصير في عمليات تخزين المصنعات الغذائية الجاهزة.

٦- ارتفاع أسعار مواد التعبئة المستخدمة في الصناعة الغذائية لاستيراد معظمها من الخارج.
٧- التقصير في الرقابة على تطبيق التشريعات الغذائية، وقصور الكثير منها عن الإحاطة الكاملة بأساليب الغش والتلاعب وقصورها عن تحديد مواصفات دقيقة لمكونات الناتج النهائي.

٧- أهمية الصناعة الغذائية وتطويرها:

بالرغم من أن الكثير من العمليات التي يتعرض لها الغذاء أثناء مراحل تصنيعه تسيء نسبياً إلى بعض عوامل جودته، فتغير من لونه أو طعمه أو رائحته أو قوامه أو قيمته الغذائية، إضافة إلى أن الكثير من المستهلكين يفضلون الغذاء الطازج، إلا أن المهتمين بالصناعة الغذائية مجمعون على أنها أمر لابد منه، ويجب أن لا تخلو استراتيجية أي بلد من الاهتمام لهذه الصناعة لأنها:

١) تحقق الأمن الغذائي بتأمينها مخزوناً استرتيجياً من الأغذية المصنعة الجاهزة للاستخدام في كل حين وتحت مختلف الظروف.
٢) تعمل على توازن أسعار المنتجات الزراعية الغذائية في مواسم إنتاجها الغزير.
٣) تفتح نافذة لتصدير الفائض منها إلى البلدان الأخرى لقابليتها للحفظ والنقل والتداول وبذلك توفر المزيد من النقد الأجنبي وتساهم في دعم اقتصاد البلاد.
٤) تحول الكثير من المحاصيل الزراعية وبعض مخلفاتها الثانوية من سلعة غير مناسبة لتغذية الإنسان إلى مادة مستساغة ذات قيمة غذائية جيدة والتي تشمل الصناعات الغذائية التحويلية (مثل صناعة السكر من الشوندر – صناعة الخبيز _ استخدام بروتينات الصويا في تحضير الكثير من الأغذية أهمها اللحوم الصناعية وحليب الصويا_ صناعة الجيلاتين...الخ)

تقدم أصنافاً متنوعة من الأغذية بمختلف الطعوم والنكهات والأشكال والأوان التي تروق المستهلك.

الفصل الثاني

مكونات الأغذية وخواصها وأهميتها الغذائية

١- مقدمة:

لا بدّ لكل من يهتم بعلم الغذاء أن يلم جيداً بمكونات وتركيب المواد الغذائية، وخواصها وأهميتها الغذائية ومتطلبات الإنسان من كل منها لكي يتمكن من الحكم على قيمتها الغذائية وما توفره من العناصر المغذية، وكذلك عليه أن يلم بمدى تأثرها بالمعاملات المختلفة أثناء التداول والتصنيع والحفظ فيستغل المؤثرات الإيجابية ويستبعد السلبية. وبما أن مكونات الغذاء هي التي تكسبه قوامه ونكهته ولونه وقيمته الغذائية فإنها تحدد درجة جودته. ويعتبر الإلمام بمكونات الأغذية وخواصها والتغيرات التي تطرأ عليها حجر الأساس في علم الأغذية.

٢- مكونات الأغذية وخواصها وأهميتها الغذائية والتصنيعية:

لا شك أن الأغذية تختلف في مكوناتها باختلاف أنواعها ومصادرها ومعاملاتها التصنيعية وأساليب تداولها وحفظها. إلا أنه بشكل عام يمكن أن تقسم حسب نسب مكوناتها إلى:

٢-١- مكونات رئيسة (كبرى) توجد عادة بنسب عالية وملحوظة وتشمل الماء والكربوهيدرات والبروتينات والدهون.

٢-٢- مكونات صغرى (ثانوي) توجد عادة بنسب بسيطة أو ضئيلة وتشمل الفيتامينات والأنزيمات والأملاح والأحماض العضوية والملونات ومواد الاستحلاب ومكونات الطعم والنكهة ومضادات الأكسدة والمؤكسدات وغيرها.

ولا بد من الإشارة إلى أنه في هذا المقرر لا نبحث في التركيب الكيميائي المفصل لهذه المكونات لورودها في مقرر الكيمياء الحيوية. ولكن نوجه نحو أهميتها الغذائية والتصنيعية فقط.

٢-١- المكونات الرئيسة في الأغذية:

٢-١-١: الماء Water: تختلف نسبة الماء في الأغذية باختلاف أنواعها ومصادرها وحالتها الطازجة أو المصنعة أو المخزنة، وتتراوح هذه النسبة في الخضار والفاكهة والحليب و اللحوم ما بين ٥٥ - ٩٥% وتشكل نسبة أقل من ذلك في معظم الأغذية الأخرى، والماء يوجد في الأغذية بثلاث حالات:

- الماء الحر: كما في ماء معظم العصائر، ويشكل الجزء الأكبر من ماء المادة الغذائية عادة، تؤثر نسبته في قابلية المادة الغذائية للفساد حيث تنخفض قابليتها للحفظ بارتفاع نسبته التي تتيح للأحياء الدقيقة والأنزيمات المحللة مجالاً أوسع للنشاط، ويكون لقيمة النشاط المائي A.W الدور الأساسي في قابلية المادة الغذائية للفساد، ويمكن التخلص من الماء الحر في الأغذية بسهولة عند رفع درجة الحرارة في فرن التجفيف إلى ١٠٥ درجة مئوية حتى ثبات الوزن.
- الماء المرتبط فيزيائياً : مثل ماء الغرويات والمستحلبات والهلاميات والماء الممتص على أسطح المواد المجففة والماء المرتبط بقوة الخاصية الشعرية بين المسامات والشعيرات الدقيقة، وتتراوح نسبته في مجال واسع من الحدود باختلاف طبيعة المنتج الغذائي، وفي مثل هذا الماء تنخفض الفعالية المائية وقابلية الأحياء الدقيقة للاستفادة منه بسبب الضغط الاسموزي العالي في الوسط وكذلك تنخفض فعالية الأنزيمات المحللة، ويمكن التخلص منه أيضاً بعملية التجفيف على حرارة ١٠٥ درجة مئوية حتى ثبات الوزن.
- الماء المرتبط كيميائياً: كماء التبلور في السكريات وبعض الأملاح والماء المرتبط بالجزيئات البروتينية أحياناً ولا تزيد نسبته عادة عن ٣% من الماء الكلي للمادة الغذائية، وليس لهذا الجزء من الماء أي فعالية مائية في نشاط الأحياء الدقيقة والأنزيمات ويصعب التخلص منه بطرق التجفيف العادية.

الماء من الناحية الغذائية والحيوية هو عامل الحياة الأول (وجعلنا من الماء كل شيء حي) فهو المكون الأول للخلية الحية، والوسط الذي تذوب فيه معظم العناصر المكونة للغذاء، والوسط الذي تجري فيه التفاعلات الكيميائية والحيوية والأنزيمية.

ولنسبة الماء في تركيب الغذاء أثر كبير في تحديد قوام المادة الغذائية فالحليب الطازج مثلاً سائل يتحول إلى قوام سميك لزج عند تركيزه بسحب نسبة من مائه، وإلى مسحوق عند تخلصه من معظم مائه بالتجفيف، وكذلك يلاحظ عند تجفيف العنب والمشمش وكثير من الأغذية ذوات القوام المتماسك الذي يتحول إلى قوام منكمش مجعد، وتعتبر عملية التجفيف أو تثبيط فعاليته بتحويله إلى بلورات ثلجية بالتجميد من الطرق الهامة في حفظ الأغذية، وقد تكون للزيادة البسيطة أحيانا في المحتوى المائي للمادة الغذائية أثراً فعالاً في ارتفاع قابليته للفساد مثل ارتفاع رطوبة حبوب القمح التي قد تؤدي إلى نشاط الفطريات، أو تجبل في قوام السكر أو الملح، ومن الوجهة النظرية يمكن أن يلعب الماء أحياناً دور عامل حفظ من الأكسدة إذا شكل طبقة جزيئية واحدة على سطح المادة الغذائية لمنع التفاعل بين أوكسجين الهواء والمكون السطحي لها.

٢-١-٢: الكربوهيدرات (مائيات الفحم) Carbohydrates: تتكون الكربوهيدرات أساساً من الكربون والهيدروجين والأوكسجين وتنتج أصلاً من عمليات التمثيل الضوئي في النباتات، وهي واسعة الانتشار في الطبيعة وتشكل الجزء الأكبر من المادة الجافة في الأغذية النباتية وتقل في الأغذية حيوانية المنشأ، وأهم أنواعها السكريات والنشا والبكتين والصموغ والسيللوز.. والهيمي سيللوز.

تلعب الكربوهيدرات دوراً هاماً في التغذية ووظائف الحياة، فهي المصدر الرئيسي للطاقة حيث يعطي الغرام الواحد منها عند أكسدته أكسدة كاملة طاقة قدرها ٤ كيلو كالوري، والبعض منها ذو أهمية كبيرة كسكر الرايبوز الذي يدخل في تركيب الأحماض النووية، كما تكون السكريات العديدة المادة الأساسية في الأنسجة الضامة، وتساعد الكربوهيدرات على أكسدة الدهون داخل الجسم خلال دورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل ووجودها بكمية كافية لاحتياجات الإنسان تساعد على توجيه البروتينات لوظائفها الأساسية الهامة في بناء العضلات والأنزيمات بدلاً من استخدامها كطاقة، وتفيد الألياف السيللوزية في تنشيط حركة الأمعاء ونمو الميكروفلورا المفيدة.

٢-١-٢-١: السكريات: هي أبسط الكربوهيدرات تركيباً، منها السكريات ثلاثية الكربون مثل الجليسرين وخماسية الكربون مثل الرايبوز، إلا أن أوسع السكريات

انتشاراً في الطبيعة هي السكريات سداسية الكربون أحادية الجزيء وأهمها الجلوكوز والفركتوز والجالاكتوز، وثنائية الجزيء وأهمها السكروز (سكر القصب) المكون من جزيء جلوكوز وآخر فركتوز والمالتوز (سكر الشعير) المكون من جزيئين من الجلوكوز، واللاكتوز (سكر اللبن) المكون من جزيء جلوكوز وآخر جالاكتوز، كما يتبع لهذه المجموعة أيضاً الديكسترينات التي هي مركبات وسطية تتكون من ارتباط عدد من جزيئات السكريات الأحادية قد يفوق العشرة وهي ذات خواص مختلفة نسبياً عن السكريات الأحادية والثنائية، كما يتواجد في أوراق ودرنات بعض النباتات والبقوليات سكر الرافينوز المكون من ثلاث جزيئات هي على الترتيب الجالاكتوز والجلوكوز والفركتوز.

تتلخص أهمية السكريات في التغذية والصناعة الغذائية في النقاط التالية:

١- المصدر الأول والأنسب استخداماً للطاقة الحيوية في الجسم لبساطة تركيبها وسهولة هضمها وتمثيلها.

٢- تعتبر مكوناً رئيساً في تحضير الكثير من المنتجات الغذائية كالحلويات والسكاكر والشوكولا والمربيات والشرابات وغيرها، بسبب طعمها الحلو المفضل لدى شريحة واسعة من المستهلكين وخاصة الأطفال، وتختلف في درجة حلاوتها، فباعتبار درجة حلاوة السكروز ١٠٠، تكون درجة حلاوة الفركتوز ١٧٣ والجلوكوز ٧٤ والمالتوز والجالاكتوز ٣٢ واللاكتوز ١٦، وناتج تحلل السكروز (السكر المحول) ١٣٠.

٣- ذوابة في الماء ومحاليلها ذات قوام لزج يزداد لزوجة بارتفاع نسبتها في المحلول، وتتبلور عند تبخر الماء من محلولها المركز، والثنائية منها أسرع وأسهل تبلوراً من الأحادية.

٤- تتخمر محاليلها ذات التراكيز المنخفضة نسبياً بسهولة وتتحول إلى كحول ايتيلي أو إلى أحماض عضوية بوساطة الأنزيمات المحللة لها المنتجة غالباً من قبل الأحياء الدقيقة، لكن محاليلها المركزة ذات مقاومة جيدة للتحلل والفساد بسبب الضغط الاسموزي العالي في الوسط الذي لا يتيح للأحياء الدقيقة والأنزيمات

النمو والنشاط فيه، لذلك تعتبر المحاليل المركزة للسكريات وسط حفظ للأغذية مثل المربيات والشرابات والهلاميات.

٥- تتفاعل السكريات الأحادية والثنائية (عدا السكروز) مع الأحماض الآمينية الحرة لاحتوائها على مجموعة مختزلة الدهيدية أو كيتونية حسب تفاعل ميلارد (الاسمرار اللاأنزيمي) مشكلة مركباً معقداً ذا لون بني غالباً ما يسيء إلى خواص ونكهة بعض الأغذية كما في الحليب المعقم .

٦- تستغل خاصية تكرمل السكريات بالتسخين وتحولها إلى لون بني غامق في الصناعة الغذائية مثل صناعة الكراميلا وفي تلوين بعض الأغذية مثل المياه الغازية ومحاليل بعض المواد التي تتأثر بالضوء مثل فيتامين الرايبوفلافين (B_2).

٢-١-٢-٢: النشا Starch: يشكل النشا الجزء الأكبر من المادة الجافة في الأغذية النباتية، وخاصة في الحبوب النجيلية والبطاطا، ويختلف حجم وحبيبات النشا حسب المصدر، ويتكون أساساً من خليط من الأميلوز والأميلو بكتين بنسب تتفاوت حسب مصدره، حيث يشكل الأميلوز غالباً ٢٥% من النشا الكلي ويتكون من حوالي ٢٥٠- ٥٠٠ جزيء جلوكوز مرتبطة مع بعضها بروابط جليكوزيدية بالوضع ألفا ١-٤ متخذاً شكلاً حلزونياً غير متفرع، أما الأميلو بكتين فيتكون من آلاف الجزيئات من الجلوكوز المرتبطة مع بعضها برابطة رئيسية بالوضع ألفا ١-٤ أيضاً، لكن بعد كل حوالي ٢٥-٣٠ جزيء جلوكوز يوجد تفرع للجلوكوز بالرابطة ألفا ١-٦، وتلتف نهايات الفروع بشكل حلزوني كما في الأميلوز، أما في الأغذية الحيوانية فيوجد النشا الحيواني الذي يطلق عليه اسم الجلايكوجين Glycogen الذي يتركز في الكبد والعضلات ويشبه في تركيبه الأميلوبكتين، إلا أن تفرعاته كثيرة بحيث يوجد تفرع بعد كل حوالي ٨-١٠ جزيئات جلوكوز، ومن أهم خواص النشا المتعلقة بالصناعة الغذائية:

١- النشا مادة عديمة الطعم، يمكن أن تظهر بعض الحلاوة إذا تحلل جزء منه إلى ديكسترينات وسكريات حيث يتحلل مائياً بواسطة أنزيمات ألفا وبيتا أميليز إلى سكريات ثنائية وديكسترينات تستخدم غالباً كمرحلة أولية في إنتاج الجلوكوز والتخمرات الكحولية وإنتاج بعض الأحماض.

٢- لا يذوب النشا في الماء البارد لكن حبيباته تنتفخ وتتشرب الماء الساخن ثم تنفجر مكسبة المحلول لزوجة عالية لتشكل بعد التبريد قواماً هلامياً يدعى الهلام النشوي، وتؤثر نسبة السكر والحمض في خواص هذا الهلام، ويؤدي التجميد إلى سيولة القوام مرة أخرى مما يسبب عيوباً في الأغذية المعتمدة على الخاصية الهلامية.

٣- يستعمل النشا في الصناعة الغذائية لزيادة سماكة ولزوجة الأغذية، وكمادة أولية للحصول على السكريات والديكسترينات المستخدمة غالباً في صناعة الحلويات ومنتجات الألبان وفي إنتاج الكحولات والأحماض ومواد اللصق.

٢-١-٢-٣- البكتين Bectin: يتكون البكتين أساساً من سلاسل طويلة لمشتقات السكريات الأحادية كحمض الجلاكيتورونيك المرتبطة مع بعضها بالرابطة ألفا ١-٤ وتتشبع معظم مجموعاتها الكربوكسيلية بالكحول الميثيلي، وهو مادة شائعة الوجود في الفاكهة والخضروات وخاصة في قشور التفاح والحمضيات، وأهم خواصه المتعلقة بالصناعة الغذائية:

١- البكتين ذو قوام صمغي يستعمل لوحده أو مع مواد أخرى كالصمغ العربي أو الآجار أو الجيلاتين أو الألجينات لتثبيت قوام الأغذية وزيادة لزوجتها.

٢- يذوب البكتين في الماء، وخاصة في الماء الساخن، ولا يذوب في الكحول الايثيلي، وتتخذ هذه الخاصية أساساً لفصله من قشور التفاح وقشور الحمضيات.

٣- يشكل البكتين محلولاً غروياً في الماء الساخن وبوجود مقدار مناسب من السكر والحمض يتكون الهلام بعد التبريد، كما في صناعة المرملاد والمربيات.

٤- يشارك البكتين في اكساب الغذاء قوامه ويزيد في سماكة ولزوجة مركزات العصائر، كمركز عصير البندورة (دبس البندورة) ويثبت قوام عصير البرتقال بمنع ترسب المواد المرغوبة المعلقة فيه لامتلاكه شحنة سالبة.

٥- يتحلل البكتين بالأنزيمات البكتينية، مما يؤثر في قوام الأغذية ويجعلها تميل إلى الليونة والرخاوة، ويجعل العصائر تفقد قوامها اللزج الكثيف بسبب ترسب معلقاتها الغروية حيث تعتبر هذه الظاهرة سلبية في معظم الحالات، كما في ترسيب عصير الحمضيات ذات الطعم المرغوب وأحياناً ايجابية، كما في حالة ترسب معلقات عصير التفاح غير الناضج ذات الطعم القابض.

٢-١-٢-٤: السيللوز: يتكون السيللوز من سلاسل طويلة مستقيمة من آلاف جزيئات سكر الجلوكوز المرتبطة مع بعضها بالرابطة بيتا ١-٤، حيث ترتبط السلاسل مع بعضها بروابط هيدروجينية تشكل حزماً متينة على شكل ألياف كما في ألياف القطن، والسيليلوز من أكثر المواد العضوية وجوداً في النباتات وأهم خواصه:

١- يدخل السيليلوز كمركب دعامة في قوام الخضار والفواكه، وعند تجميدها تتكسر أليافه نتيجة تكون البلورات الثلجية داخلها، فتسبب تخرب قوام الفاكهة والخضار وسرعة تلفها.

٢- لا يذوب السيليلوز في الماء البارد ولا في الماء الساخن وهو مقاوم للتحلل بواسطة محاليل الأحماض أو القلويات الضعيفة خاصة.

٣- لا يمكن للإنسان هضمه لصعوبة تفكك الرابطة بيتا، لكن الحيوانات المجترة قد تستفيد منه جزئياً بتأثير أنزيمات بكتريا الكرش.

٤- يكسب وجود السيليلوز أغلفة وقشور بعض الأغذية ملمساً خشناً، كما في قشور المكسرات وأغلفة الحبوب وقشور الحمضيات.

٥- يساعد وجود السيليلوز بالغذاء في سرعة التخلص من الفضلات بتنشيطه لحركة الأمعاء.

تلحق بمجموعة الكربوهيدرات أيضاً السكريات العديدة مثل الآجار الذي يستخرج من بعض الطحالب البحرية، والصمغ العربي الذي تفرزه الأشجار اللوزية وأشجار الفستق الحلبي ولهذين المركبين أهمية صناعية، كما ينسب إلى هذه المجموعة الهيمي سيليلوز حيث يدخل في تركيب جدر الخلايا النباتية والمكون من سلاسل سكريات خماسية أهمها زايلوزD مرتبطة مع بعضها بروابط بيتا ١-٤ ومتصلة جانبياً بسكريات أخرى مثل الأرابينوز، والكيتين Chitin الذي يوجد في الفطريات وقواقع الحيوانات وغطاء جسم الحشرات، والميكوبوليسيكرات Mycopolysaccharids التي يدخل في تركيبها الهكسوز – أمين (الجلوكوز-أمين) وحمض جلوكيورونيك ومن أمثلتها الهيبارين الذي يوجد في الكبد والرئتين والدم وتتركز أهميته في أنه مادة مانعة لتجلط الدم، وحمض الهيالورونيك الذي يكون المادة الأساسية التي تربط مكونات الأنسجة الضامة الحيوانية والسائل المفصلي الذي يسهل عملية الانزلاق، كما يمكن أن

تلحق بهذه المجموعة الجلايكوبروتينات والجلايكوليبيدات التي هي سكريات عديدة، الأولى مرتبطة بالبروتينات والثانية بالدهنيات ولها أهمية كبيرة في بناء جدر الخلايا الحيوانية والأحياء الدقيقة وفي تمييز أسطح الخلايا وأنواع الزمر الدموية.

٢-١-٣: البروتينات Proteins: الوحدة البنائية الأولى للبروتينات هي الأحماض الآمينية التي ترتبط مع بعضها بالرابطة الببتيدية لتكون جزيء البروتين كما يلي:

$$NH_2 - R1 - COOH + HNH - R_2 - COOH \longrightarrow NH_2 - R_1 - CONH - R_2 - COOH + H_2O$$

الرابطة الببتيدية

تتكون البروتينات أساساً من الآزوت والكربون والهيدروجين والأوكسجين، ويدخل في تركيبها أحياناً الفوسفور والكبريت والكالسيوم، وتختلف في محتواها من الأحماض الآمينية كماً ونوعاً، كما تختلف في ترتيب اتصال أحماضها مع بعضها في السلاسل الببتيدية (التركيب الأولي للبروتينات) وكذلك في أشكال هذه السلاسل وتجمعها (التركيب الثانوي والثالثي...).

تعتبر البروتينات ذات أهمية حيوية كبيرة، وهذا يتضح من خلال اسمها اللاتيني الذي يعني الأول، فهي مادة حيوية ضرورية ومكون أساسي لبناء خلايا النباتات والأحياء الدقيقة والحيوانات وجسم الإنسان، وبالتالي في تكوين الأنسجة العضلية والضامة والجلد والشعر والعظام والغضاريف، ولإنتاج الأنزيمات التي تقوم كوسائط في عمليات استقلاب العناصر المغذية، وتدخل في تركيب بعض الهرمونات التي تنظم الوظائف الحيوية، ومن البروتينات تتكون الأجسام المضادة للدفاع عن الجسم، كما تدخل في تركيب الدم وسوائل الجسم الأخرى.

تتميز البروتينات ذات المنشأ الحيواني مثل بروتينات اللحم والبيض والحليب بارتفاع قيمتها الغذائية والحيوية لاحتواء معظمها على كامل الأحماض الآمينية الأساسية (الضرورية) التي لا يستطيع جسم الإنسان تصنيعها، كما يتميز الكثير منها باحتوائه على النسب المثلى من هذه الأحماض لاحتياجات جسم الإنسان وهذه الأحماض هي:

الليوسين Leucine – الميثيونين Methionine – الإيزوليوسين Isoleucine – الليسين Lycine – الفينل آلانين Phenyl alanine – الثريونين Thereonine –

التربتوفان Tryptophan – الفالين Valine، بينما تكون بروتينات الأغذية النباتية أخفض في القيمة الحيوية والغذائية لافتقارها إلى بعض الأحماض الضرورية آنفة الذكر، وعدم كفاية نسبة الموجود منها لكامل احتياجات الجسم، لذلك يعمد إلى تحسين القيمة الغذائية لهذه البروتينات بخلط أنواع مختلفة منها مثل خلط دقيق القمح الذي تفتقر بروتيناته عادة إلى الليسين ومناسبة في محتواها من الميثونين مع دقيق الحبوب البقولية التي تحتوي عادة على الليسين بينما تفتقر إلى الميثيونين نسبياً، كما يمكن تحسين القيمة الغذائية بإضافة بعض الأحماض الآمينية الضرورية الحرة إلى مكونات الغذاء.

تتحلل البروتينات بتأثير مجموعة من الأنزيمات إلى ببتونات ثم ببتيدات عديدة ثم إلى ببتيدات بسيطة ثم إلى أحماض آمينية حرة، ويعتبر تحلل جزء من البروتينات لإنتاج هذه المركبات، بل مفضلاً ومحسناً للقيمة الغذائية وخواص الغذاء مثل حالة تطرية اللحوم وإنضاج الأجبان، أما إذا استمر التحلل ليصل إلى مرحلة هدم الحموض الآمينية لتنتج الأمونيا وكبريت الهيدروجين وثلاثي ميتايل أمين والسيكاتول والأندول وغيرها... فإن ذلك يعد مفسداً للغذاء، وخاصة إذا انفصلت مجموعة الكربوكسيل عن بقية الحمض الآميني وتشكل الأمين المقابل لكل حمض الذي يسبب عوارض خطيرة وتسممات قد تكون مميتة، تؤثر العوامل الطبيعية من حرارة أو أوساط ملحية أو حامضية أو قلوية في طبيعة التركيب الثانوي أو الثالثي للبروتين، فالحرارة العالية تعمل على تجمع جزيئاته (Coagulation) وهو تغير غير قابل للإنعكاس، بينما تُرسب العوامل الأخرى البروتين أو تذيبه وهي تغيرات قابلة للإنعكاس.

يُقدر متوسط احتياجات الإنسان البالغ صحيح الجسم من البروتين بحوالي ١غ/لكل كغ من وزنه، ويزيد هذا الاحتياج في حالة الصغار والمرضى والحوامل والشيوخ، على أن تشكل البروتينات ذات المنشأ الحيواني مالا يقل عن ٣٥% من هذا الاحتياج، وإن نقص البروتين في الوجبات الغذائية يؤدي إلى أمراض خطيرة، خاصة عند الأطفال مثل مرض الكواشيوركر Kwashiorkor الذي يميز بنقص نسبة الألبومين في الدم وانتفاخ الأنسجة والكبد الدهني والقروح الجلدية والاضطرابات المعوية والعصبية، كما أن نقص البروتين يؤدي إلى ضعف تشكل العضلات والهزال.

٢-١-٤: الدهون Lipids: تتكون الدهون الغذائية أساساً من الجليسرول المرتبط مع الأحماض الدهنية برابطة إستيرية كما في المعادلة العامة التالية :

$$\begin{array}{lll} CH_2OH & HOOC-R_1 & CH_2-OOC-R_1 \\ CHOH & + \quad HOOC-R_2 & \longrightarrow \quad CH-OOC-R_2 + 3H_2O \\ CH_2OH & HOOC-R_3 & CH_2-OOC-R_3 \end{array}$$

جزيء واحد من الجليسريد ٣ جزيئات أحماض دهنية + جزيء جليسرول

قد تكون جزيئات الأحماض الثلاثة المرتبطة مع جزيء الجليسرول من نوع واحد وعندها يسمى الدهن المتشكل (جليسريد بسيط)، وقد يكون جزيئان من نوع والثالث من نوع آخر، أو يكون كل جزيء منها من نوع مختلف عن الآخر ويسمى الدهن عندها (جليسريد مركب)، والجدير بالذكر أن معظم الجليسريدات الطبيعية الموجودة في الأغذية هي من النوع المركب.

تقسم الأحماض الدهنية الداخلة في تركيب الدهون إلى:

أ- أحماض دهنية مشبعة منها الطيارة القابلة للذوبان في الماء أهمها حمض البيوتريك (الزبدة) وحمض الكابرويك وحمض الكابريليك، ومنها طيارة غير ذوابة في الماء أهمها حمض الكابريك وحمض اللوريك، ومنها أحماض غير طيارة أهمها حمض الميرستيك والبالميتيك والستياريك.

ب- أحماض غير مشبعة أهمها حمض الأوليك الذي يحتوي على رابطة زوجية واحدة، وحمض اللينوليك الذي يحتوي على رابطتين زوجيتين، وحمض اللينولينيك الذي يحتوي على ثلاث روابط زوجية، وحمض الآراكيدونيك الذي يحتوي على أربع روابط زوجية.

تعتبر الدهون مصدراً هاماً للطاقة اللازمة لنشاط الجسم حيث يعطي الغرام الواحد منها عند أكسدته ٩ كيلوكالوري، بينما يعطي الغرام الواحد من الكربوهيدرات أو البروتينات ٤ كيلوكالوري فقط، كما أنها تحتوي على الفيتامينات الذائبة فيها مثل فيتامين A والكاروتينات فيتامينات D, K, E والسيترولات، ولا تقتصر مهمة الدهون في التغذية على إعطاء الطاقة، بل تتعداها إلى أنها تدخل كجزء هام من مكونات الخلية وخاصة في أغشيتها كالفوسفوليبيدات والجلايكوليبيدات، وهي مصدر أساسي

للأحماض الدهنية الضرورية كحمض اللينوليك واللينولينيك والآراكيدونيك المهمة جداً لعمليات النمو الطبيعي وخفض نسبة الكوليسترول في الدم وسلامة الجلد.

أهم خواص الدهون من وجهة نظر علم الأغذية والصناعات الغذائية:

١- نظراً لأن الدهون تتكون من خليط من الجليسريدات المتباينة التركيب من حيث نوعية أحماضها الدهنية ونسبها فإنها لا تتميز بثوابت فيزيائية دقيقة ومحددة، فالزيوت التي تعرف باحتوائها على نسبة عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة تتصف بأنها سائلة على درجة الحرارة العادية، بينما تكون الدهون الحيوانية صلبة عادة على مثل هذه الدرجة لاحتوائها على نسبة عالية من الأحماض الدهنية المشبعة، كما أنه في نفس نوع الزيت أو الدهن قد تختلف هذه الصفات بتأثير عوامل كثيرة منها اختلاف المناخ والخدمة والصنف والتغذية....

٢- تستهلك الدهون كغذاء مباشر كما في الزبدة، أو كمادة مضافة للأغذية لتحسين طعمها ونكهتها أو لتطريتها ونعومتها كما في منتجات المخابز، أو كوسيط للنقل الحراري وتحسين الطعم كما في حالة المقالي.

٣- عند تعرض الدهون للحرارة العالية يمكن تمييز ثلاث نقاط: درجة حرارة التدخين ودرجة حرارة اللمعان ودرجة حرارة الاحتراق، فكلما كان الدهن يمتلك درجة أعلى للوصول إلى نقطة التدخين أو اللمعان أو الاحتراق كان مفضلاً ومناسباً أكثر للاستخدام في عمليات القلي.

٤- ترفع الدهون من القيمة الإشباعية للغذاء لأنها تبقى فترة طويلة نسبياً في المعدة مقارنة بالكربوهيدرات والبروتينات لصعوبة هضمها، فتعطي بذلك شعوراً بالشبع.

٥- لا تذوب الدهون في الماء، لكنها تذوب في المذيبات العضوية كالهكسان والإيتر والكلوروفورم، ويتخذ ذلك أساساً لفصلها من مصادرها صناعياً وتقديرها في الأغذية مخبرياً.

٦- تشكل الدهون مع الماء والهواء وعناصر أخرى مستحلبات على هيئة حبيبات معلقة مستقرة نسبياً كما في حالة الحليب والقشدة والمايونيز، أو تكون قطيرات الماء محبوسة بين تكتلات حبيبات الدهن كما في الزبدة، ويستفاد من ذلك في

صناعة القشدة المخفوقة والمثلوجات اللبنية والشوكولا وغيرها بإجراء عملية الخفق المناسبة لكل حالة.

٧- تتعرض الدهون إلى التحلل بواسطة أنزيمات الليباز وبوجود الماء إلى مكوناتها الأولية (جليسرول وأحماض دهنية حرة) فيؤدي ذلك إلى ارتفاع حموضة الغذاء واكتسابه طعماً لاذعاً ورائحة غير مقبولة خاصة دهن الحليب.

٨- تتعرض الدهون وخاصة التي تحتوي على نسب عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة إلى الأكسدة الذاتية أو بمساعدة الأنزيمات المؤكسدة بوجود الأوكسجين وينتج عن ذلك بيروكسيدات وجذور حرة تسبب حدوث تفاعلات تنتهي بتكوين الدهيدات وكيتونات تكسب المنتج الغذائي طعماً شحمياً ورائحة غير مقبولة، كما أن لهذه المركبات أثراً ضاراً على الصحة حيث يعتقد بأنها تساعد على حدوث الأمراض الخبيثة.

٢-٢: المكونات الصغرى للأغذية:

٢-٢-١: العناصر المعدنية Minerals: تختلف الأغذية في محتواها من العناصر المعدنية كماً ونوعاً، ويحتاج الإنسان إلى حوالي ١٨ عنصراً معدنياً ضرورياً لتنظيم العمليات الحيوية في جسمه ومن أهم هذه العناصر:

١- الكالسيوم والفوسفور: عنصران ضروريان لنمو العظام والأسنان، والكالسيوم ضروري لتخثر الدم وسلامة الأعصاب ونشاط العضلات، ويعتبر الفوسفور مكوناً أساسياً لمركبات الطاقة الحيوية في الجسم. يساعد وجود فيتامين D وسكر اللاكتوز على زيادة معدل امتصاص الكالسيوم، بينما يلعب حمض الأوكزاليك دوراً سلبياً في ذلك حيث يشكل ملح أوكزالات الكالسيوم الراسب غير القابل للامتصاص. متوسط الاحتياج اليومي من كل من الكالسيوم والفوسفور ١غ وتزيد عن ذلك في حالة الحوامل والمرضعات والأطفال، ويعتبر الحليب ومنتجاته من أغنى المصادر الغذائية للكالسيوم والفوسفور، كما توفر اللحوم كميات جيدة من الفوسفور ولكنها قليلة الإحتواء على الكالسيوم، كما تتواجد هذه العناصر في الخضار والفاكهة الحبوب بدرجات أقل.

٢- الصوديوم والبوتاسيوم: عنصران ضروريان لسوائل الجسم وتنظيم الضغط الاسموزي داخل وخارج الخلايا، إضافة إلى أن البوتاسيوم مهم جداً في نقل السيالة العصبية وسلامة العضلات. يتواجد البوتاسيوم بوفرة في اللحوم والصوديوم في ملح الطعام، كما يتوفران بكميات كافية في الأغذية الأخرى.

٣- الحديد: مكون حيوي لهيموجلوبين الدم وميوجلوبين العضلات، يسبب نقصه في الغذاء فقر الدم. أهم مصادره الغذائية الكبد واللحوم الحمراء وصفار البيض، كما يوجد في الخضار والنخالة والبقوليات والفواكه المجففة وخاصة المشمش. متوسط الاحتياج اليومي منه ١٥ ملغ.

٤- اليود: يدخل في تركيب هرمون التيروكسين الذي تفرزه الغدة الدرقية حيث يتحكم في عمليات إنتاج الطاقة، لذلك فإن نقصه يسبب تضخم الغدة الدرقية. وأفضل مصادره لحوم الأسماك البحرية والملح البحري والأعشاب البحرية.

٥- الكلور: عامل مهم في تنظيم الحموضة والضغط الإسموزي في الجسم وفي عمليات الهضم بالمعدة حيث تفرز حمض كلور الهيدروجين. يوجد بنسبة كبيرة في الدم، ويسبب نقصه ضعفاً في النمو ومصدره الأساسي ملح الطعام.

٦- الكبريت: تكمن أهميته بضرورته لبناء بروتينات الجلد والشعر والظافر لأنه يدخل في تركيب الأحماض الآمينية الكبريتية (الميثيونين والسيستيين والسيستيئن)، كما أنه يدخل في تركيب هرمون الأنسولينوفي تركيب فيتامين الثيامين والبيوتين، توجد معظم كميته في الجسم على هيئة مركبات عضوية، أما الجزء غير العضوي منه فيتركز في الدم وأهم مصادره البيض والسمك والملفوف والحبوب والنخالة.

٧- المغنيسيوم: منشط لعدد كبير من الأنزيمات لاسيما الأنزيمات الداخلة في تمثيل الفوسفات والأنزيمات المختزلة، تنشأ عن نقصه أعراض عصبية وتشنجات عضلية ودوخة. يتركز جزء كبير منه في العظام والباقي في بلازما الدم وأنسجة الجسم الأخرى ويوجد بوفرة في دقيق الصويا وبنسب أقل في اللحوم والخضار.

٨- الفلور: عنصر مقاوم لنخر الأسنان وتسوسها وأفضل مصادره الماء المفلور بنسبة جزء في المليون، ولكن لزيادته مساوئ وآثار سلبية.

٩- العناصر الأخرى التي يحتاجها الجسم بكميات بسيطة كالكوبالت الذي يدخل في تركيب فيتامين B_{12} والمنغنيز والتوتياء والنحاس والبورون وللسيليتيوم والكادميوم متوفرة بشكل طبيعي في الأغذية ونادراً ما تظهر أعراض نقصها، من جهة أخرى فإن زيادة تركيز كثير من العناصر المعدنية في جسم الإنسان عن حاجته يؤدي إلى حدوث مشاكل صحية وتسممات خطيرة مثل زيادة تركيز شوارد النحاس والكادميوم والكوبالت والتوتياء والحديد والفلور والسيلينيوم والزرنيخ والزئبق.

٢-٢-٢: الفيتامينات Vitamins: الفيتامينات عوامل مساعدة حيوية في عمليات التمثيل الغذائي لمجمل العناصر المغذية، وهي ذات طبيعة عضوية يحتاجها الجسم بكميات قليلة جداً (ميليغرامات أو ميكروغرامات) ومع ذلك فإن أهميتها الحيوية كبيرة جداً في حياة الإنسان، حيث يجب أن تتوفر في غذائه لعدم قدرة جسمه على تكوين الغالبية العظمى منها.

تقسم الفيتامينات إلى مجموعتين رئيسيتين:

٢-٢-٢-١: مجموعة الفيتامينات الذوابة في الدهن: وتشمل فيتامين K, E, D, A ومن ميزاتها أنه يمكن أن يخزن الزائد منها عن الحاجة اليومية في الكبد والأنسجة الدهنية.

- فيتامين A والكاروتينات: فيتامين A كحول غير مشبع يتأكسد بسرعة ويفقد حيويته، يطلق عليه اسم الريتينول. ضروري للنمو وسلامة الرؤيا وخاصة في الليل حيث يسبب نقصه العشى الليلي والرمد الجاف، وهو ضروري أيضاً لسلامة الجلد والأغشية المخاطية، وعامل مضاد للعدوى بالأمراض الصدرية، لا يتأثر بحرارة الطبخ بغياب الأكسجين، لكنه حساس جداً لهذا الأخير وللأشعة فوق البنفسجية ويوجد بصورته الفعالة في الأغذية الحيوانية فقط وأهمها الحليب والزبدة والقشدة والسمك والبيض واللحوم. يقدر الاحتياج اليومي منه للإنسان بحوالي ٤٠٠٠ - ٥٠٠٠ وحدة دولية أي ما يعادل ١,٥ ملغ. تحتوي الفاكهة والخضار وخاصة الجزر والمشمش والسلق والسبانخ وغيرها على الكاروتينات وأهمها ألفا وبيتا كاروتين التي تعتبر مولدات لفيتامين A في الجسم، لذلك تعتبر

هذه الأغذية مصدراً جيداً وبديلاً لفيتامين A حيث تقدر الحاجة اليومية من البيتا كاروتين بحوالي ٣ ملغ (الوحدة الدولية من فيتامين A = ٠,٣ ميكروغرام).

- فيتامين D هو من مشتقات الستيرولات، ترجع أهميته إلى تنظيمه لعمليه امتصاص الكالسيوم والفوسفور في الأمعاء وتمثيلها الغذائي في الجسم، لذلك فإن وجوده يعتبر ضرورياً لنمو العظام والأسنان والمحافظة على تركيز الكالسيوم في الدم حيث يؤدي نقصه في الغذاء إلى إصابة الأطفال بالكساح والبالغين بلين العظام، كما يمكن أن تؤدي زيادته الكبيرة مع توفر كميات كبيرة من الكالسيوم والفوسفور إلى تصلب المفاصل. ويوجد في الكبد وزيت السمك والبيض والألبان، ويمكن أن يتشكل من المركب ٧- ديهايدروكوليسترول الموجود تحت الجلد بتأثير الأشعة فوق البنفسجية أو أشعة الشمس، تقدر الحاجة اليومية من هذا الفيتامين بـــ ٤٠٠ وحدة دولية أو ١٠ ميكروغرام من ٧- ديهايدروكوليسترول، ويقل عن ذلك للبالغين، وهو مقاوم نسبياً للحرارة وخاصة في الأوساط الحامضية (الوحدة الدولية من فيتامين D= ٠,٠٢٥ ميكروغرام).
- فيتامين E أو التوكوفيرولات: توجد منه أربع مشابهات هي ألفا وبيتا وغاما ودلتا كوفيرول أكثرها فعالية هي ألفا، تكمن أهميته في أنه يعمل كمادة مضادة قوية، يعتقد بأن له تأثيراً مهماً على النمو عند البلوغ وعلى إدرار الحليب وأن نقصه يؤدي إلى فشل تناسلي لذلك أطلق اسم العامل المضاد للعقم، ويبدو أن الوظيفة الحيوية له تتعلق بحمايته للأحماض الدهنية غير المشبعة الداخلة في تركيب البروتينات الدهنية والأغشية الخلوية من تأثير الجذور الحرة والأكسدة الجوية وبالتالي منع تكون المركبات السامة لذلك تضاف التوكوفيرولات إلى بعض الأغذية لوقايتها من عوامل الأكسدة خاصة لحفظ الفيتامينات الأخرى شديدة التأثر بالأكسجين كفيتامين A والكاروتينات ولحماية الدهون. لا تتأثر التوكوفيرولات بالحرارة في غياب الأكسجين ولا بالضوء العادي، ولكنها تتأثر بالقلويات وتتلف بتأثير الأشعة فوق البنفسجية وبتزنخ الدهن المحتوي عليها. يوجد فيتامين E في الزيوت النباتية خاصة زيت جنين القمح وجنين الذرة وفي الخس.

- فيتامين K: توجد منه عدة مركبات لها مفعول الفيتامين، ضروري لعملية التخليق الحيوي للبروثرومبين المسؤول عن تكون خثرة الدم وبذلك فهو مهم لعملية منع النزيف. نادراً ما تظهر أعراض نقصه لوجوده بوفرة في الخضار الورقية ولإمكانية تكونه بواسطة البكتريا الأمعاء، وعادة ما تكون أعراض نقصه مصاحبة لأمراض الأمعاء والكبد ويتلف بتأثير الأحماض والقلويات والضوء الشديد.

٢-٢-٢-٢: الفيتامينات الذوابة في الماء: ليس للجسم القدرة الجيدة على تخزين الزائد منها عن الحاجة اليومية، إذ أن معظم الفائض يطرح مع البول.

- فيتامين B_1 (الثيامين): يدخل في عمليات التمثيل الغذائي للكربوهيدرات، وهو ضروري لسلامة الأعصاب والجلد والنمو والهضم والشهية، لذلك فإن نقصه يسبب البري بري المتميز بظهور هزال وقروح جلدية وبعض الاختلالات العصبية، يوجد بوفرة في الخميرة والنخالة واللحوم والبيض والبقوليات والحليب، يقدر الاحتياج اليومي منه بحوالي ١,٥ ملغ، وهو أكثر مجموعة فيتامينات B تأثراً بالحرارة خاصة في الأوساط القلوية والمعتدلة حيث يتلف بحرارة التعقيم حوالي ٤٠% منه وكذلك بوجود غاز ثاني أوكسيد الكبريت.
- فيتامين B_2 (الريبوفلافين): يتميز بلونه الأخضر المصفر ويؤثر في النمو والتنفس وعمليات حيوية كثيرة، لذلك فإنه ضروري لحفظ الصحة بحالة جيدة، ونقصه في الغذاء يسبب تضخم اللسان والتهاب القرنية وفقد الشهية والتهابات جلدية على شكل تقرحات حول الشفتين والأذنين ولأجفان. يعتبر الحليب ومنتجاته وخاصة الشرش (المصل) من أفضل مصادر هذا الفيتامين، كما يتواجد في الكبد والبيض وبكميات قليلة نسبياً في اللحوم والخضار، كما أنه يمكن أن يتكون بفعل بكتريا الكرش. الاحتياج اليومي منه في حدود ١,٧ ملغ، وهو ثابت نسبياً لتأثير الحرارة خاصة في الأوساط الحامضية لكنه يتلف بسهولة في الأوساط القلوية وعند التعرض للضوء لذلك يفضل أن تخزن الأغذية الغنية به في عبوات معتمة.
- حمض النيكوتينيك Nicotenec acid (النياسين): يلعب دوراً هاماً في عمليات الأكسدة والإختزال الحيوية وفي التمثيل الغذائي، وينشأ عن نقصه مرض

البلاجرا الذي يتميز بظهور قروح في الفم واللثة وثقوب وتشوه في الجلد، كما ينشأ عن نقصه اضطرابات هضمية واختلالات عصبية. يرتبط النياسين بعلاقة هامة مع الحمض الآميني التربتوفان حيث يمكن للجسم أن يحول التربتوفان إلى نياسين بمعدل ١ ملغ نياسين من كل ٦٠ ملغ تربتوفان، لذلك قد تظهر أعراض نقص النياسين من كثرة تناول أغذية فقيرة بالتربتوفان مثل الذرة. يوجد النياسين بوفرة في اللحوم والأسماك والخميرة والنخالة والقهوة، ويقدر الاحتياج اليومي منه بحوالي ١٧ ملغ، وهو ثابت لتأثير الحرارة والأحماض والقلويات.

- حمض البانتوثنيك Pantothenic (أو ما يطلق عليه فيتامين B_3): يلعب دوراً هاماً في عمليات التمثيل الغذائي للكرهيدرات والدهون وبعض الأحماض الآمينية، نادراً ما تظهر أعراض نقصه المتمثلة في ضعف المقاومة للعدوى والخمول وسرعة دقات القلب وكثرة إفراز العرق، نظراً لتوفره في أغذية كثيرة منها الحليب واللحوم والخضار. ثابت نسبياً لتأثير الحرارة والضوء.
- فيتامين B_6: يضم ثلاثة مركبات هي البيريدوكسين والبيريدوكسال والبيريدوكسامين. يعتبر توفره في الغذاء ضرورياً لعمل بعض الأنزيمات الهامة في التمثيل الغذائي للبروتينات وعلى وجه الخصوص الأحماض الآمينية، ومن الثابت أن إمداد الجسم به ضروري بالرغم من عدم وجود علامات واضحة ترتبط بنقصه. يتوفر في أغذية كثيرة وهو حساس نسبياً للضوء، ولكنه مقاوم لتأثير الحرارة والقلويات.
- البيوتين Biotin: له أهمية في نمو وتكوين طبقة الجلد وتجديدها وحفظها بحالة سليمة، ونظراً لأن الأحياء الدقيقة في الجهاز الهضمي تقوم بتكوينه بكميات جيدة فإنه نادراً ما تظهر أعراض نقصه المتمثلة في هيئة التهابات جلدية وأعراض عصبية، إلا في الحالات التي يتناول فيه الإنسان المضادات الحيوية لفترة زمنية طويلة أو عند تناول البيض النيئ بكثرة الذي يحتوي على مركب الأفيدين Evidin (جلايكوبروتين) الذي يتحد مع البيوتين مكوناً مركباً معقداً غير قابل للإمتصاص.
- فيتامين B_{12} (السيانوكوبالأمين): مرافقه أنزيمي يدخل في تركيبه الكوبالت يشارك في عدد من التفاعلات الحيوية المتعلقة بالنمو والتمثيل الغذائي

للكربوهيدرات والدهون والبروتينات واشتراكه مع حمض الفوليك في تفاعلات نقل مجموعة الميثايل واصطناع الميثونين، يعتبر وجوده ضرورياً لتكوين كريات الدم الحمراء لذلك يسبب نقصه فقر الدم وأهم مصادره الغذائية اللحوم والحليب والأسماك. يقدر الاحتياج اليومي منه في حدود ٣ – ٤ ميكروغرام، ولوحظ أن كفاءته تقل عند تعاطيه عن طريق الفم.

- حمض الفوليك Folic acid: له أهمية خاصة في اصطناع حمض الميثونين في النباتات وهو ضروري لإصطناع الأحماض النووية وقواعد البيورين، يحتوي على مركب البارا أمينو حمض البنزويك الذي لا يمكن للإنسان تصنيعه. يلعب حمض الفوليك دوراً مشابهاً لفيتامين B_{12} حيث تتلخص أعراض نقصه بضعف النمو وفقر الدم.
- فيتامين C Ascorbic acid: عامل مختزل قوي له أهمية في تفاعلات الأكسدة والاختزال داخل الخلية لذلك فإنه يلعب دوراً هاماً في النمو وهو ضروري للتنفس وتجديد الدم وعامل مهم في تكوين العظام وحفظ الأسنان والأوعية الدموية وذلك من خلال علاقته بتكوين الحمض الآميني هيدروكسي برولين الذي يشكل النسبة الأكبر من الأحماض الآمينية المكونة لبروتين الكولاجين أهم بروتينات النسيج الضام، وبالتالي فإن نقصه في الغذاء يؤدي إلى مرض الأسقربوط الذي يتصف بضعف اللثة ونزيفها والتهابها وتساقط الأسنان وضعف الشعيرات الدموية وانفجارها وبالتالي حدوث نزيف تحت الجلد وفي المفاصل، يتوفر هذا الفيتامين في الحمضيات والبندورة والفليفلة والخضار الورقية، لكن المنتجات الحيوانية فقيرة به. يقدر الاحتياج اليومي منه بحدود تتراوح ٤٥ – ٧٠ ملغ حسب جغرافية ومناخ المنطقة حيث يلاحظ أن الاحتياج اليومي منه يزداد في البلاد الأكثر حرارة يتأثر كثيراً ويتلف بالأوكسجين وارتفاع الحرارة.

٢-٢-٣: الأنزيمات Enzymes: الأنزيمات مركبات عضوية ذات طبيعة بروتينية وتعتبر عوامل مساعدة حيوية تدخل في التفاعلات الحيوية وتسرعها دون أن يتغير تركيبها (أي أنها لا تستهلك) لذلك فإن كميات قليلة جداً منها تفي بالغرض، وهي مواد دقيقة التخصص تتعدد أنواعها في الطبيعة وتمارس نشاطها في خلايا جميع

الكائنات الحية وتستمر في ذلك فترة طويلة حتى بعد موت الخلايا المحتوية عليها وتتحدد درجة نشاط الأنزيمات وسرعة التفاعلات الحيوية بدرجة الحرارة والحموضة وتركيز الأنزيم والمادة التي يعمل عليها الأنزيم وتركيز نواتج التفاعل في الوسط والرطوبة ووجود العوامل المنشطة أو المثبطة، وتعتبر الحرارة المناسبة لنشاط معظم الأنزيمات بين ٢٠-٤٠°م حيث يتباطأ نشاطها دون ذلك أو بعده، كما يعتبر الوسط المتعادل أو القريب من التعادل وسطاً جيداً لنشاط مجموعة كبيرة منها ويشذ عن ذلك بعض الأنزيمات التي تفضل الوسط المائل للحموضة أو الحمضي وأخرى تفضل الوسط المائل للقلوية أو القلوي، وتسرع التفاعلات الحيوية بزيادة تركيز الأنزيم في الوسط كما تتباطأ هذه السرعة بزيادة تركيز المادة التي يعمل عليها الأنزيم أما تراكم وزيادة نواتج التفاعل في الوسط فيُبطئ من نشاط الأنزيم وسرعة التفاعل، لكن ارتفاع الرطوبة في وسط التفاعل يُشجع غالباً على زيادة نشاط الأنزيم وتسريع التفاعل، إن وجود العوامل المنشطة مثل المرافقات الأنزيمية يرفع من نشاط الأنزيم وسرعة التفاعلات، لكن وجود بعض المواد الكيميائية المضافة وخاصة الحافظة مثل أحماض البنزويك أو السوربيك أو الكبريتات أو أملاحها فغالباً ما تعمل على وقف نشاط الأنزيمات، ولتوضيح أهمية الأنزيمات في الصناعة الغذائية نذكر النقاط التالية:

١- إن الأنزيمات تعمل على إنضاج الفواكه والخضار، لكن استمرار نشاطها يؤدي لفساد هذه المنتجات، مما يدعو لضرورة إتلاف الأنزيمات أو إعاقة نشاطها بعد جمع الإنتاج.

٢- لأن الأنزيمات دقيقة التخصص في المادة التي تعمل عليها ونظراً لكثرة أعداد أنواعها فإنها تدخل في عدد هائل من التفاعلات الحيوية التي تحدث في الأغذية وبذلك تكون مسؤولة غالباً عن تغيرات النكهة والقوام واللون والقيمة الغذائية للغذاء.

٣- لأن الأنزيمات تتلف على درجات الحرارة المرتفعة (بدءاً من ٦٠°م وحتى ١٠٠°م) تعتبر المعاملات الحرارية للأغذية وسيلة أساسية لإتلاف الأنزيمات إضافة إلى قتل الأحياء الدقيقة.

٤- تقوم كثير من أنواع الأحياء الدقيقة (بكتريا – خمائر – فطريات) بإفراز أنزيمات خاصة بها تقوم بتحليل مكونات الأغذية لذلك فإن هذه الأحياء تستخدم ذاتياً في الصناعة الغذائية للاستفادة من أنزيماتها كما في حالة إنتاج الكحول وحمض الليمون وحمض اللاكتيك وغيرها.

٥- أمكن استخلاص وفصل كثير من الأنزيمات من مصادرها لاستخدامها في الصناعة الغذائية كما في حالة تحليل النشا إلى سكر بواسطة الأميليزات المستخلصة من البذور المنبتة، وتطرية اللحوم بواسطة أنزيم البابايين المستخلص من نبات الباباظ، وإنضاج الجبن بواسطة أنزيم الرينين المستخلص من المعدة الرابعة للعجول أو الخرفان الرضيعة أو من البكتريا أو الفطريات، وترويق العصائر بوساطة الأنزيمات البكتينية التي تفرزها بعض الأحياء الدقيقة وأهم الأنزيمات المستخدمة في الصناعة الغذائية:

أ- الأنزيمات المحللة للكربوهيدرات:

١. أنزيم السكريز أو الأنفرتيز Sucrase or inveertase: يحلل السكروز (سكر القصب) إلى جلوكوز وفركتوز ويطلق عليه في هذه الحالة السكر المحول. لهذا الأنزيم أهمية كبيرة في كثير من مجالات الصناعة الغذائية مثل صناعة الحلوى ذات المركز الطري ومنع حدوث التسكر في المربيات والشرابات وغيرها، إلا أن نشاطه في مجال صناعة السكر بسبب خفض كمية الناتج. يوجد في الخميرة وتفرزه بعض أنواع الفطريات.

٢. اللاكتيز Lactase: يحلل سكر الحليب (اللاكتوز) إلى جلوكوز وجالاكتوز ويفيد في تحسين قوام المنتجات اللبنية مثل صناعة الحليب المكثف والمجفف لأن اللاكتوز قليل القابلية للذوبان ذا قوام بللوري يسبب تحبب المنتج الحليبي.

٣. المالتيز Maltase: يحلل سكر الشعير (المالتوز) إلى جزيئين من الجلوكوز وله أهمية في صناعة القطر وصناعة البيرة . يوجد في الشعير المنبت وتنتجه بعض أنواع فطر الأسبيرجيلس Aspergillus.

٤. ألفا وبيتا أميلاز α and β Amylass : يحللان النشا والجليكوجين إلى سكر مالتوز وديكتسرينات(سكريات عديدة) حيث ينتج ألفا أميليز السكريات العديدة

وقليلا من سكر المالتوز لأنه يعمل على الرابطة ١-٤ في وسط السلسلة، بينما ينتج بيتا أميليز المالتوز وقليلاً من السكريات العديدة لأنه يعمل على الرابطة ١-٤ بدءاً من أطراف السلسلة.

توجد الأميليزات في الحبوب المنبته ويفرزها فطر Aspergillus، وتُستخدم صناعياً في المراحل الأولية لتحويل النشاء إلى جلوكوز في صناعة القطر والمشروبات الكحولية وصناعة الخبيز وإعداد أغذية الأطفال الحلوة.

٥. الأنزيمات البكتينية Pectin Enzymes: تُحلل البكتين إلى مكوناته الأساسية حيث يقوم أنزيم البكتين أستيراز Pectin esteras أولاً بفك الرابطة الأستيرية بين المجموعة الكربوكسيلية لحمض الجالاكتويورونيك ومجموعة كحول الميتايل ويليه في ذلك نشاط أنزيم البولي جالاكتيورونيز Polygalacturonase الذي يحلل الرابطة بين جزيئات سلسلة حمض الجالاكتيورونيك فيفقد البكتين قوامه وشحنته السالبة وبذلك يسبب تغيراً غير مرغوب في قوام الأغذية التي يدخل في تركيبها كقشور الحمضيات والتفاح وبعض الخضار والفاكهة الآخرى وفي سيولة مركز عصير البندورة والهلاميات والمربيات والمرملاد وعصائر الحمضيات، ولكن نشاط هذه الأنزيمات يُعتبر مرغوباً به في حالة ترويق عصير التفاح غير الناضج.

ب- الأنزيمات المحللة للبروتينات:

١. الببسين Pepsin: يُحلل بروتينات الغذاء في المعدة، وله فعالية جيدة في تحليل بروتينات النسيج الضام لذلك يُستخدم في تطرية اللحوم، كما يُستخدم في إنضاج بعض أنواع الأجبان وترويق البيرة بهضمه لجزيئات البروتين المعلقة، والمصدر الحيوي له جدار المعدة.

٢. الرينين Renine: يُستخدم في صناعة الجبن حيث يعمل على تخثر كازئين الحليب ويُستحصل عليه من المعدة الرابطة للعجول والخراف الرضيعة.

٣. البابايين Papain: يُستخدم في تطرية اللحوم على نطاق واسع ويُنتج تجارياً حيث يُستخرج من نبات البابايا Papaya Melon أو من عصارة سوق وأوراق البطيخ الأصفر.

٤. الفيسين Ficin: يُستخدم في تطرية اللحوم، ويُمكن استخدامه في تجبن الحليب، كما أن له استعمالات طبية لقتل الديدان البطنية، يتم الحصول عليه من عصارة شجرة التين ومن ثمارها غير الناضجة.

هناك الكثير من الأنزيمات المحللة للبروتينات الأخرى التي تمتلك أهمية نسبية في الصناعة الغذائية مثل الأنزيم المستحصل عليه من بكتريا B.Subtilus الذي يمكن أن يُستخدم في عملية تجبن الحليب، كما أن هناك أنزيمات بكتيرية تعمل على فساد اللحوم والأسماك والألبان مثل بكتريا Proteus و Pseudomonas.

ج- الأنزيمات المحللة للدهون: أهمها أنزيم الليباز Lipase الذي يحلل الدهن إلى أحماض دهنية وجليسرين وينتج عن ذلك ارتفاع حموضة الدهن وفساد الغذاء بظهور طعم زنخ رديء ورائحة غير مقبولة وخاصة في المنتجات اللبنية التي يحتوي دهنها على نسبة مرتفعة من الأحماض الطيارة وأبرزها حمض البيوتريك (حمض الزبدة)، تُفرز هذا الأنزيم الكثير من الأحياء الدقيقة مثل Pseudomonas و Ashromobacter و Alcaligenes و Seratia.

د- أنزيمات الأكسدة والاختزال:

١. البيروكسيداز والكاتاليز Peroxidase and Catalase

يُحللان المركبات فوق الأوكسيجينية (H_2o_2) فينتج البيروكسيداز ماء وأوكسجين وليد كما في المعادلة التالية :

$$H_2O_2 \xrightarrow{\text{Peroxidase}} H_2O + O$$

حيث يتحد الأوكسجين الوليد مباشرة مع المواد المستقبلة له (المواد المختزلة)، بينما يُنتج الكاتاليز ماءاً وأوكسجيناً حراً (غازي) كما في المعادلة التالية :

$$2H_2O_2 \xrightarrow{\text{catalase}} 2H_2O + O_2$$

حيث يقوم الأوكسجين الغازي بأكسدة المواد المختزلة.

يدل نشاط هذه الأنزيمات في الغذاء على مدى التلوث الميكروبي حيث تفرزها مجموعات من الأحياء الدقيقة وخاصة البيروكسيداز ونظراً لتحمل هذه الأنزيمات درجات حرارة مرتفعة نسبياً وإمكانية عودتهما للنشاط بعد المعاملة الحرارية فإن وجودهما في الغذاء يسبب متاعب في الصناعة الغذائية وخاصة في صناعة المعلبات.

٢. اللايبوكسيداز Lipoxidase: ذو فعالية عالية في أكسدة الأحماض الدهنية الحرة وأقل فعالية في أكسدة الجليسيريدات الثلاثية وعديم الفعالية في أكسدة الدهون الفوسفورية والسكرية والمعقدات الدهنية الأخرى.

يكثُر وجود هذا الأنزيم في حبوب فول الصويا والبازلاء وبنسبة قليلة في الحبوب والبذور الزيتية ولا يوجد في الأنسجة الحيوانية.

إن نشاط هذا الأنزيم يسبب تدهوراً في طعم ورائحة هذه الأغذية ويجعلها غير مقبولة للاستهلاك.

٣. الفينوليزات Phenolase: مجموعة أنزيمات تُؤكسد المركبات الفينولية إلى كوينونات تتبعها سلسلة من التفاعلات تنتهي بتكوين صبغة بنية غير مرغوبة تُسبب إسوداد بعض الفاكهة والخضار بعد تقشيرها وتقطيعها وتعرضها للهواء مثل التفاح والسفرجل والجزر والبطاطا والباذنجان وغيرها ويسمى ذلك بالإسمرار الأنزيمي، ومن هذه الأنزيمات التيروسينيز Tyrosinase.

يُمكن تثبيط فعالية هذه الأنزيمات بمنع الهواء عنها بغمر الفاكهة بمحلول سكري مخفف أو الخضار في محلول ملحي مخفف أو سلق الفاكهة أو الخضار لإتلاف الأنزيمات أو استعمال المواد المختزلة المضادة للأكسدة مثل ثاني أوكسيد الكبريت أو الجلوتاثيون أو الأحماض الأمينية المحتوية على كبريت.

هناك بعض الأنزيمات الأخرى التي لها أهمية في الصناعة الغذائية مثل أنزيم الفوسفاتيز القلوي Phosphatase الذي يحلل استرات حمض الفوسفور، لكن نشاطه لايؤثر على الصفات الحسية للغذاء، إنما تنحصر أهميته في الصناعة الغذائية كون وجوده في الغذاء يُتخذ دليلاً على عدم صحة عملية البسترة، حيث يُتلف هذا الأنزيم على درجة الحرارة ذاتها التي تُباد عليها بكتريا السل التي تُعتبر من أشد البكتريا المُمرضة مقاومة للحرارة وتتراوح هذه الدرجة بين ٥٩- ٦٢°م، وهذا الأنزيم موجود غالباً طبيعياً في الأغذية الطازجة.

٢-٢-٤: الأحماض العضوية Organic acids: أهم الأحماض العضوية الطبيعية المتواجدة في الأغذية هو حمض الليمون (Citric acide) الذي تصل نسبته إلى

حوالي ٥% في الليمون، وإلى حوالي ١% في البرتقال، وتتراوح نسبته في البندورة بين ٠,٥-١%، وحمض العنب (Tartoric acid) الذي قد تصل نسبته في العنب إلى ١%، بينما ترتفع هذه النسبة في ثماره غير الناضجة إلى (الحصرم) إلى حوالي ٣%، وحمض التفاح (Malic acid) الذي تتراوح نسبته بين ٠,٥-١%، وحمض السبانخ (Oxalic acid) الذي تصل نسبته إلى ٠,٩%، كما تحتوي الألبان المتخمرة على حمض اللبن (Lactic acid) بنسبة تزيد عن الـ١%، وفي اللحوم ومنتجاتها بنسبة قد تصل إلى ٠,٤ %.

إن وجود هذه الأحماض في الأغذية يشارك في إكسابها الطعم الحامضي المميز لها والنكهة الخاصة بها، كما أنه يرفع من قابلية الغذاء للحفظ ومقاومة عوامل الفساد، وفي الصناعة الغذائية تُضاف بعض الأحماض مثل حمض الليمون في صناعة المربيات والشرابات والهلام والمرطبات لمنع ظاهرة التسكر والتخفيف من شدة الطعم الحلو، إضافة لتأثيره الحفظي، وتُنتج بعض الأحماض العضوية حيوياً مثل حمض الخل وحمض اللاكتيك (حمض اللبن) كما في صناعة الخل والمخللات وإنضاج الأجبان وإنتاج الألبان المتخمرة.

تُضاف بعض الأحماض العضوية كيميائية التركيب أو أملاحها مثل حمض البروبيونيك أو أملاحه في صناعة المعجنات وحفظ الأجبان بنسبة قد تصل إلى ٠,٣%، وحمض البنزويك أو أملاحه في معظم المصنعات الغذائية بنسبة ٠,١%، وحمض السوربيك أو أملاحه في حفظ اللحوم والمنتجات الدهنية والألبان والأسماك بنسبة تتراوح ٠,٠٥-٠,١%.

٢-٢-٥: الصبغات والملونات Pigments and colours: تحتوي معظم الأغذية على صبغات طبيعية تُكسبها لونها الزاهي المميز، إضافة إلى أن للكثير منها أهمية غذائية وحيوية كبيرة، فالكاروتينات الموجودة في الجزر والمشمش وغيرها من الخضار والفواكه وفي بعض الدهون البقرية تتحول في الجسم إلى فيتامين A، والميوجلوبين الذي يوجد في اللحوم الحمراء مصدر غني جداً بالحديد العضوي لمعالجة فقر الدم، وينتشر وجود الكلوروفيل ذي اللون الأخضر في معظم الخضار

والفواكه، الليكوبين ذي القيمة الحيوية العالية في البندورة، والأنثوسيانين في العنب الأحمر وهكذا، والملونات بشكل عام قابلة للأكسدة والتغيرات الكيميائية والفيزيائية وخاصة عند التعرض للمعاملات الصناعية المختلفة كالتقطيع والطحن والحرارة العالية إضافة للتغيرات اللونية التي تحدث أثناء إنضاج الثمار، كما أن هناك علاقة مابين لون الغذاء وقيمته الغذائية وطزاجته، فاللون الباهت عموماً يدل على فقد في القيمة الغذائية أو حدوث تغيرات سلبية فيه، وتستخدم الصناعة الغذائية حالياً ملونات صناعية ذات أصل طبيعي أو كيميائي لتحسين اللون.

٢-٢-٦: مكونات النكهة Flavour constituents: تختلف الأغذية فيما تحتويه من المركبات المسؤولة عن طعمها ورائحتها، حيث يتحدد طعم الغذاء عادة بأكثر المواد الذوابة تواجداً فيه، فالطعم الحلو ينتج عن تواجد نسبة مؤثرة من السكريات وينتج الطعم الحامضي عن وجود نسبة محددة من الحموض وهكذا الطعم المالح والمر والقابض والمحروق والصابوني والحاذق، وتتحدد رائحة الغذاء بإحتوائه على المواد القابلة للتطاير، فالنكهة تطلق على الروائح المحببة للمستهلك عادة ومن أهمها رائحة الفاكهة واللحوم والتوابل والرائحة العطرية، ومن الروائح المنفرة عموماً رائحة الأغذية الفاسدة كرائحة البيض الفاسد واللحوم والألبان الفاسدة والرائحة الزنخة للأجبان والسمون والزيوت الفاسدة وهكذا....

إن طعم أي غذاء ونكهته لا يتحدد بوجود مادة معينة، وإنما غالباً نتيجة تواجد مجموعة من المركبات، فطعم الحليب مثلاً ينتج عن تمازج عدة مركبات ذائبة فيه (البروتينات والسكروالدهون) على شكل مستحلب مستقر نسبياً، وكذلك طعم اللحم الذي يُنسب إلى الجلوتامين ولكن تُشارك معه العناصر الذوابة الأخرى في العصير اللحمي مثل الأنسيرين والكارنوسين والجلوتاثيون والأحماض الأمينية الحرة وغيرها وهكذا في باقي الأغذية، كما أن نكهة مادة غذائية ما لا تتحدد بمركب واحد أو مركبين وإنما بتواجد عشرات بل أحياناً مئات من المركبات الطيارة أو القابلة للتطاير، فمثلاً بالرغم من أن نكهة اللحم تُعزى إلى وجود الهيبوكسانثين إلا أن مركبات أستيرية أو ألدهيدية أو كيتونية أخرى تُشارك في تحديد نكهة اللحم مثل بعض الأحماض الطيارة كحمض الخل والبيروفيك والبيوتريك والكابرويك، والمواد الأزوتية الطيارة كالأمونيا، ولا تعود

نكهة الزبدة والأجبان المتخمرة إلى مركب الداي اسيتايل فقط بل إلى مجموعة كبيرة من المركبات الطيارة على هيئة استيرات أو ألدهيدات، وقد وُجد أن نكهة الشاي تنتج عن وجود مركبات عديدة عُرف منها ٣٤ مركباً، وأن نكهة العنب ناتجة عن وجود مئات المركبات وكذلك نكهة القهوة.

تتعرض مركبات الطعم والنكهة في الغذاء إلى تغيرات متأثرة بالعمليات التصنيعية كالحرارة والأوكسجين وبالتفاعلات فيما بينها وبالتخزين مما يؤدي إلى ظهور طعوم وروائح غريبة غالباً بإستثناء بعض حالات إنضاج الجبن واللحوم وإنتاج المخللات، وتُستخدم بعض المركبات الطبيعية كالتوابل وبعض الأعشاب في تقوية طعم ونكهة بعض الأغذية، كما تُضاف بعض مركبات النكهة الصناعية كالبنز ألدهيد لمحاكاة نكهة الكرز، وبيوترات الإيتايل المشابهة لنكهة الأناناس وانثرانيلات الميتايل المشابهة لنكهة العنب في تحضير العصائر والشرابات الصناعية، وقد تُضاف جلوتامينات أحادية الصوديوم لتقوية طعم المرتديلات.

٢-٢-٧: مواد الإستحلاب: هي مواد تحتوي على مجموعات قطبية وأخرى لاقطبية، أهمها الدهون الفوسفورية التي تتكون من جزيئ جليسرين مرتبط برابطة أستيرية مع جزيئين من الأحماض الدهنية أحدهما غالباً غير مشبع (مجموعات لاقطبية تذوب في الدهن) أما الرابطة الثالثة للجليسيرين فترتبط مع جزيء من حمض الفوسفور(مجموعة قطبية ذات شحنة سالبة) المرتبط بدوره مع قاعدة آزوتية (مجموعة قطبية ذات شحنة موجبة)، ومن أهم الدهون الفوسفورية شيوعاً الليسيثين Lecithin حيث تكون القاعدة الأزوتية فيه هي الكولين، والسفنجوسين والسفنجابلين وبذلك تكون هذه المواد قادرة على الإرتباط مع الدهن من جهة ومع الماء من جهة أخرى فتعمل على تعليق حبيبات الدهن في الوسط المحيط وتمنعها من التجمع والإلتصاق أي أن مادة الإستحلاب تعمل كحلقة وصل بين الماء والدهن، وإما أن يكون الدهن معلقاً في الوسط كما في حالة دهن الحليب، أو أن يكون الماء معلقاً بين تجمعات حبيبات الدهن كما في حالة الزبدة.

توجد الدهون الفوسفورية عادة مصاحبة لدهون الحيوانات والنباتات وخاصة في البيض والحليب والدم، وهي مهمة جداً في كثير من الصناعات الغذائية كاالزبدة

الصناعية (المارغرين) والمايونيز والمثلجات اللبنية والشوكولاته ومستحلبات المكسرات وعجائن المصنعات اللحمية، ويمكن أن تلعب البروتينات ذات الوزن الجزيئي المرتفع والجليسيريدات الأحادية والثنائية والسكريات العديدة دور المواد المستحلبة ولكنها أقل كفاءة من الدهون الفوسفورية.

٢-٢-٨: مضادات الأكسدة والمؤكسدات Antioxidants and Oxidants: تحتوي الكثير من الأغذية وخاصة النباتية منها (الخضار والفواكه) على مواد طبيعية تقوم بتثبيط عمليات الأكسدة مثل التوكوفيرولات (فيتامينE) وحمض الأسكوربيك (فيتامين C) والكاروتينات (مولدات فيتامينA) والليكوبين والفينولات والجلوتاثيون وبعض الأحماض الأمينية المحتوية على المجموعة الكبريتية SH، حيث تعود قدرتها على تثبيط عمليات الأكسدة إلى صفتها الإختزالية القوية مرتبطة بالأوكسجين لتمنعه من أكسدة بعض المركبات الأخرى الأكثر أهمية كما في حالة منع تزنخ الدهون ومنع الإسمرار الأنزيمي في الفاكهة والخضار المقطعة، وتُستخدم هذه المضادات الطبيعية المستخلصة من مصادرها في الصناعة الغذائية بنسب تتراوح بين ٠,٠١-٠,٠٢% لتقوية فعل تضاد الأكسدة في الأغذية الطبيعية والتي قد تفقد قدرتها على مقاومة الأكسدة بفعل العمليات الصناعية المختلفة، ومن الشائع استخدام مركبات كيميائية لها فعل مضاد الأكسدة مثل التوكوفيرولات المحضرة صناعياً وButylated Hydroxyamisole وButylated Hydroxytoluene وميتا كبريتيت الصوديوم وغاز ثاني أوكسيد الكبريت حيث أن للأخيرتان تأثيراً مثبطاً لنشاط الأحياء الدقيقة إضافة لتأثيرهما المضاد للأكسدة، أما أهم العوامل المساعدة على الأكسدة التي تتواجد في الأغذية فهي الحديد والنحاس، كما أن تعرض الغذاء للضوء والحرارة والهواء (الأوكسجين) يُعتبر من العوامل المساعدة على الأكسدة.

إن حدوث عمليات الأكسدة لبعض مكونات الغذاء غالباً ما يؤدي إلى تغيرات كيميائية جوهرية في تركيب الغذاء تنعكس غالباً سلباً على طعم ورائحة الغذاء ولونه، كما تتشكل نتيجة ذلك مركبات كيميائية ضارة بصحة المستهلك، لذلك يجب حماية الأغذية قدر المستطاع من احتمال نقص مكوناتها للأكسدة.

٣- مفهوم المقنن الغذائي والوجبة المتوازنة:

إن مصادر الطاقة الحيوية للإنسان تتركز في الكربوهيدرات والدهون والبروتينات، أما المكونات الأخرى للأغذية فهي عوامل مساعدة ومنظمة للعمليات في تمثيل مصادر الطاقة ومنظمة للوظائف الفيزيولوجية المختلفة.

حيث تزود الكربوهيدرات والبروتينات الجسم بطاقة حرارية قدرها ٤حرات /غرام، أما الدهون فتمد الجسم بحوالي ٩ حريرات/غرام يتأكسد أكسدة كاملة داخله، ويختلف مقدار الطاقة اللازمة من إنسان لآخر حسب وزنه وطبيعة عمله ونشاطه وأمور أخرى لكنها تُقدر بالمتوسط بحوالي ٥٠٠-٣٠٠٠ حرة (كالوري كبير) يومياً وهذا ما يطلق عليه اصطلاحاً المقنن أو الاحتياج اليومي من الطاقة، وعموماً يُفضل استخدام البروتينات لعمليات البناء الحيوي للنسج والأنزيمات وغيرها من خلايا ومكونات الجسم واستخدام الكربوهيدرات أولاً ثم الدهون ثانياً كمصادر للطاقة، بسبب أن الهدم الكلي للبروتينات ينتج حمض البول والنشادر مما يجهد الكلى ويعمل على تركيز حمض البول في خلايا الجسم (النقرص)، إضافة للعامل الاقتصادي يحتاج الإنسان إضافة لمصادر الطاقة إلى عناصر مغذية أخرى تُقدر بأكثر من خمسين عنصراً تُعتبر ضرورية للتغذية السليمة فإنه من المهم تحديد مقنن غذائي يومي أيضاً من هذه العناصر أو ما يُسمى بالإحتياج اليومي الذي يُعرف بأنه المتوسط اليومي لكمية المغذيات الضرورية التي يُعتقد أن الإنسان السليم يحتاجها في الظروف العادية، حيث يساعد تحديد هذه الكميات على تنظيم البرامج الغذائية السليمة لأفراد المجتمع، ونظراً لصعوبة تحديد كميات هذه العناصر في مختلف الأغذية بدقة وتسهيلاً لتناول وجبة غذائية متوازنة نسبياً فقد اُقترح تقسيم الأغذية إلى أربع مجموعات رئيسية لابُد أن تتوفر في الوجبة الغذائية اليومية للإنسان وهي:

١. مجموعة الخبز والحبوب: توفر هذه المجموعة الكربوهيدرات بالدرجة الاولى وبعض البروتينات والأملاح المعدنية والفيتامينات وتضم الخبز والبرغل والأرز والبطاطا والمعكرونة والبسكويت والسكاكر وهي المصدر الأول للطاقة وتختلف الكميات اللازمة منها حسب المجهود والنشاط العضلي.

٢. مجموعة الحليب ومنتجاته: تمد هذه المجموعة الجسم بالدرجة الأولى بالكالسيوم والفوسفور وبدرجة جيدة بالفيتامينات والبروتينات عالية القيمة الحيوية وبعض الدهن والسكريات، وتضم الحليب الطازج والمجفف والمكثف والأجبان والألبان المتخمرة.

ويُنصح بتناول ما لا يقل عن كأس كبير (ربع ليتر) يومياً من الحليب أو ما يعادله ومنتجاته، ويُفضل زيادة هذه الكمية في حالة الأطفال والمرضعات والحوامل، هناك بعض منتجات الحليب التي تحتوي على نسبة عالية من الدهن كالقشدة والزبدة والسمنة.

٣. مجموعة الخضار والفواكه: هذه المجموعة غنية بالفيتامينات والعناصر المعدنية والألياف وبعض السكريات، وتضم جميع الخضار والفواكه (تفاح، برتقال، ليمون، بندورة، جزر، مشمش، بطيخ، خضر ورقية ...إلخ) حيث يجب تناول الخضار والفواكه مرتين يومياً ويُفضل أن تكون طازجة.

٤. مجموعة اللحوم والمكسرات والبقوليات: اللحوم والأسماك والبيض غنية بالبروتينات عالية القيمة الحيوية وبالحديد، كما أنها تحتوي على نسبة جيدة من الفيتامينات والعناصر المعدنية والدهون، وكذلك المكسرات كاللوز والجوز والفستق والبندق التي تمتاز بغناها بالدهون إضافة للبروتينات، وبالرغم من أن البقوليات تحتوي على نسبة عالية من البروتينات إلا أن قيمتها الغذائية الحيوية أقل من مثيلتها الحيوانية لذا يجب أن لا تقل نسبة البروتينات الحيوانية عن ٣٥% من الاحتياج اليومي للبروتين الكلي، وتوصي الجهات المعنية بتغذية الإنسان بتناول معدل يومي من اللحوم بحدود ١٠٠ غ. وتدخل في اعتبارات حساب الطاقة أيضاً الزيوت المضافة في تحضير الأغذية والمثلجات اللبنية والعصائر والمياه الغازية إلا أن هذه المواد لا يمكن أن تحل تماماً مكان المجموعات الرئيسية السابقة.

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفصل الثالث

عوامل جودة الأغذية ومراقبتها

QUALITY FACTORS IN FOODS AND FOODS CONTROL

١- تعريف: تُعرف عوامل جودة الغذاء بأنها مجموعة الصفات التي يمكن بواسطتها التمييز بين عدة عينات من نفس الغذاء لتحديد درجة جودة كل منها على أساس مدى تقبل المستهلك ومقدار قيمتها الذائية والصحية، وبالتالي يمكن تعريف مراقبة الجودة بأنها العمليات التي يمكن بواسطتها ضبط درجة الجودة للغذاء عند الحد الذي يقبله المستهلك وربطه بالسعر المناسب، على أن يكون خاليا من العوامل الممرضة والسامة.

إن امتلاك الغذاء لمواصفات الجودة النوعية العالية التي يرغبها المستهلك من خواص حسية وقيمة غذائية يكسبها قيمة صافية بالمقارنة بالعينات الأدنى من نفس الغذاء، وعموماً يمكن تقسيم عوامل جودة الغذاء تبعا لوسيلة تقييمها إلى مجموعتين:

٢- مجموعة العوامل التي تدرك بالحواس:

وهي الوسيلة التي يعتمد عليها المستهلك في تقييم جودة السلعة الغذائية وتستحوذ على اهتمامه في المقام الأول وتقسم بدورها حسب وسيلة إدراكها حسيا إلى المجموعات التالية:

٢-١: مجموعة عوامل مظهر الغذاء: وتشمل الحجم والشكل واللون واللمعان والشفافية والعيوب، وهي أول ما يلفت نظر المستهلك، فتناسق الحجم والشكل أمر مرغوب في النفس، وغالبا ما يرغب المستهلك في الفاكهة وبعض الخضار الحجم الكبير، ومعظم الخضار من الحجم الصغير (الخيار – الباذنجان – الكوسا) ويفضل أن تكون الأغذية ذات ألوان زاهية وذات شفافية ولمعان وبري، لان اللون الباهت أو القاتم غالباً ما يدل على فقدان الطزاجة وأحياناً انخفاض القيمة الغذائية وقلة تركيز العناصر المغذية، لذلك يسعى المنتجون غالباً لتحسين ألوان منتجاتهم ويتتبعون تعيراتها أثناء عمليات التصنيع والتخزين، وتعتبر التمزقات والتعرجات والشقوق

والتآكل والتبقعات من العيوب الظاهرية للسلعة الغذائية، وتقدر جودة السلعة لهذه الصفات عند المستهلك عادة بالنظر، أما مراقب الجودة فيحدد جودة الحجم باستخدام آلات التدريج الحجمي المعتمدة على مبدأ الفرابيل، ويقدر درجة التناسق والشكل بالمقارنة بوحدات نموذجية مصورة أو بتحديد مقدار الانحناء أو التعرج وقياس الطول والعرض، ويقدر درجة جودة اللون واللمعان والشفافية والبريق باستخدام أجهزة تجزئة اللون من حيث طول موجة الامتصاص ودرجة غماقته وشدته أو باستخدام نماذج لونية بأرقام متدرجة تسمى أقراص منسل القياسية.

٢-٢: مجموعة عوامل القوام: تشمل هذه المجموعة تحديد نعومة وخشونة الغذاء وطراوته ومطاطيته ولزوجته وتماسكه وعصيريته وقابليته للمضغ، وتختلف الأغذية فيما يفضل بينها هذه الصفات، فاللزوجة العالية تفضل في الشرابات والمربيات والعسل، بينما تعتبر اللزوجة صفة سلبية غير مرغوبة في معظم الأغذية الأُخرى ودليلا على فسادها كاللزوجة على سطح اللحم. وتفضل صفة الطراوة والعصيرية والقابلية للمضغ في معظم الأغذية، وخاصة في اللحوم، كما تفضل صفة النعومة والتماسك في معظم الفواكه والخضار، أما صفة التليف فهي غير مرغوبة في كثير من الأغذية إن معظم هذه الصفات تقيم من قبل المستهلك بواسطة الضغط باليد أو الشد والمط واللزوجة بالتدبق، ولكن مراقب الجودة فيحدد درجة الطراوة بقياس قوة القطع، والقابلية للمضغ بقياس قوة التمزق، والعصيرية بقياس كمية العصير المنفصل عند الضغط، والمطاطية بقياس قوة الشد، واللزوجة بقياس قوة الخلط، ويمكن استخدام الرطوبة للاستدلال على نضج البازلاء، وتقدير نسبة المواد الصلبة الذائبة أو مقدار الألياف للاستدلال على درجة التليف، ولتحسين خواص القوام لبعض المنتجات الغذائية تستخدم الدهون لتحسين طراوة المعجنات والنشا والبكتين لتماسك وتعليظ القوام والسكريات لزيادة اللزوجة، والبروتينات لزيادة الترابط، ومواد الاستحلاب لزيادة درجة التجانس في الشوكولا والمثلجات وعيرها.

٢-٣: عوامل النكهة والطعم: إن طعم ورائحة أي غذاء ينتج عن مزيج من المركبات الكيميائية المتواجدة بنسب تتفاوت من غذاء لآخر، وتشترك حاستا الشم والذوق في إعطاء انطباع محدد عن نكهة غذاء ما، لأن الطعم والرائحة صفتان متلازمتان في تحديد النكهة، وقد يصعب على الإنسان تحديد نكهة غذاء ما إذا أغمض عينيه وسد أنفه، فقد يلتبس الأمر عليه مثلا في التمييز بين نكهة المشمش

والأجاص، وترتبط النكهة أيضا بالنظر واللمس، فنكهة الكرز ترتبط بلونه الأحمر القاني، ونكهة الجبن بقوامه المتماسك، ولاشك أن أذواق المستهلكين تختلف فيما يفضل كل منهم من طعم ونكهة في غذاء معين، وتؤثر أنماط المعيشة لدى المجتمعات وعاداتهم الغذائية في تقبل أنماط معينة من الأغذية، فالفسيخ (السمك المملح المخزن في عبوات مغلقة وتعرض لعملية تحلل في بعض مكوناته) ذو الرائحة القوية الزنخة غذاء مفضل لدى غالبية المجتمع المصري، وفي الوقت نفسه يرفض غالبية السوريين هذا النوع من الغذاء، وحتى في البلد الواحد تختلف الأذواق ففي بعض المناطق السورية يفضل أهلها الشنكليش (كتل من اللبن المجفف نسبيا والمضاف إليه بعض التوابل) والبعض في المناطق الأخرى لا يتقبله.

يعتمد المستهلك في تقييمه لطعم الغذاء على التذوق باللسان الذي خلق الله في أجزائه مناطق معينة لتميز طعم الحلاوة والملوحة والحموضة والمرارة، ومن الطعوم أيضا الطعم القابض والصابوني والمحروق، وفي تقييمه لصفة الرائحة على حاسة الشم التي هي أقوى ألاف المرات من حاسة الذوق، فنميز بواسطتها بدقة عالية رائحة الأنواع المختلفة من الفاكهة والخضار والزهور والتوابل والألبان والأسماك ورائحة التعفنات وزناخة الزيوت وغيرها، أما مراقب الجودة فيستخدم الطرق الكيميائية والفيزيائية في تقييم جودة الغذاء من حيث الطعم والنكهة، فيعتمد على تقدير نسبة الملح في تحديد درجة الملوحة، ويستخدم الرفراكتومتر أو البولاريمتر لتحديد درجة الحلاوة، والمعايرة بالقلوي أو باستخدام جهاز pH لتقدير درجة الحموضة، أما معايير النكهة فتقدر عادة باستخدام جهاز الكروماتوغرافيا الغازية السائلة التي تفصل مكونات النكهة الطيارة وتقدر كل منها، إلا أن ذلك لا يغني عن إجراء اختبارات التذوق لان انف الإنسان يبقى هو الأقدر والأدق على تحديد نكهة غذاء ما حيث يستخدم فيها أشخاص مدربون يمتلكون حاسة ذوقية عالية وخبرة، لأن الطريقة الآلية تعطي نسب المكونات ولا تعبر عن تفضيلها، لذلك فإن استخدام طريقة التقييم بالحواس تبقى أساسية معتمدة لدى الكثير من مؤسسات الإنتاج الغذائي وجهات مراقبة الجودة.

٣- مجموعة العوامل التي لا تدرك بالحواس وأهمها:

٣-١: القيمة الغذائية: إن الهدف الأول والأساسي من تناول الغذاء هو الحصول على متطلبات الجسم من الطاقة والعناصر المغذية الأخرى، وتتوقف القيمة الغذائية لأي مادة على تنوع محتواها من هذه العناصر ومقدار كل منها. وبالتالي عليها

تتوقف درجة جودتها النوعية، وتحدد درجة جودة الغذاء من حيث قيمته الغذائية بطرق التحليل الكيميائي للعناصر المكونة له بتقدير نسبة البروتينات والكربوهيدرات والدهون والعناصر المعدنية والفيتامينات ونوعية كل منها، كما يقدر بالطرق الحيوية معامل الهضم والتمثيل الغذائي.

٣-٢: درجة النظافة ومدى التلوث الميكروبي: تعتبر العناية بنظافة الغذاء ومدى التلوث الميكروبي للمادة الأولية أثناء المرور بمراحل العمليات الصناعية المختلفة من أهم عوامل الجودة في الغذاء وعليه فان الهيئات المعنية بصحة الغذاء سعت بكل جدية للحد من احتمالات تلوث الغذاء بالأحياء الدقيقة وخاصة الممرضة منها والمنتجة للسموم والمنتجة للأنزيمات الأخرى، عن طرائق تنظيم عمليات التصنيع والالتزام بالإرشادات الخاصة بها. إن الحكم على درجة جودة الغذاء من حيث نظافته ومدى تلوثه الميكروبي، واحتمالات احتوائه على السموم أو فساده يمكن أن يتم عن طريق تحديد الحمولة الميكروبية للغذاء وتحديد نوعية الأحياء الدقيقة الملوثة (بكتيريا – فطور–خمائر) (ممرضة أو غير ممرضة) أو تقدير نسب نواتج التحلل العميق لفعالية أنزيمات هذه الأحياء الدقيقة وإجراء اختبارات السمية واختبارات الترسيب والدناسة لاحتمال وجود مؤشرات لبقايا حشرات أو قوارض وغيرها.

٣-٣: قابلية الغذاء للحفظ: قد يبدو الغذاء في حالته الراهنة سليماً صالحاً للاستهلاك البشري، لكن مجرد حفظه لفترة زمنية بسيطة قد تظهر علائم التغيير في الطعم أو الرائحة أو القوام أو اللون، أي يصبح غير قابل للاستهلاك، لأن مثل هذا الغذاء يحتوي على مركبات نشطة تؤدي إلى إحداث تغير في طبيعته وتركيبه، كأن يفسد الزيت بعد فترة وجيزة من تخزينه، أو يفسد اللحم بعد ساعات من اقتنائه، مما يشكل خسارة للمنتج أو للمستهلك، لذلك فإن قدرة الغذاء على البقاء سليماً لأطول فترة ممكنة يعتبر من عوامل جودته، وتقدر قابلية الغذاء للحفظ عادة بتعريض عينة منه لظروف غير طبيعية تسمى ظروف تسريع الفساد كالتخزين في درجات الحرارة أو الرطوبة المرتفعة أو في جو من الأوكسجين أو الإضاءة ثم تحديد الفترة المنقضية حتى ظهور علائم الفساد فالفترة لطويلة تدل على ثبات مكونات الغذاء وقابليته العالية للحفظ.

هناك عوامل جودة خاصة بغذاء ما، فمثلاً وجود العكارة في عصير البرتقال يعتبر من عوامل الجودة، بينما يعتبر ظهورها ي عصير التفاح (خاصة الأخضر) غير مرغوب، كما أن ظهور الرغوة في بعض المستحلبات وفي البيرة يعتبر من عوامل الجودة المرغوبة، بينما ظهورها على سطح كأس الشاي غير مرغوب.

الفصل الرابع

فساد الأغذية FOOD SPOILAGE

١- مقدمة:

الغذاء مادة عضوية قابلة للتحلل بواسطة الأنزيمات الذاتية أو الناتجة عن الأحياء الدقيقة أو بتأثير التفاعل مع الأوكسجين أو الضوء وغيرها من عوامل فساد الغذاء وهي ظاهرة طبيعية تتماشى مع قوانين الطبيعة، فكل مادة عضوية سواء كانت من إنسان أو حيوان أو نبات معرضة للتفسخ والتحلل بفعل هذه العوامل بعد ان تفقد مقومات الحياة ،وغالبا ما تكون نواتج التحلل العميق لهذه المادة العضوية ذات رائحة كريهة تغير من طعم الغذاء وقوامه ولونه إلى الأسوأ، كما يكون الكثير من هذه المركبات الناتجة عن التحلل ذا تأثير ضار على صحة المستهلك، لذلك لابد للإنسان من السعي لحفظ غذائه من عوامل الفساد بكل الوسائل والطرق الممكنة، لان فساد الغذاء يعني خسارة كبيرة للمجتمع المنتج من الناحية الاقتصادية والجهد والوقت المبذولين في إنتاجه ونقصاً في المتطلبات الغذائية، وعليه فانه لابد للعاملين في مجال حفظ الغذاء من الفهم الدقيق لعوامل فساد الأغذية أولا ثم العمل على إيجاد الطرق الكفيلة بوقف هذه العوامل.

٢- تعريف فساد الغذاء وبعض مظاهره:

هو التغيير الذي يحصل في الغذاء من ناحية الطعم أو الرائحة أو القوام أو اللون، أومن الناحية الصحية يجعله غير مقبول لدى مجموعة المستهلكين، ولابد من الإشارة إلى أن هذا التعريف يبقى نسبياً، فمثلا يعتبر العصير فاسداً إذا تعرض للتخمر بتحول السكر إلى كحول، بينما يعتبر ذلك عملية صناعية عند الرغبة في إنتاج النبيذ.

تختلف أسباب ومظاهر الفساد في الأغذية، فمنها ما يحدث نتيجة تفاعل كيميائي بين معدن العلبة وحموضة مكونات الغذاء الذي يؤدي لإنتاج غاز الهيدروجين وانتفاخ العلبة، ومنها ما يحدث نتيجة تزنخ الدهون بالأكسدة الذاتية فيكتسب الغذاء رائحة

وطعماً غير مقبولين، ومنها ما يحدث بفعل نشاط الأنزيمات الذاتية أو الناتجة عن الأحياء الدقيقة مثل الاسوداد الأنزيمي في بعض الخضار والفاكهة فيؤدي إلى إكسابها لوناً بنياً مسوداً يسيئ إلى مظهرها، أو كما يحدث في حالة تعفنات اللحوم والأسماك والبيض، وحالات تخثر الحليب، وقد يكون بتأثير عوامل فيزيائية مثل تهدم قوام الهلام النشوي بتأثير التجميد وتجبل الملح والسكر في الوسط الرطب، ومن أخطر أنواع فساد الغذاء التلوث بالأحياء الدقيقة الممرضة أو نشاط المنتجة منها للسموم في الغذاء.

٣- المواد الغذائية من حيث قابليتها للفساد

يمكن تقسيم الأغذية إلى ثلاث مجموعات من حيث قابليتها للفساد:

٣-١: الأغذية سريعة الفساد: أهمها اللحوم والأسماك والألبان ومعظم الخضار والفواكه حيث تتلف وتفسد خلال مدة تتراوح بين عدة ساعات وعدة أيام حين تخزينها في ظروف درجات الحرارة العادية، لأن التركيب الكيميائي لهذه المواد يكون ملائماً لنشاط عوامل الفساد بسبب ارتفاع نسبة الرطوبة المتاحة والمناسبة لتحلل البروتينات والكربوهيدرات والدهون.

٣-٢: الأغذية ذات القابلية المتوسطة للفساد: مثل البطاطا والتفاح والبصل والثوم ولب المكسرات، حيث تعود مقاومتها النسبية لعوامل الفساد إما إلى امتلاكها لقشرة سيليلوزية تحميها من عوامل الفساد كما في البطاطا، أو لاحتواء قشرتها على مواد مضادة لنشاط الأحياء الدقيقة كما في البصل أو لانخفاض نسبة الرطوبة كما في لب المكسرات كالجوز واللوز والفستق، حيث يمكن تخزين هذه المواد لمدة أسبوع كما في التفاح أو لعدة أسابيع كما في البطاطا أو لعدة أشهر كما في البصل.

٣-٣: الأغذية المقاومة لعوامل الفساد: مثل الحبوب الجافة والتمور والمكسرات ذات القشرة السميكة كالجوز واللوز والفستق والبندق، وذلك بسبب الانخفاض الشديد في نسبة الرطوبة التي لا تسمح للأحياء الدقيقة والأنزيمات بالنشاط فيها أو لوجود القشرة السميكة الصلبة التي يحميها من فعل هذه العوامل، وتقاوم مثل هذه الأغذية الفساد لفترة زمنية طويلة نسبيا تتراوح بين عدة أشهر وقد تمتد إلى سنتين أو أكثر

إلا أن التعرض للحشرات أو التخزين السيئ في ظروف رطبة وحارة قد تؤدي إلى فسادها.

٤- عوامل فساد الأغذية:

٤-١: الأحياء الدقيقة: تزخر الطبيعة بوجود آلاف الأجناس والأنواع من الأحياء الدقيقة التي تسبب غالبيتها فساد الغذاء عن طريق إفراز أنزيمات تحلل مكونات الغذاء من سكريات أو دهون أو بروتينات ينتج عنها مركبات ذات رائحة كريهة وتحدث تغيرا في قوام الغذاء وفي لونه وطعمه، أو تفرز سموماً في الغذاء أو يكون بعضها ممرضاً بحد ذاته، لكن من جهة أخرى قد يستخدم البعض منها بشكل مفيد في الصناعة الغذائية، وسيكتفى في هذا المجال بذكر مجموعات الأحياء الدقيقة من وجهة نظر علم الأغذية وأهميتها في فساد الأغذية والصناعة الغذائية دون التعرض لمواصفاتها الشكلية وأنماط حياتها وتكاثرها مما يخص علم الأحياء الدقيقة.

٤-١-١: البكتيريا Bacteria: منها ما هو مفيد في الصناعة الغذائية مثل بكتيريا حمض اللبن العائدة للأجناس Streptococcus، Lactobacillus، Leuconostocالتي تحلل سكر اللاكتوز إلى حمض اللبن وثاني أوكسيد الكربون بشكل أساسي مع إنتاج قليل من حمض الخل. وهي واسعة الاستخدام في صناعة الألبان المتخمرة والأجبان المنضجة وفي إنتاج المخللات، وكذلك بكتريا حمض الخل Acetobacter. التي تستخدم في صناعة الخل الطبيعي بتحويل الكحول إلى حمض خل.

لكن معظم أجناس البكتريا الأخرى تسبب فساد الأغذية أو تلوثها بالسموم أو تشكل عناصر ممرضة بحد ذاتها ومن أهمها:

١- جنس كلوستريديوم Clostridium: وهي بكتيريا عصوية لاهوائية متبوغة محبة للحرارة والرطوبة، لبعض أنواعها قدرة على تحليل البروتينات، أو تحليل السكريات والنشويات والسيللوز والبكتين أو إنتاج حمض الزبدة (البيوتريك) ذي الرائحة الواخذة الكريهة، أو إنتاج السموم، أو فساد المعلبات، وبذلك تسبب فساد الغذاء تركيبيا وصحياً.

٢- جنس باسيلس Bacillus: بكتيريا عصوية محبة للحرارة، بعض أنواعها يحلل البروتينات وأخرى تحلل السكريات والنشويات والبكتين والسيللوز مما يؤدي إلى ليونة الثمار وسيولة الهلام أو فساد المعلبات.

٣- جنس بسيدوموناس Pseudomonas: تسمى بالعصيات الزائفة، وهي محبة للبرودة وتسبب فساد الأغذية المبردة بتحليلها للبروتينات والدهون، كما أنها تتحمل تركيزات مرتفعة نسبياً من الملح.

٤- جنس Alcaligenes: بكتيريا محبة للبرودة تسبب فساد الأغذية المبردة خاصة النوع A.viscosus الذي يسبب ظاهرة الحليب الخيطي ولزوجته، كما أن أنواعاً منها يسبب فساد الدهون.

٥- جنس Achromobacter: بكتيريا محبة للبرودة تتحمل تركيزات مرتفعة نسبيا من الملوحة تسبب فساد الأغذية المبردة والمالحة نسبياً، وكذلك تسبب فساد الدهون.

هناك أجناس بكتيرية أخرى كثيرة تسبب فساد الأغذية منها جنس Serratia الذي يسبب فساد الأغذية الدهنية وتلوينها باللون الأحمر وخاصة على سطح الزبدة، وجنس Flavobacterium الذي يسبب فساد الأغذية المبردة وظهور تبقعات لونية صفراء وبرتقالية على سطح الغذاء، وجنس Proteus الذي يحلل البروتينات وينتج الغازات، وجنس Erwinia المحلل للبكتين، وجنس Aerobacter المسبب لإنتاج الغازات المعوية، وأنواع منه تسبب لزوجة الغذاء، وجنس Echerichia المسبب لإنتاج الغازات المعوية وبعض أنواعه وسلالاته ممرضة وتنتج سموم داخل الجسم، وجنس micrococas الذي يسبب لزوجة الأغذية ويتحمل الملوحة.

إن أخطر أجناس وأنواع البكتيريا الأخرى التي تنتقل عن طريق الغذاء البكتيريا العنقودية الذهبية Sta. aureus التي تفرز سمومها في الغذاء وتسبب ما يسمى بالتسمم العنقودي، وبكتريا Salmonella و Shigella التي تسبب أنواعاً منها الحمى التيفية، وجنس البروسيلا Brucella الذي تسبب أنواع منها الحمى المالطية عند الإنسان.

٤-١-٢: الخمائر Yeastes: تعد كفطريات وحيدة الخلية، هوائية اختياراً، حيث تنشط متكاثرة في الأوساط الهوائية، ومنتجة للأنزيمات المحللة للسكريات غالبا في

الأوساط اللاهوائية، البعض منها يستخدم في الصناعة الغذائية لإنتاج الكحول في صناعة النبيذ والبيرة وتخمير العجين في صناعة الخبيز لإنتاج غاز co_2 الذي يعمل على انتفاخ رغيف الخبز وينتسب إلى الجنس Saccharomyces، والغالبية منها يسبب فساد الثمار والخضار والأغذية الأخرى مثل الجنس Zygosaccharomyces الذي يسبب فساد الشرابات والمربيات والعسل والمولاس لامكانية تحمله تركيزات مرتفعة من السكر بعد التأقلم تدريجياً وجنس Pichia الذي يسبب فساد المشروبات الكحولية بأكسدة الكحول، وجنس Hansenulla الذي يسبب فساد الأغذية الحامضية والكحولية، وجنس Debaryomyces الذي يسبب فساد اللحوم المقددة والملحية والحامضية والأجبان، وجنس Candida الذي يسبب فساد الأغذية الملحية والحامضية كما أن بعض أنواعه تسبب فساد الزبدة (Ca. lipolytica)، وجنس Trichosporon الذي يسبب فساد اللحوم المبردة والبيرة.

٤-١-٣: الفطريات Molds: جميع الفطريات هوائية، لا تتحمل الحرارة المرتفعة عموماً باستثناء جنسيPenicilium, Aspergillus اللذان يقاومان الحرارة نسبياً، وأهم أجناس الفطريات من وجهة نظر علم الأغذية جنس Mucor الذي يسبب فساد الأغذية بتحليله للنشا في نفس الوقت الذي يمكن اعتباره مفيداً في صناعة القطن بتحويل النشا إلى سكريات وفي إنضاج أنواع من الجبن. وجنس Aspergillus الذي يفسد كثيراً من الأغذية بتحمله التركيزات عالية نسبياً من السكر والملح وانخفاض الرطوبة نسبياً، ومنه أنواع مفيدة في الصناعة الغذائية مثل A.niger الذي يستخدم في إنتاج حمض الليمون وحمض الجلوكونيك، ومنه أنواع تسبب تسممات خطيرة مثل A.flavus، وجنس Rhizobus الذي يفسد الخبز والخضار والفواكه ومنه النوع المعروف بعفن الخبز الأسود R.nigricans، وجنساً Thamnidium وSporotrichum اللذان ينموان على سطوح اللحوم المبردة ويسببان فسادها وجنس Penicilium الذي يسبب فساد أنواع الفاكهة والحمضيات، لكن بعض أنواعه تستخدم في إنضاج الجبن المسمى بالروكفورت، وأنواع أخرى منه تنتج البنسيلين، وجنس Monilia الذي ينمو على الخبز، وجنس Botryts الذي يفسد العنب وأغذية أخرى.

٤-٢: الأنزيمات الطبيعية: تحتوي الأغذية على أنزيماتها الطبيعية الذاتية إضافة للأنزيمات التي تنتجها الأحياء الدقيقة الملوثة للأغذية، وهذه الأنزيمات الطبيعية في الكائنات الحية تكون ذات نشاط متوازن مضبوط، لكن ذلك لا يلبث أن يختل بمجرد جمع المحصول أو موت الحيوان، فمثلا لا يقوم أنزيم الببسين الذي تفرزه خلايا جدران المعدة بهضم الأنسجة البروتيتية في الحيوان الحي، إلا انه بعد موت الحيوان يختل التوازن وينعدم الانضباط ويبدأ هذا الأنزيم بهضم كافة الأنسجة البروتينية التي يتلامس معها ومنها نسيج المعدة ذاته. وإن غالبية التفاعلات الأنزيمية في الأغذية تؤدي إلى فسادها، إلا أن البعض منها يفيد في الصناعة الغذائية ويجب استغلاله كعمليات إنضاج اللحوم والجبن والفواكه المقطوفة مبكرا وقد سبق التعرض لخصائص الأنزيمات وأهميتها في الصناعة الغذائية وبعض أنواعها وطبيعة عملها.

٤-٣: الحشرات والطفيليات والقوارض: تعتبر من العوامل الهامة في فساد الأغذية وتسبب تلفاً كبيراً في الحبوب والفاكهة والخضار يصل إلى حوالي ١٠% في البلاد المتقدمة، بينما يزيد عن ذلك كثيراً بالبلاد النامية، وخاصة بالأغذية المخزنة، فيما لا تتلف الحشرة جزءاً كبيراً من الثمرة إلا أنها تجعلها عرضة لعوامل الفساد والأذى كالتلوث بالأحياء الدقيقة. لذلك يعمد عادة إلى استعمال المواد الكيميائية الطاردة أو القاتلة للحشرات مثل بروميد المثايل أو الفوسفين برشها في المخازن أو ضمن عبوات كتيمة، لكن لذلك محاذيره الصحية على المستهلك.

يمكن أن تسبب الطفيليات (الأوليات والديدان وبيوضها) الملوثة للفواكه والخضار (وخاصة الورقية)، والديدان الشريطية التي يمكن أن توجد في النسيج العضلي للحوم الأبقار والخنازير، أمراضاً خطيرة للإنسان، لذلك يجب استعمال المحاليل المعقمة كالبرمنغنات والهيبوكلوريد أو البوراكس أو محاليل الأحماض الأخرى للقضاء عليها، أما بالنسبة للحوم فيجب سلقها جيداً أو تجميدها لمدة أسبوعين للقضاء على حويصلة الدودة الشريطية في اللحم.

٤-٤: الرطوبة: تلعب الرطوبة في الغذاء (وخاصة الرطوبة الحرة)، ورطوبة الجو المحيط بالغذاء أثناء فترة التخزين دوراً هاماً في فساد الأغذية، حيث يتوقف مدى نشاط الأحياء الدقيقة والأنزيمات وكثيراً من التفاعلات الحيوية والكيميائية على نسبة

الرطوبة في الغذاء وبالوسط المحيط، فارتفاع نسبة الرطوبة يشجع على نمو وتكاثر الأحياء الدقيقة وزيادة معدل التلوث الغذائي، وتحلل الغذاء وظهور علائم الفساد الخارجي مثل اللزوجة والقوام الرخو والرائحة العفنة الكريهة وتبدل اللون.

٤-٥: الهواء والأكسجين: يشكل الأوكسجين ٢٠% من حجم الهواء، وهو عامل مهم في حدوث التفاعلات التي تنعكس سلباً على مواصفات الأغذية، فهو يسبب تأكسد الدهون والزيوت وتزنخها وبالتالي حدوث تغيرات غير مرغوبة في طعم ونكهة الغذاء، كما يسبب تغيرات لونية غير مرغوبة بأكسدته للملونات الطبيعية، ويخفض القيمة الغذائية الحيوية للغذاء وخاصة في الخضار والفواكه بأكسدته لفيتامين A-C-E. من ناحية أخرى فإن الأوكسجين ضروري لنمو وتكاثر الفطريات والخمائر وكثيراً من الأجناس البكتيرية التي تسبب فساد الأغذية، لذلك فإن أولويات حفظ الغذاء العمل على منع نشاط الأوكسجين إما بتعبئة الأغذية السائلة ساخنة حيث يحل بخار الماء محل معظم الهواء، أو بالتعبئة تحت تفريغ أو بإحلال غاز خامل مثل CO_2 أو N_2 محل الهواء بالعبوات، أو بالتغليف بطبقة كتيمة كالشمع أو بالغمر في محاليل سكرية أو حمضية أو ملحية، أو باستعمال مضادات الأكسدة الطبيعية أو الكيميائية.

٤-٦: ارتفاع أو انخفاض الحرارة في الوسط المحيط: إن الارتفاع النسبي في درجات حرارة التخزين بدءاً من ٥°م حتى ٤٠°م يضاعف من شدة التفاعلات الكيميائية والحيوية مرة عند كل ارتفاع قدره ١٠ درجات مئوية، كما أن النشاط الأمثل لمعظم الأحياء الدقيقة يكون في المجال الحراري بين ٢٥°م إلى ٤٠°م، إضافة إلى أن ارتفاع الحرارة إلى ٥٠- ٧٠°م يسبب تغيراً في طبيعة البروتينات، وغالباً ما يؤدي إلى تجمعها وتغير خصائصها، وكذلك تؤدي الحرارة المرتفعة نسبياً إلى انفصال مكونات الأغذية المعتمدة على حالة الاستحلاب مثل انفصال طبقة دهنية على طبقة الشوكولاته أو انفصال المستحلبات السائلة إلى طبقات.

إن انخفاض درجة حرارة التخزين إلى حد كبير قد يؤدي إلى تدهور في نوعية الأغذية وصفاتها من حيث لونها، أو قوامها وخاصة عند تخزين الخضار والفواكه

بدرجات الحرارة السالبة حيث يؤدي الصقيع أيضا إلى تشقق القشرة الخارجية وبالتالي سهولة التلوث والفساد عند ارتفاع درجات الحرارة.

٤-٧: الضوء: يؤثر الضوء في قابلية الأغذية للفساد، فهو يساعد على حدوث عمليات تزنخ الزيوت والدهون، ويساعد على حدوث تغيير في الملونات الطبيعية في الأغذية، كما يساعد على فقد بعض الفيتامينات لفاعليتها مثل فيتامين B_2 (الريبوفلافين)، وعموماً يمكن حماية الأغذية من التأثيرات السلبية للضوء بتعبئتها في عبوات ذات ألوان غامقة أو بتغليفها بأغلفة غير شفافة (عاتمة).

٤-٨: تقادم مدة الحفظ: عند تخزين الأغذية لفترة زمنية طويلة وبالرغم من عدم ظهور علائم فساده فانه يكتسب طعماً و نكهةً مختلفين عن طعم ونكهة الغذاء الطازج حديث التحضير، وذلك ما يسمى بطعم القدم، فطعم ونكهة ولون الشرابات الطبيعية حديثة التحضير تبدو أفضل من الشرابات المخزنة لفترة زمنية طويلة نسبياً، إضافة إلى أن طول فترة تخزين الغذاء تزيد من احتمالات تعرضه لعوامل الفساد الأخرى، إلا أن إطالة فترة تخزين بعض الأغذية يحسن من طعمها ونكهتها كعمليات التخزين لبعض أنواع الجبن بهدف الإنضاج، أو تعتيق النبيذ.

٥- التسممات الغذائية:

تسبب الأغذية الملوثة بالأحياء الدقيقة الممرضة أو المنتجة للسموم، أو التي تحتوي في تركيبها على مواد سامة، أو التي تعرضت للتلوث بالمواد الكيميائية السامة ضرراً كبيراً للإنسان وفي بعض الحالات تؤدي إلى موته، و نعرض فيما يلي أهم أنواع التسممات الغذائية:

٥-١: التسمم بالمواد الكيميائية: يحدث هذا النوع من التسمم نتيجة لتلوث الغذاء أو مياه الشرب أو الأيدي بالعناصر الكيميائية السامة كالزرنيخ والزئبق وأملاح الرصاص والنحاس والحديد والكادميوم والتوتياء والألمنيوم والكلور والفلور، خاصة عند استعمال الأواني المعدنية غير المطلية جيداً بالقصدير أو الكروم، كما يحدث التسمم بالمبيدات الحشرية عند رشها على المزروعات أو عند تلوث أيدي العمال بها وعدم الغسل الجيد عند الأكل، أو نتيجة استنشاق رذاذها، ويعتبر هذا النوع من التسمم من أخطر أنواع التسممات التي تؤدي غالباً إلى الموت خلال ساعات قليلة،

ويمكن معالجة هذه التسممات بعد حدوثها مباشرةً وقبل أن تمتص من قبل الأمعاء بإعطاء المتسمم الحليب السائل أو البيض النيئ أو أي مادة تحتوي على بروتينات ذوابة، حيث تقوم هذه البروتينات بالارتباط مع العناصر السامة وخاصةً المعدنية الثقيلة مكونةً معقداً غير قابل للامتصاص، وغالباً ما يخضع المتسمم إلى عملية غسل المعدة بسرعة.

٥-٢: التسمم بالنباتات أو الحيوانات: تحتوي بعض النباتات ولحوم بعض أنواع الأسماك على مركبات سامة للانسان عند تناولها، ومن أمثلة ذلك التسمم بمفرزات نوع من الفطر Claviceps النامي على حبوب القمح أو الشوفان، والتسمم بالارجوت Ergot وهو تسمم خطير يؤدي إلى حالات جنون وخلل في النخاع الشوكي وإجهاض النساء الحوامل، كما تسبب مفرزات فطر Asbergillus flabus تسمماً خطيراً عند نموه على الحبوب والفستق السوداني وغيرها من الأغذية في جو من الرطوبة والحرارة النسبية ينتهي غالباً بالموت وخاصة عند وجود تركيزات مرتفعة من الافلاتوكسين، مما يصعب معالجة هذا النوع من التسمم وجود سلالات مختلفة لها صادات عديدة، ومقاومة التوكسين للتحلل بالحرارة العالية.

قد يحدث التسمم الغذائي أيضاً نتيجة تناول بعض أنواع النباتات المحتوية على المواد السامة مثل تناول كميات من اللوز المر الذي يحتوي على السيانوجين وخاصة عند الأطفال، وبمادة الجوسيبول الموجودة في بذرة القطن عند استخدامها كعلف للحيوانات بنسبة عالية، أو عند وجودها في الزيت المستخلص بالطريقة الباردة من بذرة القطن، وتظهر بعض التسممات الغذائية أيضاً عند تناول لحوم بعض أنواع الأسماك الصدفية مثل بلح البحر والجندوفيلي الموجودة في البحر الأحمر وخاصة في الصيف حيث تتركز في لحومها مادة قلويدية سامة، وقد يحدث التسمم أحياناً بتناول بعض أنواع الفطور السامة كبعض أنواع فطر عش الغراب التي تتسم غالباً بلون زاهي وقوام صلب نسبياً.

هناك حالات من التسممات التحسسية الفردية التي قد تصيب بعض الأفراد دون الآخرين، ومثال ذلك التسمم التحسسي المسمى بالفافيزوم Favism الناتج عن تناول الفول الأخضر أو استنشاق حبوب اللقاح الذي يؤدي إلى حالات من تحلل الدم، يعتقد

إنه مرتبط بالعوامل الوراثية الشخصية، كما أنه قد يحدث التسمم التحسسي عند تناول غذائين مع بعضهما مثل تناول السمك واللبن أو البيض واللبن، وهي حالات تسمم فردية تتعلق بالظروف الشخصية للمتسمم مثل حالات الانزعاج النفسي، وتتلخص أعراضها باحمرار وحكة وتورم، وقد ينتج هذا النوع من التسمم من تناول أغذية بروتينية تحتوي على الأمينات السامة كالتيرامين والتريتامين والهيستامين.

٥-٣: التسمم بالأحياء الدقيقة ومنتجاتها: إن تلوث الغذاء بالأحياء الدقيقة الممرضة أو بمفرزاتها السامة يجعل الغذاء فاسداً غير قابل للاستهلاك البشري قطعاً. هناك أنواع من الأحياء الدقيقة التي تفرز سمومها في الغذاء بظروف خاصة قبل تناوله وفي ظروف خاصة وهي بحد ذاتها غير ممرضة. وهذا ما يسمى بالتسمم الخارجي، وأخرى تعتبر هي بذاتها كخلية مسببة للأمراض بما تفرزه من سموم بعد تناول الغذاء الملوث بها ويسمى بالتسمم الداخلي.

٥-٣-١: التسمم الخارجي: يحدث نتيجة تناول الغذاء الذي نشطت به الأحياء الدقيقة وأفرزت سمومها فيه قبل تناوله في ظروف خاصة أهم أمثلته:

أ- التسمم البوتيوليني وهو من أخطر أنواع التسممات الغذائية، يحدث نتيجة لإفراز بكتيريا Cl. Botulinum لمادة شديدة السمية بالغذاء المخزن في الظروف اللاهوائية والحرارة والرطوبة المرتفعة نسبيا والحموضة المنخفضة قبل تناوله، علماً أن البكتيريا بحد ذاتها كخلايا غير سامة ولا ممرضة، تظهر أعراض الإصابة بالتسمم بعد حوالي ٢٤-٤٨ ساعة من تناول الطعام المحتوي على المفرزات السامة على شكل صعوبة بالبلع ثم ضيق في التنفس وازدواجية في الرؤية وشلل في اللسان والحجاب الحاجز ينتهي غالباً بالموت (٧٠% من المصابين)، ومن أوجه خطورة هذا التسمم أيضاً أن الأطعمة التي تحتوي على هذه السموم تكون طبيعية نسبياً في مظهرها وطعمها، فيها رائحة تجمع بين زناخة الزبدة وعفونة اللحم، يحدث هذا النوع من التسمم غالباً في الأغذية المعلبة والسجق وصاصيجو والسمك، ولا يظهر في الأغذية المحفوظة بالتبريد، خاصة عند درجات أقل من +٤ م لأن ذلك لا يسمح للبكتيريا المنتجة للسموم بالنشاط. ويمكن عند الشك بغذاء ما التخلص من السموم الناتجة عن نشاط هذه البكتيريا

بالغلي لمدة ١٠ إلى ١٥ دقيقة حيث تتحلل وتتلف وتفقد فعاليتها السمية، تتم معالجة المصابين بهذا التسمم عن طريق إعطاء الترياقات المضادة المناسبة لهذه السموم والتي يصعب تحديدها تماما نظراً لتعدد أنواعها وسلالاتها.

ب- التسمم العنقودي: ينتج عن طريق تناول الغذاء الذي يحتوي على السموم التي تفرزها البكتيريا Sta. aureus في الطعام قبل تناوله والمخزن في درجات حرارة ورطوبة مرتفعة نسبياً، وهي بكتيريا هوائية غير متبوغة محبة للحرارة والرطوبة، وهو من أوسع التسممات انتشاراً وخاصة في الجبن واللحوم والأطعمة الجاهزة الموجودة طويلة نسبياً في ظروف من درجة حرارة الغرفة وخاصة صيفاً، ولا يعتبر هذا النوع من التسمم شديد الخطورة لاقتصار أعراضه على حدوث قيئ وإسهال ودوخة ومغص وآلام في الأمعاء بعد بضع ساعات من تناول الطعام والتي تزول غالباً بعمليات غسيل المعدة أو تناول الأدوية المضادة ، لذلك فإن نسبة الوفيات بين المصابين تقل عن ١%، ومن الملاحظات الواجب ذكرها أن هذه البكتيريا تموت بغلي الطعام لمدة بضع دقائق، لكن السم المفرز شديد المقاومة للتحلل بالحرارة حيث يحتاج لمدة ساعة غليان كاملة حتى يتحلل، كما أنه لا توجد ظواهر حسية واضحة لتلوث الغذاء بهذا السم.

٥-٣-٢: التسمم الداخلي: يحدث عن طريق تلوث الأغذية بالأحياء الدقيقة ذاتها بإفراز سمومها في الجسم بعد تناول الطعام وامتصاصه حيث تقاوم هذه الأنواع من الخلايا البكتيرية الظروف المحيطة بها في المعدة وعندما تصل إلى الدم تفرز سمومها فيه مسببة الأمراض المختلفة للإنسان وأوسعها انتشاراً بكتيريا السالمونيلا والشيغيلا Salmonella, shigella المسببة لمرض التيفوئيد والباراتيفوئيد وبكتيريا البروسييلا Brucella المسببة للحمى المالطية وأهم أعراضها القيئ والاسهال والحمى والوهن التي تظهر بعد يوم أو أكثر من تناول الأغذية الملوثة بهذه البكتيريا وأهم هذه الأغذية اللحوم والألبان والأسماك والبيض، كما يمكن أن تنتقل هذه الأمراض عن طريق الحيوانات أو العمال المصابين أو الحشرات والقوارض التي تحمل هذه البكتيريا وغالباً ما تعالج هذه الأمراض بالمضادات الحيوية وبالحمية النوعية.

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الباب الثاني

أساسيات الصناعات الغذائية الحفظية

الفصل الأول

حفظ المواد الغذائية بالتعليب

١- المقدمة: لابد قبل التحدث عن الطرائق التي تستخدم في الحفاظ على المواد الغذائية من الفساد من ذكر العبوات التي تستخدم في صناعة الحفظ بالتعليب والتي تطورت بسرعة بعد إدخال أجهزة البسترة والتعقيم التي تقضي على الأحياء الدقيقة المسببة لفساد المواد الغذائية وإدخال الورنيش في طلي عبوات الصفيح، بالإضافة إلى استخدام عبوات بلاستيكية وزجاجية وصفائح الألمنيوم وغيرها. وهنك بعض الشروط اللازم توافرها في العبوات بأن تتحمل حرارة التعقيم ويسهل صنعها بأشكال مختلفة وأن تكون خفيفة الوزن لتقليل نفقات الشحن وأن تتحمل عمليات التداول والشحن وأن تكون رخيصة الثمن ومانعة لتسرب الرطوبة والهواء وأن يسهل قفلها وفتحها عند التفريغ والاستعمال وأن لا تكون سامة أو ضارة بصحة الإنسان وأن تكون نظيفة وذات منظر جذاب.

ويستعمل في التعبأة عبوات مختلفة مثل: عبوات الصفيح (تعليب الخضار والفاكهة والفطر واللحوم والأسماك وغيرها) وعبوات الزجاج (مياه غازية وحليب وعصائر وغيرها) وعبوات بلاستيك (مياه الشرب والخل وغيرها) وصفائح الألمنيوم (الأطعمة الجاهزة).

٢- صناعة علب الصفيح :

تحتل علب الصفيح أكثر من ثلث عبوات الصناعات الغذائية ويعود الفضل إلى تطور آلات التصنيع (Bodymaker) التي تصنع كامل جسم العلبة آلياً، والانتقال

بعدها إلى تصنيع الصفائح بالطريقة الباردة بسماكة لا تتجاوز ٢ – ٣٥ مم. وتخضع علب الصفيح لثلاث مراحل:

٢-١: المرحلة الأولى (صناعة ألواح الصفيح): تتلخص صناعة ألواح الصفيح بالنقاط التالية

- تسخين كتل (Bessmer) أو قضبان الحديد على درجات حرارة عالية وتسحب وتمرر من خلال اسطوانات فولاذية مختلفة الأبعاد وتستمر عملية إمرار الصفائح على الأسطوانات بالضغط حتى نحصل على الألواح بالسماكة المطلوبة.
- تغمر الألواح الناتجة في محلول ممدد ساخن من حمض الكبريت لإزالة الأوساخ وبقايا أكسيد الحديد لكي يسهل التصاق طبقة القصدير بالألواح.
- التسوية: تسخن ألواح الصفيح ثانية بغياب الهواء بهدف تقوية الألواح وإكسابها مقاومة ضد الكسر.
- التسوية على البارد: تضغط ألواح الصفيح بين اسطوانات خاصة على البارد بهدف زيادة متانة الصفيح وزيادة تحملها للشد والتشكيل.
- عملية التطرية: تمرر الألواح ثانية من خلال اسطوانات فولاذية بطريقة خاصة بهدف تليين وتطرية ألواح الصفيح على درجات حرارة منخفضة وبوجود ضغط عال.
- تعامل ألواح الصفيح ثانية بمحلول ممدد من حمض الكبريت لمدة قصيرة وتخزن بعد ذلك في الماء لحين الطلاء.
- عملية الطلاء: تطلى الألواح المعدنية بطبقة من القصدير لمنع الصدأ أو التفاعل مع المواد الغذائية، ويتم بالطريقة القديمة طلاء الألواح عن طريق غمرها في محلول القصدير وتزال الكميات الزائدة من القصدير بواسطة الآلة، أو يتم طلاء الصفيح بالقصدير بطريقة حديثة باستخدام الكهرباء التي تتطلب كمية قليلة من القصدير الذي يترسب ويتوزع على سطح ألواح الصفيح بشكل متجانس وتكون كلفة الطلاء منخفضة.
- طلاء الصفيح بمواد عضوية (ورنيش) بغية منع تماس المادة الغذائية مع الصفيح وعزل طبقة اللحام (خليط رصاص وقصدير) عن الأغذية. كما تطلى علب الصفيح

بورنيش (C) الذي يحتوي على نسبة عالية من أكسيد التوتياء بهدف منع تشكل المواد الكبريتية ذات اللون الداكن (كبريتيت الحديد) وتشكل كبريتيت التوتياء ذات اللون الفاتح المقبول. ويؤدي استعمال الورنيش إلى منع التفاعل الكيميائي مع المواد الغذائية، أي يمنع التفاعل بين المواد الغذائية والصفيح، ولا يؤثر الورنيش على الخواص الحسية والنوعية للمواد الغذائية المعبأة، ويملك قوة التصاق عالية مع جدران الصفيح ولا ينفصل عن الصفيح في درجة حرارة التعقيم المعرضة لها المواد الغذائية وبخاصة معلبات اللحوم والأسماك والألبان والمواد التي تحتوي على نسبة عالية من البروتين. ويستعمل الورنيش القياسي في طلاء معظم علب صفيح تعبئة الخضار والفاكهة. كما يستعمل الورنيش (L) في طلي صفيح أنواع محدودة من الأغذية ذات القيمة الغذائية العالية (الفطر واللحوم). وهناك الورنيش الصحي الذي يمنع فقد الصبغات القابلة للذوبان في الماء ويحافظ على رونق ولون الفاكهة مثل التفاح بعد التعليب، ولا يستعمل هذا الورنيش عند الخضار والفاكهة الحاوية على صبغات غير قابلة للذوبان في الماء مثل الجزر والبندورة.

كما يتم تغطية العلب بالورنيش المقاوم للحموضة أو للكبريت وذلك عن طريق إمرار ألواح الصفيح قبل صناعة العلب في الورنيش السائل وتضبط سماكة طبقة الورنيش بمرور الصفيح من خلال آلة تحتوي على اسطوانتين، وتسخن الألواح في الفرن ويعاد طلاؤها مرة أخرى (تطلى العلب اليوم بعد تصنيعها بالورنيش بحيث يرش سطحها من الداخل على شكل رذاذ وتسخن العلب على درجة حرارة منخفضة لكي لا يتلف اللحام الجانبي للعلبة).

يجب أن لا تعبأ المواد الغذائية القلوية في عبوات مطلاة بالورنيش، لأن القلوية تسبب ليونة وتقشر مادة الورنيش، ويسبب ذلك تفاعلات كيميائية بين المواد الغذائية وصفيح العلب، وتسبب تسممات خطيرة في كثير من الأحيان.

٢-٢: المرحلة الثانية (صناعة جسم العلبة من ألواح الصفيح):

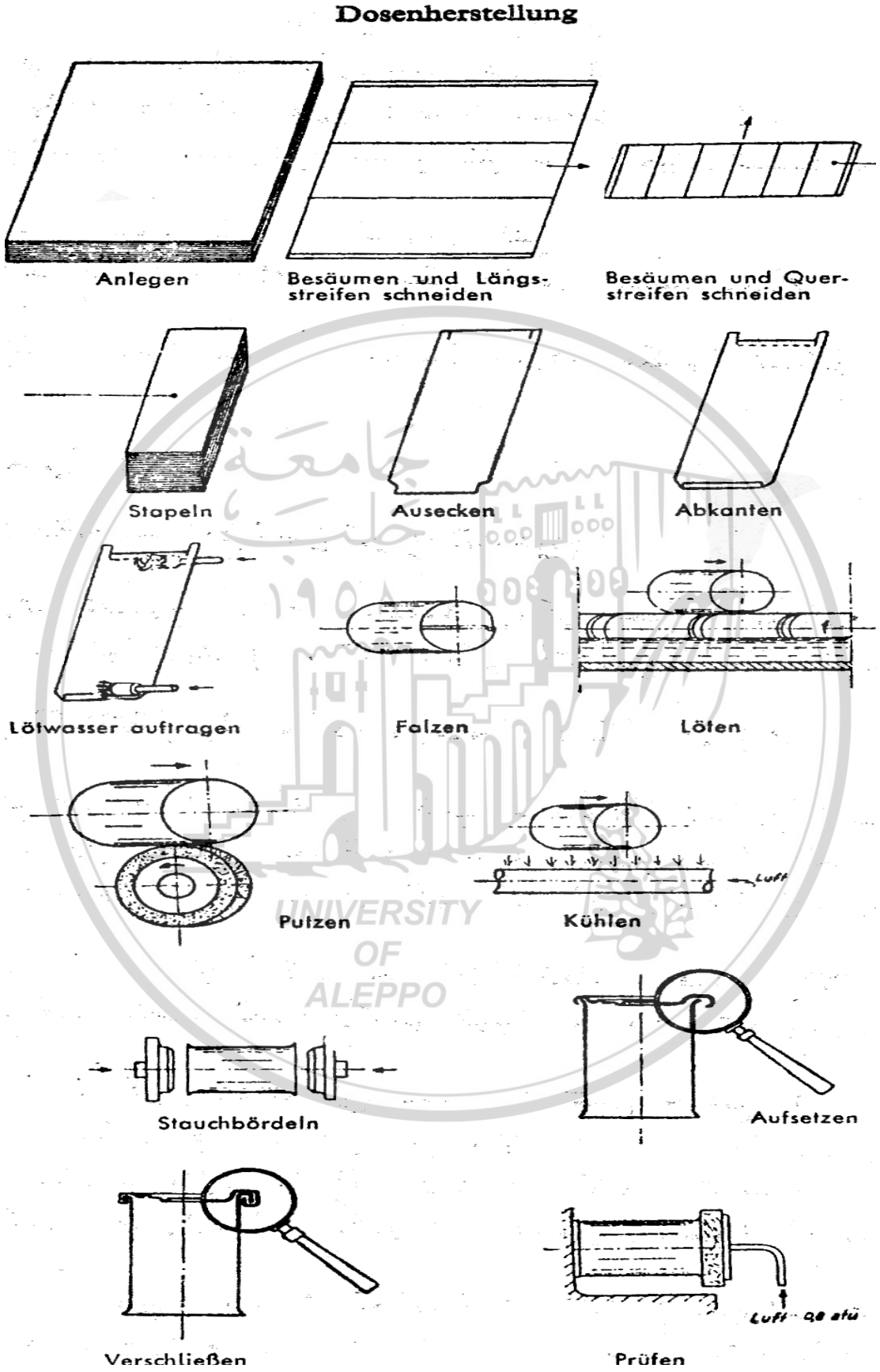
- تقطع ألواح الصفيح بواسطة آلات حادة تحتوي على سكاكين حادة وتعمل بواسطة الضغط الهيدروليكي أو باستخدام الكهرباء إلى أشكال مختلفة (أسطوانية ومستطيلة ومربعة وغيرها).

- تثقيب أو إزالة أركان جدران قطع الصفيح من أطرافها الأربعة لقطعة الصفيح بهدف تسهيل تركيب غطاء العلبة وقاعها.
- تكوين الهيكل الأسطواني للعلب: ثنى طرفي الصفيح للداخل وطلائها بماء اللحام على طول طرفي الثني وطرقها بمطارق خاصة ويتشكل بما يسمى الدسرة الجانبية للعلبة ويتشكل بذلك جسم الأسطوانة.
- اللحام الجانبي للدسرة الجانبية: تمر الأسطوانة بعد ذلك على حوض خاص مسخن كهربائياً لدرجات حرارة عالية ويحتوي على مادة اللحام المكونة من خليط معدني مكون من حوالي ٤٠% رصاص و٦٠% قصدير وتزال الزيادة منها.
- تبريد العلب بإمرارها على تيار هواء بارد.
- تكوين طرفي العلبة عن طريق إمرار العلبة على آلية مقعرة الطرفين تضم العلبة بين أطرافها ضاغطة طرفيها مكونة للأخاديد العلوية والسفلية، ويمكن بذلك تركيب القاع والغطاء (الشكل رقم ١).

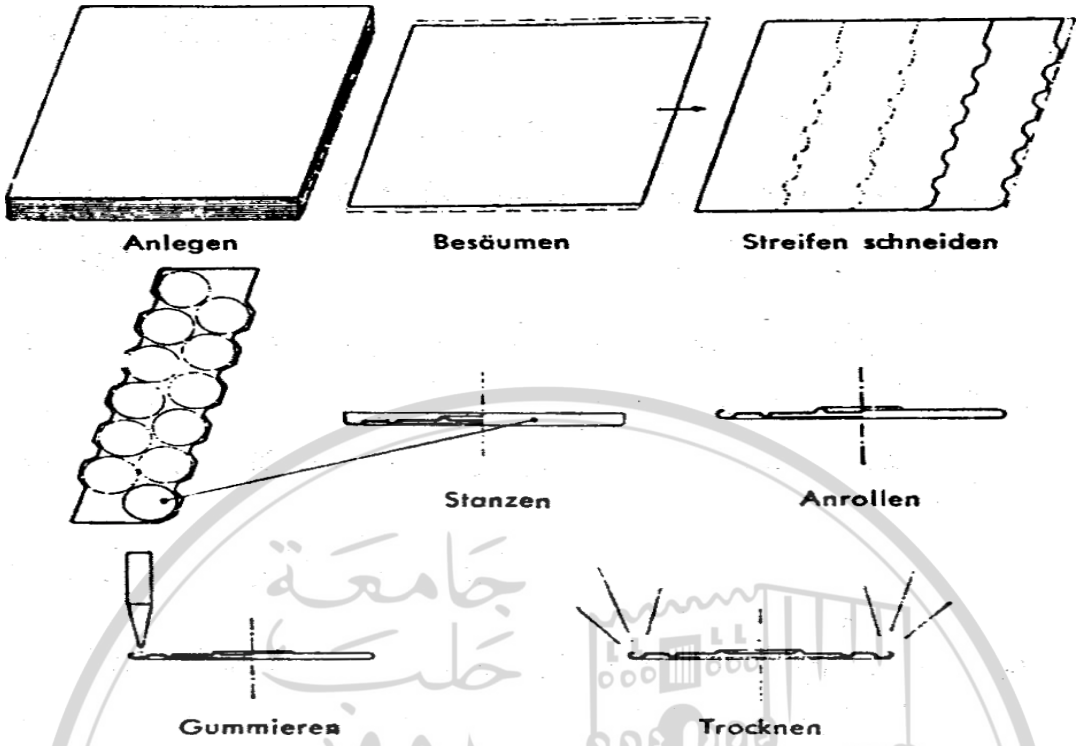
ويتم اليوم إنتاج جسم العلب من مواد معدنية خفيفة مثل الألمنيوم وخلائطه ويتم تشكيل جسم العلبة على مراحل باستخدام مطارق ضخمة بعد رفع درجة حرارة المعدن إلى درجات حرارة عالية، ولا حاجة لتركيب القاع لأنه يصنع مع العلبة مباشرة. ويمكن تصنيع جسم العبوة على شكل أنابيب ويكون قطر فوهتها مساو لقطر العلبة المراد تعبئتها، وتقطع هذه الأنابيب بواسطة آلات خاصة وحسب طول العلبة، وتقوم آلات خاصة بتكوين الأطراف لتركيب الغطاء والقاع عليها، وتطلى هذه العلب بمادة الورنيش وتكمل بقية مراحل التصنيع.

٢-٣: المرحلة الثالثة (تركيب القاع والغطاء من ألواح الصفيح):

- تقطع الصفائح بمقصات دائرية خاصة للاستفادة العظمى من ألواح الصفيح.
- تضغط الصفائح الدائرية بواسطة مطارق خاصة لتكوين ما يسمى حلقات التمدد التي تسمح بتمدد العلبة من الداخل وازدياد حجمها عند الضغط عليها.
- تعبأ أخاديد الإغلاق بمادة كوتشوك أو يلاستيك لإحكام الإغلاق.
- يتم تركيب القاع أولاً باستعمال آلة القفل المزدوج مباشرة.
- تمرر الصفائح الدائرية على آلة لتشكيلها حسب حجم العلبة ويتم ذلك في آن واحد مع تشكيل بما يدعى أخاديد الإغلاق (الشكل رقم ٢):

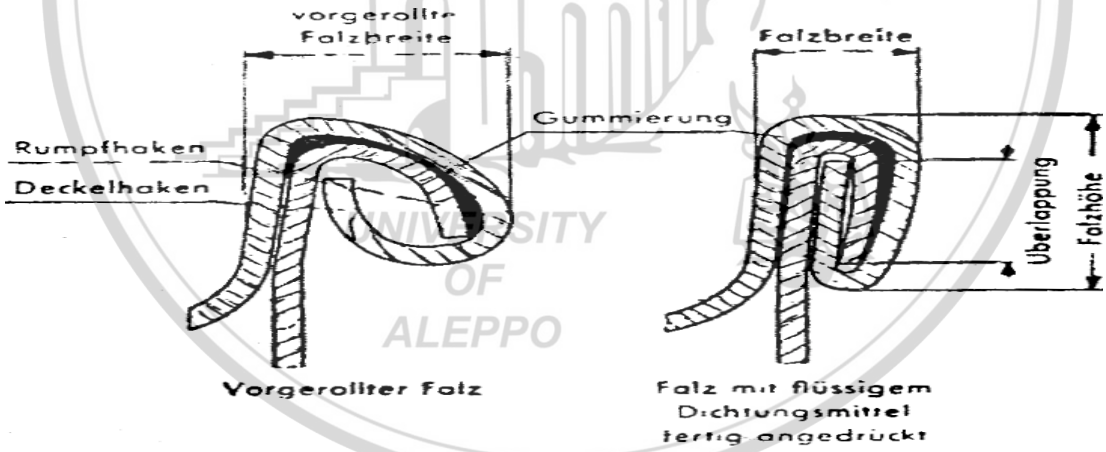


الشكل (١) مراحل تصنيع جسم العلبة من ألواح الصفيح



الشكل (٢) تقطيع الصفائح وتشكيل أخاديد الإغلاق

- تملأ العبوات بالمواد الغذائية ويوضع الغطاء على العبوة ويغلق أيضاً بواسطة آلة القفل المزدوج (الشكل رقم ٣):



الشكل (٣) القفل المزدوج

يتم التأكد من عملية الأقفال أو التنفيس بعد تركيب القاعدة (القاع) وإملاء العبوة وتركيب الغطاء باستخدام آلة سحب الهواء لضبط عملية الأقفال. وتطرح عبوات الصفيح بأحجام مختلفة:

٢٠٠ غرام و٥٠٠ غرام و٢ كغ و٥ كغ و١٠ كغ، وتستخدم الحجوم الكبيرة في المشافي والمدارس والمطاعم.

٣- العبوات الأخرى المستعملة في التعليب:

٣-١: الأواني الزجاجية: يتكون الزجاج من سيليكات الصوديوم والكالسيوم والمغنزيوم بنسب مختلفة بحسب نوع الزجاج وطريقة تصنيعه والغاية المصنع لأجلها، وتصنع أغطية الأواني الزجاجية من الألمنيوم أو من الصفيح المبطن بالبلاستيك أو بالفلين أو بالورق أو بدون تبطين وهو الحال في أغطية زجاجات الحليب المبستر.

هناك فوائد عديدة للعبوات الزجاجية في حفظ الأغذية مقارنة مع عبوات الصفيح ومنها:

يستطيع المستهلك رؤية ما تحتويه العبوة الزجاجية، بالإضافة إلى أن الزجاج خامل كيميائياً ولا يتأثر بالأملاح والأحماض الموجودة ضمن الأغذية، بالإضافة إلى محافظتها على رائحة المادة الغذائية،وإمكانية كتابة المعلومات عليها بدون أن تتأثر بعمليات التعقيم والغسيل.

وتتلخص عيوب العبوات الزجاجية في قابليتها للكسر ووزنها العالي وصعوبة تعبئتها وتأثير الضوء على الأغذية بسبب شفافية الزجاج.

ويتكون الزجاج عادة من ثلاثة أنواع من الأكاسيد:

- أوكسيد السليكا المشكل للزجاج (رمل بدرجة عالية من النقاوة).
- الأوكسيد الصاهر – ينتج عن صهر السليكا المشكل للزجاج مع الأوكسيد الصاهر المنحل في الماء (أوكسيد الصوديوم أو أوكسيد البوتاسيوم أو أوكسيد الليثيوم).
- الأكاسيد المثبتة – تستخدم لتقليل إنحلال المادة المتشكلة وتشمل مجموعة أوكسيد الكالسيوم وأوكسيد المغنزيوم ويليهما في الأهمية أوكسيد الباريوم وأوكسيد الألمنيوم.

وتتكون الزجاجات المستخدمة في حفظ الأغذية من سليكات الصوديوم والكالسيوم والمغنيزيوم بالنسب التالية:

$SiO_2 = 74\%$ $Na_2O = 18\%$ $CaO = 7\%$

$MgO = 1\%$ $Fe_2O_3 =$ آثار $MnO_2 =$ آثار

٣-٢: العبوات البلاستيكية: هناك عدة أنواع من البلاستيك (PVC, PE, PET) ومن البلاستيك الممزوج ببعض الزجاج والملونات، الأمر الذي يجعلها غير قابلة للكسر وأقل نفاذية للضوء ووزن خفيف.

٣-٣: عبوات الألمنيوم: تستخدم عبوات الألمنيوم التي لا تزيد سماكتها عن ٠,٥ مم وغالباً ما تكون العبوة بأشكال مختلفة (متوازي الأضلاع والمستطيلة وغيرها) وتتحمل درجات الحرارة العالية.

٤- الخطوات المتبعة لتحضير المواد الأولية لصناعة الأغذية المعلبة:

يخضع تجهيز المواد الغذائية الخام لخطوات عامة لكي تصبح جاهزة للتصنيع أو الحفظ ومنها:

٤-١: اختيار الصنف المناسب (Variety): يلعب اختيار الصنف المناسب دوراً هاماً ومؤثراً في جودة المنتج النهائي، وتختلف الصفات اللازم توافرها في المادة الخام تبعاً لاختلاف طريقة التصنيع والمواد الخام. مثال: يلزم عند تعليب عصائر الفاكهة اختيار الأصناف التي تحتوي على كمية عالية من العصير وتوفر مكونات الطعم واللون والرائحة، ويلزم عند تعليب الثمار الكاملة أن تكون متماسكة ومكتملة البلوغ والنضج والتلوين وهكذا، ولهذا تمر الثمار التي تحفظ بالتعليب بمراحل عديدة أثناء نموها وحتى مرحلة البلوغ (Maturity) التي تعطي الثمار الحجم النهائي، وتكتمل في هذه المرحلة أغلب الصفات المميزة لها، وتمتاز بقوة تماسك أنسجتها لكي لا تؤثر درجة حرارة التعقيم على قوام الأنسجة. وتصل الثمار بعد ذلك إلى مرحلة النضج (Ripeness) التي تحمل أقصى درجة من صفات الجودة من طعم ولون ورائحة، وكلما تقدمت الثمرة في مرحلة النضج كلما فقدت تماسكها وتلينت أنسجتها وتصبح أسرع قابلية للتلف والفساد. ولا تجمع الثمار قبل وصولها درجة البلوغ التي تعتبر مرحلة مهمة قبل مرحلة النضوج ويراعى أن تتم عملية الجمع في الصباح الباكر أو عند غروب الشمس حيث تكون درجة الحرارة منخفضة حتى لا تحتفظ الثمار بكمية كبيرة من حرارة الحقل التي تسبب زيادة في نشاط الأحياء الدقيقة والتفاعلات الكيميائية والأنزيمية مما ينتج عنه تدهوراً في صفات الجودة والقيمة

الغذائية. ويجب أن يتم نقل الثمار إلى مكان التصنيع بأسرع وقت لكي لا تتاح فرصة لحدوث مثل هذه التفاعلات الضارة، ويفضل نقل الثمار بسيارات مجهزة بوسائل تبريد مناسبة عندما تكون المسافة بين الحقل ومكان التصنيع طويلة.

٤-٢: الاستلام والوزن (Receiving and weighing): يتم نقل الثمار بعد الانتهاء من جمعها إلى مكان التصنيع، وكلما كانت الفترة بين القطاف وعملية التصنيع قصيرة كلما كان المنتج النهائي أفضل، حيث توزن وتؤخذ منها عينة لتقدير نسبة مكوناتها من قبل القائمين على عملية التصنيع ومراقبة الجودة بغية معرفة مدى توافر صفات الجودة في الثمار ومدى مطابقتها للمواصفات والشروط المتفق عليها، ويتم تقدير الثمن على ضوء نتائج التحليل. فمثلاً يتم تقدير أسعار الفاكهة على أساس اللون وتماسك الأنسجة وتناسق الشكل الخارجي، وتحديد كمية الفيتامينات والبكتينات والسكريات والأحماض عند صناعة العصائر.

٤-٣: إجراء عملية الفرز الأولى (Primary Sorting): تهدف عملية الفرز إلى استبعاد الثمار التالفة أو المصابة أو غير الناضجة والتي لا تصلح للتصنيع لأي سبب كان، وتؤثر هذه الخطوة بشكل كبير في جودة المنتج النهائي، مثال: يؤدي وجود برتقالة واحدة تالفة في مئة برتقالة سليمة عند تصنيع عصير البرتقال إلى تلف العصير الناتج، وعادة توضع الثمار على سير طويل متحرك ويقوم العمال بفرزها يدوياً واستبعاد الثمار غير السليمة. ويتم فرز البازلياء آلياً عن طريق اسطوانة دوارة تحتوي على ثقوب تزداد أقطارها باتجاه نهاية الآلة (فرز حجمي)، أو يكون الفرز تدريجي على أساس ما تحتويه من مواد سكرية ونشوية (البازلاء) أو من ألياف (الفاصولياء).

٤-٤: النقع والغسيل (Soaking and Washing): تهدف عملية الغسيل إلى إزالة الأتربة والأوساخ وبقايا المبيدات الحشرية والجراثيم وبقايا أجزاء النبات وغيرها من المواد الملوثة للثمار .ويفضل نقع الثمار قبل عملية الغسيل وبخاصة التي تنمو قريباً من سطح الأرض حتى تزال الأتربة الملتصقة بها. ويجب إضافة مادة مطهرة إلى ماء النقع مثل الكلور (١٠٠ مغ/كغ) أو البوراكس (رابع بورات الصوديوم) بتركيز ٨,٤ % أو يعامل الماء بالأوزون للقضاء على الأحياء الدقيقة المرافقة للمواد الأولية

من الحقل، ويساعد ذلك في الإقلال من استهلاك المياه بقدر الإمكان حيث استخدم في الماضي كميات كبيرة من الماء الذي يتدفق فوق الثمار. وحالياً يتم غسيل الثمار بالتالي:

٤-٤-١: الغسيل بالرشاشات (Spray Washers): تتناسب هذه الطريقة مع الثمار الطرية الحساسة للصدمات مثل البندورة والعنب والمشمش، وتوضع الثمار على سير متحرك ويسلط الماء عليها أثناء مرورها بضغط قوي من خلال رشاشات.

٤-٤-٢: الغسيل بالآلات الحلزونية (Rotary Washers):

تتكون الآلة من اسطوانة معدنية مثقبة ويتحرك بداخلها حلزون يدفع الثمار من أحد طرفي الأسطوانة إلى الطرف الآخر، ويوجد داخل الأسطوانة أنابيب يندفع منها الماء ويسقط على الثمار أثناء مرورها، وتناسب هذه الطريقة الثمار الصلبة المتماسكة ذات القشرة السميكة.

ويتم التحكم في قوة ضغط الماء وسرعة مرور الثمار في كلتا الطريقتين السابقتين، بحسب حالة الثمار ومدى تلوثها. ويجب مراعاة تخلل الماء في الفجوات بين الثمار، وغالباً تكتمل عملية الغسيل بمرور تيار من الهواء لإزالة الشوائب الخفيفة. ويفضل استخدام الماء البارد في عملية الغسيل للمحافظة على صلابة الثمار وتماسكها والإقلال من خروج أي سوائل منها. كما تؤثر عملية الغسيل على جودة الثمار، ويتوقف ذلك على كمية المياه وقوة الضغط ودرجة الحرارة وكمية الحموضة وقساوة الماء وكذلك محتواها من الأملاح المعدنية. ولا تصلح طرائق الغسيل السابقة في بعض أنواع الفاكهة الهشة والتي تتعرض للعطب من أقل صدمة مثل التوت والفريز الذي لا يتحمل الهواء القوي.

٤-٥: الفرز الثانوي (Second Sorting): تغطي أحياناً الأتربة أجزاء من بعض الثمار وبخاصة التي تنمو قريباً من سطح الأرض مثل البندورة والبطاطا، وقد تكون هناك أجزاء تالفة أو مصابة تحت طبقة التراب لا يمكن رؤيتها وبالتالي لا تستبعد مثل هذه الثمار في الفرز الأولي، ولكن تظهر هذه الحالات بعد إجراء عملية الغسيل وإزالة التراب الملتصق بهذه الثمار، ويفضل إجراء عملية فرز أخرى مكملة للأولى لاستبعاد الثمار التي ظهرت عيوبها بعد عملية النقع والغسيل.

٤-٦: تجهيز وإعداد الثمار للتصنيع أو الحفظ (Preparing): يختلف تجهيز وإعداد الثمار بحسب نوع المواد الخام ونوع العملية التصنيعية والمنتج النهائي المطلوب، وتشمل التقطيع إلى شرائح أو مكعبات أو دوائر أو أنصاف وكذلك إزالة البذور أو إجراء عملية هرس أو فرم أو عصر وغيرها، ويتم مثلاً عند ثمار البازلياء تفريط القرون، وتقطع أطراف الفاصولياء الخضراء وتجزأ إلى قطع متوسطة الطول، بينما تقشر وتقطع البطاطا والجزر إلى مكعبات وهكذا، وغالباً ما تتم معظم هذه العمليات بعد إجراء عملية التقشير والتي تتم بطرائق عديدة ومنها:

٤-٦-١: التقشير اليدوي (Hand Peeling): لا يتطلب التقشير اليدوي معدات خاصة ويتم بواسطة سكاكين حادة من معدن غير قابل للصدأ، وقد تحتوي على نصل مفرد أو ذات نصل مزدوج للتحكم في سمك الطبقة المزالة وتقلل بذلك من الفاقد من المادة الأولية، ولا تحتاج هذه الطريقة إلى استخدام الحرارة أو القلوي، وتقلل فرصة حدوث الاسمرار الأنزيمي (التلون البني) الذي يحدث في بعض أنواع الثمار مثل التفاح والأجاص والبطاطا وغيرها، حيث أن الحرارة والقلوي من العوامل المساعدة على تنشيط الأنزيمات المسؤولة عن تلك الظاهرة، ويساعد عدم استخدام أي مواد كيميائية في التقشير اليدوي على الاستفادة من القشور المزالة في بعض الصناعات مثل صناعة النبيذ والخل أو استخدامها كعلف للحيوانات. كما أن الثمار لا تحتاج بعد ذلك إلى كمية كبيرة من الماء للشطف مقارنة مع بعض الطرائق الأخرى، بالإضافة إلى خلو ماء الشطف الناتج من أي مواد كيميائية وتعتبر هذه الطريقة من أكثر الطرق ملائمة للثمار غير المنتظمة الشكل، ويقابل ذلك التكلفة المرتفعة نتيجة ارتفاع أجور الأيدي العاملة في مناطق كثيرة من العالم، وتعتبر هذه الطريقة بطيئة بالمقارنة مع الطرق الأخرى، وتستخدم هذه الطريقة في تقشير ثمار البطاطا والتفاح والجزر والأجاص والخوخ وغيره.

٤-٦-٢: التقشير بالبخار (Steam Peeling): توضع المواد المراد تقشيرها في جهاز يشبه الأوتوكلاف ويضخ بداخله البخار بشكل مكثف لفترات تختلف بحسب نوعية الثمار وبعدها يوقف ضخ البخار ويضخ عليها الماء البارد مباشرة. وتتعرض قشرة الثمار للتمدد بتأثير الحرارة (٢٠ ثانية) وإلى انكماش القشرة بالتبريد، ويؤدي

تمدد وانكماش القشور إلى تخربها وانفصالها عن الثمار. كما تتعرض الثمار المتقدمة في النضج للبخار لمدة ١٠ – ٣٠ ثانية، ويفضل ترك الثمار غير الناضجة بدرجة كافية لمدة يومين أو ثلاثة أيام لكي تلين أنسجتها، وتصلح هذه الطريقة لتقشير ثمار البندورة والبطاطا والخوخ واللوزيات والتفاحيات والقرنيات كالفستق السوداني. وعادة تكون الثمار التي تستخدم للعصير أو التجميد متقدمة في النضج مقارنة مع التي تستخدم في التعليب.

٤-٦-٣: التقشير بالقلوي (Lye Peeling): تتعرض جدران خلايا القشور للإذابة بفعل المحاليل القلوية، ويتوقف معدل الإذابة على تركيز القلوي ودرجة الحرارة ومدة غمر الثمار. وتستخدم عادة محاليل ساخنة من كربونات الصوديوم أو الصودا الكاوية بتراكيز تكفي لإحداث تخريب في القشرة دون التأثير على طبقات اللب أو المحتويات الداخلية للثمار. ويتحكم في العملية بصفة عامة كمية الماء المستخدم للتقشير والغسيل وكذلك الغاية من تصنيع الثمار، مثال: يتطلب تقشير الخوخ بغرض التعليب: نقع الثمار في محلول قلوي يغلي بتركيز ١,٥% لمدة ٦٠ ثانية، ويتبع ذلك الغسيل لإزالة بقايا القشور، ثم النقع في محلول حمض الليمون بتركيز ٠,٥ ــ ٣% ويعطي نتائج جيدة. بينما يتطلب تقشير الخوخ بغرض التجميد أو التجفيف: استخدام تركيز مرتفع من القلوي يصل إلى ١٠% وزيادة المعاملة إلى ٤ دقائق على درجة حرارة لا تزيد عن ٦٣°س لكي لا يحدث طبخ للطبقة السطحية من الثمرة، وتزال بعد ذلك القشور والقلوي بالغسيل والنقع في محلول حمض الليمون، ويمكن الاكتفاء بالغسيل الجيد بالماء للتخلص من آثار القلوي عندما يتطلب الأمر ذلك.

وتعتبر هذه الطريقة فعالة في إزالة القشور وفي إزالة الأنسجة المتعفنة في حال وجودها، وهي سريعة واقتصادية وتناسب أنواع عديدة من الثمار مثل: الخوخ والأجاص والجزر والبطاطا والبندورة بكل الأحجام والأشكال، بالإضافة إلى سهولة الحصول على المعدات وتركيبها ولكنها تحتاج كميات كبيرة من الماء لإزالة بقايا القشور وآثار القلوي المتبقي في الثمار. ويجب التحكم جيداً في تركيز القلوي ودرجة الحرارة بسبب تعرض أنسجة ثمار الفاكهة للطبخ على درجة حرارة ٦٣°س. ويلزم أن تتعرض الثمار التي تذهب للتجميد أو التجفيف إلى درجات حرارة أقل من ٦٣°س

طول فترة المعاملة. وقد أجريت عدة تحسينات في عملية التقشير بالقلوي بهدف تطويرها مثل: استخدام عوامل الترطيب أو التبلل (Wetting agent) بنسبة ١% لكي تقلل الزمن اللازم للترطيب واختصار الزمن اللازم لتفتيت وتحطيم القشرة إلى النصف، وتستخدم أيضاً المنظفات (Detergent) بنسبة ١٠%. ويبين الجدول رقم (١) متطلبات عملية التقشير بالقلوي لثمار الخوخ بغرض التجميد:

الجدول (١) شروط عملية تقشير الخوخ بالقلوي بهدف تجميده

القلوي (٨٩% صودا كاوية و١٠% منظف و ١% عامل ترطيب)	٤١ كغ
الماء	٤١٦ ليتر
زمن النقع	١ – ٣ دقيقة
زمن التصفية	١٠ – ٢٠ ثانية
زمن الشطف بالماء	٣٠ ثانية
زمن النقع في محلول ١% حمض الليمون	٣٠ ثانية
درجة الحرارة	٦٣ °س

(مثال: لتحضير ١٣٦٣ ليتر من المحلول القلوي بتركيز ٥% يلزم ٧١,٦٧ كغ من القلوي).

٤-٦-٤: التقشير بالحمض (Acid Peeling): يتم تقشير الثمار بالحمض عن طريق غمرها في محلول ساخن يحتوي على الأحماض التالية:

حمض كلور الماء (تركيز ٠,١%) أو حمض الأوكزاليك (تركيز ٠,٠٥%) أو حمض الليمون (تركيز ٠,١%) أو حمض الطرطريك (تركيز ٠,١%). وتؤدي هذه الأحماض إلى تآكل القشرة، وتحتاج الثمار بعد ذلك إلى عملية غسيل بكميات كبيرة نسبياً من الماء لإزالة بقايا القشور وآثار الحمض. وتمتاز هذه الطريقة بعدم توافر الفرصة لحدوث التلون البني (تفاعل ميلارد) أو حدوث أي تفاعلات أكسدة أخرى، ومن عيوب الطريقة التآكل الذي تتعرض له المعدات المعدنية بفعل الأحماض.

٤-٦-٥: التقشير بالاحتكاك (Abrasive Peeling): تقشر الثمار نتيجة عملية الاحتكاك على سطح خشن، ويستخدم هنا أجهزة خاصة تتكون من اسطوانة جدرانها

مبطنة بمادة غير قابلة للتآكل مثل مادة الكربوراندوم وبداخلها قرص من نفس المادة يدور بسرعة كبيرة فيقذف الثمار بقوة، حيث تصطدم بالجدران ويتم تقشيرها بتأثير الاحتكاك، ولا تصلح هذه الطريقة إلا مع الثمار المنتظمة الشكل، وإلا يحتاج الأمر إلى تكملة تقشير الأجزاء المغمورة في الثمار بالطريقة اليدوية. كما تكون نسبة الفقد عالية نسبياً في هذه الطريقة وقد تصل إلى ١٥ – ٢٥% من وزن الثمار، وتستخدم هذه الطريقة مع الثمار التي تتحمل هذه الحركة الميكانيكية مثل: ثمار البلح والبطاطا.

٤-٦-٦: التقشير بالتجميد (Freeze Peeling): يتم تجميد الثمار بسرعة إلى عمق بسيط تحت القشرة، ويجرى لها بعد ذلك عملية انصهار سريعة، وبما أن الطبقة اللحمية لم تتجمد فإنها تتحرر من القشرة بسهولة وتنفصل عنها ويسهل بالتالي إزالة القشور، ويعتبر التجميد من العوامل المنشطة لإسمرار الأنزيمي، ولهذا يلزم معاملة سطح الثمار حالاً بعد التقشير بحمض الأسكوربيك أو أي مانع آخر للاسمرار الأنزيمي، وتشبه الأجهزة المستخدمة إلى حد كبير تلك المستخدمة في حالة التقشير بالبخار.

٤-٦-٧: التقشير باللهب (Flame Peeling): تستخدم هذه الطريقة مع الثمار ذات القشور الجافة القابلة للاحتراق كما هو عند البصل والثوم. وتتم هذه العملية بوضع الثمار على قاعدة متحركة تتعرض للهب قوي تصل درجة حرارته إلى حوالي ١٠٩٤ – ١٢٠٤°س لمدة ثواني يتم خلالها حرق القشور باللهب المباشر وتفصل القشور بعد ذلك بواسطة رذاذ قوي من الماء البارد. وقد يستخدم الإشعاع الحراري في التقشير بإمرار الثمار داخل اسطوانات مسخنة باللهب، وكلفة هذه الطريقة أكبر، ويفقد فيها كمية كبيرة من الحرارة ولكنها أكثر أمناً بالنسبة للمادة الغذائية، وعموماً تكون أجهزة التقشير باللهب مرتفعة الثمن جداً، ولكن نسبة الفقد منخفضة ولا تزيد عن ١٠%.

٤-٧: التدريج (Grading): الغاية من عملية التدريج هو توزيع الثمار الجاهزة إلى درجات مختلفة لكي تتقارب صفات الثمار سواء الشكلية (المورفولوجية) أو النوعية داخل كل درجة على حدة، وينقسم التدريج إلى نوعين أساسيين وهما:

٤-٧-١: التدريج الحجمي (يساعد على تجانس تأثير المعاملة الحرارية في كل وحدات الإنتاج): توزع الثمار الجاهزة سواء كانت كاملة أو مجزأة إلى درجات مختلفة بحسب الحجم صغير أو متوسط أو كبير، وهكذا دون الأخذ في الاعتبار لصفات الجودة المرغوبة مثل اللون أو الطعم أو الرائحة وغيرها. ويفيد التدريج على أساس الحجم في تحديد معاملات التصنيع أو الحفظ المناسب لكل حجم على حدة. كما يعتبر تماثل الثمار في الحجم من الصفات المرغوبة وبخاصة عند تعرضها لمعاملات حرارية مثل السلق أو التعقيم لكي يكون التأثير متماثلاً لهذه المعاملات على كل الثمار داخل الوجبة الواحدة، وأهم عيوب التدريج الحجمي هو اختلاف صفات الجودة في الثمار داخل الدرجة الواحدة، الأمر الذي يتعذر معه إنتاج درجات ممتازة من المواد المصنعة. مثال: تدريج البازلياء حجمياً باستخدام غرابيل تختلف عن بعضها في قطر الفتحات، ويتم تقسيم حبوب البازلياء إلى عدة درجات بحسب قطر الحبوب بغض النظر عن مدى توافر صفات الجودة داخل كل درجة.

٤-٧-٢: التدريج الوصفي (يساعد على الحصول على المنتج الواحد بدرجات جودة متعددة ويتم تحدي السعر المناسب لكل درجة): يعتمد أساس التدريج الوصفي على مدى توافر صفات الجودة المختلفة في الثمار، ويمكن الحصول على المنتج الواحد بدرجات جودة مختلفة، ويمكن بالتالي توجيه كل درجة إلى الناحية التصنيعية الملائمة، فمثلاً يمكن حفظ الدرجات الممتازة من الفاكهة كثمرة كاملة أو مجزأة بالتعليب أو التجميد أو التجفيف، بينما تهرس الدرجات المنخفضة في صفات الجودة وتستخدم في صناعة المربى أو الفطائر. وتقسم ثمار الفاكهة إلى عدة درجات وصفية على أساس مدى خلوها من العيوب الثمرية واكتمال الحجم وانتظام الشكل ودرجة النضج واكتمال التلوين ومدى توافر مكونات الطعم والرائحة ومدى تماسك القوام وهذه الدرجات هي الدرجة الممتازة (Fancy grade) والدرجة الجيدة (Choice grade) والدرجة العادية (Standard grade) والدرجة الأقل من العادية (Substandard grade) ودرجة الماء (Water grade) وأخيراً درجة العينة (Pie grade).

يتم تدريج الخضار وصفياً بالاعتماد على الارتباط الوثيق بين بعض المكونات ودرجات الجودة مثل: تقدير نسبة الألياف كما في الفاصولياء أو نسبة المواد السكرية

إلى النشوية كما في البازلاء أو ما يعرف بعلاقة السكر/النشاء(Sugar /Starch ratio). وتتميز حبوب البازلاء الصغيرة بصفات جودة ممتازة من حيث الطعم واللون، نتيجة ارتفاع نسبة المواد السكرية وبالتالي انخفاض الوزن النوعي لها، وكلما تقدمت حبوب البازلاء في النضج كلما زادت نسبة المواد النشوية وبالتالي ارتفاع وزنها النوعي، ويمكن على هذا الأساس تدريج البازلاء وصفياً، وتوضع المحاليل الملحية ذات الوزن النوعي المختلف بين ١,٠٤ ــ ١,٠٧ في أحواض كبيرة، وتوضع فيها حبوب البازلاء التي تطفو أو تغوص في المحلول الملحي بحسب وزنها النوعي الذي يتأثر بمحتواها من المواد السكرية أو النشوية، وتمتاز الحبوب الطافية بارتفاع درجة الجودة مقارنة مع الحبوب التي تغوص في المحلول. كما يمكن أيضاً قياس درجة طراوة الثمار (Tenderness) باستخدام أجهزة خاصة ويتم تحديد درجات الجودة المختلفة باعتماداً على مدى ليونتها أو طراوتها، وتقوم هذه الأجهزة بتقدير الضغط اللازم لهرس أو اختراق الثمار.

٤-٨: الكبرتة (Sulphuring): تستخدم عملية الكبرتة لعدة أهداف وأهمها:

- القضاء على الأنزيمات والأحياء الدقيقة في المواد الغذائية وتمنع التغيرات غير المرغوبة التي تحدث نتيجة نشاط هذه الأنزيمات وبخاصة المؤكسدة منها .
- المحافظة على لون المنتجات المصنعة.
- منع الفقد في الفيتامينات.

ويتم كبرتة الثمار الكاملة أو المجزأة بتعريضها لغاز ثاني أوكسيد الكبريت الناتج من حرق زهر الكبريت في حجرات خاصة أو غمرها في أحد محاليل أملاح حمض الكبريتوز مثل ثيوكبريتات الصوديوم ($Na_2S_2O_3$) أو ميتا كبريتيت الصوديوم ($Na_2S_4O_6$)، وتستخدم هذه الأملاح بتركيز ٠,٥ – ١% لمدة دقيقة أو أكثر، وتختلف مدة التعريض للغاز أو الغمر في المحلول بحسب التركيز المطلوب في الثمار، وعادة يتراوح تركيز ثاني أكسيد الكبريت في الفاكهة بين ١٠٠٠ ــ ٣٠٠٠ مغ/كغ بحسب نوع الثمار، بينما يتراوح تركيزه بين ٢٠٠ ــ ١٥٠٠ مغ/كغ بالنسبة للخضار (يحتوي العنب على حوالي ١٠٠٠ مغ/كغ والمشمش ٣٠٠٠ مغ/كغ)، وعموماً لا تكون عملية الكبرتة ضرورية بالنسبة للخضار ويستعاض عنها عادة بعملية السلق.

٤-٩: السلق (Blanching): يفضل استخدام عملية السلق مع الخضار فقط، لأن عملية سلق الفاكهة يعرضها لفقد جزء كبير من المواد السكرية والفيتامينات وقصر اللون ببخار السلق، ويؤدي إضافة كمية قليلة من الملح إلى منع تسرب المواد الصلبة إلى الماء، مما يؤدي إلى رفع القيمة الغذائية للمواد المجففة، وعادة يكتفي بعملية الكبرتة بالنسبة للفاكهة، ويستخدم البخار عند الضرورة في سلق الفاكهة، بينما تسلق الخضار عادة بالماء الساخن أو البخار، وتختلف مدة السلق بحسب نوع الثمار وطريقة السلق وتستغرق مدة السلق بالبخار ٢ – ١٠ دقائق. وتحقق عملية السلق أغراض عديدة وأهمها:

- خفض مدة التجفيف.
- طرد الهواء من الفراغات البينية في أنسجة المواد الغذائية، ونتجنب بذلك تفاعلات الأكسدة التي تنتج عن أوكسجين الهواء.
- إبطاء تغير رائحة ونكهة المواد الغذائية.
- خفض الفقد من فيتامين C والكاروتين أثناء التخزين.
- تحسين قوام المادة الغذائية المجففة عند إعادتها إلى حالتها الأصلية.
- وقف نشاط الأنزيمات التي تؤثر على لون وطعم وقوام المواد الغذائية.
- القضاء على عدد كبير من الأحياء الدقيقة الملوثة للمواد الغذائية والتي لا تتحمل درجة السلق (٩٣ ــ ١٠٠°س) وبالتالي تعتبر عملية تعقيم جزئي.
- التخلص من المواد المخاطية التي تحتوي عليها بعض الخضار مثل الباميا وإزالة الطعم الغض والكلوروفيل في البازلاء.
- تليين الأنسجة في الخضار الورقية مثل السبانخ وبالتالي يسهل ملأ العلب بالوزن المطلوب في حالة الحفظ بالتعليب.
- التخلص من جزء كبير من المواد النشوية التي قد تسبب تعكير محلول التعبئة في حال الحفظ بالتعليب.
- تساعد في الوصول إلى أحسن قوام ممكن عند إعادة ترطيب الأغذية المحفوظة بالتجفيف بغرض استهلاكها.

– التخلص من بعض المواد التي تكسب الخضار المحفوظة طعماً غضاً غير مقبول.

ويمكن اختيار كفاءة عملية السلق فيما يختص بالقضاء على الأنزيمات عن طريق الكشف عن نشاط أنزيمات البيروكسيدآز أو الكاتلاز. وقد تم اختيار هذه الأنزيمات نظراً لمقدرتها العالية على تحمل درجات الحرارة العالية، والقضاء على هذه الأنزيمات يعني بالضرورة القضاء على سائر الأنواع الأخرى، كما تنتشر هذه الأنزيمات بكميات كبيرة في معظم الأنسجة النباتية ويتم الكشف عنها بسهولة.

٤-١٠: الفرز النهائي (Final sorting): يهدف الفرز النهائي إلى استبعاد الثمار التي تعرضت للتلف أثناء اجراء الخطوات السابق ذكرها.

وتصبح المادة الغذائية عند هذه العملية صالحة وجاهزة لإجراء العملية التصنيعية المطلوبة، وتختلف الخطوات التكميلية بحسب المنتج النهائي المطلوب الحصول عليه.

٤-١١: إضافة محلول التعبئة (Brining): تعبأ عادة الخضار بواسطة محلول ملحي بتركيز ٢% ما عدا البازلياء التي تعبأ في محلول ملحي بتركيز ٢% وقد يضاف محلول سكري بتركيز ١% بهدف تحسين الطعم وإكساب الطعم السكري المرغوب. وتعبأ الفاكهة بواسطة محاليل سكرية بتراكيز مختلفة بحسب درجة الجودة، وتتراوح بين ٠% لدرجة الماء وحتى ٥٥% في الدرجة الممتازة (Fancy grade). ويجب أن تكون نقاوة مكونات المحاليل (السكر أو الملح أو الماء) على درجة عالية من النقاوة وخالية من الشوائب المعدنية، حيث تسبب شوائب الحديد تلون المحلول أو المادة الغذائية باللون الأسود نتيجة تفاعلها مع التانينات في المادة الغذائية. وتسبب شوائب المنغنيز تغير طعم الخضار، بينما تؤدي أملاح الكالسيوم إلى تصلب الأنسجة، ولهذا يلزم تحضير المحاليل من مياه خالية من العسر. وتتراوح نسبة المحلول المضاف بين ٤٠ – ٤٥% من الوزن الصافي لمحتويات العلبة، بينما تمثل المادة الغذائية المعبأة ٥٥ – ٦٠% من الوزن الصافي.

٤-١٢: إجراء عملية التسخين الابتدائي (Exhausting): الهدف من هذه العملية طرد الهواء الموجود في الفراغ العلوي للعلبة وكذلك الموجود في أنسجة المادة

الغذائية والغازات الذائبة في المحلول وإحلال بخار الماء بدلاً من ذلك، وتتم بتسخين العلبة بعد وضع الغطاء عليها بدون إحكام إلى حوالي ٩٥°س بالماء الساخن أو البخار، وتحقق عملية طرد الهواء من داخل العلبة إلى عدة أغراض:

٤-١٢-١: تفريغ الهواء والأحياء الدقيقة: عدم وجود الهواء يجعل الوسط داخل العلبة غير ملائم لنشاط الأحياء الدقيقة الهوائية التي قد تقاوم تأثير درجة حرارة التعقيم.

٤-١٢-٢: عدم وجود الهواء يوفر الحماية للمادة الغذائية من تفاعلات الأكسدة التي تؤدي إلى فقد بعض الفيتامينات وبخاصة حمض الأسكوربيك.

٤-١٢-٣: يقلل وجود تفريغ داخل العلبة نتيجة طرد الهواء، من الضغط الداخلي في العلبة أثناء عملية التعقيم، ويمنع بالتالي انفجارها أو تشوه شكلها، حيث تتعرض العلب داخل جهاز التعقيم وأثناء المعاملة الحرارية إلى نوعين من الضغط : ضغط داخلي وهو عبارة عن بخار الماء الناتج من غليان محلول التعبئة، وضغط خارجي وهو عبارة عن ضغط بخار التعقيم، ويجب ألا يزيد الفرق بين الضغط الداخلي والخارجي عن ٣ كغ/سم^{٢}، وإلا تعرضت العلب للانفجار، ويؤدي الضغط داخل العلبة في حال عدم طرد الهواء من داخل العلبة إلى تشكل ضغط بخار الماء الناتج من غليان محلول التعبئة، بالإضافة إلى ضغط الهواء الموجود، بينما لا يقابل ذلك من خارج العلبة سوى ضغط بخار التعقيم فقط ويمكن بذلك زيادة الفرق بين الضغطين الداخلي والخارجي، الأمر الذي قد يعرض العلب للانفجار أو التشوه.

وأحياناً يضاف محلول التعبئة وهو يغلي، ولا نحتاج في هذه الحالة إلى عملية التسخين الابتدائي، لأن البخار الناتج يطرد الهواء ويحل محله. ويمكن طرد الهواء من العلب عن طريق إجراء عملية تفريغ أثناء القفل أو إجراء عملية القفل في جو من البخار الذي يعمل على طرد الهواء والحلول مكانه وتتوقف سلامة هذه الخطوة إلى حد كبير على إتمام الخطوة التالية لها على وجه السرعة وبدقة وإحكام.

٤-١٣: القفل المزدوج (Double seaming): يجب أن تتم عملية القفل مباشرة بعد التسخين الابتدائي وقبل أن تنخفض درجة حرارة العلب لكي لا يتسرب الهواء إليها مرة أخرى. ويتم تركيب غطاء العلبة باستخدام آلات خاصة. وتعتبر هذه الخطوة من الخطوات الهامة والمسؤولة عن نجاح كل العملية التصنيعية، لأن وجود أي تنفيس

في العلبة نتيجة عدم إغلاقها بشكل محكم سيؤدي بالطبع إلى تلوث محتوياتها أثناء التخزين وبالتالي فسادها.

٤-١٤- المعاملة الحرارية (Heat Processing): يمكن أن نطلق على المعاملة الحرارية أيضاً بالتعقيم تجاوزاً، ولكن يجب أن نفرق هنا بين تعقيم الأحياء الدقيقة الذي يعني القضاء على جميع الكائنات الحية الدقيقة والجراثيم الموجودة، والذي يتطلب تسخين الغذاء لمدة طويلة على درجات حرارة عالية، ويؤدي ذلك إلى التأثير على صفات الغذاء من طعم وقوام ولون وقيمة غذائية، ويصبح في النهاية غير مقبول للمستهلك، بينما يهدف التعقيم التجاري فقط إلى القضاء على الأحياء الدقيقة المرضية والمفسدة للغذاء وليس بالضرورة القضاء على كل الأنواع الموجودة اعتماداً على أن الشروط اللاهوائية داخل العلبة التي لا تكون ملائمة لنمو الجراثيم والأحياء الدقيقة التي قد تقاوم تأثير الحرارة وتبقى حية بعد التعقيم التجاري.

وهناك عوامل عديدة تتحكم في الزمن اللازم للمعاملة الحرارية الملائمة للأغذية المختلفة وهي:

٤-١٤-١: كلما ارتفعت درجة حرارة التعقيم كلما قل زمن المعاملة الحرارية وهذا يؤدي إلى الحصول على منتجات ذات جودة أفضل، ولا يظهر بها الطعم المطبوخ. ويتناسب ارتفاع درجة حرارة النقطة الباردة لكل مادة غذائية طرداً مع زمن التسخين، ويختلف تحديد النقطة الباردة (مركز العلبة) في المواد الغذائية بحسب طبيعتها في نقل الحرارة (تنتقل سوائل الشرابات المعلبة بواسطة الحمل والمواد الغذائية الصلبة مثل اللحوم بواسطة التوصيل، بينما يتم نقل الحرارة في السردين مع رب البندورة بواسطة الحمل والتوصيل) ويكون انتقال الحرارة بواسطة الحمل أسرع وأفضل مقارنة بالتوصيل.

٤-١٤-٢: طبيعة انتقال الحرارة داخل المادة الغذائية عن طريق الحمل أو التوصيل أو كلاهما معاً، ويكون انتقال الحرارة بالحمل أسرع مقارنة مع انتقال الحرارة بالتوصيل. ويمكن على هذا الأساس تقسيم الأغذية إلى ست مجموعات رئيسية:

٤-١٤-٢-١: المجموعة الأولى: تنتقل الحرارة إلى مركز العلبة أثناء التعقيم بالحمل السريع، أي بحركة المحلول السائل الساخن نفسه طوال فترة المعاملة الحرارية، مثال: عصائر الخضار والفاكهة أو قطع الخضار والفاكهة المعبأة في

محاليل ملحية أو سكرية، حيث تقل درجة توصيل المحاليل السكرية بزيادة التركيز إلى زيادة اللزوجة، الأمر الذي يعيق انتقال الحرارة إلى حد ما.

٤-١٤-٢-٢: المجموعة الثانية: تنتقل الحرارة بالحمل أيضاً بشكل أبطأ من المجموعة السابقة للمواد الغذائية مثل: السبانخ والخضار الورقية بسبب صعوبة انتقال وحركة المحلول داخل العلبة.

٤-١٤-٢-٣:المجموعة الثالثة: يتم انتقال الحرارة بالحمل أيضاً خلال الجزء الأول من المعاملة الحرارية ثم بالتوصيل خلال الجزء الثاني مثال: الأغذية النشوية أو المضاف إليها نشاء، حيث يحدث للنشاء عملية جلتنه (Gelatinization) ويتحول إلى عجينة نتيجة تأثير الحرارة والماء، ويتحول بذلك انتقال الحرارة من الحمل إلى التوصيل، مثال هذه الأغذية: الشوربة الحاوية على نشاء وتدعى Cream soup.

٤-١٤-٢-٤:المجموعة الرابعة: يتم انتقال الحرارة بالتوصيل طوال فترة المعاملة الحرارية، وتشمل الأغذية: اللحوم والأسماك والبطاطا والقرع الحلو، وتحتوي هذه المواد على نسبة عالية من الرطوبة، ويتم انتقال الحرارة بالتوصيل من خلال جزيئات الماء الموجودة داخل الغذاء، حيث يسخن كل جزيء الجزيء الذي يليه بالتوصيل وليس بالحمل.

٤-١٤-٢-٥:المجموعة الخامسة: يتم هنا انتقال الحرارة بالتوصيل طوال فترة المعاملة الحرارية ولكن بشكل أبطأ من المجموعة السابقة، وتشمل هذه المجموعة اللحوم والأسماك الدهنية وغيرها من الأغذية التي تنخفض فيها الرطوبة عن ٥٠%.

٤-١٤-٢-٦:المجموعة السادسة: يتم هنا انتقال الحرارة من بداية المعاملة الحرارية بالتوصيل ثم يتحول بعد ذلك إلى الحمل، مثال: تكون المواد الجيلية صلبة في البداية وتنتقل الحرارة خلالها بالتوصيل وتنصهر مع ارتفاع درجة الحرارة وتتحول إلى سائل، ويصبح انتقال الحرارة بالحمل، مثال: الجيلي والبودنغ.

٤-١٤-٣: حموضة المادة الغذائية: (درجة الحموضة pH) التي تؤثر على مقاومة الأحياء الدقيقة للحرارة، وتقسم المواد الغذائية على هذا الأساس إلى:

٤-١٤-٣-١:أغذية حامضية أو مرتفعة الحموضة (Acid foods): تملك الأغذية الحامضية درجة pH أقل من ٤,٥ مثال: البندورة وبعض أنواع الفاكهة، ويكفي لتعقيم هذه الأغذية التسخين على درجة حرارة ١١٥-١٢٠°س لمدة مناسبة لقتل ما

تبقى منها، ولا نحتاج هنا إلى معقمات تعمل تحت ضغط وإنما تتم المعاملة الحرارية تحت الضغط الجوي العادي، لأن الحموضة بجانب الحرارة تساعد في القضاء على الأحياء الدقيقة الموجودة، وتعتبر الحموضة أيضاً وسط غير ملائم لنمو الجراثيم التي قد تقاوم تأثير درجة الحرارة المستخدمة.

٤-١٤-٣-٢:أغذية غير حامضية أو منخفضة في درجة الحموضة (Non or Low acid foods): تتطلب الأغذية التي تملك درجة pH = ٤,٥ وأكثر، مثال: الخضار والبقوليات واللحوم والأسماك، معاملة حرارية على درجات حرارة تزيد عن ١٠٠°س ويمكن أن تصل إلى ١٤٠°س، ولهذا تتم العملية تحت ضغط لكي ترتفع درجة الحرارة للمستوى المطلوب، الأمر الذي يتطلب استخدام المعقمات. ويبين الجدول رقم (٢) حدود درجة الحموضة (pH) في بعض المواد الغذائية التي تقل درجة الحموضة عن ٤,٥:

الجدول (٢): الأغذية المعلبة التي تقل درجة حموضتها (pH) عن ٤,٥

المادة المعلبة	درجة الحموضة (pH)		
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	المتوسط
التفاح	٣,٢	٣,٧	٣,٤
المشمش	٣,٤	٤,٤	٣,٩
عصير العنب	٢,٩	٣,٧	٣,٢
عصير الليمون	٢,٣	٢,٨	٢,٥
عصير البرتقال	٣,٥	٤,٠	٣,٧
الخوخ	٣,٦	٤,٠	٣,٧
الأجاص	٣,٦	٤,٤	٤,١
الفريز	٣,٠	٣,٩	٣,٤
الخوخ	٣,٦	٤,٠	٣,٨
البندورة	٤,١	٤,٦	٤,٣
عصير البندورة	٤,٠	٤,٤	٤,٣
عجينة البندورة	٤,٢	٤,٦	٤,٤

بينما يبين الجدول رقم (٣) المواد الغذائية التي تزيد درجة حموضتها (pH) عن ٤,٥:

الجدول (٣): الأغذية المعلبة التي تزيد درجة حموضتها (pH) عن ٤,٥

المادة المعلبة	درجة الحموضة (pH)		
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	المتوسط
الفاصولياء الخضراء	٥,٢	٥,٧	٥,٤
فاصولياء باللحم	٥,٠	٦,٠	٥,٦
الجزر	٥,٠	٥,٤	٥,٢
التين	٥,٠	٥,٠	٥,٠
الفطر	٥,٨	٥,٩	٨٬٥
البازلاء	٦,٠	٦,٣	٦,٢
السبانخ	٥,١	٥,٩	٥,٤
البطاطا	٥,١	٥,٤	٥,٢
القرع الحلو	٤,٨	٥,٢	٥,١
ذرة في محاول ملحي	٦,١	٦,٨	٦,٣
عجينة الذرة	٥,٩	٦,٣	٦,١

٤-١٤-٤:درجة الحرارة الابتدائية والتي تمثل درجة حرارة العلب في بداية عملية التعقيم، وتقفل العلب مباشرة بعد إجراء عملية التسخين الابتدائي، وتوضع بعد ذلك في المعقم، ويحدث أثناء فترة ملأ المعقم انخفاض في درجة حرارة العلب، وتزداد بالتالي فترة التعقيم المطلوبة، ولهذا تملك المعقمات التي يسهل ملأها بالعلب بسرعة (كفاءة أكبر) لأن درجة حرارة العلب في هذه الحالة لا تنخفض كثيراً، وتقل بالتالي المدة اللازمة للوصول إلى درجة حرارة التعقيم المطلوبة.

٤-١٤-٥: دور معدن وحجم العلب التي تتناسب فيه مدة التعقيم طرداً مع قطر العلبة، ويمثل زيادة حجم العلبة وطول المسافة بين جدار العلبة ومركزها، وتزداد بذلك الفترة اللازمة لانتقال الحرارة من الجدار إلى المركز الذي يعتبر أقل أجزاء

العبوة تعرضاً للحرارة، ويكون الزمن أقصر في العبوات المعدنية مقارنة مع العبوات الزجاجية، لأن ناقلية الزجاج للحرارة أقل من الصفيح.

٤-١٤-٦: نوع وعدد الأحياء الدقيقة: تعتبر الخمائر والفطريات والخلايا الخضرية للبكتريا أقل مقاومة للحرارة من الجراثيم، ويؤدي زيادة حمل المواد الغذائية بالأحياء الدقيقة إلى زيادة فترة التعقيم اللازمة ودرجات حرارة أعلى مقارنة مع الأغذية النظيفة.

يلاحظ مما سبق اعتماد المعاملة الحرارية للعلب على شقين هما الزمن ودرجة الحرارة، ويتم تحديد الزمن اللازم لمعاملة نوع معين من الأغذية على درجة حرارة معينة بالاعتماد على مقاومة الجراثيم لهذه الدرجة من الحرارة. وقد تم اختيار جراثيم Clostridium botulinum لأنها من أكثر الجراثيم المفسدة والضارة ومقاومة للحرارة، والقضاء عليها يعني بالضرورة القضاء على سائر الأنواع الأخرى، وتعتبر هذه الجراثيم سامة وخطيرة جداً، وقد تم استبدالها حديثاً بسلالة أخرى تدعى NCA 3679 غير سامة ومقاومة للحرارة أعلى. ويتم تقدير مقاومة الجراثيم لدرجة حرارة التعقيم المستخدمة باستخدام نفس الغذاء المراد تعقيمة كبيئة لنمو هذه الجراثيم لكي تكون شروط التعقيم مماثلة تماماً، ويتم بالإضافة إلى ذلك تقدير معدل نفاذية الحرارة داخل المادة الغذائية أثناء معاملتها حرارياً ومعرفة الزمن اللازم لوصول أقل أجزاء العبوة تعرضاً للحرارة لدرجة حرارة التعقيم المطلوبة. ويتم حساب الزمن الأمثل لتعقيم المنتج المعلب على درجة حرارة معينة بالاعتماد على البيانات المتحصل عليها من هذه التجارب.

٤-١٥: التبريد المفاجىء (Sudden cooling): يتم تبريد العلب بالماء البارد مباشرة بعد انتهاء عملية التعقيم، حيث تغمر الأقفاص الحاملة لها في قنوات خاصة أو قد توضع في مكان متسع وترش برذاذ من الماء إلى أن تنخفض درجة حرارتها إلى حوالي ٤٠°س، أو تعرض لتيار من الهواء، وتعمل الحرارة المتبقية في العلبة بعد التبريد في تبخير قطرات الماء العالقة بها حتى لا تتعرض العلب للصدأ، وتعتبر عملية التبريد مكملة لعملية التعقيم، ولهذا يتم القضاء على جزء كبير من الأحياء

الدقيقة المحبة للحرارة والتي قد تقاوم درجة حرارة التعقيم المستخدمة أثناء التبريد بتأثير الصدمة الحرارية (Heat shocke). وكلما كان التبريد سريعاً كلما زاد القضاء على الأحياء الدقيقة التي تموت بتأثير الصدمة الحرارية. كما تؤدي عملية التبريد أيضاً إلى وقف التفاعلات الحيوية والكيميائية على درجات الحرارة المختلفة أثناء تبريد العبوات بشكل تدريجي، ولا تؤثر بذلك الحرارة على محتويات الغذاء بعد انتهاء عملية التعقيم وتسبب بذلك طبخاً زائداً للمنتج المعلب. ويجب أن يكون الماء المستخدم في عملية التبريد نظيفاً ويفضل أن يضاف له مادة مطهرة مثل الكلور حتى لا يصبح مصدراً لتلوث العلب، لأن طبقة الكاوتشوك الموجودة بالغطاء وفي القاع لإحكام القفل، لا تزال بحالة سائلة بتأثير درجة الحرارة، وهناك احتمال لدخول قطرات بسيطة من الماء خلال غطاء العلبة قبل أن يبرد الكاوتشوك ويسد الفراغ. ويمكن إجراء عملية التبريد للعلب داخل المعقم نفسه بعد انتهاء عملية التعقيم، ويجب في هذه أن تكون المعقمات المستخدمة مزودة بأنابيب لدخول ماء التبريد وأخرى لخروجه، وكذلك أنابيب لدخول هواء مضغوط لمعادلة الانخفاض في الضغط حول العلب نتيجة تكثيف البخار المحيط بها، ويؤدي العكس لانفجار العلب وبخاصة الكبيرة في الحجم.

٤-١٦: اختبار التخزين: تعرض عبوة التخزين للاختبار بغية تحديد الفاسد منها وأسباب الفساد والآلات المسؤولة عن الفساد، ومعرفة ما صدأ منها بغية تحسين عملية تجفيف المعلبات. ويتم تخزين العلب بعد انتهاء عملية التبريد في مخازن جافة ومهواة على درجة حرارة مناسبة لمدة أسبوعين، وهي فترة حضانة كافية لنمو الجراثيم المفسدة التي قد تكون موجودة داخل العلبة نتيجة قصور عملية التعقيم في القضاء على كل الأحياء المفسدة لأي سبب من الأسباب. ويتم إتلاف العبوة التي يظهر فيها الفساد حتى ولو كان ظهوره في علبة واحدة منها للمحافظة على صحة المستهلك. وتنتقل المعلبات بعد ذلك إلى التخزين الدائم بغرف مجهزة بآليات التبريد وجو جاف لفترة طويلة على درجة حرارة ١٠°س، وقد يؤدي التخزين في درجات الحرارة الأقل من ذلك إلى عكس الغرض المطلوب من التبريد. وتخزن العبوات الزجاجية بعيدة عن الضوء وتأثيره على محتويات المواد الغذائية. ويمكن أن تحفظ

معلبات المواد الغذائية لعدة سنوات وتبقى صالحة للاستهلاك الغذائي البشري، ولكنها تفقد مع الزمن الفيتامينات والنكهة ويصعب تناولها.

٤-١٧: الإعداد والتسويق والشحن: يشمل ذلك لصق البطاقات على جدار العلب يدوياً أو آلياً، وتحمل البطاقة البيانات الكافية من نوع المنتج ووزنه الصافي ومكوناته، والمواد المضافة واسم المنتج وعلامته التجارية، وتاريخ الإنتاج وانتهاء الصلاحية، وتعبأ في صناديق من الكرتون تحتوي على ١٢ أو ٢٤ أو ٤٨ علبة بحسب حجم العلب. وتستعمل شاحنات خاصة ذات درجات اهتزازية خفيفة، ويلزم الانتباه أثناء تعبأة وتفريغ صناديق المعلبات بعدم رميها بشكل يؤثر على مظهر العبوات أو يسبب تشقق الغطاء أو القاعدة أو تفسخ لحام الدسرة الجانبية في جسم العبوة ويسمح بذلك للأحياء الدقيقة بتلويث الأغذية ثانية وبالتالي فسادها.

٥- فساد المواد الغذائية المعلبة :

الفساد هنا عبارة عن حدوث أي تغيرات غير مرغوبة في صفات المواد الغذائية المعلبة، سواء أن ظهر الفساد على الشكل الخارجي للعلبة أو لم يظهر. والشكل الطبيعي للعلبة في تقعرها من طرفيها نتيجة التفريغ الذي يحدث بداخلها بتأثير عملية التسخين الابتدائي، ويدل تحدب أي طرف من أطراف العلبة أو كلا الطرفين على حدوث الفساد. وهناك نوعان أساسيان من الفساد الذي يمكن حدوثه في الأغذية المعلبة:

٥-١: الفساد الناتج عن التفاعلات الكيميائية: ينتج الفساد الكيميائي بالأساس من تفاعل معدن العلبة مع مكونات المواد الغذائية، وقد يؤدي ذلك إلى تآكل معدن العلبة أو تغير لون المادة الغذائية أو التأثير على قيمتها الغذائية، مثال: يمكن أن يحدث تآكل لمعدن العلبة نتيجة التفاعل بينه وبين أحماض المادة الغذائية، ويساعد وجود آثار الأكسجين داخل العلبة على سرعة حدوث التآكل، وقد يتحد التانين الموجود في بعض المواد الغذائية مع شوارد الحديد التي قد يكون مصدرها الأجزاء غير المغطاة بالقصدير في العلبة أو يكون مصدرها محلول التعبئة أو المادة الغذائية نفسها، ويتشكل لدينا تانينات الحديد. ويتشكل تانينات الكبريت في حال كانت المادة الغذائية المعلبة غنية بالكبريت، وتعطي كلها مركبات لونها أسود تؤثر على مظهر الغذاء

ويصبح غير مقبول للاستهلاك. ويمكن أن تحدث بعض التفاعلات الكيميائية بوجود الأكسجين وتؤثر على القيمة الغذائية نتيجة أكسدة بعض الفيتامينات، وهناك بعض التفاعلات التي تحدث بين مكونات المادة الغذائية نفسها وتعطي نوعاً معيناً من الفساد الذي يؤثر على جودة المادة الغذائية المعلبة مثل تفاعل ميلارد (Maillard reaction) الذي يحدث بين السكريات الأحادية والأحماض الأمينية ويعطي مركبات معقدة التركيب لونها داكن، مثال: يحدث في البطاطا والفول، وكذلك تفاعل الكرملة (Caramelization) الذي يحدث بين السكريات المختزلة التي تحتوي على مجموعات الدهيدية أو كيتونية وبين الأحماض الأمينية وذلك في الوسط شديد القلوية وينتج عنه أيضاً لون أسود، وكثيراً ما يحدث ذلك في معلبات المشمش أو الجزر.

٥-٢: الفساد الناتج عن النشاط الجرثومي: يحدث الفساد الجرثومي نتيجة نشاط البكتريا اللاهوائية المقاومة للحرارة، ودرجة الحرارة المثلى لنموها ٥٥°س، ولهذا تلعب شروط التخزين دوراً أساسياً في التحكم في نشاط هذه الجراثيم. ويمكن أن يحدث الفساد أيضاً نتيجة نشاط بعض أنواع الجراثيم الميزوفيلية المكونة للجراثيم اللاهوائية بدرجة حرارة نمو مثلى حوالي ٣٧°س، وبعضها يحلل البروتين (Proteolytic) ويحلل البعض الآخر السكريات (Saccharolytic). وعادة لا ينتج ضرر أو فساد من الخمائر والفطريات، لأنها تموت أثناء عملية التعقيم ولا تقاوم درجات الحرارة العالية، أو يمكن أن تصل إلى العلبة بعد التعقيم.

وعادة يحدث الفساد الجرثومي نتيجة عدم كفاية المعاملة الحرارية المستخدمة أو وصول هذه الجراثيم إلى داخل العلبة نتيجة لحدوث تنفيس في العلب الذي يؤدي إلى الفساد الجرثومي من كل أنواع الأحياء الدقيقة.

ويمكن تقسيم الفساد الذي يحدث على شكل علبة الأغذية المعلبة إلى عدة أنواع بحسب التغيرات التي تحدث في شكل العلبة الخارجي إلى:

٥-٢-١: الفساد الحامضي (Flat sour): يحدث هذا النوع من الفساد نتيجة نشاط الجراثيم الهوائية أو اللاهوائية الاختيارية وتكون الجراثيم، مثال: جراثيم Bacillus stearothermophillus التي تهاجم المواد الكربوهيدراتية، وتحللها وتنتج أحماضاً

عضوية (حمض الفورميك وحمض الليمون وحمض اللبن) وتعطي الغذاء المعلب طعم حامضي، وتكون هذه الجراثيم مقاومة للحرارة وتبقى أحياناً حية بعد المعاملة الحرارية، ويمكن أن تنمو على درجة حرارة التخزين لأن بعضها محب للحرارة اختيارياً. ويبقى شكل العلبة عادياً والقاع والغطاء كلاهما مقعر للداخل أو مسطح ولا يوجد أي انتفاخ في هذا النوع من الفساد.

٥-٢-٢: الفساد الغازي (Swelling): تعمل الجراثيم المسببه لهذا النوع من الغذاء على تحلل السكريات وإنتاج كميات كبيرة من الغاز الذي يؤدي إلى انتفاخ العلبة. وأهم هذه الجراثيم اللاهوائية Clostridium thermosaccharolyticum، وتختلف درجة انتفاخ العلبة بحسب كمية الغاز الناتجة. ويقسم الفساد الغازي للعلب إلى الأنواع التالية:

٥-٢-٢-١: الانتفاخ المخفي (Flipper swell): يعتبر أول درجة من درجات الانتفاخ، وتكون كمية الغاز الناتجة قليلة ومنتشرة في المسافات البينية بين أجزاء المادة الغذائية داخل العلبة، ولهذا يبدو شكل العلبة طبيعياً والقاع والغطاء كل منهما مقعر إلى الداخل، وتتجمع كميات الغاز على سطح المادة الغذائية في الفراغ العلوي للعلبة عند طرق العلبة على سطح صلب، ويؤدي ذلك إلى تحدب طرف العلبة للخارج ويعود وضع العلبة إلى وضعه الأصلي عند الضغط على الطرف المحدب.

٥-٢-٢-٢: الانتفاخ اللولبي (Springer swell): يكون أحد طرفي العلبة محدباً إلى الخارج في هذه الحالة، ولكن يزول التحدب منه عند الضغط عليه، بينما يتحدب الطرف الآخر.

٥-٢-٢-٣: الانتفاخ اللين (Soft swell): يتحدب هنا أحد طرفي العلبة، ويزول التحدب عند الضغط عليه، ولكن بزوال الضغط يعود التحدب مرة أخرى.

٥-٢-٢-٤: الانتفاخ الصلب (Hard swell): وهو أقصى انتفاخ، وتكون كمية الغاز الناتجة قد بلغت أقصاها، ويؤدي زيادة الضغط داخل العلبة إلى انفجارها، ويتحدب في هذا النوع من الانتفاخ كل من طرفي العلبة، ولا يزول التحدب بالضغط عليهما.

٥-٣: الفساد الكبريتي (Sulphur stinker): يتميز هذا النوع من الفساد بوجود رائحة كريهة مصدرها غاز كبريتوز الهيدروجين (H_2S) الذي ينتج من تحلل البروتينات، وجراثيم Clostridium nigrificans هي المسؤولة عن هذا الفساد، وهي من الجراثيم اللاهوائية المحبة للحرارة ولا تحدث انتفاخ للعلبة، ويكون مظهر العلبة عادياً، ويتفاعل الغاز الناتج مع شوائب الحديد سواء أكان مصدرها المادة الغذائية أو معدن العلبة، ويتشكل كبريتيد الحديد لونه أسود، ويحدث هذا الفساد في معلبات الذرة والبازلياء.

٦- ايجابيات وسلبيات الأغذية المعلبة:

تعتبر عملية التعليب إحدى طرائق حفظ الأغذية باستخدام درجات حرارة عالية بدرجة كافية للقضاء على معظم الأحياء الدقيقة الملوثة للغذاء والتي تسبب فساده مع عدم الأضرار بخواصه الفيزيائية والكيميائية، وحفظها في أوعية محكمة القفل لكي لا تصل الأحياء الدقيقة والهواء إلى محتويات العبوة محكمة القفل، كما يتم هنا القضاء على الأنزيمات نتيجة المعاملة الحرارية التي يتعرض لها الغذاء أثناء خطوات الإعداد (السلق) أو تلك المستخدمة في عملية التعقيم، ولهذا يبقى الغذاء المعلب صالحاً للاستهلاك الغذائي البشري لفترة طويلة وقد تصل إلى سنوات عديدة بدون أن تفسد أو تتحلل. ويمكن أن تفسد الأغذية المعلبة نتيجة حدوث تنفيس للعبوة أو خطأ في عملية القفل المزدوج للعبوة أو أن المعاملة الحرارية لم تكن كافية لقتل الأحياء الدقيقة الممرضة الموجودة في الغذاء.

كما تكون طريقة الحفظ بالتعليب (الأغذية المعلبة) سهلة التداول والنقل وتخزينها غير مكلف بعكس الأغذية المجمدة التي تتطلب توفر شروط معينة أثناء النقل والتخزين للمحافظة عليها بالشكل المجمد لحين الاستهلاك. وتتطلب الأغذية المجففة المحافظة عليها طوال فترة تخزينها لمنع وصول الرطوبة إليها، الأمر الذي يعرضها للتلف والفساد، كما أن فترة حفظ الأغذية المعلبة تفوق مثيلتها من الأغذية المجففة. وتعتبر طريقة الحفظ بالتعليب مناسبة لحفظ معظم المواد الغذائية ولا تؤثر على طعم المواد الغذائية، بعكس الأغذية المجففة التي يتأثر طعمها نتيجة عملية التجفيف.

ويمكن شمل عيوب الأغذية المعلبة في انخفاض درجة جودتها وفي قيمتها الغذائية مقارنة بالأغذية المجمدة أو المجففة، واستخدام درجات حرارة عالية في عملية التعقيم أكثر كلفة من طرائق الحفظ الأخرى، مع أنها كانت تعتبر أرخص طريقة لحفظ الأغذية بعد التجفيف الشمسي حتى فترة قريبة، حيث أدى ارتفاع ثمن علب الصفيح وارتفاع أسعار الآلات ووحدات التصنيع اللازمة لمصانع التعليب إلى تراجع صناعة التعليب بسبب الناحية الاقتصادية، الأمر الذي ساعد على انتشار الثلاجات والمجمدات.

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

الفصل الثاني

حفظ الأغذية بدرجات الحرارة العالية

يؤدي ارتفاع درجة الحرارة المستخدمة في تعقيم المواد الغذائية إلى اختزال زمن المعاملة الحرارية، الأمر الذي ينتج عنه أغذية معلبة ذات جودة عالية، وتم تطبيق ذلك على الأغذية السائلة أو نصف الصلبة، حيث يتم تعقيمها قبل التعبئة على شكل طبقات رقيقة تساعد على انتقال الحرارة بدرجة عالية، ويبرد الغذاء بعد ذلك ويعبأ في العلب التي تم تعقيمها سابقاً بشكل منفصل بالبخار، وتدعى هذه العملية باسم Aseptic Canning، ويتراوح زمن المعاملة الحرارية للغذاء حوالي ٦ ثوان وحتى ٦ دقائق بحسب نوع الغذاء. ويلاحظ هنا عدم تعرض الغذاء إلى عملية طبخ زائد نتيجة انخفاض زمن المعاملة الحرارية. وقد تم تطوير هذه العملية لتشمل الأغذية الصلبة، ويستخدم هنا ما يدعى بالحافظات المعقمة (Sterilizable)، وتحل هذه الحافظات محل العلب الصفيح [الحافظات المعقمة عبارة عن عبوات مرنة ورقيقة وحجمها ووزنها صغير مقارنة بالعلب وتحيط تماماً بالغذاء، ولا نحتاج هنا إلى إضافة محلول إلى العبوة للمساعدة في معدل انتقال الحرارة، وتتكون هذه العبوات من ثلاث طبقات، الخارجية منها عبارة بولي استر (Poly ester) وهي مقاومة للتمزق، والوسطى عبارة عن طبقة من الألمنيوم (Aluminium foil)، والداخلية عبارة عن بولي إيثيلين عالي الكثافة (Poly ethylene) وتساعد على قفل العبوة حرارياً. ويتم تعقيم هذه العبوات في معقمات خاصة بعد تعبئتها بالمواد الغذائية، ويمثل الزمن اللازم للمعاملة الحرارية في هذه الحالة حوالي ثلث الزمن اللازم في حال استخدام العلب الصفيح. وتقترب جودة المنتجات المعلبة بهذه الطريقة من جودة الأغذية المجمدة. ويتم عادة حماية هذه الحافظات باستخدام طبقة كارتون من الخارج وتصل في هذه الحالة فترة الصلاحية إلى سنتين على الأقل. وعيوب هذه الطريقة في ارتفاع الكلفة مقارنة بالتعليب بالعلب الصفيح، وتم إنتاج معلبات الخضار ومنتجات لحوم وسجق بجودة عالية باستخدام هذه الطرق.

تتفاوت المواد في مقدار توصلها للحرارة (التوصيل والحمل والإشعاع) ويعتبر الحديد موصلاً جيداً والخشب موصلاً رديئاً، بينما يكون الزجاج موصلاً رديئاً للحرارة، وتنتقل الحرارة في سوائل الأغذية بالحمل، حيث تتمدد السوائل المسخنة فتنخفض كثافتها الأمر الذي يؤدي إلى زيادة حجمها وتنخفض كثافة السوائل التي تكون حرارتها أدنى من ذلك، مما ينتج عنه نشوء تيارات الانتقال، بينما يكون انتقال الحرارة بالتوصيل أبطأ بكثير من الحمل، ولهذا تحتاج المواد الغذائية ذات القوام العجيني إلى معالجة حرارية طويلة، أي المواد التي تحتوي على كمية عالية من الماء مثل الذرة والقرع والبطاطا الحلوة، بينما تكون فترة تعقيم المواد الغذائية المعلقة في محلول ملحي أو سكري قصيرة نسبياً. كما تتأثر فعالية انتقال الحرارة بعدة عوامل، ويعيق الماء عند انتقال الحرارة بالحمل ويكون موصلاً رديئاً للحرارة. وتكون سرعة انتقال الحرارة في الحديد والقصدير أسرع منها في الماء بمقدار ١٢٠ مرة، ويعزى ذلك إلى بطىء انتقال الحرارة بالتوصيل في المواد التي يدخل الماء في تركيبها بنسب كبيرة ولكن قوامها نصف الصلب يحول دون تيارات الحمل، وفي حال نشوء هذه التيارات فإن سرعة انتقال الحرارة بالحديد أكبر في الماء بأربع مرات فقط. وهناك علاقة وثيقة بين زمن ودرجة حرارة التعقيم المرتفعة، حيث يقابل ارتفاع درجة حرارة المعقم ارتفاعاً مماثلاً في كفاية عملية التعقيم وفي سرعة إنجازها، ويكون التعقيم في ١٢١°س أكثر كفاية بمئة مرة من التعقيم في ١٠٠°س، ولهذا يلزم الربط دائماً درجة الحرارة بمدة التعقيم.

وتختلف طرائق معالجة الأغذية بالحرارة تبعاً لدرجة الحرارة (البسترة والتسخين لحوالي ١٠٠°س والتسخين لأكثر من ١٠٠°س والتسخين فوق العالي)، حيث تعمل المعالجة الحرارية بالبسترة (أقل من ١٠٠°س) إلى قتل جزء من الأحياء الدقيقة الموجودة، ويتم التسخين بالبخار أو بالماء الساخن أو بالحرارة الجافة أو بالتيار الكهربائي، ويبرد الناتج بسرعة بعد الانتهاء من المعاملة الحرارية. وتستخدم البسترة في الحالات التي يكون تأثير درجات الحرارة العالية ضاراً على نوعية الغذاء (مثل الحليب) أو عندما يكون الغاية قتل الأحياء الدقيقة الممرضة (مثال: الحليب المعد للاستهلاك السريع) أو عندما تكون الأحياء الدقيقة هي المسببة للفساد نتيجة تواجد

أحياء دقيقة غير مقاومة كثيراً للحرارة (مثال: الخمائر الموجودة في عصائر الفاكهة). وتستخدم درجة الحرارة المرتفعة مع الزمن القصير (٧١,٧°س لمدة ١٥ ثانية في بسترة الحليب) أو تستخدم درجة الحرارة المنخفضة لفترة طويلة (٦٢,٨°س لمدة ٣٠ دقيقة)، أو يستخدم التعقيم في درجات الحرارة القريبة من ١٠٠°س لفترة طويلة في تعقيم الأغذية الحامضية أو متوسطة الحموضة منزلياً، بينما لا يمكن القضاء على الجراثيم في الأوساط غير الحامضية.

ويتم التعقيم في درجات الحرارة الأكثر من ١٠٠°س بواسطة البخار المضغوط في المعقمات، حيث ترتفع درجة الحرارة داخل المعقم بإرتفاع ضغطه (درجة حرارة البخار غير المضغوط عند سطح البحر ١٠٠°س، وترتفع درجة الحرارة بارتفاع الضغط بمقدار ٠,٣٥٢ كغ/سم^{٢} إلى ١٠٩°س، وعندما يصل الضغط إلى ٠,٧٠ كغ/سم^{٢} ترتفع درجة الحرارة إلى ١١٥,٥°س، وتصل درجة الحرارة عند ضغط ١,٠٥ كغ/سم^{٢} إلى ١٢١,٥°س). ويتم التعقيم فوق العالي في ١٣٥– ١٤٠°س عن طريق التبادل الحراري بين المادة التي يجري تعقيمها والماء الحار المضغوط لمدة أربع ثواني وبخاصة في الحليب (لا ينطبق على الحليب صفة التعقيم في درجات حرارة تزيد عن ٩٣,٣°س لمدة تزيد عن ٣٠ ثانية لبقاء أعداد قليلة من الجراثيم بعد المعالجة ولهذا يعبأ بعد ذلك في عبوات زجاجية ويعرض في غرفة التعقيم إلى ١٠٥ – ١٠٧°س لمدة ٢٥ – ٣٠ دقيقة ويبرد بعد ذلك تدريجياً وهنا تتصف نكهة الحليب المعقم بالطعم الشائط ويصبح لونه أسمراً واضحاً).

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفصل الثالث

حفظ الأغذية بالتجفيف

١- المقدمة: تعمل صناعة التجفيف على إزالة أكبر كمية من الرطوبة الموجودة في المواد الغذائية مثل الخضار والفواكه والحليب واللحوم والأسماك التي تحتوي على كميات مختلفة من الماء والكربوهيدرات والبروتين والدهن والألياف والرماد، ويتوقف نجاح طرائق وآليات التجفيف على مدى قدرتها على نزع الماء المرتبط والحر من المواد الغذائية.

يتم نزع الماء بأنواعه من المواد الغذائية بواسطة الحرارة (انتقال الحرارة من المادة المسخنة إلى المادة الغذائية) التي تزيل كمية معينة من الرطوبة (تبخر الرطوبة التي تشفط إلى خارج المجفف) بحسب نوع المادة الغذائية فيقل حجمها وتطول فترة تخزينها.

يؤدي توافر كمية كافية من الماء في المواد الغذائية إلى زيادة نشاط الأحياء الدقيقة (الجراثيم والفطور والخمائر) والتفاعلات الكيميائية، ويمكن إبطاء أو منع نشاط الأحياء الدقيقة والتفاعلات الكيميائية بخفض المحتوى المائي للأغذية والتي تسبب فساد الأغذية وتدهور جودتها وفقد قيمتها الغذائية، وهذا هو الأساس في عملية التجفيف.

وترتبط كمية الماء اللازمة لنشاط الأحياء الدقيقة بالنشاط المائي (Water activity) ويرمز له بـ (a_w) ويعبر عن العلاقة بين ضغط بخار الماء في الغذاء وبين ضغط بخار الماء النقي على نفس درجة الحرارة، وتتراوح قيمة النشاط المائي بين ٠ – ١، ونحصل عند مضاعفة هذه القيمة مائة مرة على ما يسمى بالرطوبة النسبية المتوازنة (ERH- Equilibrium Relative Humidity). والحد الأدنى من النشاط المائي اللازم لنمو الجراثيم هو ٠,٩١ وبالنسبة للخمائر ٠,٨٨ ويقل إلى ٠,٨ عند الفطريات ويقترب النشاط المائي في الأغذية الطازجة من الواحد (٠,٩٩ أو أكثر)، ولهذا يكون نمو الجراثيم سريعاً ويأخذ مجراه بسهولة ويسبب فسادها بسرعة.

ويتم عادة تجفيف الأغذية وخفض نشاطها المائي إلى ٠,٦ وهو الحد الذي لا يمكن للأحياء الدقيقة أن تنمو في الغذاء، ولكن تستمر بعض التفاعلات الكيميائية في الحدوث بسرعة بطيئة، وحدوث فقد في بعض صفات الجودة وبعض العناصر الغذائية وانخفاض فترة الصلاحية. ولا يمكن وقف مثل هذه التفاعلات بشكل كامل، إلا بانخفاض النشاط المائي إلى ٠,٢ – ٠,٣، ولكن من الصعب تحقيق هذا، لما يحدثه التجفيف من أضرار على جودة الأغذية المجففة وعدم القدرة على العودة إلى الحالة الطبيعية عند إعادة ترطيبها.

تعتمد طرائق التجفيف المختلفة على استخدام الحرارة بطريقة ما بغية التخلص من معظم المحتوي المائي للمواد المراد تجفيفها مثل الخضار التي تجفف حتى تصبح رطوبتها ٤ – ٦%، بينما تجفف الفاكهة إلى رطوبة ١٨ – ٢٣% ويعود ذلك إلى احتوائها على نسبة عالية من المواد السكرية التي تربط معها جزءاً من الماء، ويقلل ذلك من كمية الماء الحر المتاح لنشاط الأحياء الدقيقة.

٢– الأسس التي تؤثر على عملية التجفيف:

٢–١: كمية وطبيعة الرطوبة الموجودة في المواد الغذائية: يتوقف زمن وكمية الحرارة اللازمة في التجفيف على كمية الرطوبة المختلفة في المواد الغذائية ونوعها وتقسم إلى ماء مرتبط (أولاً – ارتباط جزيئات الماء مع مجموعات متأينة مثل مجموعة الكربوكسيل ومجموعة الأمينو، وثانياً – ارتباط جزيئات الماء مع هيدروجين مجموعة الكربوكسيل ومجموعة الأميد) ووجود ماء غير مرتبط موجود في المسامات (يزال بسهولة وبسرعة). ويتم في المرحلة الأولى تجفيف الماء غير المرتبط ويلي ذلك تجفيف الماء المرتبط مع الهيدروجين وبعدها يجفف الماء المرتبط مع المجموعات المتأينة الكربوكسلية والأمينية.

٢–٢: نسبة المواد المذابة: يحتوي الماء الموجود في المواد الغذائية (خضار وفاكهة ولحوم وغيرها) على نسب مختلفة من العناصر المذابة والتي تؤثر على سرعة تبخر الماء من سطح المادة الغذائية، ويسبب تراكم المواد المذابة على الطبقة السطحية إلى عرقلة عملية تبخر الماء وحتى إيقافها، الأمر الذي يسبب حدوث حروق على سطوح المواد الغذائية وعدم تجفيف القسم الداخلي وحدوث فساد سريع أثناء التخزين.

٢-٣: نوع الأنسجة: تتقلص الأنسجة النباتية والحيوانية أثناء عملية التجفيف، وقد تتعرض الأنسجة الخارجية والخلايا الداخلية للتمزق، الأمر الذي يسبب فقدان جزء كبير من العناصر الغذائية ولا تعود إلى طبيعتها الأولية (الخضار وغيرها).

وهناك عوامل تتحكم بشكل مباشر في عملية التجفيف الطبيعي والصناعي، ويمكن التحكم بشكل جيد عند استخدام التجفيف الصناعي، بينما يمكن التحكم في جزء فقط من عوامل التجفيف الطبيعي ومنها:

٢-٣-١: درجة الحرارة: الحرارة الظاهرية هي كمية الحرارة المستخدمة لرفع درجة حرارة المادة الغذائية إلى درجة حرارة التجفيف. وتملك كل مادة غذائية درجة حرارة تجفيف معينة. ويؤدي انخفاض أو زيادة درجة حرارة التجفيف إلى تباطؤ أو تسريع عملية التجفيف، ويسبب ذلك ظهور الجفاف السطحي الذي يمنع تبخر وعرقلة التجفيف. ويستخدم في التجفيف مصادر حرارية عديدة ومنها التسخين المباشر بتعريض المواد الغذائية بشكل مباشر لنواتج احتراق الخشب أو الفحم ويؤدي ذلك إلى تغيرات في الطعم والرائحة وتفقد قيمتها الاقتصادية نتيجة كسادها وهي طريقة رخيصة الثمن ولا تحتاج إلى آليات معقدة. بينما يستخدم في التجفيف الهواء الساخن بشكل مباشر وغير مباشر.

٢-٣-٢: الهواء: يعتبر الهواء الناقل الأول للحرارة ويمتاز بتوفره ورخصه وسهولة نقله للحرارة والرطوبة، وكلما انخفضت درجة حرارة الهواء الخارج من المجفف كلما كانت سرعة التجفيف أكبر. ويتم التجفيف بسرعة أكبر بوجود رطوبة هواء نسبية منخفضة، كما تؤدي زيادة سرعة نقل بخار الماء إلى خارج المجفف إلى زيادة سرعة التجفيف. وكلما زادت مساحة المادة الغذائية المعرضة لهواء التجفيف كلما زادت سرعة التجفيف.

٣- سلبيات وايجابيات الأغذية المجففة:

٣-١: سلبيات الأغذية المجففة: تعتبر الأغذية المجففة أسوأ من الأغذية الطازجة والمجمدة والمعلبة، ومن سلبيات عملية التجفيف:

- الأغذية المجففة أقل جودة من الأغذية المجمدة والمعلبة.

- يلزم الأغذية المجففة زمناً لاسترداد مظهرها شبه الطازج قبل الطبخ والاستهلاك.
- صعوبة تخزين الأغذية المجففة بسبب صعوبة التحكم بشروط التخزين لمنع الفساد الحيوي والكيميائي.
- سهولة تعرض الأغذية المجففة للحشرات والقوارض لعدم إمكانية منع مواد التعليب من الوصول للمادة الغذائية.
- تتعرض بعض العناصر الغذائية باستخدام الحرارة في عملية التجفيف للفقد والتدهور في بعض الفيتامينات مثل فيتامين C وفيتامين A والثيامين (فيتامين B_1)، وكذلك فقد في مكونات الطعم والرائحة، وحدوث بعض التغيرات في القوام. ويتأثر لون بعض المواد الغذائية نتيجة التجفيف وبخاصة تلك الغنية بالبروتين والمواد السكرية وحدوث التلون البني لهذه المنتجات نتيجة لتفاعل الأحماض الأمينية مع السكريات المختزلة (تفاعل ميلارد). كما تؤدي خطوات التصنيع السابقة لعملية التجفيف أيضاً إلى حدوث بعض الفقد في العناصر الغذائية التي تؤثر على صفات الجودة بصفة عامة، ويعتمد هذا أيضاً على طريقة التجفيف المستخدمة.
- انخفاض فترة صلاحية (Shelf Life) الأغذية المجففة مقارنة بطرائق الحفظ الأخرى، بسبب استمرار حدوث بعض التفاعلات الكيميائية أثناء التخزين، وبالتالي استمرار الانخفاض في صفات وخصائص الجودة تدريجياً.
- تحتاج معظم المواد الغذائية إلى إعادة ترطيبها قبل الاستهلاك، ويحتاج هذا إلى وقت طويل نسبياً لكي تصبح أقرب ما يمكن للصورة الطازجة.
- لا تكون درجة الحرارة التي تستخدم عادة في تجفيف الأغذية عالية بالدرجة الكافية لكي تقضي على كل الأحياء الدقيقة، وتستغرق عملية ترطيب الأغذية المجففة فترة زمنية طويلة نسبياً، ولهذا تصبح الفرصة متاحة لنمو الأحياء الدقيقة الممرضة مثل Staphylococcus auureus والتي لا تتأثر بعملية التجفيف، ويمكن أن تسبب حدوث التسمم الغذائي عند استهلاك الأغذية المجففة.

٣-٢: ايجابيات الأغذية المجففة:

- كلفة قليلة وبخاصة عند استخدام الطاقة الشمسية في التجفيف.

- سهولة التعبئة بالورق أو بالسلوفان.
- صغر مساحة التخزين بسبب إزالة حوالي ٩٠% من رطوبة المواد الغذائية.
- انخفاض وزن وحجم المواد المجففة نتيجة إزالة جزء كبير من رطوبتها، ويؤدي ذلك إلى انخفاض تكاليف التعبئة والنقل والتخزين وتزيد فترة صلاحيتها.
- انخفاض التكاليف اللازمة لإجراء عملية التجفيف وبخاصة التجفيف الطبيعي (الشمسي) مقارنة مع طرائق الحفظ الأخرى مثل التعليب أو التجميد، بإضافة إلى عدم الحاجة إلى استعمال خامات أخرى مثل السكر والصفيح كما في حالة الأغذية المعلبة.
- سهولة تخزين الأغذية المجففة، لأنها لا تتطلب أكثر من مكان تخزين نظيف وجاف وخالي من الحشرات والقوارض، بينما تحتاج الأغذية المحفوظة بالتجميد مثلاً إلى تخزينها في المجمدات والتحكم تماماً في درجة الحرارة والرطوبة طوال فترة التخزين، ويؤدي عكس ذلك إلى التلف أو الفساد بارتفاع درجة الحرارة التي تؤدي إلى انصهارها.

٤- طرائق التجفيف:

تبدأ خطوات عملية التجفيف بجمع المحصول عند درجة النضج المناسبة والاستلام والوزن، ثم إجراء عمليات الفرز الأولى والغسيل بالطريقة المناسبة لنوع الثمار ثم الفرز الثانوي. بعدها يتم إعداد وتجهيز الثمار في الصورة الملائمة لعملية التجفيف. وقد تحتاج بعض الثمار مثل العنب والخوخ إلى معاملة خاصة لإزالة الطبقة الشمعية التي تغطيها والتي تعيق خروج الماء من الثمار أثناء عملية التجفيف. ويتم ذلك بغمر الثمار في محلول قلوي ساخن من الصودا الكاوية بتركيز حوالي ٠,٥% أو أقل لمدة تختلف بحسب نوع الثمار ودرجة حرارة المحلول، وتختلف هذه المعاملة عن تلك المذكورة سابقاً في طريقة التقشير بالقلوي. وأخيراً تجري عملية الكبرتة أو السلق أو كلاهما عند الضرورة، وتصبح بذلك المادة الخام مجهزة لإجراء عملية التجفيف نفسها باستخدام الطريقة المناسبة ونذكر منها:

٤-١: التجفيف الشمسي (Sun Drying): يعتبر التجفيف الشمسي من أقدم طرائق حفظ الأغذية (٢٠٠٠ سنة قبل الميلاد) وبخاصة في تجفيف الأسماك، ولا يزال

استخدامه حتى الآن في تجفيف بعض الفواكه مثل المشمش والأجاص والعنب والخوخ والتين، لأنها عملية رخيصة وبسيطة ولا يتطلب الأمر سوى وضع الثمار المجهزة على صواني وتركها لتجف بحرارة الشمس.

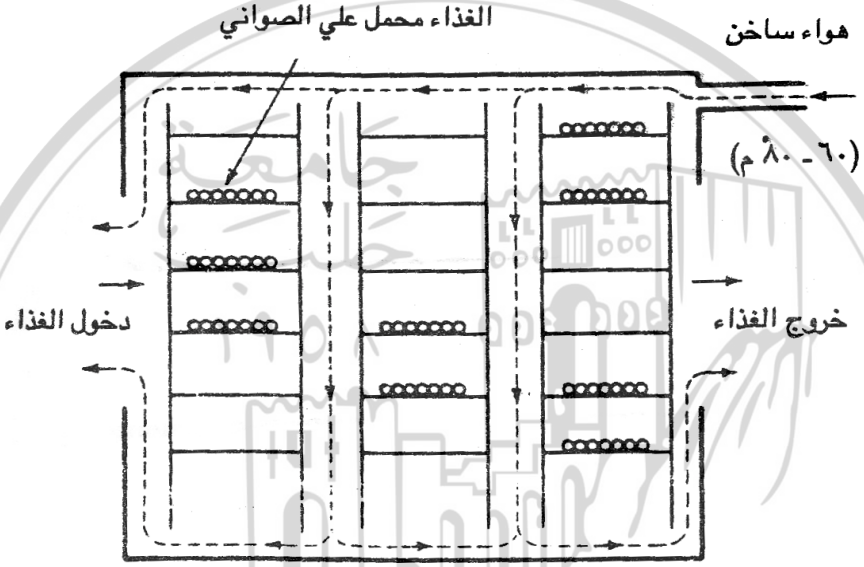
هناك عدة عوامل تحد استخدام التجفيف الشمسي ومنها إتاحة نمو الأحياء الدقيقة أثناء عملية التجفيف بسبب طول مدة التجفيف ودرجة حرارة التجفيف التي تكون غير كافية لمنع نموها، وهذا يزيد احتمال حدوث التلف أو الفساد أو حدوث تغيرات غير مرغوبة، بالإضافة إلى انجاز عملية التجفيف في العراء وفي أماكن مكشوفة، الأمر الذي يعرض المواد الغذائية للأتربة وتعرضها للحشرات والطيور والقوارض. كما تكون الفرصة متاحة لحدوث بعض التفاعلات الكيميائية التي تؤثر على اللون والنكهة وتتطلب عملية التجفيف الشمسي إلى مساحات كبيرة تصل إلى حوالي فدان من كل محصول ناتج عن كل ٢٠ فدان، بالإضافة إلى توفر الطقس الخالي من احتمال سقوط الأمطار.

ولا ينصح باستخدام التجفيف الشمسي بسبب فقدان نسبة كبيرة من الفيتامينات، مثال: فقدان الخوخ حوالي ٥٠% من فيتامين C، وفقد كبير في العناصر الغذائية والتعرض إلى التلوث بالأحياء الدقيقة، ويسمح بالتجفيف الشمسي المنزلي وبخاصة التوابل والبصل والثوم بسبب مشاكلها القليلة.

٤-٢: التجفيف بالأنفاق (Tunnel Drying): تستخدم هذه الطريقة في تغطية عيوب التجفيف الشمسي، وذلك باستبدال حرارة الشمس بالهواء الساخن الجاف المتدفق بسرعة كبيرة في اتجاهات مختلفة حول الغذاء المحمل على ألواح أو صواني خاصة أو على سير يتحرك داخل النفق، ويمنع ذلك الفقد والتلوث الناتج عن مهاجمة الطيور والحشرات والقوارض أو سقوط الأمطار.

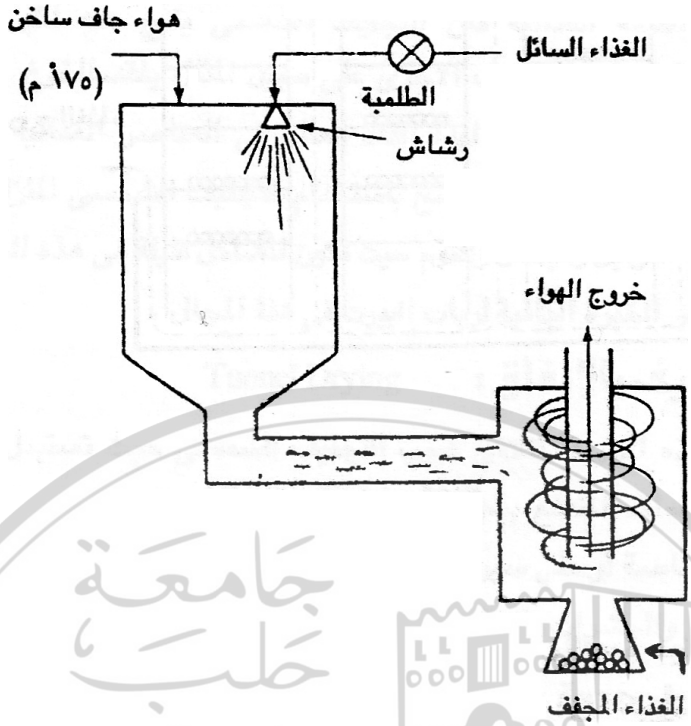
ويمكن بحسب متطلبات التجفيف التحكم في درجة حرارة وسرعة الهواء والرطوبة النسبية وتستغرق العملية حوالي ٦ – ١٨ ساعة بحسب نوع المنتج، ويعادل هذا الوقت عدة أيام في حالة التجفيف الشمسي. ولا تؤثر درجة الحرارة المستخدمة رغم ارتفاعها (٦٠ – ٨٠°س) بسبب زمن التجفيف القصير الذي لا يعطي فرصة لحدوث فقد كبير في القيمة الغذائية أو حدوث تفاعلات كيميائية ضارة بالنكهة أو اللون

أو القوام مقارنة مع التجفيف الشمسي، مثال : لا يتعدى الفقد في فيتامين C في الفاكهة ١٠% ويكون الفقد في الجزر أقل من ٢٠% من فيتامين A. وأهم عيوب التجفيف بالأنفاق هو حدوث كرمشة للمنتجات المجففة مما يؤدي إلى صعوبة في عملية الترطيب وانخفاض نسبة تشرب الماء وعدم عودتها إلى حالتها الطبيعية قبل التجفيف، وذلك بسبب تحطيم الأنابيب الشعرية في الأنسجة أثناء عملية التجفيف. ويبين الشكل رقم (٤) أحد أنواع التجفيف بالأنفاق:



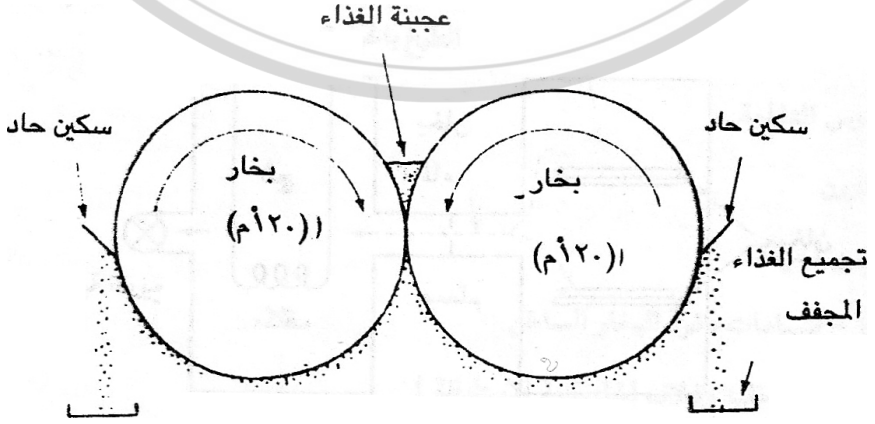
الشكل (٤): التجفيف بالأنفاق

٤-٣: التجفيف بالرذاذ (Spray Drying): تستخدم هذه الطريقة في تجفيف الأغذية السائلة مثل الحليب والقهوة، حيث ترش على هيئة رذاذ جنباً إلى جنب مع الهواء الساخن بسرعة عالية داخل غرفة كبيرة يصل طولها إلى حوالي ١٨٦٠ – ٣١٠٠ سم، ويصل قطرها إلى حوالي ٦٢٠ سم وتستغرق عملية التجفيف ثواني قليلة ، مما يؤدي إلى فقد قليل في العناصر الغذائية، ويصل الفقد في فيتامين C في هذه الحالة إلى ٥%. ويفضل تبخير الماء من الأغذية السائلة باستخدام مبخرات متعددة المراحل بوجود غرف لتبخير الماء على درجات حرارة منخفضة تحت تفريغ كي لا يحدث ضرر أو فقد في العناصر الغذائية. ويبين الشكل رقم (٥) كيفية عمل مجفف الرذاذ للحصول على حليب مجفف خالي الدسم:



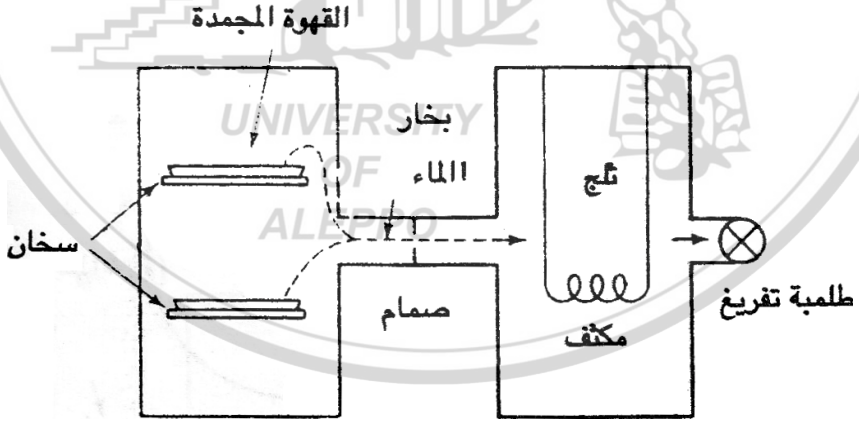
الشكل (٥): التجفيف بالرذاذ

٤-٤: التجفيف بالأسطوانات(Drum Drying): تستخدم هذه الطريقة مع المواد التي يصعب تدفقها على شكل رذاذ مثل: البطاطا المهروسة أو عجينة البندورة. ويتألف المجفف من اسطوانتين دائريتين بينهما مسافة صغيرة جداً، ويمر داخل كل اسطوانة بخار ساخن بحرارة ١٢٠ ــ ١٤٠°س، وتلتصق العجينة على أسطح الأسطوانات عند مرورها بين الأسطوانتين، ويتم تبخير الماء منها وتجف وتكشط أثناء دوران الأسطوانات بواسطة سكاكين مثبتة بطريقة خاصة (الشكل رقم ٦). وتستغرق عملية التجفيف حوالي ٢ – ٣ دقائق، ويبقى الفقد أقل من الفقد الذي يحدثه التجفيف الشمسي أو باستخدام الأنفاق:



الشكل (٦) التجفيف بالأسطوانات

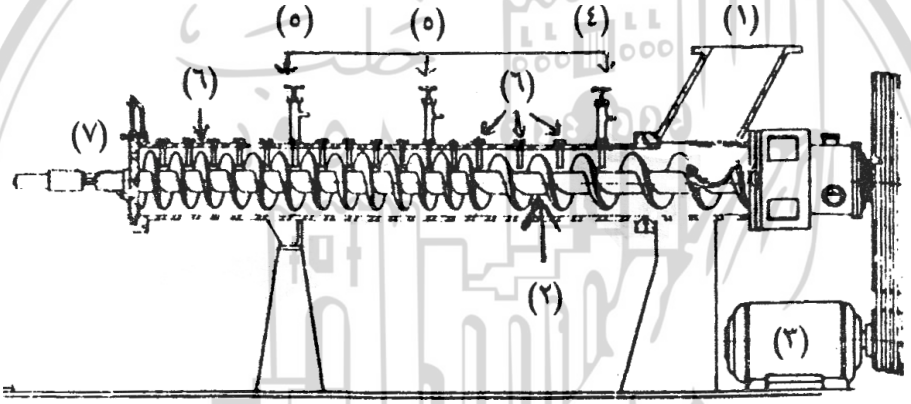
٤-٥: التجفيف بالتجفيد (Freeze Drying) : تعتبر هذه الطريقة من أفضل طرائق التجفيف في هذا العصر، لأنها تقلل التغيرات الكيميائية غير المرغوبة والفقد في العناصر الغذائية إلى أقل درجة ممكنة مقارنة بطرائق الحفظ الأخرى ،نظراً لانخفاض درجة الحرارة المستخدمة، مثال: تصل نسبة الفقد في فيتامين C في الفاكهة إلى أقل من ١%، والفقد في الثيامين (فيتامين B_1) أقل من ٥% في اللحم. كما يمنع التجفيف بالتجميد من الكرمشة التي يتعرض لها الغذاء بالتجفيف بالأنفاق، وهذا يجعل إعادة الترطيب عند الطبخ أو الاستهلاك أسهل بكثير ويعطي منتجات ذات جودة عالية. ولا تكون هذه الطريقة شائعة لتكلفتها العالية مقارنة مع طرائق التجفيف الأخرى. مثال: يتم إنتاج القهوة المجففة بهذه الطريقة، تصب القهوة السائلة في صواني من الحديد غير القابل للصدأ لمسافة حوالي ربع (١/٤) العمق، وتوضع الصواني في غرفة التجميد على – ٤٠°س، وتنقل بعد التجميد إلى غرف التجفيد (غرفة موصولة بمضخة تفريغ ويتم إمداد الطبقات المتجمدة بالحرارة بعد إجراء عملية التفريغ)، وتقوم الحرارة بتحويل الثلج مباشرة إلى بخار يندفع إلى غرفة أخرى ويعاد تجميده على سطح المكثف، ويساعد وجود التفريغ على سرعة تحرك البخار الناتج إلى سطح المكثف ويمنع انصهار الثلج المتكون (الشكل رقم ٧):



الشكل (٧) التجفيف بالتجفيد

٤-٦: التجفيف باستخدام حرارة الطبخ تحت الضغط (Extrusion Cooking): تستخدم هذه الطريقة بشكل كبير في منتجات الحبوب والعديد من أغذية الأطفال وأغذية الافطار السريعة مثل رقائق الذرة (كورن فليكس) والمعروفة باسم Snacks، ويستخدم جهاز يدعى Extruder، وهو مؤلف من أسطوانة تسخن من الخارج بالبخار

ويتحرك بداخلها حلزون (ماكينة الكبة)، حيث تضيق المسافة بين الحلزون وجدران الأسطوانة على طول المسافة، ويدخل المنتج المراد تجفيفه إلى الجهاز على شكل عجينة ذات نسبة رطوبة محددة، وتنقل العجينة عند دوران الحلزون داخل الأسطوانة، وتتعرض خلال ذلك لعملية طبخ بواسطة درجة الحرارة العالية للجدران الأسطوانة، ويزداد ضغطها باستمرار نتيجة الانخفاض المستمر للمسافة بين الحلزون وجدران الأسطوانة وحتى تخرج من فتحة صغيرة في نهاية الأسطوانة، وتتعرض المواد للتمدد وزيادة الحجم نتيجة ارتفاع درجة حرارة العجينة وضغطها العالي، ويتبخر الماء منها بمجرد خروجها، ونحصل على منتج بقوام مسامي هش. ويبين الشكل رقم (٨) أجزاء الجهاز المستخدم:



الشكل (٨): الطبخ بالحرارة تحت الضغط: ١- فتحة التغذية ٢- الحلزون ٣- موتور الحركة ٤و٥- صمامات دخول البخار الساخن ٦- الحواجز الداخلية وغلاف الحلزون (الأسطوانة) ٧- ماكينة التقطيع

٤-٧: التجفيف بطريقة الرغوة (Foam-Mat Drying): تستخدم هذه الطريقة مع عصائر الفاكهة المركزة، حيث يتم ضرب سوائل الفاكهة في الخلاط بوجود مادة مثبتة للرغوة مثل ميثيل سيللوز لحين تكوين رغوة كثيفة، وتفرد المادة الرغوية على ألواح مثقبة على شكل طبقات رقيقة، وتجفف بالهواء الساخن، ثم تطحن وتحول إلى مسحوق. وقد تم تحويل كثير من عصائر الفاكهة المركزة بهذه الطريقة مثل عصير البرتقال والليمون والكريفون (الغريب فروت) والتفاح إلى مسحوق برطوبة منخفضة. وتتميز المواد المجففة بتركيب مسامي جيد يجعلها سريعة الذوبان حتى في الماء البارد. وبما أن تبخر الماء من المواد الرغوية يتم بدرجة سريعة، فيمكن

تجفيف المنتجات بهذه الطريقة على درجة حرارة منخفضة نسبياً وتحت الضغط الجوي العادي وفي زمن قصير.

مثال: يتم تجفيف عصير الفاكهة المركز بسماكة ٠,٢٨ سم على درجة حرارة ٧١°س إلى مستوى رطوبة ٢% خلال ١٥ دقيقة، ويتميز المسحوق الناتج بلون ونكهة أفضل مقارنة مع طرائق التجفيف الأخرى التي يستخدم فيها أيضاً الهواء الساخن. ونادراً ما تستخدم هذه الطريقة بشكل قليل، وتكون فترة صلاحية المواد الناتجة منخفضة بسبب التركيب المسامي الذي يدمص بسهولة الرطوبة والأوكسجين ويتيح ذلك حدوث التفاعلات التي تؤثر بشكل ضار على جودة المنتج.

٤-٨: التحمير في الدهن (Deep Fat Frying): يحل الزيت الساخن في هذه الحالة محل الهواء الساخن كوسيط تجفيف، ويتبخر الماء من المادة الغذائية ويحل الزيت محله، ونحصل بذلك على منتج جديد وجاف (مثال: أصابع البطاطا الرقيقة).

٤-٩: عملية الخبيز (Baking Process): تعتبر عملية الخبيز أيضاً أحدى طرائق التجفيف، ويتم فيها تبخير الماء من المنتج ، وكلما طالت مدة الخبيز كلما زاد جفاف المنتج، وتزداد بالتالي فترة صلاحيته (مثال: أنواع مختلفة من البسكويت الجاف والخبز الجاف).

٤-١٠: التجفيف باستخدام الطاقة الناتجة عن الموجات القصيرة (Microwave): يجفف السطح الخارجي للغذاء أولاً عند تجفيف الأغذية بالطرائق المختلفة، ويجب أن تمر الحرارة من سطح الغذاء خلال الطبقة الجافة وحتى تصل إلى الطبقة الداخلية لكي تقوم بتبخير جزيئات الماء منها، ويتم انتقال الحرارة خلال الطبقات الجافة بدرجة أبطأ بكثير من انتقالها خلال الغذاء الرطب وينخفض معدل التجفيف باستمرار مما يؤدي إلى بطء عملية التجفيف، وتم التغلب على هذه العملية باستخدام الطاقة الناتجة عن الموجات القصيرة في عملية التجفيف.

يعتمد أساس هذه الطريقة على اعتبار جزيئات الماء بما تحمله من شحنة مثل المغناطيس، أي ذات قطبين متضادين، ويمكن أن تتخلل الموجات الغذاء سواء أكان جافاً أو رطباً، وتقوم بخلق مجال كهربائي داخل الغذاء، وتبعاً لهذا تتحرك جزيئات

الماء بسرعة في اتجاه مضاد لشحنة المجال المتولد، وكلما زادت سرعة حركة جزيئات الماء كلما تولد عنها طاقة تؤدي إلى رفع حرارة الغذاء، وتتبخر جزيئات الماء الساخن بوجود تيار من الهواء، ويجف الغذاء وهذا هو أساس عمل فرن الميكروويف.

وأهم عيوب هذه الطريقة هي تكلفتها العالية، ولهذا لا تستخدم كطريقة تجفيف كاملة، ولكن يمكن استخدامها في إتمام عمليات التجفيف التي تتم بالطرائق الأخرى، عن طريق خفض الزمن اللازم لإتمام العملية بما يوازي عشر وحتى نصف الزمن اللازم في الطريقة العادية.

٥- تعبئة وتخزين الأغذية المجففة:

لابد بعد الانتهاء من عملية التجفيف من العناية الكاملة بعملية التعبئة والتخزين لكي نتلافى زيادة الفقد في عناصر الجودة أو القيمة الغذائية. ويلزم توفر الحماية الكاملة من الماء والأوكسجين في العبوة المستخدمة، أي يجب تجنب رطوبة الجو وأن يكون الفراغ الهوائي أقل ما يمكن، ولهذا يفضل أن تكون التعبئة تحت التفريغ أو بوجود غاز خامل مثل الآزوت وغير منفذة للضوء.

كما يلزم أن يكون مكان التخزين بارداً وجافاً، لأن أهم مشكلة تواجه الأغذية المجففة هي في تغير صفاتها الطبيعية بمجرد وصول الرطوبة إليها، مثال: يفقد البسكويت وأصابع البطاطا الرقيقة القرمشة المميزة لها عند وصول نسبة الرطوبة إلى ٤٠ – ٥٠%، ويتيح زيادة الرطوبة لنشاط الأحياء الدقيقة، كما يلزم اتخاذ الاحتياطات الكافية لمنع وصول الحشرات والقوارض إلى مكان التخزين، وذلك بمراعات النظافة التامة وتغطية النوافذ بالأسلاك واستخدام المبيدات الحشرية في تطهير المخازن باستمرار مع ضمان عدم وصول هذه المبيدات إلى الغذاء.

الفصل الرابع

حفظ الأغذية بدرجات الحرارة المنخفضة

١- المقدمة: تستخدم درجات الحرارة المنخفضة بالوسائل الطبيعية والصناعية بغية المحافظة على سلامة المواد الغذائية من الفساد باستخدام الماء البارد أو الثلج أو البرادات.

٢- أنواع التبريد:

٢-١: التبريد الطبيعي: استخدم قديماً الماء المثلج (الثلج العادي ومياه الأنهار والثلوج) في تبريد المواد الغذائية، وتكون قدرتها على التبريد محدودة لاعتمادها على درجة الحرارة المراد إزالتها من المواد الغذائية وقابلية المعدن المستخدم في التبادل الحراري وكمية الماء الجاري ودرجة حرارته. واستخدام الملح مع الثلج في خفض درجة الحرارة، وكلما زادت كمية الملح المضاف كلما انخفضت درجة تجميد الخليط.

٢-٢: التبريد الصناعي: بدأ تطور فكرة التبريد الصناعي من استخدام الثلج الصناعي (ثاني أكسيد الكربون الصلب) في التبريد الجيد، وأعطى قدرة تبريدية عند تحوله من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية، أي يمتص الحرارة عند تحوله إلى الحالة الغازية، ومنها تكونت فكرة التبريد والتجميد. وتتواجد المواد في الطبيعة بأشكال مختلفة (السائلة والصلبة والغازية) وتختلف الحالات الثلاث بكمية الطاقة الحرارية التي تعطيها عند تحولاتها. وتملك المادة طاقة حرارية تستهلك عند تحولها من الحالة الصلبة (الثلج) إلى الحالة السائلة ثم الغازية، والعكس صحيح عند تحول المادة الغازية إلى الحالة السائلة ثم الصلبة وتفقد المادة القدرة الحرارية في هذه الحالة. وتفقد المادة حرارة عند تحولها من الحالة الغازية إلى السائلة وتمتص الحرارة عند تحويلها بعد ذلك من الحالة السائلة إلى الغازية، وتغلق بذلك دارة التبريد الصناعي. وتستخدم الغازات كمادة مناسبة وتتحول إلى سائل عند تعرضها إلى ضغط مرتفع،

وتتحول عند رفع الضغط عنها من الحالة السائلة إلى الغازية ممتصة الحرارة الكامنة للتبخير من الوسط المحيط فتنخفض فيه درجة الحرارة وهذا مبدأ الثلاجات.

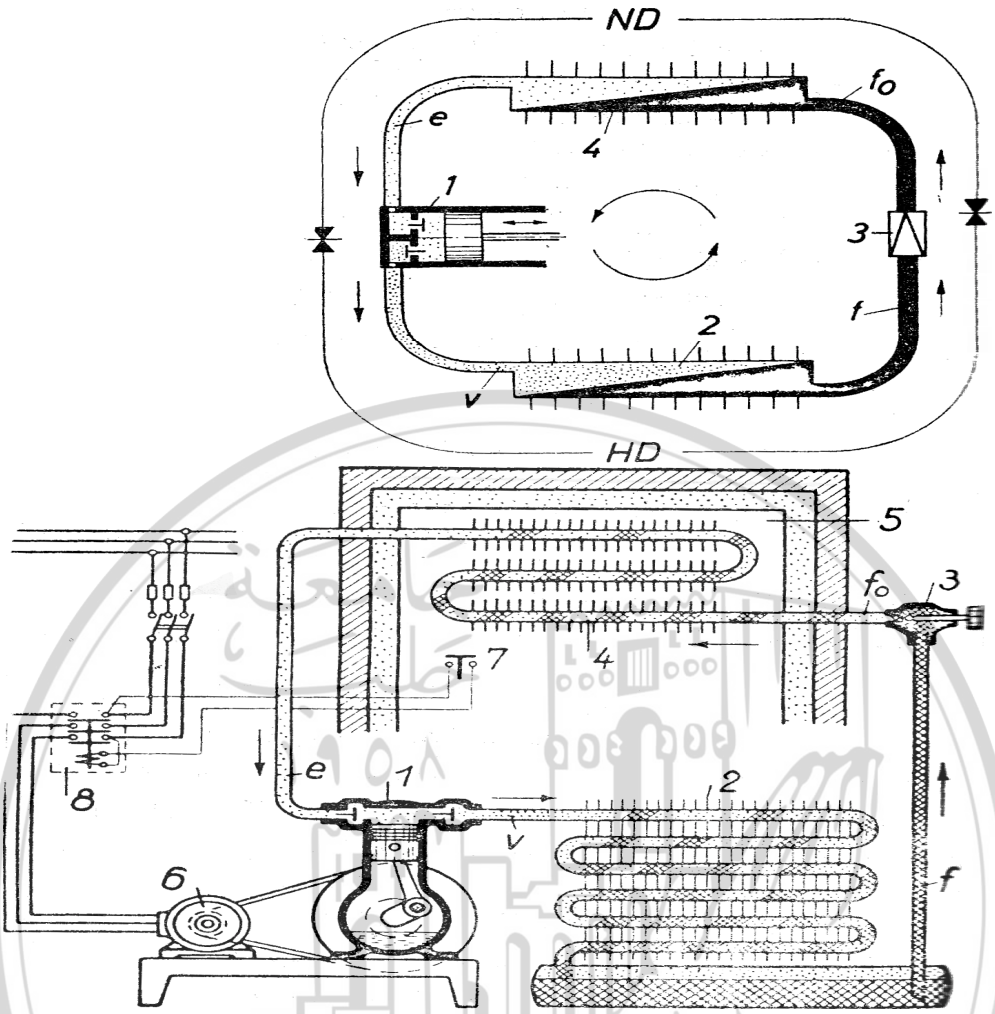
٣- الأجزاء الرئيسية لأجهزة التبريد:

يتألف جهاز التبريد الصناعي من الأجزاء الرئيسية التالية (الشكل رقم ٩):

٣-١: المضخة (المكبس): مضخة ماصة ضاغطة لشفط وضغط الغاز تمهيداً لتحويله لسائل، وهي مضخة غازية ماصة ضاغطة من النوع الجيد وتعمل على شفط الغاز من أنابيب التمدد والانتشار وتضخه وتضغطه تمهيداً لتحويله لسائل باتجاه المكثف، وقد تكون المضخة بسيطة مؤلفة من مكبس واحد أو ذات تأثير مزدوج ومنها الأفقي أو العمودي. وتستعمل اليوم المضخة العمودية التي تتحرك من خلال شريط جلدي أو من الكاوتشوك وتولد الطاقة المحركة لهذه المضخات المكبسية في الوحدات الصغيرة والمتوسطة، بينما تستخدم المحركات الكهربائية في الوحدات التبريد الكبيرة والثلاجات المنزلية.

٣-٢: مكثف لتحويل الغاز المضغوط إلى سائل: ويقتصر عمل المكثف على امتصاص حرارة السائل المضغوط وتحويله إلى الحالة السائلة باستخدام رذاذ الماء أو الهواء الجوي. وتستخدم عدة أنواع من المكثفات مثل الأنبوبي وعلى شكل زعانف السمك والمكثف الحاوي على خزان استقبال موجود في أسفل المكثف ويعمل على تجميع الغازات المكثفة وتعريض أنابيب التمدد والانتشار للكمية اللازمة للتبريد.

٣-٣: صمام الأمان (المنظم): عبارة عن صمام ينظم مرور الغاز السائل مباشرة من المكثف (خزان الاستقبال) إلى أنابيب التمدد والانتشار، أي يمر من خلاله الغاز المكثف نتيجة للتفريغ الناتج من سحب المكبس المستمر للغازات الموجودة ضمن أنابيب التمدد والانتشار. كما يقوم المنظم بتحديد كمية الغاز السائل وبحسب درجة التبريد المطلوبة، ويحافظ على ضغط الغاز في المكثف أثناء وجوده في خزان الأستقبال.



الشكل (٩) الأجزاء الرئيسية لجهاز التبريد الصناعي

١ – المكبس. ٢– المكثف (هوائي). ٣– صمام الأمان. ٤– أنابيب التمدد والانتشار (غاز التبريد المضغوط والغاز السائل بدون ضغط). ٥– حيز التبريد. ٦– المحرك الكهربائي. ٧– مقياس تنظيم الحرارة. ٨– مفتاح المحرك (غاز التبريد المضغوط، الغاز السائل المضغوط) الغاز السائل بدون ضغط. غاز التبريد

٣–٤: أنابيب التمدد والانتشار: يتحول الغاز السائل في هذه الأنابيب (شكل صفائح أو عادية) إلى الحالة الغازية ممتصاً الحرارة من الوسط المحيط به، وتتوضع أنابيب التمدد والانتشار حول الإناء الذي يحوي المادة الغذائية كما هو الحال في الثلاجات المنزلية أو بتماس مباشر مع المواد الغذائية كما في بعض آليات تبريد الحليب. وتصنع الأنابيب من خلائط معدنية وبحسب نوعية الغاز المستعمل في التبريد (يستعمل الحديد عند استعمال غاز الأمونياك ولا يمكن استخدامه في التبريد المباشر بسبب تشكله للروائح المعدنية، بينما يستعمل النحاس عند استعمال غاز الفريون).

وتتم دورة الغاز كما يلي:

يقوم المكبس بضغط الغاز الوارد إليه من أنابيب التمدد والانتشار ويدفعه مضغوطاً إلى جهاز التكثيف، حيث يتساقط رذاذ الماء أو يمر تيار من الهواء البارد على أنابيب مرور الغاز المضغوط فيتحول الغاز المبرد إلى الحالة السائلة ويتجمع في خزان الاستقبال، بعدها ينتقل السائل الناتج عن طريق صمام الأمان إلى أنابيب التمدد والانتشار الموجودة في المكان المراد تبريده، ويقل الضغط عليه فيتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية ممتصاً الحرارة اللازمة لهذا التحول من الوسط المحيط، وتنخفض بعدها درجة حرارته، ويسحب المكبس الغاز بعد ذلك ليعيد ضغطه ودفعه لجهاز التكثيف وتستمر الدورة على هذا الشكل.

ويستعمل في الثلاجات غازات تبريد مختلفة ومنها: غاز الفريون (CCl_2Fl_2) وغاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) وغاز كلور الميثيل (CH_3Cl) وغاز النشادر (NH_3) وغاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وغاز كلور الايثيل (C_2H_5Cl). ويلزم أن يتوفر في الغازات الشروط التالية:

- انخفاض درجة الغليان التي يصاحبها تبخر على درجة حرارة منخفضة.
- سهولة تحول الغاز إلى الحالة السائلة على درجة حرارة وضغط منخفض.
- عدم تفاعل الغاز مع المعدن.
- أن لا يكون له تأثير سام.
- أن يكون غير قابل للاشتعال.
- أن يكون خالياً من الرائحة النافذة المخرشة.
- أن يسهل الكشف عنه عند تسربه.
- أن يكون رخيص الثمن.

الغاية من حفظ الأغذية بالتبريد أو التجميد في خفض درجة الحرارة إلى الحد الذي يجعل نمو الأحياء الدقيقة والتفاعلات الكيميائية والحيوية في أدنى حد، وتحتل اليوم الأغذية المبردة والمجمدة حوالي ٥٥% من الغذاء الكلي المستهلك، وتكون في

الأغذية المحفوظة بالتعليب حوالي ٣٠%، والأغذية المحفوظة بالتجفيف حوالي ٥% فقط، وزادت في الوقت الحاضر كمية الفاكهة المجمدة حوالي ثلاثة أضعاف، وزادت الخضار المجمدة حوالي ضعفين. ولم يقتصر الأمر على تجميد الأغذية الطازجة فقط، وإنما شمل الأمر الغذاء المطبوخ على نطاق واسع ويعرف باسم Cook-Freeze Catering حيث يجهز الغذاء بكميات كبيرة ويطبخ وبعدها يجمد، ويتم عند الطلب تسخينه في أفران خاصة، وتستخدم الأغذية المطبوخة والمجمدة على نطاق واسع في المستشفيات والمدارس والمعسكرات.

٤- حفظ الأغذية بالتبريد:

تكمن عمليات التبريد والتجميد في إزالة الحرارة من المواد الغذائية التي تملك درجة حرارة كافية تسمح للفساد بتكاثر الجراثيم والفطور والخمائر التي تسمح بنشاط الأنزيمات مسببة بذلك بعض التغيرات والتفاعلات الكيميائية كتفاعل الأكسدة والاختزال والتحلل.

تحتفظ الأغذية بجودتها وخصائصها بشكل مؤقت لمدة قصيرة بالتبريد (عدة أيام وحتى عدة أسابيع) وبخاصة في الثلاجات المنزلية على شكل طازج أو مطبوخ. ويملك كل نوع من الأغذية درجة حرارة تبريد مثلى نحصل عندها على أفضل النتائج، مثال: يلزم تبريد اللحوم والأسماك إلى درجات حرارة منخفضة بقدر الإمكان، ويختلف الأمر عند الخضار والفاكهة، ويؤدي مثلاً تبريد البطاطا إلى درجات حرارة منخفضة عن المطلوب إلى تحول جزء من النشاء إلى سكريات بفعل الأنزيمات وتكسبها اللون البني عند طبخها، وتتأثر عملية النضج عند الموز بخفض درجة الحرارة، ولهذا لا ينصح بتبريد الموز إلا بعد تمام نضجه، والأمر نفسه بالنسبة للبندورة الخضراء، بينما يلزم تبريد البندورة الناضجة بمجرد قطفها وإلا تعرضت لفقد في بعض الفيتامينات وبخاصة فيتامين C الذي يفقد منه حوالي ٤٠% خلال ثلاثة أيام عند حفظها على درجة حرارة الغرفة، كما تفقد الذرة كثيراً من حلاوتها لو لم يتم تبريدها. وتعتبر أفضل درجة حرارة للحصول على أطول فترة حفظ لكثير من الخضار والفاكهة هي

١,٥ – ٥°س، مع العلم أن معظم الثلاجات المنزلية ترتفع فيها درجة الحرارة عن ذلك وقد تصل إلى ٨°س وهي درجة أكثر بقليل من اللازم.

وتملك الخضار والفاكهة الطازجة المبردة في المنزل تحت تبريد مناسب جودة وقيمة غذائية عالية، بينما يختلف الأمر في التبريد التجاري سواء أكان على نطاق كبير أو على مستوى أماكن البقالة الكبرى ،حيث تفقد المواد الغذائية بعض القيمة الغذائية أو صفات الجودة، لأننا لا نعرف مدى مقدار العناية التي قدمت لها منذ بداية فترة الحصاد وحتى فترة وصولها إلى أماكن البقالة الكبرى، أو أن عملية التبريد لم تتم بالطريقة الملائمة.

٤–١: تبريد اللحوم: تعتبر اللحوم من الأغذية سريعة الفساد، الأمر الذي يتطلب تبريدها بعد الذبح مباشرة، وأسرع أنواع اللحوم قابلية للتلف والفساد هو اللحم البقري الصغير (العجل)، ويمكن حفظه بالتبريد لمدة أسبوعين، ويلي ذلك اللحم البقري الكبير الذي يحفظ بالتبريد لمدة ستة أسابيع، بينما لا تحفظ الأنسجة الغدية مثل الكبد والطحال والكلي والمخ بالتبريد، ويلزم حفظها بالتجميد.

تفقد اللحوم خلال فترة التبريد حوالي ١,٥ – ٢,٥% من وزنها نتيجة تبخر جزء من رطوبتها، ولهذا يلزم تخزينها في جو رطوبته النسبية ٩٠% كحد أدنى لتقليل الفقد في الوزن، وأفضل درجة حرارة لتبريد اللحوم هو الصفر المئوي وأن لا تتعدى تفاوت درجة الحرارة ± ٠,٥°س، ويؤدي زيادة درجة الحرارة عن ذلك ولو لدرجة واحدة إلى نمو الفطريات على سطح اللحوم. ويفضل استخدام غرف منفصلة لتبريد اللحوم وتنقل بعد ذلك إلى غرف التخزين، ويؤدي استخدام غرفة واحدة لغرض التبريد والتخزين إلى حدوث تقلبات مستمرة في درجة الحرارة نتيجة دخول وخروج اللحوم بشكل مستمر. ويمكن تزويد غرف تبريد اللحوم وتخزينها بمصابيح الأشعة فوق البنفسجية لتساعد على منع نمو الأحياء الدقيقة المحبة للبرودة وبخاصة الفطريات.

كما يمكن زيادة مدة حفظ اللحوم بالتبريد عن طريق خفض الحرارة إلى –١°س، ويؤدي أيضاً نفس الغرض بإضافة غاز ثاني أكسيد الكربون إلى جو التخزين بنسبة

١٠ – ١٥%، وكلما زاد تركيز الغاز كلما زادت مدة الحفظ، ولكن يتبع ذلك حدوث التلون البني للحوم بسبب تحول صبغة الهيموغلوبين إلى ميتا هيموغلوبين.

٤-٢: تبريد الأسماك: لا يتم تبريد الأسماك بهدف الحفظ وإنما للمحافظة فقط على خصائصها وجودتها خلال فترة نقلها من مراكز الصيد وحتى مراكز التسويق أو التصنيع، ويسبب زيادة فترة التبريد عن اللازم إلى ليونة لحم السمك وتغير لون الجلد وظهور رائحة غير مرغوبة.

ويفضل استخدام الثلج المجروش الناعم في عملية التبريد عن استخدام الثلاجات، حيث تزداد سرعة التبريد في الحالة الأولى، والغرض من جرش الثلج وتنعيمه هو تجنب حدوث أي جروح في أنسجة السمك، لأن ذلك يساعد على التلف. والنسبة المثلى الواجب إضافتها من الثلج إلى الأسماك لحفظها هي (١) ثلج: (٢) سمك، ويمكن رفع هذه النسبة إلى (١) ثلج: (١) سمك في الطقس الحار، ويوضع الثلج في طبقات متبادلة مع طبقات السمك على أن تكون الطبقة الأولى والأخيرة من الثلج، وقد يضاف إلى الماء المستخدم في صناعة الثلج بعض المواد المطهرة مثل الكلور أو البنسلين.

٤-٣: تبريد الخضار والفاكهة: يلزم أن تكون الخضار والفاكهة المعدة للحفظ بالتبريد سليمة وخالية من الجروح والخدوش والعطب، وأن تكون تامة النضج، لتعرض الخضار والفاكهة الغضة للانكماش وتعطي طعماً غير مقبول عند تخزينها في جو مبرد.

وتختلف مدة الحفظ في الأنواع المختلفة من الخضار والفاكهة وحتى بالنسبة للأصناف داخل النوع الواحد. ويبين الجدول رقم (١٠) درجات الحرارة المثلى والرطوبة النسبية ومدة حفظ الأنواع المختلفة من الخضار والفاكهة المحفوظة بالتبريد، ويمكن زيادة فترة الحفظ عن طريق تعبئة الخضار والفاكهة في أكياس من البولي إيثلين أو في حقائب من البلاستيك الرقيقة، ويتم بذلك خفض نسبة الماء التي تفقدها وتأخر تعرضها للذبول ويراعى في هذه العبوات نفذها للأكسجين بدرجة قليلة، لأن أنسجة الخضار والفاكهة تبقى حية أثناء التبريد وتتنفس أي تمتص الأكسجين وتطرد

ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، ويستخدم هذا الأكسجين في إنتاج الطاقة عن طريق استهلاك النشاء المخزن بها، ويزداد استهلاك النشاء بزيادة كمية الأكسجين عن الحد اللازم، وتقل فترة الحفظ. كما يؤدي انخفاض مستوى الأكسجين في العبوة إلى تحلل الأنسجة وإنتاج الأحماض والكحولات وتكتسب الأنسجة قواماً عجينياً وتتعرض للانحلال بالأحياء الدقيقة. ويمكن حفظ الغذاء لأطول فترة ممكنة بتصميم العبوة بتوازن بين كمية الماء التي تنفذ منها وكمية الأكسجين التي تدخل إليها، ويلاحظ ذلك في احتواء عبوات البلاستيك الرقيقة التي تستخدم في تعبئة البطاطا على عدة ثقوب لإحداث التهوية بالقدر المطلوب.

وتحفظ البطاطا بالتبريد بغرض الاستهلاك أو التخزين، وأفضل درجات حرارة تخزين البطاطا بغرض الاستهلاك الغذائي هي ١٠ – ١٥,٥٦°س، وتؤدي درجات الحرارة المنخفضة (الصفر وحتى ١,٦٧°س) إلى تحلل النشاء إلى سكريات وحدوث التلون البني عند طبخ البطاطا، بينما تؤدي درجات الحرارة المرتفعة نسبياً إلى إنبات البطاطا، ويمكن التغلب على هذا باستخدام المواد المانعة للإنبات (الجدول رقم ٤)، ويتم تخزين البطاطا في الفترة من أول شهر تموز وحتى آخر شهر أيلول بدرجة حرارة مثلى للتخزين وهي حوالي ٤,٤٤°س وبرطوبة نسبية ٨٥ – ٩٠%، وتبقى في حالة سكون لمدة ٦ – ٩ أشهر وذلك بحسب الأصناف. ويجب فرز البطاطا قبل تخزينها واستبعاد الثمار المجروحة أو المتعفنة أو المتشققة، بالإضافة إلى التحكم الجيد في درجات الحرارة والرطوبة النسبية، ويؤدي التذبذب بين الانخفاض والارتفاع إلى أضرار كثيرة وتعرض البطاطا للفساد والإصابة بالفطريات والفقد في الوزن والإنبات.

الجدول (٤): درجات الحرارة والرطوبة النسبية المناسبة لحفظ الأغذية بالتبريد

المادة الغذائية	درجة الحرارة (°س)	الرطوبة النسبية (%)	مدة الحفظ
التفاح	١,١١ وحتى– ٠,٥ –٣١	٨٥ – ٩٠	٢ – ٥ أشهر
المشمش	٠,٥ وحتى الصفر	٨٥ – ٩٠	١ – ٢ أسبوع
المانكا	١٠ – ١١,١١	٨٥ – ٩٠	٢ – ٣ أسابيع

الموز الناضج	١١,١١ – ١٥,٥٥	٨٥ – ٩٠	١ – ٣ أسابيع
الموز الأخضر	١٦,٦٦ – ٢١,١١	٩٠ – ٩٥	١ أسبوع
العنب	٠,٥ وحتى الصفر	٨٥ – ٩٠	٣ – ٦ أشهر
التين	٠,٥ وحتى الصفر	٨٥ – ٩٠	١٠ أيام
الأجاص	٢,٧٧ – ٨,٨٨	٨٥ – ٩٠	١ – ٢ شهر
البرتقال	١,٦٦ – ٢,٧٧	٨٥ – ٩٠	٨ – ١٠ أسابيع
الليمون	١٠ – ١٢,٧٧	٨٥ – ٩٠	١ – ٤ أشهر
الليمون	٨,٨٨ – ١٠	٨٥ – ٩٠	٦ – ٨ أسابيع
الجزر	الصفر	٩٠ – ٩٥	٤ – ٥ أشهر
البازلياء الخضراء	٧,٢٢	٨٥ – ٩٠	٨ – ١٠ أيام
الفاصولياء	٧,٢٢ – ١٠	٨٥ – ٩٠	٨ – ١٠ أيام
السبانخ	الصفر	٩٠ – ٩٥	١٠ – ١٤ يوم
أرضي شوكي	٠,٥ – وحتى الصفر	٨٥ – ٩٥	١ شهر
الملفوف	الصفر	٩٠ – ٩٥	٣ –٦ أسابيع
الخيار	٧,٢٢ – ١٠	٨٥ – ٩٥	٢ – ٣ أسابيع
الشوندر	الصفر	٩٠ – ٩٥	١ – ٣ أشهر
البطاطا	٣,٣٣ – ٤,٤٤	٨٥ – ٩٠	٦ – ٩ أشهر
البندورة الناضجة	٤,٤٤ – ١٠	٨٥ – ٩٠	٧ – ١٠ أيام
البندورة الخضراء	١٢,٧٧– ٢١,١١	٨٠ – ٨٥	٣ – ٥ أسابيع

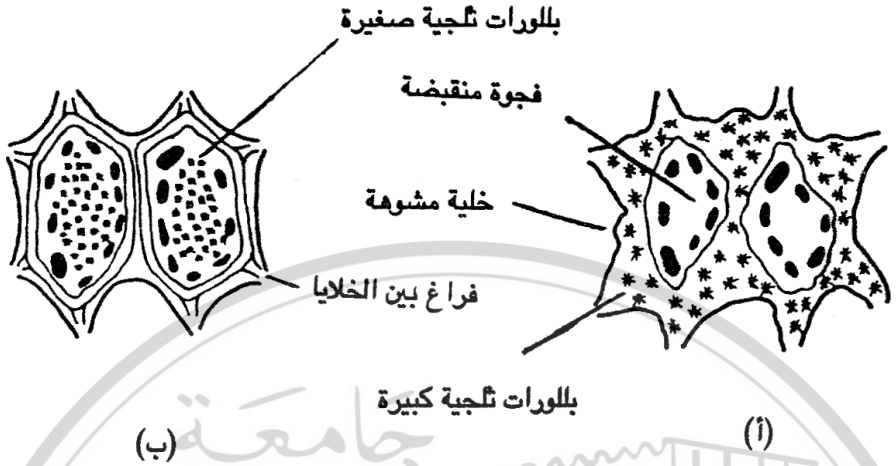
٥– حفظ الأغذية بالتجميد:

يعتبر تبريد الأغذية إلى درجات حرارة منخفضة (٥ – ٨°س) من عمليات الحفظ المؤقتة، ويتطلب إطالة فترة الحفظ إلى خفض درجة حرارة الغذاء إلى أكثر من

ذلك، بحيث يتجمد محتوى الغذاء من الماء، ويصبح الوسط غير ملائم لنمو الأحياء الدقيقة أو لحدوث التفاعلات الكيميائية أو النشاط الأنزيمي. ويتطلب وقف نشاط الأحياء الدقيقة خفض درجة حرارة الغذاء إلى – ١٠°س، بينما يتطلب وقف نشاط الأنزيمات إلى خفض درجة الحرارة إلى – ١٨°س، ويتوفر ذلك إلى حد ما في المجمدات المنزلية (Deep freezers)، ويتم التجميد على نطاق تجاري بخفض درجة الحرارة إلى – ٢٩°س لكي نحصل على أغذية مجمدة بأعلى درجة جودة ممكنة وإطالة مدة الحفظ، ولا يعني أنه يمكن حفظ الغذاء إلى ما لا نهاية عند الوصول إلى هذه الدرجات المنخفضة، لأنه يتبقى جزء من الماء (حوالي ١٠%) دون أن يتجمد، ويمكن بالتالي حدوث التفاعلات الكيميائية التي تتم ببطء شديد ،وتتأثر جودة الغذاء بمرور الوقت وتتأثر بذلك فترة حفظه.

وتحتوي معظم الأغذية الطازجة على أكثر من ٦٠% ماء، ويرتبط بعض هذا الماء بشدة بمكونات الخلايا (الماء المرتبط) ويعرف الباقي بالماء الحر. وتحتوي الخلايا النباتية بالمتوسط على حوالي ٦% ماء مرتبط، بينما تحتوي الخلايا الحيوانية على حوالي ١٢% ماء مرتبط، ولا يتجمد الماء الحر على درجة الصفر المئوي في هذه الخلايا، ولهذا يحتاج إلى درجات حرارة أقل من ذلك، نتيجة احتواء المواد الصلبة الذائبة على أملاح وسكريات وأحماض عضوية تؤدي إلى خفض درجة التجمد، مثال: يتجمد ٦٤% من الماء الحر في البازلياء على – ٥°س، بينما يتجمد ٨٦% من الماء الحر على – ١٥°س و٩٢% من الماء الحر على – ٣٠°س، ولا تتوقف جودة الأغذية المجمدة فقط على خفض درجة حرارة الغذاء إلى أقل حد ممكن، وإنما يتوقف أيضاً على سرعة هذا الخفض، أي يؤثر معدل تجميد الغذاء في الجودة بدرجة كبيرة، وكلما زادت سرعة التجميد كلما أمكن الحصول على منتجات مجمدة بجودة أفضل، وتحتوي خلايا النباتات على فجوات واسعة نسبياً، وتحتوي هذه الفجوات على معظم كمية الماء الحر. وتشكل عملية التجميد بمعدل سريع بللورات ثلجية صغيرة داخل الفجوات، ولا يتأثر بذلك التركيب الخلوي ولا يحدث أي تحطيم لجدر الخلايا، بينما تشكل عملية التجميد بمعدل بطيء بللورات ثلجية تأخذ وقتاً كافياً للنمو وتزداد في حجمها، مما يؤدي إلى تحطيم جدر الخلايا وخروج ما بها من سوائل، ويحدث نفس الأمر في

الخلايا الحيوانية التي تحتوي على فجوات مماثلة. ويبين الشكل رقم (١٠) تأثير معدل التجميد على الخلية النباتية:



الشكل (١٠) تأثير معدل التجميد على الخلية النباتية

(أ) الخلية النباتية بعد التجميد البطيء (ب) الخلية النباتية بعد التجميد السريع

٦- خطوات صناعة التجميد:

لابد عند تجميد الأغذية من اختيار المنتجات ذات درجة الجودة العالية وبخاصة بالنسبة للخضار والفواكه التي يجب أن تكون تامة النضج، والأمر نفسه عند اللحوم والأسماك والدواجن التي يلزم أن تكون بحالة جيدة، واجراء عمليات الفرز والغسيل بعناية تامة ويليها الخطوات التالية :

٦-١: تحضير الغذاء: تختلف عملية تحضير الغذاء بالاعتماد على الشكل الذي سوف يجمد عليها تبعاً لاختلاف نوعه، مثال: يجب تبريد الدواجن في الثلاجة بمجرد ذبحها وتنظيفها، أو غسلها بماء مثلج لإزالة معظم حرارة الجسم، وبعدها تربط الأرجل والأجنحة بشكل ملاصقة للجسم لكي لا تشغل حيزاً كبيراً، وتعبأ كل دجاجة على حدة في عبوة مقاومة لنفاذ الرطوبة، وعادة توضع في أكياس من البولي إيثيلين، وأن يكون الكيس ملتصق تماماً بالجسم للتخلص من الهواء، ويغلق طرفه جيداً، ويفضل استهلاك الأجزاء الداخلية للدجاج مثل القلوب والقوانص والكبد طازجة أو يتم تجميدها بشكل منفصل.

بينما تقطع الأجزاء الكبيرة من اللحوم إلى أحجام مناسبة وتغلف، وتوضع القطع الصغيرة في عبوة واحدة مع فصل القطع عن بعضها بواسطة ورق مضاد للشحوم لكي يسهل فصلها عن بعضها.

لابد عند تجميد السمك من تنظيفه وتبريده بالثلج المجروش بمجرد صيده، وتترك الأسماك الصغيرة مع الرأس والذيل ويفضل إزالتها، بينما يتم الأمر عند الأسماك الكبيرة بتنظيف وإزالة الرأس والذيل وتقطيعها إلى شرائح وتغلف.

يتم إعداد وتجهيز الخضار بالشكل الذي سوف تطبخ عليها، بينما يلزم اختيار الفاكهة بعناية واستبعاد الثمار المخدوشة أو المشوهة أو غير الناضجة أو حتى الزائدة في النضج، وعادة تجمد الفاكهة بعد خلطها جيداً مع السكر حتى يذوب ويتخلل أنسجتها (٤٥٤ غرام سكر لكل ١٨١٦ غرام فاكهة) أو تجميدها على شكل ثمار كاملة أو مجزأة.

٦-٢: اجراء عملية التدريج: تتم عملية التدريج للخامات المجهزة لكي تتجمد الثمار المتماثلة في الحجم مع بعضها، ويمكن أيضاً إجراء التدريج وصفياً بحسب درجات الجودة.

٦-٣: اجراء عملية السلق أو الكبرتة: تجري عملية السلق على الخضار التي سوف تؤكل مطبوخة مثل البازلياء والفاصولياء بغية تقليل التغيرات الفيزيائية والكيميائية إلى أقل حد ممكن. وقد تجري أيضاً عملية السلق للفاكهة باستخدام البخار، وإن كانت تؤدي إلى ليونة الأنسجة وفقد القوام الصلب وظهور طعم مطبوخ غير مرغوب، ولهذا يمكن الاستعانة عنها بإجراء عملية الكبرتة، وأن كان هذا يسبب رائحة غير مرغوبة في كثير من الفواكه.

وتختلف مدة السلق بحسب درجة حرارة الماء ونوع الثمار، مثال: تتفاوت مدة السلق بواسطة الماء المغلي، وتستغرق مدة سلق البازلياء الصغيرة دقيقة واحدة، ويحتاج السبانخ والفاصولياء إلى دقيقتين، واللوبية ثلاث دقائق، والبطاطا والجزر لمدة ٣ – ٦ دقائق وهكذا، وتتم عملية السلق في المنازل باستخدام الماء على درجة حرارة الغليان بمعدل حوالي ٤,٥ ليتر لكل ٤٥٤ غرام من الخضار، ويجب أن تتم عملية السلق على وجبات (دفعات)، بحيث يوضع في كل مرة حوالي ٤٥٤ غرام من الخضار في كمية الماء، ثم يترك الماء حتى يغلي، وتستغرق مدة الغمر خلال دقيقة، وتحسب مدة السلق من بداية غليان الماء، وتغمر الخضار بعد انتهاء السلق في وعاء آخر يحتوي على ماء مثلج لمدة مساوية لزمن السلق، ويمكن في كلتا الحالتين (السلق والتبريد) وضع الخضار في قطعة من الشاش أو على مصفاة، وتستخدم نفس الكمية

من ماء السلق ٦ أو ٧ مرات، وتصفى الخضار وتعبأ في عبوات مناسبة ومحكمة القفل وتجمد بعد ذلك.

٦-٤: إجراء عملية التجميد: يمكن تجميد الأغذية في المجمدات التابعة للثلاجات المنزلية (Freezer) لفترات زمنية قصيرة، بينما تستخدم المجمدات العميقة (Deep Freezers) عند التخزين لفترات طويلة وقد تصل إلى سنة مع احتفاظه بأكبر قدر ممكن من صفات الجودة والقيمة الغذائية، وتنخفض درجة الحرارة في هذه الأنواع إلى -١٨°س. كما يتم التجميد على النطاق التجاري بطرائق عديدة ومنها:

٦-٤-١: التجميد بالتلامس المباشر (Direct-contact freezing): يتم خفض درجة حرارة المادة الغذائية نتيجة التلامس المباشر بين الغذاء وعامل التبريد وحتى الوصول إلى الحالة المجمدة، وتجرى هذه العملية من خلال وسائل عديدة:

٦-٤-١-١: التجميد باستخدام الهواء الساكن (Direct-contact freezing): توضع المادة المراد تجميدها في حجرة خاصة معزولة بشكل جيد بدرجة حرارة -١٥°س، وعيوب هذه الطريقة في أن التجميد يتم بسرعة بطيئة ، وقد تحدث بعض التغيرات غير المرغوبة في القوام، ويمكن أحياناً حدوث بعض الفساد للمنتج قبل الوصول إلى الحالة المجمدة.

٦-٤-١-٢: التجميد باستخدام الهواء المتحرك (Blast Freezing): يستخدم في هذه العملية مراوح خاصة تعمل على توزيع الهواء في غرفة التجميد، وتساعد سرعة الهواء على تحسين عملية انتقال الحرارة، الأمر الذي يقلل من عيوب الطريقة السابقة، ولكن لا يلغيها تماماً.

ويتم وضع الغذاء في كلتا الطريقتين على طاولات خاصة أو توضع على سير معدني متحرك، ويتوقف معدل التجميد في هذه الحالة على سرعة تحرك الغذاء داخل حجرة التجميد، بإضافة إلى سرعة الهواء ودرجة برودته. كما يمكن وضع الغذاء على صواني معدنية مثقبة على شكل طبقات في عربات خاصة تدخل إلى غرفة التجميد حتى تتم العملية، وتخرج العربات من الطرف الآخر عندما تكون الغرفة نفقية الشكل.

٦-٤-١-٣: التجميد بالغمر (Immersion Freezing): يتم غمر الغذاء في خليط الثلج والملح أو في محلول ملحي درجة حرارته منخفضة جداً، ويمكن رش المحلول على الغذاء المراد تجميده، ويفضل تجميد الأغذية بعد تغليفها لكي لا يتأثر طعم الغذاء نتيجة وجود الملح، ويستبدل المحلول الملحي عند الفاكهة بمحلول سكري كعامل تجميد.

كما يستعمل حديثاً سوائل تبريد أخرى كعوامل تجميد وتدعى Cryogenic Liquid مثل الآزوت السائل (درجة غليانه – ١٩٦°س)، ويغلي سائل الآزوت بمجرد غمر الغذاء فيه بسبب انخفاض درجة غليانه بانتقال الحرارة من الغذاء إليه، وقد يتعرض المنتج لبعض التشققات وبخاصة عند الخضار والفاكهة كبيرة الحجم. كما يوجد أيضاً أكسيد النتروز السائل وثاني أكسيد الكربون السائل الذي يكون استخدامه محدود لحدوث عملية كربنة للغذاء (Carbonation) التي تؤثر على طعمه وجودته، ويمكن استخدام مركبات الفلورين غير المحتوية على مواد سامة. وعموماً يساعد استخدام سوائل التبريد المذكورة سابقاً على حدوث عملية التجميد بسرعة والحصول على منتجات مجمدة بأعلى جودة ممكنة، وتستخدم حالياً مع بعض أنواع الفاكهة مثل الفريز والتوت وكذلك مع الجمبري والسالمون ولكنها تعتبر طريقة مكلفة.

٥-٤-٢: التجميد بالتلامس غير المباشر (Indirect-contact freezing): يتم في هذه الطريقة انتقال الحرارة من عامل التبريد إلى الغذاء من خلال ألواح معدنية، وتدعى هذه الأجهزة بمجمدات الألواح (Plates freezers)، ويوضع الغذاء في صواني التي توضع بدورها بين الألواح، ويتم تبريد الأخير بواسطة عامل التبريد (عادة يستخدم محلول ملحي أو غاز تبريد سائل)، وتتناسب هذه الطريقة مع المنتجات المسطحة مثل شرائح السمك والهمبورغر، ونتجنب في هذه الطريقة حدوث أي تغيرات في طعم الغذاء نتيجة عدم وجود تلامس مباشر بين الغذاء وعامل التبريد، وتكون سرعة عملية التجميد بطيئة نسبياً، الأمر الذي يتيح الفرصة لتكوين بللورات ثلجية كبيرة الحجم داخل الخلايا، وقد يؤدي ذلك إلى تحطيم جدرانها، وينعكس ذلك على جودة الغذاء، ويتم حديثاً تطوير الأجهزة المستخدمة في إسراع عملية التجميد لكي يتم التغلب على هذه العيوب.

٧- تخزين الأغذية المجمدة:

لابد بعد انتهاء عملية التجميد من تخزين الأغذية المجمدة على درجات حرارة منخفضة تحافظ على الحالة المجمدة للغذاء ولا تؤدي إلى انصهارها. ويمكن تخزين الخضار والفاكهة على – ١٨°س وتبقى بحالة جيدة لمدة تصل إلى سنة، بينما تختلف مدة تخزين اللحوم والأسماك على هذه الدرجة بحسب نوعها وجودتها الأصلية. ويفضل تخزين الأغذية المجمدة على نطاق تجاري على درجات حرارة أقل من ذلك (– ٢٩°س) لكي نحصل على أغذية مجمدة ذات جودة وقيمة غذائية عالية. ويبين الجدول رقم (٥) الزمن التقريبي لتخزين الأغذية المجمدة على – ١٨°س:

الجدول (٥): فترة حفظ الأغذية المجمدة على – ١٨°س

المواد الغذائية	مدة الحفظ (شهر)	المواد الغذائية	مدة الحفظ (شهر)
الفاكهة	١٢	البيض	١٠
الخضار	١٢	الخبز	١٢
لحم البقر	١٠ – ١٢	عجينة الخبز	٠,٥ – ٢
لحم الغنم	١٠ – ١٢	الكاتو (الكيك)	٤ – ٨
لحم الخنزير	٣ – ٦	عجينة الكاتو	٢ – ٣
الدواجن	٦ – ٨	معجنات الفطائر	٢ – ٦
السمك الدهني	٣	اللحم المطبوخ	٣ – ٨
السمك اللحمي	٦	الجبن الطري	٨
السجق	١ – ٣	الكريمة	٤ – ٦
الجبن الصلب	٣		

٨- إساحة الأغذية المجمدة:

تستغرق عملية الانصهار في الأغذية المجمدة فترة زمنية تعادل ٣ – ٥ مرات الفترة التي استغرقتها عملية التجمد. ويكون الانصهار السريع للأغذية المجمدة مرغوباً

مقارنة مع الانصهار البطيء في معظم الأحوال، لأنه يحافظ أكثر على جودة الغذاء. ويمكن التقليل من فترة انصهار الأغذية المجمدة التي تطبخ وتؤكل مطبوخة بطبخها مباشرة من الحالة المجمدة، ويجب بشكل عام عدم إساحة الأغذية المجمدة على درجة حرارة الغرفة قدر الإمكان، لأن ذلك يتيح الفرصة لحدوث بعض التغيرات الفيزيائية (الطبيعية) والتفاعلات الكيميائية غير المرغوبة، وكذلك نشاط الأحياء الدقيقة خلال فترة الانصهار الطويلة. وهناك بعض الاستثناءات كما في اللحوم، ويفضل الانصهار البطيء بشرط أن يتم ذلك داخل الثلاجة المنزلية، وتختلف طرائق إساحة الأغذية المجمدة تبعاً لاختلاف نوع الغذاء وطريقة استهلاكه.

لا تحتاج الخضار المجمدة التي تؤكل مطبوخة إلى عملية انصهار، ويفضل طبخها بحالة مجمدة، ويتم ذلك بوضعها في كمية قليلة من الماء المغلي وفصلها عن بعضها أثناء غليان الماء باستخدام شوكة الطعام، ويحسب زمن الطبخ من بداية غليان الماء، وعادة تستغرق عملية طبخ الخضار المجمدة زمناً أقل منه في حال طبخ الخضار الطازجة، بسبب تعرض الخضار قبل التجميد لعملية السلق وليونة الأنسجة نتيجة عملية التجميد.

يتم طبخ الأسماك على حالتها المجمدة، وتطبخ القطع الصغيرة من اللحوم بدون صهر باستخدام حرارة متوسطة لإطالة زمن الطبخ من أجل إتمام عملية الانصهار، بينما يجب إسالة القطع الكبيرة قبل الطبخ، وذلك بوضعها في الثلاجة المنزلية لمدة ٥ – ٦ ساعات لكل ٤٥٤ غرام (رطل واحد) أو ٢ – ٣ ساعات لكل ٤٥٤ غرام في حال إجراء عملية الإسالة على درجة حرارة الغرفة. ويتم أيضاً إسالة الدواجن المجمدة قبل الطبخ، ويستغرق ذلك حوالي ٨ ساعات على درجة حرارة الغرفة، ويجب استخراج الكبد والقوانص والقلوب في حال كانت مخزنة داخلها.

يتم أيضاً إسالة الفاكهة المحلاة قبل استهلاكها وتستغرق ٤ – ٦ ساعات على درجة حرارة الغرفة أو ٨ – ١٠ ساعات في الثلاجة، ويجب إعدادها وهي لا تزال منخفضة في درجة حرارتها.

يجب إسالة منتجات الألبان (الكريمة والزبدة) على درجة حرارة الغرفة لمدة ١ –٢ ساعة. ولا يجمد البيض كاملاً وإنما يتم تجميد الصفار منفرداً عن البياض، وتتم عملية الخلط والإعداد في الحال بمجرد عملية الإسالة.

يلاحظ تعرض الأغذية المجمدة للفساد الجرثومي بسهولة بمجرد إسالتها، الأمر الذي يلزم إعدادها واستهلاكها فور إسالتها، كما يجب عدم إعادة تجميد الأغذية التي تم إسالتها تماماً، لأن ذلك يؤثر بشكل سيء على جودتها وتركيبها وقيمتها الغذائية.

٩- القيمة الغذائية للأغذية المجمدة:

يعتبر الفقد في القيمة الغذائية للأغذية المجمدة سواء أثناء التجمد أو التخزين صغيراً جداً مقارنة بالفقد الذي يحدث أثناء إعداد الغذاء قبل التجميد، ولهذا يفضل إجراء الخطوات السابقة لعملية التجميد بسرعة بقدر الإمكان لكي نقلل فترة التحضير وبالتالي الإقلال من الفقد الذي يحدث في العناصر الغذائية وبخاصة الفيتامينات. وتسبب عملية سلق الخضار وبعض الفاكهة قبل إجراء التجميد بواسطة الماء المغلي بغرض القضاء على الأنزيمات، فقد بعض الفيتامينات الذوابة في الماء مثل حمض الأسكوربيك أولاً والثيامين (B_1) بكمية أقل، ويؤدي سلق البازلياء إلى فقد ٢٥% من حمض الأسكوربيك وحوالي ٧% من الثيامين.

تختلف كمية الفقد في حمض الأسكوربيك أثناء عملية السلق بحسب نوع المادة الغذائية، ويصل الفقد منه في حال الأسبرجس ٥% وحوالي ٣٣% في السبانخ، ومع ذلك فإن عملية السلق تحافظ بعد ذلك على الكمية المتبقية من حمض الأسكوربيك أثناء تخزين الغذاء بعد تجميده، حيث تقضي على نشاط الأنزيمات المؤكسدة له (Ascorbic acid oxidase) والتي تقلل من الفقد أثناء التخزين، بالإضافة إلى أن عملية السلق تقلل من زمن الطبخ الذي يقلل أيضاً الفقد في حمض الأسكوربيك أثناء عملية الطبخ .

ويحدث فقد بطيء جداً وتدريجي في جودة والقيمة الغذائية للأغذية المجمدة عند الانخفاض الكبير في درجة حرارة التخزين إلى-١٨°س في المجمدات المنزلية و-٢٩°س في المجمدات التجارية، مثال: تفقد البازلياء المخزنة لمدة ٣ أشهر على – ١٨°س حوالي ٤% فقط من حمض الأسكوربيك، ويزداد الفقد عن ذلك بارتفاع درجة حرارة التخزين.

تتعرض القيمة الغذائية أثناء عملية الإسالة إلى فقد جزء من السائل الموجود داخل الخلايا ويدعى الجزء المنفصل باسم Drip، وتعتمد كمية السائل على معدل التجميد وفترة التخزين ودرجة حرارة التخزين وطبيعة الخلايا المكونة للغذاء. وتفقد

الخلايا النباتية كمية أكبر من السائل الخلوي مقارنة مع الخلايا الحيوانية، حيث تحتوي الأولى على فجوات أكثر اتساعاً لكمية الماء الحر، وكلما كان معدل التجميد بطيئاً كلما أدى ذلك إلى زيادة كمية السائل المنفصل، ولهذا يفضل عدم إسالة الأغذية التي سوف تؤكل مطبوخة وطبخها في الحالة المجمدة وبخاصة عند الخضار. ويحدث أيضاً في اللحوم فقد محسوس في المواد الغذائية المتعلقة في السائل الخلوي مثل بعض البروتينات ومجموعة فيتامين B، ويمكن التغلب على هذا الفقد عن طريق إضافة هذا السائل المنفصل إلى المرق، ويمكن أيضاً تقليل الفقد بإطالة فترة الإسالة نسبياً وتتاح الفرصة للأنسجة في استعادة أكبر كمية ممكنة من السائل، وهناك بعض المخاطر الأخرى نتيجة ذلك مثل إتاحة الفرصة للنشاط الأحياء الدقيقة وحدوث بعض التغيرات غير المرغوبة، ويفضل في هذه الحالة إجراء عملية إسالة اللحوم في الثلاجات المنزلية.

يمكن القول بشكل عام أن الفقد في القيمة الغذائية للأغذية المجمدة والمخزنة بالطريقة المناسبة قليل جداً وقد تتفوق القيمة الغذائية للأغذية المجمدة على مثيلتها من الأغذية الطازجة المماثلة والتي تتعرض للتدهور نتيجة التغيرات التي قد تحدث لها في الفترة بين الحصاد والاستهلاك، مثال: يمكن أن تفقد البازلياء الخضراء ٥٠% من محتواها من فيتامين C خلال يومين على ٢٠°س، بينما تحتاج إلى سنة على – ١٨°س كي يحدث نفس الفقد.

١٠- التغيرات التي تحدث في الأغذية المجمدة :

تتعرض الأغذية المجمدة لبعض التلف في القوام والأنسجة وبخاصة اللحوم والأسماك وتتأثر مقدرتها على الاحتفاظ بكمية السوائل الموجودة داخل الخلايا عند الإسالة وتفقد جزءاً منها، مما يؤدي إلى جفاف وخشونة الغذاء بعض الشيء عند استهلاكه، بينما يصبح قوام الخضار والفاكهة ليناً وعجينياً وتفقد صلابتها الطبيعية، ويعود ذلك إلى أن التجميد يكسر المادة الغروية التي تربط الخلايا مع بعضها.

كما تتعرض بعض الأغذية إلى ما يعرف بحروق التجميد (Freezing burns)، حيث يتبخر جزء من محتواها المائي أثناء تخزين الأغذية المجمدة إلى الفراغ الموجود في العبوة، ويتحول هذا الماء المتبخر إلى بللورات ثلجية تغطي سطح الغذاء ويصبح

مظهره غير مقبول، ولا يقتصر الأمر على هذا وإنما، تتعرض المناطق التي تبخر الماء منها إلى بعض التفاعلات التي تؤثر على اللون وتبدو كبقع ملونة، وتعرف هذه البقع بحروق التجميد، مثال: تظهر بقع خضراء اللون أو بنية وتشبه النمو الفطري عند الدجاج والبط، ويعتبر تقليل الفراغ الهوائي في العبوة من أفضل الطرق لمنع التراكمات الثلجية والتغيرات الناشئة عنها، ويمكن أن يتم هذا بإحكام عملية التغليف أو التعبئة تحت التفريغ لجعل الغلاف شديد الالتصاق بسطح الغذاء.

عادةً لا يوجد اهتمام كافي في التجميد المنزلي بعملية تغليف الغذاء قبل تجميده، بسبب تعرض الأغذية المجمدة منزلياً لحدوث تراكمات ثلجية وحروق التجميد وبخاصة تذبذب درجة الحرارة بدرجة كبيرة في المجمدات المنزلية. ويتبخر الماء إلى الفراغ الهوائي حول الغذاء عند ارتفاع الحرارة، بينما يتحول هذا الماء إلى بللورات ثلجية عند انخفاض الحرارة، ويتعرض سطح الغذاء للجفاف والتغيرات غير المرغوبة في اللون نتيجة تكرار هذه العملية.

تؤدي التغيرات الكيميائية إلى بعض التفاعلات التي تسبب بعض الفقد في عناصر الجودة في بعض الأغذية المجمدة، ويعتبر التزنخ (Rancidity) أحد هذه التفاعلات وبخاصة في اللحوم والأسماك المحتوية على كمية عالية من الدهون التي تتأكسد وتتحلل مائياً وتعطي رائحة متزنخة. وكلما كانت درجة حرارة التخزين منخفضة كلما كانت سرعة التفاعل بطيئة وبالتالي زيادة فترة الصلاحية إلى عدة شهور في الأغذية التي تحتوي على نسبة عالية من الدهون، وتساعد أيضاً التعبئة تحت التفريغ في إبطاء هذه التفاعلات إلى أقصى درجة ممكنة.

كما تؤثر التفاعلات الكيميائية على جودة الأغذية المجمدة في بعض الخضار والفاكهة، وتعطي التلون البني الذي ينتج عن نشاط بعض الأنزيمات التي تساعد في حدوث التفاعلات بين بعض مكونات الغذاء والأكسجين (الخوخ المجمد والتفاح)، ويكون اللون البني غير مقبول بالنسبة للمستهلك وظهور طعم مر، ويمكن منع التلون البني في الفاكهة بتعبئتها في محلول سكري قبل التجميد، مما يساعد على حمايتها من الأكسجين. ويمكن إجراء عملية كبرتة لإيقاف نشاط الأنزيمات ولكنها تسبب رائحة غير مرغوبة في كثير من الفاكهة ، ويصعب إجراء هذه العملية في المنازل لصعوبة

التحكم في المستوى المطلوب من غاز ثاني أكسيد الكبريت في الغذاء، وتكون زيادة كميته سام.

ويمكن بشكل عام منع أو إبطاء التغيرات الفيزيائية أو الكيميائية بإتباع ما يلي:

- سرعة إعداد وتجهيز الأغذية لعملية التجميد مع اختيار أنسب المعاملات لكل نوع.
- الاهتمام بعملية التعبئة بأن تكون العبوة المستخدمة محكمة القفل، ويفضل أن تكون من النوع الذي يصلح لإحداث التفريغ الهوائي بداخله أو استبدال الهواء بأحد الغازات الخاملة مثل الآزوت لمنع ملامسة الهواء للغذاء، وأن تكون العبوة صلبة وقوية كي تتحمل أطول مدة ممكنة وغير منفذة للرطوبة.
- إجراء عملية التجميد بأحسن الطرائق الممكنة والتي تؤدي إلى حدوث التجميد بشكل سريع.
- ضرورة التحكم جيداً في درجة حرارة التخزين التي يلزم أن تكون منخفضة بقدر الإمكان ومنع حدوث تذبذبات بها.
- إجراء عملية الإسالة بشكل سريع بقدر الإمكان وبالطريقة التي تناسب كل منتج، وإذا تطلب الأمر فترة إسالة طويلة فلا بد أن يتم ذلك داخل الثلاجة المنزلية.

١١- الخضار المجمدة (Frozen Vegetables):

تمثل الخضار التي تؤكل مطبوخة قطاعاً كبيراً من الأغذية المجمدة، وتتوفر فيها الشروط التالية:

- أن يكون المنتج سليماً خالياً من الطعم والرائحة الغريبين.
- أن يكون المنتج النهائي خالياً من الإصابات الفطرية أو الحشرية أو آثارها ومن الشوائب والمواد الغريبة.
- أن يعطي المنتج النهائي نتيجة سلبية لاختبار أنزيمي الكاتلاز والبيروكسيدآز.
- أن يكون المنتج النهائي خالياً من المواد الحافظة والمواد الملونة الصنعية.
- أن لا تزيد نسبة الزرنيخ على ١ مغ/كغ، و٠,١ مغ/كغ بالنسبة لعصير البندورة.
- أن لا تزيد نسبة الرصاص على ٢٠ مغ/كغ، و٢ مغ/كغ بالنسبة لعصير البندورة.

– أن لا يزيد عدد الجراثيم الكلي عن ١٠٠٠٠٠ خلية/غرام في المنتج النهائي.
– أن يكون المنتج النهائي خالياً تماماً من الأحياء الدقيقة الممرضة.
– أن يخزن المنتج على درجة حرارة من – ١٥°س وحتى – ٢٠°س بشرط أن لا تزيد درجة الحرارة أثناء النقل على – ١٠°س للمحافظة على المنتج النهائي في حالة مجمدة لحين وصوله للمستهلك ويجب ألا يعاد تجميده.

أمثلة على بعض الخضار المجمدة والشائعة:

١١-١: أوراق السبانخ الخضراء المجمدة (Frozen fresh spinach): تحفظ أوراق السبانخ الخضراء بعد غسلها وتجهيزها ثم معاملتها بالسلق أي معالجتها بالماء الساخن على درجة الحرارة المناسبة أو البخار لفترة كافية لإيقاف عمل الأنزيمات المؤكسدة ثم تجميدها وحفظها على درجة الحرارة المنخفضة اللازمة للمحافظة على خواص المنتج النهائي.

يجب أن يكون السبانخ المستخدم أخضراً ذا أوراق سليمة وخالية من النباتات الغريبة والأوراق الصفراء وأن المنتج ذا لون أخضر زاهي متجانس، ولا تزيد نسبة الرطوبة على ٩٤% ولا تزيد نسبة الرماد على ١%.

١١-٢: الملوخية الخضراء المجمدة (Frozen green millow): تحفظ أوراق الملوخية الخضراء بعد غسلها وتجهيزها ومعاملتها بالسلق، أي معالجتها بالماء الساخن على درجة الحرارة المناسبة أو البخار لفترة كافية لإيقاف عمل الأنزيمات المؤكسدة ثم تجميدها وحفظها على درجة الحرارة المنخفضة اللازمة للمحافظة على خواص المنتج النهائي.

يجب أن تكون الملوخية المستخدمة ذات أوراق سليمة وخالية من الأوراق الصفراء وأن يكون المنتج ذا لون أخضر زاهي متجانس، ولا تزيد نسبة الرطوبة على ٨٩%، ولا تزيد نسبة الرماد على ١,٥%.

١١-٣: الباميا الخضراء المجمدة (Frozen Fresh Okra): تحفظ ثمار الباميا الخضراء الطازجة في المرحلة الملائمة للحفظ من أي صنف من أصناف الباميا وذلك بعد غسلها وتجهيزها بإزالة جزء من العنق، ثم معاملتها بالسلق أي معالجتها

بالماء الساخن على درجة الحرارة المناسبة أو البخار لفترة كافية لإيقاف عمل الأنزيمات المؤكسدة ثم تجميدها وحفظها على درجة الحرارة المنخفضة اللازمة للمحافظة على خواص المنتج النهائي.

يجب اختيار الباملياء الخضراء في حالة نضج مناسبة وليست في مرحلة نهاية النضج على أن تحتوي العبوة الواحدة على صنف واحد من الباملياء، ويتم تنظيف الباملياء الخضراء بقطع جزء من العنق قطعاً غير كامل حتى تحتفظ الثمرة بشكلها، وتكون محتويات العبوة خالية من البذور والمواد المخاطية.

وتختلف عملية التدريج الحجمي تبعاً لاختلاف صنف الباملياء، وتدرج الباملياء البلدية الخضراء إلى الدرجات التالية:

- لا يزيد طول الثمرة على ٣,٥ سم ويسمح بالتجاوز عن هذا الحد بنسبة لا تزيد على ٥%.
- لا يزيد طول الثمرة على ٤,٥ سم ويسمح بالتجاوز عن هذا الحد بنسبة لا تزيد على ٥%.
- لا يزيد طول الثمرة على ٥ سم ويسمح بالتجاوز عن هذا الحد بنسبة لا تزيد على ٥%.

١١-٤: البازلاء الخضراء المجمدة (Frozen fresh peas): تحفظ ثمار بذور البازلاء الخضراء بدرجات وصفية وحجمية محددة وذلك بعد غسلها وتجهيزها ثم معاملتها بالسلق بالماء الساخن على درجة الحرارة المناسبة أو البخار لفترة كافية لإيقاف عمل الأنزيمات المؤكسدة ثم تجميدها وحفظها على درجة الحرارة المنخفضة اللازمة للمحافظة على خواص المنتج النهائي.

يجب اختيار البازلاء الخضراء في حالة نضج مناسبة وليست في مرحلة نهاية النضج، وأن يكون المنتج النهائي خالياً من أجزاء الثمار والحبل السري، ويتم تجهيز بذور البازلاء بفصلها عن القرون، وأن يكون المنتج النهائي خالياً من بقايا القرون أو أجزائها، وأن يكون اللون متجانساً، ولا تزيد نسبة العيوب فيه (البقع واللون البني واللون المصفر) على ٥% بالوزن.

يتم تدريج البازلاء الخضراء حجمياً إلى الدرجات الحجمية التالية:

- صغيرة جداً ويمر ٩٥% على الأقل من البذور خلال منخل بفتحات ٦,٥٢ مم ± ٣% وقطر السلك ٢,٢٧ مم (تعبر الفتحة عن طول ضلع الفتحة المربعة أو قطر الفتحة المستديرة).
- صغيرة ويمر ٩٥% على الأقل من البذور خلال منخل بفتحات ٧,٩٣ مم ± ٣% وقطر السلك٢,٢٧ مم.
- متوسطة ويمر٩٥% على الأقل من البذور خلال منخل بفتحات ٩,٥٢ مم ± ٣% وقطر السلك ٢,٢٧ مم.

ويتم تدريج البازلاء الخضراء وصفياً إلى الدرجات الوصفية التالية:

- الدرجة الممتازة (Fancy grade): تتميز بالصفات المثلى من ناحية الطعم واللون الممتازين مع الخلو التام من العيوب، وتكون البذور غضة لينة، ويطفو ٩٥% منها عند غمرها في محلول ملحي كثافته النوعية ١,٠٣٥ (حوالي ٥ درجات بوميه)، وتحوز بالاختبارات الحسية على ما لا يقل عن ٩٠ درجة (الجدول رقم ٦).
- الدرجة الجيدة (Choice grade): تتميز الثمار بصفات مماثلة لصفات الدرجة الممتازة، وتكون متقدمة عنها نوعاً ما في درجة النضج، وتكون متجانسة اللون وخالية من العيوب الظاهرة ، ويطفو ٩٥% منها عند غمرها في محلول ملحي كثافته النوعية ١,٠٥ (حوالي ٧ درجات بوميه)، وتحوز بالاختبارات الحسية على ما لا يقل عن ٨٠ درجة.
- الدرجة القياسية (Standard grade): تملك الثمار صفات جيدة من ناحية الطعم والرائحة ولون متجانس، وتكون البذور خالية من العيوب الظاهرة، ويطفو ٩٥% منها عند غمرها في محلول ملحي كثافته النوعية ١,٠٥ (حوالي ٧ درجات بومية)، وتحوز بالاختبارات الحسية على ما لا يقل عن ٧٠ درجة.

الجدول (٦) الدرجات الوصفية للبازلاء الخضراء المجمدة

الصفات	النهاية العظمى	الدرجة		
		ممتازة	جيدة	قياسية
تجانس اللون	٢٠	١٨ – ٢٠	١٦ – ١٧	١٤ – ١٥
اختفاء العيوب	٤٠	٣٦ – ٤٠	٣٢ – ٣٥	٢٨ – ٣١
النضج	٤٠	٣٦ – ٤٠	٣٢ – ٣٥	٢٨ – ٣١
المجموع	١٠٠	٩٠ فأكثر	٨٠ فأكثر	٧٠ فأكثر

كما يلزم أن تكون عبوات تعبئة الخضار المستخدمة مانعة لنفاذ الرطوبة وبخار الماء لمنع وصول أي رائحة أو طعم غريب إلى المنتج وأن تقفل جيداً حتى تحافظ على محتوياتها، وأن تكون العبوة سليمة ويمكن وضعها في عبوات أكبر من الكرتون.

UNIVERSITY OF ALEPPO

الفصل الخامس

حفظ الأغذية بالمواد الكيميائية

١- المقدمة: تستخدم بعض الإضافات الكيميائية أثناء خطوات التصنيع ولا يشترط أن تدخل في نطاق المواد الحافظة، مثال: يدخل غاز الأزوت بدل الهواء في الفراغ العلوي للعلبة في صناعة تعليب الأغذية، ولا يعتبر الأزوت مادة حافظة. وهناك العديد من المواد ذات التأثير الحافظ للأغذية ولا تعتبر ضمن المواد الحافظة مثال: مضادات الأكسدة والمحليات الصناعية ومواد التبيض والاستحلاب والمواد المحسنة والمذيبات والمثبتات المسموح بها، بالإضافة إلى الخل والمواد الكربوهيدراتية المحلية السائلة والسكريات وملح الطعام والأعشاب والتوابل ومستخلص حشيشة الدينار أو الزيوت العطرية عند استخدامها لأغراض النكهة، والمركبات التي تتخلل الغذاء أثناء عملية التدخين (مواد تستخدم في حفظ الأغذية ولكن لا تعتبر مواداً حافظة من وجهة النظر القانونية).

مثال: يستخدم ملح الطعام في حفظ اللحوم والأسماك بطريقة التمليح، وتستخدم المربيات تراكيز عالية من السكر في طورها المائي لكي تحفظ من الفساد بالأحياء الدقيقة، ولكن يؤدي تكثف الماء على سطحها إلى انخفاض تركيز السكر للمستوى الذي يؤدي إلى نمو الأحياء الدقيقة وبخاصة الفطريات.

كما تعتبر عملية تدخين اللحوم والأسماك من طرق الحفظ، ويغطي السطح الخارجي للأغذية المدخنة بطبقة من القطران المتكثف والمركبات الفينولية والألدهيدية وكلها ذات تأثير مضاد لنمو الأحياء الدقيقة.

٢- بعض المواد الحافظة الكيميائية المسموح بإضافتها للأغذية:

٢-١: مواد حافظة مضادة للفطريات: حمض البروبيونيك وبروبيونات الكالسيوم وبروبيونات الصوديوم وحمض السوربيك وسوربات البوتاسيوم وسوربات الصوديوم.

٢-٢: مواد حافظة ذات استخدامات خاصة: حمض الكابريليك (مضاد للفطريات في أغلفة الجبن)، وكبريتيت البوتاسيوم وميتا كبريتيت البوتاسيوم، وكبريتيت الصوديوم وميتا كبريتيت الصوديوم، وثاني أكسيد الكبريت (لا تستخدم هذه المواد مع اللحوم أو أي أغذية تعتبر مصدراً لفيتامين B_1).

٢-٣: مواد حافظة عامة: حمض البنزويك بنزوات الصوديوم وحمض الخل وحمض الليمون وحمض الفوسفوريك والسوربيتول.

مثال: أهم المواد الكيميائية الشائع استخدامها في مجال الأغذية:

٢-٣-١: حمض البنزويك (Benzoic acid): بللورات عديمة اللون أبرية وصيغتها $C_7H_6O_2$ والكتلة الجزيئية ١٢٢,١٢، ويستخدم حمض البنزويك وأملاحه بشكل واسع في حفظ الأغذية ،وواجه اعتراضات كثيرة بسبب تأثيره السام، ولكن التركيز المستخدم هو الأساس في الحسم بالنسبة لأي مادة مضافة للأغذية، ويمكن أن يصبح ملح الطعام ساماً لو يتناول بكميات كبيرة. وتضاف بنزوات الصوديوم لأنها أكثر ذوباناً في الماء وصغته $C_7H_5O_2Na$ والكتلة الجزيئية ١٤٤,١، وتؤثر بالتراكيز المستخدمة في الأغذية (٠,١% أو أقل) على الخمائر والفطريات بدرجة أكبر من الجراثيم. ويؤثر الحمل الجرثومي للمادة الغذائية على التركيز الحافظ المستخدم، مثال: يمكن استخدام حمض البنزويك كمادة حافظة بتركيز ٠,٠٥% في عصائر الفاكهة المنتجة من خامات ذات حمل جرثومي منخفض، بينما يصل تركيزه إلى ٠,١% في العصائر ذات درجة التلوث العالية. وتؤثر درجة حرارة التخزين أيضاً على كفاءة المادة الحافظة ،وقد وجد أنه يمكن لعصير التفاح الحاوي على بنزوات الصوديوم أن يظل بحالة جيدة لمدة شهر أو ستة أسابيع في حال حفظه على درجة حرارة منخفضة (٠°س). وتؤثر حموضة المادة الغذائية (درجة pH) بدرجة كبيرة في كفاءة المادة الحافظة، وقد وجد أن التأثير القاتل لحمض البنزويك يزداد عشرة أضعاف في الأغذية الحامضية ذات درجة الحموضة (pH) القريبة من ٣ مقارنة مع الأغذية المتعادلة. وتستخدم بنزوات الصوديوم عادة في حفظ عصائر الفاكهة والمحاليل السكرية والشراب الطبيعي والصنعي والمارغرين وغيرها، وقد يعطي طعماً لاذعاً عند استخدامه بتركيز ٠,١% ويلاحظ هذا الطعم بشكل خاص في

عصائر الفاكهة. ويبين الجدول رقم (٧) الحد الأقصى المسموح به من حمض البنزويك أو بنزوات الصوديوم محسوبة على أساس حمض البنزويك في المنتجات الغذائية:

الجدول (٧): الحد الأقصى من حمض البنزويك

المواد الغذائية	الحد الأقصى المسموح به (مغ/كغ)
عصير العنب غير المتخمر	١٠٠٠
المياه المعدنية المحلاه	١٢٠
مخللات الخضار وغيرها من فاتحات الشهية	١٠٠٠
عصائر الفاكهة المحلاه أو غير المحلاه	٨٠٠
المنفحة السائلة	٢٠٠٠
مركزات الشوكولاته للشرب	٧٠٠
محاليل الملونات الغذائية المسموح بها	٢٠٠٠
الصلصة الحريفة (الكاتشب)	١٠٠٠
المشروبات الغازية الكحولية	١٠٠
المربى المعبأ في عبوات لا تعامل حرارياً أو ذات القيمة الحرارية المنخفضة لتغذية مرضى السكر أو لغرض انقاص وزن الجسم والمرملاد والجيلي وشراب الفاكهة الطبيعي والشراب الصنعي	٢٥٠

هناك نوع من الثلج يتم تحضيره بإضافة حمض البنزويك إلى الماء المستخدم بتركيز ٠,١%، وعند استخدام هذا الثلج في تبريد الأسماك الطازجة فإنه يحافظ على جودته، ولكن عند استخدامه في تبريد الأسماك التي تعرضت لحدوث الفساد فإنه يساعد في إخفاء رائحة الفساد، ويصبح في هذه الحالة استخدام المادة الحافظة بهذه الطريقة محل اعتراض.

٢-٣-٢: الأحماض الدهنية (Fatty acids): تحتل الأحماض الدهنية ذات السلاسل القصيرة والمتوسطة دوراً مهماً بين المواد الحافظة كمثبط مؤثر ضد الفطريات ويزيد الروابط الزوجية من تأثيرها الحافظ، بينما يقل هذا التأثير بزيادة عدد ذرات

الكربون وتملك بعض الأحماض الدهنية رائحة خاصة غير مقبولة مثل حمض البيوتريك، الأمر الذي يتطلب العناية والتدقيق عند استخدام أحد الأحماض الدهنية كمادة حافظة حتى لا تتأثر جودة الغذاء المراد حفظه.

يعتبر حمض البروبيونيك من أهم الأحماض الدهنية ذات التطبيقات المتعددة في مجال حفظ الأغذية من الفساد وبخاصة الفطور. ويمكن استخدام الحمض أو أحد أملاحه كمادة حافظة مثال: بروبيونات الصوديوم أو بروبيونات الكالسيوم، وتستخدم هذه المركبات بصفة أساسية في منتجات المخابز لمنع الفساد الفطري، وظاهرة التحبل التي تنتج عن بعض أنواع الجراثيم في الخبز، كما استخدمت أملاح حمض البروبيونيك عند معاملة الخضار والفاكهة للتحكم في مهاجمة الفطريات والجراثيم، ولا تعتبر هذه المعاملات طريقة حفظ مستديمة ولكنها تؤدي فقط إلى إطالة فترة الصلاحية بالنسبة للأغذية سريعة الفساد. ولا يقتصر استخدام البروبيونات على الأغذية ولكنها تضاف أيضاً إلى مواد التعبئة للمساعدة على تثبيط الفطريات لكي لا تصبح العبوة مصدراً للتلوث.

كما يلعب حمض السوربيك وأملاحه دوراً كبيراً في مجال واسع في حفظ الأغذية وتثبيط الفطريات في أنواع الجبن المختلفة وكذلك الفطريات المعتاد وجودها على اللحوم، وفي حفظ المارغرين بالحليب بتراكيز تعادل ثلث التركيز اللازم للحفظ باستخدام بنزوات الصوديوم. ويعود تأثير حمض السوربيك المثبط لنمو الفطريات إلى تثبيط أنزيمات الهيدروجيناز في الفطريات.

وتتأثر مقدرة حمض السوربيك بمستوى التلوث في المادة الغذائية، ويظهر تأثير الحمض كمثبط للنمو Fungistatic عند وجود مستويات منخفضة من النمو الفطري، وربما يظهر تأثير قاتل للفطر Fungicidal، وقد يتم تمثيل حمض السوربيك بواسطة الفطريات ولا يظهر له أي تأثير مثبط في حال زيادة مستوى التلوث. وقد دلت الدراسات على أن تمثيل حمض السوربيك في الحيوانات مشابه تماماً لتمثيل حمض الكابرويك، واتخذ هذا كدليل على عدم وجود ضرر من حمض السوربيك عند استخدامه كمادة حافظة بالتركيز المسموح به.

٢-٣-٣: ثاني أكسيد الكبريت (Suphur dioxide): تلعب مركبات الكبريت دوراً كبيراً في مجال حفظ الأغذية، وتأثيره السام ضد الفطريات والجراثيم أكثر من تأثيره ضد الخمائر. ويستخدم ثاني أكسيد الكبريت في حفظ مركزات الفاكهة بتركيز يصل إلى ٢٠٠٠ مغ/كغ، كما يؤثر الغاز في تثبيط الأنزيمات والمحافظة على لون المنتجات المصنعة وبخاصة الأغذية المجففة وشرائح التفاح والبطاطا عن طريق تثبيط أنزيمات التلون البني، بإضافة إلى تثبيط الأنزيمات المؤكسدة وبالتالي المحافظة على الفيتامينات ما عدا فيتامين B1 الذي يتعرض للتحطيم نتيجة المعاملة بهذا الغاز، كما يعمل ثاني أكسيد الكبريت على تثبيط الإصابات الحشرية.

يتم التخلص من معظم ثاني أكسيد الكبريت في الأغذية المكبرتة أثناء استهلاكها، حيث يتصاعد الغاز نتيجة تأثير التسخين أو الغليان أثناء ترطيب الأغذية المجففة، ويجب الحذر أثناء إجراء هذه العملية لكي لا يتعرض الإنسان لاستنشاق الأبخرة المتصاعدة، ولا تتعدى كمية ثاني أكسيد الكبريت بعد انتهاء عملية الغليان ١ مغ/كغ. ولهذا تعتبر عملية الكبرتة خطوة مساعدة في عملية حفظ الأغذية وليست طريقة مستقلة بذاتها.

٢-٣-٤: المضادات الحيوية (Antibiotics): تنتج المضادات الحيوية بواسطة الأحياء الدقيقة نتيجة لعملية التمثيل الغذائي، وهي مركبات كيميائية ذات تأثير كبير في قتل أو تثبيط نمو الأحياء الدقيقة. وهناك بعض المواد ذات تأثير قاتل للأحياء الدقيقة وموجودة طبيعياً في بعض المواد الغذائية، مثال: التوابل، ولا تعتبر هذه المواد ضمن المضادات الحيوية، واختصار هذه التسمية على المركبات الناتجة من عمليات التمثيل الغذائي للأحياء الدقيقة فقط. ويعتبر البنسلين والستربتوميسين من الأمثلة المعروفة ذات التطبيقات الواسعة في المجال الطبي، بالإضافة إلى وجود مئات أخرى من مضادات الحيوية المعروفة التي تستخدم طبياً، ولكنها لم تستخدم في مجال حفظ الأغذية بنفس القدر، ويعود السبب الأساسي في إمكانية تأقلم بعض الجراثيم المرضية على هذه المضادات وتنتج منها سلالات مقاومة لتأثيرها (يصبح استخدام المضاد الحيوي عديم الفائدة كدواء في حال إصابة الإنسان بجراثيم منها). ويرتبط استخدام المضادات الحيوية في حفظ الأغذية بتوفر الشروط التالية:

– لا بد أن يكون المضاد الحيوي المستخدم غير ضار بالإنسان وأن يكون قابلاً للتمثيل أو على الأقل قابلاً للهضم إلى مركبات غير ضارة ويستطيع الجسم أن يفرزها ويتخلص منها.

– أن يكون اقتصادياً وسهلاً في استخدامه، ويمكن الكشف عنه وتقديره بسهولة.

– أن يكون مؤثراً ضد الأحياء الدقيقة المفسدة بكافة أنواعها.

– أن يكون استخدام المضاد الحيوي ضرورياً، أي عدم وجود وسيلة أخرى أكثر ملائمة منه للهدف المطلوب.

يعتبر النيسين (Nisin) المضاد الحيوي الرئيسي المسموح استخدامه كمادة حافظة للأغذية، وينتج بواسطة سلالات معينة من جراثيم Streptococcus Lactis وهو موجود بشكل طبيعي في الحليب وبعض أنواع الجبن ووجوده يجعل الجبن محصن إلى حد ما ضد الفساد الناتج عن الجراثيم المكونة للغازات التي تتبع جنس Clostridium وتحدث تجاويف أو تشققات في الجبن.

ويقف تأثير النيسين المثبط للنمو عند بعض الأنواع من الأحياء الدقيقة، وهو لا يؤثر على الفطريات أو الخمائر أو الجراثيم السالبة لصبغة الغرام، وإنما يؤثر فقط على أنواع معينة من الجراثيم الموجبة لصبغة الغرام، ولهذا فهو لا يصلح لأغراض الحفظ العادية، وإنما يستخدم فقط مع الأغذية التي تحفظ بالمعاملة الحرارية مثل الأغذية المعلبة، حيث تساعد هذه الحالة في منع نمو الجراثيم المقاومة للحرارة والتي تعتبر من الأنواع الموجبة لصبغة غرام.

والنيسين عبارة عن ببتيد عديد ويتم هضمه وامتصاصة بنفس الطريقة التي يتم بها هضم وامتصاص الببتيدات العديدة الأخرى، وبالتالي فهو مأمون من الناحية الصحية. وأهم تطبيقاته في حفظ الأغذية بإضافته إلى الجبن والكريمة المتخثرة والأغذية المعلبة، ويكفي إضافة ٢ – ٣ مغ/كغ منه لمنع الفساد الناتج عن الجراثيم التابعة لجنس Clostridium ويساعد أيضاً إضافته إلى الأغذية المعلبة في منع الفساد الحامضي (Flat Sour) والفساد الغازي (Swelling). ويستخدم أيضاً مركب الثيوبندازول (Thiobendazole) في منع عفن القشرة في الموز وثمار الموالح.

ويستخدم أيضاً التتراسيكلين (Tetracycline) الذي يضاف إلى الثلج بتراكيز صغيرة (٥ مغ/كغ)، ويستخدم هذا النوع من الثلج في حفظ الأسماك خلال فترة نقلها من أماكن الصيد إلى مراكز التسويق أو التصنيع. كما يستخدم التتراسيكلين أيضاً على نطاق كبير لزيادة فترة حفظ البط (الطير) المنزوع الأحشاء في الولايات المتحدة الأمريكية حيث أن هذا البط سريع الفساد، ولهذا يتم تبريده باستخدام ثلج يحتوي على ١٠ مغ/كغ من أوكسي تيتراسيكلين وتؤدي هذه المعاملة إلى تثبيط النمو الجرثومي والكميات التي تبقى في البط المعامل بهذه الطريقة وتصل إلى ١ – ٢ مغ/كغ، وتقل الكميات المتبقية بعد الطبخ، بحيث يصعب اكتشافها في اللحم، بينما يبلغ المتبقي في الجلد حوالي ٠,٤ مغ/كغ فقط.

٢-٣-٥: مضادات الأكسدة (Antioxidants): تقاوم المواد الحافظة السابقة الفساد الذي تتعرض له الأغذية عن طريق القضاء على الأحياء الدقيقة أو منع نموها، وكذلك عن طريق تثبيط بعض الأنزيمات التي تؤثر على جودة الغذاء ولكنها لا تمنع الفساد الذي تتعرض له الأغذية نتيجة لتفاعلات الأكسدة بأكسجين الهواء الجوي، وتتعرض الأغذية التي تحتوي على كميات عالية من الدهون إلى هذا النوع من الفساد وبخاصة أثناء التخزين، ويطلق عليه التزنخ (Rancidity)، وينتج عن أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة في الغليسريدات الثلاثية المكونة للدهن، وتكتسب الأغذية نتيجة ذلك رائحة غير مقبولة .وتؤدي التفاعلات الأوكسيدية التي تحدث في الأغذية أيضاً إلى فقد بعض الفيتامينات مثل فيتامين C وفيتامين A وفيتامين K والبيوتين (H).

وتحتوي بعض الأغذية الدهنية على مركبات موجودة بشكل طبيعي (مضادات الأكسدة) تؤخر أو تمنع حدوث التغيرات التأكسدية التي تسبب التزنخ وأهمها التوكوفيرولات التي تنتشر بكثرة في أنسجة النباتات الحاوية على الزيت، وتنتشر بكميات أقل في أنسجة الحيوانات، وعادة لا توجد مثل هذه المركبات في الطبيعة بالكميات الكافية تماماً لمنع التغيرات التأكسيدية التي تحدث للغذاء أثناء تخزينه. ولهذا تم استخدام مركبات كيميائية تحقق نفس الهدف وقادرة على تأخير أو وقف أو منع حدوث التزنخ أو أي فساد آخر في النكهة يرجع إلى الأكسدة في الأغذية. وهناك

بعض المواد التي تؤدي نفس الغرض ولكنها من وجهة النظر القانونية لا تدخل في نطاق مضادات الأكسدة، وتشمل هذه المواد: الليسيثين والمحليات الصناعية المسموح بها ومواد التبيض والمواد الملونة ومواد الاستحلاب والمثبتات والمواد الحافظة. وتكون مضادات الأكسدة المسموح بها مستثناة من تقسيم المواد الحافظة، ومنها:

- التوكوفيرولات الطبيعية والصناعية.
- حمض الأسكوربيك وأملاح الصوديوم والبوتاسيوم له.
- استرات حمض الغاليك (Propyl,Octyle or Dodecyl gallate).
- ثنائي فينيل أمين (Diphenylamine).
- بوتيل هيدروكسي اينزول (BHA-Butylated Hydroxyanisole).
- بوتيل هيدروكسي تولين (BHA-Butylated Hydroxytolune).
- Ethoxyquin.

ويسمح باستخدام هذه المركبات بتراكيز بسيطة تكفي لتأخير أو منع حدوث التزنخ (٥٠– ٢٠٠ مغ/كغ).

٢-٣-٦: النترات والنتريت (Nitrate and Nitrite): تستخدم نترات أو نتريت الصوديوم أو البوتاسيوم كمواد ذات تأثير حافظ ومحسن للون في اللحوم ومنتجاتها وبعض أنواع الجبن. وقد تضاف هذه الأملاح على شكل نتريت أو خليط من النترات والنتريت، وعموماً تختزل النترات إلى نتريت بفعل أنزيمات الجراثيم الموجودة في اللحوم. وتلعب أيضاً هذه الأملاح دور الحافظ، فهي ذات تأثير فعال في تثبيط نمو جراثيم Clostridium botulinum المسؤول عن الحالات المميته من التسمم الغذائي. ويكون استهلاك اللحوم المعلبة المحفوظة بالمعاملة الحرارية أكثر أماناً باستخدام النتريت وبخاصة في العلب كبيرة الحجم، حيث يصبح هناك احتمال عدم كفاية المعاملة الحرارية في القضاء على الجراثيم المقاومة للحرارة، كما تحسن هذه الأملاح من لون اللحم، وترتبط مع مركبات الهيموغلوبين والميوغلوبين وينتج عن ذلك تكون مركبات لونها أحمر وردي هي النتروز هيموغلوبين والنتروز ميوغلوبين على التوالي، وهذه المركبات هي المسؤولة عن اللون الأحمر الوردي الناصع لمنتجات اللحوم المعالجة، وتتكون هذه المركبات بسرعة أكبر في حالة إضافة هذه الأملاح على شكل نتريت بدلاً من النترات.

كما تواجه إضافة هذه الأملاح إلى الأغذية من الناحية الصحية اعتراضات كثيرة، لأن جزءاً من النتريت المضاف يتفاعل مع الأمينات في منتجات اللحوم، وينتج عن هذا التفاعل مركباً ساماً من المحتمل أن يؤدي إلى الإصابة بالسرطان، ويعرف هذا المركب باسم النتروز أمين، وعموماً لا توجد أدلة مؤكدة على أن التراكيز البسيطة المستخدمة من هذه الأملاح في الغذاء كمادة حافظة (٥٠٠ مغ/كغ من النترات و٢٠٠ مغ/كغ من النتريت كحد أقصى) يمكن أن تسبب أضراراً للإنسان، وعلى هذا فإن استخدامها في معالجة اللحوم مسموح به في أماكن كثيرة إلى أن يثبت ضررها بالدليل القاطع على أن يكون هذا الاستخدام فقط في نطاق التركيز الذي يؤدي إلى تثبيط نمو جراثيم Clostridium botulinum.

ولا يعني منع استخدام هذه الأملاح في حفظ الأغذية أننا قد تجنبنا أخطارها تماماً، لأن النترات تستخدم على نطاق واسع كسماد لمختلف المحاصيل الزراعية، وهكذا فإنها يمكن أن تصل إلى مصادر المياه إلى الخضار والفاكهة وبالتالي فإن منع استخدام هذه الأملاح في معاملة الأغذية، لابد وأن يرتبط بالحد من استخدامها في التسميد. وأوضحت بعض الدراسات على إمكانية تثبيط النتروز أمين المتكون في لحم الخنزير بواسطة حمض الأسكوربيك، ولو أمكن تأكيد هذا وأمتد هذا التأثير إلى منتجات اللحوم فإن هذا قد يحل المشكلة.

٢-٣-٧: مواد التبخير (Fumigants): تستخدم الآن مواد التبخير مثل بروميد الميثايل ومركبات الأيبوكسيد (أكسيد الإيثيلين أو البروبلين) على نطاق واسع في معاملة الكميات الكبيرة من الأغذية أثناء التخزين، حيث تقضي هذه المواد على الحشرات والآفات التي قد تهاجم الأغذية المخزنة، وتؤدي إلى إتلافها أو فسادها، مثال: تبخير الحبوب الغذائية المخزنة في الصوامع مثل القمح والذرة والشعير وغيرها.

كما أمكن تطوير الطرائق والمواد المستخدمة، حيث يمكن القضاء على الأحياء الدقيقة المحبة للحرارة في الخامات ذات النكهة الحساسة العالية مثل التوابل والشوكولا وبودرة الكاكاو، ووجود الجراثيم المحبة للحرارة في بودرة الكاكاو يجعل من الصعب إنتاج مشروب الشوكولا بالحليب المعلب، ويتطلب الأمر إجراء عملية التعقيم على درجات حرارة عالية التي تؤدي إلى تغير الطعم وتؤثر على صفات جودة المشروب الناتج، ولهذا فإن الدمج بين التبخير والتعقيم يعطي نتائج جيدة في مثل هذه الحالات،

ويتم أولاً قتل الجراثيم المحبة للحرارة باستخدام أكسيد الايثيلين ثم تجري عملية التعليب والتعقيم.

٢-٣-٨: مواد ذات استخدامات خاصة: هناك العديد من المواد الأخرى ذات الاستخدامات الخاصة في مجال تصنيع وحفظ الأغذية، مثال: غاز الكلور أو هيبوكلوريت الصوديوم أو الكالسيوم، وتستخدم هذه المواد في تطهير ماء الشرب والقضاء على الجراثيم الممرضة الملوثة له، وتستخدم أيضاً في معاملة الماء المستخدم في معامل الأغذية للأغراض المختلفة مثل الغسيل أو التقشير أو التبريد وغيرها.

كما يستخدم غاز ثاني أكسيد الكربون كعامل حفظ مساعد لحفظ الأغذية بالتبريد، مثال: دور CO_2 في إطالة مدة حفظ اللحوم المبردة، واستخدامه في المياه الغازية، ويزداد تأثير الحفظ على الضغوط العالية مقارنة في الضغط الجوي العادي. كما يستخدم كمادة حفظ أساسية في فراغ عبوات البسكويت غير المخبوز حيث يؤدي هذا إلى إطالة فترة التخزين على درجات الحرارة المنخفضة. وهناك استخدامات فيزيولوجية لغاز ثاني أكسيد الكربون الذي يتحكم في عملية نضج الفاكهة الطازجة عن طريق التحكم في نسبة الغاز في جو غرف التخزين. ويتواجد أيضاً فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) بشكل طبيعي في كثير من الأنسجة الحية، ويتحلل بواسطة أنزيم الكاتالاز إلى جزيء ماء وأكسجين ذري يستخدم مع بعض الأغذية السائلة التي تعامل حرارياً بالتعقيم أو البسترة كعامل مساعد في عملية الحفظ، مثال: الحليب المعقم، حيث يضاف إلى الحليب بنسبة ٠,١% وبعدها تجري عملية التعقيم لعدة دقائق، وبعدها يضاف أنزيم الكاتالاز لتحلل ما تبقى من فوق أكسيد الهيدروجين، ثم يسخن الحليب لتثبيط الأنزيم ويعبأ في العبوات المعقمة. ويساعد فوق أكسيد الهيدروجين في القضاء على الأحياء الدقيقة المحبة للحرارة، والاعتراض الأساسي على استخدامه في مثل هذه التطبيقات هو التلف الذي قد يحدث للمادة الغذائية من الأكسجين الذري الذي ينطلق عند تحليل الكميات الزائدة باستخدام أنزيم الكاتالاز.

يلاحظ أن دور معظم المواد الكيميائية لا يكفي كعامل حفظ، وإنما تستخدم كعامل مساعد لطرائق الحفظ المختلفة، أو لتوفير الشروط الصحية المناسبة أثناء التصنيع أو التخزين.

الفصل السادس

حفظ الأغذية بالإشعاع

Radiation Preservation of Foods

١- المقدمة: يعتبر حفظ الأغذية بالإشعاع من أحدث طرق حفظ الأغذية، ويتميز عن طرق الحفظ الأخرى باتساع نطاق استخداماته غير المحدودة وغير المقتصرة على أنواع معينة من الأغذية، وأن التغيرات التي تحدث في طبيعتها وخواصها بسيطة ولا تتعدى مثيلتها عند استخدام الطرق الأخرى، وأن عملية إتلاف الأنزيمات وقتل الأحياء الدقيقة تحدث بتأثير الطاقة لا بالحرارة العالية وهو ما يسمى بالتعقيم البارد أو البسترة الباردة حسب شدة تأثير الأشعة وجرعتها على الأحياء الدقيقة والأنزيمات، فضلاً عن أنّ الطاقة اللازمة للتعقيم لا تتعدى ٣% من كمية الطاقة اللازمة للتعقيم بالحرارة العالية، وقد زاد الاهتمام بتقانة حفظ الغذاء بالإشعاع وأقرت سلطات السلامة الصحية في كثير من دول العالم ومنها سوريا بتشعيع أكثر من أربعين نوعاً من الأغذية (الحبوب – التمور – اللحوم...) وتبنت هيئة دستور الأغذية عام ١٩٨٣ مواصفة لتشعيع الأغذية ارتكزت على نتائج بحوث لجنة الخبراء المشتركة المكونة من منظمة الأغذية والزراعة (FAO) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) والوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAAI) أقرت فيها أن تشعيع أي سلعة غذائية بمتوسط جرعة إجمالية قدرها ١٠ كيلو غراي لا يبدي أي خطورة متعلقة بعلم السموم ولا يتطلب الأمر إخضاعها لأية اختبارات لاحقة.

٢- أهم الأشعة المستخدمة في حفظ الأغذية:

تعتبر أشعة جاما هي الأشعة التي تكاد تكون الوحيدة المستخدمة في حفظ الأغذية وهي أشعة كهرطيسية ليست ذات طبيعة جسيمية عديمة الكتلة وعديمة الشحنة، يتم الحصول عليها بالقذف النيتروني للكوبالت ٥٩ في مفاعل نووي ليتحول إلى كوبالت ٦٠ تم تغليفه بغلاف مزدوج في أقلام من الفولاذ غير القابل للصدأ، كما

يمكن استخدام عنصر السيزيوم ١٣٧ كمصدر لأشعة غاما من عناصر الوقود النووي التي سبق استعمالها، إلا أن هذا المصدر ذو تكاليف إنتاج عالية، وهي غنية بالطاقة وشديدة القدرة على اختراق الأجسام حتى أنها تستطيع اختراق لوح من الرصاص، وهي الأشعة الأكثر استخداماً في حفظ الأغذية، حتى تكاد تكون الوحيدة في هذا المجال بسبب قدرتها العالية على اختراق طبقات الغذاء وسهولة الحصول عليها ورخص ثمنها تجاريا وطاقتها الواقعة في الحدود التي لا تتيح تحويل المادة المعرضة لها إلى مادة مشعة. يقتصر استخدام الأشعة فوق البنفسجية على تعقيم مواد التغليف والسطح والهواء والماء والسوائل ذات السماكات الرقيقة وجو الغرف، وهي إحدى مكونات الأشعة الشمسية، وتنتجها صناعياً لمبات خاصة من الزجاج الصلب (الكوارتز)، لها تأثير قاتل للأحياء الدقيقة وخاصة البكتريا في طول الموجة بين ٢٠٠- ٢٧٠ نانومتر، كما يقتصر استخدام أشعة روتنجن (X) أو الالكترونات المسرعة على المجالات الطبية والأبحاث المخبرية نظراً لصعوبة تركيزها بالقدر الكافي لطبقات الغذاء السميكة.

أكثر الوحدات المستخدمة عادة للتعبير عن شدة أشعة غاما هي وحدة الروتنجن التي تعرف بأنها كمية الإشعاع التي تنتج ٢,٠٨ X ١٠ ^{٩} من الشوارد عند مرورها في ١ سم^{٣} من الهواء الجاف ضمن الشروط النظامية، كما تستخدم أيضاً وحدة الكيوري للتعبير عن شدة أو قوة المنبع المشع بصرف النظر عن نوع الأشعة الصادرة عنه وهي كمية التفكك الإشعاعي بمعدل ٣,٧ X ١٠ ^{١٠} مرة في الثانية. للتعبير عن كمية الطاقة الإشعاعية أو ما يسمى بالجرعة الإشعاعية التي يمتصها الغذاء عند تمريره في حقل إشعاعي تستخدم وحدة الغراي Gray وهي طاقة جول واحد (٠,٢٠٩ كالوري تقريباً) التي يمتصها كغ واحد من الغذاء، ولها مضاعفات هي الكيلوغراي، واستخدمت سابقاً وحدة الراد Rad للتعبير عن كمية الجرعة الإشعاعية الممتصة وهي طاقة ١٠٠ إرج التي يمتصها واحد غرام من المادة المعرضة للإشعاع (الإرج = ١٠$^{-٧}$ جول) وعليه فإن الغراي يساوي ١٠٠ راد، وللتعبير عن معدل الجرعة الممتصة بالثانية يستخدم اصطلاح (غراي/ثانية).

٣- تأثيرات الإشعاع:

يتوقف مدى تأثير الإشعاع على نوعه وشدته والجرعات الممتصة منه ونوع الأحياء والمواد التي تتعرض له وظروف التشعيع، ففي حالات الشدة العالية والجرعات العالية قد يغير من تركيب العناصر أو الخلايا الحية أو المواد الغذائية فيجعلها غير ثابتة، وفي الحالات الأقل نسبياً يقتصر التأثير على التركيب الالكتروني للذرات حيث تنتج الشوارد عند اصطدامها مع الأشعة ذات الطاقة الكافية لنزع الالكترون من مداره، وتنتج الجذور الحرة التي تتميز باحتوائها على الكترون فردي شديد الفاعلية الكيميائية حيث تتفاعل هذه الجذور مع بعضها أو مع جزيئات أخرى إلى أن تصل لحالة الاستقرار بتكون الإلكترون المزدوج، وتختلف الأحياء والمواد في مدى تأثرها بالإشعاع فقد يمرض الإنسان عند تعرضه لجرعة واحد غراي ويموت إذا زادت عن ٦ غراي، بينما تتراوح الجرعة القاتلة للحشرات بين ٢٥٠ – ١٠٠٠ غراي، وللبكتريا والفطور بين ١-١٠ كيلو غراي، وأنواع البكتريا من ١٠-٥٠ كيلو غراي، وتحتاج الأنزيمات حتى تتلف لجرعة تصل إلى ٥٠ كيلو غراي أو أكثر.

تتحمل بعض الأغذية جرعات عالية نسبياً قد تصل إلى ٦٠ كيلو غراي كافية تماماً لتعقيمها دون أن تتأثر خواصها وجودتها، بينما قد تتغير خواص أغذية أخرى بتعرضها لأقل من ربع هذه الجرعة، حيث تُساعَد بوسائل أخرى للحفظ كالتبريد، فمثلاً تتحمل لحوم الفراريج وقديد الخنزير وبعض الخضار جرعات تعقيم عالية بحدود ٥٠ كيلو غراي دون تغير ملحوظ في طعمها ورائحتها، بينما تكفي معاملة بعض الفواكه بجرعات ٢٥ كيلو غراي لتعقيمها بسبب الوسط الحامضي، وتعتبر الأسماك والبيض وبعض أنواع اللحوم وبعض أنواع الفاكهة حساسة للمعاملة بالإشعاع وتتأثر جودتها بالجرعات العالية.

تختلف مقاومة الأحياء الدقيقة للإشعاع وتعتبر بكتيريا Bacillus subtilis و Clostridium botulinum المهمة جداً في سلامة الغذاء أكثر الأحياء الدقيقة مقاومة للإشعاع حيث تتراوح الجرعة اللازمة لقتل الأولى ٤٥ كيلو غراي وللثانية بين ٢٠-٤٠ كيلو غراي تبعاً لرقم الـــpH ودرجة الحرارة ورطوبة الوسط ووجود بعض المواد

الحافظة، بينما أن بكتريا Escherichia coli أكثر حساسية للإشعاع حيث تبلغ الجرعة المميتة لها ١,٦ كيلو غراي.

تعتمد آلية التأثير الحفظي للأغذية بالإشعاع على نوعين من التاثيرات:

١- التأثير المباشر: يمكن تشبيهه بالتأثير الخارق للرصاصة عند مرورها في الجسم حيث تخترق الطاقة الإشعاعية جسم الخلية الحية فتمزقها وتحدث تغيرات باثولوجية فيها تؤدي إلى تعطيل العمليات الحيوية، وإلى حد كبير اختراق جزيئات الأنزيمات والهرمونات والصبغات، وهو التأثير الأكثر أهمية.

٢- التأثير غير المباشر: نظراً لأن الأحياء الدقيقة ومعظم الأغذية تحتوي في تركيبها على الماء فإن تشرده بفعل الطاقة الإشعاعية ينتج جذوراً حرة من الهيدروجين والهيدروكسيل يمكنها أن تتفاعل مع بعضها أو مع الأكسجين أو مع الجزيئات العضوية وغير العضوية، فمثلاً يمكن لجذور الهيدروكسيل الحرة أن تتفاعل مع بعضها لتعطي المادة المؤكسدة القوية فوق أوكسيد الهيدروجين كما يمكن أن تتفاعل جذور الهيدروجين الحرة مع بعضها لإعطاء غاز الهيدروجين أو مع الأوكسجين لتعطي جذوراً حرة من البيروكسيد، وتتفاعل النواتج بدورها مع مكونات الأغذية المختلفة وتنتج التأثير غير المباشر الذي يعتبر عاملاً هاما في التأثير على وظائف الخلية الحية وخواص الغذاء، وعلى ذلك تُجرى الأبحاث بشكل رئيسي بهدف الإقلال من التأثير غير المباشر للإشعاع على مكونات الأغذية عن طريق إعاقة تشكل الجذور الحرة في الماء بتعريض الأغذية للإشعاع وهي في حالة مجمدة أو تحت تفريغ أو بعد إضافة بعض المواد الكيميائية التي تمتاز بقدرتها على ربط الجذور الحرة مثل حمض الاسكوربيك.

تتأثر مكونات الأغذية بشكل طفيف بتأثير المعاملة بالإشعاع بجرعات عالية نسبياً (٤٠-٦٠ كيلو غراي)، حيث تنخفض فعالية الفيتامينات ويرتفع رقم البيروكسيد للدهون وتقل قابليتها للهضم، وتزداد نسبة السكريات المنفردة من الكربوهيدرات، أما البروتينات فقد تنخفض قيمتها الحيوية ويحدث تغير في التركيب الطبيعي للبروتين وقد تنفصل بعض الجزيئات ويحدث تحلل في السلاسل الببتيدية وتتشكل بعض الأحماض الآمينية الحرة والأمونيا وبعض المركبات الكبريتية وثاني أوكسيد الكربون، وقد لوحظ

أن تعريض الحليب للإشعاع يطيل من مدة التجبن بأنزيم الرينين وتنخفض درجة ثباته الحراري ويظهر طعم غريب فيه.

٤- سلامة و صحة الأغذية المعاملة بالإشعاع:

كافة الكائنات الحية على الأرض تعيش في جو من الإشعاع بتركيزات بسيطة جداً غير ملحوظة الضرر وكذلك كافة أنواع الأغذية تحتوي على آثار ضئيلة من عنصري الكربون والبوتاسيوم المشعين (K_{40} , C_{14}) يطلقان حوالي ٣ X ١٠$^{-١١}$ غراي في الدقيقة من أشعة بيتا، وقد اقترحت لجنة الطاقة الذرية أن يكون أعلى حد مأمون من الإشعاع يجوز أن يتعرض له الإنسان اسبوعياً هو ٠,٠٠٣ غراي حيث أن التأثير الإشعاعي هو تأثير تراكمي لذلك لا بدّ من وجود رقابة صارمة على مصادر الإشعاع وعلى جرعات المستخدمة في حفظ الأغذية واتخاذ كافة الاحتياطات التي تضمن سلامة الإنسان.

تتضمن أبحاث الصحة والسلامة عدة اتجاهات يدخل ضمنها احتمال تكون مواد مشعة أو سامة أو مسببة للسرطان في الغذاء المعامل بالإشعاع ودراسات تأثير الإشعاع على القيمة الغذائية وعلى درجة جودة الأغذية وتتلخص النتائج المُجمع عليها بالنقاط التالية:

١- تتأثر المغذيات بالإشعاع بدرجة موازية أو مشابهة لدرجة تأثرها بالحرارة وبشكل عام لا يزيد تحطم المغذيات عند معاملة الأغذية بالإشعاع وبجرعات كافية للتعقيم البكتريولوجي عن مدى تحطمها بالتعقيم الحراري.

٢- الأغذية المعاملة بالإشعاع بشكل علمي مغذية وسليمة ومأمونة حتماً من الناحية الميكروبيولوجية.

٣- ليس من المتوقع ولا من المفضل أن يتناول المستهلكون وجبات كاملة محفوظة كلها بالإشعاع إذ يستحسن أن يتناول المستهلك قسماً طازجاً منها أو محفوظاً بطرق أخرى.

٤- في تجارب تغذية طويلة المدى وقصيرة المدى على الحيوانات وجد أن الأغذية المعاملة بجرعة تعقيم تصل حتى ٥٥ كيلو غراي لا تحتوي على أية مواد سامة تكونت نتيجة لتلك المعاملة.

٥- لا توجد حتى الآن أية أدلة على أن حفظ الأغذية بالإشعاع ضمن حدود الجرعات المستخدمة يساعد على تكوين مواد مسببة للسرطان أو منشطة لحدوثه.

٦- يمكن أن يتسبب الحفظ بالنيترونات أو بالالكترونات ذات الطاقة العالية High Energy Electrons في تكوين نوى مشعة في الغذاء ترتبط كميتها ارتباطاً مباشراً بشدة وكمية الجرعة التي تعرض لها الغذاء ولذلك لا تستعمل النيترونات عالية الطاقة في حفظ الأغذية.

جدير بالذكر أن يُفرق بين الغذاء المحفوظ بالإشعاع والغذاء الملوث بالأشعة، فالأول عولج بأنواع معينة وبجرعات محددة من الطاقة الإشعاعية لقتل الأحياء الدقيقة وتثبيط عوامل الفساد الأخرى دون أن يؤثر ذلك على صحة وسلامة المستهلك ودون أي تماس مع المصدر المشع أو وجود أي احتمال ليتحول إلى مادة ذات فعالية إشعاعية، أما الثاني فهو الغذاء الذي يكون على تماس مع المصدر الإشعاعي بشكل مباشر أو تلوث بالنيوترونات أو الالكترونات أو تعرض لطاقة إشعاعية عالية جداً حولت بعض مكوناته إلى عناصر مشعة، كما أنه من المهم جداً أن نشير إلى أن المعاملة بالإشعاع لا تصلح من الغذاء الفاسد، بل تحفظ الغذاء السليم من الفساد في ظروف من التعبئة المحكمة قبل إجراء عملية التعرض للطاقة الإشعاعية.

٥- معاملات التشعيع:

تختلف الجرعة الإشعاعية التي تعامل بها الأغذية حسب الغرض منها وظروف التخزين المتاحة. وعموماً يمكن القول بأن هناك نوعين من المعاملات الإشعاعية حسب الغرض منها:

١- التعقيم الإشعاعي أو ما يسمى بالتعقيم على البارد في هذه الحالة يعرض الغذاء لجرعات إشعاعية تتراوح بين ٢٥ -٦٠ كيلو غراي حسب نوع الغذاء بهدف حفظه لمدة طويلة نسبياً قد تمتد إلى سنوات في جو التخزين العادي دون مساعدة أية وسيلة حفظية أخرى بعد تغليفه بشكل محكم والمحافظة على سلامة إحكام الغلاف طوال فترة التخزين حيث يتم في هذه المعاملة القضاء الكامل على جميع أعداد وأنواع الأحياء الدقيقة والإتلاف الكامل للأنزيمات.

٢- البسترة الإشعاعية أو البسترة على البارد وفي هذه الحالة يعرض الغذاء لجرعات إشعاعية بطاقة تتراوح بين ٠,٥ – ١٠ كيلو غراي حسب نوع الغذاء ودرجة تلوثه، حيث يتم قتل غالبية الأحياء الدقيقة دون إتلاف كامل للأنزيمات، مما يعمل على إطالة فترة حفظ الغذاء لعدة أسابيع أو عدة أشهر عند الحفظ بالتبريد، والجدير بالذكر أن تعرض الأغذية لهذه المعاملات الأشعاعية لا يترافق بارتفاع في درجة حرارتها.

الباب الثالث

الصناعات الغذائية بالأحياء الدقيقة

الفصل الأول

أساسيات تقانة صناعة البيرة

١- المقدمة: تقسم صناعات الأحياء الدقيقة (الميكروبيولوجية) إلى الأقسام التالية:

- صناعات تعتمد على الخميرة مثل البيرة والنبيذ والكحول وحتى خميرة الخبز.
- صناعات تعتمد على الفطر في إنتاج حمض الليمون والمضادات الحيوية.
- صناعات تعتمد على الجراثيم في إنتاج المخللات والخل وحمض الخل.

تعتبر الصناعات الميكروبيولوجية من الصناعات الغذائية التحويلية التي تحول مواد زراعية غذائية إلى مواد غذائية أو مواد تساعد على إكساب المواد الغذائية نكهة معينة أو إكساب الصناعات الحفظية نكهة خاصة مثل صناعة المخللات. وتعمل هذه الصناعات على الاستفادة من قدرة بعض الخمائر والفطور والجراثيم النافعة على التحولات المذكورة .

٢- خطوات صناعة البيرة:

بدأت صناعة البيرة في أوربا في المنازل باستعمال أواني مصنوعة من الخشب والفخار، وأصبح لكل منزل بيرته الخاصة، الأمر الذي أدى إلى طرح أنواع مختلفة من البيرة في الأسواق، ويمتاز كل نوع من البيرة (الحلوة والمرة والكحولية وغير الكحولية وذات النكهات المختلفة) بلون وطعم ونكهة مميزة، وباستخدام كميات منخفضة جداً أو عالية من حشيشة الدينار وبنسبة كحول منخفضة أو عالية (٤ – ١٦%) أو بيرة بدون كحول (يعبأ مستخلص المولت العادي أو مستخلص المولت المغلي مع حشيشة الدينار فقط وبدون عملية تخمير. وتتفاوت طاقة إنتاج المعامل

السنوية إلى صغيرة (تصنيع حوالي ٢٥٠ طن من الشعير أو إنتاج حوالي ١٠٠٠٠ هيكتوليتر بيرة) ومتوسطة (تصنيع حوالي ١٠٠٠ طن من الشعير أو إنتاج ٢٥٠٠٠ – ١٠٠٠٠٠ هيكتوليتر بيرة) وكبيرة (تصنيع أكثر من ١٠٠٠٠ طن من الشعير أو إنتاج أكثر من ١٠٠٠٠٠ هيكتوليتر بيرة)، وهناك شركات أميركية تجاوزت إنتاج ثمانية ملايين هيكتو ليتر بيرة.

٢-١: المواد الأولية المستعملة في صناعة البيرة: تصنع البيرة عادة من الشعير وحشيشة الدينار والماء، وقد يضاف بعض المصادر الكربوهيدراتية الأخرى (الأرز والذرة والمولاس والسكر) في حال لم يكن الشعير من النوع الجيد. ويستعمل في صناعة البيرة شعير ذو صفين ويختلف عن الشعير ذي الست صفوف في احتوائه على البكتين والسيللوز، وتكون نسبة البكتين والسيللوز أقل في الشعير ذو الصفين، ولا تختلف نسبة النشاء كثيراً في الأثنين. ويؤثر التركيب الكيميائي للشعير في القيمة الغذائية للبيرة لاحتوائها على الكربوهيدرات والبروتين والفيتامينات (الثيامين والريبوفلافين) والأملاح المعدنية ويخضع الشعير إلى بعض الاختبارات الفيزيائية والكيميائية لمعرفة صلاحية الشعير لصناعة البيرة ومنها:

- نسبة رطوبة الشعير.
- الوزن النوعي للشعير.
- سماكة قشرة وغلاف الحبوب.
- حجم البذور وانتظام شكلها.
- لون ودرجة ونظافة ونقاوة البذور.
- درجة نضوج البذور وعدم الإصابة بالأمراض.
- نسبة النشاء في البذور.
- نسبة الإنبات.

٢-٢: استلام ونقل الشعير: يتم نقل واستلام الشعير بطرائق عديدة ومنها المصاعد العامودية اليدوية أو الكهربائية بطاقة صغيرة، والغرافات العمودية التي توفر اليد العاملة والناقل الحلزوني الأفقي والعامودي المغلق والسيور الناقلة الجلدية أو

البلاستيكية الأفقية أو حتى بزاوية ٥٠ درجة، بالإضافة إلى النواقل الهوائية المؤلفة من أنبوب مغلق يمر في داخله تيار من الهواء القوي الذي يدفع الحبوب المراد نقلها.

٢-٣: تنظيف المواد الأولية: يلزم تنظيف وغسيل المواد الأولية حتى ولو كان الشعير منقى ومفرزاً أثناء عملية الحصاد. وتستخدم المناخل في فصل الأجرام المعدنية (الحجارة الصغيرة والكبيرة والغبار وقطع الحديد) والعضوية (الخيوط والسنابل والحبوب الغريبة وغيرها) عن الحبوب، ويستعمل المغناطيس في فصل قطع المعادن ويتم أيضاً فصل البذور الكروية الناتجة عن بذور الأعشاب الضارة والتي وزنها النوعي مقارب لحبوب الشعير، ولهذا تمرر بذور الشعير على جهاز فصل البذور الكروية (الدائرية –Trommeltrieure) الذي يتألف من جسم يشبه الأسطوانة وتحتوي على تقعر على الجدار الداخلي بدرجة انحناء ٦ – ٨% أي تحتوي على تقعرات دائرية لا تتجاوز ٦,٥مم، وتدور الأسطوانة حول محور بسرعة ٠,٣ متر/ثانية وتتوضع البذور الدائرية في هذه التقعرات، وترتفع إلى الأعلى أثناء دوران الأسطوانة وتسقط البذور الطويلة أولاً وبعدها البذور الدائرية التي تساق وتتجمع من خلال مجرى خاص.

٢-٤: صناعة المولت: تنبت بذور الشعير لإنتاج المولت (Malt) الذي يدخل في صناعة البيرة، وتكمن الغاية من الإنبات في تحسين صفات الشعير عن طريق زيادة نسبة المولت الموجودة فيه بحوالي ١,٨– ٢% وزيادة نسبة البروتين الذواب بالماء بنسبة ٣ – ٤% عن نسبته الأصلية، ويؤدي إنبات الشعير إلى عدم تعكر السائل الناتج، وإلى ارتفاع حموضة بذور الشعير نتيجة نشاط الإنزيمات أثناء التخزين وزيادة قدرة البذور على تشرب الماء، كما تتأثر نسبة مستخلص المولت بنسبة الآزوت في البذور، ويمكن إنتاج المولت من خلال مرور بذور الشعير بالمراحل التالية:

٢-٤-١: تنظيف بذور الشعير الجافة من المواد الغريبة والبذور والحبوب الضارة والحبوب المكسورة.

٢-٤-٢: نقع البذور الجافة في الماء البارد لمدة تتراوح بين ٤٥ – ٦٥ ساعة لكي تتشرب الماء وتصفى بعد ذلك من الماء.

٢-٤-٣: إنبات الشعير بإحدى الطرائق التالية:

٢-٤-٣-١: الطريقة القديمة: نشر الشعير على أرضية غرفة أو في أوعية ذات مساحة كبيرة وتترك لمدة ١٠ – ١٢ يوم مع تقليب البذور يدوياً من حين لآخر. ينمو الجنين وينتشر الجذير حتى يساوي طول حبة الشعير وتظهر بذلك أساس الأوراق وتذوب خلايا الأندوسبرم ويتحلل جزء من النشاء والبروتين إلى مركبات أبسط بفعل الإنزيمات وتنخفض لزوجة مستخلص البذور مع زيادة مدة الإنبات، ولهذا تقاس اللزوجة بدون التعرف عن مدى التغيرات التي حدثت عند تحضير المولت.

٢-٤-٣-٢: طريقة الأحواض: يوضع الشعير ويرطب ويصفى من الماء في أحواض مستطيلة الشكل بهدف الإنبات ويتم تحريك البذور آلياً بشكل مستمر.

٢-٤-٣-٣: الطريقة الأسطوانية: يوضع الشعير الرطب والمصفى من الماء وينبت من خلال وضعه في أسطوانة تدور حول محورها بشكل مستمر حتى تمام الإنبات.

٢-٤-٤: إيقاف إنبات بذور الشعير عندما يبلغ طول الجذير نفس طول حبة الشعير بتحميصها على درجة حرارة منخفضة، وترفع درجة الحرارة بعد ذلك تدريجياً لإيقاف عمل الإنزيمات بدون قتلها وتدعى هذه العملية بالتسوية.

٢-٤-٥: تبرد البذور وتغربل لفصل الجذيرات عن المولت: يؤدي الإنبات وفصل الجذيرات إلى فقد بذور الشعير أثناء فترة النقع ٠,٥% من المادة الجافة وحوالي ٦,٢% بسبب عملية التنفس وحوالي ٢,٥% من الجذيرات. وبالمقابل تزداد نسبة السكريات في البذور بعد الإنبات على حساب النشاء وتصل إلى ١% في بذور الشعير وحتى ٣% في المولت. ويراعى عند تحميص المولت أن لا تتجاوز نسبة الرطوبة في المولت ٣% لكي لا يتعذر طحنه. وتؤثر عملية التحميص على نكهة البيرة ولونها نتيجة تفاعل ميلارد (Maillard) في المولت.

يتم تحميص المولت المجفف في أسطوانات معدنية تسخن بشكل منتظم (يبدأ التكرمل عند درجة حرارة ٢٣٠°س ويبدأ التكربن عند درجة حرارة ٢٥٠°س) ويعرف المولت المحمص باسم المولت الأسود الذي يحتوي فقط على ٣% رطوبة.

علماً بأن إنزيم β- أميلاز الذي يقوم بتحلل النشاء إلى سكر يتلف الإنزيم بالتسخين على درجة حرارة ٧٠°س لمدة ١٥ دقيقة، أو يتلف الإنزيم أيضاً عند زيادة مدة التسخين لحوالي ٢٠ دقيقة على درجة حرارة ٦٥°س .

٢-٤-٦: تصنيع البيرة: يبدأ تصنيع البيرة من بداية التعامل مع المولت من خلال النقاط التالية:

٢-٤-٦-١: كبرتة المولت بغاز ثاني أكسيد الكبريت لتحسين لونه وقتل الأحياء الدقيقة الضارة في حال تواجدها، الأمر الذي يؤدي إلى خفض درجة الحموضة (pH) إلى ٠,٥ درجة، ويشجع ذلك على نشاط الإنزيمات البروتينية التي تؤدي إلى زيادة نسبة البروتين الذواب في المستخلص لحوالي ٣٠% ٢-٤-٦-٢- يغربل المولت لفصل الجذيرات والقشور ويطحن ويخزن لمدة شهرين تقريباً ، ويؤدي ذلك إلى بعض التغيرات الحيوية التي تمنع حدوث ترسبات في البيرة بعد تصنيعها.
٢-٤-٦-٣: يستخلص المولت بالماء الساخن على درجة حرارة ٣٨ – ٥٠°س لمدة حوالي ساعة واحدة، وترفع درجة الحرارة تدريجياً بعد ذلك إلى ٦٥ – ٧٠°س لمدة بضعة دقائق فقط لكي لا تقتل الإنزيمات، وترفع درجة الحرارة بعد ذلك إلى ٨٠ – ٨٥°س لمدة بضعة ثواني. يمكن أن تتم هذه المراحل في بعض الأحيان في قسم خاص يشمل طواحين المولت والماء، ويجب أن تكون كمية الأملاح الموجودة في الماء معروفة لأنها تؤثر على صفات (اللون والطعم والنكهة) المستخلص والبيرة ومنها كربونات وكبريتات الصوديوم والبوتاسيوم والمغنزيوم وكلوريدات الصوديوم والبوتاسيوم. وقد تتفاعل شوارد هذه الأملاح مع بعضها وينتج عن ذلك ارتفاع أو انخفاض حموضة المستخلص، ويمكن أن يكون هذا التغير مرغوباً أو غير مرغوب، وأفضل درجة حموضة (pH) هي ٥,٢ مع وجود تركيز منخفض نسبياً من الكحول، بينما تكون درجة الحموضة ٥,٤ عند التركيز الأعلى من الكحول، أي يؤدي ارتفاع درجة الحموضة إلى زيادة نسبة الكحول الموجودة في البيرة. كما تؤثر درجة الحموضة على النشاط الإنزيمي وعلى درجة ذوبان بعض مكونات مسحوق المولت مثل الصبغات والتانينات وعلى سرعة انفصال البروتين المتجمع، وتؤثر كل هذه في لون ونكهة وثبات مستخلص البيرة. ويفضل عدم

وجود الكربونات في المستخلص ويتفكك الجزء الأكبر منها أثناء الغليان ولهذا يعرض المستخلص لدرجة حرارة ٨٥°س لمدة عدة ثوان في حال وجود الكبريتات في المستخلص. كما يتحلل السكروز أثناء الغليان إلى غلوكوز وفركتوز ويتحلل جزء من النشاء إلى سكريات بسيطة بفعل إنزيم الأميلاز، ويتحلل جزء من البروتين، الأمر الذي يفسر وجود أحماض أمينية بشكل حر في مستخلص المولت.

٢-٤-٦-٤: يصفى مستخلص المولت من شوائب المواد الصلبة والقشور وتدعى بتفل البيرة وتستخدم كعلف.

٢-٤-٦-٥: تضاف حشيشة الدينار (Hops) إلى المستخلص ويتم غليان المحلول لاستخلاص بعض مكونات حشيشة الدينار التي يستفاد منها في: إكساب البيرة النكهة المعروفة وتركيز المستخلص بفعل الإنزيمات ويثبت تركيب الكربوهيدرات وتخفض درجة الحموضة (pH) ويؤدي التسخين ودرجة الحموضة إلى تعقيم المستخلص والقضاء على الأحياء الدقيقة، ويتخلص من بعض المركبات الآزوتية ويحدث الكرملة في بعض السكريات المستخلصة.

كما يؤدي غليان حشيشة الدينار إلى استخلاص بعض المواد مثل: التانينات والزيوت العطرية والمواد الراتنجية التي تكسب البيرة الطعم المر المعروف والمواد الآزوتية الذوابة في الماء وتستعملها الخميرة في تغذيتها أثناء عملية التخمر ووجود معقد فيتامينات B.

٢-٤-٦-٦: التبريد: يبرد مستخلص المولت وحشيشة الدينار إلى ٢٥°س وبعدها إلى ٦°س بغية ترسيب البروتين المتجمع، ويفضل رج المستخلص لكي تطفو بعض المواد الغروية على السطح أو يمرر في المستخلص الهواء. ونحصل بذلك على بيرة خالية من الكحول، ويؤدي تلقيح المستخلص بالخميرة إلى الحصول على البيرة التي تحتوي على الكحول.

٢-٤-٦-٧: التلقيح: يلقح مستخلص المولت وحشيشة الدينار بخميرة الخبيز (Sacchromyces Cerevisiae) ويترك لعملية التخمير التي تستقلب السكريات الأحادية داخل خلاياها وتتحول من خلال عدة عمليات إلى كحول وثاني أكسيد الكربون. وتبدأ عملية التخمر بارتباط الغلوكوز (السكر السداسي) بالفوسفات مع

الاستفادة من جزئين من مركب الطاقة (2ATP) ونحصل على مركبين بثلاثة ذرات كربون (ثنائي هيدروكسي فوسفات الأسيتون وغليسر الدهايد ٣- فوسفات) وتعطي هذه فيما بعد أربعة جزيئات من مركب الأدينوزين ثلاثي الفوسفات (4 ATP)، أي يتخمر كل جزيء من الغلوكوز وينتج عنه مركب الفوسفات الغني بالطاقة من جزيئين من الأدينوزين ثلاثي الفوسفات (2ATP) كالتالي:

الغلوكوز + ATP← الغلوكوز- ٦- فوسفات + ADP

الغلوكوز- ٦- فوسفات = فركتوز-٦- فوسفات

فركتوز-٦- فوسفات + ATP← فركتوز ١-٦- ثنائي الفوسفات + ADP

فركتوز ١-٦- ثنائي الفوسفات= ثنائي هيدروكسي فوسفات الأسيتون + غليسرالدهايد ٣- فوسفات

غليسر الدهايد ٣- فوسفات + NAD + فوسفات = ١-٣ ثنائي فوسفو حمض الغليسريك +$NADH_2$

١-٣ ثنائي فوسفو حمض الغليسريك + ADP = ٣ فوسفو حمض الغليسريك + ATP

١- فوسفو حمض الغليسريك = ٢ - فوسفوا ينول حمض البيروفيك

٢ -فوسفو اينول حمض البيروفيك +←2ADP- اينول حمض البيروفيك← حمض البيروفيك + ATP

حمض البيروفيك + TTP←اسيتالدهالد + CO_2

اسيتالدهايد + $NADH_2$←الكحول الايثيلي + NAD^+

٢-٤-٦-٨: تثبيط نشاط الخميرة:

٢-٤-٦-٨-١: بوجود العناصر المعدنية السامة مثل النحاس والفضة والزئبق وغيرها من المعادن وذلك بتركيز ضئيل جداً (١ - ١٠ مغ/كغ)، بينما يلزم كمية أكبر من الكوبالت والزرنيخ والنيكل والفلور لقتل الخميرة (١٠٠ - ٣٥٠ مغ/كغ).

٢-٤-٦-٨-٢: كما يتوقف نشاط الخميرة بدرجة الحرارة العالية وتنشط السلالة النامية في القاع على ٦,٣°س ويتم التخمر في هذه الحالة خلال أربعة عشر يوماً أو على ٩,٢°س لإنجاز التخمر خلال ثمانية أيام. بينما تنمو السلالة النامية من الخميرة على السطح في درجة الحرارة ١٥ - ١٧°س، وتتوزع الخميرة في حال القواقع داخل المستخلص أثناء فترة التخمر، ويتواجد بعضها في القاع والبعض على السطح والبعض داخل السائل وهذه الأخيرة هي الأكثر فعالية من وجهتي

تكاثر الخميرة وإنتاج الكحول، وتنخفض درجة الحموضة (pH) في المستخلص من ٥ إلى ٤ فقط بتشكل الكحول.

٢-٤-٦-٩: الترسيب: يتم ترسيب الخميرة من المستخلص بتبريده إلى ٢°س وتفصل الخميرة المترسبة وتخزن الخميرة بعد غسلها وضغطها تحت سطح الماء على درجة الصفر المئوية وحتى ٥°س، ويتم عند التخزين الطويل غمر الخميرة في مستخلص المولت وتعبأ في أوعية وتغلق وتخزن على درجة الصفر المئوي لمدة تقارب خمسة أسابيع.

٢-٤-٦-١٠: التخزين: تخزن البيرة الناتجة لمدة تقارب الشهرين على درجة حرارة قريبة من الصفر المئوي بغية تعتيقها مع مراعاة تنظيم الضغط داخل الأحواض لمنع حدوث انفجار بسبب ضغط ثاني أكسيد الكربون المتشكل.

٢-٤-٦-١١: الترشيح والتعبئة: ترشح البيرة قبل تعبئتها في زجاجات نظيفة (تغسل الزجاجات بالماء المضاف إليه ماءات الصوديوم بنسبة ٣% وتغسل بعدها بالماء العادي)، ويضاف للبيرة غاز ثاني أكسيد الكربون لرفع تركيزه في العبوات إلى ٠,٥% تقريباً قبل أغلاق الزجاجة.

٢-٥: فساد البيرة: تظهر على البيرة بعض العيوب الناتجة عن سوء التصنيع مثل : عكارة البيرة نتيجة وجود المعادن أو النشاء أو صموغ حشيشة الدينار أو بعض المواد الآزوتية المرتبطة مع التانين وتظهر على شكل عكارة عند تبريد البيرة، وقد تتشكل العكارة من تأكسد بعض مكونات البيرة. وهناك فساد جرثومي ناتج عن حمض اللاكتيك أو حمض الخل. ويمكن أن يتأثر لون ونكهة البيرة نتيجة ارتفاع درجة الحرارة في حال بسترة البيرة أو تغير اللون نتيجة تحلل بعض عناصر البيرة عند استعمال الزجاجات الشفافة عديمة اللون نتيجة تأثير الأشعة على بقايا الخميرة.

الفصل الثاني

صناعة الكحول

١- المقدمة: يمكن تخمير كافة السكريات وتحولها إلى كحول، وتختلف كلفة التحول بحسب توفر المادة الخام وسعرها، ويعتبر المولاس (ناتج ثانوي في صناعة السكر) من أهم وأرخص المواد المستخدمة في إنتاج الكحول، وهو محلول أسود وناتج ثانوي وينتج بعد بلورة وفصل السكر المتبلور من عصير الشمندر أو من القصب السكري، ويحتوي على نسبة عالية من السكريات المحولة (Inverted Sugars) التي تكون صعبة التبلور (أكثر من ٥٠%).

٢- خطوات عملية تخمر المولاس:

٢-١: انتخاب سلالة الخميرة من نوع Saccharomyces cerevisiae: يجب أن تملك الخميرة القدرة على تحويل أكبر كمية من السكر إلى كحول، وأن تتحمل نسبة الكحول الناتجة وأن تكون ذات صفات ثابتة. عادة يتم إنتاج الخميرة في نفس المعمل أو يستورد المعمل هذه السلالة بدرجة نقاوة عالية موضوعة في أنبوب اختبار من الخارج.

٢-٢: تحضير البادىء (Starter Preparation): يتم تلقيح ١٠ مل من البيئة المعقمة في دورق مخروطي بواسطة الخميرة النقية (المحلية أو المستوردة) وتحضن على درجة حرارة ٢٥ -٣٠°س لمدة يومين أو ثلاثة أيام مع مراعاة الاحتياطات الجرثومية السليمة لمنع تلوثها أثناء التلقيح والتحضين. وتستعمل هذه الكمية بعد التحضين لتلقيح ٢٠٠ مل ثم ١٥٠ ليتر، ويراعى توفير نسبة كافية من الهواء لزيادة تكاثر الخميرة وإسراعه.

٢-٣: تحضير المولاس لعملية التخمر: وتخضع عملية تحضير المولاس للخطوات التالية:

٢-٣-١: تعديل نسبة السكر في المولاس إلى حوالي ١٢%، لأن ارتفاع نسبة السكر عن ذلك يقلل من نشاط الخميرة أو يزيد تركيز الكحول النهائي فتطول مدة التخمير ويبقى جزء من السكر بدون تخمير بسبب تثبيط نسبة الكحول العالية لنشاط الخميرة. بينما لا تكون عملية التخمر اقتصادية عند انخفاض نسبة السكر عن ذلك بسبب الحاجة إلى تقطير حجم كبير من السائل الذي يحتوي على نسبة منخفضة من الكحول.

٢-٣-٢: إضافة المواد اللازمة لنمو الخميرة: معظم المواد اللازمة لنمو الخميرة موجودة في المولاس بنسبة كافية عدا مصدر الآزوت، لهذا تضاف كبريتات أو فوسفات الأمونيوم بنسبة تتراوح بين ٠,٣ و١,٦% على التوالي وقد تضاف أملاح المغنزيوم والمنغنيز.

٢-٣-٣: ضبط درجة الحموضة (pH): يتم ضبط درجة الحموضة (pH) بواسطة حمض الكبريت أو حمض اللاكتيك إلى ٤,٥ وهي الدرجة المثالية لنمو الخميرة ونشاطها وتثبط نمو أغلب أنواع الجراثيم التي قد تكون موجودة في المولاس.

٢-٣-٤: إضافة البادىء وتنظيم الحرارة: يضاف البادىء بنسبة ٤ – ٦% وتنظم درجة الحرارة بين ٢١ – ٢٧°س لتلائم نشاط الخميرة ومنع ارتفاعها أثناء التخمر، ولهذا يستخدم أنابيب خاصة لتبريد أحواض التخمير.

٢-٣-٥: الهواء: لا تتطلب عملية إنتاج الكحول شروط هوائية، وتتوفر الشروط اللاهوائية بمجرد بدء عملية التخمر التي ينتج عنها ثاني أكسيد الكربون فيطرد الهواء من أحواض التخمير.

٢-٤: مدة التخمير: تؤثر على مدة التخمير عوامل كثيرة وأهمها درجة الحرارة ونسبة السكر، ويعرف انتهاء عملية التخمر التي تستغرق يومين أو ثلاثة أيام بتوقف تصاعد ثاني أكسيد الكربون.

٢-٥: التقطير: يفضل تخزين السائل المتخمر فترة من الزمن لإتمام رسوب لخميرة وفصل السائق الرائق ويقطر تقطيراً مجزأ ونحصل في النهاية على كحول بتركيز ٩٠ – ٩٥% (يمكن تقطير السائل المتخمر الحاوي على الخميرة). ويمكن استعمال الخميرة المفصولة كبادىء أو تنظف وتجفف وتستعمل كعلف للحيوان.

٢-٦: المردود: ينتج طن المولاس غير الممدد حوالي ٢٦٠ ليتر من الكحول بتركيز ٩٥% ويقاس تركيز الكحول في المحاليل الكحولية بواسطة الهيدرومتر، ويمكن معرفة التركيز عن طريق درجة غليان السائل باستخدام جداول خاصة.

الفصل الثالث

أساسيات صناعة الخل

١- المقدمة: تؤدي التغيرات التي تحدث في عصائر الفاكهة على درجة حرارة الغرفة إلى حدوث تخمرات كحولية بواسطة الخمائر وإنتاج الكحول الايثيلي الذي يتأكسد بعد ذلك معطياً حمض الخل بواسطة بكتريا حمض الخل، ويطلق عليه اسم خل (Vinegar) عند وجود كميات كبيرة وكافية من حمض الخل، وتشتق كلمة خل من الفرنسية Vinaigra أي النبيذ الحمضي (Soure wine). ويعرف الخل على أساس أنه المادة (Condiment) الناتجة من عملية التخمر الكحولي للمواد السكرية أو النشوية ونحصل على الخل بأكسدة الكحول الإيثيلي، ويحتوي الخل الأجنبي على ٤ غرام حمض خل/١٠٠ فقط. (مواصفات الخل السوري أنه ناتج عن أكسدة نواتج عملية التخمر الكحولي وأن لا تقل نسبة حمض الخل عن ٦ غرام/١٠٠ مل على درجة حرارة ٢٠°س، وأن لا تزيد نسبة الكحول على ٠,٥% وأن تتوافر فيه النكهة المميزة للخل ولا يضاف إليه ملونات صناعية ويسمح بإضافة السكر المحروق (الكرامل)، وأن يكون الخل رائقاً خالياً من ديدان حمض الخل والرواسب وما عدا رواسب بكتريا الخل وأغشيتها، ويبستر الخل على درجة حرارة ٦٠°س لمدة ٥ دقائق ويعبأ في زجاجات محكمة القفل ويخزن في عبوات خشبية نظيفة).

يستخدم الخل في مجال الصناعات الغذائية لأكساب مذاق خاص مرغوب لجميع المستهلكين، وقد يستخدم في بعض عمليات التصنيع كعامل مساعد في عملية الحفظ مثل التخليل أو دخوله في مكونات صناعة الكاتشب أو كوسيط لتعبئة الأسماك أو في صناعة حمض الخل، بالإضافة إلى استخداماته في الأغراض الطبية وغيرها.

٢- أنواع الخل :

يمكن تقسيم الخل الناتج على أساس المواد الخام التي تستخدم في إنتاجه إلى:

- الناتج من استخدام عصائر الفاكهة مثل التفاح والعنب والبرتقال والأجاص والفريز وغيرها.
- الناتج من استخدام المواد النشوية مثل البطاطا بعد تحويل النشاء إلى سكريات قابلة للتخمر.
- الناتج من الحبوب المنبته مثل الشعير والقمح والذرة.
- الناتج من محلول السكريات مثل المولاس وعسل النحل.
- الناتج من الكحول المتحصل عليه من المخلفات الكحولية (صناعة البيرة) أو من صناعة الخميرة.

يمكن بشكل عام استخدام أي مادة تحتوي على سكريات قابلة للتخمر أو استخدام الكحول الايثيلي لإنتاج الخل بشرط عدم وجود ما يمنع استخدامه في الغذاء. ويشتق اسم الخل من اسم المادة التي تستخدم في تصنيعه، مثال: خل التفاح الذي يصنع من عصير التفاح وخل العنب أو خل النبيذ الذي يصنع من عصير العنب وخل السكر الذي يصنع من محاليل سكرية أو المولاس أو الغلوكوز التجاري، بينما نحصل على الخل المقطر من الكحول المقطر.

وتختلف هذه الأنواع من الخل عن الخل المحضر من تقطير الخشب والذي يحرم استخدامه في أغراض غذائية لاحتوائه على مواد سامة كحمض الفورميك ($HCOOH$) والفورمالدهيد ($HCHO$) والكحول الميثيلي (CH_3-OH).

٣- طبيعة التخمر:

يعتمد إنتاج الخل على حدوث عدة تفاعلات متعلقة بالتخمر والأكسدة بوجود خمائر وجراثيم، وتتواجد الخمائر والجراثيم على شكل معروف باسم Commensalism، ويتم إنتاج الخل على مرحلتين:

٣-١: المرحلة الأولى: مرحلة تحويل السكر القابل للتخمر إلى كحول، وهي مرحلة لا هوائية وتتم باستخدام الخميرة من جنس Saccharomyces، وتوجد أنواع مختلفة منها ويمكن استخدامها تبعاً لنوع المادة الخام المستخدمة، مثال: تستخدم خميرة

S. ellipsoideus في حال عصير العنب، وخميرة S.molei في حال عصير التفاح، وتستخدم خميرة S.cerevisiae عند استخدام الحبوب. وتمتاز هذه الخمائر بكفاءتها في تحول السكر إلى كحول وسهولة الترسيب بعد عملية التخمر وإنتاج سائل متخمر ذو طعم ومظهر طبيعي. ويمكن تمثيل التفاعل في هذه المرحلة تبعاً للمعادلات التالية:

$$C_6H_{12}O_6 + Yeast \rightarrow 2\,CO_2 + 2\,C_2H_5\text{-}OH$$

السكر + الخمير ← ثاني أكسيد الكربون + كحول ايثيلي

وتتم هذه المرحلة على خطوتين : يحدث خلال الخطوة الأولى (Preliminary or Violent).

تحويل معظم السكر إلى كحول وثاني أكسيد الكربون وتكون سريعة جداً وتستغرق حوالي ٣ – ٦ أيام ولا تساعد الشروط السائدة خلال هذه الخطوة على وجود جراثيم غريبة أو غير مرغوبة، بينما تكون الخطوة الثانية بطيئة مقارنة مع الخطوة الأولى وتستغرق ٢ – ٣ أسابيع، وهناك خطورة في هذه الخطوة من إمكانية التلوث ببكتريا الخل (Wine flowers) وبكتريا حمض اللاكتيك، الأمر الذي يؤدي إلى إبطاء عملية التخمر، ولهذا يلزم تهوية المحلول وتقوية الخميرة وزيادة درجة الحرارة وخاصة في الأشهر الباردة.

٣-٢: المرحلة الثانية: مرحلة أكسدة الكحول إلى حمض الخل بواسطة أنواع من جراثيم حمض الخل التابعة لجنس Acetobacter وهي جراثيم هوائية، أي أنها لا تنمو إلا في وجود الأكسجين وتتميز بمقدرتها على أكسدة الكحول الايثيلي إلى حمض الخل فقط، ولا تؤكسد أكسدة كاملة إلى ثاني أكسيد الكربون وماء، ولهذا يعرف نشاطها بالتأكسد غير الكامل، وهي بكتريا معوية لا تكون جراثيم، أي يمكن قتلها بالبسترة وهي سالبة لصبغة الغرام وتتحمل الحموضة العالية ولكن بنسبة أقل من بكتريا حمض اللاكتيك، ويتبع هذا الجنس أنواع كثيرة منها:

A.aceti, A.xylinum, A.tancens, A.melanogenum, A.roseum, A.oxydans, A.suboxydans.

وتملك الأنواع الثلاثة الأولى القدرة على أكسدة حمض الخل الناتج من أكسدة الكحول إلى ثاني أكسيد الكربون وماء، ولهذا تعتبر من الأنواع غير المرغوبة في صناعة الخل، ويؤدي زيادة عددها في الخل مقارنة مع الأنواع الأخرى إلى هدم الخل المتشكل، وتشكل أغشية من السيللوز النقي التي تظهر هذه الأغشية كرواسب أو أغشية لحمية، ويمكن تمثيلها بالتفاعلات التالية:

$$2\ C_2H_5\text{-}OH + O_2 \rightarrow 2\ CH_3\text{-}COH + 2\ H_2O$$

الكحول الايثيلي + الأكسجين ← اسيتالدهيد + الماء

$$2\ CH_3\text{-}COH + 2\ H_2O \rightarrow 2\ CH_3\text{-}\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{OH}{|}}{C}}\text{-}OH$$

اسيتالدهيد + ماء ← اسيتالدهايد مائية (هيدرات)

$$2\ CH_3\text{-}\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{OH}{|}}{C}}\text{-}OH + O_2 \rightarrow 2CH_3\ CO\text{-}OH + 2\ H_2O$$

اسيتالدهيد مائية + أكسجين ← حمض الخل + ماء

يلاحظ من المعادلات السابقة تشكل مركبات وسطية في عملية تحويل السكريات المختزلة في عصير الفاكهة إلى حمض الخل ومنها مركب الأسيتالدهيد، ويعمل الأكسجين كحامل للهيدروجين في تحويل الكحول إلى الاسيتالدهيد، وبالتالي تحويل الأسيتالدهيد إلى حمض الخل. وقد وجد أن كل ١٠٠ جزء من السكر الأحادي ينتج ٥٠ – ٥٥ جزء كحول، وتنتج هذه نظرياً ٦٦ جزء حمض الخل، بينما نجد أن كل ١٠٠ جزء من السكر الأحادي ينتج ٤٥ – ٤٧ جزء كحول، وتنتج هذه عملياً ٥٠ – ٥٥ جزء حمض الخل، أي تكون كمية الخل الناتجة حوالي ٥٠ – ٥٥% من تركيز السكر الذي بدأ به. ويعود هذا الفقد إلى تبخر جزء من الكحول أو أكسدته إلى ثاني أكسيد الكربون وماء، أو استخدامه بواسطة الخميرة أو بكتريا الخل كمصدر للطاقة، وقد يبقى

جزء من السكر غير متحول إلى كحول، أو تؤدي كل هذه الأمور أو بعضها في النهاية إلى نقص الكمية اللازم الحصول عليها من الناحية النظرية.

٤- المواد الأولية المستخدمة في صناعة الخل :

يمكن تحضير الخل من أي نوع من الخامات الزراعية المستخدمة في التخمر الكحولي، ويعتبر التخمر الكحولي الخطوة الأولى في إنتاج الخل مثل عصائر (التفاح والعنب والأجاص والخوخ) والنبيذ والغلوكوز التجاري والمواد النشاوية وأيضاً الخمور. ويعتبر كل من النبيذ وعصير التفاح من أفضل المواد الخام المستخدمة لهذا الغرض، ويستخدم المولاس (أحد النواتج الثانوية المتخلفة من صناعة السكر من قصب السكر ومن الشوندر) في إنتاج الخل في بريطانيا والنبيذ في فرنسا وايطاليا واسبانيا والتفاح في أمريكا. ويتطلب الحصول على جودة عالية من الخل استخدام مواد نظيفة وسليمة وناضجة وخالية ومن المواد الحافظة وتوفرها بشكل اقتصادي.

يجب اختيار المواد الخام التي تحتوي على سكريات مختزلة قابلة للتخمر بواسطة الخميرة، الأمر الذي يتطلب تجهيزها، ويختلف تجهيز المواد من مادة إلى أخرى بهدف إنتاج الخل:

٤-١: **الفواكه العصيرية:** مثال: التفاح والعنب والبرتقال التي يتم هرسها وضغطها للحصول على العصير ويصفى للتخلص من الشوائب العالقة به. ويحتوي عصير البرتقال على كمية من الزيت عند استخدام الضغط للحصول عليه ولا بد من التخلص منه بالطرد المركزي، ويؤخذ بعد ذلك العصير لإنتاج الخل.

٤-٢: **الفواكه اللحمية:** مثال: الأجاص والمشمش والخوخ والموز الناضج التي يتم هرسها ويضاف إليها كمية من الإنزيمات المحللة للبكتين خلال عملية الهرس، ويترك الخليط لبضعة أيام لحدوث تخمر ذاتي، وتساعد هذه المرحلة على إتمام عملية الأكسدة الخلية وزيادة الناتج من الخل.

٤-٣: **الفواكة الجافة:** تحتوي على حوالي ٥٠ – ٧٠% سكر، ولهذا يضاف إليها كمية كافية من الماء لخفض تركيز السكر إلى حوالي ١٥%، وتضاف كمية من الخميرة كبادىء ويترك الخليط للتخمر قبل التصنيع وإنتاج الخل.

٤-٤: **المواد النشوية:** مثل البطاطا التي تخضع لعملية التحلل المائي قبل التخمر باستخدام إنزيمات دياستيز (diastase) أو الأحماض المعدنية، ويتم ذلك بإجراء عملية هرس البطاطا ثم التسخين تحت ضغط في جهاز مغلق لإتمام عملية الجلتنه لإذابة النشاء ثم تبريد الخليط إلى درجة حرارة ٦٠°س. وتتم عملية التحلل المائي بتحول النشاء إلى مالتوز كالتالي:

$$(C_6H_{10}O_5)_x + 2\,H_2O \rightarrow (C_{12}H_{22}O_{11})_x$$

النشاء + الماء ← المالتوز

٤-٥: **عسل النحل:** يستخدم عسل النحل منخفض الجودة بعد تمديده بالماء لخفض تركيز السكر إلى ١٥%، وبعدها تضاف إليه الخميرة لإتمام عملية التخمر.

٤-٦: **المولاس:** يستخدم المولاس بعد إجراء عملية التخفيف بالماء للوصول إلى تركيز المواد الصلبة إلى ١٥%.

٥- تحضير البادىء:

يجب أن تكون المزرعة المستخدمة قادرة على إنتاج وتحمل تراكيز عالية من الكحول في بيئة التخمر وذات صفات ثابتة ويستخدم بشكل واسع النوع Saccharomyces cervisiae. ويبدأ تحضير البادىء بتلقيح انبوب اختبار يحتوي على ١٠ مل من المولت المعقم من المزرعة النقية للخميرة والمحفوظة على آغار المولت المائل وتحضن لفترة مناسبة على درجة حرارة ٢٥ – ٣٠°س ويستخدم الانبوب لتلقيح ٢٠٠ مل ومنها إلى ٤ ليتر من بادىء معقم وذلك داخل المعمل، ثم يلي إكثار البادىء في المصنع (٣٨ – ١٥١ ليتر ويحضر منها آلاف الليترات) وتنقل بعد التحضين من كل مرحلة إلى المرحلة التي تليها وحتى تصل إلى صهريج التخمر الأساسي، ويطلق على البادىء في المرحلة الأخيرة Dona مع مراعاة شروط التهوية عند إعداد البادىء.

٦- عملية التخمر الكحولي :

تبدأ صناعة الخل بإتمام عملية التخمر الكحولي بهدف تحويل المحلول السكري إلى كحول ايثيلي، ويستخدم عادة محلول سكري بتركيز ١٠ – ١٨% ويفضل أن يكون ١٢%، وتؤدي زيادة التركيز عن ذلك إلى تثبيط نمو الخميرة وتبقي جزءاً من

السكر دون تخمير، بينما يؤدي انخفاض التركيز إلى عدم اقتصادية العملية. وقد يلجأ بعض منتجي الخل إلى الاعتماد على ما تحمله ثمار الفاكهة من خلايا الخميرة لتحويل السكر إلى كحول دون إضافة بادىء نقي لهذا الغرض، وقد لا يصاحب نجاح لهذه الطريقة، ولهذا لا يمكن الاعتماد عليها ويجب إضافة بادىء نقي من الخميرة لإتمام عملية التخمر الكحولي ويضاف إلى بيئة التخمر المغذيات اللازمة لنشاط الخميرة المستخدمة مثل: الآزوت أو الفوسفور مع ضبط درجة حموضة المحلول إلى ٤ – ٤,٨ ويثبط في هذه الدرجة نشاط أنواع كثيرة من الجراثيم غير المرغوبة. ويلاحظ توافر كميات كبيرة من الأكسجين في المراحل الأولى من التخمر لتشجيع إكثار الخلايا. ونمنع بعد ذلك التهوية وتضبط درجة حرارة التخمر في حدود ٢٢ – ٢٧°س، ويحدث أثناء التخمر زيادة في درجة الحرارة، الأمر الذي يلزم استخدام ملفات للتبريد أو يرش الماء على السطح الخارجي لصهريج التخمر لكي نحافظ على درجة الحرارة المطلوبة، وأن لا ترتفع إلى درجة ٣٠°س لمنع تبخر الكحول ومنع التأثير المثبط لنشاط الخميرة، كما تساعد الحرارة المرتفعة على نشاط بكتريا حمض اللاكتيك وبكتريا الخل. وقد وجد أن تخمير ١ غرام من السكر يؤدي إلى انطلاق حرارة حوالي ١٢٠ كالوري، وكذلك تخمير ١ غرام من السكر لكل ١٠٠ مل عصير يزيد درجة الحرارة نظرياً بمقدار ١,٢ درجة مئوية، وتستمر عملية التخمر حتى يتم تخمير كل السكر في المحلول وتحويله إلى كحول.

٦-١: إضافة ثاني أكسيد الكبريت: دلت التجارب التي اجريت في هذا المجال على أن عملية التخمر الكحولي لإنتاج الخل غير كافية، ويعود ذلك لانخفاض كمية الكحول الناتجة وعدم اكتمال عملية التخمر. وتم التغلب على ذلك عن طريق إضافة كمية من ثاني أكسيد الكبريت أو أحد أملاحه قبل عملية التخمر كي يساعد على إتمام عملية التخمر بشكل جيد وزيادة كمية الكحول، وقد أدى ذلك إلى حدوث زيادة مقدارها ١% من الكحول ويضاف ثاني أكسيد الكبريت أو أحد أملاحه بحدود ١٢٥ مغ/كغ، وتساعد هذه المعاملة على إيقاف نمو الفطريات والخمائر المتوحشة وبكتريا الخل وبكتريا حمض اللاكتيك ويسرع من نمو ونشاط الخمائر المرغوبة، ويترك العصير أو الفاكهة المهشمة بعد إضافة ثاني أكسيد الكبريت أو أحد أملاحه لمدة

ساعتين قبل إضافة بادىء الخميرة لكي تسمح هذه الفترة بقتل والفطور (Paralze molds) والخمائر المتوحشة والبكتريا الضارة.

٦-٢: الشروط الصحية: لا بد أن يكون خزان التخمر نظيفاً قبل تعبئته بالعصير أو أي سائل للتخمر لتصنيع الخل، بالإضافة إلى غسيله بأي محلول من أملاح الصوديوم أو الكبريت للقضاء على جراثيم الفطر وبكتريا الخل والأحياء الدقيقة الأخرى غير المرغوبة مع مراعاة تنظيف جميع الأجهزة قبل وفي نهاية الاستخدام.

٦-٣: فصل السائل المتخمر: يحدث بعد إتمام عملية التخمر وتحويل السكر إلى كحول بواسطة الخميرة بشروط لا هوائية وترسيب الخميرة بالجاذبية الأرضية في قاع الخزان، ولا بد من فصلها بقدر الإمكان لأن هذا الراسب يتعرض للتحلل مؤدياً إلى إنتاج رائحة غير مرغوبة وظهور بكتريا اللاكتيك التي تتداخل مع تشكل حمض الخل أو الأكسدة الخلية. وتعرف عملية فصل السائل المتخمر عن الراسب باسم Racking وتتم عن طريق سحب المحلول باستخدام المضخات، ويكون الراسب المتبقي غنياً في الخميرة ويحتوي على كمية من المحلول الكحولي المناسبة لصناعة الخل، ويمكن الحصول على الخميرة عن طريق الترشيح من خلال مرشحات القماش باستخدام الضغط، وتتخلص معظم المعامل من هذا الراسب بما يحتويه من كحول.

٧- تخزين المحلول المتخمر:

تلجأ كثير من معامل الخل إلى تخزين العصير المتخمر في خزانات، الأمر الذي يؤدي إلى تعرضه للهواء، ويساعد هذا على نمو النيماتودا Wine flowers وانخفاض الكحول الناتج وتدهور جودة المحلول المتخمر، ولهذا لا بد من إجراء عملية الأكسدة الخلية مباشرة، ولا بد في حال ضرورة بقاء العصير المتخمر مدة من الزمن، أن يتم التخزين عن طريق ملء الخزان وإغلاقه جيداً لمنع وصول الهواء وبالتالي منع نمو النيماتودا أو تحميض المحلول بإضافة خل للوصول إلى تركيز ١% حمض خل على الأقل بالمحلول.

٨- عملية الأكسدة الخلية:

تبدأ عملية الأكسدة الخلية بعد الانتهاء من مرحلة التخمر الكحولي بإضافة بادىء معقم من الجراثيم التابعة لجنس Acetobacter مع مراعاة أن يكون تركيز

الكحول من ١٠ – ١٢%، ولا تساعد زيادة التركيز عن ذلك على أكسدة الكحول تماماً إلى حمض الخل، وإنما يتبقى نسبة من الكحول دون تأكسد، وفي حال انخفاض نسبة الكحول إلى ١ – ٢% فإن الخل الناتج يؤكسد أولاً بأول بواسطة بكتريا حمض الخل إلى ثاني أكسيد الكربون وماء ويقل لذلك تركيز الخل الناتج تبعاً للمعادلة التالية:

$$CH_3 - COOH + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$$

حمض الخل + أكسجين ← ثاني أكسيد الكربون + ماء

يجب أن يتم تحميض المحلول الكحولي لجعل البيئة غير ملائمة للأنواع غير المرغوبة من الجراثيم، وملائمة في نفس الوقت لنشاط بكتريا حمض الخل، وتتم هذه العملية بإضافة ١٠ – ٢٥% من الخل غير المبستر عادة، ولا بد من توفر الأكسجين للحد المطلوب، ولكن يلاحظ أن الزيادة من تركيز الأكسجين تشجع على استمرار عملية الأكسدة التي لا تقف عند إنتاج حمض الخل، ولكن تستمر حتى إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون وماء وبالتالي يفقد الحمض الناتج.

٩- طرائق التصنيع:

يتم تقسيم طرائق تصنيع الخل إلى طرائق بطيئة وأخرى سريعة ومقارنة بين الطريقتين:

- نجد عند الطرائق البطيئة أن السائل الكحولي لا يتحرك أثناء التحول إلى خل، ويلاحظ في حال الطريقة السريعة حركة السائل الكحولي الدائمة.
- يتم الاستفادة من عصائر الفواكه المتخمرة وغيرها عند الطرائق البطيئة بهدف إنتاج الخل بعكس الحال في الطرائق السريعة التي تستخدم المحاليل الكحولية لإنتاج الخل.
- يضاف لعصائر الفواكه أو مستخلصات المولت المستخدمة جراثيم حمض الخل بما تحتاجه من مواد غذائية، ولكن لا بد عند الطرائق السريعة من إضافة غذاء للجراثيم وهي مركبات عضوية وغير عضوية مثل اليوريا والأسبارجين والغلوكوز والنشاء وغيرها.

٩-١: الطرائق البطيئة (Slow methods): وتشمل التالي:

٩-١-١: الطريقة المنزلية (Let-alone): يترك عصير الفواكه (التفاح) لكي يتم فيه التخمر الكحولي والخلي ذاتياً بالاعتماد على الخميرة وجراثيم حمض الخل

الموجودة طبيعياً في العصير، وتترك البراميل مملوءة جزئياً بالعصير مع ترك السدادة مفتوحة حتى يتحول العصير إلى خل، ويتشكل على السطح غشاء من جراثيم الخل ويطلق عليه أسم أم الخل (mother of vinegar) التي تنمو على سطح السائل. ويلاحظ تشكل كمية قليلة من الخل في المنتج مقارنة مع كمية الكحول التي تشكلت بواسطة الخميرة وذلك بسبب غياب الأصناف أو الأنواع النشطة والتي لها المقدرة على إنتاج جراثيم الخل، وكذلك لأكسدة حمض الخل بواسطة الخل أو نتيجة نمو أنواع من الخمائر والفطريات على السطح وتعمل على القضاء على الكحول والحمض، أو وجود بعض الجراثيم غير المناسبة في السائل وتعطي طعماً غير مرغوب، ويلاحظ بشكل عام أن الناتج قليل وليس على درجة عالية من الجودة.

٩-١-٢: الطريقة الفرنسية (Orleans): طريقة مستمرة على الرغم من إجرائها في براميل بسعة ٢٠٠ ليتر ويركب على جانبها صنبور لسحب الخل مع وجود فتحة في الجانب العلوي مغطاة بشبكة سلك للتهوية. يملأ في هذه الطريقة حولي ثلث (١/٣) إلى ربع (١/٤) البرميل بخل جيد غير مبستر ويعتبر كبادىء ويساعد في نفس الوقت على تواجد الحموضة المطلوبة لمنع نمو الأحياء الدقيقة الأخرى غير المرغوبة. ويضاف السائل الكحولي الناتج من عملية التخمر الكحولي ويكمل به البرميل حتى المنتصف ويدخل الهواء من خلال الفتحة العلوية المغطاة بالسلك لإتمام الأكسدة الخلية. ويترك البرميل مدة ٣ أشهر ويبدأ بعدها الإنتاج المستمر فيسحب حوالي ربع الخل ويضاف مثل حجمه من السائل المتخمر، ويمكن بذلك سحب كمية مماثلة كل شهر فتصبح العملية مستمرة، ونحصل على خل مائدة جيد بهذه الطريقة ولكنها مكلفة وتحتاج إلى مدة طويلة.

٩-١-٣: الطريقة الفرنسية المعدلة (Pasteur or modified Frach process): المشكلة الرئيسية في إنتاج الخل بالطريقة السابقة حدوث انخفاض في نشاط جراثيم الخل أو في كمية الخل الخام المتشكل عند إضافة المحلول الكحولي الجديد في كل مرة من فتحة البرميل، وتم التغلب على هذه المشكلة بوضع إطار داخلي من سدابات خشبية (قاع كاذب) معلق يعمل كحامل لغشاء الخل الخام ، وتم تركيب قمع يصل

للقاع لإضافة المحلول الكحولي الجديد وتتم عملية إنتاج الخل كما في الطريقة السابقة.

٩-٢: الطرائق السريعة (Quick methods): يرتبط معدل إنتاج الخل أساساً بنسبة الأكسجين المتواجد مقارنة مع بقية المكونات المستخدمة في عملية الإنتاج وبطريقة أخرى حجم السطح المعرض للهواء، أي يؤدي زيادة السطح المعرض للهواء إلى زيادة كمية الخل الناتجة، وهذا هو الأساس في صناعة الخل باستخدام الطرائق السريعة ومنها:

٩-٢-١: طريقة المولد (Generator method): يتألف الجهاز من صهريج اسطواني بأحجام مختلفة وغالباً يصنع من الخشب، ويقسم من الداخل إلى ثلاثة أجزاء: الجزء العلوي لدخول المحلول الكحولي والجزء الأوسط وهو أكبر الأجزاء ويملأ برقائق خشبية (نشارة) أو قوالح ذرة أو فحم أو أي مواد مشابهة تعطي مساحة مسطح كبير لحمل جراثيم حمض الخل على اسطحها وبنفس الوقت لا تنقل مواد غير مرغوبة للخل الناتج. وتساعد هذه الرقائق على زيادة السطح المعرض والذي يغطى بالخل الخام، ويمر رذاذ السائل الكحولي من الجزء العلوي فوق طبقات الرقائق الخشبية المتراصة في الجزء الثاني بوجود الهواء وتتم عملية الأكسدة الخلية، ويوجد في نهاية هذا الجزء قاع كاذب يسمح بمرور الخل إلى الجزء الثالث الذي يعتبر أصغر الأجزاء ويتجمع فيه الخل ثم يعاد دورانه إلى الأعلى بواسطة مضخات وبذلك يزداد تركيز حمض الخل بعد عدة دورات في الصهريج، ويدخل الهواء عادة من خلال القاع الكاذب، ويتصاعد الهواء بسبب الدفء الناتج من الأكسدة ومن ثم يستمر في الحركة. ويجب مراعاة درجة الحرارة لكي لا تزيد عن ٨٥°س، ولا بد في البداية من تأمين الخل الخام على الرقائق الخشبية ويكون ذلك بإضافة خل جديد غير مبستر يضاف إليه قدر من السائل الكحولي المغذى عليها. ويمكن ضبط سرعة دوران المحلول المتخمر للتمكن من سحب الخل باستمرار.

٩-٢-٢: طريقة ماكين (Mackin method): يتم في هذه الطريقة تجهيز محلول كحولي مخفف يحتوي على المواد الغذائية اللازمة لنمو جراثيم حمض الخل، ويدفع

رذاذ من هذا الخليط من خلال ثقوب عمود رشاش قرب قمة حيز يسمح بسقوط الرذاذ على هيئة ضباب ويقابله الهواء، ويمرر بعدها إلى الجزء الثاني من الصهريج ويمرر بعدها إلى الجزء الثالث حيث يبرد ويعاد دفعه تحت ضغط مرة أخرى حتى يتم تحويله إلى خل.

٩-٢-٣: طريقة المولدات المغمورة (Dipping generators): يتألف الجهاز من صهريج بداخله قفص معبأ برقائق الخشب التي تعمل كحامل للخل الخام، والقفص قابل للحركة للأعلى وللأسفل عند غمره في الصهريج الممتلىء بالكحول، ويتخلله الهواء عند رفعه عن سطح السائل إلى الجو ، وهكذا تتم عملية الأكسدة ويتحول الكحول إلى خل.

١٠- ترويق وترشيح الخل:

يجب أن يكون الخل الجيد رائقاً وشفافاً لكي يجذب المستهلك، ويتم الحصول على ذلك بالترشيح أو بعملية Fining باستخدام إحدى المواد التالية: غراء السمك (Isinglas fish glue) والكازئين (Casein) والجيلاتين والتأنين (Gelatin and Tannin) وترابة البنتونيت (High grade bentonite clay). وتستخدم ترابة البنتونيت عن طريق الغمر لمدة أيام في الماء أو في الخل ثم يرج هذا المحلول للحصول على محلول يحتوي على ٥% من الطين. وتتم عملية ترويق الخل بإضافة حوالي ٥,٦٨ ليتر من المحلول السابق (٥%) مع ٣٧٨,٥ ليتر من الخل ويترك المحلول لمدة ١ – ٢ أسبوع لترسب المواد المسببه للعكارة ويسحب الخل الرائق بعد ذلك. ويعتبر غراء السمك من المواد القوية والنشطة للترويق، ويتم إذابته في ماء محمض بحمض الأزوت بكمية مكافئة لوزن الغراء ويضاف هذا المحلول إلى الخل مع الرج ويغلق البرميل لمدة ٧ – ١٠ أيام، ويسحب الخل الرائق بعد ذلك.

كما يستخدم الكازئين الذي يعتبر من المواد الممتازة للترويق ويباع على أساس كازئين ذواب في الماء أو على شكل كازئينات الصوديوم التي تذوب بسهولة في الماء الدافىء ويضاف إلى الخل مع الرج ويترك لترسيب المواد العالقة لمدة أسبوع ويغلق البرميل ويسحب الخل الرائق بعد ذلك.

ويمكن استخدام خليط من الجيلاتين مع التانين، ويذاب التانين أولاً في الخل ويخلط مباشرة معه، ويذاب الجيلاتين في ماء ساخن (٨٠٠ غرام لكل٣,٨ ليتر). وتستخدم كميات متساوية من التانين والجيلاتين (٤٠٠ – ٨٠٠ غرام لكل ٣٧٨,٥ ليتر خل) وتخلط هذه الكمية مع الخل وتترك للترسيب لمدة ٥ – ٧ أيام ويسحب الخل الرائق. ويستخدم في عملية الترشيح جهاز الترشيح ذو ألواح الأسبستوس تحت الضغط بإمرار الخل من خلال مرشحات الأسبستوس ونحصل على خل خال من المواد العالقة.

١١– بسترة الخل:

يمكن أن يحتوي الخل بعد إجراء عملية الترشيح على عكارة بسبب نمو جراثيم الخل، الأمر الذي يتطلب منع هذه الظاهرة عن طريق إجراء عملية بسترة للخل المرشح والذي اجرى له عملية ترويق. وتجري عملية البسترة على درجة حرارة ٦٠°س لمدة ٣ – ٥ ثوان. ويمكن إتمام عملية البسترة للخل المعبأ في العبوات عن طريق غمر العبوات في ماء ساخن على درجة حرارة ٦٠°س، أو إجراء بسترة سريعة عن طريق تسخين العبوات المملوءة.

١٢– تعبئة الخل:

يتم تسويق الخل في براميل خشب (يفضل خشب البلوط) عند الشحن الطويل أو يسوق أنقى أنواع الخل في زجاجات، ولا بد من التأكد من نظافتها من الفطريات وأن يكون رائقاً والعبوات مغلقة بشكل جيد ويمتاز بطعم ورائحة مرغوبة، ويستخدم غطاء من البلاستيك. ويفضل استخدام أنواع لا تتأثر بحمض الخل، ويضاف أحياناً كمية من SO_2 (١١٠ – ١٥٠ مغ/كغ) أو أي كمية من أملاحه المكافئة له قبل التعبئة في الزجاجات وذلك لمنع حدوث تعكير للخل في العبوة.

١٣– تعتيق الخل:

يتميز الخل الطازج المحضر بطريقة المولد بطعم ورائحة خشنة (Harsh)، وتعود هذه الظاهرة إلى زيادة كمية الكحول والاسيتالدهيد والأحماض المتشكلة. ويمكن التغلب على هذه الرائحة عن طريق وضع الخل في الصهاريج أو البراميل لمدة ٦ – ١٢ شهر، حيث تتلاشى الرائحة وتستبدل برائحة منعشة (البوكية –Bouquet). وتماثل

التغيرات التي تحدث خلال هذه الفترة لما يحدث عند تعتيق النبيذ، وتعود هذه التغيرات إلى الاتحاد بين الكحول الايثيلي مع حمض الخل والحصول على خلات الايثيل:

$$C_2H_5\text{-}OH + CH_3COOH \rightarrow CH_3CO_2C_2H_5 + H_2O$$

الكحول الايثيلي + حمض الخل ← خلات الايثيل + الماء

يحدث التعتيق في الطريقة البطيئة كما سبق ويصبح الخل جاهزاً للاستعمال بمجرد الانتهاء من إنتاج الخل، ويفضل إجراء هذه العملية في أوعية خشبية تملاء عن آخرها وهي أفضل من الأوعية الزجاجية مع أفضلية استخدام أوعية صغيرة عن الكبيرة.

١٤- عيوب الخل:

يتعرض الخل عند إنتاجه لكثير من العيوب والأمراض التي تؤثر على جودته وبالتالي تسويقه لدى المستهلك، ويمكن توضيح عيوب الخل كما يلي:

١٤-١: العيوب الناتجة من آثار المعادن (Vinegar haze): يؤدي وجود آثار من الحديد في العصير أو الخل بسبب تأثير الآلات المستخدمة إلى حدوث تعكير في الخل وتتشكل هذه العكارة نتيجة حدوث أكسدة لشوارد الحديدوز إلى شوارد الحديديك حيث يتفاعل الأخير مع التانين أو الفوسفات وأحياناً مع البروتينات مكوناً راسب يؤدي إلى حدوث تعكير في الخل مع تغير في لون الخل إلى اللون الغامق، ويمكن أن تسبب أيضاً عكارة ناتجة من أملاح القصدير والنحاس، ويتم التغلب على أملاح الحديد باستعمال آلات مصنوعة من الصلب غير القابل للصدأ.

١٤-٢: العيوب الناتجة من الحشرات وتشمل:

- **حشرة الدروسوفيلا (Drosophila):** حشرة صغيرة تنمو في أكوام تفل التفاح المتخمر أو الفاكهة الفاسدة وتنمو بسرعة حول المعامل وغير مرغوبة من الناحية النفسية للمستهلك وتؤثر على جودة الخل، وتعتبر من أهم الحشرات الموجودة في معامل الخل، ويمكن منعها عن طريق الالتزام بالشروط الصحية للمعامل والتخلص من الفضلات ودهان الجدران.

- **سوس الخل:** تدخل من فتحات التهوية في البراميل وتساعد الرطوبة والحرارة الدافئة على نشاط السوس وتؤثر على جودة الخل الناتج.

- **سمكة الخل (Vinegar eel):** تنمو سمكة الخل بسبب نمو جراثيم Anguillula aceti وهي عبارة عن ديدان النيماتودا وهي صغير جداً ويمكن رؤيتها بصعوبة بالعين المجردة، وتهاجم هذه الديدان غشاء بكتريا الخل وتتواجد في حال الإنتاج بالطرائق البطيئة وتتداخل في عملية إنتاج الخل وتعطي خلاً ردىء الجودة وهي ضارة بالنسبة للإنسان حتى مجرد وجودها سواء حية أو ميته، وتعتبر غير مرغوبة من الناحية النفسية للإنسان. ويمكن أن تتواجد هذه الجراثيم في مرحلة التخمر الكحولي قبل عملية إنتاج الخل وذلك بسبب استخدام فواكه أو عصائر فاسدة وهي جراثيم هوائية، ويبدأ في النمو في البراميل، ويمكن التخلص منه عن طريق البسترة على درجة حرارة حوالي ٥٥°س وتزال بسهولة بالترشيح.

١٥ – الأمراض:

تحدث أمراض بواسطة الأحياء الدقيقة ويعود ذلك لاستخدام مواد فاسدة أو التلوث خلال مراحل التصنيع وتشمل:

- أجناس Lactobacilleus and leuconostoc الموجودة في عصير الفواكه مسؤولة عن الطعم غير المرغوب في الخل الناتج مع الخمائر في مرحلة التخمر، كما يمكن أن تنتج بكتريا حمض البيوتيريك أحماضاً غير مرغوبة. ويمكن منع هذه التغيرات عن طريق إضافة SO_2 أو أحد أملاحه إلى العصائر، ويلزم أن يكون استخدامه بحذر شديد لأن هذه المواد ضارة أو مثبطة لنمو بكتريا الخل، والأفضل استخدام بيئة نقية من الخميرة.
- تشكل أغشية لزجة سميكة أثناء عملية الإنتاج وتؤدي إلى حدوث تحطيم لحمض الخل وبخاصة في حال الطرائق البطيئة. وتعتبر بكتريا جنس A.Xylinum مسؤولة عن حدوث هذه الأغشية، ويساعد استخدام البراميللمدة طويلة بدون تنظيف على تشكل هذه الأغشية، مما يؤدي إلى البطء في عملية إنتاج الخل، وتساعد أيضاً

على تحويل الكحول إلى ثاني أكسيد الكربون وماء ويقل بذلك إنتاج الخل، ويمكن التغلب على ذلك بتنظيف الأجهزة باستمرار.

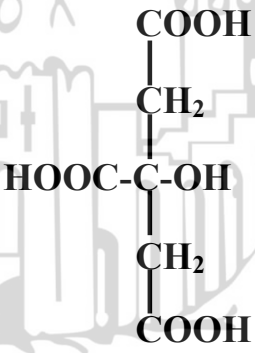
- نمو الميكودرما (Wine Flower): غشاء يوجد على سطح المحلول ويطلق عليه Mycoderma Vini وتتشكل من الخمائر وهي جراثيم هوائية وتؤكسد المركبات المحتوية على كربون إلى ثاني أكسيد الكربون وماء وتحدث تغيراً في الطعم ومحتوى الكحول. ويمكن منع نموها عن طريق إضافة ١ جزء خل إلى ٣ جزء كحول أو حفظ المحلول الكحولي في أوعية مغلقة بشكل جيد.

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

الفصل الرابع

أساسيات إنتاج حمض الليمون

١- المقدمة : تعتبر الحمضيات والأناناس من أشهر المصادر الطبيعية الحمض الليمون (السيتريك)، وتم فصل بلورات حمض السيتريك عام ١٧٨٤ وإمكانية إنتاج حمض السيتريك بالتخمير بواسطة بعض أنواع الفطر عام ١٨٩٣ وأدى إنشاء أول مصنع لإنتاج حمض السيتريك عام ١٩٢٣ إلى انخفاض السعر العالمي إلى الثلث. وينتج حمض الليمون بطريقتين رئيسيتين هما المزارع السطحية والمزارع المغمورة. وتنتشر طرائق المزارع السطحية (Surface-Culture Methods) بشكل أكبر.



٢- العوامل اللازمة لعملية إنتاج حمض الليمون:

٢-١: الفطر: هناك أنواع كثيرة من الفطور التي تستطيع أن تنتج حمض السيتريك، وتعتبر سلالات Aspergillus niger من أفضلها بسبب سهولة نمو الفطر وثبات صفاته وإنتاجه الجيد كمياً ونوعياً، ويتم تنقية سلالات الفطر المناسبة قبل إجراء عملية التخمر.

٢-٢: السكر: يمكن استخدام كافة أنواع السكريات وأفضلها السكروز النقي والغلوكوز، ويصعب استخدام مولاس الشمندر السكري أو القصب السكري لاحتوائه على بعض الأملاح المعدنية التي تثبط إنتاج حمض السيتريك، وتم التغلب على ذلك بتعديل تركيب المولاس بخلطه مع المحاليل السكرية النقية بنسب معينة أو معاملته بواسطة مبادلات كاتيونية (Cation Exchangers) أو بفروسيانيد البوتاسيوم بهدف

إزالة أو تخفيف الأثر السام لبعض العناصر المعدنية على إنتاج الفطر لحمض السيتريك، ويفضل أن يكون تركيز السكر في محلول التخمر ١٤ – ٢٠%.

٢-٣: الأملاح المعدنية: يحتاج الفطر بجانب مصادر الطاقة إلى عناصر الآزوت والبوتاسيوم والمغنزيوم والفوسفور والكبريت، ولهذا تضاف هذه العناصر إلى المحلول السكري على شكل أملاح مثل: نترات الأمونيوم (٠,١٦-٠,٣٢%) وفوسفات البوتاسيوم أحادية الهيدروجين (٠,٠٣-٠,١%) وكبريتات المغنزيوم (٠,٠١- ٠,٥%)، ويساعد زيادة أو انخفاض تراكيز هذه العناصر عن النسب المذكورة على انخفاض إنتاج حمض السيتريك أو على زيادة تثبط عمل الفطر، أو زيادة إنتاج حمض الأوكزاليك كناتج آخر للتخمر، وتختلف سلالات الفطر عادة في حاجتها وتأثرها بالأملاح.

٢-٤: درجة الحموضة (pH): يؤثر انخفاض درجة الحموضة (pH) على منع التلوث بالأحياء الدقيقة وانخفاض إنتاج حمض الأوكزاليك. وتعتبر درجة الحموضة بين ١,٦ – ٢,٢ هي الأفضل لإنتاج حمض السيتريك، ويفضل استعمال حمض كلور الماء في تعديل حموضة المحلول السكري.

٢-٥: نسبة السطح للحجم: يعتمد إنتاج حمض السيتريك على الإنزيمات الموجودة داخل الفطر، حيث يدخل السكر بالخاصية الأزموزية إلى ميسليوم الفطر ويتحول إلى حمض السيتريك الذي يخرج بالانتشار. ويجب أن يتناسب سطح محاليل التخمر (لأن الفطر هوائي) مع عمق أو حجم هذه المحاليل، ويتراوح عادة عمق المزارع السطحية بين ٢ – ٥ سم.

٢-٦: درجة الحرارة: تتراوح درجات الحرارة المثلى لإنتاج حمض السيتريك بين ٢٦ – ٢٨ °س ويزداد إنتاجه حتى ٢٨°س، ويؤدي زيادة درجة الحرارة عن ذلك إلى زيادة إنتاج حمض الأوكزاليك.

٢-٧: مدة التخمر: تستغرق مدة التخمر بين ٧ – ١٠ أيام بوجود شروط ملائمة، ويجب فصل حمض الليمون خلال بضعة أيام من نهاية التخمر منعاً لفقده. ويصفى المحلول في نهاية التخمر، وتضغط نموات الفطر لوحدها ويرسب حمض الليمون على شكل سيترات الكالسيوم التي تفصل وتعامل بحمض الكبريت ونحصل ثانية على حمض الليمون ويفصل الكالسيوم على شكل كبريتات الكالسيوم ويتبلور وتحسب نسبة حمض الليمون الناتج من كمية السكر المستخدمة، ويبلغ المردود عادة ٦٠% أو أكثر في بعض الأحيان.

الباب الرابع

أساسيات الصناعات الغذائية التحويلية

الفصل الأول

أساسيات تقانة صناعة السكر

١- المقدمة: يتم الحصول على السكر (السكروز) من القصب السكري أو من الشمندر (الشوندر) السكري الذي يعادل إنتاجه أكثر من نصف الإنتاج العالمي، مع أن إنتاج السكر من نفس المساحة المزروعة من القصب السكري يعطي ثلاثة أضعاف ما تعطيه نفس المساحة المزروعة بالشمندر السكري، بالإضافة إلى سهولة زراعة قصب السكر الذي يعتبر من المحاصيل المعمرة مقارنة مع الشمندر السكري الموسمي، وهذا يزيد من تكاليف إنتاج السكر المستخرج من الشمندر السكري ويزيد من سعر إنتاجه. ويمكن صناعة السكر من الشمندر السكري أو من قصب السكر أو بتكرير المواد الخام الأولية. وتتميز كل صناعة بآليات خاصة بها وتتحد مراحل التصنيع في المعمل بدءاً من مرحلة استخلاص العصير السكري. ويصنع السكر في القطر العربي السوري من الشمندر السكري أو يتم استراد المواد الخام (السكر الأحمر) وتكريره ،بالإضافة إلى زراعة كميات محدودة من قصب السكر في الساحل السوري.

وينتج الهكتار الواحد من الشمندر السكري ضعف ما تنتجه الوحدة الزراعية المزروعة بالبطاطا وخمسة أمثال ما تنتجه نفس الوحدة الزراعية المزروعة بالحبوب من الطاقة الحرارية وبالتالي القيمة الغذائية.

٢- زراعة الشمندر السكري:

يزرع الشمندر السكري في مواعيد متتالية (أربع عروات: صيفية وخريفية وشتوية وربعية) لكي تتم عملية الحصاد بمواعيد متتالية وبدون أن تتراكم كميات زائدة عن الطاقة التصنيعية اليومية، مما يعرض كميات كبيرة من الشمندر السكري

للتلف (نقص كمية السكر) ويسبب خسارة كبيرة في الإنتاج. وتعمل الدولة على تطوير وزيادة المساحات المزروعة من الشمندر السكري لكي تغطي النقص في هذه المادة.

٣- حصاد ونقل الشمندر السكري:

تتم عملية الحصاد بعد إرسال عينات من الشمندر إلى مخبر المعمل التابع لمنطقة زراعته لتقدير حلاوته للسماح للمزارع بالحصاد والتوريد إلى المعمل، وترتبط إنتاجية المعمل بكمية الأوساخ والشوائب والجذور والأعشاب التي تصاحب الشمندر السكري. وأدى دخول الحصاد الآلي إلى زيادة نسبة الأجرام والتي تصل في بعض الأحيان ٧٠%، وتصل كمية الأحجار من المعمل الواحد حوالي ألف طن في الموسم الواحد. ويفضل أن لا يخزن الشمندر السكري قبل تصنيعه بسبب شدة عمليات التنفس التي تفقده نسبة كبيرة من سكرياته، الأمر الذي يمنع انتظار الشاحنات أمام المعمل لكي تفرغ حمولتها للتصنيع، ويفضل التخلص من الأجرام والمجموعة الخضرية في الحقل وتجهيز أماكن مبردة للإقلال من عملية التنفس.

٤- استلام وتقدير حلاوة الشمندر السكري:

تشمل عملية استلام الشمندر السكري بوصول وسائل النقل (عربات أو جرارات أو سيارات شحن أو قاطرات وغيرها) على ميزان للحمولات العالية بجانب الباب الرئيسي للمعمل (٥٠ – ٦٠ طن). وتفرغ حمولات وسائل النقل وتؤخذ منها العينات من أماكن مختلفة بواسطة جهاز آلي قبل وصولها إلى الرافعة الأرضية لتفريغها ويدخل الجهاز ذراعه عشوائياً لأخذ عينة عشوائية ترسل لتقدير نسبة الأجرام والحلاوة ويسعر الشمندر على هذا الأساس. وتقدر نسبة الأوساخ بوزن عينة الشمندر قبل وبعد تنظيف وغسيل الشمندر بشكل جيد وتقشط الأوساخ بشكل ضعيف عند اللزوم، وتزال المجموعة الخضرية والجذر حتى قطر ١ سم^{٢} ويفرز الشوندر التالف والمصاب بأمراض فطرية وتحسب من الأجرام أيضاً. وتقدر نسبة الحلاوة بطريقتين: يهرس جزء من العينة النظيفة في الطريقة الأولى، ويخلط وزن معين منها مع خلات الرصاص القاعدية لترسيب الغرويات والبروتين والأحماض الأمينية والعضوية ويضاف الفحم الحيواني لإزالة اللون وتخلط بشكل جيد وترشح ويختبر الراشح بجهاز

الاستقطاب (Polarimeter) الذي يعطي مقدار انحراف الضوء المستقطب، ونحصل على تركيز السكر من جداول خاصة، وهناك أجهزة تعطي درجة الحلاوة بشكل مباشر. وتستخدم الطريقة الثانية اجهزة التحليل الكروماتوغرافي في تحليل عينة الشمندر التي تهرس وتنقى وتحقن ونحصل على نسبة السكر.

٥- تنظيف الشمندر وتقطيعه:

يفرغ الشمندر في أحواض التنظيف التي تكون على شكل قنوات الري متصلة مع بعضها عن طريق بوابات متحركة تسمح بنقل جذور الشمندر المجروفة من حوض إلى آخر. وتكون أحواض الغسيل الأولى ضيقة المجرى ويدفع فيها الشمندر بشكل كثيف كي تحتك الجذور مع بعضها البعض ونحصل على تنظيف تلقائي، وتكون مساحة الأحواض الأخيرة كبيرة لكي تستوعب الأحجار والرمال والطين وتبنى على شكل دائري مع خلاطات آليه وتحتوي على قاع شبكي لتساقط الأجرام التي لا تزال عالقة بالشمندر، وتفرغ مع ماء الغسيل مرة كل بضع دقائق وتبقى جذور الشمندر النظيفة فوق قاع الحوض الشبكي، وتنقل بعد ذلك على سيور متحركة لكي تتقطع. وحديثاً تغسل جذور الشمندر المحمولة على سيور متحركة يدفع عليها الماء من الأعلى بواسطة رشاشات بقوة ضغط عالية (٨ ضغط جوي)، وتكون السيور عادة مثقبة تسمح بخروج الأوساخ والأتربة، وغالباً ما تسد الثقوب بواسطة المجموعة الخضرية والحجارة الكبيرة، ويمكن تفادي ذلك بتسليط رشاشات من أسفل السيور بقوة ضغط عالية جداً (١٠ ضغط جوي) أقوى من الرشاشات العلوية لكي تدفع الجذور عن السيور المتحركة عدة سنتميرات، وتبدو الجذور وكأنها تسبح بحركة دورانية فوق السيور المتحركة نتيجة تأثير الضغط المائي على جذور الشمندر. أعطت هذه الطريقة نتائج تنظيف أفضل للشمندر مع استهلاك كمية أقل من المياه المستعملة في عملية التنظيف.

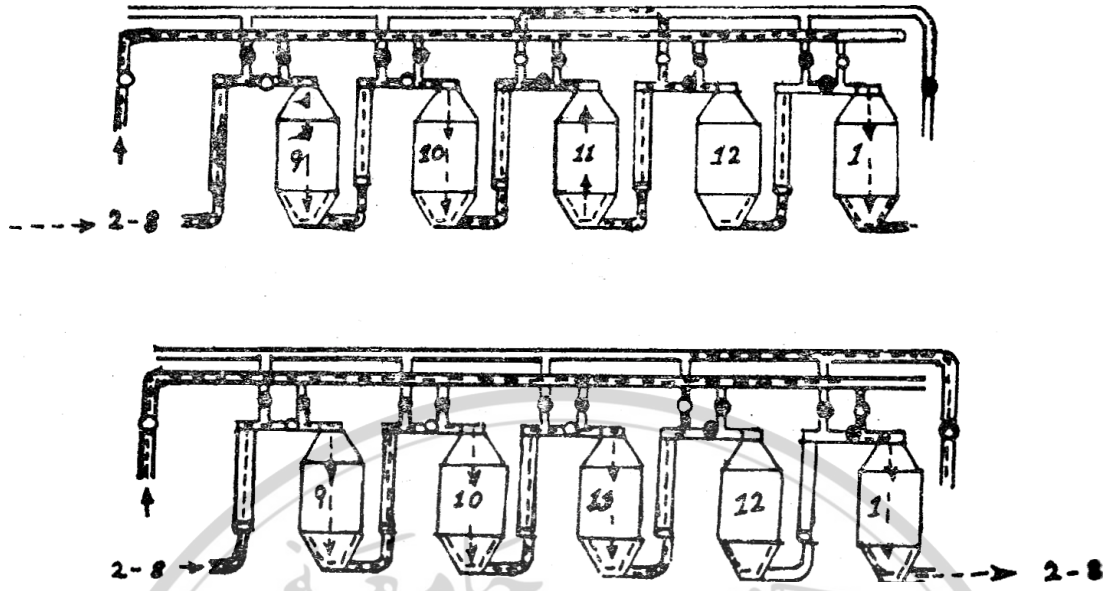
ينقل الشمندر النظيف آلياً في الطريقتين إلى حوض التقطيع المزود بأسفله بمجموعة من السكاكين الدوارة والموضوعة بشكل خاص تسمح بتقطيع الشمندر بأشكال خاص بحسب طريقة المصنع الخاصة (شرائح على شكل V أو تقطع بشكل

نصفي وأخرى بشكل كامل ولكنها رقيقة جداً) والغاية من هذه التقاطيع مساعدة انتشار السكر من خلال خلايا الشمندر السكري، وتساق الشرائح بواسطة سيور متحركة إلى ميزان آلي وتوزن قبل دخولها إلى جهاز الحلول والانتشار.

تنقل آذناب الشمندر بواسطة ناعورة وحلزون إلى الغسالة الخاصة به، وتنقل بواسطة مضخة إلى جهاز تقطيع الأذناب الذي يقطعها إلى شرائح بسماكة الواحدة ٠,٦٤ سم تقريباً، وتنقل شرائح الأذناب إلى شرائح الجذور قبل دخول الأخيرة جهاز الحلول والانتشار.

٦- استخلاص العصير السكري من الشرائح :

الطريقة الحديثة هو استخلاص السكر من شرائح الشمندر بواسطة طريقة الخلايا كطريقة مستمرة، وهي عبارة عن مجموعة من الخلايا بسعة ٥ طن لكل خلية، ويتراوح عددها ٨ – ١٦ خلية. وتزود كل خلية بقاع وغطاء متحركين، وتحتوي من الداخل على شبكة من السلاسل الفضفاضة لمنع تراكم الشرائح الزائدة في الخلية وتساعد على حركتها في الشبكة، ويوجد بين كل خليتين سخان للحفاظ على درجة حرارة الاستخلاص (الشكل رقم ١٣). وترتبط الخلايا مع بعض وتتحرك الشرائح فيها من خلية إلى أخرى، حيث يضخ الماء النقي الساخن باتجاه معاكس لسير الشرائح، ويدخل من الخلية الأخيرة ماراً بالشرائح التي تحتوي على نسبة أقل من السكر وهكذا حتى يدخل الماء في النهاية إلى الخلية الأولى وتكون نسبة السكر في الشرائح عالية نسبياً، وكلما أنتقل الماء من خلية إلى أخرى زاد تركيز السكر في الماء وتنخفض قدرته على انتزاع السكر من الشرائح ويخرج الماء (العصير السكري) من الخلية الأولى ونسبة السكر فيه حوالي ١٢ – ١٤% ويساق العصير السكري إلى أماكن تخزينه أو تنقيته (تكريره). بينما تسير الشرائح التي تحتوي على نسبة عالية من السكر بعكس تيار الماء من الخلية الأولى وتفقد السكر بالتدريج وحتى الخلية الأخيرة التي تحتوي على أقل من ٠,٥% من وزنها سكر، وتعالج الشرائح بعد ذلك.



الشكل (١٣) جهاز استخلاص العصير بواسطة الخلايا

٧- تحضير تفل الشمندر السكري:

تنتقل الشرائح (التفل) بواسطة ناقل حلزوني إلى مكابس أفقية لكي تتخلص من الجزء الأكبر من الماء، ويذهب التفل الجاف نسبياً إلى فرن التجفيف للتخلص من باقي الرطوبة بواسطة الهواء الساخن على درجة حرارة حوالي ٦٠°س، ويقلب التفل داخل الفرن باستمرار بواسطة خلاط للإسراع من عملية التجفيف، ويكون البخار الناتج مشبع بالرطوبة بدرجة حرارة ١٢٠°س، ويفقد التفل كل محتواه من الماء وينقل للتعبأة في أكياس، أو ينقل التفل بواسطة ناقل حلزوني من الفرن إلى ضواغط لكي تضغط إلى قوالب وتنقل إلى المستودع (يمكن استخدامها كعلف للحيوانات).

٨- تنقية العصير السكري :

نحصل من عملية الاستخلاص الشوندر على عصير بلون رمادي قاتم بدرجة pH منخفضة (٦ – ٦,٥) ويحتوي على حوالي ١٥% مادة جافة بنقاوة منخفضة (٨٥ – ٩٠%) بسبب وجود مواد غروية (بكتينات وديكسترينات وملونات ومركبات عضوية من أجزاء النباتات المتعفنة والوحل والرغوة والكائنات الحية)، والتي تترسب بواسطة أوكسيد الكالسيوم (CaO) الذي يتحول في المحلول السكري إلى ماءات الكالسيوم (CaOH) وغاز CO_2. وتعتبر عملية تنقية العصير السكري من أهم

المراحل في مصانع السكر. تتم عملية تنقية العصير السكري بواسطة CO_2 وCaO للتخلص من الشوائب التي تترسب من خلال عمليتي تكليس وعمليتي كربنه كالتالي:

٨-١: التكليس الأول:

يمر العصير بعد خروجه من جهاز الحلول والانتشار على سخان بهدف إسراع تفاعله مع الكلس، ويتجه العصير إلى ناعورة الكلس التي تدار بقوة العصير إلى خلاط إضافة الكلس الأول بدرجة حرارة حوالي ٨٦°س ويضاف الكلس (CaO) بكميات قليلة (٠,٢ – ٠,٧%) وحتى تصل درجة pH العصير حوالي ٨,٥، ويسخن عصير التكليس الأول إلى حوالي ٨٨°س.

٨-٢: التكليس الثاني:

يضاف المزيد من الكلس إلى العصير (CaO = 1-2%) وحتى الوصول بالعصير إلى درجة pH حوالي ١٢ (يتم إتمام تفاعل المواد اللاسكرية مع الكلس وتترسب)، ويسخن عصير التكليس الثاني إلى حوالي ٩٠°س.

٨-٣: الكربنه الأولى:

يتم إضافة غاز CO_2 حتى الوصول إلى الوصول إلى pH = 10,8 لترسيب الكلس وأملاحه الموجودة (القساوة)، ويتم في الكربنه الأولى فصل الوحل من خلال مصافي ونحصل على عصير نقي وراشح أكثر لزوجة. ويسخن عصير الكربنه الأولى إلى حوالي ٩٢°س.

٨-٤: الكربنه الثانية:

يتم إضافة المزيد من CO_2 إلى العصير للوصول إلى حوالي pH = 9 وترسيب ما تبقى من الكلس الزائد وأملاحه، ويصفى عصير الكربنه الثانية بحيث لا يبقى أي معلقات ناعمة تسبب ضرر لأجهزة التبخير، ونحصل على عصير بدرجة pH تتراوح بين ٨,٨ – ٩,٥ وقساوة منخفضة ونقاوة عالية ولون فاتح.

ويتفاعل في هذه المراحل غاز CO_2 مع CaO المطفأ على شكل $Ca(OH)_2$ والممزوجة مع العصير ويترسب على شكل $CaCO_3$:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

ونحصل بذلك على عصير خال من الشوائب ولكنه يحتوي على نسبة لا بأس بها من الكالسيوم (Ca) والتي تعيق العمليات اللاحقة، الأمر الذي يجب إزالتها بواسطة مبادل كاتيوني لاستبدال شوارد الكالسيوم مع شوارد الصوديوم. بعدها يمرر العصير الذي تبلغ حلاوته ١٠ – ١٢% على سخانات ومنها إلى قسم التبخير لتركيز السكر في العصير إلى ٥٥ – ٦٠%.

٩- الطبخ والتبلور :

يدخل العصير السكري إلى خزان الطبخ بواسطة جهاز التفريغ الموجود في أعلى الخزان، ويحرك العصير ويسخن ببخار الماء الذي يمر من خلال الجدران المزدوجة للخزان، وتزداد كثافة العصير حتى تصل إلى درجة معينة (حالة فوق الإشباع)، عندها تضاف نويات التبلور (عبارة عن كمية من السكر الناعم). ونحصل بعد الطبخ على كتل تحتوي على ٤٠ – ٥٠% من وزنها بلورات سكرية، وتدخل إلى أجهزة التبريد لخفض درجة حرارتها وتذهب إلى جهاز فصل شوائب السكر الأحمر، ويتألف خزان الفصل من باسطوانة بجدران مثقبة تدور بسرعة ١٠٠٠ – ١٢٠٠ دورة/دقيقة، ويتم تعريض الدفعة الواحدة (٥٠٠ – ٦٠٠ كغ) للقوة النابذة التي تدفع بكامل الكتلة نحو الأطراف وينفذ سائل العصير من خلال الثقوب وتعلق بلورات السكر على جدران الأسطوانة، وتزال طبقة السكر العالقة على الجدران بواسطة مقشط ، وينتقل السكر إلى حوض الخلط ويذاب بالماء حتى تصل نسبته ٥٨ – ٦٠% وتزال الشوائب العالقة به بواسطة منخل ناعم (منخل معدني ناعم) ويسخن ويمرر على مصافي شمعية خاصة بالعصير السكري المركز للتخلص من جميع الشوائب غير السكرية ويكون جاهز لإزالة اللون.

١٠- إزالة اللون :

يمرر العصير السكري المركز من خلال مصافي إزالة اللون التي تحتوي على مواد لنزع الشوارد حيث تنزع الشوارد الملونة وتعطي شوارد غير ملونة ويصبح لون العصير صافي تقريباً، وبعدها يذهب العصير المركز إلى خزان الطبخ بوجود المواد

المساعدة (ثيوكبريتات الصوديوم $Na_2S_2O_3$– والنيله) التي تعطي سكر بلون أبيض ناصع.

١١- المراحل التالية:

يتابع السكر مروره بالترتيب على الأجهزة التالية: هزاز السكر ونشافة السكر وغربال السكر وخزان السكر وجهاز تعبئة السكر بأكياس من الخام (٥٠ كغ/كيس) وآلة الخياطة وتنقل الأكياس آلياً إلى المستودع، وقد يعبأ السكر بعبوات ورقية تزن ١–٢كغ.

ويخزن المولاس لحين استخدامه في صناعة الكحول أو في صناعة حمض الليمون أو في صناعة السيلاج الذي يستخدم في تغذية الحيوانات وغيرها.

وتقوم صناعة التكرير عن طريق تكرير السكر الخام أو السكر الأحمر الناتج من الشمندر السكري أو من القصب السكري، ويختلف السكر الأحمر عن السكر الخام، ويتكون الأول من بلورات السكر غير النقية (نسبة السكروز ٩٦%) ومحاطة بطبقة رقيقة من العصير غير النقي والذي يكسبها اللون البني الداكن، ويتكون السكر الخام أيضاً من نواة من بلورات السكر بدرجة نقاوة أكبر (نسبة السكروز ٩٩%) ومحاطة بغشاء من العصير درجة نقاوته أكبر منه في طبقة السكر الأحمر.

UNIVERSITY OF ALEPPO

الفصل الثاني

أساسيات تقانة الزيوت والدهون

١ – المقدمة :

تمثل الزيوت النباتية (Vegetable Oils) المرتبة الأولى في الإنتاج العالمي ويليها الدهون الحيوانية (Animal Fats) وبعدها الزيوت البحرية (Marine Oils). تحتوي البذور الزيتية على زيوت سائلة في درجة حرارة الغرفة (ثمار الزيتون وبذور القطن وبذور فول الصويا وبذور دوار الشمس وبذور الذرة وبذور اللفت وبذور السمسم وغيرها)، وتحتوي الدهون الحيوانية وبعض الدهون النباتية على دهون صلبة في درجة حرارة الغرفة (السمن الحيواني الغنم والبقر ودهن الغنم والبقر وزبدة الكاكاو وزيت النخيل وزيت جوز الهند وغيرها). تتميز الزيوت النباتية عن الدهون الحيوانية في نوع الستيرولات المرافقة لكل منها، وتحتوي الزيوت النباتية على السايتوستيرول، بينما تحتوي الدهون الحيوانية على الكوليستيرول.

تتميز الزيوت البحرية (السمكية) بانخفاض ثباتها ومدة حفظها نتيجة احتوائها على كمية عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة، بالإضافة إلى النكهة السمكية المرافقة لها، ولهذا تستهلك على شكل زيوت مهدرجة. تتميز الزيوت والدهون الأخرى بنكهات متعلقة بها (زبدة المائدة وزبدة الكاكاو وزيت الزيتون وزيت القرع وغيرها)، وتتطلب الأخرى درجة ثبات جيدة (زيوت القلي).

تختلف الزيوت عن الدهون بحالتها، والزيوت سائلة على درجة حرارة الغرفة والدهون صلبة على درجة حرارة الغرفة، ويصاحب ذلك تغيراً في نسب الأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة، وهي عبارة عن أسترات الأحماض الدهنية مع الغليسرول وتعطي غليسريدات ثلاثية تختلف فيما بينها بنوع الأحماض الدهنية (طول السلسلة وعدد الروابط الزوجية ونوع التماكب ومكان توضع الحمض الدهني في الغليسريدات الثلاثية).

٢- مصادر الزيوت النباتية :

ويستخدم في العالم أكثر من ٢٠ نوع من البذور للحصول على الزيت، ويستخدم منها ١٢ نوع فقط لأهميتها الاقتصادية في معامل الزيوت، ويبين الجدول (١٥) ٩٥% من المواد الخام التي تنتج الزيوت في العالم. ويتطلب جودة المواد الخام بعض الشروط مثل: مراقبة جودة المواد الخام والجودة الحسية للمواد الخام (البذور الزيتية)، وسلامة وصلاحية المواد الخام، والجودة التكنولوجية والكيميائية للمواد الخام:

الجدول (١٥): المواد الخام لإنتاج الزيوت

مصدر الزيت	الجزء الحاوي على الزيت	كمية الزيت (%)
أهم البذور الزيتية والثمار المستخدمة في الصناعة للحصول على الزيت:		
الصويا	البذور	١٤ – ٢٥
النخيل	الجزء اللحمي للثمرة	٤٥ – ٥٠
نواة النخيل	نواة الثمرة	٤٥ – ٥٠
اللفت	البذور	٣٨ – ٤٥
دوار الشمس	البذور	٣٥ – ٧٠
الزيتون	الجزء اللحمي للثمرة	٢٣ – ٤٥
الذرة	الجنين	١٨ – ٥٠
الفستق السوداني	النواة	٥٠ – ٥٥
القطن	البذور	١٩ – ٢٢
جوز الهند	الجزء اللحمي للثمرة (الكوبرا)	٦٥ – ٧٠
السمسم	البذور	٥٠ – ٥٥
الكتان	البذور	٣٠ – ٤٥
المواد التي تستخدم بشكل أقل للحصول على الزيت :		
اللوز	النواة	٤٠ – ٦٠
الخردل	البذور	٢٥ – ٤٠

القنب	البذور	٣٠ – ٣٨
حبة البركة	البذور	٤٠ – ٥٥
الجوز	النواة	٥٥ – ٦٥
اليقطين	البذور	٣٣ – ٥٠
القرطم	البذور	٢٥ – ٣٠
القمح	الجنين	٥ – ١٢
العنب	النواة	١٢ – ٢٠
الفليفة	البذور	١٩ – ٢٩
جوجوبا (Jojoba)	البذور	٤٥ – ٦٠
الخروع	البذور	٥٠ – ٥٥

٣- الأحماض الدهنية :

يتم تحديد صفات الزيوت والدهون عن طريق الأحماض الدهنية المرتبطة مع الغليسرول، وتحدث أكثرية تفاعلات الزيوت والدهون داخل سلاسل الأحماض الدهنية أو مع مجموعة الكربوكسيل ويمثل الجزء الدهني للأحماض الدهنية أكثر من ٩٠% من الغليسريدات الثلاثية. وتحتوي الزيوت والدهون الطبيعية على أحماض دهنية مشبعة وأحماض دهنية غير مشبعة برابطة زوجية واحدة أو برابطتين زوجيتين ونادراً ما تحتوي على ثلاث روابط زوجية، بينما تحتوي زيوت السمك على أكثر من ثلاث روابط زوجية (٥-٦ روابط زوجية). وتحتوي الدهون الحيوانية وبعض الأحياء الدقيقة على أحماض دهنية ذات سلاسل غير متفرعة وعدد فردي وزوجي من ذرات الكربون. ويتراوح عدد ذرات الكربون في الزيوت والدهون النباتية والحيوانية بين ٤-٢٦، ويوجد بينهما مجموعات ميثيلينية على شكل زك زاك.

٣-١: الأحماض الدهنية المشبعة:

يبين الجدول رقم (١٦) أهم الأحماض الدهنية المشبعة:

الجدول (١٦): الأحماض الدهنية المشبعة

عدد ذرات الكربون	اسم الحمض	صيغة الحمض	الكتلة الجزيئية	درجة الانصهار(°س)
٤	الزبدة (Butyric)	$CH_3(CH_2)_2COOH$	٨٨,١١	٧,٩ –
٦	الكابرويك (Caproic)	$CH_3(CH_2)_4COOH$	١١٦,١٦	٤ –
٨	الكابريليك (Caprylic)	$CH_3(CH_2)_6COOH$	١٤٤,٢٢	١٦,٧
١٠	الكابريك (Capric)	$CH_3(CH_2)_8COOH$	١٧٢,٢٧	٣١,٣
١٢	اللوريك (Lauric)	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$	٢٠٠,٣٢	٤٣,٥
١٤	الميريستيك (Myristic)	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	٢٢٨,٣٨	٥٤,٤
١٦	البالميتيك (Palmitic)	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	٢٥٦,٤٣	٦٢,٨
١٨	الستياريك (Stearic)	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	٢٨٤,٤٩	٦٩,٦
٢٠	الأراكيديك (Arachidic)	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$	٣١٢,٥٤	٧٥,٤
٢٢	البهنيك (Behenic)	$CH_3(CH_2)_{20}COOH$	٣٤٠,٥٩	٧٩,٩
٢٤	الليغوسيريك	$CH_3(CH_2)_{22}COOH$	٣٦٨,٨	٨٤,٢
٢٦	السيروتينيك	$CH_3(CH_2)_{24}COOH$	٣٩٦,٧	٨٧,٧

٣-٢: الأحماض الدهنية أحادية الرابطة الزوجية:

تتواجد ضمن مجال واسع في الزيوت والدهون الطبيعية، وأهمها حمض الأولييك، ولا يكفي أعطاء عدد ذرات الكربون وعدد الروابط الزوجية كاف للدلالة على الحمض. ولا يفهم عند كتابة الحمض بالشكل C18:1 بأنه حمض الأولييك بالشكل سيس أو حمض الأليديك بالشكل ترانس أو حمض بتروسلينيك الذي يحتوي على الرابطة الزوجية في المكان Δ٦. ويبين الجدول رقم (١٧) أهم الأحماض الدهنية أحادية الرابطة الزوجية:

الجدول (١٧): أهم الأحماض الدهنية أحادية الرابطة الزوجية

عدد ذرات الكربون	اسم الحمض	صيغة الحمض	الكتلة الجزيئية	درجة الانصهار(°س)
١٦:١	بالميتوأولييك (Pamitoleic)	CH3(CH2)5CH=CH (CH)7COOH)	٢٥٤,٤	٠,٥
١٨:١	بتروسلينيك (Octadecenoic)	CH3(CH2)10CH=CH (CH2)4COOH)	٢٨٢,٥	٣٠
١٨:١	الأولييك Oleic),cis	CH3(CH2)7CH=CH (CH2)7COOH)	٢٨٢,٤٧	١٣
١٨:١	الاليديك Elaidic),trans	CH3(CH2)7CH=CH (CH2)7COOH)	٢٨٢,٤٧	٤٦,٥
٢٢:١	أورسيك ((Erucic	CH3(CH2)7CH=CH (CH2)11COOH)	٣٣٨,٥٨	٣٣,٥

٣-٣: الأحماض الدهنية متعددة الروابط الزوجية:

تحتوي الأحماض الدهنية غير المشبعة على رابطة زوجية واحدة أو أكثر وتكون بالشكل سيس (Cis)، ويفصل بين الروابط الزوجية مجموعات ميثيلينية – (CH_2-)، ويمكن أن تتواجد الرابطة الزوجية في أماكن مختلفة من الحمض الدهني غير المشبع. وتختلف الصفات الفيزيائية والكيميائية للزيوت والدهون بحسب نوع ومكان الحمض الدهني (مشبع أو غير مشبع).

تلعب الأحماض الدهنية متعددة الروابط الزوجية دور الأحماض الدهنية الضرورية اللازمة للإنسان والثدييات ولا يستطيع الجسم تصنيعها، ويلزم تناولها جاهزة من خلال الأطعمة وتملك امكانية أكبر لتشكيل مماكبات هندسية (ترانس)، ومماكبات موضعية، بالإضافة إلى تشكيل روابط متجاورة. وتحتوي الزيوت النباتية على رابطتين أو ثلاث روابط زوجية، بينما تحتوي زيوت الحيوانات البحرية على أكثر من ثلاث روابط زوجية. ويتواجد حمض اللينولييك واللينولينيك بكميات كبيرة في الزيوت النباتية، بينما يتواجد حمض الأراكيدونيك بكميات ضئيلة في الدهون الحيوانية، ويتواجد حمض كلوبانودويك (٥ روابط زوجية) في زيت السمك، وجميعها ضرورية ومهمة للجسم. ويبين الجدول (١١) أهم الأحماض الدهنية متعددة الروابط الزوجية. وهناك بعض الأحماض الدهنية المميزة للزيت مثل حمض ريسينولييك (حمض الخروع):

$$CH_3(CH_2)_4CH_2CH=CHOHCH=CH(CH_2)_7COOH$$

(Δ٩-هيدروكسيل ١٢)

يعد هذا الحمض مهماً ويتواجد في زيت الخروع بكميات تصل إلى حوالي ٩٠%، ويحتوي على رابطة زوجية واحدة في المكان ٩ ومجموعة هيدروكسيل واحدة في المكان ١٢ ويستخدم بشكل كبير في الصناعات الدوائية والكيميائية.

وتتواجد الأحماض الدهنية المتفرعة (مشبعة وغير المشبعة) في مصادر الدهون الطبيعية، مثال: تحتوي زبدة الحليب على كمية أقل من ١% من الأحماض الدهنية المتفرعة في بداية السلسلة وليس لها تأثير كبير على صفات الدهن.

توصي بعض الدول بتحديد كمية كل نوع من الأحماض الدهنية متعددة الروابط الزوجية، وأن تكون كميتها اليومية في الوجبة الغذائية:

- α- حمض اللينولينيك = ٠,٨-١,١ غرام.
- حمضي EPA و DHA مع بعض = ٠,٣-٠,٤ غرام.

الجدول (١٨): أهم الأحماض الدهنية متعددة الروابط الزوجية

عدد ذرات الكربون	اسم الحمض	صيغة الحمض	الكتلة الجزيئية	درجة الانصهار (ْس)
١٨:٢	اللينولييك (سيس،سيس١٢،٩) Linoleic	CH3(CH2)4CH=CHCH2 CH=CH(CH2)7COOH	٢٨٠,٤٤	ـ ٥,٢
١٨:٣	اللينولينيك (سيس،سيس،سس ـ ٩،١٢،١٥) Linolenic	CH3CH2CH=CHCH2 CH=CHCH2CH=CH CH2)7COOH)	٢٧٨,٤٢	ـ ١١
٢٠:٤	الأراكيدونيك (٥،٨،١١،١٤) Arachidonic	CH3(CH2)4CH=CH CH2CH=CHCH2 CH=CHCH2CH=CH CH2)3COOH)	٣٠٤,٤٦	ـ ٤٩,٥
٢٠:٥	ايكوسابنتويك (٥،٨،١١،١٤،١٧) Eicopentaenoic	CH3CH2CH=CHCH2 CH=CHCH2CH=CH CH2CH=CHCH2 CH=CH(CH2)3COOH	٣٠٢,٤٢	
٢٢:٥	كلوباتودويك (٤،٨،١٢،١٥،١٩) Clupanodonic	CH3CH2CH=CH(CH)2 CH=CHCH2CH=CH CH2)2CH=CH(CH2)2) CH=CH(CH2)2COOH	٣٢٨,٤٧	أقل من ـ ٧٨
٢٢:٦	دوكوساهكساتويك (٤,٧,١٠,١٣,١٦,١٩) Docasahexaenoic	CH3CH2CH=CHCH2 CH=CHCH2CH=CH CH2CH=CHCH2 CH=CHCH2CH=CH CH2)2COOH)	٣٢٨,٤٦	

٤- أكسدة الزيوت والدهون :

ينتج التزنخ الأكسيدي (Oxidative Rancidity) للزيوت والدهون عن طريق الأكسدة الذاتية والضوئية والمائية والحرارية، حيث يهاجم الأكسجين الروابط الزوجية في الأحماض الدهنية غير المشبعة ويعطي جذوراً حرة قادرة على تنشيط التفاعل بسرعة كبيرة، وتكون الجذور الحرة فعالة وتعمل على فصل ذرات الهيدروجين من

أحماض دهنية أخرى وبخاصة ذرات الهيدروجين الواقعة على المجموعة الميثيلينية (CH_2) الموجودة بين رابطتين زوجيتين في الحمض الدهني غير المشبع ونحصل على هيدروبيروكسيدات وجذور حرة جديدة التي تسرع من التفاعل السلسلي (Chain Reaction) الذي يصعب وقفه متى بدأ. وتتفكك الهيدروبيروكسيدات إلى مركبات الدهيدية وكيتونية وكحولات ذات روائح غير مستحبة وتكسب الدهن نكهة التزنخ المعروفة بالفساد. ولا يمكن أن تتم الأكسدة بدون توفر الهواء، وتلعب عوامل عدة على الاسراع من الأكسدة ومنها: ارتفاع درجة الحرارة والضوء وآثار الرطوبة والمعادن الثقيلة (الحديد والنحاس والنيكل وغيرها)، ويمكن تأخير فترة حدوث الأكسدة بتجنب العوامل المذكورة سابقاً أو بإضافة مضادات الأكسدة.

٤-١: الأكسدة الذاتية: ترتبط بداية الأكسدة الذاتية بظاهرة بدء تشكل الجذور الحرة (لا تكون هذه المرحلة مفهومة حتى الآن بسبب الافتراض السابق في التأثير المباشر للأوكسجين على جزيء الحمض الدهني وتشكل الجذور الحرة):

$$RH + O_2 \leftrightarrows R^{\bullet} + HOO^{\bullet}$$

وهذا غير مؤكد، لأن طاقة التنشيط حوالي ٣٠-٤٥ كيلوكالوري/مول، ويلعب الأوكسجين الدور الأساسي في بدء تشكل الجذور الحرة، ويساعد في ذلك العناصر المعدنية ودرجة الحرارة وتأثير الضوء والأشعة وغيرها. وتتم الأكسدة الذاتية من خلال ثلاث أطوار: طور التحريض وطور تشكل وتفكك الهيدروبيروكسيدات وطور البلمرة:

٤-١-١: طور التحريض (بداية تشكل الجذور الحرة): يهاجم أوكسجين الهواء الأحماض الدهنية غير المشبعة RH ونحصل على الجذور الحرة:

$$R-H \quad + \quad O_2 \longrightarrow R^{\bullet} \quad + \quad HOO^{\bullet}$$

وتعمل بعض المحرضات على تشكيل الجذور الحرة :

$$RH = R^{\bullet} + H^{\bullet} \text{ (بتأثير بعض المحرضات)}$$

٤-١-٢: طور التشكل والتفكك: يحدث عند تشكل وتفكك الهيدروبيروكسيدات عدة تفاعلات:

يتشكل من الجذور الحرة هيدروبيروكسيدات ROOH وبيروكسيدات الجذور الحرة $ROO^{\bullet}$ وذلك عن طريق ارتباط الأوكسجين O_2 مع جذور الأحماض الدهنية الحرة $R^{\bullet}$. وتعتبر الهيدروبيروكسيدات من نواتج الأكسدة الأساسية غير الثابتة وتتفكك بتأثير الحرارة وتعطي جذوراً حرة $ROO^{\bullet}, RO^{\bullet}$ وغيرها. ونحصل أيضاً على نواتج الأكسدة الثانوية من تفكك النواتج الأكسدة الأساسية وتشمل المركبات الكربونيلية الألدهيدية والكيتونية والأحماض الدهنية والكحولات وغيرها، وينتج عن ذلك رائحة تزنخ غير مستحبة للمواد الدهنية:

- **تشكل :**

$$R^{\bullet} + O_2 \longrightarrow ROO^{\bullet}$$
$$O^{\bullet} + RH \longrightarrow ROOH + R^{\bullet}$$

- **تفكك :**

$$ROOH \longrightarrow RO^{\bullet} + HO^{\bullet}$$
$$2ROOH \longrightarrow ROO^{\bullet} + RO^{\bullet} + H_2O$$
$$HO^{\bullet} + R-H \longrightarrow R^{\bullet} + H_2O$$
$$RO^{\bullet} + R-H \longrightarrow R^{\bullet} + ROH$$

٤-١-٣: طور البلمرة: يمكن في المرحلة الأخيرة (البلمرة) فقدان الجذور الحرة عن طريق ارتباط جذرين حرين من نواتج التفكك وتصبح غير فعالة بالشروط المعطاة. وتعتبر الجذور الحرة مركبات فعالة تهاجم سلاسل جديدة من الأحماض الدهنية وتشكل معها هيدروبيروكسيدات وجذوراً حرة. ويستمر تفاعل الأكسدة على شكل سلسلي حتى يحدث التفاعل بين نفس الجذور الحرة ونحصل على بوليمرات غير فعالة وثابتة وأكسجين حر، ويتوقف بذلك التفاعل:

$$RCOO^{\bullet} + RCOO^{\bullet} \longrightarrow \text{نواتج بدون جذور}$$
$$R^{\bullet} + R^{\bullet} \longrightarrow R-R$$
$$R^{\bullet} + ROO^{\bullet} \longrightarrow ROOR$$
$$ROO^{\bullet} + ROO^{\bullet} \longrightarrow ROOR + O_2$$

تمثل R-H حمض دهني غير مشبع وH مركب غير ثابت، وترتبط ذرة الهيدروجين مع ذرة الكربون في المكان α بالنسبة للرابطة الزوجية، ويتشكل من هذه

الأحماض جذور حرة ($R^{\bullet}$) ونحصل من الجذور الحرة على جذور البيروكسيد ($ROO^{\bullet}$) وعلى الهيدروبيروكسيدات (ROOH). ويستمر تشكل النواتج الثانوية (مرحلة تشكل وتفكك الهيدروبيروكسيدات)، ونحصل في النهاية على بوليمرات ثابتة وغير فعالة (بدون جذور حرة):

$$ROO^{\bullet} + ROO^{\bullet} \longrightarrow ROOR + O_2$$ نواتج بدون جذور حرة

٤-٢: التزنخ المائي (Hydrolytic Rancidity):

ينتج عن انفصال بعض الأحماض الدهنية على شكل حر من الغليسريدات الثلاثية، وتختلف روائح الأحماض الدهنية بحسب طول السلسلة، وتكون الأحماض الدهنية القصيرة سهلة الانفصال وتعطي رائحة غير مستحبة تشبه رائحة الصابون أو رائحة الماعز وبخاصة عند السمن العربي (غنم أو بقر) والزبدة وزيت جوز الهند. ويحدث التزنخ المائي بوجود آثار من الرطوبة ونشاط إنزيمات الليباز الموجودة بشكل طبيعي في الزيت أو الدهن أو نتيجة نشاط الأحياء الدقيقة (الجراثيم والفطور) التي تنتج هذه الإنزيمات، ويدل زيادة انفصال الأحماض الدهنية على رداءة مراحل التصنيع أو الحفظ. ويمكن التخلص من الأحماض الدهنية الحرة بواسطة بخار الماء من خلال عملية إزالة الرائحة. كما يؤدي ارتفاع الأحماض الدهنية الحرة في الزيت إلى انخفاض درجة التدخين، أي يدخن الزيت على درجة حرارة منخفضة أقل من درجة الحرارة المعتادة في القلي. ويمكن إيقاف أو خفض التزنخ المائي بنزع آثار الرطوبة من الدهن أو بقتل الإنزيمات والأحياء الدقيقة بالمعاملة الحرارية أو بإضافة المواد الحافظة (حمض البنزويك والسوربيك والبروبيونيك أو أملاحها بهدف منع نشاط الأحياء الدقيقة.

٥- استخراج واستخلاص الزيوت :

تخضع البذور الزيتية أثناء الحصاد والنقل وحتى التخزين إلى شروط تحدد فيها كمية الرطوبة وكمية الأجرام المسموح بها (الأجرام العضوية:أجزاء النباتات والأوراق وقطع الخشب والبذور الغريبة، والأجرام المعدنية: تراب ورمل وأحجار وأجزاء المعادن وغيرها)، وتتفاوت كمية الأجرام بمجال واسع وتكون كميتها كبيرة

في الحصاد الآلي وأقل في الحصاد اليدوي. ويتم أولاً إزالة الأجرام العضوية والمعدنية لأنها تحتوي على كمية أكبر من رطوبة البذور وتحتل طاقة تخزين أكبر وتكون عرضة عند التخزين لمهاجمة الحشرات، الأمر الذي يتطلب تنظيفها قبل عملية التجفيف والتخزين، ويستخدم في التنظيف مناخل وتيارات هواء ومغناطيس للقطع المعدنية. ونحصل على الزيت الخام بعد مراحل تحضيرالبذور (التنظيف من الأجرام الناعمة والخشنة والتقشير والهرس بواسطة الاسطوانات والطبخ والاستخراج بالعصر أو الاستخلاص بالمذيب). ولهذا تتعرض البذور الزيتية عندما يراد الحصول على الزيت الخام إلى مراحل عدة:

٥-١: استخراج الزيوت: تتعرض البذور والثمار الزيتية لعمليات تحضير لكي تعصر على البارد وتستهلك مباشرة أو تعصر مع معاملة حرارية ونحصل على زيت خام غير صالح للاستهلاك المباشر، ويخضع بعدها لمراحل التكرير لكي نحصل على زيت مكرر صالح للاستهلاك الغذائي البشري. ويتم استخراج زيت الزيتون على البارد بعد النضوج الفيزيولوجي للثمار بحسب الصنف ومنطقة الزراعة، وتغسل الثمار من آثار الأوساخ والمواد العالقة من الأتربة والمبيدات وغيرها. وتهرس الثمار بواسطة طواحين حجرية أو معدنية ويستخرج الزيت منها بالمكابس الهيدروليكية أو بالمعاصر الحديثة (ثنائية أو ثلاثية الطور)، حيث وتجمع الثمار المهروسة في المكابس الهيدروليكية وتوضع على شكل طبقات بسماكة حوالي ١٠سم وتعرض لضغط ٤٠٠ كغ/سم^{٢}، ويفصل الزيت بالترقيد. بينما تدخل الثمار المهروسة إلى جهاز فصل الزيت والماء عن تفل ثمار الزيتون (ديكانتر)، ويغسل الزيت بالماء الدافىء (حوالي ٣٠°س) لإزالة المواد المرة القابلة للذوبان بالماء، ويفصل الزيت عن الماء بواسطة جهاز الطرد المركزي ويعبأ، أو يرشح الزيت من آثار الماء وبعض المعلقات الناعمة ويعبأ في زجاجات عاتمة أو في عبوات من الصفيح أو البلاستيك. بينما يختلف الأمر عند استخراج الزيت من البذور الزيتية، وتختلف مراحل تحضير البذور الزيتية فيما بينها باختلاف صفاتها الفنية (شكل وحجم وكتلة البذور الحجمية والليترية وغيرها) ولهذا تختلف مراحل تحضيرها لعمليات العصر (نقل وتخزين وتنظيف وتقشير البذور وغيرها) بينما تكون مراحل التكرير

واحدة لجميع الزيوت الخام. كما توجد فروقات واضحة في تخزين ونقل المواد الأولية، لأن بعض أجزاء الثمار تكون لحمية (ثمار الزيتون وثمار النخيل وجوز الهند وغيرها) وحساسة مع الزمن، الأمر الذي يلزم تصنيعها بسرعة وبنفس مكان قطافها والحصول على الزيت بأسرع ما يمكن. ويتم تصنيع الدهون الحيوانية بشكل مواز لتصنيع اللحوم، ويتطلب الأمر أيضاً سرعة في تصنيع دهون الحليب بسبب احتواء الدهون دائماً على ٤-٩٠% ماء وتخزن الزبدة بالتجميد العميق عندما يراد لاحقاً تصنيعها. والعكس عند البذور الزيتية التي يمكن نقلها من أماكن بعيدة وتخزينها لمدة طويلة، ويمكن تصنيعها في مكان تواجدها أو في أماكن بعيدة. وعملياً يمكن استخراج الزيت الخام بالعصر أو استخلاص الزيت الخام بالمذيب والحصول على كسبة العصر أوكسبة المذيب.

٥-١-١: تنظيف البذور (Cleaning): يتشكل أثناء حصاد ونقل البذور كمية من الأجرام الناعمة والخشنة، ويعتمد ذلك على عدة عوامل ومنها موسم الزراعة والظروف المناخية وألة الحصاد والنقل وغيرها من العوامل الأمر الذي يلزم إزالتها لكي لا تعيق العمليات التكنولوجية كالتجفيف والهرس وغيرها ويتم إزالة القطع المعدنية بواسطة المغناطيس. وتزال بقية الأجرام على مبدأ تأثير التيار الهوائي واستخدام مناخل مختلفة لفصل الأجرام عن البذور ويستخدم الفرق بين كثافة البذور والأجرام في عملية التنظيف. ويتم التنظيف على مبدأ مرور البذور أولاً على منخل هزاز (للأمام والخلف أو للأعلى وللأسفل أو بشكل دوراني) وغالباً ما تستعمل معامل الزيوت مناخل تتحرك للأمام وللخلف وتحتوي على فتحات أكبر من حجم البذور لفصل الأجرام الخشنة عن البذور وعن الأجرام الناعمة وتنتقل البذور والأجرام الناعمة إلى منخل هزاز ثاني يحتوي على فتحات أصغر من البذور وتنفصل البذور التي تبقى على نفس المنخل وتمر الأجرام الناعمة إلى أسفل المنخل وتبقى البذور على المنخل. ويستخدم أيضاً التنظيف بالشفط بالتيار الهوائي (مبدأ الفرق في كثافة البذور) في فصل الأجرام بحيث تضبط قوة شفط الأجرام بالهواء. وتنخفض قوة شفط الأجرام بزيادة سرعة تيار الهواء عن القيمة المثلى ويتم الفصل على مراحل، حيث يتم في المرحلة الأولى فصل الأجرام فقط بدون حمل البذور

وتخرج في المرحلة الثانية البذور مع كمية قليلة من الأجرام التي تعاد ثانية لعملية فصل جديد.

٥-١-٢: إزالة الزغب (الحلاقة) (Delinting): هذه العملية لبذور القطن فقط، حيث تخضع البذور التي تأتي من المحالج إلى عملية إزالة الزغب (اللنت) بواسطة حلاقات خاصة (حلاقة أولى وثانية) تستخدم المناشير الحادة في إزالة اللنت.

٥-١-٣- تقشير البذور(Decortication or Dehulling): تختلف المواد والبذور الزيتية اختلافاً كبيراً فيما بينها وبخاصة عند تقشيرها، وهناك اختلاف كبير في كمية القشور عند البذور الزيتية وحتى في النوع الواحد من البذور، ولا تكون طريقة التقشير واحدة (الجدول رقم ١٩). وهناك عدة طرائق للتقشير، وتعمل على تكسير البذور بواسطة أسطوانات معدنية خاصة وتفصل بعدها القشور بواسطة مناخل مزودة بتيار هوائي (بذور القطن) أو تفصل القشور عن اللب بواسطة محلول ملحي مناسب التركيز (بذور السمسم). وتتطلب جودة الكسبة العالية وجود كمية قليلة من القشور للحصول على كمية أكبر من البروتين:

الجدول (١٩): كمية القشور في البذور الزيتية

الصويا	٧ %	**السمسم**	٨ %
القطن	٣١ %	**الكوبرا**	١ %
دوار الشمس	٣٠ %	**نواة النخيل**	٥٥ %
الفستق السوداني	٤٧ %	**القرطم**	٤٨ %
اللفت	٥ %	**جوز الباباس**	٦٨ %

تحتوي قشور البذورعلى كمية قليلة جداً من الليبيدات وتتكون بالأساس من مواد سيللوزية وهيمي سيللوز. ويتم الحصول على الزيت من مصادر مختلفة من المواد الخام وتختلف كمية القشور في البذور بدرجة كبيرة، مثال: تحتوي بذور اللفت على حوالي ٥% من القشور بينما تحتوي الأنواع المختلفة من الجوز على أكثر من ٦٠% قشور. وتختلف صفات القشور أيضاً بشكل واضح، الأمر الذي يتطلب أجهزة خاصة للتقشير، ويتطلب كل نوع من البذور تصميم معين، أي جهاز تقشير خاص (قشارة)

بالاعتماد على شكل وإبعاد البذور، أي تتعلق بصفات القشور وهذا يعود لصنف البذور، وتساعد عملية تدريج البذور في عمليات التجفيف والتقشير والطحن وغيرها.

٥-١-٤: إزالة الجنين (Degermination): هذه العملية خاصة للحبوب التي يستخرج الزيت من جنينها مثل الذرة والقمح، الأمر الذي يتطلب فصل الجنين عن الأندوسبرم الذي يحتوي على النشاء ولكي تسهل عملية استخراج كل كمية الزيت وعدم الاضرار ببقية الحبة التي تملك قيمة اقتصادية عالية. ويتم فصل الجنين عن الحبة بالطريقة الرطبة أو الجافة، وتستخدم الطريقة الجافة عندما يراد الحصول على طحين (دقيق) من الجزء النشوي، حيث ترطب الحبوب بالماء حتى تصل إلى درجة رطوبة معينة (٢١%)، وتمرر بين مخروطين دوارين يفككان الأغلفة والجنين عن الأندوسبرم، ويجفف الناتج قليلاً وتفصل الأغلفة بتيارات هوائية، ويمرر الناتج بعد ذلك بين أسطوانات تشبه أسطوانات الطحن، ويتم تنعيم الأندوسبرم ويسهل بذلك فصل الجنين بالغربلة. بينما تستعمل الطريقة الرطبة عندما الحصول على النشاء، بطحنها في آلات خاصة وتغسل في أحواض كبيرة يطفو الجنين فيها وينفصل بسبب احتوائه على الزيت، بينما يرسب الجزء النشوي في أسفل الحوض ويذهب لتصنيع النشاء.

٥-١-٥: هرس (طحن) البذور (Milling): تهرس البذور وتحول إلى عجينة لكي يسهل خروج الزيت منها، وتدعى خلايا البذور الزيتية باسم بروتوبلازما الزيت التي تملك بنية المواد الهلامية التي ترتبط مع البروتينات والدهون بقوى داخلية. ويلزم عند تحرير الزيت من النظام الثابت تخريب التوازن الطبيعي في بروتوبلازما الزيت بالطريقة الميكانيكية (الهرس) أو بتأثير الحرارة (التسخين) أو بالطريقة الكيميائية (الترطيب). ويعتبر الهرس من الأمور المهمة عند يراد فصل الزيت من البذور بشكل جيد بالعصر، ولا تكون عملية الهرس هذه ضرورية لجميع أنواع البذور الخام ويمكن طحن البذور كاملة مع القشور أو طحن اللب فقط. وتعمل عملية الهرس على تخريب الخلايا بهدف فصل الزيت بسهولة ونحصل أيضاً بالهرس على تجانس متساو لحبيبات البذور ويؤثر ذلك على فعالية العصر، ولا تكون أبعاد البذور واحدة عند جميع أجزاء البذور الزيتية. وتستخدم مطاحن الأقراص في طحن البذور أو الثمار الزيتية، ويستخدم في الطحن الخشن الأقراص المختلفة أو اسطوانات الطحن.

كما يؤدي الهرس إلى تحطيم جدران الخلايا الحاوية على أعداد كبيرة من قطرات الزيت المجهرية (الميكرونية). ويساعد التحطيم على زيادة مساحة أسطح الحبيبات وتصبح كفاءة الاستخراج عالية وتنخفض نسبة الزيت في الكسبة. وكلما كان تحطيم الخلايا أكبر كلما كان استخراج الزيت أفضل، ويتناسب ذلك عكساً مع سماكة الرقائق. وتتكون أجهزة هرس البذور (بذور القطن والكتان والفستق السوداني وغيرها) من خمس اسطوانات موضوعة فوق بعضها البعض (قطر الأسطوانة العليا ٣٥,٥ سم وطولها ١٢١,٩سم وقطر الأسطوانة السفلى ٤٠,٦٤ سم). وتوضع البذور الزيتية على الأسطوانة العليا، وتمر نتيجة الدوران بين الاسطوانات أربع مرات، وتتعرض إلى ضغط يزداد كلما اتجهنا إلى الأسفل. وتكون الأسطوانة العليا خشنة لضمان سهولة حركة البذور بينما تكون أسطح الأسطوانات السفلية ملساء لكي تضغط البذور وتحولها إلى رقائق. وتصل سماكة الرقائق عند بذور دوار الشمس ٠,٠١٢٧- ٠,٠٢٣ سم، ويسهل ذلك انسياب الزيت بسهولة من خلال الرقائق ونحصل على نسبة عالية من الزيت.

٥-١-٦: المعاملة الحرارية الرطبة (الطبخ)(Cooking): تعتبر المعاملة الحرارة الرطبة من العمليات المعقدة التي تحدث تغيرات هامة في البذور وتسهل فصل الزيت بشكل أفضل أثناء العصر وتعمل على: تخثر (تجميع) البروتين وترسيب الفوسفوليبيدات وانسياب الزيت المستحلب من الخلايا، وانفجار الغشاء الخلوي وانخفاض لزوجة الزيت، وانخفاض التوتر السطحي بين الزيت وأجزاء اللب الصلبة، الأمر الذي يساعد على خروج وانسياب الزيت بشكل أفضل. كما تساعد المعاملة الحرارية في القضاء على الأحياء الدقيقة وزيادة لدانة البذور وتثبيط الانزيمات الحساسة حرارياً وبخاصة أنزيم الليباز. والتخلص من الآثار السمية الموجودة في بعض البذور الزيتية مثل الغوسيبول (Gossypol) الموجود في بذور القطن (يتم التخلص من سمية الغوسيبول عن طريق ترطيب البذور أثناء لمعاملة الحرارية إلى ١٤,٥% كحد أدنى وتسخينها إلى ١١٥°س كحد أدنى ولمدة ٩٠ دقيقة)، والتخلص من سمية الأورباز الموجود في بذور فول الصويا وهو مثبط أنزيم التريبسين (Trypsin Inhibitor) والصابونينات (Saponins) بالمعاملة الحرارية،

بالإضافة إلى الخواص الحسية للزيت المعرض للحرارة الرطبة التي تعطيه طعم ورائحة الزيت المقلي. ويلزم عند بعض أنواع البذور فصل القشور عن اللب بشكل جيد (مثال: تعطي بذور القرع المحمصة مع القشور طعماً رديئاً جداً للزيت). كما تغير المعاملة الحرارية من لدانة البذور التي تفصل بواسطة المعاصر الهيدروليكية أو بالمعاصر الحلزونية. تتم عملية الطبخ بواسطة طباخات عمودية أو طباخات أفقية والمهم مراقبة حركة المواد ضمن الطباخات لفترة زمنية محددة وتسخين متجانس. ويتم في الطبخ إزالة الجزء الزائد من الرطوبة ويفضل أن تكون نسبة الرطوبة ٣ – ٦% في حال الاستخراج بالضغط، وأقل من ٢% في حال الاستخلاص بالمذيبات لأن زيادة الرطوبة تعوق استخلاص الزيت. يتكون وعاء الطباخ من اسطوانات عمودية تحتوي على عدة طبقات، وتدخل المواد إلى الطبقة الأولى التي تحتوي على سطح تسخين مزدوج وترتبط الطبقات فيما بينها بفتحات موجودة في أسفل كل طبقة ويتم مجانسة المواد بالتحريك بواسطة محور مركزي عمودي يحرك المواد في كل الطبقات. وتمكث المواد فترة زمنية محددة في كل طبقة وتغادرها إلى الطبقة التي تليها. يتم أولاً تسخين المواد بعد ترطيبها بالكمية اللازمة من الماء (تضاف على شكل بخار ماء) ويستمر التسخين والتجفيف بنفس الوقت وتبرد إلى درجة حرارة الاستخراج. وتتكون الطباخات الأفقية من حجرات أفقية عديدة وتذهب المواد من حجرة تلو الأخرى ولها محور أفقي مع خلاط وسطح تسخين. وتدخل المواد إلى الاسطوانة باستخدام الناقل الحلزوني وتذهب المواد إلى الحجرة التالية عن طريق ناقل حلزوني إلى آخر حجرة في السلسلة. وتدخل المواد وترش خلال مرورها إلى الحجرة الأولى بالماء أو ببخار الماء، ويرتبط كل جزء من الطباخ بمأخذ مركزي لخروج بخار الماء الناتج عن التجفيف.

٥-١-٧: استخراج الزيت الخام بالعصر أو الضغط (Pressing or Expelling): تتم عملية عصر البذور المحضرة بالطريقة الميكانيكية فقط أي باستخدام الضغط في فصل الزيت ويمكن أن يتم الضغط (العصر) بالمعاصر الهيدروليكية أو بالمعاصر الحلزونية. وتستخدم اليوم المعاصر الحلزونية بشكل واسع بينما تستخدم المعاصر الهيدروليكية والمعاصر الحديثة ثنائية وثلاثية الطور في استخراج زيت الزيتون.

وتستخدم المعاصر الحلزونية كطريقة عصر مستمرة حيث تتعرض البذور أولاً إلى العصر التمهيدي الذي يفصل فقط جزءاً من الزيت (يبقى في الكسبة حوالي ١٥-٢٠%زيت) وهذا في حال ذهاب الكسبة المعصورة بعد ذلك إلى الاستخلاص بالمذيبات، أو تتعرض البذور إلى العصر النهائي عندما يراد فصل الزيت بشكل كامل تقريباً ويبقى في الكسبة حوالي ٥% زيت.

تعمل المعاصر الحلزونية بشكل مستمر وتتكون في الأساس من نواقل حلزونية بحجوم مختلفة بحسب طول المعصرة وتتغير بحسب نوع البذور. ويتغير الضغط ويتزايد بالتدريج على طول المعصرة ويصل إلى ٢ طن/سم^{٢}، وينخفض الضغط نتيجة خروج الكسبة ونحصل على الزيت الخام. وتتألف عناصر المعصرة من محور حلزوني يحتوي على عدة أصابع بأحجام مختلفة ويحيط به صندوق ويعلوه آلة لإملاء وتغذية المعصرة بالبذور المهروسة والمعاملة حرارياً وآلة لتنظيم سماكة الكسبة. ويتواجد الحلزون على محور المعصرة على شكل أصابع حيث يتم نزعها واستبدالها بحسب الطلب، ويدفع الحلزون البذور بالتدريج ضمن الفراغ الواسع المغلق إلى الفراغ الضيق ويسبب ذلك ضغط على المواد، ويزداد بذلك الضغط الذي يؤدي إلى خروج الزيت. ويمكن تنظيم سماكة الكسبة في المعصرة بالاعتماد على تركيب مخرج المخروط الحلزوني، وينظم الضغط في المعصرة من خلال السماكات المختلفة للكسبة. ويصل مردود الزيت في المعصرة الحلزونية حوالي ٥٠-٦٠% في البداية ويصل في نهاية الضغط إلى ٨٠-٩٠% ويسبب ذلك احتكاكاً كبيراً بين البذور والمعصرة، وينتج عن ذلك ارتفاع في درجة الحرارة. ويمكن أن يسبب الاحتكاك العالي زيادة في درجة حرارة البذور التي تصل إلى ١٧٠°س، وعادة تكون درجة الحرارة في بداية الضغط في المعامل ذات الطاقة الكبيرة حوالي ١٠٠°س. وتلعب درجة حرارة الزيت الخارج من المعصرة دوراً مهماً للغاية وبخاصة عند إنتاج الزيت المعصور على الباردويلزم أن لا تزيد الحرارة أثناء عصر البذور الزيتية عن ٥٠°س، ويتطلب الحصول على درجة الحرارة المذكورة أن يكون العصر بشروط بسيطة، أي تحت ضغط منخفض وتكون بذلك كمية الزيت المتبقي في الكسبة كبيرة ومردود الزيت أقل. تلعب كمية الماء في المواد أثناء المعاملة حرارياً دوراً مهماً في كمية الزيت المتبقية في الكسبة

أي تؤثر على عملية العصر، وأفضل كمية للماء في المعاصر الحلزونية حوالي ٢-٤%، والرطوبة المثلى للبذور في المعاصر الحلزونية حوالي ٣-٦%، كما يؤدي تجفيف المواد الداخلة للعصر أكثر من اللازم (رطوبة أقل من ٢,٥%) إلى زيادة كمية الزيت في الكسبة لأنها تخسر لدانتها.

٥-٢: استخلاص الزيت الخام بالمذيبات (Solvent Extraction): تستخدم عملية الاستخلاص دائماً في الحالات التي يلزم أن لا تتجاوز كمية الزيت في كسبة الاستخلاص أكثر من ٢%، وتكون عملية الاستخراج بالعصر مناسبة للبذور الغنية بالزيت من الناحية الاقتصادية، بينما تكون عملية الاستخلاص بالمذيبات مناسبة أكثر للبذور الفقيرة بالزيت (أكثر من ١٠% زيت) أي تستخدم عندما تكون كمية الزيت في الكسبة منخفضة أو تتعرض البذور في البداية إلى عملية عصر بسيطة، الأمر الذي يبقي كمية عالية من الزيت في كسبة العصر(حوالي ١٥-٢٠%) ويستخلص بعدها ما تبقى من الزيت بالمذيبات. وتخضع البذور الفقيرة بالزيت مثل بذور الصويا إلى عملية الاستخلاص فقط بدون أن تخضع إلى عملية الاستخراج بالعصر. بينما تخضع البذور الغنية بالزيت إلى عملية الاستخراج بالعصر البسيط بالإضافة إلى عملية الاستخلاص بالمذيب ونحصل في النهاية على كسبة تحتوي على أقل من ١% زيت. ويجب أن تتوفر في المذيب بعض الشروط مثل: غير قابل للاشتعال وغير ضار للعمال عند استنشاقه، وأن يكون خاملاً ولا يتفاعل مع الزيت ولا يتحلل بالحرارة ومن المركبات الهيدروكربونية المشبعة، ولا يذوب بالماء وأن تختلف كثافته عن الماء، وأن تكون حرارته الكامنة للتبخير صغيرة لكي لا يحتاج إلى كمية كبيرة من الحرارة لتقطيره، وأن يتكون من مركب كيميائي واحد ويملك درجة غليان محددة لكي يتم فصله بسهولة بالتقطير، وأن لا تكون له آثار سامة في الزيت. ولا ينطبق على أي مذيب هذه الصفات، ويفضل استخدام إثير البترول والهكسان والبنزين وبعض مخاليط من الهيدروكربونات، ويستخدم الهكسان بشكل كبير مع قابليته الشديدة للاشتعال. ويتم استخلاص الزيت من البذور بطريقة الدفعات أو بالطريقة المستمرة وأهمها جهاز بولمان والدوراني. وتعمل هذه الأجهزة على استخلاص الزيت من البذور المهروسة، ونحصل من الكسبة الغنية بالزيت على مذيب غني بالزيت

(ميسللا)، وتغسل بعدها الكسبة الفقيرة بالزيت بواسطة مذيب نقي، ونحصل على كسبة تحتوي على أقل من ١% زيت. وتذهب الميسللا (زيت + مذيب) للتقطير وفصل الزيت عن المذيب الذي يستخدم ثانية في الاستخلاص، ونحصل على زيت خام.

٦- تكرير (تنقية) الزيت الخام :

٦-١: مرحلة إزالة الصموغ (Degumming or Setting): يحتوي الزيت الخام على مواد بروتينية وكربوهيدراتية معقدة وأجزاء من البذور المهروسة وتشكل رواسب غروية كالوحل وتفصل بالترسيب أو بالطرد المركزي أو بمعاملة الزيت الخام بالبخار المباشر. وتهدف مرحلة إزالة الصموغ إلى فصل الفوسفاتيدات أولاً وغيرها من المواد غير القابلة للتصبن من الزيت ولا تنخفض حموضة الزيت في هذه المرحلة. وتتواجد الفوسفاتيدات في بذورالصويا مثلاً على شكل مشحون في المذيب اللاقطبي بأبعاد حوالي ١٨-٢٠٠ نانومتر، أي تكون أكبر بكثير من جزيء الغليسريد الثلاثي (١,٥ نانومتر) ولهذا يمكن فصل الفوسفاتيدات من الزيت باستخدام غشاء الترشيح فوق العالي بالإضافة إلى إمكانية جذب جزيئات المعادن المشحونة والسكريات الحرة. وتحتوي الفوسفاتيدات على أملاح الكالسيوم والمغنزيوم التي تتحلمأ بواسطة الماء وتختلف فيما بينها بسرعة حلمأتها.

٦-٢: مرحلة التكرير (التنقية)(Refining): الأساس من هذه العملية تعديل (Neutralization) الأحماض الدهنية الموجودة على شكل حر في الزيت بواسطة ماءآت الصوديوم (Caustic Soda)، ويتم فصل الأحماض الدهنية بطريقة الدفعات التي يتم فيها خلط الزيت مع القلوي بتركيز محدد وتحريكها مع التسخين، ويترك الخليط لفترة من الزمن لكي يترسب الصابون في أسفل الخزان، ويفصل الزيت عن الصابون ويغسل ويجفف. بينما يفضل استخدام الطريقة المستمرة التي تفصل الصموغ والأحماض الدهنية الحرة بنفس الوقت، ويكون فقد الزيت أقل واقتصادية، ويستخدم في عملية الفصل أجهزة الطرد المركزي التي تدور بسرعة كبيرة تزيد عن ١٥٠٠٠ دورة/ الدقيقة، حيث يمر الزيت الخام ومحلول ماءآت الصوديوم على خلاط

لمزجهما ويسخن المزيج في حجرة خاصة لإتمام التفاعل، ويدفع المزيج في أجهزة الطرد المركزي التي تفصل الزيت عن الصابون المتشكل، ويغسل الزيت من آثار الصابون والقلوي بواسطة الماء ويمرر ثانية على أجهزة الطرد المركزي لفصل الزيت عن ماء الغسيل، ويجفف الزيت لإزالة آثار الرطوبة.

٦-٣: مرحلة التبيض (Bleaching): تعمل مرحلة التبيض على إزالة الشوائب التي تؤثر سلباً على طعم الزيت وتحسن من جهة أخرى لون الزيت الطبيعي المتعلق بذوق المستهلك. وتتم مرحلة التبيض بخلط الزيت الساخن (١٠٥ – ١١٥°س) مع ترابة لها قدرة ادمصاص الألوان أو مع الفحم الفعال (مواد منشطة للسطح تدمص عليها الشوائب غير المرغوبة)، والتحريك المستمر لمدة ٢٠ دقيقة، ويلي ذلك ترشيح الزيت للتخلص من ترابة الادمصاص والحصول على اللون المطلوب. ويقاس لون الزيت بطرائق مختلفة (جهاز اللوفيبوند والتدريج اليودي وقياس الامتصاصية على طول موجه محددة وغيرها). كما تؤثر درجة الحرارة وكمية مادة الادمصاص المستخدمة (الترابة) وزمن تماس مادة الادمصاص مع الزيت على كفاءة مرحلة التبيض.

تعتبر مرحلة تبيض الزيت من العمليات الهامة جداً ويؤدي التحضير الجيد للزيتإلى استخدام كمية أقل من ترابة التبيض والعكس يكون عند استهلاك الشوائب لكميات أكبر من ترابة التبيض بالإضافة إلى ادمصاص الترابة لكمية أكبر من الزيت. لهذا تلعب عملية غسيل الصابون المتبقي بعد مرحلة التعديل بالقلوي دوراً مهماً في تحضير الزيت لمرحلة التبيض حيث تتحول أحماض دهنية الصابون بادمصاصها على سطح ترابة التبيض عن طريق التبادل الأيوني إلى أحماض دهنية حرة، وتتبادل البروتونات مع شوارد الصوديوم ويقلل ذلك من فعالية ترابة التبيض. ولهذا تلعب كمية الأحماض الدهنية الحرة المتبقية بعد مرحلة تعديل الزيت وكذلك الأحماض الدهنية الحرة التي تشكلت بعد تفكك الصابون المتبقي بعد عملية غسيل الزيت دوراً مهماً في مرحلة التبيض لأنها ترتبط مع المراكز الفعالة في الترابة وتقلل من فعاليتها. كما يلزم الانتباه إلى رطوبة الزيت الداخل لمرحلة التبيض لكي لا تسبب التحلل المائي. ويلزم أن يحتوي الزيت على أقل من ٠,٢% من الماء لكي لا يحد من نشاط ترابة التبيض وأن تتم مرحلة التبيض تحت التفريغ (عادة يصل التفريغ ٣٠-٤٠ مم زئبق) لكي لا

يساعد ذلك على تشكل الروابط المتجاورة للبولميرات الثنائية والعديدة. ويتم نزع الصبغات من الزيت على شكل مركبات غروية أو على شكل مركبات ذوابة في الزيت وتملك ترابة التبيض والمركبات الكيميائية تأثير متبادل بين الصبغات والمراكز الفعالة الكيميائية لترابة التبيض، كالتأثير الفيزيائي للادمصاص الذي يؤثر في الحالتين على سطح الادمصاص.

٦-٤: مرحـــلة التشتية (Wintrization): يفهم بالتشتية بأنها العملية التي تفصل الغليسريدات الثلاثية والشموع ذات درجة الانصهار العالية عن الزيت أي هي عبارة عن عملية فصل بمرحلة واحدة. ويمكن أن تكون عملية التشتية ضرورية لتحسين مظهر الزيت وبخاصة في بعض الزيوت الغذائية وزيوت التجميل. ويتم فصل الشموع أو الغليسريدات الثلاثية التي تملك درجة انصهار عالية والتي تعكر الزيت في درجات الحرارة الباردة، ويعتبر هذا من أحد أنواع العيوب المظهري الذي يوحي بأن الزيت غير طبيعي، بالإضافة إلى امتلاك الزيت على راسب كبير من الغليسريدات الثلاثية التي تجعل صعوبة في سكبه في درجات الحرارة الباردة، الأمر الذي يعرض الزيت إلى عملية التشتية. كما يتعرض زيت الصويا إلى هدرجة جزئية للحصول على زيت للسلطة بدرجة ثبات عالية ضد الأكسدة (خفض رقم اليودي من ١٣٠-١٤٠ إلى حوالي ١٠٥ - ١١٠، وفصل أكبر جزء من حمض اللينولينيك الذي يتهدرج بسرعة أكبر من هدرجة حمض اللينولييك)، ولهذا تكون عملية التشتية ضرورية لمثل هذه الزيوت، لأننا نحصل على زيت خال من العكارة الدسمة، ويصل مردود الأوليين ٨٠-٩٠% بالاعتماد على شدة الهدرجة الجزئية. يخضع زيت بذور القطن لعملية التشتية نتيجة تعرضه لدرجات الحرارة المنخفضة في الشتاء الأمر الذي يؤدي إلى تشكل راسب في أسفل الخزان، ونحصل بعد عملية التشتية على زيت صاف يستخدم في السلطات في درجات الحرارة المنخفضة. وتتم عملية التشتية في زيت بذور القطن المعدل والمبيض في درجة حرارة ٥-١٥°س (تختلف درجة حرارة التشتية بالاعتماد على الغاية من التشتية) ويمكث الزيت لمدة طويلة في درجة الحرارة المنخفضة وتصل إلى ٣٦ ساعة، ويؤدي ذلك إلى ترسيب الشموع والغليسريدات الثلاثية ذات درجة الانصهار العالية والمواد الصمغية وتفصل

بالترشيح. كما يتعرض زيت دوار الشمس لدرجات الحرارة المنخفضة بغية فصل الشموع والمواد الصمغية التي تفصل بصعوبة، ولهذا يضاف إلى الزيت في البداية ترابة تبيض كمواد مساعدة للبلورة لكي تساعد أثناء مرحلة الترشيح. وتتم عملية التشتية على دفعات وذلك بتبريد الزيت ومكوثه تحت التبريد لمدة من الزمن ويرشح، وتتم عملية التشتية المستمرة بتبريد الزيت أولاً من خلال مبادلات حرارية بعكس الاتجاه حيث يستفاد من برودة الزيت المتجه للترشيح ويبرد، ويمكث أيضاً بعد ذلك لمدة ٤-٨ ساعات لإجراء عملية البلورة، ويضاف إليه بحسب اللزوم مواد مساعدة للفلترة، وتتراوح كمية الفقد في الزيت في عملية التشتية بحسب نوع الزيت. كما أن كمية الشموع اللازم فصلها من زيت بذور دوار الشمس ومن بذور العنب قليلة جداً والعكس عند زيت القطن وزيت الزيتون اللذين يحتويان على كمية عالية من الغليسريدات الثلاثية بدرجة انصهار عالية.

٦-٥: مرحلـــة إزالـــة الرائحـــة (Deodorizing): تحتوي الزيوت والدهون على مواد تعطيها طعماً ورائحة غير مستحبه ويكون مصدر هذه المواد من نفس البذور أو تشكلت أثناء التخزين أو نقل الزيت أو نتيجة العمليات الأنزيمية أو من نواتج أكسدة الليبيدات أو أثناء مراحل التكريروبخاصة ترابة التبيض التي تترك روائح طينية وعملية الهدرجة،ويتم إزالتها أثناء مرحلة إزالة الرائحة. وتعمل مرحلة إزلة الرائحة على إزالة مجموعة المركبات الهيدروكربونية والألدهيدية والكيتونية واللاكتونية والأحماض الدهنية الحرة والزيوت العطرية والغليسرين والغليسريدات الأحادية والشموع وغيرها. ويستخدم التقطير بواسطة بخار الماء تحت التفريغ (Vaccum Steam Distillation) ودرجات الحرارة العالية، في فصل المركبات الطيارة ذات الرائحة غير المستحبة عن الزيت، الأمر الذي يقلل من التحلل المائي والتزنخ الأكسيدي للأحماض الدهنية غير المشبعة. ويتشكل لدى أكسدة زيت الصويا مركبات طيارة مسؤولة عن الخواص التذوقية (٢٢- مركب حمضي و١٨- مركب الدهيدي و٨- مركبات كيتونية و٨- مركبات كحولية و٢- مركبين استرينو٦- مركبات هيدروكربونية و٣- مركبات لاكتونية و٤- مركبات أخرى). يفقد الزيت أثناء عملية

إزالة الرائحة حوالي ٠,٥% من وزنه، مع أن وزن المواد التي تكسب الزيت رائحة غير مرغوبة لا تتجاوز ٠,١% من وزن الزيت.

وتتم عملية إزالة الرائحة على دفعات بتسخين الزيت الموجود في خزانات محكمة الإغلاق على درجة حرارة حوالي ١٦٣ – ٢١٨°س تحت تفريغ شديد (حوالي ٦ مم زئبقي)، ويدفع تيار من بخار الماء في الزيت لمدة حوالي ٢ – ٦ ساعات وذلك بالاعتماد على درجة الحرارة ودرجة التفريغ وكمية البخار المضاف، ويبرد الزيت في النهاية ويعبأ.

٧- عمليات تحسين قوام الدهون :

تملك الزيوت والدهون خواصاً وظيفية بحسب الغرض الذي تستعمل من أجله، ولا يمكن استخدام دهن واحد لأغراض عديدة، ولهذا يتم الحصول على دهون، يستخدم كل دهن لغرض معين وذلك عن طريق خلط الزيوت والدهون أو عن طريق عملية الهدرجة (Hydrogenation) أو عملية تبادل الأسترة (Enteresterification) أو عملية الفصل البلوري (التبلور التجزيئي–Fractional Crystallization) أو بتداخل طريقتين أو ثلاث طرائق.

٧-١: عملية الهدرجة (Hydrogenation): تعمل عملية الهدرجة على إشباع بعض الروابط الزوجية في الأحماض الدهنية غير المشبعة بواسطة الهيدروجين وبوجود وسيط مساعد (النيكل والبلاتين وغيره)، وتتحول هذه الأحماض إلى أحماض دهنية مشبعة ونحصل على لون وقوام وطعم أفضل للزيت ورفع درجة انصهاره بتحويله من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة، وإطالة مدة حفظه والتقليل من الأكسدة الذاتية، وينخفض الرقم اليودي ويزيد وزنه حوالي ١%. ويكتفي بتحويل ما يكفي من الأحماض الدهنية غير المشبعة لكي نحصل على القوام اللازم الذي يستخدم في تحقيق الغاية المطلوبة، والمحاولة لخفض كمية الأحماض الدهنية بالشكل ترانس والتي تساهم في رفع درجة انصهار الدهن الناتج، ولا يكون ارتفاع كمية الأحماض الدهنية المشبعة مسؤولاً وحده عن ارتفاع درجة الانصهار في الدهن المهدرج. وتؤدي عملية الهدرجة إلى تغير الصفات الفيزيائية والكيميائية للزيت المهدرج بدرجات متفاوته مقارنة مع الزيت الأصلي.

وتتوقف سرعة عملية الهدرجة على نقاوة الزيت والهيدروجين وكفاءة الخلط وكفاءة الوسيط ودرجة الحرارة والضغط أثناء الهدرجة. وتتم عملية الهدرجة بسحب الزيت إلى مفاعل الهدرجة ويفرغ الخزان من الرطوبة والهواء والوصول إلى تفريغ – ٠,٤، ويسخن الزيت بواسطة أنابيب التسخين إلى درجة حرارة التفاعل (١٦٥ – ١٧٠°س) ويوقف التسخين ويحافظ عليها ويضاف الوسيط (٠,٢٥ – ١%) ويخلط الزيت والوسيط بواسطة خلاط. ويمرر الهيدروجين في خليط الزيت والوسيط بضغط معين (حوالي ٣ بار) ويحافظ على ضغط الهيدروجين أثناء عملية الهدرجة. وتستمر عملية الهدرجة لمدة معينة (٣٠ – ٨٠ دقيقة أو أكثر) بحسب كمية الوسيط المضاف والغاية من عملية الهدرجة، ويوقف تيار الهيدروجين ويبرد الزيت مع تفريغ الخزان ثانية، ويرشح الزيت المهدرج للتخلص من الوسيط، ويخضع الناتج بعد ذلك للتبيض أو لعملية إزالة الرائحة ونحصل على الزيت المهدرج.

٧-٢: **عملية تبادل الأسترة (Enteresterification)**: يعد الزيت والدهون عبارة عن خليط من الغليسريدات الثلاثية التي تملك درجات انصهار مختلفة، ويؤدي تعرض خلائط الزيوت والدهون إلى تغير في الصفات الفيزيائية فقط وتبقى الصفات الكيميائية بدون تغير، ونحصل عندما نخلط مثلاً جزئين من ثلاثي ستيارين مع جزء واحد من ثلاثي أوليين على مزيج يحتوي نفس كمية ونوع الأحماض الدهنية الموجودة في ثنائي ستيارو أوليين (Distearoolein)، ودرجة انصهار المزيج قبل عملية تبادل الأسترة حوالي ٦٠°س ودرجة انصهار المزيج بعد عملية تبادل الأسترة ٣٠°س. وتتم عملية تبادل أسترة خليط المواد الدسمة بوجود وسيط (مثل: ميتوكسيد الصوديوم – CH3-O-Na) على درجة حرارة الغرفة أو على درجات الحرارة العالية (٩٠°س أو أكثر)، وتتوقف العملية بإضافة كمية قليلة من الحمض أو الماء الذي يحطم الوسيط، ويزال الماء. ويمكن بعملية تبادل الأسترة الحصول بدائل زبدة الكاكاو من خليط زيت جوز الهند وبعض الدهون الصلبة، أو للحصول على دهن بقوام ناعم غير مبرغل.

٧-٣: **الفصل البلوري (Fractional Crystallization)**: تحتوي بعض الزيوت والدهون على كميات متفاوته من الغليسريدات الثلاثية المشبعة والتي تعيق استخدامها

في السلاطات وبخاصة في الشتاء أو عند وضعها في البردات، ولهذا تستخدم عملية الفصل البلوري (عملية التبلور التجزيئي) في فصل جزء من الغليسريدات الثلاثية المشبعة ذات درجة الانصهار العالية التي تتبلور على درجة الحرارة المعطاة، بينما تبقى الغليسريدات الثلاثية ذات درجة الانصهار المنخفضة على درجة الحرارة المعطاة بحالة سائلة. بعدها تفصل البلورات المتشكلة التي تدعى بالاستيارين (Stearin) عن الطور السائل الذي يدعى بالأوليين (Olein)، ويستعمل الطور الصلب بدل الزيوت المهدرجة، لأنه صلب وقاسي على درجة حرارة الغرفة ويذوب بسرعة في الفم ويستعمل في بدائل زبدة الكاكاو في حال ستيارين زيت جوز الهند، ويستعمل الطور السائل في السلطات.

ويمكن استخدام عملية الفصل البلوري في زيت بذور القطن وزيت الزيتون وتدعى في هذه الحالة بالتشتية (Winterization) بخفض درجة حرارة الزيت بالتدريج حتى حوالي – ١°س ويترك لمدة يوم أو أكثر على درجة الحرارة المذكورة، ويرشح لفصل الطور الصلب عن الطور السائل، وتبلغ نسبة الطور السائل (الزيت) في زيت بذور القطن حوالي ٦٠ – ٨٥% من الزيت الأصلي، وحوالي ٧٠ – ٨٣% في زيت الزيتون.

٨- بعض نواتج الزيوت والدهون:

٨-١: الزبدة النباتية (المارغرين): عبارة عن مستحلب الماء في الزيت، ويحتوي على ٨٠% دهون (طور دهني) و٢٠% ماء أو حليب (طور مائي)، ويحتوي على ١٢% كحد أدنى من الغليسريدات الثلاثية الصلبة في درجة حرارة الغرفة، والبقية سائلة. ويحتوي المارغرين الألماني على ٨٠% أو ٤٠% دهون ويحتوي البولوني على ٢٥% دهون، وتختلف هذه النسب في الدول الثانية أو بحسب المجموعة الأوربية (EEZ). ويحتوي طور الزيت/الدهن على المواد الذوابة في الزيت (مواد النكهه والفيتامينات الذوابة بالدهون والمستحلبات والكاروتين). ويحتوي الطور المائي أو مكونات الحليب على المواد الذوابة بالماء (الملح والمواد الحافظة). ويحتوي المارغرين الذي يحتوي على كمية قليلة من الدهون على مستحلبات مثل الجيلاتين والمواد المضافة التي تزيد من المادة الجافة مثل بودرة الحليب.

وتضاف في صناعة المارغرين مواد عديدة تكون ضرورية في بعض الأحيان ومحسنة لجودة وصفات المارغرين من ناحية أخرى وأهمها:

٨-١-١: **نواتج الحليب:** تدخل مشتقات الحليب بشكل كبير كمواد إضافة في المارغرين، ويبقى في القلاية راسب لونه بني عند استعمال المارغرين في قلي الأغذية، وسببه تفاعل ميلارد (البروتينات وسكر الحليب)، وتعتبر هذه الخواص مرغوبة لدى المستهلك. ويتشكل من ناحية ثانية معلق ناعم (جزيئات البروتينات وسكر الحليب) الذي يكون أساس تشكيل نويات لغليان الماء الذي يتبخر من المستحلب المنصهر أثناء قلي الأغذية ويخفض عملية الطرطشة.

٨-١-٢: **الأحماض العضوية:** يتم تحميض الحليب (حليب طازج أو مبستر أو حليب بودرة) بواسطة بكتريا مثل Streptococcus Lactis or – cremoris حتى درجة حموضة حوالي ٤٠ درجة SH. ويتم التحميض بواسطة البادىء الأساسي الذي ينمو في المعمل أو يضاف على شكل بادىء تحت التجميد العميق أو يتم إساحة البادىء المجفف من منتج آخر، ويستغرق تخمر الحليب حوالي ١٢ ساعة، ويحفظ الحليب المحمض في البراد في اناء محكم الاغلاق وينقل من خلال نظام الانابيب والمضخة عند اللزوم. ويمكن استخدام حمض اللاكتيك أو حمض الليمون في التحميض الكيميائي، ويكون التأثير على بروتينات الحليب مشابه، ولكن لا تتشكل النكهه التي تتشكل عند التحميض الجرثومي.

٨-١-٣: **الملح:** يؤدي إضافة الملح إلى خفض تأثير الأحياء الدقيقة وتحسين الطعم وإعطاء نكهه مميزة، ويحتوي المارغرين الألماني على ٠,٢% من الملح وهي كمية قليلة مقارنة مع بقية الدول الأوربية التي تصل إلى ٣% والأسباب عديدة ومنها: العادات ومقارنته مع الملح في الزبدة ومنع نمو الجراثيم (انطلاقاً من أن تركيز ١٠% من المحلول الملحي يوقف نمو الأحياء الدقيقة)، وهذا يوازي كمية الملح في المارغرين ٢% والذي يحتوي على ٢٠% ماء. كما يؤدي إضافة أكثر من ٠,٢% من الملح إلى تأثير ايجابي في التقليل من الطرطشة أثناء القلي بالمارغرين.

٨-١-٤: **مواد النكهة:** يستخدم عدة مواد من النكهه وبخاصة الداي أسيتيل (Diacetyl) التي تعطي أولاً النكهه وتغطي على النكهات غير المرغوبة، وتضاف أحياناً الزبدة الحيوانية لتحسين كل من الطعم والنكهة.

٨-١-٥: **المواد الحافظة:** نادراً ما يحتوي المارغرين على المواد الحافظة وبخاصة عندما تكون نسبة المواد الدسمة ٨٠% (المانيا وسويسرا والنمسا) وتضاف فقط في المارغرين الحاوي على كمية قليلة من الدسم وكمية عالية من الماء ويكون بذلك تأثير الأحياء الدقيقة أكبر. ويستخدم حمض البنزويك فقط بحالته غير المتشردة، الأمر الذي يلزم خفض قيمة درجة الحموضة (pH) بشكل كاف، لكي تتشرد الأحماض الحرة أو يفصل الحمض عن الأملاح عند استخدام البنزوات. ويكون ثابت تشرد (تأين) حمض البنزويك =٦,٤٦ . ١٠-٥، وإضافة حمض اللاكتيك يحقق هذا الطلب. وعادة تكون درجة الحموضة (pH) في المارغرين ضمن حدود إضافة حمض البنزويك وهي ضرورية كعامل توزيع بين الطور المائي والدهني ويعمل حمض البنزويك على ابطاء تأثير الانزيمات على استقلاب حمض الخل بالأكسدة الفوسفورية (كما هو في دورة حمض الليمون) وتؤثر سلباً على جدران الخلية. وتحتوي زبدة الحليب على حمض البنزويك نتيجة وجود حمض البنزويك الطبيعي في الأعلاف الحيوانية، ولا يكون تأثير هذه الكمية كاف كمواد حافظة، ولهذا يضاف بكمية ٠,١% وهذا غير مسموح إضافته للمارغرين في المانيا. ويسمح في المانيا إضافة حتى ٠,١٢% من حمض السوربيك كمادة حافظة للمارغرين قليل الدسم وينصح عملياً أن تكون الكمية فقط ٠,٠٥ ــ ٠,١% وهي تساوي حوالي ٥٠% من حمض البنزويك ويكون عامل التوزيع جيد بين الزيت والماء ويتفكك في الجسم إلى ماء وثاني أوكسيد الكربون. ويمنع حمض السوربيك من تأثير الأنزيمات في دورة الكربوهيدرات وحمض الليمون ويشكل رابطة أحادية مع مجموعات السلفوهيدريل (SH) في الانزيمات، وتثبطهم بذلك، كما تؤثر أيضاً سلباً على جدران الخلايا نتيجة أختراق الحمض غير المتشرد إلى الخلية وتتشكل درجة الحموضة (pH) من ٤٠% من الحمض، علماً بأن ثابت تأين حمض السوربيك ١,٧٣ × ١٠$^{-٥}$، وتأثيره يكون في الوسط ضعيف الحموضة.

٨-١-٦: **مواد التغليظ:** لا يستقر الاستحلاب في المارغرين نصف الدسم ولا في المارغرين الذي يحتوي على كمية قليلة من الدسم، ولهذا تستخدم المغلظات (مثل: الجيلاتين) في تثبيت الماء.

٨-١-٧: **الملونات:** لا يستخدم الألمان ولا الأوربيون الملونات في المارغرين، وإنما يسمح باستخدام β- كاروتين الذوابة في الزيت، وتسمح بعض الدول باستخدام البكسين (Bixin) والأناتو (Annatto)). ويسمح باستخدام β- كاروتين في الزبدة المنتجة في الشتاء، كما يمكن استخدام زيت النخيل غير المبيض للحصول على اللون الأصفر- البرتقالي.

٨-١-٨: **الفيتامينات:** تحتوي جميع أنواع المارغرين التي تستخدم في المنازل على الفيتامينات وتكون كميتها في المارغرين في بعض الدول متقاربة مع كميتها في الزبدة. وتضاف بحسب القاعدة الفيتامينات الذوابة بالدهون (A,D,E)، والفيتامينات الذوابة بالماء (B,C) للدول التي تفتقرها.

٨-١-٩: **الماء:** يستخدم ماء الشرب العادي الذي يعرض إلى مراقبة دائمة.

٨-١-١٠: **الهواء والآزوت:** كما يدخل الهواء أو الآزوت في بعض المارغرين والدهون للحصول على منتج لين. مارغرين لين (مثال: Flora soft).

٨-١-١١: **النشاء:** يضاف وتمنع بعض الدول إضافة النشاء، ومن الضروري إضافة النشاء في المارغرين الألماني، للكشف عن غش الزبدة بالمارغرين، ومن السهل الكشف عن ذلك بسهولة بتفاعل اليود .ويؤثر النشاء سلباً في جودة المارغرين (طرطشة) عندما يستخدم في القلي.

٨-٢: **منتجات مختلفة:** لا يمكن حصر المنتجات النباتية ولكن يمكن ذكرها ومنها: كريما المارغرين ذات درجة الانصهار المنخفضة وتستخدم في تزين الكاتو، ومارغرين الكاتو الذي يعمل على تباعد حبيبات الكاتو بقدر الإمكان لفترة معينة للحصول على عجينة خفيفة نتيجة وجود عدد كبير من المسامات، ومارغرين رقائق العجين الذي يستخدم في فصل طبقات العجين فيما بينها وبدون أن يتكسر العجين وتفرد بطبقات رقيقة جداً متوافقة مع شكل العجين، والمارغرين المنكهه الذي يحتوي على البروتينولا يمثل المارغرين بمعنى الكلمة لأنه يجانس الحليب والزيت/الدهن

والمنكه مع الطور المائي، وبودرة الدهون وتستخدم في مجالات عديدة (خلائط الخبيز وبودرة للمثلجات وبودرة للكريمات وغيرها)، وتصل أبعاد حبيباتها حوالي ٥٠ ميكرون، وكريما القهوة التي تحتوي على كمية عالية من الدهون، والكريما الحلوة التي تفرد على الخبز وأشهرها كريمة الشوكولا (Nutella)، وزبدة الفستق التي تفرد على الخبز، وزيوت ودهون الغذاء التي تستخدم بكميات كبيرة في الصناعات الغذائية وفي تحضير الأطعمة وعمليات القلي في المنازل وفي المطاعم والفنادق، وتستخدم كنواقل حرارة. وتدعى في أمريكا عندما تستخدم في المخابز باسم شورتيننغ، وتحاط الحبيبات بالدهن وتمنع ارتباطها بالغلوتين أثناء القلي، ولا تتجاوز رطوبة الدهون ٠,٢%. وتختلف الزيوت فيما بينها، ومنها ما يستخدم في السلطات وفي القلي وغيرها، ويلزم أن تملك الزيوت التي تستخدم في القلي درجة ثبات جيدة في درجات الحرارة العالية. وعند استخدام زيت غني بحمض اللينولينيك (مثال: زيت الصويا)، عندها يلزم هدرجته جزئياً لزيادة درجة ثباته، وتعمل عملية التشتية على فصل الدهون الصلبة وإزالة حمض اللينولينيك الذي يمثل كمية كبيرة من الأحماض الدهنية غير المشبعة، والذي يقلل من درجة ثباته ضد الأكسدة.

٨-٣: **المايونيز:** تحتوي عبوة المايونيز على ٨٠% زيت (يحتوي مايونيز السلطة على ٥٠% زيت)، وهو مستحلب الزيت بالماء. ويلزم أن يحتوي المايونيز على زيت عالي الجودة وكمية معينة من صفار البيض، وأن يحقق النقاط التالية:

- يتألف المايونيز من صفار البيض وزيت نباتي صالح للغذاء، بإضافة إلى ملح الطعام والسكر وتوابل وحمض الخل وغيرها من الأحماض الصالحة للاستهلاك البشري، وبياض البيض ويلزم أن تكون كمية صفار البيض ٧,٥ % من مجموع الدهون الكلية، ولا يحتوي على مغلظات، وأن يحتوي على ٨٠ % دهون كحد أدنى.
- يتألف مايونيز السلطة من زيوت نباتية جيدة وصفار البيض وبياض البيض وبروتينات الحليب وبروتينات نباتية أو خليط منهما وملح الطعام وسكر وتوابل وحمض خل أو أي حمض غذائي ومغلظات و٥٠ % دهون كحد أدنى.
- يمكن استخدام فقط المغلظات التالية: دقيق القمح، والنشويات والجيلاتين.

- يفضل إضافة التوابل التي تعطي لون وطعم معين (الكركم والفلفلة وغيرها). وتضاف المواد الحافظة مع التصريح بذلك و٠,٢٥% سوربات و٠,٢٥% بنزوات أو ٠,١٢% استري PHB.

٨-٤: الغليسريدات الأحادية والثنائية: لا تكون الغليسريدات الأحادية والثنائية مواد غذائية، وإنما تستخدم كمستحلبات في العديد من الحالات التي تكون مهمة لخواص الدهون. وتعتمد صفات الغليسريدات الأحادية والثنائية على أساس الغليسريدات الثلاثية المستخدمة، ويتبع دائماً تركيب الأحماض الدهنية وتركيب الزيت المستخدم. كما تؤثر الغليسريدات الأحادية والثنائية أيضاً على البروتينات، وتشكل مع النشاء معقد، وتسلك مع القواعد والأحماض وانزيمات التحلل نفس سلوك الدهون، وتكون درجة انصهارها أكبر ١٠ – ٢٠°س من درجة انصهار الزيت المستخدم، ولا تذوب بالزيوت الباردة، وتكون في درجة الحرارة الأكبر من ٦٠°س ذوابة تماماً أو يمكن أن تخلط مع الدهون. وتتشكل فيها البلورات كما عند الدهون، كما تهضم وتسلك نفس السلوك الفيزيولوجي للدهون ولا تحدد كميتهم في الغذاء.

٩- طرائق تحليل الزيوت والدهون :

يتم تحليل الزيوت والدهون لأسباب عديدة وأهمها معرفة مدى صلاحيتها في التصنيع الغذائي وتقدير جودتها وتركيبها والكشف عن غشها ومنها :

٩-١: معامل الانكسار (Refractive Index): يستفاد من معامل انكسار الزيوت والدهون في تحديد درجة نقاوتها، وبخاصة أثناء عملية هدرجة الزيوت التي تتطلب سرعة في معرفة درجة عدم تشبع الزيت الخاضع لعملية الهدرجة، وهو أسرع بكثير من تقدير الرقم اليودي، وهناك علاقة تربط بين معامل الانكسار والرقم اليودي ودرجة الانصهار، ويحدد الربط من خلال جداول. وعادة يقاس معامل انكسار الزيوت في درجة حرارة ٢٠ – ٢٥°س، وتقاس الدهون في درجة حرارة ٤٠ – ٦٠°س.

٩-٢: رقم الحموضة (Acid Value): يعبر عن كمية الأحماض الدهنية الحرة التي انفصلت عن الغليسريدات الثلاثية نتيجة وجود الماء وإنزيمات الليباز، ويعرف بعد ملليليغرامات ماءآت البوتاسيوم اللازمة لمعادلة الأحماض الدهنية الحرة فقط

الموجودة في غرام واحد من الزيت/الدهن. ويجب أن لا تتجاوز نسبة الحموضة في الزيوت المكررة عن ٠,٣% وعن ٣,٣% في زيت الزيتون.

٩-٣: رقم البيروكسيد (Peroxide Value): يعبر عن درجة تزنخ الزيت/الدهن التي تتم من تفاعل الأكسجين مع الروابط الزوجية، ويعرف بكمية البيروكسيدات (فوق أكاسيد) أو الهيدروبيروكسيدات القادرة على تحرير اليود من محلول يوديد البوتاسيوم وكلما زادت كمية اليود المحرر، كلما زاد رقم البيروكسيد. ويجب أن لا يتجاوز رقم البيروكسيد في الزيوت المكررة عن ١٠ ميلي مكافىء أكسجين/كغ وعن ٢٠ ميلي مكافىء أكسجين/كغ في زيت الزيتون.

٩-٤: الرقم اليودي (Iodine Value): يعبر عن درجة عدم تشبع الزيت/الدهن (Unsaturation Degree)، ويعرف بعدد غرامات اليود التي تتفاعل مع ١٠٠ غرام من الزيت/الدهن. ويتراوح الرقم اليودي بين ٧ – ١٠ في زيت جوز الهند وحتى أكثر من ١٨٠ في زيت الكتان والقنب.

٩-٥: رقم التصبن (Saponification Number): يعبر عن طول سلسلة الحمض الدهني في الغليسريدات الثلاثية، ويحتوي الغرام الواحد من الزيت/الدهن على كمية كبيرة من الأحماض الدهنية ذات السلاسل القصيرة مقارنة مع الغرام الواحد من الأحماض الدهنية ذات السلاسل الطويلة، ويحتاج تصبين الأول على كمية أكبر من ماءآت البوتاسيوم، ويكون رقم التصبن عالي. ويعرف رقم التصبن بعدد ميلليغرامات ماءآت البوتاسيوم اللازمة لمعادلة الأحماض الدهنية الحرة والمرتبطة الموجودة في غرام واحد من الزيت/الدهن. ويتراوح رقم التصبن حوالي ١٨٨ – ١٩٠مغKOH/غ في زيت الزيتون و٢٥٥ مغ KOH/غ في زيت جوز الهند.

٩-٦: تركيب نوع وكمية الأحماض الدهنية: يتم تقدير نوع وكمية الأحماض الدهنية للزيوت والدهون بطرائق حديثة مثل الكروماتوغرافيا الغازية (G.C.) أو الكروماتوغرافيا الغازية السائلة (G.C.L) أو الكروماتوغرافيا السائلة عالية الكفاءة (HPLC). وتتطلب طريقة التقدير تحويل الأحماض الدهنية في الزيوت والدهون إلى استرات الميثيل السهلة التطاير قبل حقنها في الجهاز، حيث يقوم الجهاز بتحديد نوع وكمية الحمض الدهني الموجود في الزيت/الدهن بشكل آلي. ويتم تحديد نوع الحمض

الدهني في زيوت/دهون العينة من خلال أحماض دهنية قياسية وزمن أستبقاء الحمض، بينما تحدد كمية الحمض في الزيت/الدهن من خلال قياس مساحات القمم التابعة لكل حمض.

٩-٧: الامتصاص بالتحاليل الطيفي الضوئي: تلعب الأشعة فوق البنفسجية (UV) والأشعة المرئية (VIS) والأشعة تحت الحمراء (IR)، دوراً مهماً في دراسة تركيب ونوعية الزيوت. وتعطي بعض الأحماض الدهنية ومكونات الدهون غير الغليسريدية قدرة امتصاص أعظمي على الأمواج الطولية المختلفة. ويمكن بالامتصاص الأعظمي متابعة التغيرات التي طرأت أثناء العمليات التكنولوجية مثل مرحلة التبيض وعملية الهدرجة وغيرها.

٩-٧-١: الامتصاص بالأشعة المرئية: تقع الأشعة المرئية ضمع المجال ٣٨٠-٨٠٠ نانومتر، وهي مهمة في اختبارات الزيوت، مثال: يقع تقدير لون الزيت ضمن هذا المجال، ويعطي الزيت الحاوي على الكاروتينويدات (اللون الأصفر وحتى البرتقالي).

امتصاص أعظمي على ٦١٠-٦٧٠ نانومتر.ويستخدم التحليل الطيفي الضوئي في تحليل لون الزيت عن طريق الامتصاص الأدنى والأعظم، أو عن طريق رسم منحني يوضح العلاقة بين الامتصاصية وطول الموجة وتعمل الطريقة AOCS على قراءة الامتصاصية على الموجات التالية: ٤٦٠ و٥٥٠ و٦٢٠ و٧٦٠ نانومتر.

كما تستخدم الأشعة المرئية في تقدير المكونات غير الغليسريدية في الزيوت بقياس شدة اللون على طول موجة معينة (مثال: تقدير كمية للتوكوفيرولات الكلية على ٥٢٠ نانومتر، وتقدير كمية المركبات الكربونيلية والألدهيدية الناتجة عن تفكك نواتج أكسدة الزيت الأساسية والثانوية).

٩-٧-٢: الامتصاص بالأشعة فوق البنفسجية (UV): يقع طيف الأشعة فوق البنفسجية ضمن ١٠-٣٨٠ نانومتر، ويمكن تحديد بعض التغيرات التي تحدث في المواد الدهنية فقط في المجال ٢٢٠-٣٨٠ نانومتر. ويعطي هذا المجال امتصاصاً أعظمياً للروابط الزوجية الثنائية المتجاورة (ديين-Dien) وللروابط الثلاثية المتجاورة (ترين-trien) وللروابط الزوجية الرباعية المتجاورة (تترايين-

Tetrien). ويكون الامتصاص الأعظمي عند الديينات المتجاورة ٢٣٢ نانومتر وعند التريينات ٢٧٠ نانومتر وعند التترايينات المتجاورة ٣٠٨-٣١٥ نانومتر. وتعطي الزيوت الطبيعية وغير المؤكسدة (حسب القاعدة) أي امتصاص أعظمي في هذا المجال لأنها لا تحتوي على مركبات متجاورة، ما عدا بعض الدهون (شحم البقر وغيرها) التي تحتوي على كمية قليلة من التريينات (٠,٠٥%).يمكن الكشف عن استهلاك زيت دوار الشمس غير المكرر (عصر على البارد) كما هو عند عصر زيت الزيتون بواسطة طيف UV، ويجب أن يكون الامتصاص أكثر من ٠,٥ عند زيت دوار الشمس الجيد على ٢٧٠ نانومتر، وأن يكون الحد الأدنى لقيمة R=٨. ويمكن تقدير نوعية الزيوت الخام فقط على أساس قيمة R. ولا يمكن أخذ هذه القيمة للدلالة على نوعية الزيوت الخاضعة لمرحلة التبيض بواسطة الترابة الفعالة (تؤدي معاملة الزيت بالترابة الفعالة إلى تشكل التريينات المتجاورة نتيجة وجود الديينات المتجاورة التي تنخفض كميتها بتحولها إلى التريينات). وتحتوي عادة الزيوت الخام نتيجة الأكسدة الذاتية على كميات قليلة أو كبيرة من نواتج الأكسدة الأساسية (الهيدروبيروكسيدات والديينات المتجاورة)، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة كمية التريينات أثناء مرحلة التبيض بواسطة التربة الفعالة.

٩-٧-٣: الامتصاص بالأشعة تحت الحمراء (IR): تقع الأشعة تحت الحمراء في المجال الواقع بين ٢-١٥ ميكرون، وهي مهمة في الدهون وبخاصة الأحماض الدهنية بالشكل ترانس، ويعتمد القياس على الامتصاص الناتج عن تشوه أهتزاز الرابطة الزوجية بالأمتصاص الأعظمي ١٠,٠٢-١٠,٦ ميكرون.

وتتشكل مماكبات الأحماض الدهنية غير المشبعة بالشكل ترانس أثناء هدرجة الزيوت النباتية أو تكون موجودة في الدهون الحيوانية الطبيعية، وتسلك سلوك الأحماض الدهنية المشبعة، تؤثر في قوام وتماسك الدهن، ويوصى بأن لا تتجاوز كميتهم ٢٠% في الدهون المهدرجة، وهناك آراء كثيرة حول هذه الأحماض وتأثيرها على صحة الإنسان،علماً بأن الدهون الحيوانية (غنم وبقر وغيرها) والسمون الحيوانية (دسم الحليب المختلف) تحتوي على كميات عالية من الأحماض الدهنية بالشكل ترانس وتصل في بعضها حتى ٢٠% (تحتوي زبدة الحليب على ١,٩-٧,١١% أحماض دهنية بالشكل ترانس.

١٠ – اختبارات الثبات (Stability test) :

تعطي هذه الاختبارات قدرة الزيوت/الدهون على تحمل التزنخ أو الأكسدة أثناء فترة الحفظ، أي يتم قياس الزمن اللازم بالساعات للوصول الزيت/الدهن إلى الفساد، وكلما كانت الفترة أطول كلما كان الزيت/الدهن أكثر قابلية للحفظ وأقل قابلية للفساد. ونذكر من هذه الطرائق:

١٠-١: اختبار أوفن (Oven Test): يعتبر اختبار أوفن من أقدم وأبسط طريقة لتقدير ثبات الزيت، حيث توضع العينات في الفرن الكهربائي في ٦٣°س، ويراقب تزايد رقم البيروكسيد أو تغيرات الخواص الحسية. ويمكن التعبير عن نتائج درجة ثبات العينة بعدة طرائق:

- الزمن بالأيام لكي يصل رقم البيروكسيد قيمة محددة.
- قيمة رقم البيروكسيد بعد فترة معينة، وعادة اختبار أربعة أيام (عادة هذه الطريقة مناسبة عند اجراء مقارنة بين العينات المختلفة المتعلقة بدرجة الثبات.
- الزمن بالأيام للدلالة على ظاهرة التزنخ عن طريق الاختبار الحسي.

ويعطي اختبار الفرن في ٦٣°س أقرب المعلومات عن تقويم ثبات الزيت الحقيقية. ويتناسب اليوم الواحد باختبار الفرن مع درجة ثبات حقيقية من ٦-١٢ يوم في درجة حرارة الغرفة (حوالي ٢٠°س).

١٠-٢: اختبار الرانسيمات لتقدير ثبات الزيت: يعتمد اختبار الرانسيمات على إسراع فساد زيوت ودهون الطعام والمنتجات التي تحتوي على نسبة عالية من الدهون مثل البندق وزبدة الكاكاو ضد الأكسدة بسرعة وبشكل آلي وبدقة عالية وذلك في زيادة درجة الحرارة وإمرار الهواء في العينة، وتقدر فترة التحريض على أساس فصل كمية الأحماض الطيارة ذات الكتلة الجزيئية الصغيرة. ويتشكل من الأكسدة الذاتية في نهاية فترة التحريض (الأكسدة الانقسامية) كميات كبيرة من الأحماض الطيارة ويشكل حمض النمل الجزء الأكبر، ويتشكل بنفس الوقت ولكن بكميات قليلة حمض الخل وحمض البروبونيك وحمض الزبدة وحمض الكابرويك وبعض المركبات ذات الكتلة الجزيئية المنخفضة. وتمر المركبات الطيارة المذكورة أعلاه

من خلال وعاء التفاعل الذي يحتوي على الماء المقطر، ويمكن متابعة عملية أكسدة الزيت بشكل غير مباشر بقياس زيادة التوصيل الكهربائية.

ويستخدم اليوم جهاز الرانسيمات في تقديرثبات الزيت، حيث يتم قياس كمية الأحماض الطيارة عن طريق تغير التوصيل الكهربائي المرتبط مع الزمن،ويقدر الجهاز زمن فترة التحريض بالشروط المعطاة، أو مقاومة عينة الزيت للتزنخ، وبقدر ما تكون فترة التحريض طويلة، بقدر ما يكون ثبات الزيت أفضل.

١١- أختبارات القوام :

١١-١: الغليسريدات الثلاثية الصلبة (SFI%): يوضح اختبار الغليسريدات الثلاثية الصلبة (معامل الدهن الصلب –SFI%) في درجات الحرارة المختلفة على النسبة المئوية للغليسريدات التي تبلورة (تصلبت) على درجات حرارة محددة (١٥ و٢٠ و٢٥ و٣٠ و٣٥ و٤٠ و٤٥°س). وتختلف نسبة الغليسريدات الثلاثية الصلبة من دهن لآخر، فمثلاً تختلف صلابة الزبدة النباتية (المارغرين) أو زبدة المائدة عن صلابة زبدة الكاكاو، ويلزم أن تكون صلابة زبدة الكاكاو أكثر من ٨٠% على درجة حرارة ٢٠°س، بينما لا تزيد صلابة الزبدة النباتية وزبدة المائدة عن ١٢% على درجة حرارة ٢٠°س. ولهذا تستخدم نسبة الغليسريدات الثلاثية الصلبة في الكشف عن غش دهن بآخر.

١١-٢- درجة الانصهار (Melting point): يعبر عن درجة الانصهار بدرجة الحرارة التي تتحول فيها الأحماض الدهنية أو الدهون من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، وتزداد درجة الانصهار في الأحماض الدهنية المشبعة بزيادة عدد ذرات الكربون في الجزيء، وتنخفض بزيادة عدد الروابط الزوجية في الجزيء، وتملك الأحماض الدهنية بالشكل ترانس درجة انصهار أكثر من درجة انصهار نفس الحمض الدهني بالشكل سيس. ويتم تقدير درجة الانصهار بطرائق عديدة (الأنابيب الشعرية المفتوحة والمغلقة ودرجة الانزلاق وطريقة وايلي وغيرها.

١٢ - كشف غش السمن الحيواني:

يمكن غش الزبدة بزيادة كمية الماء وإضافة مواد أقل قيمة من الزبدة (بطاطا مهروسة وجبن)، ويمكن غش الزبدة بإضافة بعض الزيوت النباتية والدهون الحيوانية.

ويستخدم في الكشف عن الغش رقم رايخرت مايسل ورقم بولنسكي وتقدير كمية ونوع الأحماض الدهنية بواسطة الكروماتوغرافيا الغازية.

كما يمكن كشف الغش عن طريق الأحماض الدهنية الطيارة التي تنقسم بعد عملية تصبن الغليسريدات إلى قسمين رئيسيين وهما:أحماض دهنية طيارة تتصاعد مع البخار المار من خلالها (أحماض دهنية ذات سلاسل قصيرةمن C_4 وحتى C_{12}) وأحماض دهنية غير طيارة (أحماض دهنية ذات سلاسل طويلة C_{14} وأكثر)،وتختلف الأحماض الدهنية الطيارة فيما بينها من حيث قابليتها للذوبان بالماء (C_4 و C_6 ذوابة في الماء)، وغير ذوابة بالماء (C_8 و C_{10} و C_{12})، وتقدر جميعها عن طريق تصبن الدهن أولاً، وتحرير الأحماض الدهنية الحرة بواسطة حمض الكبريت ثانياً، وتفصل بعدها الأحماض الطيارة الذوابة وغير الذوابة بالماء بالتقطير، ومعايرة كل مجموعة بواسطة قلوي معلوم العيارية:

١٢-١: رقم رايخرت ميسل (Reichert – Meissl Value): يدل هذا الرقم على كمية الأحماض الدهنية الطيارة والذوابة في الماء، مثل: حمض الزبدة وحمض الكابرويك، ويعبر عنه بعدد الملليلترات من محلول مائي قلوي (٠,١ عياري) اللازمة لمعايرة الأحماض الدهنية الطيارة الناتجة من التقطير البخاري لـــ ٥ غرام دهن بطريقة قياسية.

١٢-٢: رقم بولنسكي (Pole neski value): يدل هذا الرقم على الأحماض الدهنية الطيارة غير الذوابة في الماء، مثل: حمض الكابريليك والكابريك واللوريك، ويعبر عنه بعدد الملليلترات من محلول قلوي مائي (٠,١ عياري) اللازمة لمعايرة هذه الأحماض الناتجة بالتقطير البخاري لـــ ٥ غرام دهن بطريقة قياسية.

١٢-٣: رقم كيرشنر (Kirschner): يدل هذا الرقم على كمية حمض الزبدة (البيوتيريك)، ويعبر عنه بعدد الملليلترات من محلول مائي قلوي (٠,١ عياري) اللازمة لمعايرة الأحماض الدهنية الطيارة الذوابة بالماء والتي تشكل أملاح فضة ذائبة وتنتج من التقطير البخاري لـــ ٥ غرام من الدهن بطريقة قياسية.

١٢-٤: رقم ههنر (Hehner): يدل هذا الرقم على كمية الأحماض الدهنية غير الطيارة، وكلما زاد رقم رايخرت ميسل في الدهن، كلما قل رقم ههنر والعكس صحيح.

الفصل الثالث

تقانة صناعة الطحن والخبيز والمعكرونة

MILLING ,BAKING AND MACARONE TECHNOLOGY

١- مقدمة : تعتبر صناعة الطحن والخبيز والمعكرونة من اهم وأوسع الصناعات الغذائية التحويلية انتشارا في معظم بلاد العالم،إذ لاتخلو أية وجبة غذائية من رغيف الخبز بشتى أشكاله وأنواعه، حيث يشكل دقيق القمح المادة الاساس في تحضيره، اضافة الى ان رغيف الخبز ومنتجات حبوب القمح الاخرى تعتبر مادة الغذاء الأولى عند الطبقات الفقيرة والمتوسطة التي تشكل غالبية سكان العالم، ويمتلك القمح في تركيبه خواص ايجابية لتصنيع مختلف أنواع منتجاته من مخبوزات ومعكرونة وبرغل، إذ يتميز باحتوائه بشكل أساسي على بروتين الجبلياين Giliadin المنتمي الى البرولامينات Prolamines والجلوتينين Glutenin اللذان يشكلان عند العجن مع الماء معقدا صمغيا مرنا قابلا للشد والمط يسمى الجلوتين Glutine يستطيع حجز الغازات الناتجة عن فعل الخميرة عند عملية الخبز الحراري حيث يثبت على شكل تركيب اسفنجي متماسك، وهي الصفة الاساسية المرغوبة في رغيف الخبز الجيد، وللمعكرونة الجيدة أيضا، بينما لاتتوفر هذه الخواص في بروتينات الحبوب النجيلية أو البقولية الاخرى.

تتكون حبة القمح من الاندوسبروم Andosperm الذي يشكل حوالي ٨٥% من وزن حبة القمح ويتكون أساساً من النشأ مع نسبة تتراوح بين ٨-١١% من البروتينات، والجنين الذي يشكل حوالي ٣% من وزن الحبة ويحتوي على نسبة عالية من الدهون ونسبة جيدة من البروتينات والعناصر المعدنية، والاغلفة التي تشكل حوالي ١٢% من وزن الحبة وتحتوي على نسبة عالية من الالياف السيليوزية والهيمي سيليلوز واللجنين، ونسبة مرتفعة من العناصر المعدنية والفيتامينات مقارنة بالاندوسبرم.

٢- تقانة انتاج الدقيق : تمر عملية إنتاج الدقيق بالمراحل التالية:

٢-١: استلام القمح وفحصه وتخزينه: تقوم الشاحنات عادة بتوريد القمح الى صوامع التخزين التي توجد عادة بقرب المطاحن حيث تؤخذ منها أولاً عينات لإجراء الفحوصات اللازمة من حيث نسبة المواد الغريبة والرطوبة والخلو من الحبوب النابتة أو المزرعة، والاصابة بالفطريات والحشرات، ووزن المئة حبة ونسبة البروتين وصنف القمح صلباً او طرياً، ويُعمد إلى غربلته لإزالة الشوائب كالعيدان والحصى وقطع الخيش قبل نقله إلى صوامع التخزين، وفي حال كانت رطوبة القمح عالية نسبيا (١٤%أو اعلى) يعمد الى اجراء عملية تجفيفه لرطوبة أقل من ذلك تحسباً لتلفه اثناء عملية التخزين نتيجة لنشاط الاحياء الدقيقة وارتفاع درجة الحرارة أثناء التخزين نتيجة لتنفس الحبوب.

٢-٢: تنظيف الحبوب: قبل البدء بعمليات الطحن مباشرة يعمد الى تنظيف الحبوب حيث تمرر حبوب القمح أولاً على غرابيل خاصة ذات ثقوب بأقطار أكبر نسبيا من أقطار حبوب القمح فتحجز على سطحها الشوائب الكبيرة كالحصى الكبيرة وبقايا القش والعيدان، ثم تمرر على غرابيل ذات ثقوب باقطار أصغر من قطر حبة القمح فتنفصل الشوائب الصغيرة وبذور الحشائش وحبوب الشوفان والسويدة وغيرها ويبقى على سطح الغرابيل حبوب القمح التي توجه الى غرابيل ذات ثقوب طولية أو عرضية لفصل الشوائب الرفيعة التي تختلف في شكلها مع حبوب القمح، ثم توجه حبوب القمح الى آلات خاصة مزودة بمغناطيس لفصل الشوائب المعدنية كالأسلاك أو المسامير الصغيرة وغيرها، ولازالة الغبار العالقة بسصح الحبوب تمرر في اسطوانة معدنية مثقبة تدور حول محورها تحتوي في داخلها على مضارب دوارة تدفع الحبوب للاصطدام بسطح الاسطوانة المثقب من الداخل فتزال الغبار، وقد تمرر الحبوب بين فراشي خاصة تحتك بها فتفصل الغبار والأوساخ الملتصقة بسطحها. وأخيرا تعرض الحبوب لتيار من الماء العادي في آلات خاصة فترسب الحصى ويتم التخلص من بقايا الشوائب والغبار مع ماء الغسيل حيث تمرر الحبوب بعدها على أجهزة الطرد المركزي للتخلص من الماء الزائد، ونتيجة لذلك ترتفع رطوبة الحبوب بحدود ١-٢ %، مما يسهل فيما بعد عملية الترطيب.

٢-٣: الترطيب أو التكييف: تهدف هذه العملية الى رفع رطوبة الحبوب الى درجة مناسبة تجعل الاغلفة أكثر مرونة ومطاطية فيسهل فصلها عن الاندوسبروم، كما يمتص الجنين بعض الرطوبة فينفتح ويتبطط ويسهل فصله عن الحبة، اضافة الى ان هذه العملية تقلل من صلابة الاندوسبروم مما يحسن من كفاءة عملية الطحن ويوفر في الطاقة، ان الرطوبة النهائية المناسبة لحبوب القمح الطري عند الطحن هي بين ١٥- ١٦%، ولحبوب القمح القاسي بين ١٦-١٨% مع ملاحظة الالتزام بدقة هذه النسب لان زيادة الرطوبة عن الحد المناسب تؤدي لتعجن الاندوسبيروم (الدقيق) وبقائه على سطح المناخل والتصاقه بالاغلفة مما يعيق عملية الفصل والغربلة، كما ان انخفاض الرطوبة عن الحد المناسب يؤدي الى هدر في طاقة الطحن وزيادة نسبة الاغلفة في الناتج.

يمكن ان تتم عملية ترطيب الحبوب على البارد بإضافة الكمية المناسبة من الماء في خزانات تحتوي على مقلبات لتجانس الرطوبة لمدة ١٨-٤٨ ساعة حسب درجة حرارة الوسط، وقد يضاف الماء دفعة واحدة أو على دفعات وهو الافضل، كما يمكن اجراء عملية الترطيب على الساخن حيث تسخن الحبوب في المرحلة الأولى الى درجة الحرارة المطلوبة التي يجب ان لا تزيد عن ٥٠°م كي لاتتعرض بروتينات القمح للدنترة فتتأثر خواص الخبيز الناتج عنه، ثم يضاف الماء بالنسبة المطلوبة ويترك مع التقليب لمدة ساعة ثم تبرد الحبوب الى درجات الحرارة العادية وتترك بضع ساعات لزيادة تجانس الرطوبة، وقد تعامل الحبوب بالبخار حتى ترتفع حرارتها الى حوالي ٤٨-٥٥°م حيث تترك على هذه الدرجة لمدة دقيقة واحدة ثم تبرد سريعا بإضافة الماء البارد وتنقل سريعا الى اجهزة الطرد المركزي للتخلص من الماء الزائد.

٢-٤: عمليات الطحن: مع تطور العلوم وتقنيات صناعة الطحن، أضحت عملية طحن الحبوب تتضمن تقنيات ومراحل عديدة تمكن من الحصول على الاندوسبيروم المجزأ الناعم المفصول عن الاغلفة والجنين وهذا مايعرف حاليا بالدقيق.

يفضل في صناعة الطحن استخدام القمح الذي يتشرب الماء بسهولة وانتظام عند ترطيبه، ويطحن بأقل طاقة ممكنة، وينفصل فيه الاندوسبيوم عن الاغلفة والجنين بسهولة وبشكل تام، ويعطي نسبه عالية من الاستخلاص (كمية الدقيق الناتج بالنسبة

للكمية الكلية من الحبوب المطحونة) لذلك تفضل الحبوب كبيرة الحجم ذات الوزن النوعي المرتفع، وفي المطاحن الحديثة والمتطورة تمر عملية الطحن بالمراحل التالية:

٢-٤-١: عميلة الجرش أو التكسير: تتم هذه العملية باستخدام مجموعات من أزواج الاسطوانات المعدنية (السلندرات) يتراوح عددها بين ٥-٦ مجموعات ذات سطح خشن عن طريق وجود قنوات طولية أو حلزونية أو عرضية يتراوح عددها بين ٤-٥ قنوات في السم الواحد في مجموعة الجرش الأولى ويزداد تدريجيا حتى يصل في مجموعة الجرش الاخيرة الى ١٠ قنوات. تتكون كل مجموعة من اسطوانتين ذات توضع أفقي بالنسبة لمحور دوارنهما بحيث يكون محور احدى الاسطوانتين أعلى قليلاً من الاخرى تدور بعكس الاسطوانة الادنى وبسرعة مرتين الى مرتين ونصف سرعة دوران الاخيرة وبمعدل ٣٠٠-٤٠٠ دورة في الدقيقة ويتراوح طول الاسطوانة الواحدة بين بين ٦٠-٧٥ سم وقطرها بين ٢٢-٢٣ سم، ويكون البعد بين الاسطوانيتين كبيراً نسبيا في المجموعة الأولى بحيث يسمح بتكسير الحبوب الى اجزاء خشنة، ثم يضيق البعد تدريجيا في المجموعات التالية حتى يصل الى اقل بعد في المجموعة الاخيرة.

٢-٤-٢: النخل: يتم تلقي الناتج من كل مجموعة من مجموعات الجرش الى مجموعة مناخل يتوضع بعضها فوق بعض تتحرك بصورة اهتزازية، ويكون المنخل العلوي بثقوب ذات أقطار متسعة تضيق تدريجيا في المناخل التي تليه حتى تنتهي بمنخل حريري دقيق المسام لايسمح الا بمرور الدقيق فقط. ان الاجزاء الكبيرة على سطح المنخل الأول توجه الى مجموعة الجرش الثانية، والتي على سطح المنخل الثاني الى مجموعة الجرش الثالثة وهكذا، أما المناخل قبل الاخيرة والأخيرة تفصل السميد الخشن والناعم الذي يُوجه للتنقية، وتحت المنخل الاخير نحصل على قليل من الدقيق، وفي هذه الخطوة أيضا يفصل الجنين.

٢-٤-٣: التنقية: تتم بواسطة أجهزة خاصة تعرف بالمنقيات، ويتكون جهاز التنقية من منخل طويل مائل يحتوي على ثقوب تزداد اتساعا من البداية الى النهاية، يمرر فيه من الاسفل للاعلى تيار بطيء من الهواء ليساعد على حركة الجزيئات وفصلها

تدريجيا حسب الحجم والشكل والكثافة، لان حركة المنقي الاهتزازية وميلانه وتيار الهواء البطئ يساعد على تدريج حبيبيات الاندوسبروم الاتية من المناخل وسقوطها من خلال فتحات المنقي تبعا لاحجامها وتتبقى في النهاية الاجزاء الملتصقة بالاغلفة على سطح المنقي حيث يتم تلقيها في اخر المنقي لتمرر ثانية على اسطوانات الجرش أو تخلط مع القشور (النخالة) وتعتبر عملية التنقية هذه خطوة مكملة لعملية النخل.

٢-٤-٤: التنعيم: تتم بواسطة اسطوانات مشابهة في تركيبها العام مع اسطوانات الجرش، الا انها ذات سطح املس لا تحتوي على اية قنوات، وتدور الاسطوانة العلوية بسرعة ١,٥ مرة سرعة دوران الاسطوانة السفلية في اتجاهين متعاكسين أيضا، وقد يبلغ عدد مجموعات اسطوانات التنعيم ١٣ مجموعة حيث تضيق المسافة بين الاسطوانتين في المجموعة الواحدة بتتالي المجموعات كما في حال اسطوانات الجرش. يمرر السميد الناتج من المنقيات أو النواتج الوسطية من المناخل التي تلي اسطوانات الجرش الى المجموعة المناسبة لحجمه من اسطوانات التنعيم حيث يعرض لعملية التنعيم (الطحن) ويفصل الى درجات حسب نعومته بواسطة المناخل التي تلي مجموعة التنعيم ويوجه ناتج كل منخل الى المجموعة التالية حسب درجة نعومته ... وهكذا، أما نواتج المنخل الاخير فهي الدقيق. يحتوي الدقيق الناتج عن المجموعات الاخيرة لأسطوانات التنعيم على نسبة أعلى من الأغلفة ويسمى الدقيق الاسمر، ومن الامور الهامة التي يجب الانتباه اليها عدم حدوث تمزيق لحبيبات النشا اثناء عملية التنعيم لان ذلك يقلل من صلاحية الدقيق الناتج لصناعة الخبيز وهو ما يطلق عليه اصطلاح (زيادة الطحن)، على عكس الطحن الناعم الذي يعني الحصول على حبيبات نشا ناعمة غير ممزقة، تنقل نواتج عمليات الجرش والنخل والتنقية والتنعيم عادة بواسطة شفط الهواء عبر انابيب مناسبة القطر، أو استخدام قانون الجاذبية، ومن الامور المسهلة لاتمام كامل خطوات الطحن تصميم المطاحن على شكل طوابق متتالية.

٢-٥: تخزين الدقيق: يُفضل تخزين الدقيق لبضعة أسابيع في شروط مناسبة من الحرارة والرطوبة لإكسابه بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية التي تحسن مظهره وصلاحيته لصناعة الخبيز، حيث يصبح لون الدقيق ناصعاً وأفضل في صفاته التقنية

ويعطي رغيفاً أكبر حجماً وقواماُ أنعم للبابة الخبز، ويعتبر الدقيق المكون من خلطة الاقماح الصلبة والطرية والذي يحتوي على حوالي ١١% بروتين هو الافضل لصناعة الرغيف، أما الدقيق الابيض الطازج الناتج عن طحن الاقماح الطرية فقط والذي يحتوي على حوالي ٨-٩ % بروتين فهو الافضل لصناعة البسكويت والكاتو، بينما يعتبر دقيق الاقماح الصلبة فقط والذي يحتوي على حوالي ١٣% بروتين فهو الوحيد الصالح لصناعة المعكرونة.

٢-٦: تبييض الدقيق: يفضل المستهلك غالبا الخبيز الابيض الناصع، وحيث أن الدقيق يحتوي على نسبة ولوكانت بسيطة من الصبغات (الزانثوفيل) خاصة اذا ارتفعت نسبة الاستخلاص، لذلك تُستخدم عادة المبيضات بنسبة لا تتجاوز ٣٠ جزء من المليون منها برومات أويودات أو كبريتات البوتاسيوم والتي تُحسن من قوام العجين في نفس الوقت.

٢-٧- تدعيم الدقيق: تنخفض نسبة الفيتامينات والعناصر المعدنية في الدقيق الابيض الفاخر عنها في الدقيق الاسمر ذي نسبة الاستخلاص العالية الذي يتصف بوجود نسبة أعلى من الالياف والعناصر المعدنية والفيتامينات لذلك يدعم الدقيق الابيض الفاخر في البلاد الأوربية ببعض الفيتامينات مثل الثيامين والرايبوفلافين والنياسين وأحيانا فيتامين D وأملاح الحديد والكالسيوم، كما أنه قد يدعم بإضافة الحمض الآميني اللايسين لتحسين القيمة الحيوية لبروتينات الخبيز.

٢-٨: اختبارات القمح والدقيق: تُجرى على القمح والدقيق مجموعة من الاختبارات الفيزيائية والكيميائية تشمل تحديد الوزن النوعي للقمح، ووزن الالف حبة ومدى الاصابة بالحشرات والقابلية لتشرب الماء أثناء الترطيب والقدرة اللازمة للطحن ونسبة الاستخلاص وكذلك تحديد نسبة الرطوبة والنشا والبروتين والعناصر المعدنية والدهن والالياف، كما يحدد لون الدقيق وحجم حبيبات النشا ونوعها ونوعية الجلوتين وقوة العجينة ودرجة نشاط انزيمات الاميليز والقدرة على التخمر وتركيز شوادر الهيدروجين.

٣-صناعة الخبيز:

تلعب صناعة الخبز دوراً اساسياً في الصناعة العذائية كون الرغيف هو المنتج الذي لايغيب في أي وجبة عذائية، ولم تعد صناعة الخبيز مجرد معاملة عجينة الدقيق بحرارة الفرن، ولكنها تطورت لتعنى كافة الخطوات العلمية والتقنية التي تتضمن تحضير العجينة وخبزها ولقد أصبح لهذه الصناعة مدارسها الخاصة وتحول قسم كبير منها الى النظام الالي بفضل ابتكار الالات الحديثة وأصبح بمقدور الخباز انتاج مخبوزات بصفات ومواصفات محددة ثابتة نسبيا على مر الأيام.

٣-١: مكونات الخبيز الرئيسية ودورها في صناعة الرغيف: يحتوي الدقيق اساسا على النشاء والبروتين والعناصر المعدنية وبعض الألياف والفيتامينات وقليلا من الدهن، كما يُستخدم في صناعة المخبوزات اضافة الى الدقيق مواد اخرى، وفيمايلي توضيح لدور كل من هذه المكونات في مواصفات وخصائص الرغيف وقيمته الغذائية:

٣-١-١: بروتينات الدقيق: تلعب بروتينات الدقيق دوراً اساسياً في صناعة الخبيز، حيث تشكل بروتيناته الاساسية الجليادين والجلوتينين عند العجن مع الماء معقدا صمغياً مرناً يسمى الجلوتين الذي يمتاز بقابليته للشد والمط في كافة الاتجاهات ويستطيع حجز الغازات الناتجة عن فعل عوامل التخمر والانتفاخ في بداية المعاملة الحرارية ثم يتغير تركيبه ويثبت على شكل كتلة اسفنجية متماسكة خفيفة الكثافة التي تميز رغيف الخبز الجيد وبذلك تحدد بروتينات الدقيق قوام الرغيف وتتفاوت كمية الجلوتين وخواصه باختلاف اصناف القمح، فالاقماح الصلبة تحتوي عادة على كمية اكبر من الجلوتين المتصف بالشدة والقابلية للمط دون تمزق وبالتماسك وبالتالي الاحتفاظ بالغاز عكس الاقماح الطرية.

٣-١-٢: النشاء والانزيمات: تمتص حبيبات النشاء الماء عند عملية العجن وعند تعرضها للحرارة تلين جدرانها وتنفجر مشكلة محلولاً غروياً متماسكاً كثيفاً من النشاء المتهلم الذي يساهم في تشكيل قوام الرغيف، ويضعف قوام الرغيف بارتفاع نسبة الحبيبات النشوية المتهتكة نظرا لسرعة تأثرها بأنزيمات الاميليز التي تحولها

الى سكريات بنسبة عالية، إلا ان نشاط انزيم الأميلز بدرجة محدودة يُعتبر ضرورياً لانتاج السكر االلازم لنشاط الخميرة كما أن نشاط أنزيم ألفا أمليز يزيد من نعومة وليونة العجينة بسبب إنتاج الديكستيرين، ويحتوي دقيق القمح عادة على نسبة قليلة من أالفا أميليز لذلك يعوض النقص بإضافة المولت أو بعض المستحضرات الفطرية أو مطحون حبوب القمح المنبتة.

٣-١-٣: عوامل التخمر والانتفاخ: تشمل عوامل التخمير والانتفاخ الخميرة الحيوية المنتجة لغاز ثاني أوكسيد الكربون والكحول، وبودرة الخبيز كيميائية التركيب التي تنتج غاز ثاني أوكسيد الكربون، كما تلعب عملية تمدد بخار الماء داخل العجينة اثناء المعاملة الحرارية وعملية تمدد الهواء أثناء خفق بعض أنواع العجائن والمعاملة الحرارية دوراً مساعداً في انتفاخ العجينة وتشكل قوام المخبوز، فالخميرة هي الاساس في صناعة الخبيز، وبودرة الخبيز هي الاساس في صناعة البسكويت، وتجب الاشارة الى أن الاهمية في عامل التخمير ليس فقط قدرته على انتاج الغاز وإنما أيضاً توقيت انتاجه مما يتلاءم مع نوعية المنتج.

تستعمل في تخمير عجين الخبيز خميرة Saccharormyces Cervicia في شكل رطب أو على شكل حبيبات جافة، حيث تنشط هذه الخميرة في الفترة الأولية متكاثرة عددياً بسبب توفر كمية من الأوكسجين المنحل في قوام العجينة، أما بعد ذلك فتنشط منتجة أنزيمات محللة للسكر (الناتج عن نشاط انزيمات الأميلز الموجودة طبيعياً في الدقيق) الى كحول وغاز ثاني أوكسيد الكربون، وهذا التدرج في نشاط الخميرة أمر مرغوب فيه ليتلاءم مع تزايد قدرة الجلوتين على حجز الغاز، أما في عجينة البسكويت فتُستخدم عادة بودرة الخبيز التي تتكون من مصدر لإنتاج ثاني أوكسيد الكربون مثل ثاني كربونات الصوديوم ($NaHCO_3$) ومادة حمضية قادرة على تحرير الغاز من الثاني كربونات بوجود الماء والحرارة مثل فوسفات أحادية الكالسيوم كما هو موضح في التفاعل التالي:

$$3Ca(H_2PO_4)_2+8NaHCO_3 \longrightarrow 8CO_2+Ca_3(PO_4)_2+4Na_2HPO_4+8H_2O$$

وقد تنتج المادة الحمضية على شكل حبيبات، أو يتم تغطيتها بمواد أخرى تبطئ من سرعة تفاعلها مع البيكربونات لتتناسب مع إمكانية تشكل الجلوتين.

٣-١-٤: مضافات أخرى: يمكن أن تدخل في مكونات خلطة المخبوز مواد إضافية أخرى أهمها:

- البيض الذي يعمل على رفع القيمة الغذائية للمخبوز وتحسين الطعم والنكهة واللون، كما يساهم في تركيب وقوام المخبوز نظراً لقدرة بروتيناته على حجز الغاز عند تصلبها بالحرارة، ويساهم البيض المخفوق في نفخ العجينة واحتجاز الغاز وخفض الكثافة.
- الدهن: يفضل استخدام السمن الحيواني أو النباتي على استخدام الزيوت السائلة لان الأولى تتوزع بشكل تدريجي وشبه متجانس في قوام العجينة، بينما تشكل الزيوت بؤراً ضمن تكتلات العجينة، كما يُفضل خفق الدهن قبل إضافته لادخال الهواء في تركيبه، وعند التعرض لحرارة الفرن يسيل الدهن ويتوزع حول الشبكة الجلوتينية الاسفنجية فيعمل على زيادة طراوة المنتج ونعومته واكسابه طعماً دسماً وقواماً هشاً، كما ان فقاعات الهواء التي كانت محتجزة داخل الدهن تتمدد بالحرارة وتساعد على نفخ العجينة.
- السكر: تساعد اضافته على اكساب الطعم الحلو، ويشكل مصدراً غذائياً للخميرة الحيوية بتحلله الى جلوكوز وفركتوز قابلين للتخمر، مما يحفز الخميرة على التكاثر أولاً ثم إفراز الانزيمات التي تحول السكر الى كحول وثاني أوكسيد الكربون يؤدي الى انتفاخ العجينة واكتسابها القوام الاسفنجي المرغوب، كما يساهم السكر في الاحتفاظ بالرطوبة التي ترفع من طراوة المنتج، وتساهم السكريات المختزلة (الجلوكوز والفركتوز) في تحسين لون المنتج بدخولها في تفاعل مع الاحماض الامينية حسب تفاعل ميلارد وتشكل لون القصرة البني.
- الحليب: يمكن اضافة الحليب السائل المغلي أو المجفف لتحسين القيمة الغذائية والطعم واللون، وربما يرفع من قدرة الخميرة على انتاج الغاز نظرا لاحتوائه على بعض المغذيات الضرورية لها، لكن إضافة الحليب الخام غير المعامل حراريا فقد تؤثر سلباً على قوة الجلوتين نتيجة لنشاط الانزيمات البروتينية التي تجعل الجلوتين ذا قوام صمغي ضعيف.
- قد تضاف أملاح الكالسيوم والفوسفات لتغذية الخميرة، وتضاف بعض المواد المؤكسدة كالبرومات أو الايودات بتركيز عشرة أجزاء في المليون لتحسين صفات

الجلوتين والقابلية للخبز، كما قد تضاف بعض المواد المثبطة لنمو الفطريات مثل أملاح حمض البروبيونيك أو السوربيك بنسبة لا تزيد عن ٠,١%.

٣-٢: تصنيع الخبيز: للخبز أنواع وأشكال متعددة ولو أنها جميعا تتكون أساساً من دقيق القمح والماء والخميرة والملح، ففي آسيا وأفريقيا ينتشر انتاج الخبز المرقد (المعروك) أو المسطح (المرقوق) الذي يطلق عليه اسم الرغيف البلدي، وفي أوربا وأمريكا ينتشر إنتاج الخبز الأسطواني أو القرصي والذي يطلق عليه محلياً اسم الصمون، ومع ذلك فإن الخطوات الأساسية في عملية الإنتاج تتشابه في معظم الأحيان بين النوعين إلا في بعض الجزيئات وفي تصميم آلات الإنتاج.

٣-٢-١: خطوات صناعة الخبز الأوروبي:

٣-٢-١-١: مكونات الخلطة: يُنقل الدقيق بواسطة شفاطات هواء من المخازن إلى المناخل أولاً، ثم إلى الموازين الأوتوماتيكية ثم إلى الخلاطات Mixer الآلية (العجانات) التي تتسع الواحدة منها إلى مايقرب من ٧٠٠ كغ وغالباً تزود الخلاطات بموازين حرارة ومنظمات لها بحيث تحافظ على درجة الحرارة أثناء الخلط بين ٢٥-٢٨ درجة مئوية، وتضاف المكونات الأخرى آلياً بعد إضافة الدقيق، وتتم الإضافة إما على دفعة واحدو أو على دفعتين. وفيما يلي نموذج للكميات المستعملة في إنتاج الخبز الأوروبي الأبيض محسوبة لكل ١٠٠كغ دقيق: ٦٠-٦٥ كغ ماء، ٢,٧٥كغ خميرة، ٢كغ ملح، ٦-٧كغ سكر، ٤كغ حليب مجفف خالي الدسم، ٣كغ دهون، ١كغ مستخلص المولت، ١٧٠غ مغذيات للخميرة تشمل ملحا من أملاح الكالسيوم وآخر من أملاح الأمونيوم كمصدر للآزوت، ومادة مؤكسدة مثل برومات البوتاسيوم لتحسين نوعية الخبيز. كما قد تُضاف مستحضرات بعض الفيتامينات والأملاح المعدنية عند تدعيمه بها.

٣-٢-١-٢: عملية العجن: تتم عملية العجن بإحدى طريقتين:

أ- طريقة العجينة العادية او المباشرة: وفيها تُخلط كافة المكونات دفعة واحدة وتعجن وتفضل هذه الطريقة في المخابز الصغيرة نظرا لقلة الجهد الذي تتطلبه. وتستغرق عملية العجن مدة تتراوح بين ٨ و١٥ دقيقة حسب قوة الجلوتين.

ب- طريقة العجينة الاسفنجية: وفيها يتم خلط حوالي ثلثي كمية الدقيق مع حوالي ثلثي كمية الماء وتضاف الخميرة ومغذياتها ومستخلص المولت وتخلط جيدا، ثم تُنقل العجينة الناتجة الى غرف التخمير وتترك لمدة ٣-٤ ساعات فتتشكل العجينة الأسفنجية التي تُنقل بدورها إلى الخلاطات، وتضاف لها بقية المكونات من ماء ودقيق وملح وسكر ودهون وحليب خال من الدسم. يتم بعدها الخلط لبضع دقائق وبسرعة عالية، مع مراعاة عدم السماح لدرجة الحرارة بالارتفاع عن ٢٨ درجة مئوية، وتتميز طريقة العجينة الاسفنجية بإمكانية استعمال نوعين مختلفي القوة من الدقيق، وبأنها أكثر قابلية للميكنة والضبط والتحكم من طريقة العجينة العادية. وفي كلا طريقتي العجن يجب ملاحظة ان عدم إتمام الخلط يسبب عدم انتظام شكل وصفات الارغفة الناتجة، بينما تسبب زيادة الخلط أضعاف قوة العجينة وقدرتها على الاحتفاظ بالغاز اثناء التخمر مما يؤدي الى صغر حجم الرغيف وتغير صفاته المسامية.

٣-٢-١-٣: التخمر: ينقل كامل العجين بعد تمام عملية الخلط الى غرف التخمر حيث تصب العجينة اليا في احواض التخمر المناسبة الحجم لان الحجم الكبير يسبب انبساط العجينة بداخلها وقلة ارتفاعها اثناء التخمر، اما صغر حجمها فيسبب ارتفاع العجينة وطوفانها الى الأرض. وعادة تحمل أحواض التخمر على عجلات الى غرف التخمر التي تضبط درجة حرارتها على ٢٧ درجة مئوية ورطوبتها النسبية على ٧٥%، ويجب خلو غرف التخمر من تيارات الهواء منعا لجفاف العجينة، تستمر عملية التخمر في طريقة العجينة العادية حوالي ٤-٥ ساعات مستمرة بينما تتعرض في طريقة العجينة الاسفنجية الى فترتين منقطعتين اولاهما ٣-٤ ساعات والثانية بعد إتمام المرحلة الثانية من العجن حوالي ١/٢ ساعة.

٣-٢-١-٤: التقطيع والتشكيل: تقطع العجينة آليا بعد تمام التخمر الى قطع ذات وزن مناسب يزيد بما يقرب من ١٢% عن وزن الرغيف المطلوب، ثم تكور قطع العجين وتنتقل الكرات على سير آلي عبر غرفة تكييف أولي تكون منتظمة الحرارة، يستغرق حوالي عشر دقائق، يتم خلالها التئام العجينة، وتُشكل غلاف جلدي حول الكرات يمنع تسرب الغاز الذي ينتج خلال تلك الفترة، تُمرر الكرات

بعدها في ماكينات التشكيل حيث تأخذ هيئة أسطوانات الرغيف الأوربي وتنقل مباشرة الى صواني (قوالب) الخبيز المدهونة بمادة دهنية في حالة الخبز الأمريكي، أو على سير الخبيز مباشرة في حالة الخبز الفرنسي حيث تُمرر الصواني عبر غرفة التكييف النهائي، بدرجة حرارة ٣٥ مئوية ورطوبة نسبية ٨٥%. وتستغرق مدة التكييف هذه حوالي ساعة يتم خلالها التخمر السريع وزيادة انتاج الغاز وانتفاخ الرغيف قبل دخولها الفرن.

٣-٢-١-٥: عملية الخبز في الفرن: تدخل قطع العجين المشكلة الى الفرن الذي تتراوح حرارته بين ٢٤٠-٢٧٠°م محمولة على سيور آلية طويلة، بحيث تبقى القطع في الفرن مدة تتراوح بين ٢٠-٣٠ دقيقة لاكتمال عملية الخبيز، تخرج بعدها من الطرف الاخر أوتدور فيه دورة كاملة لتخرج من فتحة محاذية لنفس الطرف الذي دخلت منه، وتبرد بعد ذلك في غرف درجة حرارتها في حدود ٢٠-٢٥°م ورطوبتها النسبية في حدود ٨٥%، ويجب أن لاتزيد رطوبة المخبوز النهائية عن ٣٣%، وبعد التبريد يمكن أن يقطع الخبز الى شرائح تغلف بالسلوفان أو أن تبقى بدون تقطيع، وأهم التغيرات والتفاعلات التي تتم اثناء عملية الخبز هي:

١- إستمرار نشاط الخميرة داخل الفرن خلال الدقائق الأولى وإنتاج الغاز وتمدده وانتفاخ الرغيف الى ان تتلف الخميرة عندما تصل درجة الحرارة الى٥٥°م.

٢- تتجمع البروتينات وتتصلبCoagulation ويتجلتن النشا Gelatenization .

٣- يتطاير الكحول الناتج أثناء التخمر، ويتبخر جزء من الرطوبة

٤- تتشكل بعض مكونات النكهة .

٥- يحدث تغيرات في اللون بسبب كرملة السكريات وتفاعل ميلارد ويصبح سطح الرغيف اسمراً مائلاً للإحمرار

٦- تتكون القصرة بسبب حدوث الجفاف السطحي

يختلف عمق هذه التفاعلات وترتيب حدوثها تبعاً لدرجة حرارة الفرن ومدة الخبز، فمثلا اذا كانت درجة الحرارة مرتفعة أكثر مما يلزم أو كانت فوق المنتج أعلى منها تحته، فإن القصرة تتكون بسرعة وقبل أن يتم خبز المحتويات الداخلية جيدا،

وبالتالي تكون المنتجات متعجنة من الداخل. وقد يؤدي استمرار تشكل الغاز وتمدده في هذه الحالة الى انفجار القصرة وتشوه الشكل الخارجي للرغيف.

٣-٢-٢: صناعة الخبز البلدي: للخبز البلدي عدة أنواع اشهرها المعروك (المرقد)، والمرقوق أو المشروح، ويصنع الخبز بإضافة خميرة الخبيز للدقيق بنسبة تتراوح بين نصف وواحد بالمائة، وقد تذاب الخميرة بنسبة كيلو غرام واحد منها في قليل من الماء الدافئ، وتضاف لمائة كيلو غرام من الدقيق مع باقي الماء والملح ثم تُعرض لعملية العجن. وقد يُستعاض عن الخميرة بإستخدام جزء من عجين متخمر سابق معد للخبيز يُضاف بنسبة ١٢-١٨% للعجين التالي، ويُضاف الملح بنسبة ١,٥% تقريبا، ثم تخلط العجينة آليا لمدة ثلث ساعة تقريباً، وبعد تمام العجن، تترك العجينة في حوض التخمر لمدة ساعة إلى ساعتين ثم تُقطع الى قطع صغيرة وتُترك ليستمر تخمرها ثم تُعفر بالدقيق وترقق، وتترك لعدة دقائق أخرى لحدوث جفاف سطحي مع استمرار عملية التخمر، يلي ذلك خبز الارغفة المستديرة في الفرن البلدي على درجة حرارة ٤٠٠ إلى٤٥٠°م. وتستغرق عملية الخبيز عادة ١-٣ دقائق، ينتفخ الرغيف خلالها، وتتشكل قصرته، وتُقتل الاحياء الدقيقة وتتلف الخميرة، وتنخفض الرطوبة الى حدود لا تزيد عن ٣٠%.

٣-٢-٣: صناعة الخبز بالطريقة المستمرة: إن الصعوبات الرئيسية في ميكنة صناعة الخبز تكمن ليس فقط في نقل وتداول كميات كبيرة من العجين يصعب ضخها أو نقلها بالطرق المعتادة، بل في مرحلة التخمير الضرورية التي تتوقف عليها سرعة عمليات الخبيز، وقد أمكن التغلب على هذه الصعوبات والحصول على نكهة الخبز المتخمر دون اجراء عملية التخمر المعتادة التي يحجز فيها العجين لعدة ساعات في غرف التخمر ذات الحرارة والرطوبة المنظمتين، وذلك بواسطة تخمير سائل مركز قبل اضافته للدقيق أثناء عملية الخلط، ثم الخلط والعجين بطريقة خاصة. في احدى هذه الطرق المستمرة يجري أولا تخمير السائل المركز الذي يتكون من الماء والخميرة والسكر والحليب والملح ومغذيات الخميرة، واحيانا بعض المواد المثبطة لنمو الفطريات كمشتقات حمض البروبيونيك، حيث يخمر المزيج في اوعية كبيرة منظمة الحرارة لمدة تتراوح بين ساعتين وثلاث ساعات، ثم يُنقل

السائل المتخمر اوتوماتيكيا الى الخلاطات الأولية حيث يخلط مع الدقيق والدهن السائل. ثم ينقل الخليط الى عجانات خاصة ذات طاقة حركية عالية كافية للوصول بالعجين الى درجة التماسك المماثلة لتلك الناتجة عن التخمر البطيء وتتابع بعدها باقي الخطوات كما سبق.

وبهذه الطريقة تكون العملية مستمرة تماماً. وقد انتشرت الطرق المستمرة لإنتاج الخبز في البلدان المتقدمة حيث تُنتج غالبية كمية الخبز بهذه الطريقة.

٤- صناعة المعكرونة :

يمكن تعريف المعكرونة على انها عجينة تصنع من السميد، أو الدقيق الفرخة الناتجين عن القمح القاسي، أومزيج منهما مع الماء، ثم يتم تشكيلها الى اشكال مختلفة بتأثير الضغط، ثم تجفف الى درجة رطوبة نهائية لا تزيد عن ١٣%، ويسمح بإضافة مواد كثيرة في صناعة المعكرونة أهمها البيض والحليب ومواد النكهة كالتوابل وأحياناً بعض عصائر الخضر كالبندورة. وقد تدعم المعكرونة أيضا بإضافة نسب معينة من الثيامين والرايبوفلافين والنياسين والحديد. وللمعكرونة أشكال عديدة اكثرها شيوعا المعكرونة الانبوبية والشريطية Spaghetti والحلقية والصدفية والنجمية.

٤-١: خطوات تصنيع المعكرونة:

٤-١-١: تحضير العجينة: يضاف عادة لكل ١٠٠ كغ من السميد ٢٥-٣٠ كغ من الماء بدرجة حرارة بين ٣٥ الى ٤٥°م حيث يمكن تخفيض كمية الماء المضافة بازدياد خشونة حبيبات السميد، وبارتفاع الحرارة في جو المصنع، وبارتفاع نسبة الرطوبة في جو غرفة الخلط، ويلاحظ ان السميد يحتاج الى كمية من الماء عند تحضير العجينة أقل مما هو الحال في الدقيق حيث أن زيادة الماء عن اللازم تزيد من تكاليف التجفيف ومدته وتزيد من تكاليف الإنتاج، وتبلغ نسبة الرطوبة في العجينة عادة حوالي ٣٠%.

عند تحضير العجينة يجب ان لا ترتفع درجة الحرارة لان ذلك يترك أثراً سيئاً في لون المعكرونة الناتجة، ويلاحظ عند تحضير العجينة مزج المخلوط ببطء مع إضافة الماء اللازم حتى تمام التجانس، ثم تحفظ العجينة لمدة حوالي ساعة عند درجة

٢٧-٣٥°م، وللحصول على عجينة متجانسة ينصح بأن تمرر العجينة بعد الخلط بين اسطوانتين او في عجانة خاصة لزيادة تجنيسها.

عند صناعة معكرونة البيض يخفق البيض مع الماء قبل عملية العجن وتضاف المكونات الأخرى. ثم يضاف بعض الصبغيات المسموح بها لإكساب المعكرونة لونا اصفر زاهيا ثم يضاف السميد والدقيق أو خليطهما تدريجياً، يعمد بعض الصناع اجراء عملية العجن تحت تفريغ يتراوح بين ٤٠٠ و٧٠٠ مم زئبقي وذلك لإزالة الفقاعات الهوائية وتحسين لون العجينة وتماسكها، بالتالي تحسين صفات المعكرونة الناتجة. فقد ثبت أن صفاء اللون الأصفر في المعكرونة يتعلق بعدد فقاعات الهواء المتكونة أثناء العجن والكبس، وان اللجوء الى التفريغ أثناء العجن والكبس يزيل تلك الفقاعات ويحسن اللون والقوام.

٤-١-٢: كبس العجينة وتشكيلها: تتم هذه العملية في مكابس خاصة تجبر العجينة على المرور خلال يقوب قرص المكبس تحت ضغط يتراوح بين ٢٠٠و٢٥٠ كغ/سم^{٢} على لزوجة العجينة، كما قد تتم عملية التشكيل كلها تحت تفريغ لتحسين اللون والقوام وهناك اشكال عديدة لثقوب اقراس المكبس وفي حالة المعكرونة الشريطية تقطع المعكرونة بواسطة سكاكين آلية، ثم تعلق على حوامل خشبية تثبت على عربات لنقلها الى المجففات أو غرف التهوية.

٤-١-٣: تجفيف المعكرونة: وهي أهم عملية في صناعة المعكرونة، لذلك يجب أن يعتني بها الى اقصى حد ممكن. وتتم عملية التجفيف عادة على مرحلتين:

٤-١-٣-١: تهوية المعكرونة: ويتم ذلك في غرفة التهوية التي يمر فيها تيار من الهواء رطوبته النسبية مابين ٤٠-٥٠% حيث تبقى المعكرونة حوالي نصف ساعة، وبذلك تكتسب جفافاً سطحياً يحد من نمو كثير من الأحياء الدقيقة، وظهور الحموضة بالمعكرونة، كما يتحدد بذلك الشكل النهائي للمعكرونة أثناء عملية التجفيف وبهذه العملية يُزال حوالي ٣٥% من رطوبة المعكرونة.

٤-١-٣-٢: التجفيف: وفيه تُنقل المعكرونة إلى المجفف الذي تُضبط درجة حرارته ورطوبته النسبية وسرعة مرور الهواء به بما يتماشى مع سرعة التبخير

من المعكرونة، ومع سرعة تسرب الماء إلى السطح الخارجي من الداخل. ويُلاحظ عموماً أن البطء في عملية التجفيف يعرض المعكرونة للإصابة بالفطريات أو للتخمر الحامضي، كما يطيل من المدة في حين أن الإسراع في عملية التجفيف يؤدي إلى جفاف وتشقق السطوح الخارجية للمعكرونة، وفي العادة تكون الرطوبة النسبية لهواء التجفيف حوالي ٩٠%، تنخفض تدريجياً بتقدم التجفيف حتى تصل إلى حوالي ٦٠% خلال فترة التجفيف التي تستمر مابين ٣٦-٩٠ ساعة، وتُضبط الدرجات أوتوماتيكياً على الدرجات المطلوبة في المجففات الحديثة، أما في المحففات العادية فيستحسن تجفيف المعكرونة على فترات متقطعة وعند نهاية التجفيف تكون نسبة الرطوبة في المعكرونة الناتجة ما بين ١٠ و١١% ويُلاحظ أن المعكرونة القصيرة وكل الأشكال خلاف المعكرونة الطويلة تجف بوضعها على صواني مثقبة خاصة تُرص على عربات وتُنقل إلى غرفة التجفيف.

٤-٣: مواصفات المعكرونة الجيدة: يجب أن تتميز المعكرونة الجيدة بالمواصفات التالية:

١- صفاء ونقاوة اللون الكهرماني وتجانسه وعدم ظهور أية تبقعات.
٢- نعومة السطح وتماسك القوام والخلو من الشقوق صغيرة كانت أم كبيرة.
٣- قابلية المعكرونة للثني قليلاً، وتكسرها كالزجاج عند ثنيها بشدة.
٤- تضاعف الحجم عند الغلي بالماء لمدة عشر دقائق على أن تحتفظ المعكرونة بعد الغلي بشكلها الأصلي وأن لا تتعجن أو تلتصق ببعضها.

الفصل الرابع

أساسيات تقانة الألبان

١- مقدمة : عرف الحليب ومنتجاته كغذاء حيوي هام منذ أقدم العصور، كما أن معدل استهلاكه في المجتمعات المعاصرة يعبر عن أحد أوجه تقدمها الحضاري واهتمامها برفاهيتها الغذائية والصحية لأن الحليب ومنتجاته يعتبر من أكمل الأغذية الطبيعية لاحتوائه على معظم العناصر المغذية الضرورية وبكميات مناسبة تقريبا لنمو الرضيع وتمكين الإنسان البالغ من ممارسة نشاطاته الحيوية المختلفة، وهو في نفس الوقت غذاء لذيذ الطعم سائغ للشاربين، سهل الهضم نسبياً، رخيص الثمن بالمقارنة بالأغذية الحيوانية الأخرى، ولقد استحوذ الحليب ومنتجاته على اهتمام خاص عند العاملين في مجال علوم الأغذية، الأمر الذي ساعد على تطور علم الألبان تطوراً كبيراً بحيث أصبحت الأبحاث التي تتعلق بهذا العلم لوحده تشكل الجزء الأكبر من مجمل الأبحاث الجارية في مجال علوم الأغذية الأخرى.

٢- مكونات الحليب :

يعرف الحليب بأنه الإفراز الطبيعي للغدد اللبنية الناتج عن الحلب الكامل لحيوان ثديي أو أكثر من نفس النوع خالياً من الأمراض المعدية ومعتنى بغذائه محصل عليه قبل أسبوعين من الولادة التالية على الأقل أو بعد أسبوع منها دون أن تضاف إليه أية مادة أو ينتزع من مكوناته شيء.

يتكون الحليب عموماً من الماء والبروتينات والدهون وسكر اللاكتوز والأملاح المعدنية، إضافة إلى الفيتامينات والأنزيمات والصبغات، ومع أن نفس هذه المكونات توجد في مختلف أنواع الحيوانات الثديية إلا أن نسبة كل منها تختلف باختلاف النوع والسلالة والعامل الفردي وموسم الحلابة ونوعية التغذية وكون الحلبة صباحية أو مسائية وصحة الحيوان وكفاءة عملية الحلب والعوامل المناخية، وفيما يلي الجدول رقم (٢٠) الذي يعطي متوسط المكونات الرئيسة في حليب بعض أنواع الحيوانات الزراعية:

الجدول (٢٠): مكونات الحليب في بعض الحيوانات

المكون / النوع	الماء %	البروتينات %	الدهون %	سكر اللاكتوز%	العناصر المعدنية %
الأبقار	٨٦,٩	٣,٥	٤	٤,٩	٠,٧
الأغنام	٨٣,٥	٥,٢	٦,٢	٤,٢	٠,٩
الماعز	٨٧	٣,٧	٤,١	٤,٢	٠,٨
الناقة	٨٧,٦	٣	٥,٤	٣,٣	٠,٧
الجاموس	٨٢,٥	٤,٢	٧,٦	٤,٩	٠,٨

٢ – ١: ماء الحليب : ٩٥% من ماء الحليب في حالة حرة مرتبطة فيزيائياً بشحن قطبية ضعيفة يمكن التخلص منه بالتسخين في درجة ١٠٥°م، أما الجزء الباقي فهو مرتبط كيميائياً مع البروتينات أو الدهون الفوسفورية أو على أسطح حبيبات الدهن، تتلخص أهمية الماء في تركيب الحليب بأنه يعطي المظهر السائل التي توجد فيه حبيبات الدهن بصورة معلقة على هيئة مستحلب ومعظم البروتينات ونسبة بسيطة من الأملاح بصورة غروية، ويذوب فيه اللاكتوز وبقية البروتينات والأملاح، والماء عامل أساسي لحدوث مختلف التفاعلات الكيميائية والحيوية والتخمرات التي تحصل في الحليب ومنتجاته خاصة في صناعة الألبان المتخمرة والأجبان وإنضاجها.

٢-: بروتينات الحليب : يحتوي الحليب على حوالي ٠,٥٥- ٠,٦% آزوت كلي على هيئة مركبات مختلفة حوالي ٩٥% منه يدخل في تركيب البروتينات وأشباه البروتينات كما يلي: ٧٥,٥% بروتين الكازئين، ٩,٢% البيومينات، ٣,٣% جلوبيولينات، ٤% بروتيوز وببتون.

إن تميز البروتينات بالخاصية الأمفوتيرية (إمكانية ارتباطها بكل من الأحماض والقلويات لوجود مجموعة الآمين في تركيبها في الحالة الأولى ومجموعة الكربوكسيل في الحالة الثانية) يكسبها قوة التنظيم في المحاليل الغروية مما يعطي الحليب قدرة نسبية في الاحتفاظ بصفاته الطبيعية لحد ما.

توجد معظم بروتينات الحليب على صورة غروية لها خاصية الإدمصاص والارتباط بالماء المتأدرت المقيد بالجزيء بكميات مختلفة حسب حالته الطبيعية أو تعرضه لتغيرات بتأثير الحرارة أو الحموضة أو وجود المعادن الثقيلة .. الخ.

تمتلك بروتينات الحليب قيمة غذائية حيوية عالية لاحتوائها على جميع الأحماض الآمينية الضرورية وبالكميات الملائمة لحاجة الإنسان إلى حد كبير.

٢- ٢: أهم بروتينات الحليب :

٢- ٢- ١: الكازئينات: وتشكل حوالي ٨٠% من مجمل بروتينات الحليب، يدخل في تركيبها أكثر من ١٨ نوعاً من الأحماض الآمينية، منها جميع الأحماض الآمينية الضرورية ويدخل في تركيبها الكالسيوم والفوسفور والكبريت لذلك يطلق عليها علمياً فوسفوكازئينات الكالسيوم، ويعتبر الحليب ومنتجاته المصدر الوحيد لهذه البروتينات في الطبيعة، وهو بروتين معقد يتكون بدوره من ألفا وبيتا وغاما كازئين حيث يكون الأول حوالي ٧٥% والثاني ٢٢% والثالث ٣% من مجموع الكازئينات، كما أن ألفا كازئين بدوره مكون ألفا-إس كازئين وكابا كازئين وقد وجد أيضاً أن ألفا- إس كازئين مكون من مجموعة جزيئات أبسط أطلق عليها ألفا -إس - ١ وألفا-إس - ٢ وهكذا.....

الكازينات لا تتخثر بالحرارة في الوسط المعتدل، ولكنها ترسب في الوسط الحمضي عند pH= ٤,٧، ويمكن أن يحدث الترسب أيضاً عند pH أعلى قليلاً بتأثير الحرارة، كما أن الكازئينات تتحلل جزئياً بتأثير إنزيم الرينين.

٢-٢-٢: الألبيومينات: وتشكل حوالي ١٥ % من مجمل بروتينات الحليب، أهمها بيتا لاكتوجلوبيولين الذي يشكل ٧٠% منها ويتميز باحتوائه على نسبة عالية من الأحماض الآمينية التي تعتبر مسؤولة عن ظهور الطعم المطبوخ أو الشائط عند المعاملة الحرارية العالية للحليب، والغالاكتو ألبيومين الذي يشكل حوالي ٢٠% من الألبيومينات، وألبيومين سيرم الدم الذي يشكل حوالي ٦-١٠% من الألبيومينات.

٢-٢- ٣: الجلوبيولينات أو لاكتوجلوبيولين: يشكل حوالي ٥% من بروتينات الحليب ومنها جلوبيولين المناعة Immoglobiolin الذي يحمل الأجسام المضادة.

يطلق على الألبيومينات والجلوبيولينات اسم بروتينات الشرش ذلك لأنها تتركز في مصل الحليب بعد تخثر الكازئينات لوجود معظمها بحالة ذائبة في الحليب، وتتخثر بالحرارة حيث يمكن فصلها من الشرش للحصول على القريشة.

٢ -٢-٤: **المركبات الآزوتية غير البروتينية:** تشكل نسبتها حوالي ٥% من مجمل المواد الآزوتية وتشمل البروتيوزببتون والأحماض الأمينية الحرة والكرياتين والكرياتينين والأمونيا واليوريا وكلها تعتبر من نواتج التمثيل الغذائي للبروتينات، كما يوجد نسبة من الدهون الفوسفورية التي تحتوي على القواعد الآزوتية كالكولين والكولامين والسيرين.

٢ – ٣: **دهن الحليب:** يعتبر دهن الحليب من أهم وأغلى مكوناته لذلك تتخذ نسبته معياراً لتحديد سعر الحليب، وهو المكون الأساسي للقشدة والزبدة والسمن الطبيعي، ويلعب دوراً هاماً في تحديد طعم ونكهة ودسامة ونعومة المنتجات اللبنية وغيرها من الأطعمة التي يستخدم في تحضيرها، وهو مادة سهلة الهضم غنية بالفيتامينات الذائبة فيه بالمقارنة بالدهون الحيوانية الأخرى، يدخل في تركيبه أكبر عدد من الأحماض الدهنية ويتميز باحتوائه على نسبة جيدة من الأحماض الدهنية المشبعة الطيارة والأحماض غير المشبعة متعددة الروابط الزوجية (اللينوليك–اللينولينيك–الأراكيدونيك) التي تعتبر ضرورية للجسم وقليلا ما تتوفر في الدهون الحيوانية الأخرى وهذا الأخير لايتوفر حتى في الزيوت النباتية.

يوجد الدهن في الحليب على هيئة حبيبات كروية دقيقة يبلغ متوسط أقطارها في الحليب الجاموسي بحدود ٤,٤ ميكرون وفي حليب الأبقار بحدود ٣,٢ ميكرون ويقل عن ذلك في حليب الأغنام والماعز في حالة مستحلب ثابت نسبياً مع باقي مكونات الحليب بسبب إحاطتها بغشاء رقيق مكون من مجموعة معقدة من المواد أهمها الدهون الفوسفورية التي تمتلك في تركيبها مراكز محبة للماء وأخرى كارهة له فتعمل بذلك كحلقة وصل بين حبيبات الدهن والوسط المحيط يؤدي إلى منعها من التجمع والانفصال.

٢–٣–١: **الأحماض الدهنية لدهن الحليب:** تشكل الأحماض الدهنية أكثر من ٨٥% من وزن دهن الحليب بينما يشكل الجليسرول حوالي ١٢,٥ –١٣% وتنقسم الأحماض الدهنية لدهن الحليب إلى:

٢-٣- ١-١: أحماض دهنية مشبعة: تشكل حوالي ٦٠ % من جملة الأحماض الدهنية الكلية في دهن الحليب، منها أحماض مشبعة طيارة تكون حوالي ١٧% من جملة الأحماض الكلية بعضها يذوب في الماء مثل حمض الزبدة (البيوتريك) والكابرويك التي تتميز برائحة نفاذة وطعم لاذع ومنها ضعيف الذوبان في الماء مثل حمض الكابريليك والكابريك ومنها ما لا يذوب في الماء مثل حمض اللوريك.

يتميز دهن الحليب بارتفاع نسبة الأحماض الدهنية المشبعة الطيارة الذوابة بالماء بالمقارنة بالدهون الأخرى ويتخذ ذلك أساساً لكشف الغش في الزبدة و السمن بما يسمى رقم رايخرت مايسل الذي يُعرف بأنه عدد مل محلول هيدروكسيد الصوديوم (أو البوتاسيوم) ٠,١ ع اللازمة لمعادلة الأحماض الدهنية المشبعة الطيارة الذوابة في الماء والناتجة عن تصبن ٥ غرامات من الدهن والذي يتراوح لدهن الحليب بين ٢٤ و٢٣ بينما تنخفض فيه نسبة الأحماض المشبعة الطيارة غير الذوابة بالماء والتي تُقدر برقم بولنسك الذي يعرف بأنه عدد مل محلول هيدروكسد الصوديوم (أو البوتاسيوم) ٠,١ ع اللازمة لمعادلة الأحماض الدهنية المشبعة الطيارة غير الذوابة في الماء والناتجة عن تصبن ٥ غ من الدهن ويتراوح في دهن الحليب ما بين ٢- ٥، بينما يرتفع في دهن جوز الهند إلى ١٧-١٨.

٢- ٣- ١- ٢: الأحماض الدهنية غير المشبعة: تشكل حوالي ٤٠ % من جملة الأحماض الدهنية الكلية لدهن الحليب وجميعها غير طيارة ولا تذوب في الماء. تحتوي على روابط زوجية من أهمها حمض الأوليك ذي الرابطة الزوجية الواحدة واللينوليك ذي الرابطتين الزوجيتين واللينولينيك ذي الثلاث روابط زوجية والأراكيدونيك ذي الأربع روابط زوجية وهي أحماض ضرورية وخاصة اللينولينيك والأراكيدونيك. تتميز هذه الأحماض بقلة ثباتها اتجاه التزنخ الأوكسيدي وبدرجة انصهارها المنخفضة، ويستفاد من تحديد نسبتها في تمييز الدهن الحيواني عن الزيوت النباتية حيث تكون نسبتها عالية في الأخيرة وذلك بتقدير ما يسمى بالرقم اليودي الذي يُعرف بانه عدد غرامات اليود المتفاعلة مع ١٠٠ غرام من الدهن حيث يبلغ متوسطه في دهن الحليب ٤٠، بينما يرتفع في معظم الزيوت النباتية إلى أكثر من ٨٥ وقد يصل في زيت فول الصويا وعباد الشمس إلى حوالي

١٣٥، باستثناء زيت جوز الهند وزبدة الكاكاو وزيت النخيل الذي يبلغ متوسط الرقم اليودي لها ١٠، ٣٧، ٥١، على التوالي، ويحتوي دهن الحليب على نسب بسيطة جداً من أحماض دهنية فردية عدد ذرات الكربون وأحماض كيتونية.

٢-٣-٢: المواد المصاحبة لدهن الحليب: تصاحب دهن الحليب كميات قليلة من الدهون الفوسفورية تشكل حوالي ٤% من جملة المواد الدهنية في الحليب وتتميز بقيمة حيوية عالية وتدخل في تركيب غشاء حبيبة الدهن وتشكل بذلك مادة استحلاب، كما أنها تشارك في إكساب الحليب طعمه وفي تثبيت الرغوة في قوام القشدة المخفوقة والمثلوجات اللبنية وأهمها الليسيثين والسيفالين والسفنجومايلين، كما يصاحب دهن الحليب الستيرولات (الكحولات الصلبة) بنسبة ٠,٣٢% من دهن الحليب الكلي منها الكوليسترول والأرجوستيرول و٧-٢ هايدروكوليسترول يرتبط الجزء الأكبر منها في غشاء حبيبة الدهن، ومن المواد المصاحبة لدهن الحليب أيضاً فيتامين A وD وE وK والمواد الملونة أهمها الكاروتين ذي القيمة الحيوية(مولد فيتامين A) والذي يوجد في حليب الأبقار بنسبة أعلى منه في حليب الماعز والأغنام والجاموس.

٢- ٣ -٣: تلف دهن الحليب: يتعرض دهن الحليب إلى نوعين رئيسين من التلف، أولهما التزنخ المائي الحامضي الذي يحدث نتيجة نشاط انزيم الليباز الذي يوجد طبيعياً في الحليب وغالباً تنتجه الأحياء الدقيقة الملوثة للحليب، حيث يقوم هذا الانزيم بتحليل دهن الحليب إلى مكوناته الأساسية (جليسرول + أحماض دهنية حرة) وذلك بتحطيم الرابطة الإستيرية بين الجليسيرول والأحماض الدهنية بوجود الماء، مما يؤدي إلى ارتفاع حموضة الدهن وظهور رائحة نفاذة قوية نتيجة تحرر حمض الزبدة على وجه الخصوص، وبذلك يفسد المنتج اللبني كلية، أما النوع الثاني من تلف دهن الحليب فيتمثل بحدوث التزنخ الأوكسيدي وذلك بمهاجمة الأوكسجين الحر أو الذائب في الوسط المحيط للروابط المزدوجة في الأحماض الدهنية غير المشبعة حيث تتكون جذور حرة وفوق أكاسيد تنتهي بإنتاج مركبات الدهيدية وكيتونية تكسب المنتج اللبني طعماً شحمياُ ورائحة زنخة، عدا عن أن هذه المركبات ذات تأثير سلبي على صحة المستهلك.

٢ – ٤: سكر الحليب (اللاكتوز): الحليب هو المصدر الطبيعي الوحيد للاكتوز، وهو سكر ثنائي مكون من جزيء جلوكوز وجزيء جالاكتوز، يوجد في الحليب غالباً على صورة مائية (متميهاً) ونادراً على صورة لا مائية بالمتشابهين ألفا وبيتا، تتراوح نسبته في حليب الحيوانات الزراعية بين ٤,٦ – ٤,٩ %، يتصف بانخفاض درجة حلاوته بالمقارنة بالسكريات الأحادية والثنائية الأخرى حيث تقدر بـــ ١٦% فقط من درجة حلاوة السكروز، وهو قليل القابلية للذوبان في الماء، لذلك فإن عملية امتصاصه تكون بطيئة مما يعمل على وصول نسبة كبيرة منه إلى الأمعاء الغليظة تتحول إلى حمض لاكتيك في الظروف اللاهوائية بفعل بكتريا حمض اللاكتيك فتعمل على منع نشاط الأحياء الدقيقة اللاهوائية المسببة للعفونة، ويساعد حمض اللاكتيك المتكون على زيادة معدل امتصاص الكالسيوم بتكون ملح لاكتات الكالسيوم ذو القابلية العالية للذوبان والامتصاص مقارنة بأملاح الكالسيوم الأخرى، كما أنه يشجع على امتصاص الكثير من الفيتامينات والأحماض الأمينية، ويدخل الجالاكتوز الناتج عن تحلل اللاكتوز في تركيب المادة البيضاء في الدماغ.

اللاكتوز عامل رئيسي في عملية التخمر اللاكتيكي التي تشكل الاساس العلمي لصناعة الألبان المتخمرة وإنتاج بعض اصناف الجبن وإنضاجها وفي صناعة القشدة المتخمرة والزبدة .

يكتسب الحليب اللون الأسمر عند تسخينه أو تعقيمه نتيجة تفاعل اللاكتوز كسكر مختزل مع الأحماض الأمينية الحرة حسب تفاعل ميلارد، ويتشكل قوام حبيبي في الحليب المكثف أو المجفف نتيجة تبلور اللاكتوز بسرعة نظراً لضعف قابلية ذوبانه في الماء.

٢ – ٥: العناصر المعدنية في الحليب: يعتبر الحليب من اغنى المصادر الغذائية الطبيعية للكالسيوم والفوسفور والبوتاسيوم والكلور، كما يحتوي على كميات أقل من المغنيسيوم والكبريت واليود، وكميات قليلة من الحديد والكوبالت والباريوم والنحاس والبروم والتوتياء، والسيليكون تشكل في مجموعها ٠,٧ – ٠,٩ % من وزن الحليب.

٢-٦: فيتامينات الحليب: الحليب غني بفيتامين A (٣٠٠٠- ٤٠٠٠ وحدة دولية /الليتر) مما يشكل كامل الإحتياج اليومي من هذا الفيتامين ،وتتوقف كمية فيتامين D

فيه على مدى تعرض الحيوان المنتج لأشعة الشمس حيث يكون محتواه من هذا الفيتامين كبيراً أما حليب الحيوانات التي تعيش في حظائر عاتمة فحليبها فقير بهذا الفيتامين، كما يُعتبر الحليب مصدراً جيداً لمجموعة فيتامينات B، وعلى وجه الخصوص فيتامين B_2 و B_{12} حيث يؤمن ليتر الحليب كامل الإحتياج اليومي من كلٍ منهما .

٣ – تصنيع الألبان المتخمرة :

يعتمد الأساس العلمي لصناعة الألبان المتخمرة على نشاط بكتريا حمض اللبن في تحويل سكر اللاكتوز إلى حمض لبن وتخثر الكازئين (البروتين الرئيسي في تركيب الحليب) عند الوصول إلى نقطة التعادل الكهربائي لهذا البروتين الموافقة لرقم الـ pH= ٤,٦–٤,٧ حيث يتحول الكازئين من الحالة الغروية إلى حالة التعليق الميكانيكي ضاماً معه بقية مكونات الحليب حسب التالي:

سكر لاكتوز بوجود بكتريا حمض اللبن ⟵ حمض اللبن

كازئينات الكالسيوم(غروية)+ حمض اللبن ⟵ لاكتات كالسيوم(ذائبة) +كازئين(راسب)

تتعدد أنواع وسلالات بكتريا حمض اللبن وتختلف المعاملات التصنيعية لإنتاج الألبان المتخمرة ومن أشهر أنواعها:

٣ – ١: اليوغورت Yoghurt: لبن متخمر ذو قوام سميك متماسك يصنع من الحليب الكامل الدسم أو المعدل أو الفرز بعد تبخير جزء من مائة أو إضافة حليب مجفف، شبيهه في القطر العربي السوري اللبن المصنع من حليب الأغنام، وفي مصر اللبن الزبادي المصنع من الحليب الجاموسي أو خليط منه مع الحليب البقري تتلخص خطوات تصنيع اليوغورت في تسخين الحليب حتى الوصول إلى درجات حرارة ٩٠°م حيث يعمل ذلك على تخثر بروتينات الشرش والقضاء على الغالبية العظمى من الأحياء الدقيقة وجميع البكتريا المرضية، كما يتبخر جزء من ماء الحليب فيعمل على تركيزه نسبياً، يبرد الحليب بعد ذلك بسرعة حتى الوصول إلى درجة الحرارة ٤٣–٤٥°م المناسبة لنشاط بكتريا البادئ المكون من مزرعة لبكتريا Streptococcus thermophiles و Lactobacillus Bulgaricus وغالباً من

يوغورت سابق مضمون تُضاف بنسبة ١-٢% من كمية الحليب وبعد التحريك يحضن على درجة لا تقل عن ٤١°م في عبوات كبيرة نسبياً أو في معظم الحالات في عبوات صغيرة مناسبة للاستهلاك الفردي ثم تحضن على نفس درجة الحرارة السابقة في غرف خاصة حتى تصل الحموضة إلى رقم pH يعادل ٤,٦-٤,٧ حيث تتكون الخثرة ويكتسب الناتج طعمه ونكهته المميزة نتيجة تشكل حمض اللبن وإنتاج مركبات نكهة أخرى، وتستغرق فترة التحضين عادة حوالي ٣-٤ ساعات، يبرد بعدها الناتج بسرعة حتى الوصول إلى درجة حرارة دون ٦°م، وقد يضاف للحليب المعد لإنتاج اليوغورت عصير الفواكه أو قطع ثمارها في إحدى مراحل التصنيع حيث يسمى هذا المنتج اليوغورت بالفواكه.

٣ – ٢: الكيفير Kefir: لبن متخمر ذو قوام حبيبي غير كثيف يحتوي على الكحول بنسبة ٠,٦-٠,٩% وعلى حمض اللبن بحدود١%، يتكون بادئه من خميرة saecharomysis ومزيج من بكتريا Str.lactis وLact.bulgaricus أو بكتريا Bacillus caucasicus حيث يتوفر بادئه على شكل حبيبات جافة صفراء ذات تجاعيد تشبه حبة البوشار يشكل الكازئين المتخثر الحامل الرئيس لهذه البكتريا والخمائر. وتتلخص طريقة تصنيعه بوضع حبيبات البادئ الرطبة في إناء قليل العمق ثم يصب فوقها حوالي ٢٠-٣٠ ضعفاً من الحليب المبرد لدرجة حرارة ٢٠-٢٢°م بعد تسخينه إلى درجة ٩٠°م، ثم يترك المزيج على هذه الدرجة مدة ٢٤ ساعة مع التقليب عدة مرات، فيلاحظ انتفاخ الكتل وطفوها على السطح، وعندما تصل نسبة الحموضة إلى حوالي ٠,٩% تصفى كتل المزرعة ويؤخذ اللبن المصفى ويضاف إلى عشرة أمثاله من الحليب الذي سبق تسخينه أيضاً إلى ٩٥°م وبرد إلى درجة الحرارة ٢٠-٢٢°م مع التقليب ثم يعبأ في زجاجات أو أية عبوات أخرى ويحضن على هذه الدرجة من الحرارة لمدة يومين ثم يبرد إلى حوالي ٨°م ويسوق.

٣ – ٣: لبن الأسيدوفيلس Acidophilus: لبن متخمر ذو قوام لزج غير متماسك، يصنع من الحليب المبستر أو شبه المعقم بعد تعديل نسبة الدسم إلى حوالي ٢,٥ – ٣%، يتكون بادئه من مزرعة لبكتريا Lact.Acidophilus والتي يطلق عليها أيضاً اسم بكتريا Thermobacterium Intestinale معظم استعماله في الأمراض العلاجية

لتعفنات الأمعاء، والاضطرابات المعوية والإمساك لثبوت إمكانية توطين بكتريا Lact. Acidophilus في الأمعاء وعملها كمضاد للبكتريا التعفنية، وأهم ما يلاحظ في إنتاج هذا النوع من اللبن المتخمر هو التأكد من نقاوة البادئ الميكروبية لأن ميكروبه لا ينمو بشكل طبيعي في وجود أنواع البكتريا الأخرى بسبب بطئه في تكوين الحموضة، لذلك تراعى جميع الاحتياطات لتوفير النقاوة الميكروبية في تحضير البادئ وتصنيع اللبن ذاته.

تتلخص طريقة تصنيعه في تسخين الحليب إلى حرارة ٩٥°م لمدة ساعة ثم يبرد بسرعة إلى حرارة ٣٧-٣٨°م وتضاف إليه مزرعة البادئ النقي بنسبة ١٠% من وزنه ويعبأ في زجاجات معقمة ويحضن فيها على حرارة ٣٧-٣٨ °م لمدة ١٨-٢٤ ساعة حيث يحدث تخثر غير تام (حموضة ٠,٦% مقدرة كحمض لاكتيك) بعدها يبرد إلى حرارة ٨°م ويسوق. تقتصر صناعة لبن الأسيدوفيلس على القليل من المصانع ذات الاستعداد الخاص نظراً لصعوبة إنتاجه.

٣ – ٤: لبن الكوميس Kaumis: يصنع عادة من حليب الأفراس وهو لبن متخمر يشبه بادئه بادئ الكيفير من حيث البكتريا والخمائر الموجودة في كل منهما وكذلك احتوائه على الكحول والحمض وCO_2، وقد يضاف بعض اللحم المفروم أو الخضراوات المتخمرة.

٣ – ٥: اللبن الخض المتخمر Cultured Buttermilk: هو اللبن الناتج من خض اللبن المتخمر الكامل الدسم أو القشدة المتخمرة بعد الحصول على الزبدة، نسبة الدسم به في حدود ١% والحموضة في حدود ٠,٩%، يعتبر ذو قيمة غذائية جيدة خلافا لما يعتقد وذلك لاحتوائه على نسبة عالية من الفوسفوليبيدات الناتجة عن تكسر أغشية حبيبات الدهن بالإضافة إلى احتوائه على مكونات الحليب، ويمكن تصنيعه أيضا من الحليب الفرز بعد إضافة الزبدة له بواقع ١ -٢%، وهو من أشهر طرز الألبان المتخمرة شيوعاً في الولايات المتحدة الأمريكية، يتكون بادئه من نفس بادئ الزبدة يحتوي على بكتريا Str.Lactis و Str.Cremoris وبكتريا Leuconostoc citrovorum و Leuc. Dextranicum وبذلك يحتوي الناتج على مكونات النكهة الجيدة بكميات واضحة.

٤ – تصنيع الأجبان :

الجبن هو أحد المنتجات اللبنية التي تتميز بقيمتها الغذائية العالية وسهولة هضمها ومعاملتها بطريقة وطعمها المستساغ، وهو ناتج تخثر الحليب بعد فصل المصل عن الخثرة المتكونة ومعاملتها بطريقة خاصة تبعاً لنوع الجبن المراد إنتاجه، وهو ذو قابلية جيدة للحفظ لذلك تعتبر صناعته إحدى وسائل حفظ المكونات الأساسية للحليب وهي الكازئين والدهن بالإضافة إلى الاحتفاظ بجزء من السكر والأملاح، و نظراً لكثرة العوامل المؤثرة على نوعية الجبن وطعمه ونكهته فقد سجل الاتحاد العلمي للألبان أكثر من ٥٠٠ صنف من الأجبان.

يمكن تقسيمها حسب طريقة التجبن إلى:

١- أجبان مصنعة بالتجبن الإنزيمي مع التحميض البسيط تتبعها معظم أصناف الأجبان.

٢- أجبان مصنعة بالتجبن الحامضي فقط كالجبن القريشي في مصر واللبنه والسوركة والشنكليش في سوريا.

٣- أجبان مصنعة بالتجبن المختلط ويتبعها كل أصناف الأجبان المطبوخة وجبنة الكوتاج الأمريكية.

كما تقسم الأجبان حسب نسبة الرطوبة فيها إلى:

أ- الجبن الجاف : نسبة الرطوبة فيه تتراوح بين ٣٠ –٤٠ %، بعضه يحتوي على ثقوب غازية بعد انضاجه مثل جبنة الشيدر وجبنة الامنتال وبعضه لا يحتوي على ثقوب غازية مثل جبنة البارميزان.

ب- الجبن نصف الجاف نسبة الرطوبة فيه بين ٤٠ – ٥٠% منه ما يستخدم في انضاجه (تسويته) البكتريا مثل جبن الايدام ومنه ما يسوى بالفطر مثل جبن الروكفورت.

ج- الجبن الطري نسبة الرطوبة فيه بين ٥٠ – ٧٠% منه ما يسوى (يُنضج) بالبكتريا مثل جبن بون لافيك ومنه ما يسوى بالفطر مثل جبن الكاممبرت ومنه

ما يؤكل طازجاً بدون تسوية مثل جبن الكوتاج الامريكي والجبن البلدي الابيض والجبن الدمياطي المصري.

٤-١: صناعة الجبن بالتجبن الإنزيمي مع التحميض البسيط:

٤-١-١: الحصول على الخثرة: من الأمور الهامة التي يجب أن تتوفر في الحليب المستخدم في صناعة الجبن أن يكون نظيفاً خالياً من الشوائب وأن تكون نسب مكوناته (نسبة الدهن والبروتين واللاكتوز والأملاح المعدنية) في الحدود الطبيعية، وغير معرض للحرارة العالية، وغير محتوي على البكتريا الممرضة والضارة تصنيعيا وعدد البكتريا الأخرى قليل، ولا تتعدى نسبة الحموضة فيه ٠,١٨%، ويفضل البعض بسترته بالطريقة السريعة ثم تبريده إلى حرارة ٣٠-٣٥°م وقد تضاف إلى الحليب بادئات الإنضاج وبعض المواد المساعدة على سرعة التجبن مثل كلوريد الكالسيوم لإعادة التوازن لتركيز شوارد الكالسيوم وخاصة في حالة استخدام الحليب المعامل حرارياً.

ينقل الحليب إلى حوض التجبن وتضاف إليه المنفحة التي هي عادة مستخلص انزيم الرينين المتحصل عليه من المعدة الرابعة لصغار الحيوانات المجترة والمحضرة حالياً على هيئة مسحوق جاف بمعدل ١٢-١٥ غرام لكل طن حليب في حالة استخدام منفحة بفعالية ١/مئة ألف، وتزيد هذه الكمية عن ذلك في حالة استخدام المنفحة التجارية ذات الفعالية الأقل حيث تذاب بكمية مناسبة من الماء الفاتر وتضاف إليه في حوض التجبن مع التقليب الجيد ثم يترك هادئاً على درجات بين ٣٠ -٣٥°م حتى يتم التجبن الذي يستغرق حوالي ٣٠ -٤٠ دقيقة، وتعرف نقطة نهاية التجبن بتكون خثرة تنفصل عن اناء التجبن عند الضغط عليها قليلاً وعند امرار ميزان الحرارة يخرج نظيفا وعند عمل قطع فيها بواسطة السكين يبقى المقطع ظاهراً.

يُفسر حدوث التجبن الانزيمي والحصول على خثرة متماسكة نسبياً على شكل شبكة هلامية تضم باقي مكونات الحليب علمياً بتحليل إنزيم الرينين لأحد مكونات الكازئين (الكابا-كازين) الذي كان يشكل عنصر حماية وتثبيت لأجزاء الكازئين الأخرى في الحالة الغروية مما يؤدي لارتباط شوارد الكالسيوم بأنواع الكازئين الأخرى مكوناً بارا كازئينات الكالسيوم المشبعة بالكالسيوم الراسبة.

٤-١-٢: تقطيع الخثرة وتشكيلها وتمليحها: تهدف عملية تقطيع الخثرة إلى انفصال جزء كبير من المصل بحيث تكون الكمية منه في الحدود المطلوبة لنوع الجبن المراد إنتاجه، وتتلخص هذه المعاملة بإمرار سكاكين طولية وعرضية خاصة في الاتجاه الطولي والعرضي بحيث يتم الحصول على قطع صغيرة ثم تقلب قطع الخثرة لتسهيل عملية فصل المصل مع رفع درجة حرارة الوسط إلى حوالي ٤٥-٥٠°م في حالة إنتاج الجبن نصف الجاف والجاف، ثم يصفى المصل باستخدام مصفاة دقيقة الثقوب لحجز القطع الصغيرة.

تُصب قطع الخثرة بقوالب ذات أشكال خاصة بنوع الجبن المراد إنتاجه، وتكون هذه القوالب مثقبة الجوانب والقاع والغطاء لإتاحة الفرصة للمصل بالخروج، وقد يوضع داخل القوالب وقبل تعبئة الخثرة قماش شبكي ضيق الثقوب جداً (شاش)، وتُضغط الخثرة بعد وضع كل كمية منها في القالب مع مراعاة توزيعها جيداً لإخراج الشرش والهواء. كما يلاحظ عدم تعبئة القالب حتى نهايته لكي لا تبرز الخثرة عند الكبس وإن يكون ارتفاع القالب ضعف أو ضعفي ارتفاع قرص الجبن النهائي لأن حجم الخثرة النهائي سيقل نتيجة خروج المصل، ومن الأمور الهامة التي يجب مراعاتها عدم انخفاض درجة الحرارة أثناء التشكيل لكي لا يؤدي ذلك إلى بطئ خروج الشرش، لذلك يجب أن تكون حرارة صالة التصنيع في حدود ٢٠°م بعد تعبئة القالب يوضع فوقه غطاء خاص وتكبس الخثرة إذا كان الجبن المصنع جافاً وفي كل الحالات يجب قلب القوالب من آن لآخر.

تهدف عملية تمليح الجبن إلى رفع قابليته للحفظ ومنع تكون الثقوب الغازية وإظهار طعم الجبن، يمكن أن تتم عملية التمليح إما برش الملح الجاف إلى الخثرة بعد تصفية المصل وقبل تعبئتها في القوالب بمعدل ٢ كغ لكل ١٠٠٠ كغ حليب كما في جبنة الشيدر أو بنثر الملح على سطح قوالب الجبن أثناء الترشيح كما في حالة جبن البون لافيك أو بغمر أقراص الجبن في محلول ملحي تركيز ١٦ – ٢٠ % لمدة تتوقف على نوع الجبن وهي أكثر الطرق اتباعاً في تمليح الأجبان لسهولتها وتجانس عملية التمليح .

٤-١-٣: إنضاج الجبن: تستهلك عادة الأجبان المحلية في القطر دون إنضاج، إلا أن معظم الأجبان الأجنبية تخضع لعملية إنضاج باستخدام البادئات البكتيرية أو الفطرية بهدف إكسابها نكهة خاصة وقواماً محدداً وملمساً ناعماً، وتتم عملية الإنضاج في غرف خاصة برطوبة نسبية بحدود ٧٥ – ٨٠% للأصناف الجافة و٨٠ – ٩٠% للأصناف نصف الجافة والطرية وبدرجات حرارة تتراوح بين ١٠-٢٠°م، وقد تمسح سطوح الأقراص بين فترة وأخرى بمحلول ملحي خفيف التركيز يحتوي على ميكروبات البادئ، وتستغرق عملية إنضاج الأجبان الجافة من شهرين إلى عدة أشهر، بينما تبلغ هذه المدة بالنسبة للأجبان نصف الجافة عدة أسابيع وللأصناف الطرية ٢-٣ أسابيع يحدث خلالها تحللات بسيطة في البروتينات واللاكتوز والدهون فتنتج مركبات طيارة وغير طيارة تكسب المنتج نكهته المميزة، ويكتسب الجبن غالباً قواما ناعماً ويفقد جزءاً من رطوبته.

تتوقف تصافي الجبن على نسبة مكونات الحليب الذي صنع منه وعلى صنفه (جاف –نصف جاف –طري) وشروط التصنيع المتبعة وتتراوح بشكل عام بين ١٥-٢٠ %.

يحفظ الجبن بعد تمام عمليات التصنيع في البرادات على درجات حرارة ٤مْ، أو بوضعه في محلول ملحي عالي التركيز نسبياً في الأجبان المحلية.

٤-١-٤: بعض أصناف الجبن الأجنبي:

١- جبن روكفورت: جبن نصف جاف يصنع من حليب الغنم أو الجاموس بالتجبن الإنزيمي مع التحميض وينضج باستخدام فطر Penicilium Roqueforti الذي يضاف إلى الخثرة أثناء وضعها في القوالب على صورة مسحوق الخبز العفن وعلى طبقات كما توجد بكتريا Str. Lactis المضافة قبل التخثر. يتميز جبن الروكفورت بطعمه الحاد وبلون أبيض مع وجود عروق خضراء، تنضج على حرارة ٥ – ١٠°م لمدة ٣ أشهر ومنتشر في أنحاء كثيرة من العالم.

٢- جبن الكاممبرت Camembert: من أصناف الجبن الطري يصنع بالتجبن الإنزيمي مع التحميض و ينضج باستخدام فطر Penicilum Comemberti بدهنه سطحياً على أقراص الجبن، حيث تنمو في الفترة الأولى بكتريا Str. Lactis

المضافة أثناء التحميض، ثم يتبعها نمو الخمائر ثم نمو فطر العفن الأبيض Geotricum Candidum ثم فطر التسوية الرئيسي الذي يغطي سطح القرص مكوناً طبقة لبادية الملمس، ثم يظهر غشاء لزج مع اختفاء تدريجي للفطر نتيجة نمو بكتريا Brevibacterium Linens التي تفرز طبقة برتقالية. وتكون حرارة الانضاج في الأسبوعين الأوليين في حدود ١٥°م، بينما تخفض بعد ذلك إلى حوالي ١٠°م، وهو من أجود وأشهر أنواع الجبن الطري.

٣- جبن ايدام Edam : من أصناف الجبن الجاف إلى نصف الجاف، يصنع بالتجبن الإنزيمي مع التحميض، وينضج باستخدام بكتريا Str. Lactis وإنزيمات مرافقة للرينين عند درجات حرارة بين ١٠-١٥°م ويعرف هذا الجبن باسم الجبن الهولندي ويصنع من حليب الأبقار، ويشابهه جبن الجوداGouds الذي لا تختلف طريقة إنضاجه وتصنيعه عن جبن الايدام إلا في ارتفاع الحرارة قليلاً عند إزالة المصل وتستمر فترة الإنضاج للنوعين حوالي ٣ أشهر، ويشبه جبن منفيس المصري جبن الجودا.

٤- جبن الشيدر Cheddar: من أصناف الجبن الذي يصنع بالتجبن الانزيمي مع التحميض ينضج باستخدام بكتريا Str. Lactis ، Lactobacillus . Plantarum وLact. Casei على حرارة ١٥°م لمدة ٦ أشهر ويحتوي مقطعه على ثقوب غازية، موطنه الأصلي انكلترا وتنتشر صناعته حالياً في أنحاء كثيرة من العالم.

٥- جبن الأمنتال Emmental من أصناف الجبن الجاف الذي يصنع بالتجبين الإنزيمي مع التحميض البسيط، وينضج باستخدام بكتريا Str.Thermuphillus وPropionibacterium Shermanii على حرارة ٢٠°م في البداية حتى تكوين الثقوب ثم على حرارة ١٣°م حتى نهاية فترة التسوية التي تستمر حوالي ٦ أشهر. يعرف هذا الجبن باسم الجبن السويسري وتنتشر صناعته في بلاد كثيرة.

من أصناف الجبن الجاف الأخرى جبن البارميزان الفرنسي والكاسيري والكيفالوتيري اليوناني والبروفولونا والكاشيوكافال الايطالي وجبن الراس المصري، ومن أمثلة الأجبان الطرية الأخرى التي تصنع بالتجبن الإنزيمي جبن بون لافيك الذي ينضج بالبكتريا وجبن الكولاميير Coulommier الذي يسوى

بالفطر Peni. Glaueum وجبن الجرفيه Gervais ذو الشكل الاسطواني الذي يصنع من مخلوط الحليب والقشدة وهذه الأنواع فرنسية الأصل والأخير مشهور في سويسرا.

من أمثلة الأجبان الطرية التي تصنع بالتجبن الإنزيمي وتستهلك طازجة بدون تسوية الجبن البلدي الأبيض والجبن الدمياطي المصري.

٦- من أهم الاجبان التي تُصنع بالتجبن الحامضي فقط الجبن القريشي: وهو من الأجبان الطرية التي تصنع من الحليب الفرز أو اللبن الخض بالتجبن الحامضي ثم المعاملة الحرارية وتصفية المصل والتقطيع والتشكيل وقد تؤكل طازجة أو تترك للإنضاج الطبيعي وهو شائع جداً في الريف المصري ويعرف بسوريا بعد تسويته بالشنكليش وفي مصر بالمش، وما يعرف بالقريشة في سوريا هو عبارة عن الخثرة الناتجة من معاملة المصل (المنفصل عن خثرة الحليب بالتجبن الأنزيمي) بالحرارة المرتفعة وتكون نسبة الألبيومين والجلوبيولين فيها مرتفعة مقارنة بالجبن القريش. ويشابه جبن القريش أيضاً جبن الكوتاج Cotage الأمريكي الذي يؤكل طازجاً.

٧- الجبن المطبوخ (المصهور) Process Cheese : عبارة عن خليط من أنواع مختلفة من الجبن مع إضافة بعض التوابل والخضار أو اللحوم أحياناً، وذلك بصهرها وإعادة تشكيلها، وقد تعرض لعملية تدخين بعد ذلك تمتاز بقابليتها العالية للحفظ، وهي من أمثلة الجبن المصنع بالطريقة المختلطة (الحامضية الإنزيمية) والمعروفة في السواق بأسماء تجارية كثيرة مثل كيري .B. B و...الخ.

٥ – صناعة القشدة والزبدة والسمن:

يتم الحصول على القشدة الخام بعملية الطرد المركزي للحليب حيث تنفصل كميات من القشدة الحاوية على نسبة عالية من الدهن مع بعض مكونات الحليب الأخرى والباقي هو الحليب الفرز الخالي من الدسم تقريباً، ثم تعامل القشدة الخام حسب أنواعها، إلا أن الخطوات المشتركة بينها هي الحصول على القشدة الخام أولاً بواسطة فرز الحليب ثم ضبط نسبة الدسم حسب الصنف ثم إجراء عملية التجنيس ثم البسترة والتبريد والحفظ في درجات الحرارة المنخفضة، فالقشدة المخفوقة تتعرض

لعملية تفريغ شديد بعد دمج الهواء في كتلتها مما يسبب إعطائها حجماً كبيراً وقواماً هشاً أو تصنع بعملية الخفق العادي بوجود الهواء، أما القشدة المسخنة فهي تعامل بالحرارة العالية نسبياً، تتميز بارتفاع نسبة الدسم وبطعم مطبوخ وقوام هش، وقشدة المائدة ذات نسبة الدسم المنخفضة والقشدة اللينة التي تصل نسبة الدسم فيها إلى حوالي ٨٠%.

تنتج الزبدة من خض القشدة المتخمرة أو اللبن المتخمر باستخدام أجهزة الخض التي تعتمد على إحداث قوة تصادم بين حبيبات الدهن التي تتمزق أغشيتها ومن ثم تتجمع مشكلة كتلة دهنية مع قليل من الماء ومكونات الحليب الأخرى بحيث لا تقل نسبة الدسم فيها عن ٧٨% وقد تصل إلى ٩٠% أحياناً، وبعد تشكل الكتلة الدهنية وطفوها في أعلى الخضاض تُوجه إلى عملية العجن مع الغسل وتملح أو لا تملح.

يتم الحصول على السمن الطبيعي من دهن الحليب بغلي القشدة أو الزبدة لدرجات حرارة لا تقل عن ٧٠°م مع التقليب ثم تترك ليتم ترسب المواد اللادهنية في قعر إناء الغلي ويطفو الدهن على السطح وبعد التبريد يتم فصل الطبقة الدهنية التي تسمى السمن.

٦- المثلوجات اللبنية :

عبارة عن مستحلب الدهن في محلول سكري مع بعض المواد الأخرى كعصير الفواكه، توجد فيها البروتينات بحالة غروية مدموجة مع الدهن والهواء على شكل فقاعات صغيرة والماء على شكل بلورات ثلجية غاية في النعومة، تتكون من ١٠-١٤% دهن الحليب، ونسبته لا تقل عن ٩,٥% من المواد الصلبة اللبنية اللادهنية (بروتينات الحليب وأملاحه وسكر اللاكتوز) حوالي ١٤-١٦% سكروز أو نسبة من الجلوكوز، ومثبتات القوام مثل صفار البيض والجيلاتين والسحلب والدهون الفوسفورية، ومكسبات النكهة مثل الفانيليا والكاكاو والقهوة وعصائر الفاكهة أو قطعها ومركبات النكهة العطرية، كما تضاف الملونات المصرح باستخدامها، وتحضر بوضع المكونات السائلة ثم الصلبة تدريجياً في حوض التقليب والتسخين لدرجات حرارة ٦٠-٧٠°م تدريجياً مع التقليب المستمر ثم تجنيس الخليط وتبريده وإنضاجه ثم التجميد وخفق الهواء بآن واحد ضمن أجهزة خاصة ليخرج على شكل عجينة ثم يعبأ ويوجه إلى غرف التجميد النهائي حيث تصبح جاهزة للتسويق.

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفصل الخامس

أساسيات تقانة اللحوم

١- مقدمة: تقدم صناعة اللحوم للمجتمع إنتاجاً من أهم المجموعات الغذائية الرئيسية، وقد حظيت باهتمام كبير في المجتمعات المتقدمة وأصبحت تشكل علماً قائماً بذاته تخدمه وتطوره معاهد وكليات عديدة، وآن لنا في البلاد العربية إعطاء الاهتمام الكافي لعلم اللحوم لتقديم خدمات غذائية أفضل لمستهلكنا العربي، وفي هذا المجال لا يسعنا الإسهاب والتفصيل في تقانة اللحوم، ونكتفي فقط بإيراد موجز مختصر في أساسياتها.

٢- تركيب اللحم وقيمته الغذائية:

يُعرف اللحم بأنه أجزاء من ذبيحة الحيوان الزراعي التي تحتوي على الأنسجة العضلية بصفة أساسية مع بعض ما يرافقها من أنسجة ضامة ودهنية وعظمية وعصبية وأوعية دموية وعقد لمفاوية.

يُمكن تقسيم أنسجة ذبيحة الحيوان الزراعي من الناحية التصنيعية حسب فائدتها وأهميتها التصنيعية إلى أنسجة عضلية ودهنية وضامة وغضروفية وعظمية ودم، ويحمل هذا التصنيف معنى تصنيعي اتفاقي محدد وهام، حيث يُمكن فصل كلٍ من الأنسجة عن بعضها واستخدام كلٍ منها في الغرض التصنيعي المناسب، وتتحدد القيمة الغذائية والتركيب الكيميائي لقطعة اللحم ومواصفاتها النوعية الأخرى بنسبة كل نسيج من مكوناتها حيث تختلف هذه النسب بعوامل كثيرة من أهمها نوع الحيوان وسلامته وجنسه وعمره ونوعية غذائه ودرجة تسمينه والموقع التشريحي لقطعة اللحم ودرجة تخليصها من الأنسجة المنخفضة القيمة كالعظام والغضاريف والأنسجة الضامة والدهن.

٢-١: الأنسجة العضلية: إن النسيج العضلي يشكل الجزء الأكبر من أنسجة الذبيحة عادة وهو الأهم من الناحية الغذائية والتقنية والتصنيعية والخواص الحسية.

٢-١-١: التركيب الشكلي المجهري للنسيج العضلي والألياف العضلية: تُحاط العضلة عادة بنسيج ضام سميك نسبياً يضم داخله مجموعة من حزم الألياف العضلية

التي تفصل بينها أيضاً طبقة أقل سماكة من نفس النسيج الضام، وتحتوي الحزمة العضلية الواحدة على عدد من الألياف العضلية التي ترتبط فيما بينها بطبقة رقيقة جداً من نسيج ضام، كما قد يُلاحظ وجود بعض الترسبات الدهنية ومقاطع للأوعية الدموية والأعصاب بين الحزم.

تُعتبر الليفة العضلية هي الوحدة الأساسية في تركيب النسيج العضلي يتراوح قطرها بين ١٠-١٠٠ ميكرون وطولها بين ٠,٥-١٢سم أو أكثر أحيانا حسب نوع الحيوان وعمره وجنسه والمجهود الذي قام به أثناء حياته وموقع العضلة وعوامل أخرى، ويحيط بالليفة العضلية غشاء رقيق تتوضع تحته مباشرة عدة أنوية، ويمكن نظرياً تقسيم الليفة العضلية إلى وحدات متماثلة تسمى الواحدة منها الميوفيبر أو الليفة، ويفصل بين كل لُيفة وأخرى طولياً طبقة من سائل لزج نسبياً يُدعى الساركوبلازم يحتوي على حبيبات الميتوكوندريا (المصورات الحيوية) والبروتينات والكربوهيدرات وقُطيرات الدهن المخزنة والريبوزومات والأنزيمات.

٢-١-٢: التركيب الكيميائي للنسيج العضلي: يحتوي النسيج العضلي بشكل عام على:

١- (٧١-٧٦%) ماء، يوجد جزء منه في حالة مرتبطة Bound water مع البروتينات والمكونات الأخرى والجزء الأكبر ماء حر Free Water ممسوك بقوة ضعيفة ينفصل عند تطبيق ضغط على قطعة اللحم

٢- (٢٣-٢٨%) مواد عضوية منها:

أ- (١٨-٢٢ %) بروتينات.

ب- (١-١,٧ %) مواد آزوتية مستخلصة.

ج- (٠,٧-١.٣٥%) مواد مستخلصة غير آزوتية.

د- (١-٣ %) مركبات دهنية.

٣- (١-١,٥) أملاح معدنية.

أهم بروتينات النسيج العضلي الموجودة في الليفات العضلية هي الميوسين الذي يُشكل حوالي ٣٥-٤٠% من مجمل بروتينات النسيج العضلي والأكتين (١٢-١٥%)، وعند حدوث التقلص العضلي يرتبط الميوسين مع الأكتين ليشكل بروتيناً

معقداً قليل الذوبان يُدعى الأكتوميوسين، ثم التروبوميوسين (٢%)، أما بروتينات الساركوبلازم فهي بروتين الميوجين (٢٠%) والجلوبولين إكس (٢٠%) والميوألبيومين (١,٥-٢%) والميوجلوبين (١%) ذي اللون الأحمر والأهمية الغذائية الخاصة لغناه بالحديد العضوي والأهمية التقنية لإرتباطه بالتغيرات اللونية التي تحدث في اللحم، وتحتوي الميتوكوندريا على النيوكليوبروتيدات، أما النواة فهي غنية بالأحماض النووية (DNA&RNA) وقليلاً من بروتينات قاعدية تسمى الهيستونات. وجميع هذه البروتينات كاملة القيمة الحيوية تحتوي في تركيبها على جميع الأحماض الأمينية الضرورية، وتلعب دوراً مهماً في الخصائص الحسية لـــ اللحم، وتحتوي الساركولما (الغشاء المحيط بالليفة العضلية) على بروتينات ناقصة القيمة الحيوية ذات بناء قوي أهماه الكولاجين والإلاستين والريتوكولين والبروكولاجين.

تشتمل المواد الآزوتية المستخلصة على الكارنوسين والأنسيرين والجلوتاثيون والكرياتين والكرياتين فوسفات وأدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) والأحماض الأمينية الحرة وقلياً من الأمونيا، وإن معظم هذه المركبات تلعب دوراً مهماً في طعم ونكهة اللحم وفتح الشهية وتنشيط إفراز الأنزيمات الهاضمة، كما أن لها أهمية كبيرة في التفاعلات الحيوية.

تحتوي الأنسجة العضلية على مجموعة واسعة من العناصر المعدنية وعلى الأخص كميات وافرة من البوتاسيوم والفوسفور والصوديوم والحديد والمغنيسيوم وقليلاً من الكالسيوم والنيكل والكوبالت والنحاس والمنغنيز وكميات تفي بالغرض من العناصر النادرة.

إن لكثير من هذه العناصر مهمات حيوية وتغذوية حيث تنشط بعض الأنزيمات وتساعد على إتمام التفاعلات الحيوية، وتلعب دوراً رئيساً في تنظيم ضغط السوائل، كما تلعب دوراً في قابلية البروتينات للذوبان في السائل الخلوي.

يوجد الدهن في النسيج العضلي بين الحزم العضلية وبين الألياف العضلية، كما يوجد على صورة قطيرات دقيقة في بناء الليفة العضلية، في صورة قطيرات دقيقة في الساركوبلازم على هيئة جليسيريدات ثلاثية كمخزون للطاقة، أما في الأغلفة والنواة

والألياف العصبية فغالباً ما توجد على هيئة دهون فوسفورية تلعب دوراً مهماً في إكساب الليفة العضلية المرونة والطراوة إضافة لكونها مصدراً للطاقة.

يحتوي النسيج العضلي على نسبة تتراوح بين ٠,٣-٠,٩% من الغلايكوجين (النشا الحيواني) وقد تصل نسبته أحياناً في لحم الحيوانات المسمنة والمروضة جيداً إلى حوالي ٢% ويتركز وجوده في الساركوبلازم ويمكن أن يرتبط بالميوجين وهو مصدر رئيسي للطاقة في العضلات، كما توجد نسبة بسيطة من الجلوكوز في حدود ٠,٠٥-٠,١%.

يحتوي النسيج العضلي ذاتياً على عدد كبير من الأنزيمات تشترك في تحولات المواد المختلفة، فمثلاً يحتوي الساركوبلزم على الأميليز والمالتيز والليباز والكولين أستيراز والفوسفاتيز والهيدرولايز وأنزيمات الأكسدة والأختزال، وتحتوي الميتوكوندريا على عدد كبير من الأنزيمات منها أنزيمات قادرة على أكسدة الأحماض الدهنية، كما توجد في النواة أنزيمات عديدة ، كما توجد في الليفة العضلية إنزيمات محللة للبروتينات يطلق عليها اسم الكابثسينات، كما أن بروتين الميوسين يُعتبر أيضاً أنزيماً محللاً لـــ ATP بوجود شوارد الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم.

٢-٢: النسيج الضام: يتكون النسيج الضام أساساً من بروتينات ذات بناء قوي هي ألياف بروتين الكولاجين في صورة حزم، وألياف بروتين الإلاستين المنفردة أو المتفرعة، وألياف بروتين الريتوكولين وبروتين البروكولاجين وجميعها ناقصة القيمة الحيوية، ويحتوي على خلايا ذات نواة وعلى مواد مستخلصة أخرى وعناصر معدنية تربطها جميعاً مادة من الهيكسوز آمينات المتبلمرة (ميكوبوليسكرايدات) تدعى المادة الأساسية التي تقوم بوظيفة المادة المثبته كدور الأسمنت في الصبة الخرسانية، وتتراوح نسبة الماء في النسيج الضام بين ٥٧-٦٣%.

يلعب النسيج الضام دوراً أساسياً في تحديد درجة طراوة قطعة اللحم، حيث أن زيادته في تركيبها يجعلها أقل طراوة وكذلك عند زيادة نسبة المادة الأساسية ودرجة بلمرتها، وتؤثر عملية السلق في بروتين الكولاجين حيث تتهدم أليافه وتتحول إلى بروتين ذواب يدعى الجيلاتين ذو القوام الصمغي، في نفس الوقت الذي يتهدم فيه بناء

النسيج الضام بتفكك المادة الأساسية وخاصة في الأوساط الحامضية، أما الإلاستين فلا تؤثر فيه عوامل الحرارة أو الحموضة أو القلوية، وعموماً فإن أفضل القطع في الذبيحة طراوة هي الفتيلة والعضلة الظهرية وعضلة الفخذ الهرمية الكبرى وعضلات الكفل.

٢-٣: النسيج الدهني: يُعتبر النسيج الدهني في جسم الذبيحة نسيج ضام رخو تكونت وتضخمت في داخله قطرات الدهن ودفعت بالسيتوبلازم والنواة إلى الجدار. يتراكم الدهن في الأنسجة الضامة للمساريقا وحول الكلى وتحت الجلد وبين العضلات والمنطقة الداخلية للبطن، وتختلف نسبة النسيج الدهني في قطعة اللحم في مجال واسع، كما تختلف مكوناته أيضاً حسب نوع الحيوان وعمره وجنسه ودرجة تسمينه والموقع التشريحي لقطعة اللحم وعوامل أخرى، وعموماً تتراوح نسبة الدهن فيه بين ٩١-٩٧% ونسبة البروتين بين ٠,٤- ١,٥% والرطوبة بين ٢,٥-٧ %.

تكون الجليسيريدات (الدهون) الثلاثية الجزء الأكبر من النسيج الدهني التي تحتوي على نسبة عالية من الأحماض الدهنية المشبعة بالمقارنة بالدهون النباتية أهمها البالميتيك والستياريك والميرستيك لكنها تتميز عن الدهون النباتية بإحتوائها على نسبة من حمض الآراكيدونيك غير المشبع الذي يحتوي جزيئه على أربع روابط مزدوجة ويعتبر من الحموض الدهنية الهامة والضرورية، وأهم العوامل التي تؤثر في نسبة الأحماض الدهنية المشبعة إلى غير المشبعة نوع الحيوان وجنسه ونوعية التغذية، ويحتوي الدهن الحيواني أيضاً على كميات جيدة من فيتامين D وفيتامين A والكاروتينات وخاصة في دهن الأبقار، وكذلك فيتامين E.

٢-٤: الأنسجة الغدية والعصبية: يُطلق إصطلاح الأنسجة الغدية في مفهوم تقانة اللحوم على الكبد والكلى والرئات، ويعتبر الكبد هو أهم هذه الأعضاء من الناحية الكمية والحيوية والقيمة الغذائية، وهو نسيج براشيمي غني بالميتوكوندريا والميكروسومات يشكل حوالي ١,٥% من وزن الجسم، يحتوي في تركيبه على ١٧-١٨% بروتينات معظمها كامل القيمة الحيوية وغنية بالحديد، و٣% دهن ينتمي معظمه إلى الدهون الفوسفورية، و٢-٥% جليكوجين وحوالي ٧٣% ماء، وهو غني بصبغة الهيموسيدرين المحتوية على الحديد وبالهيبارين المانع لتجلط الدم وبالفيامينات سواء منها الذوابة بالدهن (A.D.E.K) أو مجموعة فيتامينات B

وخاصة فيتامين B_{12} المضاد لفقر الدم، ويفرز العصارة الصفراوية التي تساعد في هضم الدهون، من ناحية أخرى فإن الإكثار من تناول الكبد له محاذيره حيث أنه يحتوي على نسبة عالية من الكوليسترول ويعتبر مخزناً للسموم التي يتعرض لها الحيوان أثناء حياته من عناصر ثقيلة وبقايا مبيدات، كما أنه يتعرض للإصابة بطفيليات الأكينوكوكس التي تشكل الأكياس المائية والذي ينتقل عادة من القطط والكلاب إلى الإنسان أو الحيوان، لذلك يجب الحذر عند انتقاء الكبد.

تحتوي الكلى على نسبة جيدة من البروتينات (حوالي١٣%) والفيتامينات والعناصر المعدنية لكنها أقل من مثيلتها في الكبد.

تُعتبر الرئات نسيجاً ضاماً يكون الكولاجين والريتوكولين والإلاستين معظم بروتيناته وهي ناقصة القيمة الحيوية، إلا أنه يمكن استخدامها كجزء من خلطة السجوقات مع النسيج العضلي لتحسين قيمتها الحيوية وهي مهمة حيوياً لإحتوائها على مادة الهيبارين بتركيز مرتفع والتي يجهز منها مستحضرات طبية.

يُعتبر المخ النسيج العصبي الأكثر أهمية كأحد منتجات الذبيحة حيث يحتوي على نسبة عالية من الأحماض النووية والدهون الفوسفورية والبروتينات المحتوية على الكبريت.

٣- نبذة مختصرة عن تصنيع بعض المنتجات اللحمية:

٣-١: صناعة البسطرما: يُختار اللحم الأحمر الجيد ويُقطع إلى قطع كبيرة نسبياً بطول ١٥-٢٥سم وقطر ٥-٦ سم، ثم توخز بالسكين من جميع الأوجه وعلى مسافات متقاربة ويُنثر عليها الملح (أو تُغمر في محلول ملحي مركز) مع إضافة كمية ضئيلة (لا تتجاوز ٠,٠١% من كتلة اللحم) من نترات الصوديوم للمحافظة على اللون الطبيعي للحم على هيئة محلول، ثم تُرص القطع بجانب وفوق بعضها في أحواض غير مسامية وتُترك لمدة تتراوح بين ٢-٣ أيام بعدها تُغسل القطع بالماء للتخلص من الملح الزائد وتُعلق لتجف قليلاً (لمدة يوم) ثم تُوضع على سطح خشبي مستوي نظيف وتُغطى بسطح آخر يُوضع فوقه ثقل مناسب لتترك تحت الضغط حوالي ٨ ساعات، ويجب أن يكون الضغط متماثلاً وجيداً لمنع نمو الفطريات.

تُعرض القطع بعد ذلك للتجفيف الهوائي لمدة يومين أو أكثر حسب رطوبة الجو المحيط ثم تُدهن مع الدهك الجيد بعجينة الجمن (حلبة ناعمة + دقيق والفليفلة الناعمة الحمراء والتوابل الأخرى كالبهار والثوم وقليلاً من الملح)، وتُعلق القطع بعدها في الجو العادي بوجود تيار هوائي مناسب لمدة ٢-٣ أيام تكون بعدها جاهزة للإستهلاك.

٣-٢: صناعة المرتديلا: يُفرم اللحم ناعماً ثم يُضاف إليه الملح وقليلاً من محلول نتريت الصوديوم (٠,٠١%) للمحافظة على اللون الطبيعي للحم بعد المعاملة الحرارية، ثم يُبرد إلى درجة حرارة قريبة من الصفر المئوي ويُفرم ثانية بمفارم خاصة ناعمة جداً (Cuter) وتُضاف التوابل المختلفة (البهار والفليفلة الناعمة الحمراء وأحياناً الثوم) وبعض الثلج (أو الماء المثلج) بنسبة لا تزيد عن ٢٥% من كتلة اللحم وذلك أثناء عملية الفرم التي تستغرق ٣-٤ دقائق.

تُعبأ الخلطة بعدها في عبوات أسطوانية صناعية (سولفان أو بوليميرات عضوية بروتينية) أو طبيعية (أمعاء الأبقار) مع ملاحظة جودة التعبئة وعدم وجود فراغات داخل العبوة.

تُترك العبوات بعد ربطها جيداً لمدة ساعة معلقة في الجو العادي البارد (أو في البراد) ثم تعرض لعملية التدخين (أو التحمير الناشف عادة) ثم تُسلق بالبخار، حيث تُبرد بعد السلق سريعاً بالماء البارد وتُخزن في البرادات على درجات حرارة قريبة من الصفر المئوي حتى التوزيع والإستهلاك.

٣-٣: صناعة السجق والصاصيجو: لصناعة السجق يُفرم اللحم ناعماً ثم يُملح وتُضاف إليه التوابل (بهار، فليفلة حمراء ناعمة، ثوم ناعم) ويُخلط جيداً مع كمية مناسبة من الدهن، ويُعبأ في أمعاء الأبقار أو في أكياس من الشاش النظيف، ثم يُعلق في الهواء ليجف ويُستهلك بعد التحمير كلما دعت الحاجة، ولا تختلف طريقة تحضير الصاصيجو عن السجق إلا في نسبة الدهن حيث تكون في خلطته أقل، ولا يُضاف الثوم ،ويُفضل إضافة الصنوبر أو لب الفستق الحلبي في خلطة الصاصيجو، ويُعبأ في أمعاء الأغنام أو الماعز، كما أنه يجب نزع العبوة في حالة السجق، بينما يؤكل الصاصيجو بعبوته بعد التحمير، ويمكن استهلاك الصاصيجو بعد التجهيز

مباشرة أو بعد التجفيف الجزئي، بينما يُفضل تعريض السجق لعملية تجفيف جزئي وإنضاج بعد التجهيز.

٣-٤: تحضير اللسان المدخن: يُملح اللسان بعد عمل بعض الشقوق الصغيرة المتوسطة العمق فيه من جميع أوجهه، وذلك إما بغمره في محلول ملحي مركز أو بنثر الملح على سطوحه ثم يُترك عدة أيام (٤-٥ أيام)، يُغسل بعدها بالماء العادي لمدة ٢-٣ ساعات للتخلص من الملح الزائد، مع ملاحظ إضافة النتريت أو النترات على هيئة محلول أثناء التمليح للمحافظة على اللون الطبيعي للحم اللسان بنسبة لا تتجاوز ٠,٠١% من كتلته، ويُتبع ذلك إجراء عملية السلق في البخار لمدة ساعتين تقريباً، ثم تزال طبقة القشرة الخارجية وتُكدس الألسنة في قوالب اسطوانية (بعد إضافة أحد أملاح السوربيك على هيئة محلول بنسبة لا تتجاوز ٠,٠١% كمادة حافظة) لمدة ١-٢ يوم ثم تنزع الألسنة من القوالب وتعرض لعملية التدخين بدخان الخشب بطيء الاحتراق لمدة ٣-٤ ساعات على الساخن بدرجة حرارة مابين ٧٥-٨٥م°، حيث يكتسب الناتج نكهة خاصة تعود إلى تركيز الفينولات والألدهيدات والكيتونات الناتجة عن احتراق الأخشاب، كما أن ذلك يؤدي إلى منع أكسدة الدهون وقتل كثير من البكتريا المسببة للتحلل والتعفن، وترتفع الحموضة بتأثير الأحماض الناتجة عن الاحتراق البطيء للأخشاب.

UNIVERSITY OF ALEPPO

قائمة المراجع

المراجع العربية:

١. جانجي، جورج إدوار- ٢٠٠٦. التغذية وصحة الإنسان- منشورات جامعة البعث- كلية الهندسة البترولية والكيميائية، ٣٤٠ صفحة.

٢. حمد، محمد نزار- ١٩٩٢. تقانة تصنيع الأغذية وحفظها. مكتبة الأسد بدمشق، ٨٣٨ صفحة.

٣. حيدر، محمد. نداف، محمد علي – ١٩٩٨. مبادئ الكيمياء الحيوية – منشورات جامعة تشرين – كلية الزراعة، ٢٩٠ صفحة.

٤. حيدر، محمد. محيو، عادل. كيالي، علي زياد – ١٩٨٣. الصناعات الغذائية (الجزء النظري)- منشورات جامعة حلب – كلية الزراعة، ٣٤٤ صفحة.

٥. دهان، محمود-٢٠١٢. تقانة الزيوت (النظري)- منشورات جامعة حلب- كلية الهندسة التقنية، ٣٥٦ صفحة.

٦. دهان، محمود – ١٩٩١. الكيمياء الحيوية (النظري) – منشورات جامعة حلب – كلية الزراعة، ٣٣٥ صفحة.

٧. سعد حلابو، سعد أحمد. محمد بديع، عادل زكي. أحمد بخيت، محمود علي- ٢٠٠٨. تكنولوجيا الصناعات الغذائية، المكتبة الأكاديمية صفحة ٣٨٨، مصر.

٨. علي، محمد عامر. الشبيبي، محسن. العمر، محمود عيد. طعمة، صادق جواد – ١٩٨٤. كيمياء الألبان – منشورات وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، العراق، ٦٠٥ صفحة.

٩. محيو، عادل. كيالي، علي زيا. الميدع، إلياس – ١٩٨٦. علم الألبان (الجزء النظري).

١٠. محيو، عادل – ١٩٩٨. تكنولوجيا اللحوم (الجزء النظري) – منشورات جامعة حلب – كلية الزراعة، ٢٠٣ صفحة.

المراجع الأجنبية:

1. A.O.A.C. 1984.Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.14 th Ed. Published by Association of Official Analytical Chemists Arlington, Virginia 22209 U.S.A.
2. Ariyama,T. , Kham, K. 1989. Effect of Laboratory sprouting and storage on physico-chemical and breadmaking properties of Hard Spring Wheat. Cereal chemistry 67 (1):53-58.
3. Belitz H.D. ,Grosch P.W. , Schieberle P., 2009- Food Chemistry, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, P: 1114 .
4. Cauvain S., Young L., 2001- Baking problems solved , Woodhead Publishing Limited , P: 298.
5. Kerry Joseph , Kerry John, Ledward D., 2002 – Meat processing Improving quality , CRC Press LLC , P:475 .
6. James M. J., 2002- Modern Food Microbiology , Aspen Publishers, Inc, P:625.
7. Lawrie R. A., & Ledward D. (eds.), 2006- Lawrie's Meat Science , 7th Edition . CRC Press, Boca Raton ,FL ,USA.
8. Lund,D.1975-Heat processing in Principles of Food Science, Part 2.Physical Principles of Food Preservation ,Karel,M.,Fennema,O.R. and Lund,D.B.(Editors), Marcel Dekker,Inc.
9. Owens G., 2001-Cereals processing Technology, Publishing Limited, P: 245.
10. Pokorny J., Yanishlieva N., Gordon M.,2001 – Antioxidants in Food, Woodhead Publishing Ltd, P: 322.
11. Inteaz A., 2004-Food quality assurance : principles and practices, CRC Press LLC, P :154.

تنويه:

تم إعداد فصول هذا الكتاب على النحو التالي:

د. عادل محيو: الباب الأول كاملاً – الفصل السادس من الباب الثاني والفصل الثالث والرابع والخامس من الباب الرابع.

د. محمود دهان باقي فصول الكتاب.

تم تدقيق الكتاب علمياً من قبل

الأستاذ الدكتور	الأستاذ الدكتور	الأستاذ الدكتور
سهيل إبراهيم باشا	عمر الناصر	أديب فالح

المدقق اللغوي

الأستاذ الدكتور

عبد الستار السيد أحمد

UNIVERSITY OF ALEPPO

G.T

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة
لمديرية الكتب والمطبوعات