الأكاديمية العربية الدولية

المقررات الجامعية

www.aiacademy.info | care@aiacademy.info

https://t.me/agricultural_eng

منشورات جامعة دمشق
كلية الـــزراعة

مبادئ حفظ وتصنيع الأغذية

(الجزء النظري)

الدكتور
عبد الحكيم عزيزية
الأستاذ في قسم علوم الأغذية

الدكتورة
لينا المغربي
المدرسة في قسم علوم الأغذية

جامعة دمشق

1433 – 1434 هـ
2011 – 2012 م

AGRICULTURAL_FOODINDUSTRY
https://t.me/agricultural_eng

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفهرس

المقدمة	13
الفصل الأول: مدخل إلى مبادئ حفظ الأغذية	17
– حفظ الأغذية وتصنيعها لدى الحضارات القديمة	17
– الخطوات الحديثة في حفظ الأغذية و تصنيعها	19
– جودة الغذاء	21
– الغذاء الطازج	26
– جودة الأغذية والمعالجة الحرارية	28
– القيمة الغذائية	28
الفصل الثاني: تحضير المواد الخام المستخدمة في التصنيع الغذائي	33
– مجموعات المواد الأولية في الصناعات الغذائية	33
– الحبوب ومنتجاتها	33
– الزيوت والدهون	35
– الخضروات والفاكهة	38
– مصادر اللون وتغيراته في الخضراوات والفاكهة	41
– نشاط أنسجة الفاكهة والخضراوات الحية	44
– حصاد الخضراوات و تصنيعها	46
– قطاف الفاكهة وتصنيعها	47
– تأثير تركيب المواد الأولية في بيعها وشرائها ومواصفاتها	50
– العمليات الأساسية لتصنيع المواد الغذائية	51
– العوامل التي تتحكم بجودة المادة الغذائية	57

– نقل المواد الغذائية وتداولها	60
الفصل الثالث: أسس حفظ الأغذية باستخدام الحرارة	75
– لمحة تاريخية	75
– أنواع المعاملات الحرارية للأغذية	75
– الطبخ	75
– السلق	76
– البسترة	77
– التعقيم	78
– العوامل التي تؤثر في كفاءة عملية التعقيم التجاري	79
– انتقال الحرارة في العبوات	83
– تحديد النقطة الباردة	84
– المعالجة الحرارية	86
– حساب وقت التعقيم	92
الفصل الرابع: أسس حفظ الأغذية بالتعليب	93
– لمحة تاريخية	93
– خطوات عملية التعليب	94
– اختبار العلب المحفوظة	109
– الفساد الميكروبيولوجي للأغذية المعلبة	110
– القيمة الغذائية للأطعمة المعلبة	111
الفصل الخامس: أسس حفظ الأغذية بالتجفيف	113
– لمحة تاريخية	113
– تعريف التجفيف	113

– وظائف الهواء في تجفيف الأغذية	114
– العوامل التي تسيطر على عملية التجفيف	114
– فوائد التجفيف	115
– تحضير الأغذية قبل تجفيفها	115
– مقارنة التجفيف الطبيعي بالتجفيف الاصطناعي	116
– تأثير التجفيف على نمو الأحياء الدقيقة	117
– تأثير التجفيف على فعالية الأنزيمات	118
– الأسس الفيزيائية التي تحكم التجفيف	119
– منحنيات التجفيف	123
– استخدام الخرائط السيكرومترية في عملية التجفيف	127
– خصائص المواد الغذائية المجففة	130
– آلات التجفيف الاصطناعي	133
– التجفيف تحت أشعة الشمس	136
– التجفيف من حالة التجمد (التجفيد)	138
الفصل السادس: أسس حفظ الأغذية بالتبريد	139
– فوائد التبريد	139
– مفهوم حفظ الأغذية بالتبريد	140
– أنواع التبريد	140
– أوساط التبريد	143
– شروط التخزين المبرد	145
– التخزين في جو غازي معدل	147
– تأثير التبريد في المادة الغذائية	147

الفصل السابع: أسس حفظ الأغذية بالتجميد	149
– فوائد التجميد	149
– مفهوم حفظ الأغذية بالتجميد	149
– خصائص التجميد السريع والتجميد البطيء	151
– طرائق التجميد	151
– التغيرات التي تحدث للغذاء في أثناء التخزين المجمد	153
– جودة الأغذية المجمدة	154
– مواصفات الأغلفة المستعملة في عملية تغليف الأغذية المعدة للتخزين المجمد	154
– تأثير درجات الحرارة المنخفضة على الأحياء الدقيقة في أثناء التخزين المجمد	155
– إزالة حالة التجميد وإعادة التجميد مرة ثانية	155
الفصل الثامن: أسس حفظ الأغذية باستخدام الإشعاعات	157
– مقدمة	157
– مفهوم حفظ الأغذية بالتشعيع	158
– أنواع الأشعة المستخدمة في حفظ الغذاء	159
– وحدات قياس الإشعاعات	160
– آلية تأثير الأشعة المؤينة في المادة الغذائية	161
– حدود الجرعات و تطبيقاتها العملية في تشعيع الغذاء	163
– تأثير التشعيع في الاحياء الدقيقة	165
– التطبيقات الممكنة للأشعة المؤينة في مجال حفظ الفواكه والخضار	166
– تأثير المعاملة بالإشعاع في المادة الغذائية	168

– العوامل المساعدة للتقليل من التأثيرات الضارة للأشعة	170
– تغليف الأغذية المشعة	170
– التجربة السورية في مجال استخدام التشعيع في حفظ الأغذية	171
– الكشف عن الأغذية المشعة	172
الفصل التاسع: تصنيع الهلام والمربى والمرملاد	175
– مقدمة	175
– المكونات الأساسية للهلامات	177
– تشكيل الشبكة الهلامية	179
– متطلبات معدات إنتاج الهلام والمربى والمرملاد	179
– تصنيع الهلام	180
– تصنيع المربى	187
– تصنيع المرملاد	191
الفصل العاشر: تصنيع العصائر والشرابات والمركزات	195
– مقدمة	195
– المرطبات الغازية غير الكحولية	196
– الآلات والمعدات المستخدمة في عملية إنتاج المرطبات الغازية	196
– المكونات الأساسية الداخلة في صناعة المرطبات الغازية غير الكحولية	197
– عصائر الفاكهة ومنتجاتها	200
– القيمة الغذائية لعصائر الفاكهة ومنتجاتها	201
– أسس تقانة إنتاج عصائر الفاكهة	202
– متطلبات إنتاج عصائر الفاكهة من المعدات	204

– عصير العنب	205
– عصير البرتقال	206
– عصير التفاح	208
– مركزات الفاكهة	211
– نكتار الفاكهة	212
– مراقبة جودة الإنتاج	213
الفصل الحادي عشر: تصنيع المخللات	215
– تصنيع مخلل الخيار	218
– خطوات تخليل الخيار	221
– تصنيع مخلل الخيار الشبتي	221
– تصنيع مخلل الخيار الحلو	222
– عيوب مخلل الخيار وفساده	223
– تخليل الزيتون الأخضر	224
– خطوات تخليل الزيتون الأخضر	225
– عيوب مخلل الزيتون الأخضر	227
الفصل الثاني عشر: تصنيع منتجات البندورة	229
– مقدمة	229
– تعليب ثمار البندورة	230
– عصير البندورة	232
– خطوات تصنيع عصير البندورة	234
– رب البندورة	236
– خطوات صناعة رب البندورة	238

– كتشب البندورة	243
– خطوات تصنيع كاتشب البندورة	244
– مسحوق البندورة المجفف	246
– المخلفات الناتجة عن تصنيع منتجات البندورة وطرق الاستفادة منها	247
الفصل الثالث عشر: تصنيع البيض	249
– غسيل السطح الخارجي للبيض وتنظيفه وتطهيره	249
– آلات كسر قشرة البيضة وسحب محتواها وفصل الصفار عن البياض	251
– تكنولوجيا إعداد منتجات البيض المجمدة وتحضيرها	252
– تكنولوجيا إعداد منتجات البيض المجففة وتحضيرها	257
– التغيرات التي تطرأ على منتجات البيض المجففة في أثناء التخزين	261
– القيمة الغذائية لمنتجات البيض المجففة	263
– تعليب منتجات البيض	267
الفصل الرابع عشر: طرق أخرى في حفظ الأغذية وتصنيعها	273
أولا – تقنية حفظ مواد النكهة ضمن الكبسولات(التمحفظ)	273
– أساس أو نظرية التغطية	273
– فوائد الكبسولات وأنواعها	275
– تركيب الكبسولات	276
– المواد المستخدمة في الكبسولة في النظام الغذائي	277
– تقنية الميكروكبسولات	281
– التجفيف بالرذاذ	281
– البثق الحراري	284
– التجفيد	285

– ميكانيكية تحرير المواد وتأثيراتها	285
ثانيا– تقنية التصنيع بالضغط العالي	290
– مبدأ طريقة التصنيع بتقنية الضغط العالي	292
– دور تقنية الضغط العالي في حفظ الأغذية	294
– تأثير الضغط العالي على الأحياء الدقيقة	295
– تأثير الضغط العالي على الأنزيمات	296
– آلية تطبيق تقنية التصنيع بالضغط المرتفع	296
– تأثير تطبيق تقنية الضغط المرتفع على البكتريا الموجودة في الحليب	297
– تأثير تطبيق تقنية الضغط المرتفع على مردود إنتاج الجبن	298
– تأثير تطبيق تقنية الضغط المرتفع على تصنيع لبن الزبادي	299
الفصل الخامس عشر: مخلفات الصناعات الغذائية وطرق معالجتها	301
– مقدمة	301
– أنواع الفضلات الناتجة عن مصانع الأغذية وطريقة التخلص منها	301
– معاملة الفضلات والتخلص منها	303
– معاملة الفضلات السائلة والتخلص منها	306
– معاملة الفضلات الصلبة والتخلص منها	312
– الاستفادة من الفضلات وتقليلها	313
المصطلحات العلمية	317
المراجع العربية	333
المراجع الأجنبية	335

المقدمة

عمد الإنسان منذ القدم إلى حفظ الأغذية ليستفيد من وجودها عندما تكون نادرة في الأسواق وذلك بتجفيفها تحت الشمس بإضافة الملح إليها أو بتخليلها أو باستعمال الحرارة. وتطورت وسائل الحفظ لتشمل التعقيم، التبريد، التجميد، إضافة مواد حافظة إضافة محاليل سكرية أو ملحية إضافة إلى تقانة التعليب وتفريغ الهواء وغيرها.

ابتدأت منذ مطلع السبعينات من القرن الماضي مستويات نمو الطلب على السلع الزراعية تتجاوز نمو الإنتاج الزراعي في الوطن العربي، مما أدى إلى انخفاض ملموس في مستويات الاكتفاء الذاتي، وازدياد في الاعتماد على مصادر غير عربية ولا سيما في السلع الغذائية الأساسية مثل القمح والأرز والزيوت واللحوم والألبان. ويعد تطور الصناعات المرتبطة بحفظ الأغذية وتداولها وباستنباط أغذية جديدة ، ركيزة مهمة ومكملة لأي خطوات تتخذ للوصول إلى مستويات مقبولة من الاكتفاء الذاتي.

شهدت الجمهورية العربية السورية في العقدين الماضيين تطورا مذهلا في مجال الانتاج الزراعي بشقيه النباتي والحيواني بكميات وفيرة وتنوعاً كبيراً باختلاف المناطق. وبما ان هذا الانتاج يتصف عادة بالموسمية والقابلية السريعة للفساد فقد برزت الحاجة لحفظ الأغذية وتصنيعها لضمان توفرها على مدار العام بخصائص تلبي الاذواق المختلفة للمستهلكين. لذلك فقد لاحظنا في الفترة القليلة الماضية إقبالاً كبيراً على إقامة المنشآت الصناعية وبناء مصانع الأغذية التي تضم كثيراً من خطوط الإنتاج المختلفة لمعظم المصنعات الغذائية.

وعلى الرغم من جدية هذه المصانع والحداثة التي تملكها آلات هذه الخطوط الجديدة وأجهزتها فهي غير قادرة على تصنيع الغذاء الجيد المتميز بالخصائص الغذائية اللازم توافرها في الأغذية المصنعة إذا لم يقم بإدارة هذه الخطوط ويشرف على تشغيل هذه الأجهزة عمال مدربون ومهندسون مهرة، تزودوا بالأساس العلمي اللازم لتصنيع الأغذية.

إن التطور الكبير الذي حصل في حقل حفظ الأغذية وتصنيعها، وتسخير معظم العلوم التقنية الحديثة في هذا المجال، بالإضافة للأهمية الكبيرة في حفظ الغذاء بصورة صحية وجيدة وتصنيعه وتوفيره لملايين السكان الذين ضاقت بهم رقعة الأرض، ومع إدراك المنتج والمصنع والمستهلك للغذاء وما لهذه الصناعة من أهمية كبيرة من النواحي الغذائية والاقتصادية، الأمر الذي تطلب منا إنجاز كتاب مبادئ حفظ الأغذية وتصنيعها الجزء النظري الذي تضمن أحدث الطرق والوسائل والأجهزة المستعملة في مجال حفظ الأغذية وتصنيعها.

بهذه الروح العلمية الصادقة والأمل العميق لتقديم كل ما هو جديد يفيد في تقديم الفائدة العلمية ويعطي الطالب النظرة الثاقبة والفهم الصحيح لعمليات الحفظ والتصنيع الغذائي.

كتبت فصول هذا الكتاب التي تضمنت مدخلاً إلى مبادئ أسس حفظ الأغذية وتحضير المواد الخام المستخدمة في التصنيع الغذائي، ثم تم التطرق الى أسس حفظ الأغذية باستخدام الحرارة والتعليب والتجفيف والتبريد والتجميد وبالإشعاعات، بعدها تناولنا تصنيع الهلام والمربى والمرملاد والعصائر والشرابات والمركزات والمخللات ومنتجات البندورة والبيض، واخيرا ونظرا لأهمية البيئة من حولنا فقد كان لابد لنا من التركيز على مخلفات الصناعات الغذائية وطرق معالجتها.

ويأمل المؤلفان أن يكون هذا الكتاب عوناً للطلاب في دراستهم نحو المعرفة الصحيحة والفائدة الممتعة والخبرة العملية ليكون مرشداً لهم في تخطي العقبات التي يمكن أن يواجهوها في حياتهم. لقد بذلنا ما استطعنا من جهد وتخيرنا المفيد وانتقينا العلمي الصالح، نقدم الفكرة الواضحة والعبارة السهلة كلما أمكننا ذلك ليخرج هذا الكتاب صلب العود قوي البناء عظيم الفائدة يفي بحاجة كل طالب علم، ونرجو أن نكون وفقنا في الوصول إلى الغاية التي نريدها وإن جانبنا الحظ فحسبنا أننا حاولنا.

دمشق في 2012/01/01

المؤلفان:

أ. د. عبدالحكيم عزيزية **د. لينا المغربي**

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الأول

مدخل إلى مبادئ حفظ الأغذية

Principles of food preservation

يستمد الإنسان طعامه الخام من مصدرين رئيسين اثنين هما: مصدر نباتي يزودنا بالمنتجات النباتية، وآخر حيواني يزودنا بالمنتجات الحيوانية. ويلجأ الإنسان إلى الأراضي الزراعية والبحيرات والأنهار لتزويده باحتياجاته من الأطعمة. وثمة مجموعة من المنتجات الخام لا يزال يعتمد على الغابات للحصول عليها، وهي تعتبر في الوقت نفسه مصادر غذاء مهمة في بعض مناطق العالم.

حفظ الأغذية وتصنيعها لدى الحضارات القديمة:

ثمة علاقة وثيقة وارتباط زمني معقول بين البدء بحبك السلاسل وعمل الفخار والمراحل الأولى المنظمة لحفظ الغذاء. فقد ساعدت الأدوات الفخارية المصقولة على احتفاظ الأغذية الموضوعة فيها بما تحتويه من ماء. وقد عرفت الجرار الفخارية في كل من الحضارات القديمة التي قامت حول نهر الهندوس وفي بلاد بين الرافدين وعلى ضفاف نهر النيل حيث استخدمت لتخزين الحبوب الجافة، فقد عُثر في سورية على جرار ضخمة بارتفاع المتر تقريباً يرجع عهدها إلى ثلاثة آلاف سنة قبل ميلاد السيد المسيح، كما عثر في إيران على جرار بالضخامة نفسها قدّر أنها ترجع إلى 2500 سنة قبل الميلاد، وعرف أيضاً أن الأقوام القديمة التي عاشت حول بحيرة سويسرا قد خزنت ثمار التفاح والأجاص (الكمثرى) الجافة في آنية فخارية.

وفي وقت مبكر جداً من تاريخ الإنسان الحديث اتخذ الإنسان الترتيبات التي تمكنه من نقل الغذاء وتوفيره لغير أفراد عشيرته أو القاطنين في قريته، فأنشئت المراكز

التجارية في العالم القديم التي انتشرت في الهند والصين وحول البحر المتوسط. وكان الإنسان يبحث دائماً عن الأساليب التي تمكنه من حفظ الفائض من غذائه سواءً أكان لاستهلاكه الشخصي خلال أوقات القحط والندرة أم لأسباب تجارية محضة.

ولا توجد أية سجلات تاريخية تحدد الزمن الذي حفظ فيه الغذاء لأول مرة لغرض استخدامه في وقت لاحق، إلا أن تجفيف الغذاء كان من دون أدنى شك من أول الأساليب التي اتبعت بغرض الحفظ، فمن السهل على المرء أن يفترض بقاء عنقود عنب معلقاً بالشجرة الأم ليجف بفعل حرارة الشمس مخلفاً ثمرات جافة ذات طعم حلو مستساغ، فلعل ملاحظة هذه الحادثة وظواهر أخرى مماثلة جعلت الإنسان يلجأ لتجفيف ثمار العنب والتمر والتين ويخزنها لاستخدامها في أمكنة أخرى وأزمان لاحقة. ولقدامى المصريين كتابات تشير إلى أنهم استخدموا التجفيف بأشعة الشمس كما استخدموا الملح في حفظ أغذيتهم، وإلى أنهم شادوا الأبنية الخاصة لتخزينها فيها. وهكذا جففت شرائح التفاح بأشعة الشمس في بلدان الشرق الأوسط وأوربا الوسطى، وكذلك جفف العنب وحول إلى زبيب (ثمار العنب الجافة)، وحصل على التين المجفف وثمار الجوز واللوز والتمر في فصول الشتاء حيث لا تتوافر طازجة.

كان الرومان أول من استخدم الثلج لحفظ أغذيتهم سريعة التلف، ويمكن للمرء أن يتوقع أنهم قد توصلوا إلى ذلك بملاحظتهم بطء سير عمليات فساد الأغذية عندما تتم في الفصول الباردة إذا ما قورنت بمعدل الفساد في الأوقات الدافئة والفصول الحارة. ويستدل من الآثار اليونانية والرومانية على أن الزيتون قد عصر

لاستخراج الزيت الذي بقي فيما بعد ولشهور طويلة صالحاً للاستعمال والاستهلاك. وهناك ما يشير إلى أن أناساً آخرين قد توصلوا إلى حفظ أغذيتهم بغمرها في زيت الزيتون.

الخطوات الحديثة في حفظ الأغذية وتصنيعها:

لابد أن ندرك أن مبادئ حفظ الأغذية وتصنيعها المعتمدة حالياً ، إنما هي نتيجة لتراكم خبرات الشعوب والقبائل المختلفة خلال قرون عديدة تمت فيها ممارسة التصنيع والحفظ من دون إدراك لما يجري.

ولم يتضح الأمر إلا في القرن التاسع عشر حيث بدئ بوضع الأسس التي بنيت عليها صناعة حفظ الأغذية، فأنشئت المصانع الصغيرة التي لم تلبث أن تلاشت ليحل محلها مصانع ضخمة تعنى بتهيئة الأغذية وتصنيعها. ومع التقدم الهائل الذي شهده النصف الثاني من القرن العشرين لا يزال الفلاحون يجففون الفاكهة في المزارع. كما أن ربات البيوت يمارسن تعليب الخضر والفواكه وتجميدها، ويقمن أيضاً بتحضير المربيات والهلامات والمخللات والمايونيز ومنتجات أخرى.

وفيما يلي لمحة سريعة لأكثر المنتجات المصنعة أهمية، ويشكل معظمها الأساس لعدد من العمليات التصنيعية:

1- منتجات السكر: وتشمل القصب والشوندر (البنجر) والقيقب maple والذرة.

2- منتجات النشاء: وتشمل الذرة والبطاطا (البطاطس) والقمح.

3- الدقيق والخبز والحبوب.

4- سلع الحلويات المخبوزة.

5- منتجات الحلويات (السكاكر).

6- المعلبات.

7- الأغذية المجمدة.

8- الأغذية المجففة.

9- اللحم والاسماك المعالجة بالنقع أو الحقن بالماء المالح أو الخل

10- منتجات الألبان وتشمل الحليب (المجنس) والجبنة والألبان المختمرة والآيس كريم والمواد الصلبة الجافة غير الدسمة ومركزات الحليب.

11- منتجات اللحوم وتشمل النقانق ومستخلصات اللحم وعجينة اللحم.

12- منتجات الأغذية البحرية وتشمل شرائح لحم السمك ونقانق السمك وعجينة لحم السمك.

13- المنتجات الدهنية والزيوت وتستمد من بذور الصويا والذرة وعباد الشمس وبذرة القطن والزيتون.

14- المربيات والهلامات.

15- الأغذية المختمرة وتشمل المخللات والسوركورت.

16- المشروبات المختمرة.

17- المرطبات وتشمل المشروبات الغازية والمشروبات العادية.

18- منتجات فول الصويا.

19- منتجات الذرة.

20- منتجات الخميرة وتشمل خميرة الطعام وخميرة الخباز وخميرة التخمير.

21- دقيق السمك.

22- محلمآت البروتين protein hydrolyses.

23- الأغذية المقلدة كالبروتينات المصنعة وشرابات الفاكهة والكريمة الاصطناعية.

ومن الطبيعي أن تتداخل هذه الصناعات مع بعضها البعض، إذ قد تحضر منتجات الألبان واللحوم إما معلبة أو مجففة أو مجمدة. كما قد يستخدم كل من فول الصويا والذرة في تحضير منتجات المخابز وأنواع الشوربات المعلبة. ويذكر أيضاً أنه يوجد العديد جداً من العمليات التي تجري في سياق تحضير الأغذية. وبموجب هذه العمليات تحول ذبائح الأبقار والأغنام إلى اللحوم ومنتجاتها. ويحتفظ بالحليب الذي عرض لعملية البسترة صالحاً للاستهلاك خلال مدة أسبوع إذا احتفظ به مبرداً، وكذلك الذي عرض لعملية التعقيم يكون صالحاً للاستهلاك خلال مدة ستة أشهر. وقد يحول الحليب إلى زبدة أو جبنة أو آيس كريم أو إلى مسحوق الحليب المجفف. وتؤخذ من الأسماك الشرائح لتجمد أو ليحتفظ بها معلبة (كالسلمون أو التونة أو السردين). وتجمد الخضر والفواكه، وتفصل النخالة عن البذور التي تطحن ليستخلص منها الدقيق، ومن الدقيق يحضر الخبز ومنتجات المعجنات. ويشتق السكر من جذور الشمندر أو من أشطاء القصب، وهكذا فالأمثلة عديدة جداً. وتبدو أفضل طريقة للوصول إلى تعميم مناسب باللجوء إلى تصنيف العمليات التصنيعية المتداولة في تصنيع الأغذية إلى مجموعات من العمليات التي تدعى بالوحدات التشغيلية.

جودة الغذاء:

عرفت درجة جودة الغذاء بأنها درجة الامتياز التي يحققها، وعرفت أيضاً بأنها حصيلة الخصائص المميزة لسلعة ما والمحققة لقبولها لدى المستهلك. وبغض النظر عن متطلبات جسم الإنسان من العناصر الغذائية فإنه يعتمد عند انتقاء غذائه

وتحديده الكميات التي يستهلكها منه على عوامل الجودة، فالقيمة الغذائية قد تكون متماثلة بالنسبة لسلعة غذائية ما سوِّقت بدرجات متفاوتة، إلا أن السعر قد يرتفع ليصل إلى حوالي ثلاثة الأمثال لأفضلها جـــودة. وقد أدرك منتجو الأغذية ومصنعوها هذه الحقيقة منذ وقت مبكر وعرفوا أن منافسهم الأكبر هو المنتج للجودة الأعلى.

عندما نقوم بانتقاء سلعة غذائية ما فإننا نبدأ بدخول غمار سلسلة من المراحل تمر عبر استحسان المظهر ثم الشم فتناول الطعام والقضم إن لزم الأمر، ثم المضغ والتذوق فالاستساغة والاستحسان أو عكس ذلك. ونحن نستخدم في ذلك حواس النظر واللمس والشم والتذوق، وحتى حاسة السمع لدى قضمنا قطعة من الجزر أو ثمرة تفاح مثلاً. وتؤخذ بالحسبان جميع هذه الإحساسات عند استنباط أساليب قياس جودة المواد الغذائية. وفي هذا الصدد قام كرامروتويغ (1970) بتصنيف عوامل جودة الأغذية طبقاً لما تدركه حواسنا ضمن ثلاث فئات رئيسية وهي المظهر والقوام والنكهة.

1- **المظهر Appearance:** تشتمل عوامل الجودة الخاصة بالمظهر على تلك النواحي التي تحدد انجذاب الإنسان للغذاء أو عزوفه عنه، أي الحجم والشكل والتكامل، وما قد يتصف به الغذاء من عيوب كالفساد أو الكدمات أو كونه مشوباً بمواد غريبة أو بلطخات أو ترسبات، وما قد يتصف به من نواح تتعلق بالرؤية كاللمعان والشفافية والعكر واللون (من حيث كونه داكناً أو فاتحاً ومن حيث درجة الصفاء وصفات التدرج). ويعتبر اللون من أهم هذه المقاييس نظراً للاعتماد عليه بصورة عامة عند الحكم على هذه

الأطعمة غير الطازجة، وفي حالة ما إذا كانت هذه الأطعمة غير محفوظة فيعتبر تغير اللون دليلاً على أن هذه الأطعمة غير طازجة، وفي حالة ما إذا كانت هذه الأطعمة محفوظة فيعتبر تغير اللون دليلاً قاطعاً على تلف أصابها في أثناء مراحل التحضير والتصنيع أو خلال التخزين مدة طويلة في درجة حرارة مرتفعة.

من الملاحظ أن الحرارة تؤثر في لون الصبغات الداخلة في تركيب الأغذية، ويتغير لون الصبغات بتغير لون الأغذية، وفي الوقت نفسه تتغير فيها عوامل أخرى مهمة. فغالباً ما ينقلب لون الأغذية المسخنة بوجود الهواء إلى اللون البني، فعند غلي عصير البندورة لتحضير ربّ البندورة بالطريقة المنزلية يلاحظ تلون الناتج باللون البني المسمر مما يدل على أن رب البندورة قد فقد بعض قيمته الغذائية. وهنا لابد من الإشارة إلى أن اللون الغامق قد يكون مرغوباً في بعض الحالات، فإننا نرغب في تشكيل اللون المسمر في الكنافة (المبرومة) وفي قشرة رغيف الخبز ورقيقات البطاطا (البطاطس) المقلية chips. وفي الواقع نعمد في بعض الأحيان إلى إضافة بعض المواد الملونة (كراميل caramel) إلى الأغذية لتلوينها. و كثيراً ما نضحي بقليل من القيمة الغذائية لبعض الأطعمة في سبيل تلوينها بلون شهي ومقبول، فنحن نطلب في الأغذية الطعم الشهي والشكل المستحب واللون الذي يوحي بأنها طازجة.

2- **القوام Texture:** يعتبر القوام عاملاً مهماً في تحديد الصفات المستحبة في الثمار والأجزاء الخضرية وما يترتب عليها من صفات الجودة بعد التصنيع. يحيط بمعظم المنتجات النباتية (الخضر والفواكه) غلاف واق

يكسبها المتانة الميكانيكية، ويحول دون اتصال النسج الداخلية مع البيئة الخارجية. وغالباً ما يمكن الحكم على درجة نضج الثمار بالاعتماد على قوامها نظراً لأن النضج يتحدد بتغيرات فيزيائية وكيميائية تنعكس آثارها على مرونة نسج الجدران الخلوية. يدخل السللوز والهميسللوز والبكتين في تركيب هذه النسج ، وعموماً هي مواد مكونة من جزيئات كبيرة الحجم لا تلبث أن تتفكك بتقدم نضج الثمار نتيجة فعالية الأنزيمات الموجودة طبيعياً في الثمار. وبالإضافة إلى عاملي النضج ونمو العفن فإن النسج النباتية الحية تتنفس باستمرار فتفقد بعض مكوناتها (الكربوهيدرات)، وتعطي غاز ثنائي أوكسيد الكربون، وهي أيضاً تطلق بخار الماء نتيجة للتبخر والنتح. وتنعكس آثار هذه الفعاليات الحيوية الثلاث (التنفس والتبخر والنتح) على قوام النسج النباتية التي تفقد صلابتها الأصلية تدريجياً فتبتعد عن كونها منتجات طازجة. ومما تجدر الإشارة إليه أنه يمكن خفض معدلات هذه الفعاليات الحيوية الثلاث بخفض درجة حرارة المنتجات النباتية في أثناء تخزينها في جو رطب نسبياً في محاولة للإبقاء عليها طازجة أطول فترة ممكنة. أما بالنسبة لقوام المنتجات الحيوانية فتتحكم فيه ظاهرة التصلب الجيفي (الرّمّي) rigor mortis فتتصلب خلالها النسج التي لا تلبث أن تعود طرية خلال ثلاثة أيام في اللحوم الحمراء وخلال 6 حتى 12 ساعة في لحوم الدواجن، لذلك فإنه من غير المرغوب فيه استهلاك اللحوم إلا بعد انقضاء فترة التصلب الجيفي فيها، وذلك بتخزينها مبردة المدة اللازمة. وتنحصر عوامل الجودة المتعلقة بقوام المادة الغذائية في الصفات التالية: الانسيابية واللزوجة والاحتواء على الهلام وعلى قابليتها للمد (أو الانتشار)،

وهي خصائص قد نقرؤها أيضاً من خلال حاسة اللمس. وهناك مجموعة من العوامل الأخرى تعتمد على الإحساس بطريق اللمس بأصابع اليد كالتماسك والنعومة والعصيرية، أو بطريق الفم كالمضغ والتليّف والتحبب والتدبق.

3- **النكهة Flavor:** تشمل النكهة التي ندركها بحاستي التذوق والشم على الرائحة (عطرية أو حامضية أو محروقة...الخ) والطعم (حلو وحامض ومر ومالح) والطعم الشاذ (كالطعم الأنزيمي والفسيولوجي والكيميائي والملوث والمطبوخ والبائت...الخ). وقد تم استقصاء كل من هذه الخصائص بهدف الوصول إلى جزيئاتها المكونة لها عندما صنفت الرائحة العطرية إلى سبع روائح أولية هي: الكافوري والمسكي والوردي والنعنعي والإيثري واللاذع والنتن. وقد استفاض باحثون آخرون فجعلوها تسعاً، وحاول بعضهم المضي قدماً أبعد من ذلك بغرض تحديد أشكال جزيئات المركبات المنتجة للرائحة.

يبدو الطعام عندما يصاب أحدنا بالزكام وكأنه دون نكهة ما. غير أن حكماً كهذا يجب التريث في إصداره، إذ أن النكهة مكونة كما سبق أن أشير إلى ذلك من قسمين رئيسيين هما الرائحة والطعم. فعند إغلاق الأنف والعينين لا يمكن التمييز بين طعم آيس كريم (البوظة) الفانيلا من تلك المنكهة بالشوكولا، ولا يمكن التفريق بين الدراق (الخوخ peaches) والمشمش. ويميز من الطعوم أربعة أنواع المر والحلو والمالح والحامض. وبالإضافة إلى أنواع الطعوم الأربعة المذكورة توجد إحساسات أخرى كإحساس الطعم الصابوني والطعم المعدني (طعم الفضة وطعم النحاس وطعم القصدير

وطعم الألمنيوم وطعم الحديد). ونميز بالشم روائح الأطعمة، وعملية الشم إحساس كيميائي يتم بتماس الأجسام الغازية المنتقلة بسرعة معينة مع أهداب الخلايا العصبية الشمية فتنبهها تنبيهاً كيميائياً. إن حاسة الشم لدى الإنسان أقوى وأكثر حساسية بحوالي 2500 مرة من حاسة الذوق. وهناك إحساسات حرارية كالفلفل (إحساس حار) والنعناع (إحساس بارد).

الغذاء الطازج:

لقد مرت كلمة طازج (Fresh) بتغيرات كثيرة وأصبحت تدل على مفاهيم مختلفة. ففي المزرعة ذات الاكتفاء الذاتي يدل تعبير " الغذاء الطازج" على أن الغذاء لا يزال محافظاً على صفاته وخصائصه الأصلية تماماً كما كان عند قطفه أو حصاده (للمنتجات النباتية) أو ذبحه (للمنتجات الحيوانية). وبعد أن أصبح الإنسان في عصر تعالج فيه معظم الأغذية بقصد حفظها أو جعلها تتمتع بخصائص معينة مستحبة في الغذاء المصنع لم تكن موجودة فيه قبل التصنيع، سواء أكانت المعالجة قصيرة الأمد (كالطهي فترة وجيزة) أم كانت لفترة مطولة (كالتعليب مثلاً)، فإن معنى كلمة "طازج" قد تغير كثيراً، ومع ذلك فالكلمة لا تزال تستخدم لتعطي مدلولها الأصلي لكن بشمولية أكثر اتساعاً. فانتهاء وجود المزرعة ذات الاكتفاء الذاتي من عالم الغرب وتضاؤل أهميتها كثيراً في عالمنا الشرقي جعل مجموعة كبيرة من أفراد المجتمع لا تلتقي بالغذاء إلا في المتاجر، وبذلك فإن كلمة "طازج" قد قابلت معنى جديداً يدل على أن (الغذاء الطازج) هو ذلك الغذاء الذي وصل حديثاً إلى متجر البائع بالمفرق بالمقارنة مع (الغذاء البائت) الذي لبث فترة من الزمن (أياماً أو أسابيع). ويستعمل هذا المدلول (طازج) في تداول الأسماك والثمار والخضر.

كما تستخدم كلمة الطازج للإشارة على أنه قد تمت تعبئة الأغذية وأنجز تجهيزها وتهيئتها في الموسم الجديد.

أما بالنسبة للحليب فإن استخدام هذا المفهوم يقتصر على الدفعات التي سلمت منه في اليوم نفسه أو ليشمل آخر دفعة سلمت منه بالمقارنة مع الدفعات الأخرى السابقة. وفي هذا المجال فإن معنى (طازج) هنا مستمد من أصل استعماله في المزرعة، غير أن طول حلقات التوزيع واستقبال الحليب في صهاريج ضخمة وما إلى ذلك من إجراءات حديثة متبعة قد غيرت كثيراً من خصائص المادة الغذائية المصطلح عليها بأنها طازجة. فقد تكون المادة الغذائية غير حديثة العهد بسبب مكوثها فترة من الزمن مخزنة في أثناء التداول قبل وصولها إلى حلقة التوزيع النهائية. لكنها من وجهة نظر هذا المفهوم لا تزال طازجة إذا أصبحت في متناول أيدي المستهلكين بمجرد وصولها إلى مركز البيع. وبالعكس فإن طرائق التصنيع المتطورة وأساليب التداول والحفظ الحديثة قد جعلت من المنتجات الغذائية ذات صفات جودة ممتازة قد تنافس في ذلك صفات الأغذية المدعوة بالطازجة حسب مفهوم الطازج في منتجات المزرعة.

من الممكن للمرء أن يناقش (الطازج) بمفهومه الأصلي والمتطور ضمن ثلاثة أبعاد رئيسة: الإنتاج والتصنيع والتوزيع. فمن حيث الإنتاج نجد أن مدلول كلمة (طازج) يرتبط لأسباب واضحة بطبيعة ظروف الحصاد أو القطاف أو الذبح أو الصيد.

أما في حقل التصنيع فهناك أسباب منطقية تسوغ نقل مفهوم (الطازج) من المادة الخام وإضفائه على المنتج المصنع. وفي مجال التوزيع ينظر إلى مفهوم (الطازج) من خلال نطاق محدد وبصورة منفصلة عن الإنتاج والتصنيع، ونجد في الوقت نفسه أنه يتم في مجال التوزيع تداول المنتجات الخام (غير المصنعة)

والمنتجات المصنعة على حد سواء. وبالتالي فإن استخدام مفهوم (الطازج) في مجال التصنيع محاط بالغموض وعدم الوضوح وذلك لمرونة استخدام هذا الاصطلاح وسعة شموله.

جودة الأغذية والمعالجة الحرارية:

يفيد تعريض الأغذية للحرارة المعتدلة في تحسين جودتها، ولكن زيادة التسخين قد تؤدي إلى تدني نوعيتها. للمعاملة الحرارية تأثير على مختلف المكونات التي تتدخل في تركيب الأغذية، وتأتي البروتينات في مقدمتها حيث تغيّر الحرارة من هيكلية تركيب البروتينـــات، فهي قد تقلل من صفات المناعة النوعية Immunological Properties التي يعتمد عليها في تفريق البروتينات وتمييزها عن بعضها بعضاً، كما تفقد الأنزيمات وهي مواد بروتينية فعاليتها بالتسخين وهذا هو أساس عملية السلق Blanching لإتلاف الأنزيمات في تصنيع الخضر والفواكه المعلبة وتجميد الخضر المجمدة.

ومن التغيرات الملحوظة ما يؤدي إليه تسخين البروتينات من ارتفاع نسبة مجموعة كبريت الهيدروجين.

القيمة الغذائية:

1- **البروتينات:** يؤثر التسخين في القيمة الغذائية للبروتينات، ففي معظم الحالات لا يهضم البروتين بسهولة إذا كان قد سخن كثيراً، حيث إن حيوانات التجربة التي قدمت لها بروتينات كهذه لا تحافظ على صحتها العامة كتلك التي غذيت ببروتين خام أو بروتين سبق أن عرض لمعالجة حرارية بسيطة. وقد اتضح من بعض الدراسات أن القيمة الحيوية

لبروتينات الفول السوداني وبذر القطن والذرة تنخفض بالتسخين أما بروتينات لحم البقر وهي خالية تقريباً من المواد الكربوهيدراتية فلا يطرأ على قيمتها الحيوية أي تغيير يذكر. وقد استدل من ذلك على حدوث تفاعل بين البروتينات والمواد الكربوهيدراتية مما يؤدي إلى حدوث عطب في بعض الاحماض الأمينية ومن ثم تغيير في طبيعة هضم المواد البروتينية بوساطة الأنزيمات المحلمأة للبروتينات Proteolysis Enzymes وقد ثبت أيضاً أن البيض المسخن قليلاً يكون هضمه أيسر بكثير من البيض النيء. يطرأ التحسن على القيمة الغذائية للبروتينات عند إتلاف المثبطات الأنزيمية Enzyme Inhibitors بتعريضها للحـــرارة، وقــد أمكن التعرف على عدد كبير من المثبطات الأنزيمية الموجودة في الأغذية وكان أولها الأوفاميوكويد Ovamucoid وهو أحد بروتينات آح البيض الذي يثبط نشاط التربسين Tripsin. وعلى الرغم من أنه يقاوم درجات الحرارة التي تصل إليها الأغذية عند طبخها أو تعليبها فقد أمكن إتلافه بدرجات حرارة أكثر ارتفاعاً. ومن الواضح أن هذا العمل المضاد للتربسين غير فعال في الإنسان، غير أنه يعيق الكلاب والفئران من الإفادة من البروتين، وقد وجد أن مثبط التربسين المستخلص من فول الصويا يعيق نمو الفئران التي كانت تعتمد في تغذيتها على بروتينات فول الصويا أو الكازئين.

أما الإنسان فيعتمد على مصادر بروتينية مختلفة. وقد يؤدي تحميص الخبز إلى نقص في بعض من حموضه الأمينية التي يرجع مصدرها الأصلي إلى القمح، غير أن الحليب أو البيض وهما من مكونات الوجبة الغذائية يعملان على تصحيح هذا النقص، وفي حالات المجاعة حيث

يقتصر غذاء الإنسان على أنواع محددة من الأطعمة يكون لمثل هذا النقص اليسير في الحموض الأمينية نتائج ملحوظة وخطيرة.

ولابد هنا من الإشارة إلى أهمية تعريض الأغذية للمعالجة الحرارية بقصد تخليصها من الطفيليات والعوامل البكتيرية والمرضية، ومع ذلك فإن الاعتدال في هذه المعالجة الحرارية يفيد كثيراً في المحافظة على القيمة الغذائية.

2- **الدسم:** تتميز الزيوت الجيدة بطعمها المستحب ومظهرها البراق. ويمكن التعرف على الزيوت والدهون الفاسدة بالاعتماد على حواسنا فمن السهل جداً التعرف على الزيت الزنخ سواء أكان برائحته الزنخة أم بطعمه الممجوج. والزبدة الزنخة تكون قد فقدت بعض قيمتها الغذائية. كما أن الزيوت والدهون ثابتة إلى حد ما عند عدم وجود الأوكسجين، وتبقى ثابتة كذلك حتى لو عرضت لحرارة معتدلة، ولكنها سرعان ما تفسد بوجود الأوكسجين وتصبح ذات طعم كريه ورائحة غير مقبولة.

3- **الفيتامينات:** تتميز (وهي فيتامينات منحلة بالدسم) بثباتها النسبي للحرارة في غياب الأوكسجين، ولكن يتلف القسم الأعظم منها عند التسخين بوجود الأوكسجين (الهواء). والتسخين بوجود الأوكسجين مدة طويلة في درجات حرارية مرتفعة يتلف جميع هذه الفيتامينات. أما الفيتامينات المنحلة في الماء فسرعان ما يفقد معظمها في ماء الطبخ الذي يستبعد في كثير من الأحيان. لا يتحمل فيتامين (الثيامين) الحرارة فهو حساس جداً، أما فيتامين (الرايبوفلافين) فهو أقل تأثراً بالحرارة، ولكنه حساس جداً للضوء. وفيتامين (حمض الأسكوربيك) لا يتأثر كثيراً بالحرارة أو الضوء، ولكنه

يتأكسد بسهولة بوجود الهواء وفي الأوساط غير الحمضية. لذلك يمكن توقع تلف قسم كبير من الفيتامينات الموجودة في الأغذية عند تسخينها بوجود الضوء والهواء. عند تسخين الأغذية لحفظها في درجات حرارة مرتفعة فترة قصيرة يكون فقد الفيتامينات فيها أقل من الأغذية التي تحفظ بتسخينها في درجات حرارة منخفضة نسبياً ومدة طويلة. وفي الصناعة تتم الاستفادة من هذه القاعدة في انتقاء طريقة بسترة الحليب. فيمكن بسترة الحليب إما في درجة حرارة 61 م^0 لمدة 30 دقيقة أو 71 م^0 لمدة 15 ثانية. وتأثير كل من هاتين الطريقتين متساو من حيث التخلص من البكتريا الضارة في الحليب، ولكن البسترة عند 71 م^0 لمدة 15 ثانية أفضل من حيث قلة فقد الفيتامينات وعدم تشكل طعم الحليب المطبوخ (الشايط).

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثاني

تحضير المواد الخام المستخدمة في التصنيع الغذائي

Preparing raw materials using in food processing

يعالج هذا الفصل بيان أهم المواد الخام المستخدمة في التصنيع الغذائي وصفاتها الرئيسة المحددة لنوعيتها التي تستخدم في تصنيع الأغذية مع توضيح جميع العوامل التي تؤثر في خواصها وحتى تصنيعها بما يخدم إنتاجها وتداولها وتصنيعها والمحافظة على جودة المادة المصنعة بحيث تؤخذ مراقبة جميع خطوات الإنتاج بما فيها ضبط عمليات الزراعة، التعبئة، النقل، التسلم، الخزن والتصنيع مما يسهل تحديد مواصفات المواد الأولية ومعرفتها وتحديد نوعيتها وسعرها وتحديد طرائق تداولها وخزنها وتصنيعها بما يتلاءم وصفاتها لإنتاج أجود الأغذية بأقل التكاليف.

مجموعات المواد الأولية في الصناعات الغذائية:

تقسم المواد الغذائية إلى مجموعات تساعد على دراستها وبيان أهم مواصفاتها المميزة لخدمة طرائق تداولها وتصنيعها. حيث لكل مجموعة خصائص تختلف عن الأخرى كما تشترك في بعضها، وعليه فإنها تقسم إلى المجموعات التالية:

الحبوب ومنتجاتها Cereals and Cereal Products:

وتشمل الدقيق، النشا، الخبز بأنواعه المختلفة، حبوب الإفطار، البسكويت، الكيك، الفطائر والعصائد. تدرج وتخزن الحبوب وفقاً للخواص المحددة لجودتها وحسب نوع الحبوب واستخداماتها إلى:

1- حبوب لصناعة الخبز بأنواعه، الحلوى، الفطائر والبسكويت ومثلها القمح بصورة رئيسة وبنوعيه الطري والقاسي، وبصورة ثانوية الذرة الصفراء، الشعير والشيلم.

2- حبوب لصناعة النشا مثل الذرة بأنواعها الصفراء، الأرز وبدرجة ثانوية في بعض البلدان القمح الطري.

3- حبوب لصناعة الزيوت مثل جنين الذرة بأنواعها وفول الصويا.

4- حبوب لصناعة المعكرونة وبعض المعجنات مثل القمح الصلب حيث يدخل في خلطة طحن وإنتاج دقيق الخبز العربي وفي صناعة البرغل.

5- حبوب تدخل في تحضير وجبات رئيسة أو منتجات غذائية مثل الذرة الصفراء وتصنيعها(جريش لصناعة الشوربا، الفوشار، التعليب بالنسبة للذرة السكرية). الشوفان حيث يصنع منه لفائف ورقائق الحبوب الجاهزة للأكل التي تحضر بصورة رقائق، بودرة، جريش، المنتجات الحبيبية وتصنع عادة من القمح الطري والذرة الصفراء والرز ويمكن في بعض البلدان استعمال الشوفان والشعير لهذا الغرض كما يمكن في بعض أغذية الحبوب تدعيمها بالسكر أو الشراب السكري، العسل أو مستخلص المالت.

مميزات تدريج الحبوب:

1- إزالة الشوائب من الحبوب مما يحافظ على سلامة التخزين وضبطه شروطه (حرارة، تهوية ورطوبة نسبية) وتسهيل عمليتي التداول والنقل الداخلي والتصدير وعملية التصنيع.

2- تسهيل عملية الطحن ورفع كفاءتها.

3- استبعاد جميع الشوائب الخطرة على سلامة الحبوب قبل تخزينها مثل الحبوب المصابة حشرياً أو فطرياً مع خلوها من البقايا الحشرية أو مخلفات القوارض.

4- تأمين جميع شروط التخزين الملائمة من حرارة، تهوية ورطوبة نسبية.

الدهون والزيوت Fats and Oils:

يمكن أن تكون مصادرها نباتية أو حيوانية، برية أو بحرية، والنباتية إما أن تكون صلبة مثل زبدة الكاكاو ومنها السائلة مثل أغلب الزيوت النباتية.

ومن أشهر الدهون الحيوانية دهن الخنزير، ودهن البقر وزبدة الحليب وزيوت الأسماك بما فيها زيت سمك الكود وكبد الحوت. بعضها يستعمل على أنه غذاء بسبب نكهته الخاصة كما في دهن البقر الذي يتصف بنكهة اللحم.

قامت صناعة الدهون والزيوت بسبب حاجة الصناعات الغذائية لأنواع معينة منها ذات صفات فيزيائية وكيمائية مناسبة لبعض الاستعمالات مثل المرغرين والسمنة المهدرجة ودهون القلي كما تطبق بعض العمليات كالهدرجة والبلورة لإحداث بعض التغيرات بالخواص الفيزيائية والقوام ودرجة الاستحلاب وارتفاع درجة حرارة نقطة التدخين.

تعد الدهون والزيوت من المواد الغذائية التي تختلف بسعرها اختلافاً كبيراً وفقاً لمصدرها وتكاليف إنتاجها. إلا أن التقدم العلمي والتقني استطاعا إنتاج منتجات دهنية ذات مواصفات ملائمة لأنواع معينة من متطلبات تصنيع الأغذية والمستهلك لتعطي في النهاية منتجات غذائية ذات مواصفات فيزيائية وكيمائية وغذائية متقاربة مهما كان مصدرها ما عدا الزبدة الحيوانية وزيت الزيتون.

تصنع الدهون الحيوانية بشكل محدود وينحصر استعمالها الواسع بدهن الحليب أي الزبدة. على عكس ذلك فتنتشر الزيوت النباتية بشكل واسع. وللحصول على زيوت نباتية عالية الجودة مع سهولة تصنيعها وقلة تكاليفها لابد أن تكون المواد الأولية الخاصة بصناعة الزيوت جيدة وخالية من العيوب مثل الإصابات الفطرية بخاصة تلك المواد المولدة للسموم مثل الافلوتوكسينات خاصة التي ينتجها الفطر *Aspergillus flavus*أو *Asp. Parasiticus* وكذلك خالية من التعفنات والتزنخ سواء الناجم عن الأنزيمات المؤكسدة أو تلك الناجمة عن الحلمهة. ومن أهم مصادر الزيوت النباتية بذور عباد الشمس، فول الصويا، بذور القطن، السمسم، الفول السوداني، بذور اللفت الزيتي، جنين الذرة، ثمار الزيتون، جوز الهند وبذور الكتان.

صفات البذور المعدة للصناعة:

1- تمام نضجها الخاص باستخراج الزيت منها.

2- منخفضة في نسبة الشوائب الغريبة أو خالية منها.

3- خالية من الإصابات الفطرية ومن العفونة والتزنخ.

4- ذات مردود عالي من الزيت.

5- سهلة التصنيع بحيث تتوافق مع طريقة التصنيع المنتخبة ومع خطوط الإنتاج وخطوات التصنيع المقررة والملائمة.

6- يجب أن تتوافر في مخازنها جميع الشروط التي تحافظ على سلامتها.

توجد وبصرف النظر عن اختلاف الدهون بالنكهة مطالب خاصة أو نوعية للدهون التي ستستخدم في إنتاج الأغذية التي أهمها صفات الهشاشة، المرونة، الليونة، الاستحلاب، القلي والخفق وغيرها. فمثلاً يتطلب في حالة الزبدة الطبيعية ومرغرين المائدة ظروف مطاطية ومرونة متزنة بحيث لا تصبح معها الزبدة أو المرغرين

صلبة بالتبريد أو سائلة في فصل الصيف بل تظل محتفظة بخواصها التي تساعدها على البسط أو الفرد على قطع الخبز. كما يجب أن تتصف زيوت السلطة بالشفافية والانسكاب، أي لا تحتوي على جزيئات ذات نقطة ذوبان عالية كتلك التي تصبح صلبة أو تتبلور عند وضعها بالبرادات. وينطبق مثل ذلك على الزيوت الخاصة بتحضير المايونيز بحيث لا تشكل الزيوت بلورات عند تبريدها، حيث تعمل هذه البلورات الدهنية إن وجدت على تمزيق المايونيز وتفتيته بتخريبها حالة المستحلب وأخيراً تعمل على فصل المايونيز إلى زيت وطور سائل. كما يجب أن تمتلك الشكولاتة الجيدة الهشاشة ودرجة الذوبان بالفم المرغوبة مع ثباتها شتاءً وصيفاً بحيث لا تذوب على درجة حرارة الغرفة. وهذا يتوفر بزبدة الكاكاو التي تذوب على درجة حرارة ما بين 30 إلى 35 م^0. وعليه يجب عند استعمال دهن أو سمن مهدرج بديل لزبدة الكاكاو في صناعة الشوكولا أن تكون صفاته قريبة من صفات زبدة الكاكاو. ويحدث العكس عند تغطية بعض الحلويات والبسكويت بالشوكولا مثل البسكويت المغطس فعلى المصنع أن يعرف بأن الهدف في هذه الحالة يتجه إلى إنتاج غطاء من مخلوط الشوكولا مع المواد الأخرى ذي نقطة ذوبان عالية لمنع ذوبان مثل هذه المنتجات باليد عند تناولها خاصة من قبل الأطفال. ويتطلب ذلك تقليل سماكة طبقة الشوكولا أو تقليل نسبة زبدة الكاكاو فيها أو استبدال بديل دهني بها أقل مرونة وأعلى بنقطة ذوبانه منها.

الشروط المحددة لاختيار نوع الزيت والدهن واستعمالاته:

1- تعد الزيوت والدهون من أفضل مصادر الطاقة رخصاً، كما أنها أكثر ثباتاً للتخزين، كما تزيد من نوعية الكثير من الأغذية وقبولها عند إضافتها أو مزجها أو طبخها بها.

2- تحتاج الزبدة والدهون الحيوانية تخزيناً مبرداً للمحافظة على نكهتها الطازجة ويستحسن بالإضافة إلى التخزين المبرد إضافة مضادات أكسدة بالنسبة لدهن الخنزير. تعد الزيوت والدهون النباتية أقل عرضة للفساد حيث تحتوي طبيعياً على نسبة من مضادات الأكسدة مهما كانت درجة تكريرها وبذلك يمكن تخزينها على درجة حرارة الغرفة لفترة طويلة.

3- تعد أنواع المرغرين النباتية المدعمة بالفيتامينات وخاصة فيتامين(آ) من أفضل الدهون قيمة غذائية وهضمية علماً بأنها أرخص كثيراً من الزبدة وتنتج حالياً بمواصفات قريبة منها.

4- لا توجد فروق هامة بين زيوت السلطة باستثناء الطعم والكلفة.

5- تعد أنواع المرغرين رخيصة الثمن من أفضل الدهون المضافة إلى المعجنات وعموماً يعد إنتاج مرغرين حيادي النكهة أي لا يؤثر في نكهة الأغذية وذي قوة استحلاب عالية من الأمور المطلوبة في مجال تصنيع الأغذية.

6- يعد زيت بذور القطن وكذلك الزيوت النباتية المهدرجة والمكررة جيداً ذات نقطة تدخين عالية، لذا تعد أفضل الزيوت والدهون في عمليات القلي الشديد.

الخضروات والفاكهة Vegetables and Fruits:

ينتج العديد منها وبوفرة في القطر العربي السوري وحالياً تنتج على مدار السنة وأمام هذا الإنتاج الكبير الذي لا بد من تصنيعه أو تصديره طازجاً من إدخال عوامل التدريج وفقاً لخواصها وصفاتها المميزة لكل نوع منها بعد وضع المواصفات الخاصة بالنوع والدرجة وذلك لتسهيل إنتاجها، تداولها، بيعها، شرائها

وتصنيعها مع رفع جودتها طازجة أو مصنعة. ويجب أن يسبق ذلك لتسهيل وضع مواصفاتها تنفيذ الآتي:

1- تحديد الأصناف الملائمة التي تعطي إنتاجاً كبيراً بنوعية عالية متخصصة من حيث صلاحيتها سواء للاستهلاك المباشر أو للتصنيع بحيث تتلاءم بالنسبة للغرض الأخير عمليات التصنيع وخطوطه وطريقة التصنيع والاستعمال النهائي للمادة المصنعة.

2- تثبيت ملاءمة هذه الأصناف للمناخ والبيئة.

3- تحديد أفضل طرائق زراعتها وخدمتها ووقايتها وتحديد ميعاد نضجها الخاص بكل غرض وحصادها وقطفها وتدريجها وتعبئتها وتداولها وخزنها وتصنيعها.

تنتج الخضروات من أجزاء مختلفة من أقسام النباتات حيث يحدد ذلك صفاتها فمنها الجذور الأرضية مثل الجزر والبطاطا الحلوة، وبعضها ينتج من محورات السوق لتأخذ الشكل الكروي مثل القلقاس أو بشكل درني كما في البطاطا، أو أنها ناتجة عن تعديل برعمي مثل البصل والثوم. وهناك الخضروات الورقية مثل الملفوف، السبانخ والخس وتلك الناتجة أصلاً من أعناق الأوراق مثل الكرفس، ومن براعم زهرية مثل القرنبيط والأرضي شوكي، ومن سوق صغيرة كالهليون، وخضروات ثمرية مثل البقوليات (البازلاء، الفاصولياء، الفول، الحمص) ومنها الخضروات الحبية مثل الذرة الحلوة وخضروات عرشية مثل الخيار والبطيخ والكوسا والقرع، وثمار توتية مثل البندورة والباذنجان، وثمار شجرية مثل الأفوكادو أو كمثري التمساح.

تتصف الفاكهة بصورة عامة بأنها حامضية سكرية، وتصنف على أساس ثلاث صفات عامة: بناؤها النباتي، تركيبها الكيميائي ومتطلباتها المناخية. فمثلاً يتصف التوت العادي بصغر حجم ثماره وهشاشتها بحيث تتهشم بسرعة، بينما تتصف ثمار التوت البري بتماسكها. وتعد ثمار العنب من الثمار الهشة طبعاً وتخالفها ثمار البطيخ كبيرة الحجم وذات القشرة السميكة القاسية. وهناك ثمار ذات نواة واحدة مثل المشمش، الخوخ، الكرز، الدراق بينما تحتوي التفاحيات على عدد من النوى مثل التفاح، الأجاص والسفرجل. تتصف الحمضيات باحتوائها على نسبة عالية من حمض الليمون مثل البرتقال، الجريب فروت والليمون. تتصف ثمار الفاكهة الاستوائية وشبه الاستوائية التي تتطلب مناخاً حاراً بارتفاع محتواها من السكريات (غلوكوز وفركتوز) مثل الموز، التمر، التين، الأناناس، والمنجى وغيرها.

التركيب العام للفاكهة والخضراوات:

لا يختلف تركيب الخضراوات والفاكهة فقط بالنسبة لنوعها النباتي وعمليات الزراعة والخدمة والمناخ، إنما يتبدل أيضاً وفقاً لدرجة نضجها قبل حصادها وقطفها وكذلك وفقاً لظروف النضج خلال حدوثه. تستمر التغيرات في درجة النضج بعد الحصاد كما تتأثر أيضاً بدرجة كبيرة بظروف التخزين. ومع ذلك يمكن أن تشترك بصفات تركيبية عامة أهمها ارتفاع نسبة محتواها من الرطوبة وانخفاضه بالمحتوى البروتيني والدهني حيث تتراوح نسبة الرطوبة بمختلف أنواعها من 70– 85 % وقد تزيد على ذلك في بعضها كما في الخضراوات الورقية ولا تتجاوز نسبة البروتين بصورة عامة عن 3.5 % والدهون عن 0.5 % كحد أقصى. يستثنى بعضها من هذا التركيب فمثلاً تعد البقوليات كالبازلاء والفاصولياء والفول ذات محتوى بروتيني مرتفع وتعد بعض الخضراوات كالذرة

الحلوة والافوكادو ذات محتوى دهني مرتفع. كما تتصف الكثير من الفاكهة بارتفاع محتواها من السكريات، وتعد جميعها غنية بالأملاح المعدنية والفيتامينات.

مصادر اللون وتغيراته في الخضراوات والفاكهة:

علاوة على الاختلاف الكبير في قوام الفاكهة والخضراوات فمن المفيد التذكير بأن الخضراوات والفاكهة تضيف لوجباتنا ولأغذيتنا ألوانها المختلفة المرغوبة. ترجع ألوان الخضراوات والفاكهة إلى مجموعة من الصبغات البروتوبلازمية التي تصنف إلى أربع مجموعات رئيسة يمكن اجمالها بما يلي: الكلوروفيلات، الكاروتينات، الأنثوسيانات والأنثوكساثينات Anthoxanthins . تشمل المجموعتان الأخيرتان أيضاً على الفلافونات Flavonoids بما فيها العفصات ، يرجع لون الأوراق الأخضر الزاهي وكذلك لون الخضراوات الخضراء بصورة رئيسة إلى اليخضور الذائب في الزيت أو الدهن الذي يرتبط طبيعياً في تركيب النبات بجزيئات البروتين في النباتات الراقية.

يتشوه اليخضور النباتي عندما تتلف الخلايا النباتية بفعل القطع والطبخ بسبب تشوه التركيب البروتيني المعقد في الخلايا وتفككه ويمكن عندها أن يتحرر اليخضور ويعد عندها غير ثابت ويتغير بسرعة إلى اللون الأخضر الزيتوني أو البني. يعتقد بأن هذا التغير يرجع إلى تحول اليخضور إلى مركب الفيوفايتين Pheophytin. يحصل هذا التغير وبسرعة بالأوساط الحمضية. إنما لا يحدث مباشرة بالأوساط القلوية. وعليه يحمي لون الخضراوات مثل البازلاء، الفاصولياء، الفول، السبانخ وغيرها من الفقد بإضافة نسبة ملائمة من ثاني كربونات الصوديوم أو أي قلوي آخر مناسب لماء الطبخ أو التعليب. ومع ذلك لا ينظر هذا الإجراء بأنه مرغوب وعليه لا يستخدم على نطاق الإنتاج التجاري حيث

للوسط القلوي تأثير تطريه لقوام الخضراوات علاوة إلى تخريبه كل من فيتامين C والثيامين على درجة حرارة الطبخ مع زيادة وقت التعقيم.

الكاروتينات Carotenoids:

من الصبغات الذائبة بالدهون وتتركب لونياً من التدرج للون الأصفر والبرتقالي وحتى الأحمر. تتكون وتتواجد جنباً إلى جنب في أماكن تكون اليخضور ومولداته في البروتوبلازم، كما وجدت في مولدات اللون الأخرى كما توجد حرة في قطرات الزيت أو الدهن. ومن الكاروتينات الهامة تلك الموجودة بالجزر، الذرة، المشمش، الخوخ، الحمضيات والبطيخ الأصفر حيث تعطيها اللون البرتقالي وكذلك الليكوبين ذي اللون الأحمر الموجود بالبندورة، البطيخ وبعض أنواع المشمش. ومنها الزانثوفيلات الصفراء البرتقالية التي تتواجد في الذرة، الدراق، الفليفلة، البطيخ الأصفر والعصفر والزعفران التي تعطيها ألوانها الجذابة. نادراً ما تتكون هذه الكاروتينات منفردة في خلايا النبات. ترجع أهمية بعضها مثـل بيتا كاروتين وألفا وجاما كاروتين علـى أنها مصـادر لفيتامين A.

تعد الكاروتينات في عمليات التصنيع مقاومة للفعل الحراري ولتغيرات pH وماء السلق وعدم ضياعها به مادامت ذوابة بالدهون ومع ذلك تعد حساسة جداً للأكسدة التي إن حدثت تعمل على فقدان اللون وتخريب نشاط فيتامين A وحيويته.

الفلافونات Flavonoids:

تعد الصبغات والمولدات اللونية الخاصة بهذا النوع ذوابة بالماء ولهذا السبب فإنها تتواجد بصورة عامة في عصير الفاكهة والخضراوات. تتضمن الفلافونات الأنثوسيانات الأرجوانية، الزرقاء، والحمراء الخاصة بالعنب، الكرز، الشمندر، الباذنجان، الفريز والتوت وكذلك الأنثوكسانثانات الصفراء للفواكه خفيفة اللون

والخضراوات مثل التفاح، البصل، البطاطا والقرنبيط بجانب العفصات عديمة اللون الموجودة في التفاح، العنب، الشاي وفي أنسجة خضراوات أخرى حيث تتحول هذه العفصات عديمة اللون وبسهولة إلى صبغات بنية عند تفاعلها مع الشوارد المعدنية وبالأكسدة. يتوقف لون الأنثوسيانات على pH الوسط حيث تأخذ اللـــون البنفسجي أو الأزرق في الوسط القلوي والأحمر في الوسط الحمضي وعليه تأخذ الفاكهة لونها من وجودها ومن درجة حموضتها. يتحول لون الشمندر الأحمر الأرجواني في وجود الخل إلى الأحمر الزاهي. يؤثر الماء القلوي أي العسر فيلون الفاكهة والخضراوات ذات اللون الأحمر ويحولها إلى اللون البنفسجي أو إلى الأزرق الرمادي. كما تأخذ الأنثوسيانات اللون البنفسجي والأزرق عند تفاعلها مع الشوارد المعدنية. لذا يجب أن تدهن أواني تعبئة الفاكهة والخضراوات الملونة عند تعليبها بمواد عازلة لتفادي مثل هذا التفاعل المعدني بما فيها القصدير وبالتالي تفادي اختزال لونها. كما ينزح وبالتالي يفقد جزء منها لذوبانها بالماء من الفاكهة والخضراوات المقطعة خلال عمليات السلق والطبخ.

تتأثر الأنثوكسانثينات بالوسط الموجودة به حيث تميل نحو تشكيل اللون الأصفر الغامق في الأوساط القلوية، فيصبح لون البطاطا والتفاح أصفر نوعاً ما عندما تسلق أو تطبخ في ماء درجة حموضته pH = 6 أو أقل وهو المفضل في حالة الرغبة في الحصول على لون فاتح.

تشكل العفصات عديمة اللون بتفاعلها مع الشوارد المعدنية معقدات لونية معتمة التي يمكن أن تكون حمراء، بنية، خضراء، رمادية أو سوداء. يرجع الاختلاف في شدة المعقد اللوني المتكون إلى خواص العفص وإلى نوعية الشاردة المعدنية pH وتركيز المعقد اللوني وإلى عوامل أخرى لم تفهم أسبابها تماماً حتى الآن.

تظهر وتنفرد العفصات كونها ذوابة بالماء في عصائر الفاكهة والخضراوات مثل عصير العنب والتفاح وكذلك في مستخلص القهوة والشاي وعليه يتأثر لون الشاي وصفاؤه بعسر وpH ماء الغلي. يساعد الماء القلوي المحتوي على الكالسيوم والمغنسيوم على تشكيل معقد عفصي بني غامق الذي يترسب عندما يبرد الشاي ويصبح اللون فاتحاً وتميل الرواسب للذوبان إذا ما أضيف حمض عضوي مثل إضافة عصير الليمون.

يسبب حديد الأجهزة أو ذلك الخاص بالأواني المعدنية التي تحتوي على نقر معراة عدداً من الألوان غير المرغوبة في الأغذية المحتوية على العفصات مثل القهوة، الكاكاو والأغذية المنكهة بها. تعد العفصات هامة حيث تمتلك الصفات القابضة التي تؤثر في نكهة المشروبات وطعمها كالقهوة، الشاي، النبيذ، عصير التفاح والبيرة. تسبب الصفة القابضة الزائدة ضيقاً أو تجعداً في الفم وهذا ما يشعر به شارب الشاي القوي والمغلي جيداً.

نشاط أنسجة الفاكهة والخضراوات الحية:

تبقى أنسجة الخضراوات والفاكهة وخلاياها بعد نضجها حية، حيث تستمر بالتنفس منتجة غاز الفحم ورطوبة وحرارة التي تؤثر في خزنها وتغليفها وتبريدها. يضيف التعرق الناجم عن انتشار الرطوبة داخل العبوات والمخازن متطلبات أكبر في شروط التغليف والتخزين. يؤدي النشاط الحيوي للخضراوات والفاكهة قبل حصادها وبعده إلى تبدلات هامة ينحصر معظمها بالتبدلات التي تحصل للسكريات، البكتينات والأحماض العضوية وبالتالي يؤثر في مختلف صفاتها النوعية وفي جودة المنتجات المصنعة منها. يلاحظ أهم تغير يحصل للسكريات في مركب النشا والسكريات الأقل في الوزن الجزيئي منه. حيث يتناقص في بعض الخضراوات

والفاكهة السكر بسرعة ويزداد بالمقابل محتواها النشوي بعد حصادها، كما يحصل في الذرة الحلوة الذي يرافق تغيرات غير مرغوبة في نكهتها وقوامها وفي غضون ساعات بعد حصادها. بعكس الفاكهة غير الناضجة التي تتصف بارتفاع محتواها النشوي وانخفاض محتواها السكري، ويرجع استمرار نضجها بعد قطافها إلى تحول النشا إلى سكريات حيث يتناقص الأول على حساب زيادة الثاني كما في حالة الموز، التفاح والأجاص، ولا يعني هذا دوماً بالضرورة أن يكون النشا هو المصدر الوحيد لتكوين سكريات جديدة. يتأثر مقدار تحول النشا إلى سكريات بسيطة وبوضوح بدرجات حرارة تخزينها وبعد قطافها. فمثلاً يستمر تحول النشا إلى سكريات وعلى مستوى عال بالبطاطا المخزنة على درجة حرارة 10 م^0. بينما لا يظهر ذلك إذا ما خزنت على درجة حرارة أعلى من ذلك. يجب أن توضع هذه الظاهرة في الحسبان عند خزن البطاطا بقصد تجفيفها أو تصنيعها. حيث يتطلب تجفيف البطاطا أو تصنيعها أن تكون ذات محتوى سكري منخفض خاصة السكريات المرجعة لخفض تفاعل ميلارد خاصة المنتج للون البني والأسمر الغامق لأقل حد ممكن خلال تجفيف أو قلي البطاطا وفيما بعد في أثناء تخزينها.

تقع تبدلات هامة في بكتينات الخضراوات والفاكهة بعد حصادها وعموماً يحدث انخفاض بنسبة المواد البكتينية غير الذوابة بالماء تعادله زيادة في البكتين الذواب بالماء مما يؤدي إلى تطرية الخضراوات والفاكهة خلال تخزينها بحيث تنضج بدرجة أكبر وباستمرار الخزن يتبع التحول السابق تحطم أو تحلله البكتين الذائب بالماء إلى استرات الميثيل وحمض الغالاكتورونيك.

وعموماً تتناقص كمية الأحماض العضوية في الفاكهة خلال تخزينها ويزيد نضجها ويحصل ذلك في التفاح والأجاص. يعد هذا التحول هاماً في حال البرتقال

الذي يأخذ فترة نضج طويلة على الأشجار. يقدر وقت قطفه على أساس درجة حموضته إلى السكريات فيه التي لها تأثير كبير في نوعية عصيره كما يجب أن يعلم بأنه لاختفاء الطعم الحامض اللاذع وتوازن نسبته مع السكريات تأثير كبير في طعم الفاكهة ونكهتها.

كما أن الكثير من صفات الفاكهة حساس للحموضة مثل صفات اللون، اللزوجة والقوام فمن المتوقع بالتالي أن يؤثر ذلك في لون الفاكهة وقوامها ومنتجاتها مثل هلام التفاح ومرملاد الحمضيات الذي يتأثر بالتوازن الثلاثي المثالي لكل من البكتين غير الذائب والذائب والحمض والسكر.

حصاد الخضراوات وتصنيعها:

يتطلب حصاد الخضراوات آلياً في الوقت الحاضر زراعة أصناف وسلالات من الخضراوات تتصف بالصفات التالية:

1- ارتفاع جودة الصنف وملاءمته بغرض التصنيع الذي زرع من أجله.

2- ملاءمة الصنف للمناخ مع مقاومته الجيدة للأمراض والحشرات.

3- أن ينتج ثماراً متماثلة في شكلها وحجمها ووقت نضجها ومقاومتها للضرر الميكانيكي والفيزيائي.

4- ذات قدرة تخزينية جيدة.

يتحقق ذلك بتزويد المزارعين ببذور وشتلات خاصة بما يتلاءم والإنتاج المرغوب مع مرافقة المحصول وضبطه حتى حصاده.

الحصاد والأمور الهامة ما قبل الحصاد:

تتبدل صفات الخضراوات ونوعيتها وقرب نضجها في الحقل من يوم إلى يوم وعموماً توجد فترة تكون خلالها الخضراوات بقمة جودتها من حيث اللون

والقوام والنكهة. تمر فترة الجودة هذه بسرعة وربما لا تزيد عن يوم واحد. تقضي الضرورة حصاد الكثير من الخضراوات وتصنيعها ومنها البندورة، الذرة الحلوة، البازلاء وهي في قمة جودتها. تعتمد طول هذه الفترة التي تبقى فيها الجودة في حدها الأعظم على درجة التلوث والفساد الحيوي الناجم عن الأحياء الدقيقة وظروف تخزينها قبل تصنيعها.

عمليات ما بعد الحصاد:

يعد تبريد الخضراوات بعد حصادها في الحقل أو نقلها في الشاحنات المبردة من الأمور المستحبة. تستعمل شاحنات التبريد بالنتروجين السائل لشحن الخضراوات إلى أماكن تصنيعها أو إلى الأسواق الرئيسية على أن تصنع أو تسوق بمجرد تسلمها.

قطاف الفاكهة وتصنيعها Harvesting and Processing of Fruits:

1- **أصناف الفاكهة Fruits Varieties:** الهام في هذا الموضوع هو تحديد الأصناف ذات الجودة العالية بما يتلاءم مع الظروف البيئية وطريقة القطاف وخاصة الآلية مرورا بطرق التداول والتخزين والتصنيع وانتهاء بالمستهلك. توجد أصناف عديدة منتشرة في كل بلد في العالم. وقد قامت الدول المتقدمة في هذا المجال بانتخاب هذه الأصناف وتثبيت جودتها على أساس تلك الأسس والمواصفات المذكورة، فمثلاً يوجد بالعالم أكثر من 1000 صنف من التفاح وثلاثة آلاف صنف من الأجاص إلا أن أصنافها التجارية اليوم قليلة ومحدودة.

يسوق جزء من الفاكهة للاستهلاك الطازج إلا أن معظمها يصنع في الوقت الحاضر بطرائق متعددة لإنتاج أغذية متنوعة منها. ويتطلب تحقيق ذلك

أصناف الفاكهة ذات مواصفات تتلاءم ونوع الإنتاج المطلوب (فاكهة مجمدة، مجففة، مربيات، هلامات، عصائر، فاكهة معلبة).

2- **جودة أو نوعية الفاكهة Fruits Quality:** ترجع نوعية الفاكهة إلى نوع الشجرة وعمليات الخدمة وعوامل النمو والظروف المناخية والتربة، وتحدد بالنسبة للشاري والناقل والمصنع بدرجات نضجها واستوائها عند قطفها أو حصادها مع الوضع في الحسبان الفروق الهامة بين صفتي النضج والاستواء في ثمار الفاكهة. تقطف الفاكهة للاستهلاك الطازج عندما تصبح بشروط نضج صالحة للأكل .بينما يعبر استواء ثمار الفاكهة عن الظروف المثالية لخواصها الأساسية لكل من اللون، النكهة والقوام التي تحدد ميعاد قطفها لغرض التصنيع المطلوب. تقطف بعض ثمار الفاكهة وهي ناضجة ودون استوائها، وهذه حقيقة تتبع في حالة الثمار الطرية مثل الخوخ، التوت، الفريز بحيث لو تركت بحالة استوائها فإنها ستصبح طرية بحيث تصاب بالضرر عند قطفها وتعبئتها وشحنها وتصنيعها. يجب أن تصنع بعض الفاكهة مباشرة بمجرد استوائها والمقصود منها تلك التي يستمر استواؤها على أشجارها حيث يمكن أن يكون بعضها قد فات وقت استوائه المثالي وعندها تصبح غير ملائمة لأغراض تصنيعها.

3- **تحديد ميعاد القطف Harvesting Time:** يرتبط الوقت الملائم لقطف أي صنف من الفاكهة على عدة عوامل من أهمها الصنف، المنطقة، المناخ، سهولة نزع الثمار من الشجرة التي تتبدل مع وقت النضج (فجة، ناضجة، زائدة النضج) وغرض استعمال الفاكهة. فمثلاً يحدد قطاف ثمار البرتقال التغير الذي يحدث بمحتوى عصيره من السكر والحمض عند نضجها على

الشجرة، حيث تزاد السكريات وينخفض الحمض مع تقدم النضج. تحدد نسبة السكر إلى الحمض طعم الثمار وقبولها وعصيرها. تحدد تشريعات في بعض البلدان هذه النسبة التي تسمح عند الوصول إليها بقطف الثمار مادام قطف ثمار الحمضيات يوقف استمرار نضجها.

ومن جهة أخرى تقطف الكثير من الفاكهة التي ستعلب قبل تمام نضجها الملائم للأكل خاصة بالنسبة للقوام مادامت عمليات التعليب سوف تعمل على تطريتها.

تقاس العوامل المحددة لجودة الثمار مثل اللون، القوام، الحجم وأبعاده وكذلك نسبة المواد الصلبة الذائبة وتقدير pH أي درجة تركيز الهيدروجين ونكهة الثمار موضوعياً أو شخصياً.

4- **القطف والتصنيع Harvesting and Processing:** تشير القياسات السابقة وغيرها علاوة على الخبرة إلى الوقت الملائم لقطاف ثمار الفاكهة. تجري معظم قطاف الفاكهة حتى اليوم يدوياً وهذا يساوي نصف تكاليف إنتاجها. وعليه يبقى قطاف ثمار الفاكهة في الوقت الحاضر من أعظم مجالات البحث العلمي لهندسة الزراعة ولكي ينجح القطاف الآلي لابد من استنباط أصناف تتماثل بثمارها من حيث الشكل والحجم ودرجة النضج في وقت واحد مع مقاومتها للضرر الآلي. يمكن في بعض أنواع الفاكهة تجنب الضرر الآلي كما في الكرز فيتم قطافها مع فروع الأغصان النامية عليها وبذلك نتجنب التحطيم الطفيف الذي يمكن أن يحصل للب الثمار التي تصبح عندها عرضة لنشاط الأحياء الدقيقة. يجب أن تجرى على ثمار الفاكهة خطوات تعمل على تقليل حمولتها من الأحياء الدقيقة والأوساخ العالقة مثل

الغسيل لإزالة التربة وتقليل الأحياء الدقيقة وإزالة بقايا المبيدات ثم التدريج والخزن على أساس الدرجة ونوعيتها.

تجرى على ثمار الفاكهة الطازجة التي سوف لا تستهلك أو تصنع مباشرة لحفظها من الفساد عدة عمليات من أهمها تجميدها بعد تثبيط الأنزيمات المؤكسدة التي تسبب تغير لون ثمار الفاكهة إلى اللون البني كما في حالة التفاح، الأجاص والموز وعلى رأسها أنزيمات الفينول أوكسيداز والبولي فينول أوكسيداز التي تقوم بأكسدة الصبغات مولدات اللون والعفصات. تثبط الأنزيمات بعدة طرائق وفقاً للغرض الذي تخزن من أجله ثمار الفاكهة ومن أهمها السلق أو بتحويل الثمار إلى شراب سكري أو بإضافة السكر لها بنسبة 5 فاكهة إلى 2 سكر أو باستخدام تفريغ الهواء من الوسط أي الخزن بمعزل عن الهواء وذلك بنزعه (الهواء) من وسط التخزين ومن أنسجة الفاكهة المحضرة على صورة شرائح أو الفاكهة السليمة المغمورة بشراب سكري ملائم.

تأثير تركيب المواد الأولية ومواصفاتها في بيعها وشرائها:

يعد تحديد مواصفات المواد الأولية من أهم الأمور التي تساعد جميع المنتفعين بالمادة (المنتج، التاجر، المصنع والمستهلك) على تحديد رغباتهم كونها المرشد والدليل على مواصفات المنتج بعد الانتهاء من تصنيعه التي من أهمها الدرجة النوعية، الوزن، العدد في وحدة الوزن أو الحجم، المحتويات، نوع التعبئة وطريقتها وسلامة المادة.

كما تساعد المواصفات على جعل مقارنة المواد عند شرائها سهلاً مادامت محددة بالمواصفات اللازمة بسعرها وجودتها. كما تزويد المصنع بأفضل

المعلومات يؤدي إلى تحسين مراقبة خطوات التصنيع وتقليل تكاليفه وإنتاج مادة متماثلة وثابتة في جودتها.

يتضح من كل ما سبق أن على مشتري المواد الأولية أن يقوم بشرائها على أساس مواصفاتها وتركيبها وقيمتها الغذائية.

العمليات الأساسية لتصنيع المواد الغذائية:

يعد الغذاء بصفة عامة مجموعة متباينة من المواد الكيمائية أو الحيوية التي تنتج طبيعياً على صورة مواد غذائية خام، إما أن تستهلك مباشرة أو بعد تحويلها بطريقة أو بأخرى لتصبح أكثر ملاءمة للاستهلاك على أنه غذاء بوساطة المستهلك وهو الإنسان.

وتشمل عمليات التصنيع الغذائي عموماً كل العمليات التي تساهم في إنتاج الأغذية. ويعرف التصنيع الغذائي بأنه جملة العمليات التي تشمل تداول الأغذية بصورة عامة وتجهيزها ونقلها وإعدادها وحفظها وتخزينها وتوزيعها منذ بدء إنتاجها باعتبارها مادة زراعية خام في الحقل وحتى وصولها على أنها مادة غذائية مصنعة إلى المستهلك مباشرة. والغرض من التصنيع الغذائي هو ما يلي:

1- إجراء أقل كمية ممكنة من العمليات التصنيعية التي تؤثر في المادة الخام.

2- اختيار العمليات التصنيعية بحيث تؤدي إلى أقل تغيرات ممكنة في المادة المصنعة.

3- اختيار عمليات التصنيع نفسها بصورة تقلل بقدر الإمكان من التغيرات التي تحدث على المواد الغذائية بصورة أو بأخرى مما يؤثر بالتالي في مدى قابليتها وقيمتها الاستهلاكية.

وللوصول إلى هذا الغرض فإنه يجب دراسة كل العمليات التي تتعرض لها المادة الزراعية الخام بدءاً من إنتاجها، أو حتى في بعض الأحيان في أثناء إنتاجها وحتى تصنيعها إلى الناتج النهائي. تختلف طبيعة العمليات التي تتم أو التي تجري على المادة الخام باختلاف طبيعة هذه المواد وصفاتها باعتبارها غذاء وموصفاتها على أنها مادة خام، ومدى تأثرها بالعوامل والمعاملات الإنتاجية والتصنيعية المختلفة وبالغرض النهائي من عمليات التصنيع وبطريقة الحفظ التي تستخدم في حفظ مثل هذه المادة الخام.

لهذا يلجأ عادة إلى دراسة كل العمليات التي يقوم بها المصنّع الغذائي مع دراسة تأثير هذه العمليات في المادة الغذائية الخام والمصنعة وطبعاً يتفاوت مدى تأثير كل من هذه العمليات باختلاف شدتها ونوعها وطريقة ظروف إجرائها ومداه، إلى جانب ذلك فإنه يلجأ إلى دراسة هذه الأنواع من المعاملات التصنيعية لمحاولة الربط بين تأثيراتها المختلفة ومحاولة إيجاد تناسب بين العمليات التصنيعية المختلفة بالنسبة لمادة غذائية أو مادة خام معينة بحيث نجعل عملية التصنيع نفسها عملية اقتصادية بالنسبة لكل من المنتج والمستهلك، مع عدم التأثير في صفاتها الغذائية بل والعمل على توسيع نطاق استهلاكها لأكبر حد ممكن عن طريق زيادة عدد المستهلكين وتنويع طرائق الاستهلاك.

كما أن اللجوء إلى مكننة التصنيع على أنه أحد العوامل الرئيسة التي تدعو إلى دراسة الطرائق الإنتاجية والتصنيعية المختلفة للوصول بالإنتاج الغذائي إلى أحسن مستوى ممكن مع دراسة هذه العمليات لتقليل الفقد الناتج عنها وتقليل الأضرار التي قد تحدث نتيجة لإجرائها، مع محاولة الحد من التنافر بين العمليات

التصنيعية المختلفة بإجراء تناسق وتناسب بين الآلات والأجهزة المختلفة التي تعد الوحدات البنائية في خط تصنيع مادة غذائية ما.

وتعد المكننة التامة لتصنيع الغذاء من الأهداف التي يسعى إليها المصنّع الغذائي عموماً. حيث لم يمكن حتى الآن مكننة خطوط الإنتاج الغذائي بشكل كامل، ولا يزال التصنيع الغذائي في حاجة إلى العمل اليدوي بإحدى مراحله بصورة أو بأخرى. وحتى يمكن الوصول إلى هذا الهدف فإنه يجب دراسة كل عملية تصنيعية دراسة كافية لمحاولة دراسة تأثيرها التصنيعي. وفي هذا المجال يمكننا تقسيم العمليات التي تتعرض لها المواد الغذائية الخام في أثناء تصنيعها إلى وحدتين رئيسيتين هما:

1- **وحدات العمل Units Operation:** وهي العمليات التصنيعية التي تتضمن معاملات المادة الزراعية الخام بطريقة بسيطة أو في أقصى حدودها قد تتضمن تغييراً للخواص الفيزيائية للمادة الخام دون التأثير في الصفات الكيميائية للمادة الغذائية الخام المراد تصنيعها أو خصائصها مثل عمليات الوزن والشحن والنقل والتبريد والغسيل والفرز والخلط والطحن.

2- **وحدات التصنيع Units Process:** تشمل أي عملية تصنيعية يصاحبها تغيير في طبيعة المادة الغذائية وخواصها. مثل التركيز والتجفيف والتدخين والتمليح والسلق والتخمر. ويختلف طبعاً نوعها ومدى إجرائها باختلاف طبيعة المادة الغذائية الخام واختلاف طبيعة الناتج النهائي المراد إنتاجه والتغيرات المطلوب أو المفروض ذلك إيقافها في أثناء عمليات التصنيع الغذائي.

وعادة يصاحب وحدات التصنيع تغير كيمائي ملحوظ في طبيعة المادة الخام بحيث تحولها في بعض الأحيان إلى مادة أخرى تختلف كيميائياً عن المادة الأولية، كما هو الحال في تخليل بعض أنواع الخضار أو إنتاج النبيذ من عصير العنب أو حلمأة النشاء مائياً لإنتاج الغلوكوز.

ومن أهم الأمور التي يجب على القائم بعمليات التصنيع الغذائي العناية بها هي إتمام عملية التصنيع الغذائي سواء وحدات عمل أو وحدات تصنيع في أقل وقت ممكن، فكلما قصرت الفترة التي تقضيها المادة الغذائية في التصنيع من الحالة الطازجة إلى الحالة المصنعة ارتفعت جودتها.

وكثيرا ما يعود سبب عدم جودة مادة غذائية ما إلى البطء في خطوات الإنتاج وليس إلى عيوب في وحدات التصنيع أو وحدات العمل ذاتها، لذلك يجب أن يراعى عند إقامة مصانع حفظ الأغذية أن نختار الآلات المستخدمة، وأن تركب هذه الآلات بحيث تتناسب أجزاء خط التصنيع المختلفة مع بعضها، مع العمل على توفير ظاهرة الاستمرار في خطوات الإنتاج، كما يراعى في هذه الآلات ما يلي:

1- سهولة التصميم حتى يسهل تشغيلها وتنظيفها وإصلاحها وصيانتها. وبذلك يمكن تشغيلها إلى أقصى درجة ممكنة وبصورة اقتصادية وبطريقة تتناسب وطبيعة المادة وطبيعة التصنيع.

2- يجب أن تجهز كل الآلات المكونة لخط تصنيع معين بوساطة أجهزة بسيطة للتحكم فيها ولإمكان ضبطها وضبط سرعتها بحيث تتناسب مع الآلات السابقة واللاحقة لها في خط التصنيع لضمان الاستمرار وتنظيم عملية الإنتاج.

3- يجب أن تصنع هذه الآلات بقدر الإمكـــان بمواد رخيصة غير قابلة للتأثر أو بطيئة التأثر بعوامل التصنيع المختلفة، وفي حال تصنيعها من معادن فيجب أن تكون هذه المعادن غير قابلة للتآكل أو للتفاعل مع مكونات المادة الغذائية المصنعة، كما يجب أن تكون غير قابلة للصدأ.

4- يجب أن توضع الآلات أو الأجزاء المختلفة لخط التصنيع بصورة متتالية في خط مستقيم مع مراعاة التناسب بين إنتاجية كل آلة السابقة والتالية لها لمنع تعطيل الإنتاج نتيجة لوجود ما يسمى عنق الزجاجة Bottle neck، كما يجب أن يكون تشغيل كل آلة مستقلاً بنفسه قدر الإمكان بحيث يمكن تعديل طاقة كل آلة بما يناسب كل آلة وطاقة خط التصنيع الكلي بشكل عام، بحيث إذا كانت كل الآلات تعمل بمصدر قوة واحد أو تعمل كلها على أنها وحدة واحدة، فإذا تعطلت إحداها لأي سبب من الأسباب فإن الخط كله يمكن أن يتعطل تبعاً لذلك. أما إذا روقبت كل منها على أنها وحدة قائمة بذاتها في تشغيلها فإنه يمكن الاستمرار في التشغيل تحت أي ظرف من الظروف.

من الحقائق الثابتة في التصنيع الغذائي، أنه ليس بالإمكان تحسين صفات المادة الخام في أثناء تصنيعها مهما استخدمنا من الاحتياطات في أثناء التصنيع، بينما العكس صحيح حيث إنه وبمنتهى السهولة يمكن القضاء على القيمة الغذائية والاستهلاكية لأي خامة غذائية عن طريق التصنيع الغذائي غير السليم أو عن طريق وجود أخطاء في تصنيع هذه الخامة إلى الناتج النهائي. لذا فإن الغرض النهائي للمصنع الغذائي في أحسن صورة يكون بالمحافظة على درجة الجودة المميزة للمادة الخام قبل تصنيعها.

ويمكن تعريف درجة الجودة للمواد الغذائية بأنها مجموعة من الصفات والخواص التي تحدد بطريقة مباشرة أو غير مباشرة مدى قبول هذه المادة الغذائية لدى مختلف الأفراد على أنها غذاء ابتداءً من المنتج أو المزارع حتى المستهلك.

ومن العوامل التي تحدد درجة جودة المادة الغذائية ما يلي:

البدء باستخدام مواد خام عالية الجودة وبطريقة تتناسب مع طريقة التصنيع المختلفة.

1- إنهاء عمليات التصنيع في أقصر وقت ممكن.

2- العمل على تقليل إحداث أي تغيرات غير مرغوب فيها في المواد الخام في أثناء تصنيعها.

3- الاستفادة من العلوم والحقائق المتصلة بالتصنيع الغذائي للوصول إلى أحسن إنتاج غذائي ممكن مع دراسة التصنيع الغذائي اقتصادياً وإنتاجيا.

ومن أهم الفنيين الذين يجب الاستفادة والاستعانة بهم للتصنيع الغذائي الجيد:

1- الباحثون في تربية النبات. حيث يقوم هؤلاء بانتخاب الأصناف والسلالات التي تتناسب مع بيئة زراعية معينة وتربيتها وطريقة تصنيع معينة وخصائص غذائية ورغبات مستهلك محددة وفي الأوقات المناسبة للإنتاج والتصنيع.

2- الباحثون في مجالات المحاصيل. وهم الذين يستخدمون أحسن الطرائق لتنمية الصنف أو السلالة المنتخبة أو المحسنة للوصول إلى أعلى إنتاج ممكن مع العمل على المحافظة على الصفات المرغوبة من التدهور أو التأثر مع اختيار أحسن المعاملات الزراعية وانتخابها للمحافظة على الصفات الممتازة التي توصل إليها الباحثون في تربية النبات.

3- كيميائيو الأغذية والتغذية. وهم المسئولون عن تحديد القيمة الغذائية للمواد الخام قبل تصنيعها ومدى تأثر هذه القيمة الغذائية بالمعاملات التصنيعية المختلفة وبالتالي المساعدة على اختيار أنسب الخامات الزراعية وأنسب الطرائق التصنيعية للوصول إلى أحسن أغذية ممكنة.

4- رجال التصنيع الغذائي. وهم المسئولون عن الربط بين رغبات المستهلك وما يمكن أن يقدمه المنتج مع استخدام أحسن وسائل التصنيع وأنسبها للوفاء برغبات كل من المستهلك من ناحية والمنتج من ناحية أخرى.

5- منتجو آلات التصنيع الغذائي. وهم القائمون على أعمال تصميم آلات التصنيع الغذائي المختلفة بطريقة تتناسب مع طبيعة المادة الخام وكفاية التصنيع ورغبات المصنع الغذائي واحتياجات المستهلك.

العوامل التي تتحكم بجودة المادة الغذائية:

1- **الصنف:** تختلف أصناف النوع الواحد من المادة الخام في خواصها الغذائية والاستهلاكية والتصنيعية بحيث يجب اختيار أنسب الأصناف التي تتناسب مع طريقة التصنيع المستخدمة ورغبات المستهلك فمثلاً في حالة تصنيع الفاكهة بصفة عامة يراعى انتخاب الأصناف التي تتميز بارتفاع نسبة العصير الناتج من وزن معين من المادة الخام مع ارتفاع المواد الصلبة الذائبة والفيتامينات بالإضافة إلى توافر مكونات الطعم واللون والرائحة للعصير الناتج مع بطء أو قلة حدوث التغيرات غير المرغوب فيها في الناتج المصنع بقدر الإمكان. ومثال ذلك أنه في حالة إنتاج عصير البرتقال فإنه يفضل عصير الصنف البلدي وذلك لرخص ثمنه أولاً ، وزيادة نسبة

العصير به ثانياً : ارتفاع نسبة المواد الصلبة والسكر والحموضة في العصير الناتج ثالثاً: بالإضافة إلى توافر مكونات اللون والنكهـــــة فـــي العصير الناتج.

بينما لا يصلح صنف كالبرتقال أبو صرة نظراً لقلة محتواه من العصير وصعوبة عصره وانخفاض نسبة المواد الصلبة ومكونات الطعم واللون والرائحة كونه صنف مائدة وليس صنف تصنيع، كما أن عصيره يكتسب طعماً مراً بعد العصر بسرعة. الشيء نفسه في حالة الفريز والليمون وفي العنب يستحسن خلط عدة أصناف لإنتاج عصير يمتاز بلون وطعم ورائحة مقبولة. أما في حالة الرغبة في إنتاج الفاكهة المحفوظة في العلب مثلاً فإن أهم الصفات التي يجب توافرها في هذه الحالة تنحصر في إعطاء كمية كافية من اللب الخالي من الألياف والمتماسك نسبياً حتى يتحمل عمليات التعبئة والتصنيع المختلفة مع توافر الصفات المميزة للثمار الجيدة كما هو الحال في تعبئة الدراق والمشمش والكمثرى والفريز.

2- **طرائق الزراعة والخدمة والمعاملات الزراعية:** تؤثر المعاملات الزراعية التي يتعرض لها صنف معين في خصائص هذا الصنف ومميزاته إلى حد كبير، وقد أمكن في كثير من الحالات تغيير صفات الكثير من المواد الزراعية الخام عن طريق التحكم في المعاملات الزراعية التي يتعرض لها هذا الصنف تحت الظروف المتباينة وذلك عن طريق معاملات التسميد والري والمكافحة. كما هو الحال في تشجيع المواد السكرية غير النشوية في البازلاء عن طريق تسميدها بوفرة بالأسمدة الآزوتية أو إنتاج فاصوليا

طرية بكميات كبيرة وخالية من الألياف عن طريق التسميد الآزوتي العالي والفوسفوري المنخفض.

3- **الحصاد وطريقة إجراؤه ومدى دقة وقته:** تؤثر وسيلة الحصاد في درجة جودة المحصول. فمثلاً في حالة البازلاء فإنه يمكن جمعها عند وصولها إلى مرحلة معينة من مراحل النضج تتميز بارتفاع محتواها من المواد النشوية، أما بعد ذلك فإن المواد السكرية وبالتالي الطعم الحلو والقوام الطري المميز للأصناف المرغوبة في التصنيع الغذائي تبدأ بالاختفاء والتغير نتيجة لزيادة نسبة المواد النشوية على حساب المواد السكرية والطعم الحلو مع اكتساب الثمار شيئاً من الصلابة نتيجة لجفافها النسبي، وبذلك تفقد البازلاء أهم مميزاتها الاستهلاكية. لذلك يجب اختيار مرحلة النضج المناسبة لجمع كل محصول على حدة وتحديده، كما أن لطريقة الحصاد نفسها أثراُ كبيراً في جودة الصنف المصنع، ومثال ذلك عند جني الحمضيات للتصدير الطازج يجب معاملة الثمار باحتراس حتى لا تتأثر قشورها نتيجة للتجريح أو التكديم في أثناء عمليات التقطيع و النقل أو معاملات التصنيع بصفة عامة. حيث يساعد ذلك على نمو الفطور على الثمار وتعفنها، لذلك يجب أن تقطع وتعبأ بطرائق خاصة وباحتراس مع غسيلها جيداً وباستخدام مواد مطهرة ثم فرزها لاستبعاد التالف حتى لا يكون مصدراً لتلويث الثمار المجاورة.

4- **نقل المادة الخام إلى المصنع:** يجب أن تتم هذه العملية بأسرع ما يمكن مع توفير أحسن وسائط النقل وخاصة في حالة بعض الثمار التي يجب تبريدها مبدئياً للتخلص من حرارة الحقل Field heat، التي كثيراً ما تؤدي إلى

تغيرات غير مرغوبة في المادة الخام والوصول إلى هذا الغرض غالباً ما تقام مصانع الإنتاج الغذائي في مناطق أو بالقرب من أماكن الإنتاج الغذائي، مع استخدام أنسب المعاملات والاحتياطات للمحافظة على صفات المادة الخام باستخدام أنسب وسائل النقل.

5- **التخزين:** يضطر القائم على التصنيع الغذائي لتخزين كميات من المواد الخام الواردة إلى المصنع نتيجة لزيادة الوارد عن إمكانات المصنع، ولما كان التخزين الرديء يؤدي للإضرار بصفات المادة الخام وبالتالي الإضرار بصفات المادة المصنعة فإنه يراعى أن تتوافر شروط التخزين الجيد لأي مادة خام واردة عن طريق حفظها على درجات حرارة مناسبة وفي بعض الأحيان في أجواء معدلة غازياً كما هو الحال في تخزين البطاطا على 3 م^0 في ثلاجات في جو من غاز ثاني أكسيد الكربون لمنع إنباتها. إلا أنه في أثناء فترة التخزين يتحول جزء من المواد النشوية الموجودة في الدرنات إلى مواد سكرية تعطي تأثيراً غير مرغوب وطعماً حلواً في الناتج المصنع، لذا يتم اللجوء غالباً إلى عملية تكييف Conditioning لدرنات البطاطا وذلك بتخزينها على درجات حرارة مرتفعة نسبياً نحو 25 م^0 لتنشيط العمليات الحيوية الفيزيولوجية للدرنات وخاصة عملية التخلص من السكريات الموجودة ولو جزئياً، وذلك للقضاء على الصفات غير المرغوبة في البطاطا المصنعة.

نقل المواد الغذائية وتداولها Materials transferring and handling:

تتوقف درجة جودة المنتجات المصنعة إلى حد كبير على نقل المواد الغذائية وتداولها بحيث يمكن عد التصنيع الغذائي نظاماً مستمراً لنقل المادة وتداولها في أي

صورها، تتخللها عدة وحدات تصنيعية تختلف باختلاف طبيعة المادة الغذائية والغرض النهائي من تصنيعها، حيث تنقل المواد الخام إلى أماكن التصنيع إما على صورة دكمة Bulk كما في حالة اللحوم وبعض أنواع الخضر كالملفوف والزهرة أو في أكياس كالبطاطا. غير أن معظم الخضار أو الفاكهة تنقل عادة إلى المصانع في صناديق خشبية ،وإن كان ينصح باستعمال صناديق بلاستيكية أو من الورق المقوى حيث تحافظ الأخيرة على الثمار من التجريح والتلوث. ثم تنقل كل هذه العبوات إلى أماكن تسلمها Receiving platform، أو إلى مخازن المواد الخام وذلك قبل البدء بنقلها إلى أول نقطة في خطوط التصنيع، ثم تنقل المواد الخام من خطوة إلى أخرى متضمنةً عدة وحدات للعمل وعدة وحدات للتصنيع حتى نهاية عملية التصنيع. وفي كثير من الحالات قد يتم إجراء أكثر من وحدة واحدة من كلا النوعين، أي وحدة عمل ووحدة تصنيع في خطوة واحدة، أي في عملية نقل واحدة، كما قد يحدث أحياناً أن تجري عدة وحدات عمل في عملية نقل واحدة، ومثال ذلك إجراء عمليات النقع والغسيل بالرشاشات والفرز التي تتم في عملية نقل واحدة. كما قد يحدث أحياناً من أول خط التصنيع إلى نقطة تصنيع أخرى كعملية التسخين الأولي استعداداً لعملية الهرس أو العصر لإنتاج أي عصير فاكهة أو خضر، كما قد تجري في بعض الأحيان بعض العمليات اللازمة في أثناء عملية النقل ذاتها كعمليات الفرز والتدريج والتقشير. وعلى ذلك فإن نقل المواد المصنعة يتم جزئياً أو كلياً من خطوة تصنيع إلى أخرى ابتداءً من تسلم المادة الخام حتى إنتاج المادة المصنعة النهائية، ثم نقلها إلى المستودعات وأحياناً نقلها من المستودعات إلى وسائط التوزيع التي تقوم بدورها بنقلها إلى الموزعين. من ذلك يتضح أن الوقت اللازم لنقل المواد الخام وتداولها أي تحويلها إلى منتجات نهائية قد يستهلك ما

يقرب من 30 % في المتوسط من الوقت اللازم لعملية التصنيع، وذلك حسب نوع المادة المصنعة المنتجة وطبيعتها، لذا يجب إجراء حسابات تكاليف نقل المواد الغذائية أو المواد الخام وتداولها والعمل على تقليلها بقدر الإمكان وذلك عن طريق إجراء عمليات تنظيف أولية لإزالة الأجزاء غير المرغوبة من المادة الخام كما هو الحال لدى إجراء عمليات التشذيب للملفوف، أو إزالة الأوراق الخضراء والأعناق للزهرة في الحقل. أو تقشير القصب أو إزالة عروش الشمندر بغرض تقليل تكاليف عملية النقل أولاً والحد من كمية الفضلات الناتجة في أماكن التصنيع ثانياً.

أما من حيث طريقة نقل المادة الغذائية وتكاليفها في أثناء التصنيع، فإن هذا يتوقف إلى حد كبير على طبيعة المادة المراد تصنيعها وطبيعة عملية التصنيع والتغيرات التي تطرأ عليها في أثناء ذلك. وعلى سبيل المثال نجد أن السوائل تحتاج بصفة عامة إلى تكاليف أقل، حيث يتم نقلها خلال أنابيب إما بتأثير الجاذبية الأرضية أو بطرائق آلية بسيطة، أما المواد الصلبة فتحتاج لوسائل نقل مكلفة معظمها آلي، كما أن الحالة النهائية للمادة المصنعة تلعب دوراً هاماً في تكاليف نقلها، حيث نجد أن الأغذية المجففة على سبيل المثال تتكلف أقل بكثير من الأغذية المعلبة نظراً لقلة وزن الخامات في الحالة الأولى عنها في الحالة الثانية، وعادة يتم نقل المواد الغذائية داخل المصنع إما باتجاه أفقي أو اتجاه عمودي بالنسبة لسطح أرضية المصنع وعموماً فإن أهم العوامل التي تحدد نوع النقل للمواد الغذائية المختلفة وكيفيته ما يلي:

1- نوع المادة المراد نقلها وطبيعتها وتركيبها ومدى تعرضها للفساد في أثناء النقل حيث يختلف ذلك في الخضار عن الفاكهة وعن الحبوب أو السوائل أو المساحيق.

2- كمية المادة المراد نقلها في وحدة الزمن (ساعة، يوم، حصة عمل) وهذه تحدد حجم جهاز النقل ونوعه وشكله وكفاءته والقوة اللازمة لتشغيله.

3- طول المسافة المراد نقل المادة إليها وهذه تحدد شكل الجهاز ونوعه وقدرته والمساحة التي يشغلها في المصنع.

4- وزن المادة المراد نقلها وحجمها وكذلك قابليتها للتلف إما داخلياً أو خارجياً ومدى تعرضها للتلوث ودرجة صلابتها ومدى تحملها لطريقة النقل المستخدمة والظروف التي تتعرض لها في أثناء النقل.

5- عدد مرات التداول أو الانتقال للسلعة الغذائية الواحدة أو للسلع الإنتاجية المتباينة في المصنع. وعموماً يجب أن تتوافر الشروط التالية في أجهزة النقل و آلاته:

6- البساطة التامة وسهولة التشغيل.

7- سهولة الفك والتنظيف والصيانة إذا لزم الأمر.

8- مراعاة الأمور والاحتياطات الصحية Sanitation مع استمرارها بصورة منتظمة، والعمل على إيجاد الوقت الكافي لإيقاف أجهزة النقل للعمل على تنظيفها وتطهيرها للحد ما أمكن من بقاء فضلات قد تؤدي إلى التلف أو الفساد نتيجة للتلوث المستمر للمادة المنقولة.

9- مراعاة تصميم آلات النقل عموماً بحيث تعوق إيواء الحشرات والحيوانات خاصة القوارض التي تتخذ من هذه الأجهزة أماكن لاختبائها وتكاثرها وبالتالي تؤدي إلى تلوث الأغذية المنقولة والمصنعة بصفة عامة، مع مراعاة العمل على تنظيفها وتطهيرها بأي وسيلة من وسائل التنظيف والتطهير على فترات متقاربة.

وسائل نقل المواد الغذائية:

أولاً- نقل المواد الصلبة Transportation of solids:

1- الناقلات الحلزونية Screw conveyors: تتركب عادة من حلزون يتحرك حركة دائرية مستمرة داخل حيز مقفل أو مفتوح إما من الخشب أو الخرسانة أو المعدن، حيث تقوم بنقل المواد الغذائية من أحد الأطراف إلى الآخر. وتتركب هذه الأجهزة من مجموعة من المراوح المعدنية تركب على عامود أو محور مركزي Shaft. توجد منها أنواع مختلفة مثل الهلالي والحلزوني. وتستخدم هذه الناقلات عادة لنقل كميات متوسطة من المواد الخام إلى مسافات متوسطة نسبياً، كما قد تقوم بعملية خلط Mixing في أثناء نقلها للمادة من جانب إلى آخر، وعادة تقوم مثل هذه الناقلات بنقل المواد الغذائية باتجاه أفقي، إلا أنها قد تستخدم لنقل بعض الخامات باتجاه عامودي أو مائل مثل نقل المادة الخام من طابق إلى آخر في المصنع وفي هذه الحالة تستخدم كمصعد ويجب أن تكون مقفلة تماماً لإتمام عملية النقل العمودية. وفي بعض الأحيان قد تركب الناقلة الحلزونية داخل صندوق مفرغ تماماً ومحاط من الخارج باسطوانة تسخن بالبخار لتعمل في هذه الحالة كمجفف حلزوني للمادة الغذائية في أثناء نقلها، ويغلب استعمال مثل هذا النوع من الناقلات في نقل الحبوب داخل المطاحن بصفة عامة.

2- الناقلات ذات السيور Belt conveyors: تتركب من سير يدور في حركة دائرية حول بكرتين، ويحرك إحداهما محرك متوسط الحجم والقوة. توضع المادة المراد نقلها على السير قرب إحدى البكرتين وترفع من على

السير قرب البكرة الثانية ليدور السير متجهاً للأسفل ويكمل دورته، ويحمل السير في أثناء دورانه في الأجزاء المتوسطة منه على بكرات اسطوانية لتقوية السير في الأماكن المتوسطة ولتمكنه من الاستمرار في عملية النقل. مثل هذه الناقلات ذات انتشار واسع في مصانع الأغذية لنقل المواد باتجاه أفقي غالباً، إلا أنها قد تستخدم للنقل باتجاه عمودي أو مائل حيث تعمل في هذه الحالة كمصعد Elevator، إلا أنه يراعى ألا تزيد زاوية الميل على 20 درجة لتؤدي عملها بشكل جيد. وتعتمد حمولة الناقلة عادة على عرض السير المستخدم وسرعة دورانه والغرض المستخدمة له، كما أنه قد تستخدم لأغراض أخرى خلاف النقل مثل الغسيل والفرز والتشميع والتدريج. تحدد المادة التي يصنع منها السير الغرض من عملية النقل ذاتها، فقد يصنع السير من القماش أو الكتان أو من القطن المضغوط المغلف بطبقة من المطاط. أما في حالة الاستعمالات الخشنة، كنقل الصناديق وغيرها من العبوات فقد تصنع السيور من الخشب أو المعادن، كما قد تصنع من السلك وتسمى في هذه الحالة wire belt وذلك في حالة الغسيل بالرشاشات أو التجفيف أو غيرها، حيث يسمح التركيب السلكي للسير بتسهيل عمله إلى جانب تصفيته لماء الغسيل وحركة مرور الهواء في عملية التجفيف.

3- **الناقلات الجارفة Drag conveyors:** تتركب من سلاسل أو عوارض رقيقة مركبة بطريقة تسمح بمرورها في قاع حوض أو صندوق أو قناة مملوءة بالماء، وتقوم هذه الناقلات بجرف المواد المنقوعة المراد غسيلها أو إزاحتها من أحد طرفي الحوض إلى الطرف الآخر لتسليمها لبداية خط التصنيع. يستخدم هذا النوع من الناقلات في عمليات نقل الثمار الصلبة

كالتفاح والخوخ والمشمش والبطاطا والبندورة والجزر وغسيلها. كما قد تستخدم بقياسات أصغر لجرف الحبوب أو نقلها في أثناء غسيلها تمهيداً لطحنها في المطاحن.

4- **الناقلات ذات العبوات Bucket conveyor elevators:** تتركب الناقلة من سير تركب عليه عبوات تتحرك باتجاه عمودي أو مائل بوساطة محرك مركب في أعلى الناقلة وتقوم العبوات بنقل المادة من صندوق أو حوض في أعلى الناقلة، ويكثر استعمال هذا النوع في مصانع تعبئة الخضار كالبازلاء والفاصولياء.

5- **الناقلات الاسطوانية الأنبوبية Rubber tube conveyors:** تتركب من وعاء نصف دائري مطاطي مقسم إلى أقسام أو حجرات صغيرة لكل منها غطاء حيث تفتح الحجرات وتعبأ بالمواد الغذائية ثم يعاد قفلها، ويتم نقل الاسطوانة أو الوعاء في أي اتجاه فوق بكرات معدنية تدور بوساطة محرك ليتم تفريغها وتعاد إلى مكان التعبئة مرة أخرى. تتميز هذه الناقلات بأنها خفيفة لا تحدث ضوضاء وسهلة التنظيف وتستخدم عادة لنقل العجائن الغذائية وذلك لمنع تلوثها في أثناء نقلها.

6- **الناقلات الاهتزازية Vibrating conveyors:** تستخدم لنقل المواد الغذائية لمسافات قصيرة، وتتركب من سير يمتد من مكان إيداع المادة الغذائية وبين مكان الجهاز الذي تنقل إليه هذه المادة بميل قليل. وتتحرك المواد الغذائية المراد نقلها بتأثير اهتزازات خفيفة للسير ويتحكم في هذه الاهتزازات بالنسبة لسرعتها وشدتها بالشكل المطلوب لنقل المادة الغذائية،

وكلما زاد عدد الاهتزازات زادت سرعة انتقال المادة الغذائية على السير والعكس. تتميز هذه الناقلات بنظافتها وسرعتها وسهولة تنظيفها وعدم تعرض المادة الغذائية للتلوث، حيث يمكن في كثير من الأحيان تغطيتها بإحكام بطريقة لا تعرض المادة المنقولة للهواء والأتربة. وقد تترك مكشوفة في حال استخدامها لأغراض الغسيل أو الفرز أو التدريج. وتستخدم هذه الناقلات عادة إما باتجاه أفقي أي على مستوى سطح المصنع أو في مستويات أعلى من ذلك.

7- **الرافعات الناقلة Travelling conveyors:** تستخدم هذه الناقلات في نقل كميات كبيرة من المواد الغذائية على دفعات Batches. توضع المادة المراد نقلها في أقفاص أو سلال ثم ترفع الأقفاص أو السلال إلى ارتفاع عال نسبياً عن أرضية المصنع وعن الآلات الموجودة والعمال (منعاً لاصطدامها في أثناء النقل) بوساطة رافعة متحركة على بكرة تتحرك على عارضة حديدية متينة قريباً من سقف المصنع لتحمل معها الوعاء الذي يحتوي المادة المراد نقلها للمسافة المطلوبة حسب طول العارضة الحديدية. وبعد تفريغ المواد المنقولة تعاد السلال إلى المكان الأصلي لإعادة تعبئتها وهكذا. تستخدم هذه الرافعة في عمليات التبريد بعد تعقيم الأقفاص عند تعقيم الأغذية المعلبة بالعلب الصفيح وذلك لتبريد الأخيرة في قنوات التبريد Cooling canals لتبريدها إلى درجة الحرارة المناسبة عن طريق التحكم في درجة حرارة ماء التبريد والمدة التي تقضيها العلب تحت سطح الماء عن طريق التحكم في سرعة سير العلب ذاتها أو الرافعة الناقلة لها.

8- الناقلات بوساطة الهواء المضغوط Pneumatic conveyors:

يستخدم هذا النوع من الناقلات إما تحت ضغط أو في بعض الأحيان تحت تفريغ، أي إما عن طريق طرد المادة الغذائية باستخدام الهواء المضغوط أو شفط المواد المراد نقلها عن طريق التفريغ. وفيها يتم نقل المادة الغذائية خلال أنابيب بوساطة تيار من الهواء في أي اتجاه حيث تستقبل على شكل رذاذ في أماكن خاصة. وعادة تستخدم هذه الناقلات في نقل المواد الصلبة وبخاصة المساحيق. وتشغل المادة المنقولة عادة نحو 12 % من الحيز المستخدم، بينما يشغل الهواء الجزء الباقي. تتركب هذه الناقلات من مجموعة من الأنابيب المعدنية يدفع خلالها الهواء بوساطة مراوح في حالة استخدام الضغط أو سحب الهواء منها بوساطة مضخات لدى استخدام التفريغ. ويقوم تيار الهواء المندفع في كلتا الحالتين بنقل المادة إلى أماكن مجهزة بأجهزة خاصة لتجميع المساحيق وأخرى لتفريغها. تمتاز هذه الناقلات بالميزات الآتية:

أ) تنقل المواد الغذائية على صورة دكمة.

ب) لا تتسبب بانتشار المادة كما لا تتسبب بانتشار الغبار مما يؤدي لتقليله في أنحاء المصنع مع تجنب أخطار انفجار الغبار.

ت) يمكن تركيبها على سطح المصنع أو تحت أرضيته وبالتالي لا تشغل جزءاً كبيراً من مساحة المصنع.

ث) سهولة التنظيف حيث لا تتعرض الأنابيب للأتربة الخارجية أو الحشرات، كما أن تيار الهواء يحول دون وجود أو تراكم المواد المنقولة بالأنابيب.

ج) لا تتعرض المادة الغذائية لحرارة الاحتكاك.

يتم خلال النقل تهوية المادة الغذائية وتبريدها، وفي بعض الأحيان تخليصها من الروائح غير المناسبة. إلا أنه يجب مراعاة عدم استخدام هذه الطريقة لنقل المواد الغذائية سريعة الأكسدة أو التأثر بالهواء بصورة عامة. وتستخدم هذه الناقلات غالباً في نقل الحبوب والنشاء والدقيق والمنتجات المجففة على شكل مساحيق كالألبان المجففة والعصائر.

9- الناقلات الاسطوانية Ruler conveyors: تتركب من مجموعة من الاسطوانات المعدنية المركبة على عمودين متوازيين، ويختلف طول الاسطوانات باختلاف طول المسافة المراد نقل المادة إليها. هذا وقد تبنى هذه الناقلات بطريقة تمكن من نقلها كلها ووضعها في أي مكان بالنسبة لسطح المصنع، وتبقى هذه الاسطوانات ثابتةٍ في مكانها على الرغم من دورانها، بينما تتحرك المادة المراد نقلها على اسطوانات وذلك عن طريق إيجاد ميل مناسب في مستوى الناقلة بحيث يصبح طرفها الذي توضع عليه المادة الغذائية أعلى من الطرف الآخر، أو قد تستخدم قوة آلية لدفع المادة على الاسطوانات. وغالباً ما تستخدم هذه الناقلات لنقل الفوارغ أو مواد التعبئة بصفة عامة أو الصناديق الفارغة أو المعبأة.

إضافة لما تقدم من أجهزة النقل، قد تستخدم بعض المصانع أنواعاً معينة من المصاعد Freight elevators لنقل البضائع بين الطوابق المختلفة في المصنع، كما قد تستخدم بعض أنواع عربات اليد Hand trucks أو العربات الآلية للنقل المتقطع من مكان لآخر داخل المصنع أو من المصنع إلى المخازن.

ثانياً- نقل المواد السائلة Transportation of liquids:

يراعى في نقل المواد الغذائية السائلة السرعة في إجرائها منعا لتعرضها للتلف نتيجة للتلوث الميكروبي أو بفعل الأنزيمات، مما يوجب اتخاذ الاحتياطات كلها في أثناء نقلها لتجنب حدوث مثل هذا التلف. ويمكن تلخيص أهم الطرائق المستخدمة في نقل المواد السائلة بما يلي:

1- **التدفق بتأثير الجاذبية Gravity flow:** حيث يمكن نقل السوائل بسهولة بتكاليف قليلة نسبياً بتأثير الجاذبية وذلك خلال أنابيب من أحواض في مستوى أعلى إلى مستوى أكثر انخفاضاً، على أنه يجب أن يراعى في اختيار المادة التي تصنع منها الأنابيب الناقلة عدم تعرضها للصدأ أو للتفاعل مع المواد المنقولة، لذلك يفضل صناعتها من الصلب غير القابل للصدأ أو البلاستيك وحديثاً من النايلون وخاصة الأنواع الشفافة بحيث تتبع سير المواد الغذائية وانتقالها من مكان لآخر. هذا مع مراعاة تنظيفها بعد استخدامها باستمرار بالماء الساخن بالإضافة لأي مادة أخرى من المواد المطهرة كالكلور مثلاً لضمان تطهيرها بصفة مستمرة. وتستخدم هذه الوسيلة عادة في نقل المحاليل في مصانع الشرابات والمياه الغازية والمربى والهلام.

2- **أجهزة الامتصاص أو السيفون:** تستخدم هذه الطريقة لنقل السوائل من مستوى أعلى إلى مستوى أخفض، وذلك باستخدام الجاذبية الأرضية والضغط الجوي، وعادة يلجأ إلى هذه الطريقة لسحب السوائل الرائقة من خزانات الترويق أو نقلها، وذلك لسحب الجزء الرائق فقط دون إثارة

الرواسب الموجودة في قاع هذه الخزانات. وتتركب عادة من أنبوبة على شكل (U بالمقلوب) يوضع أحد طرفيها داخل خزان الترويق عند المستوى الذي يراد السحب منه ويركب الطرف الآخر في مكان خارج الخزان لاستقبال السائل الرائق. كما قد يركب الطرف الخارجي على مضخة ماصة بغرض الإسراع بتدفق السائل. تستخدم هذه الأجهزة في مصانع الشراب والخل والمشروبات الروحية.

3- النقل بوساطة دفع السوائل Ejection transfer: تستخدم هذه الأجهزة لدفع السوائل إلى أعلى أو لرفعها لمسافات بعيدة باستخدام الهواء أو البخار أو بوساطة دفع آلي. وتتوقف هذه الطريقة على الفرق في سرعة الانزلاق بين الهواء أو البخار أو الماء الذي يخرج من فتحة المرور وبين السائل المراد نقله. ويتم في أثناء عملية النقل هذه عادة إما تسخين السائل لدى استخدام البخار في نقله أو تجفيفه في بعض الأحيان لدى استخدام الهواء الجاف بدلاً من البخار للغرض السابق.

إضافة لما سبق من أجهزة نقل الوسائل هناك الكثير من المضخات تختلف باختلاف طبيعة المادة المراد نقلها، وتستخدم إما لرفع السوائل لمستويات مرتفعة أو لنقلها أفقياً لمسافات بعيدة، وتصنع هذه المضخات من مختلف المعادن، ومنها ما يدار بوساطة الماء Hydrolytic أو البخار أو الكهرباء.

وقد يستخدم في تقل السوائل بعض الوسائل المستخدمة في نقل المواد الصلبة الدكمة، وذلك بعد تعبئتها في أوعية مناسبة كالرافعات المتحركة.

ثالثاً- نقل المواد الغازية Transportation of gases:

يتم نقل الغازات بصفة عامة سواء التي لها قيمة أو التي يراد التخلص منها لسبب أو لآخر من مصانع الأغذية عن طريق نقلها بوساطة مراوح أو مكابس داخل أنابيب خاصة وذلك إذا كانت غازات مستخدمة لغرض ما في التصنيع. أما الغازات المحملة بالروائح والتي يراد التخلص منها لتجديد التهوية في المصنع فيتم إزالتها إما باستخدام المراوح Fans أو باستخدام أجهزة السحب Exhausters، وتقوم الأولى بدفع هواء جديد يحل محل الهواء الفاسد في المصنع، أما الثانية فتقوم بسحب الهواء الفاسد إلى أنابيب أو مداخن لطرده خارج المصنع. هذا وتختلف أنواع المراوح والشفاطات أو أجهزة السحب وسعاتها باختلاف طبيعة المصنع وكمية الغازات المراد التخلص منها. بصفة عامة يجب أن يراعى في أجهزة النقل داخل مصانع الأغذية سواء لنقل المواد الخام أو المصنعة أو الغازات الناتجة عن التصنيع ما يلي:

1- يجب أن يراعى في اختيار وسائل النقل وتركيبها بصفة عامة أن تعمل هذه على توفير وتسهيل استمرار عمليات الإنتاج دون وجود اي عوائق قد تنتج بسبب وسائل النقل وتسهيلها.

2- نظراً لتعرض الكثير من المواد المراد تصنيعها وبخاصة الخضروات والفاكهة للتلف بوساطة الكدمات، يجب بذل الجهود لتفادي حدوث ذلك في أثناء النقل. وإذا تصادف سقوط جزء معين من هذه المواد المنقولة يجب تنحيته جانباً حتى يعاد فرزها وبالتالي لا تتسبب هذه الثمار التالفة بإتلاف غيرها عند اختلاط الأخيرة إما بمادة خام أو على أنها مادة مصنعة.

3- تتعرض الكثير من المنتجات الغذائية كالحليب وعصير الفاكهة والخضار للتلوث المعدني مما يسبب سرعة تلفها، مما يوجب مراعاة نقل هذه المواد بطريقة لا تؤدي لاتصالها بالمعادن المكشوفة. ويعد معدن النحاس أقل المعادن ملاءمة لصناعة الأغذية بسبب تأثره الشديد بمحتوياتها إلى جانب كونه عاملاً مساعداً ومؤكسداً قوياً، كما أنه في بعض الأحيان يعد من المعادن المنشطة للأنزيمات التي تؤدي إلى تغيرات غير مرغوب فيها في لون الكثير من المنتجات الغذائية وطعمها ورائحتها.

4- تتلف بعض المنتجات بمجرد تعرضها للهواء الجوي عن طريق الأكسدة، لذلك يجب أن يراعى في هذه المنتجات عدم نقلها بناقلات يستخدم فيها الهواء.

5- قد ينشأ من بعض المنتجات الصلبة المطحونة كالدقيق والنشاء انفجار غباري Dust explosion مما يوجب اتخاذ كل الاحتياطات لتجنب حدوث ذلك عن طريق استخدام وسائل نقل لا تسمح بتكوين غبار أو التي لا تتأثر بوجود كمية محدودة من الهواء، مع تجهيزها بوسائل مكافحة الحريق والاشتعال والحرارة الناتجة عن الاحتكاك.

6- يراعى في تصميم وسائل النقل وتركيبها ألا تؤدي إلى تجميع المواد المنقولة في مساحات ضيقة من المصنع غير جيدة التهوية، مما يترتب عليه تعرض المواد للتلف والتحلل فتصبح بذلك بيئة ملائمة لنمو الأحياء الدقيقة والحشرات، وبالتالي تكون مصدراً لتلوث المنتجات الأخرى السليمة.

7- يراعى في تصميم وسائل النقل عموماً سهولة فك أجزائها للتنظيف مع عدم تعرضها في الوقت نفسه للحشرات الصغيرة.

8- مراعاة التخلص من الغبار والتراب الذي يشكل مصدراً لتلوث المنتجات المصنعة.

9- يجب ألا تؤدي وسائل النقل هذه لتعريض الأواني المعبأة للصدمات أو الضغط أو الخدش مما يؤثر سلبا على قدرة المواد المستخدمة وطبيعتها في التعبئة وفي بعض الأحيان المواد التي تحتويها.

الفصل الثالث

أسس حفظ الأغذية باستخدام الحرارة

Principles of food preservation by using heat

لمحة تاريخية

في عام 1804م تم اكتشاف هذه الطريقة من قبل الصناعي الفرنسي(Nicolas Appert) أي قبل 50 عاماً من اكتشافات باستور وولادة علم الأحياء الدقيقة. وتعتمد طريقته على تسخين الأغذية خلال فترة من الزمن ثم وضعها ضمن أوعية زجاجية وإغلاقها بإحكام.

في عام 1810م نال الإنكليزي (Peter Durand) براءة اختراع لحفظ الفواكه والخضار والأسماك ضمن علب الحفظ.

وفي عام 1819م دخلت طريقة الحفظ ضمن العلب الولايات المتحدة الأمريكية عن طريق (Kensett and Dagett) حيث استخدماها في حفظ السمك والجمبري وبعض الفواكه.

أنواع المعاملات الحرارية للأغذية

تنطبق المبادئ العامة التي تحكم انتقال الحرارة واستجابة الأغذية لها على جميع المعاملات الحرارية، ولو أن كل معاملة تتميز بأهداف محددة تختلف شدتها حسب هذا الهدف. وأهم هذه المعاملات:

أولاً- الطبخ Cooking:

يهدف الطبخ وهو معاملة الغذاء بالحرارة إلى تحويل الغذاء إلى حالة أكثر استساغة وملاءمة، وهو اصطلاح واسع يشتمل على ستة أشكال من المعاملات الحرارية

(الخبز، الشوي، التحميص، الغلي، القلي، الغلي البطيء). وتختلف طريقة المعاملة الحرارية وطول مدتها ودرجة الحرارة حسب طبيعة الغذاء، فالخبز والشوي والتحميص تحتاج إلى حرارة جافة، أما الغلي والغلي البطيء فتحتاج إلى الحرارة الرطبة عن طريق وضع المادة الغذائية في الماء المغلي، بينما القلي فهو الطبخ في الزيت.

يتعرض الغذاء المطبوخ إلى تغيرات مهمة نتيجة المعاملة الحرارية وتشمل:

1- قتل الأحياء الدقيقة أو خفض أعدادها.

2- إتلاف الإنزيمات غير المرغوبة.

3- إتلاف السموم الموجودة طبيعياً في الأغذية أو المفرزة بوساطة الأحياء الدقيقة.

4- تغيرات في الطعم واللون والقوام.

5- تحسين قابلية هضم المادة الغذائية.

6- تحلل بعض المكونات الغذائية والذي يؤدي إلى تغير في بعض الصفات الحسية.

ثانياً- السلق Blanching:

هو المعاملة الحرارية التي تطبق على أنسجة الثمار والخضار قبل تجفيفها أو تجميدها أو تعليبها. تعتمد أغراض السلق على عملية الحفظ اللاحقة التي سيتعرض لها الغذاء، فهو يهدف قبل التجفيف أو التجميد إلى إتلاف الإنزيمات لتقليل التغيرات في اللون والطعم والقيمة الغذائية.

يعد أنزيما البيروكسيديز والكاتاليز أكثر الإنزيمات انتشاراً في أنسجة النباتات ومقاومة للحرارة، ويستدل على إتمام عملية السلق بإتلاف هذين الإنزيمين، وانعدام

نشاطهما يدل على انعدام نشاط بقية الإنزيمات، وإن طول مدة المعاملة الحرارية اللازمة لإتلافهما تختلف حسب نوع الثمار والخضار، وطريقة التسخين، وحجم الثمار والخضار، ودرجة حرارة وسط التسخين. وعموماً تتراوح هذه المدة بين 2 – 5 دقائق ويتم السلق باستعمال الماء أو البخار أو الهواء الساخن أو الأمواج القصيرة.

تهدف عملية السلق قبل عملية التعليب إلى الأغراض الآتية:

1- إزالة الغازات من الأنسجة

2- رفع درجة حرارة الأنسجة

3- تنظيف الأنسجة

4- تليين الأنسجة لتسهيل التعبئة

5- إتلاف الإنزيمات

ثالثاً- البسترة Pasteurization:

هي رفع درجة حرارة كل جزء من المادة الغذائية إلى درجة حرارة كافية (غالباً ما تكون أقل من 100 م^0) لقتل جـزء (وليس جميع) الخلايا الخضرية للأحياء الدقيقة وذلك خلال فترة معينة من الزمن، أي القتل الانتخابي لبعض الأحياء الدقيقة الموجودة داخل المادة الغذائية بخاصة الممرضة منها، لذلك يختلف الغرض منها حسب المادة الغذائية، فيبستر الحليب للقضاء على الأحياء الدقيقة الممرضة. وبما أن البسترة لا تمنع الفساد كلياً لذلك لابد من مرافقة البسترة بطريقة حفظ أخرى مثل التبريد أو إضافة المواد الكيميائية أو جعل الظروف السائدة في عبوة المادة الغذائية لاهوائية أو تخمير المادة الغذائية بأحياء دقيقة مرغوبة. يتوقف طول مدة البسترة ودرجة حرارتها على ما يأتي:

1- مقاومة الخلايا الخضرية أو الأحياء الدقيقة الممرضة للحرارة

2- حساسية المادة الغذائية للمعاملة الحرارية

وتستخدم طريقة بسترة الأغذية في الحالات الآتية:

1- عندما يؤدي استخدام الحرارة العالية إلى فقد كبير في القيمة الغذائية للمادة المعاملة كالفيتامينات، والخواص الحسية كالطعم والرائحة والنكهة.

2- عندما تهدف العملية إلى قتل السلالات الممرضة أو المنتجة للسموم فقط مثل السالمونيلا.

3- عندما لا تسمح الشروط التي توجد في المادة الغذائية كالحموضة ووجود المثبطات بنمو البكتريا الممرضة والمنتجة للسموم (عصير الفاكهة).

4- عندما يراد القضاء فقط على الأحياء الدقيقة التي يزعج أو ينافس نموها الأحياء الدقيقة المرغوب فيها في التخمرات المراد إجراؤها (صناعة الأجبان).

رابعاً- التعقيم Sterililization: وهو المعاملة الحرارية التي تطبق على الغذاء لجعله خالياً من جميع أنواع الأحياء الدقيقة الحية وهو ما يطلق عليه مصطلح التعقيم المطلق Absolute sterilization. أما مصطلح التعقيم التجاري Commercial sterilization هو درجة التعقيم التي يتم فيها القضاء على كل الأحياء الدقيقة الممرضة وكذلك الأنواع الأخرى من الأحياء الدقيقة التي إذا وجدت ممكن أن تنتج فساد في ظروف التداول والتخزين العادية ، إلا أن مثل هذه النوع من الغذاء ممكن أن تحتوي على كمية قليلة من الأبواغ المقاومة للحرارة أو حتى الأحياء الدقيقة غير الممرضة الخاملة والتي لا تساعدها ظروف الغذاء على التكاثر، لكن إذا عزلت ووضعت في ظروف بيئية خاصة ممكن أن تنمو.

أيضاً تعامل بعض الأغذية بالتسخين فوق العالي Ultra heating ويتم عند درجة حرارة 135 – 140 م^0 لمدة أربع ثوان عن طريق نفث بخار الماء الحار مباشرة في المنتج المراد تعقيمه مثال ذلك منتجات الحليب المعقم.

العوامل التي تؤثر في كفاءة عملية التعقيم التجاري:

- **رقم حموضة الغذاء pH.** يشكل رقم الحموضة pH عاملاً مهماً في تعقيم الأغذية التي يراد القضاء على البكتريا الاختيارية أو الإجبارية هوائياً فيها، وذلك لوجود بعض الأبواغ شديدة المقاومة للحرارة التي يمكن أن تنجو من مثل هذه المعاملة، ولكن لانخفاض رقم حموضة هذه المواد فإنها تغدو عاجزة عن النمو وإحداث الفساد. وبناء على ذلك تم تقسيم الأغذية حسب رقم حموضتها إلى:

أ- الأغذية ذات الحموضة العالية. رقم حموضتها أقل من 3.7

ب-الأغذية الحامضية. رقم حموضتها بين 3.7 – 4.5

ت-الأغذية ذات الحموضة المنخفضة. رقم حموضتها أكبر من 4.5

- **شروط التخزين بعد المعاملة الحرارية:** تعبأ الأغذية المعقمة تجارياً عادة في عبوات محكمة الإغلاق (غير منفذة للغازات) تمنع إعادة تلوثه ، ولما كان مستوى ضغط الأوكسجين منخفضاً في هذه العبوات لذا فإن الأحياء الدقيقة التي تحتاج أوكسجين (الهوائية إجباريا) لا تقدر على النمو أبداً ، أو لا تنمو بصورة كافية لإحداث الفساد أو المشاكل الصحية .
- **مقاومة أبواغ الأحياء الدقيقة للحرارة:** يعبر عن مقاومة الأحياء الدقيقة للحرارة بمفهوم وقت القتل الحراري الذي يعرف بأنه الوقت اللازم لقتل

عدد محدد من الأحياء الدقيقة (أو جراثيمها) في درجة محددة من الحرارة وشروط معينة.

أ- مقاومة الخمائر وجراثيمها: تتوقف هذه المقاومة على أجناس الخمائر وحتى على سلالاتها، كما تتوقف على نوع البيئة الموجودة فيها في أثناء التسخين. وتقتل الخمائر وجراثيمها في درجة حرارة بسترة الحليب (62.8 م^0 لمدة 30 دقيقة أو 71.7 م^0 لمدة 15 ثانية)، كما تقتل بسهولة في درجة الحرارة التي تتعرض إليها أقراص العجين عند خبزها (حوالي 97 م^0 في الداخل).

ب- مقاومة فطريات العفن وجراثيمه: تقتل الحرارة الرطبة (60 م^0 لمدة 5 – 10 دقائق) معظم أنواع العفن وجراثيمه، غير أن هناك أجناساً تتصف بمقاومتها النسبية. وتقتل درجة حرارة بسترة الحليب جميع أنواع فطريات العفن وجراثيمه. وتقاوم جراثيم العفن الحرارة الجافة جيداً، حيث وجد أن درجة الحرارة 120 م^0 /30 دقيقة لا تكفي لقتل بعض الجراثيم المقاومة.

ت- مقاومة البكتريا والجراثيم البكتيرية: تختلف درجة مقاومة البكتريا للحرارة باختلاف الأجناس، فهناك البكتريا المرضية الحساسة التي تقتل بسهولة، وتلك المحبة للحرارة التي قد تحتاج إلى التسخين (80 – 90 م^0) لبضع دقائق للقضاء عليها. فالبكتريا المكورة أكثر مقاومة بشكل عام من البكتريا العصوية، وكلما كانت درجات الحرارة المثلى للنمو وكذلك العظمى للسلالات مرتفعة ازدادت مقاومتها للحرارة بشكل أكبر. وأن تكتل الخلايا يؤدي إلى رفع

مقاومتها للقتل، بحيث تصبح أكثر مقاومة من الخلايا المنفردة المتباعدة عن بعضها بعضاً. إضافة إلى ذلك فان الخلايا البكتيرية المحتوية على دهون بكميات مرتفعة أكثر مقاومة للقتل من غيرها. أما من حيث مقاومة الجراثيم البكتيرية فتتوقف أساساً على الجنس وأيضاً على ظروف التجرثم أو التبوغ، فتتراوح مدة المقاومة لحرارة 100 م0 من أقل من دقيقة واحدة إلى أكثر من 20 دقيقة.

- **مقاومة الأنزيمات للحرارة:** تتلف معظم أنزيمات الغذاء والأنزيمات البكتيرية عند درجة حرارة 79.4 م^0 ولكن يستثنى بعض منها ممن يتحمل درجات حرارة أعلى مثل أنزيم البيروكسيديز.
- **نفوذ الحرارة إلى الغذاء:** من أهم العوامل التي تسيطر على فعالية النفوذ الحراري:

1- تركيب وطبيعة العبوات: يعتبر الحديد موصل جيد للحرارة ،بينما الزجاج موصل رديء للحرارة. وكمثال عندما تم تعليب ثمار الزيتون في علب قصديرية وجد أن الثمار اكتسبت درجة حرارة المعقم خلال 10 دقائق، أما العبوات الزجاجية والتي تمتلك نفس الحجم استغرقت مدة 20-30 دقيقة.

2- حجم العبوة وشكلها: يزداد الوقت اللازم لتعقيم الأغذية بازدياد حجم العبوة المحفوظة فيها ، ولذلك علاقة بنسبة سطح العبوة إلى حجمها.

3- قوام المادة الغذائية: تنخفض سرعة انتقال الحرارة كلما ارتفعت نسبة المواد الصلبة الذائبة.كما أن مقدار ضغط تعبئة العلب له دور في سرعة انتقال الحرارة.وكمثال ،عندما عبئت علبة ب 513غ من السبانخ وصلت درجة

حرارة مركز العلبة إلى درجة حرارة المعقم خلال مدة 6 دقائق، وعندما عبئت ب 770غ وصلت بعد 46 د.

4- تأثير السكر والملح: أن لمحاليل السكر ذات التراكيز العالية أثر في تبطيء تيارات الحمل نظرا لارتفاع لزوجتها.وكمثال فقد وجد أنه إذا كان تركيز المحلول السكري في العلبة 50 بالينغ فإن مركز العبوة يحتاج 24 دقيقة للوصول إلى حرارة المعقم، أما إذا كان تركيز المحلول السكري في العلبة 20 بالينغ فإن مركز العبوة يحتاج 9 دقيقة للوصول إلى حرارة المعقم، وفي حال كون تركيز المحلول السكري في العلبة 10 بالينغ فإن مركز العبوة يحتاج7 دقيقة للوصول إلى حرارة المعقم.

5- تأثير دوران و درجة حرارة المعقم: يسرع تدوير المعقم من معدل النفوذ الحراري، مثال ذلك دوران المعقم 10 دورة / د، وصلت درجة حرارة مركز العبوة إلى درجة حرارة المعقم بعد 50 دقيقة، دوران المعقم 66 دورة / د، وصلت درجة حرارة مركز العبوة إلى درجة حرارة المعقم بعد 10 دقائق. كما وجد أنه كلما ارتفعت درجة حرارة المعقم كلما ازداد معدل النفوذ الحراري وهذا يرجع إلى زيادة الفرق بين درجتي حرارة المعقم والعلب.

6- تأثير درجة حرارة العلب الابتدائية: تؤثر درجة حرارة محتويات العبوات على المدة اللازمة للتعقيم ،حيث أن العلب تقفل مباشرة بعد إجراء عملية التسخين الابتدائي ثم يتم وضعها في المعقم،ولذلك فإن لهذه العملية دور كبير في اختصار الوقت اللازم للتعقيم.

7- درجة حموضة المادة الغذائية: تؤثر درجة ال pHعلى مدى مقاومة الأحياء الدقيقة للحرارة، وعلى هذا الأساس تنقسم المواد الغذائية إلى مجموعة الأغذية ذات الحموضة المرتفعة، وهي التي لها درجة pH أقل من 4.5 مثل البندورة وبعض أنواع الفاكهة، وهذه الأغذية يمكن تعقيمها على درجة حرارة 100°م ،إذ يستخدم فيها المعقمات ذات الضغط العادي لأن درجة الحموضة العالية لها دور في القضاء على الميكروبات، كما أنها وسط غير ملائم لنمو الأبواغ التي قد تقاوم تأثير درجة الحرارة المستعملة. ومجموعة الأغذية ذات الحموضة المخفضة، وهي التي لها درجة pH ≤ 4.5 مثل البازلاء، فاصوليا الليما، اللحوم، الأسماك، لحوم الدواجن.

انتقال الحرارة في العبوات:

تعرف الحرارة على أنها نوع من القدرة والتي يمكن تقديرها إما بالسعرات الحرارية Calories أو بالوحدات الحرارية البريطانية British Thermal Unites. ويمكن تقسيم الأغذية على حسب انتقال الحرارة إلى المجموعات التالية:

- المواد الغذائية التي تنتقل فيها الحرارة بالحمل Convection heating. إن الأغذية التي تحتوي محاليل ملحية أو سكرية تنشأ بداخلها تيارات سائلة يتم بواسطتها انتقال الحرارة بما يسمى الحمل الحراري، وفيه تتمدد السوائل المسخنة فتنخفض كثافتها مما يؤدي إلى ارتفاعها وانخفاض القسم من السائل الذي تكون حرارته أدنى من ذلك ، مما ينتج عنه نشوء هذه التيارات طول فترة المعاملة الحرارية وكمثال عليها عصائر الفاكهة والخضروات وقطع الفاكهة والخضروات المعبأة في محاليل سكرية أو ملحية، وفي حالة المحاليل السكرية تقل درجة توصيلها للحرارة كلما ازداد

تركيزها حيث تؤدي زيادة التركيز إلى زيادة اللزوجة مما يبطئ انتقال الحرارة بداخلها.وتضم أيضاً مجموعة تنتقل فيها الحرارة بالحمل ولكن بشكل أبطأ مثل السبانخ والخضروات الورقية.

- المواد الغذائية التي يتم فيها الانتقال الحراري بالحمل في بداية المعاملة الحرارية ثم بالتوصيل في المرحلة التالية مثل الأغذية النشوية إذ أن النشاء تحدث له عملية جلتنة Gelatinization وهذا يسبب تحول انتقال الحرارة من الحمل إلى التوصيل، وكمثال على هذه المجموعة الشوربة المضاف إليها نشاء Cream soup.
- المواد الغذائية التي تنتقل فيها الحرارة بالتوصيل Conduction heating حيث يتم انتقال الحرارة بالفعالية الجزيئية وذلك من خلال جزيئات الماء الموجودة داخل الغذاء ،حيث كل جزيء يسخن الذي يليه . وهو أبطأ من الانتقال الحراري بالحمل. وتشمل هذه المجموعة اللحوم، الأسماك، الخضروات (البطاطا، البازلاء، قرون الفاصولياء الخضراء). وتضم أيضاً مجموعة تنتقل فيها الحرارة بالتوصيل ولكن بشكل أبطأ ،مثل اللحوم والأسماك الدهنية.
- المواد الغذائية التي يتم فيها الانتقال الحراري في البداية بالتوصيل ثم بالحمل في المرحلة التالية، حيث تكون صلبة ثم تنصهر مثل الجيلي والبودنج.

تحديد النقطة الباردة:

من أجل حساب مدة التعقيم اللازمة يجب معرفة انتقال الحرارة داخل المادة الخاضعة بالكامل للتسخين بما فيها طور التبريد، وكذلك النقطة التي تكون فيها

درجة الحرارة أخفض ما يمكن أو ما يسمى النقطة الباردة ، وما يطلق عليه اســم (iso-F) أي جميع النقاط التي تكون فيها قيمة F متساوية.

إن النقطة الباردة هي النتيجة الطبيعية لعدم وصول جميع النقاط الموجودة ضمن العلبة إلى درجة الحرارة نفسها المعرضة لها . وتتصف هذه النقطة بأنه من الصعب جدا تعقيمها لنقص الحرارة فيها ،وتقع هذه النقطة في الأغذية التي تسخن بشكل رئيسي بطريقة الحمل الحراري على المحور العمودي قرب قاعدة العلبة ، بينما تقع قرب مركز العلبة وعلى محورها العمودي في الأغذية التي تسخن بطريقة التوصيل .

يتم تحديد الوقت اللازم للتعقيم لإحداث إبادة للبكتريا في النقطة الباردة باستخدام جهاز قياس للحرارة يسمى المزدوجة الحرارية Thermocouple وهو يقيس درجة الحرارة في النقطة الباردة ، حيث يثبت في العلبة ثم تغلق العلبة وتوضع في المعقم حيث تبدأ عملية التعقيم بفتح البخار ويتم تسجيل ارتفاع درجة الحرارة داخل العلبة .

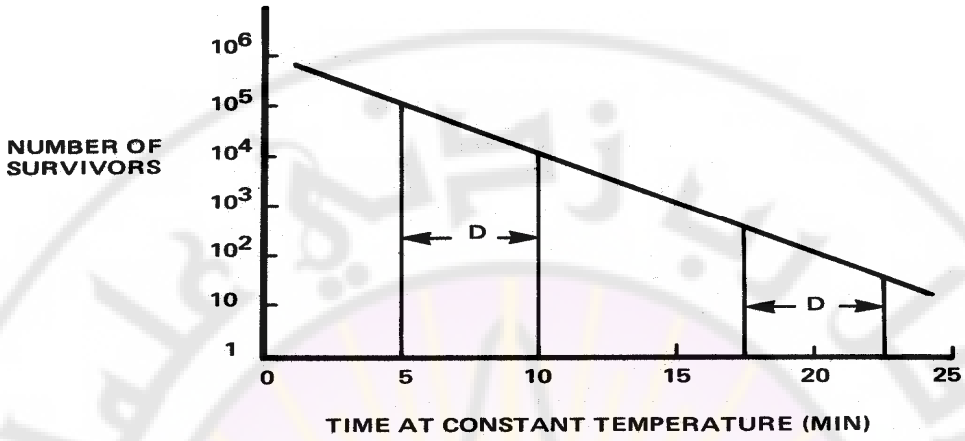
ويمكن القول بأن ارتفاع درجة حرارة العلبة للوصول إلى درجة حرارة التعقيم يؤدي إلى إبادة جزء من البكتريا وكذلك انخفاض درجة الحرارة أثناء تبريدها يؤدي إلى إبادة جزء آخر منها ،لذلك لكي يتم حساب وقت المعالجة الحرارية بدقة لابد من إيجاد منحنى نفوذ حرارة التسخين ومنحنى انخفاض حرارة التبريد حيث تكون الإبادة هي مجموع التأثير لتغير درجات الحرارة مع الوقت خلال مراحل عملية التعقيم.

المعالجة الحرارية:

- القضاء على النشاط الميكروبي: كل المعاملات الحرارية تتضمن ثلاثة أبعاد مختلفة: فترة التسخين، فترة الإمساك،فترة التبريد. إن كل من الأزمنة الثلاث يمكن أن يساهم في التفاعلات التي تحدث، بالرغم من أنه في الحالات التي تكون فيها فترتي التسخين والتبريد سريعة، تكون فيها فترة الإمساك هي الأكثر تأثيراً.

إلا انه يجب أن يتم تقييم كل مرحلة لوحدها وذلك لتقييم كل مرحلة من هذه المراحل بشكل مستقل، وذلك لتقييم التأثير الكلي .ما عدا ذلك فإن من الأسهل التعامل مع فترة الإمساك عندما تكون درجة الحرارة ثابتة، ثم من الضروري أن نميز كيف يتأثر معدل التفاعل بتغيرات الحرارة خلال التسخين والتبريد. لتبسيط التفاعلات، يتم أولا قياس إيقاف نشاط الميكروبات على درجة حرارة ثابتة هذا عادة يتبع بدراسة التغيرات في إيقاف نشاط الميكروبات مع تغير الحرارة.

- المقاومة الحرارية على درجة حرارة ثابتة: عندما تتم دراسات المعالجات الحرارية على درجة حرارة ثابتة ، فإنه يلاحظ بأن إيقاف نشاط الميكروبات (التثبيط) يتبع عادة التفاعل من الدرجة الأولى. إن معدل التثبيط للميكروبات له علاقة مباشرة نسبية مع التعداد الكلي للميكروبات، وهذا يمكن أن يتضح برسم بياني يربط بين لوغاريتم عدد الميكروبات مع الزمن وهو ما يسمى بمنحنى البقاء: Bacterial destruction rate curve، الشكل رقم (1)، حيث يظهر من خلاله وجود علاقة خطية بينهما.



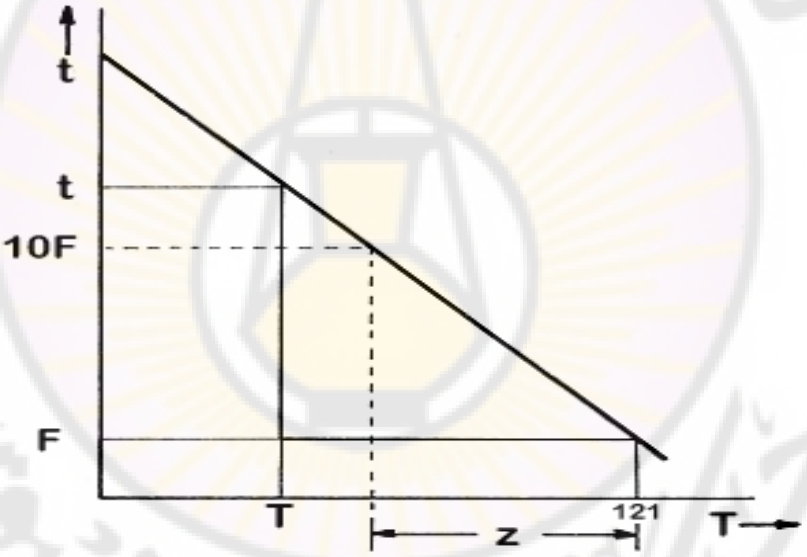
الشكل رقم (1) منحنى البقاء

إن مقاومة الميكروبات للحرارة توصف ب زمن التخفيض العشري لهذه الميكروبات (*D*T) Decimal reduction time ،والتي تعرف بأنها الزمن اللازم لتخفيض 90% من العدد الكلي للميكروبات بكل دورة لوغاريتمية، وكمثال من 104 إلى 103 وذلك عند درجة حرارة ثابتة *T*.كل نوع من الأحياء الدقيقة يمتلك مقاومته الحرارية الخاصة وكلما كانت قيمة *D* أعلى كلما كانت مقاومته الحرارية أكبر.المقاومة الحرارية أيضاً تتأثر بعدد من المؤثرات البيئية الأخرى مثل pH، النشاط المائي ، وجود المحاليل الأخرى مثل السكريات والأملاح.

- القضاء على النشاط الميكروبي أو وقف النشاط الميكروبي يمكن أن يقاس بعدد الانخفاض العشري الذي يمكن أن ينجز، وهذا يمكن أن يعبر عنه بالشكل log(*N*0/*N*)، حيث تمثل *N*0 العدد الابتدائي للأحياء الدقيقة بينما *N* التعداد النهائي، والذي يحسب من المعادلة التالية log (*N*0*l N*)= Heating time/ *D*T يوجد عاملان هامان يجب أن

يؤخذا بعين الاعتبار عند التحدث عن التفاعل من الدرجة الأولْى، وذلك أنه لا يمكن الوصول إلى القضاء على 100% من تعدد الأحياء الدقيقة، وبالنسبة لدرجة محددة يزداد التعداد النهائي حيث يكون العدد الابتدائي أكبر.وكمثال عند قيمة (D70) لنوع محدد من الأحياء الدقيقة فإن المعاملة الحرارية لمدة 10 ثواني على درجة حرارة 70ْم سوف تعمل على تخفيض 90% من العدد الكلي، والمعاملة لمدة 20 ثانية سوف تنجز(2D) أي تقضي على 99% من التعداد الكلي، بينما 30 ثانية تنجز (3D) أي تقضي على 99.9%، و 60 ثانية سوف تنجز (6D) أي تقضي على 99.9999% من التعداد. نظريا لا يمكن القضاء على 100% من التعداد الكلي، مـــن اجل التعقيم (كما أشرنا سابقاً) فإنه يستخدم مصطلح التعقيم التجاري فضلاً عن التعقيم المطلق للإشارة إلى وجود خلية أو أكثر من الأحياء الدقيقة لم تتأثر بالمعاملة الحرارية. إن زيادة شدة المعاملة الحرارية وذلك إما بإطالة زمن المعاملة الحرارية أو برفع درجة الحرارة سوف يقلل من فرصة وجود الخلايا الحية. وهكذا إذا كان التعداد الأولي (10^6/ مل) فإنه بعد 80 ثانية، فإن التعداد النهائي سوف يكون (10^{-2} /مل). من الصعب التخيل بوجود أجزاء من الخلايا الميكروبية الحية، إنما هناك طريقة أخرى للتعبير وهي خلية /100 مل وهكذا إذا تم تعليب العينة في عبوة ذات حجم 1مل فإنه من المحتمل أن نجد خلية ميكروبية حية في كل 100 عينة تم تحليلها و99 سوف تكون خالية، وإذا تمت نفس المعالجة الحرارية للمادة الأولية بتعداد أقل فان ذلك يعني وجود خلية واحدة كل 10000 مل، وهكذا إذا تم تحليل 10000 عينة (1مل) فان 9999 سوف

تكون خالية من احتمال وجود الأحياء الدقيقة،مع ملاحظة أن وجود خلية واحدة في العبوة ممكن أن يرفع خطر فساد كل العبوة. والشكل رقم (2) يبين شكل من أشكال منحنيات القتل الحراري، وهو ما يسمى بمنحنى زمن القتل الحراري Thermal death time curve. إن منحنى زمن القتل الحراري لنوع محدد من الأحياء الدقيقة في وسط محدد أو في غذاء تزود بمعلومات عن زمن القتل لمزرعة بكتيرية معينة على درجات حرارة مختلفة.



الشكل رقم (2) منحنى زمن القتل الحراري

الشكل (2) يوضح مصطلحين لتوصيف محنيات زمن القتل الحراري. وهما قيمة (Z) وقيمة (F). إن قيمة (Z) هي عبارة عن عدد درجات الحرارة اللازمة لمنحنى زمن قتل حراري محدد أن يمر عبر دورة لوغاريتمية واحدة، وأيضا تمثل الميل السالب لمنحنى زمن القتل الحراري. لكل نوع من الأحياء الدقيقة الموجودة

بنفس الغذاء. وقيمة (Z) مختلفة، والتي تصف شدة المقاومة لدرجات الحرارة المختلفة. بشكل مشابه فإن نوع معين من الأحياء سوف يمتلك قيم مختلفة ل (F) في الأغذية المختلفة. تعرف القيمة (F) بأنها عدد الدقائق اللازمة على درجة حرارة محددة للقضاء على نوع معين من الأحياء الدقيقة والتي تمتلك قيمة (Z) معينة، وبذلك فإن (F) تقيس فعالية المعالجة الحرارية المطبقة في التعقيم، ويبين جدول رقم (1) قيم كل من Dو Z لبعض الأحياء الدقيقة والأنزيمات. وحيث أن قيمة (F) تعبر عن عدد الدقائق لتخفيض عدد معلوم (محدد) من الأحياء الدقيقة ذات قيمة (Z) معينة، على درجة حرارة محددة، وبما أن كل من قيمتي (Z) ودرجة الحرارة تتغيران، فإنه من المناسب أن يكون هناك قيمة مرجعية ل (F). وتسمى (F0) وهي عدد الدقائق على درجة 121°م (250°ف) اللازمة للقضاء على عدد معين من الأحياء الدقيقة والتي تمتلك (Z) محددة وهي 10°م (18°ف)، وإذا تم القضاء على مثل هذا العدد المحدد في خلال 6 دقائق على درجة (121°م)، فتكون المعاملة الحرارية تعادل F0 =6 دقائق. وهناك درجات حرارة مختلفة ولأوقات مختلفة ممكن أن تمتلك نفس الفعالية الحرارية في القضاء على الأحياء الدقيقة.

وإذا كان الأمر كذلك فإنها توصف بأنها تمتلك قيمة للمعاملة الحرارية والتي تعادل 6. وإذا كانت تمتلك فعالية أقل في القضاء على الأحياء فإنها تمتلك قيمة (F0) أقل، العكس بالعكس.

إن قيمة (F0) للمعاملة الحرارية تقيس مقدار فعاليتها الحرارية ويطلق عليها أيضا فعالية التعقيم للمعاملة الحرارية Sterilization value. إن مصطلح (F0) هو شائع الاستخدام في صناعة الغذاء وأيضا في المعاملات الحرارية الأخرى. إن

اختلاف المعاملات الحرارية يعطي قيماً مختلفة ل (F0)، ومتطلبات (F0) لكل معاملة حرارية يقيس مقدار صعوبة أو سهولة تعقيم هذا الغذاء حرارياً.

إن حساسية الأحياء الدقيقة للحرارة تتأثر بالوسط الغذائي الذي تطبق فيه المعاملة الحرارية ،أيضاً من المعروف أن زيادة حموضة الوسط تعمل على زيادة فعالية المعاملة الحرارية في القضاء على الأحياء الدقيقة ، بالإضافة إلى أن هناك مجموعة من الأغذية تعمل على دور الحماية للأحياء الدقيقة لذلك لا يصلح منحنى القتل الحراري لنوع محدد من الأحياء في غذاء معين لجميع أنواع الأغذية.

جدول رقم (1) قيم كل من D وZ لبعض الأحياء الدقيقة والأنزيمات

Microbe	*D*121 (_C)	*z* (_C)
***Bacillus stearothermophilus* NCDO 1096, milk**	**181.0**	**9.43**
***B. stearothermophilus* FS 1518, conc. milk**	**117.0**	**9.35**
***B. stearothermophilus* FS 1518, milk**	**324.0**	**6.7**
***B. stearothermophilus* NCDO 1096, milk**	**372.0**	**9.3**
***B. subtilis* 786, milk**	**20.0**	**6.66**
***B. coagulans* 604, milk**	**60.0**	**5.98**
***B. cereus*, milk**	**3.8**	**35.9**
***Clostridium sporogenes* PA 3679, conc. Milk**	**43.0**	**11.3**
***C. botulinum* NCTC 7272**	**3.2**	**36.1**
***C. botulinum* (canning data)**	**13.0**	**10.0**
Proteases inactivation	**0.5–27.0 min at 150C**	**32.5–28.5**
Lipases inactivation	**0.5–1.7 min at 150C**	**42.0–25.0**

حساب وقت التعقيم:

المبادئ الأساسية لحساب الوقت اللازم للتعقيم:

1- عزل أنواع الجراثيم المسببة للفساد وتسخينها في وسط مشابه للغذاء.

2- تقدير معدل سرعة نفوذ الحرارة إلى النقطة الباردة في العبوة ومعدل سرعة تبريدها.

3- معالجة هذه المعلومات والبيانات رياضياً لحساب الوقت اللازم وهذا يحتاج إلى معرفة عالية بالرياضيات وحساب التفاضل والتكامل. كما يلزم لحساب المعالجة الحرارية التي يجب أن تتعرض إليها الأغذية المعلبة توافر المعلومات التالية:

1- منحنى وقت القتل الحراري الخاص بأكثر الأحياء مقاومة للحرارة والمحتمل وجودها في الغذاء، وهذه الجراثيم المحبة للحرارة موجودة في الأغذية منخفضة الحموضة.

2- منحنى انتقال الحرارة ومنحنى التبريد للأغذية في عبواتها.

والطريقة العامة لحساب وقت التعقيم يستخدم فيها المعادلات التالية: حيث يتم حساب الزمن بالدقائق اللازم لقتل عدد معين من الأحياء وذلك بالتسخين في درجة حرارة Tمع معرفة لقيمتين Z و F:

$$(\log t - \log F) / \log 10 = (250-T)/Z$$

$$\log t / F = (250-T)/Z$$

$$t/F = \text{antilog } (250-T)/Z$$

$$t = F \text{ antilog } (250-T)/Z$$

حيث:

t:زمن القتل بالدقائق(زمن التعقيم)

F: الوقت بالدقائق على 250ْ ف

T: درجة الحرارة بالفهرنهايت المنتخبة لتقدير وقت القتل عليها

الفصل الرابع

أسس حفظ الأغذية بالتعليب

Principles of food preservation by canning

لمحة تاريخية

في عام 1810 م نشر Nicolas Appert مقالة ضمنها طريقة تعليب ما ينوف على 50 نوعاً من الأطعمة المختلفة تحت عنوان فن حفظ كل أنواع المواد الحيوانية والنباتية. في هذه الفترة جاء العالم Louis Pasteur ووضع علم البكتريا في خدمة صناعة حفظ الأغذية بالتعليب وبالطرائق الأخرى.

في عام 1810 م سجل العالم Peter Durand طريقة لحفظ الأغذية في علب مصنوعة من الصفائح الحديدية المطلية بالقصدير وسماها Tin can .

في عام1813م أرسل كل من Donkin and Hall نماذج من الأغذية المعلبة إلى السلطات البريطانية بقصد تجربتها.

في عام 1818م اعتمدت البحرية البريطانية الأغذية المعلبة من اللحوم والخضار لتغذية جنودها.

في عام 1819 م تمكن الانكليزي William Underwood من إنشاء أول مصنع في أمريكا لتعليب الفواكه والمخللات في أوان زجاجية.

في عام 1900م ابتكر ما يسمى بالعلبة الصحية الذي عجل في نمو هذه الصناعة.

في عام 1921م ابتدئ بتعليب عصير الحمضيات.

في عام 1924م ابتدئ بتعليب عصير البندورة.

في عام 1930م ابتدئ بتعليب أغذية الأطفال.

خطوات عملية التعليب:

تتعرض المادة الخام من الخضار والفواكه واللحوم والأسماك التي يجري حفظها بالتعليب لعدد من العمليات بهدف الحصول على منتج يتمتع بجودة عالية ومقبول من قبل المستهلك:

1- **جمع المحصول Harvest:** تجمع الخضار والثمار التي ستعلب في مرحلة النضج المرغوبة للاستهلاك الطازج. ويوصى بتطبيق عمليات التصنيع مباشرة دون أي تأخير.

2- **الفرز والتدريج Grading:** تفرز أجزاء الخضار والثمار ويستبعد ما هو تالف أو مجروح، كما تدرج الثمار حسب درجة النضج والحجم واللون.

3- **الغسيل Washing:** تختلف طرائق الغسيل باختلاف طبيعة الغذاء المعلب، ولكنها تهدف جميعها للتخلص من الأوساخ والمواد الغريبة العالقة بالخضار أو الثمار. ويمكن تلخيص فوائد عملية الغسيل بما يأتي:

أ) التخلص من الأوساخ والتقليل من الطعم الترابي الموجود في بعض الخضار مثل الجزر.

ب) تخفيض الحمولة الميكروبية والتخلص من الحشرات ومواد الرش.

ت) تحسين مظهر الأجزاء الخضرية أو الثمار بالمساعدة على تعويض ما فقدته من ماء في أثناء عملية النقل.

ث) تعيد نضارة الخضار الورقية.

ج) تسهيل عملية التقشير.

وتجري عملية الغسيل من خلال خط يتضمن واحداً أو أكثر من المحطات الآتية:

- **النقع:** تنقع الخضار أو الثمار في أحواض مائية مزودة بسيور شبكية أو أسطوانات تسمح بنقل الثمار بعد انتهاء عملية النقع.
- **الغسيل بالرشاشات المائية:** تتم بتوجيه الرشاشات المائية على الثمار من الأعلى وباتجاهات مختلفة، حيث تكون الثمار في هذه الحالة محمولة على سيور متحركة.

4- التقشير Peeling: تجري هذه العملية بإحدى الطرائق الآتية:

أ) **الصودا الكاوية:** تستعمل بنسب تتراوح ما بين 1 و 15 % حسب درجة الحرارة ونوع الخضار أو الثمار التي يرغب بتقشيرها إضافة إلى المدة الزمنية للمعالجة. من مساوئ التقشير بالصودا الكاوية أثرها المخرش على الأدوات والآلات. حيث تعمل الصودا الكاوية على تحويل المادة البكتينية غير المنحلة في الماء إلى بكتينات الصوديوم المنحلة وبذلك يسهل نزع القشـــرة بعملية غسيل بســـيطة (الجزر والبطاطا والشمندر).

ب) **الماء الساخن أو البخار:** يعمل أيضا على تحويل المواد البكتينية غير المنحلة إلى بكتين منحل بالماء ولكن هذه العملية أبطأ من التقشير بالصودا الكاوية (البندورة والدراق والخوخ والتفاح).

ت) **اللهب:** تتم عملية التقشير بهذه الطريقة في أسطوانة دوارة يبلغ طولها 8 أمتار توضع فيها الخضار أو الثمار من أحد الطرفين وتستخرج من الطرف الآخر، وتستمر رحلة الثمار فيها مدة 30 – 60 ثانية تتعرض فيها للهب شـــديد تبلغ حرارتـــه حوالي 1000 م^0 (الفليفلة والبصل والجزر).

ث) **الزيت الساخن:** يسخن الزيت لحرارة 149 – 204 م^0 وتغمس فيه الثمار لعدة ثوان. يستعمل عادة زيت بذور القطن لوفرته ولرخص ثمنه (الفليفلة).

ج) **الحموض:** حيث تغطس الثمار داخل مغاطس تحتوي أحماضاً معدنية، تعد هذه الطريقة باهظة التكاليف واستعمالها محـــــدود جداً (الدراق).

ح) **الاحتكاك:** أسطوانات دوارة ذات سطوح داخلية خشنة تحتوي على نتوءات قصيرة ورؤوس حادة مزودة بتيار من الماء يزيل القشور حال انتزاعها (البطاطا و الشمندر والجزر واللفت).

خ) **الضغط:** تتم عملية التقشير هذه بإحداث تغيير مفاجئ في الضغط كتفريغ البخار المضغوط في اسطوانات تحتوي على الخضار أو الثمار، حيث يؤدي هذا التغيير المفاجئ في الضغط إلى انتزاع القشور (البطاطا والجزر). من فوائد هذه الطريقة التخلص من عيون درنات البطاطا التي يصعب نزعها بطريقة التقشير بالاحتكاك، كما أن كمية النسج النباتية المفقودة قليلة جداً إذا ما قورنت بطريقة الاحتكاك.

د) **السكاكين والشفرات:** وتتم عملية التقشير في هذه الحالة إما يدوياً أو آلياً.

5- السلق Blanching: وتتم إما بالماء الساخن أو بوساطة البخار، حيث تجري عملية السلق عن طريق غمس الخضار أو الفواكه في الماء الساخن (درجة حرارة الغليان) لمدة ثلاث دقائق.

وتلخص فوائد هذه العملية بما يأتي:

أ) إزالة الأوساخ وتقليل الحمولة الميكروبية.

ب) التخلص من الروائح غير المرغوبة كالرائحة الترابية المميزة للجزر غير المطبوخ.

ت) التخلص من الغازات ما بين الخلوية.

ث) التخلص من المواد المخاطية الموجودة في بعض أنواع الخضار.

ج) تساعد في المحافظة على اللون الأخضر عند بعض الخضار مثل أوراق السبانخ.

ح) إتلاف الإنزيمات وخصوصا الكاتاليز والبيروكسيديز.

خ) تسهيل عمليتي التقشير أو الهرس التي تجري بعد السلق.

ع) التخلص من بقايا المادة القلوية المستعملة في عملية التقشير.

غ) التخلص من بقايا آثار الرش والتعفير.

ف) تطرية النسج الثمرية والخضرية.

ق) تسهيل التعبئة في أوعية التعليب.

ن) تقليل الضغط الواقع على مناطق اللحام في العلبة نتيجة لطرد الغازات من النسج الخضرية والثمريـــة وخصوصا فـــي الحالات التي لا تجري فيها عملية الخلخلة.

ومن مساوئ عملية السلق ما يأتي:

1) فقدان بعض العناصر الغذائية (الفيتامينات والأملاح) وتغيرات صفات اللون والنكهة.

2) توافر الظروف الملائمة للبكتريا المحبة للحرارة وزيادة نشاطها. لذلك ينصح بالتبريد السريع بعد الانتهاء من عملية السلق.

3) تشجيع نمو الأحياء الدقيقة عند عدم كفاية السلق.

4) عند المغالاة في عملية السلق تنتج أجزاء نباتية أو قطع ثمرية رخوة جداً لا تتحمل عمليات التعليب اللاحقة.

5) تزيد من تكاليف العملية التصنيعية.

6- **التبريد Cooling:** تبرد معظم منتجات الخضار والفواكه مباشرة بعد سلقها إما بتغطيسها في ماء بارد لفترة قصيرة أو بتعريضها لرشاشات من رذاذ الماء البارد. وتفيد هذه العملية بما يأتي:

أ) سهولة التداول.

ب) إيقاف نشاط البكتريا المحبة للحرارة أو فعلها.

ت) تقليل الحمولة البكتيرية.

ث) منع زيادة فعل الحرارة في طهي المواد المسلوقة.

7- **التعبئة Filling:** تعبأ المواد المراد تعليبها مباشرة بعد الانتهاء من العمليات التحضيرية بنسب وأوزان محددة. وتتم عملية التعبئة إما يدوياً في المصانع الصغيرة أو نصف آلياً أو آلياً في المصانع الكبيرة. ومن فوائد التعبئة الآلية تماثل العبوات من حيث الوزن وقلة المواد المفقودة بالانسكاب. تعبأ الأوعية الزجاجية بطريقة تعبئة العلب المعدنية نفسها، ولا بد من الإشارة إلى ضرورة تسخين الأوعية لمنع كسرها إذا كانت ستعبأ بمواد ساخنة، وعند تعبئة الأوعية الساخنة فمن الضروري لحظ عدم وضعها على سطوح باردة. بعد الانتهاء من عملية التعبئة تضاف محاليل السكر أو الملح الساخنة إلى الحد المطلوب حتى تغطي المواد المعلبة ، ويعمل على إزالة الفقاعات الهوائية عند انحباسها بطرف سكين أو أي أداة أخرى. يشمل وسط التعليب محاليل الملح أو محاليل السكر أو المرق أو

الزيت. تستعمل محاليل الملح وسط تعليب لمعظم المواد التي لا تتصف بالتأثير الحمضي، أما محاليل السكر فتستعمل مع الثمار، والمرق مع اللحوم، والزيت مع الأسماك. ومن فوائد استعمال وسط التعليب ما يأتي:

1) المساعدة على انتشار النكهة وتجانس توزيعها في مختلف محتويات العلبة.
2) تقصير وقت التعقيم بسبب سرعة توصيل الحرارة.
3) تقليل فرصة التآكل في معدن العلبة نظراً لطرد الهواء.

عند استعمال محاليل الملح وسط التعليب يجب مراعاة استعمال ملح ذي درجة نقاوة عالية. كما يجب استعمال ماء خال من الأملاح وخصوصاً أملاح الكالسيوم والمغنسيوم. وينصح دائماً باستعمال صهاريج مصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ لتحضير محاليل الملح وحفظها لأن ذلك يفيد في منع التآكل المعدني. يغلى المحلول الملحي ويضاف مباشرة إلى العلب أو الأوعية الزجاجية المعبأة بالمواد التي يجري تعليبها. وعملية الإضافة هذه تتم يدوياً أو آلياً.

تضاف محاليل السكر إلى معظم ثمار الفاكهة المعلبة، حيث تحضر هذه المحاليل مسبقاً بغلي الماء والسكر لمدة 5 دقائق حتى ينحل السكر ويطرد الهواء من السائل، وتزال الرغوة المتشكلة على سطح المحلول السكري في أثناء عملية تحضيره.

بغض النظر عن طريقة التعبئة المتبعة، فمن الضروري مراعاة ترك مساحة أو فراغ رأسي (الفضاء الرأسي) بالدرجة المسموحة. ويقصد **بالفراغ الرأسي** المسافة التي تفصل بين غطاء العلبة أو الوعاء الزجاجي

والسطح العلوي للمحتويات. ويتوقف الفراغ الرأسي على نوع المادة المعلبة وطريقة التعبئة. فعند استعمال العلب يكفي ترك 0.5 سم فراغاً رأسياً لمختلف المواد المعبأة في سوائل، وينصح بترك مسافة اكبر من ذلك للمواد المعبأة في أوعية زجاجية.

للفراغ الرأسي أهمية خاصة عند التعبئة بعلب الصفيح القصديرية، إذ إنه قد ينتج عن الفراغ الرأسي القصير تشوه دائم للعلب وذلك بسبب تمدد المحتويات في أثناء التعقيم. بالإضافة إلى ذلك فإن عدم كفاية الفراغ الرأسي تؤدي الى إنخفاض في معدل انتقال الحرارة بسبب ازدياد كثافة المحتويات. والعكس بالعكس فإن كبر الفراغ الرأسي يؤدي إلى انحباس كمية من الهواء فيه مما يسبب أكسدة المحتويات وتغير لونها.

8- **الخلخلة Exhausting:** يجب استبعاد الهواء والغازات الأخرى من محتويات العلبة قبل إغلاقها. فليس من المرغوب فيه وجود الأوكسجين داخل العلبة المقفلة نظراً لأنه يحرض تفاعل محتويات العلبة مع السطح الداخلي لها وبالتالي يؤثر في القيمة الغذائية للمادة المعلبة وعلى جودتها.

وتزيل عملية السلق معظم الغازات الموجودة في العلبة. وتفيد عملية الخلخلة في تمدد المحتويات بالحرارة قبل الإغلاق، وبذلك يمكن تجنب زيادة التعبئة عن الحد المناسب وتجنب بقية العيوب الأخرى الناتجة عن تمدد المحتويات بالحرارة. كما تفيد عملية الخلخلة في رفع درجة الحرارة المبدئية لعملية التعقيم وبالحصول على جو مفرغ جزئياً.

يمكن إجراء عملية الخلخلة بتمرير العلب المفتوحة على سيور متحركة داخل نفق فيه بخار الماء، أو بوضعها في صندوق الخلخلة الذي يتكون من

حوض يحتوي على ماء في درجة حرارة الغليان حيث تغمس العلب في هذا الحوض مع مراعاة أن يكون أعلاها فوق سطح الماء بمقدار4–5 سم. وتختلف درجة حرارة الخلخلة ومدتها حسب المواد المعلبة.

في بعض المصانع الحديثة تجري عملية الخلخلة بطريقة ميكانيكية لا حرارية، وتدعى هذه الطريقة بالتعبئة تحت التفريغ، حيث تستعمل أجهزة خاصة لسحب الهواء والغازات من العلبة في أثناء إقفالها. لا تجري عملية الخلخلة عند تعليب الأغذية في الأوعية الزجاجية إذ يطرد الهواء والغازات في أثناء عملية التعقيم.

بعد الانتهاء من عمليات التعبئة والخلخلة والإقفال والتعقيم وفي أثناء عملية التبريد يحدث تكاثف لبخار الماء داخل المعلبات مما يؤدي إلى تقلص المادة الغذائية المعلبة وينتج عن ذلك حدوث فراغ جزئي. ويختلف مقدار الفراغ في العلبة المعقمة باختلاف معدل درجة حرارة العلبة عند الإقفال، ونوع الغذاء المعلب، ومدة الخلخلة، ومدى الارتفاع عن سطح البحر، ومقدار الفراغ الرأسي.

يؤدي إغلاق العلب في درجة حرارة مرتفعة إلى حدوث تفريغ كبير يتسبب بتشكل فراغ رأسي كبير قد يؤدي إلى انطباق العلب وتقعر جدرانها (تدعى هذه الحادثة الانطباق). وينتج عن الانطباق تشوه دائم في جدران العلبة باتجاه الداخل وانجذاب أطرافها بسبب الضغط الخارجي أو التفريغ الداخلي المتزايد. لذلك كان لابد من التقيد باتباع التعليمات الخاصة بترك فراغ رأسي مناسب وإجراء عملية الخلخلة عند درجات حرارة ملائمة ومحسوبة بشكل جيد.

درجة حرارة الإغلاق في مركز العلبة: هي درجة حرارة محتويات العلبة عند إغلاقها في أبطأ نقطة ترتفع فيها درجة الحرارة. ولا بد من وصول حرارة المحتويات إلى هذه الدرجة في أثناء عملية الخلخلة حتى يتحقق في العلبة التفريغ المطلوب. وتتوقف مدة التعقيم على هذه الحرارة في الحالات التي تعقم فيها العلب مباشرة بعد رفعها من جهاز الخلخلة.

تحدد درجة حرارة الإغلاق في أبطأ نقطة ترتفع فيها الحرارة في منتصف المسافة التي تفصل بين مركز العلبة وأسفلها وذلك في العلب التي تسخن محتوياتها بطريقة الحمل مثل (الفاصولياء والبازلاء الخضراء). أما في العلب التي تسخن محتوياتها بالتوصيل فتحدد درجة حرارة الإغلاق في مركـــز العلب تماماً ومثال ذلك (الأغذية صلبة القوام).

درجة الحرارة المبدئية Initial temperature: هي متوسط درجة حرارة محتويات العلبة عند ابتداء عملية التعقيم. تعد هذه الدرجة هي الهامة في تحديد مدة التعقيم. وغالبا ما تكون درجة الحرارة المبدئية مماثلة لدرجة حرارة الإغلاق في مركز العلبة في الحالات التي تعقم فيها العلب مباشرة بعد رفعها من جهاز الخلخلة. أما إذا تأخرت عملية تعقيم العلب بعد إخراجها من جهاز الخلخلة فإن حرارتها ستنخفض، لذا فمن الواجب تحديد درجة الحرارة المبدئية لأبرد علبة في مجموعة العلب التي يجري تعليبها. ولتحديد ذلك يحتفظ بأول علبتين تخرجان من جهاز الخلخلة بعد وضع الغطائين عليهما من دون الإغلاق وتغلق بقية العلب الأخرى. وتعد هاتان العلبتان أبرد من بقية العلب الأخرى. وتحدد درجة حرارة محتويات هاتين

العلبتين بعد مزجهما تماماً وقبل البدء بعملية التعقيم مباشرة. وبالاعتماد على درجة الحرارة المبدئية تحدد مدة التعقيم.

9- الإغلاق وغسيل العبوات ووضع الرموز Sealing, Marking and coding:

تغلق العلب بإحكام بعد إجراء عملية الخلخلة منعاً لحدوث الفساد في الأغذية المحفوظة. أنواع الآلات المستخدمة في إغلاق العلب منها الآلي ومنها نصف الآلي. بالنسبة الى الأوعية الزجاجية تغلق بصورة مبدئية قبل عملية التعقيم ويحكم إغلاقها مباشرة بعد انتهاء العملية.

بعد إغلاق العلب وقبل عملية التعقيم تجري عملية غسيل العبوات المقفلة لتحقيق الأهداف الآتية:

أ) إزالة أجزاء الطعام الملتصقة بالعلب التي تساعد على التآكل.

ب) منع تلوث المعقم بالمواد المتراكمة على سطوح العلب الخارجية.

ت) عدم تلويث الماء المستعمل للتبريد الذي يعقب عملية التعقيم.

يجب أن تتم عملية غسيل العلب بسرعة كبيرة كيلا ينخفض متوسط الحرارة في العلب مما يوجب عندئذ تعديل مدة عملية التعقيم اللاحقة.

تجري عملية وضع الرموز على العلب بعد غسيلها وقبل عملية تعقيمها وذلك للتعرف الى نوعية المواد المعلبة وإعطائها رموزاً تدل عليها حيث يمكن الرجوع إليها للتحقق من مواصفات المادة المعلبة وظروف تعليبها.

10- التعقيم Sterilization: تعد عملية التعقيم من أهم عمليات التعليب. وفيها تقتل جميع الأحياء الدقيقة المسببة للفساد وتصبح الأغذية مطهرة وصالحة للاستهلاك. ويجب أن تكون العملية كافية لقتل جميع الأحياء

الدقيقة وألا يغالى فيها حتى لا تطهى المواد المعلبة زيادة عن الحد المقبول.

ومن العوامل المهمة التي تؤثر في عملية التعقيم ما يأتي:

أ) نوع الأحياء الدقيقة المراد قتلها وعددها في وحدة الوزن أو الحجم.

ب) معدل انتقال الحرارة في أبطأ نقطة تسخين.

ت) درجة حرارة الغذاء المبدئية و درجة حرارة التعقيم.

ث) حجم العلبة ونوعها.

ج) الضغط الذي تتعرض له العلب في أثناء التعقيم.

ح) درجة حموضة الغذاء المعلب.

تتضمن عملية التعقيم تعريض الأغذية في عبواتها إلى الماء الساخن أو المغلي أو إلى بخار الماء المضغوط لمدة محددة من الزمن. وعموماً يتوقف نوع المعالجة الحرارية ومدتها على نوعية الغذاء المعلب.

انتقال الحرارة: لكي تكون عملية تعقيم المعلبات كافية يجب أن تصل درجة حرارة النقطة الباردة (أخفض نقطة تسخين) في محتويات العلبة أو الوعاء إلى درجة كافية للقضاء على البكتيريا. لذا فمن الواجب معرفة درجة حرارة التعقيم ومدتها، إذ إن كلاً من هذين الشرطين متمم الآخر.

وضع العلب في المعقم: يجب وضع العلب في المعقم بصورة تسمح بنشوء دورة حرة لوسط التسخين (الماء أو البخار). ويوصى دائماً بعدم وضع العلب فوق بعضها تماماً بل توضع بشكل متناوب تحتوي فراغات بسيطة بينها.

التعقيم في حمام مائي: يمكن استعمال الحمامات المائية في درجة الغليان لتعقيم الأغذية الحمضية نظراً لأن 100 م^0 كافية لقتل كل الأحياء الدقيقة

الموجودة في تلك الأغذية ومنع نمو الجراثيم المقاومة منها للحرارة. وتختلف مدة المعالجة الحرارية بالماء المغلي باختلاف الأغذية. تكون المعقمات في هذه الحالة مكشوفة ولا تغلق. وعند وضع العلب في المعقم يجب أن تكون درجة الحرارة فيه 100 م^0 ، كما يجب أن يعود الماء للغليان من جديد قبل ابتداء توقيت التعقيم. كما يجب أن يغطي الماء سطح العلب بمقدار لا يقل عن 5 سم.

التعقيم ببخار الماء للأغذية الحمضية: يمكن استخدام البخار تحت الضغط الجوي الاعتيادي لتعقيم الأغذية الحمضية، كما يمكن استعماله في جو مضغوط لتعقيم الأغذية غير الحمضية. ويفضل تعقيم الأغذية الحمضية ببخار الماء تحت الضغط الجوي العادي على التعقيم بالماء الغالي نظراً للسهولة، إضافة إلى أن الوقت اللازم لوصول جهاز التعقيم تحت الضغط الجوي العادي لدرجة حرارة التعقيم أقل بكثير من الوقت الذي يصرف للوصول إلى الدرجة نفسها عند استعمال الحمام المائي.

التعقيم ببخار الماء للأغذية غير الحمضية: تعرض الأغذية غير الحمضية إلى حرارة لا تقل عن 115.5 م^0 وذلك حتى يمكن القضاء على الأحياء الدقيقة التي تحتويها. توجد هناك علاقة مباشرة بين درجة حرارة البخار ومقدار ضغطه، وبالتالي يمكن التحكم بدرجة الحرارة عن طريق التحكم بضغط البخار.

يجب استخدام بخار ماء نقي كوسط للتعقيم، نظراً لأن معدل انتقال الحرارة في بخار الماء المشوب بالهواء يكون دون معدل انتقالها في البخار النقي،

فقد ينتج عن مزيج البخار والهواء ضغط مساو لضغط البخار النقي، غير أن درجة الحرارة تكون منخفضة في تلك الحالة عن الدرجة التي يشير إليها ضغط بخار الماء النقي. كما أن وجود الهواء مع البخار يؤدي إلى تشكل جيوب هوائية قد تتشكل حول العلب وتعزلها جزئياً عن المصدر الحراري فتعيق بذلك عملية التعقيم. لذلك لابد من تخلية المعقم من الهواء قبل البدء بعملية التعقيم وحساب مدتها.

مراحل عملية التعقيم ببخار الماء: تقسم مراحل عملية التعقيم ببخار الماء إلى ثلاثة أوقات:

أ) **وقت الصعود Coming-up time:** وهو الوقت اللازم لرفع درجة حرارة كل من المعقم والمواد التي يجري تعليبها إلى درجة حرارة التعقيم المطلوبة.

ب) **وقت الإمساك Holding time:** وهو الوقت الذي تبقى فيه درجة حرارة المعقم محافظة على درجة حرارة التعقيم.

ت) **وقت النزول أو التبريد Cooling time:** يبدأ توقيت عملية التعقيم عند وصول درجة حرارة المعقم إلى درجة الحرارة المطلوبة. ويقفل البخار عن المعقم مباشرة عند انتهاء العملية وتبدأ بذلك فترة التبريد.

11- **التبريد Cooling:** يجب تبريد الأوعية بأقصى سرعة ممكنة بعد انتهاء فترة التعقيم. وينتج عن التبريد البطيء العيوب الآتية:

أ) زيادة طهي المادة الغذائية.

ب) تسريع صدأ العلب.

ت) تشجيع نمو الأحياء الدقيقة المحبة للحرارة التي لم تقتلها عملية التعقيم.

وتوجد عدة طرائق للتبريد تعتمد إما على الماء البارد أو على الهواء. ومن النقاط الهامة الواجب مراعاتها عند تبريد العلب استعمال ماء نقي غير ملوث. فالماء قد يجد طريقه إلى داخل العلب عن طريق ثقوب صغيرة مجهرية الحجم توجد في مناطق اللحام مما يساعد في فساد الأغذية المعلبة. إضافة إلى ذلك فإن الماء غير النقي يساعد في تآكل العلب من السطح الخارجي.

تبريد علب الصفيح القصديرية: تبرد بالهواء أو الماء. تعرض العلب التي يجري تبريدها بالهواء إلى تيار هواء بارد حتى تبرد إلى الدرجة المطلوبة، عندئذ تلصق عليها البيانات اللازمة وتخزن. تمتاز هذه الطريقة عن غيرها بسهولة إجرائها وانخفاض تكاليفها، إلا أنها بطيئة مما يسبب في زيادة طهي المادة الغذائية.

وغالبا ما تبرد العلب في الماء إما في صهاريج خاصة أو بوساطة رشاشات. وجميع العلب التي تعقم بالماء الساخن يمكن تبريدها باستخدام الماء البارد. وتبرد العلب في الجو المضغوط بإحدى الطريقتين الآتيتين:

أ) **التبريد بالماء والبخار:** وفيها يسمح بدخول بخار الماء إلى جو المعقم لرفع الضغط قليلاً وفي الوقت نفسه يسمح أيضاً بدخول كميات من الماء بحيث لا يسبب ذلك في انخفاض الضغط، وبعد امتلاء المعقم بالماء يخفض الضغط تدريجياً .

ب) **التبريد بالماء والهواء:** يسمح بدخول الهواء المضغوط إلى المعقم بحيث يزيد الضغط فيه على ضغط التعقيم بمقدار ثلاث ليبرات على

البوصة المربعة. عندئذ يسمح برشاش دقيق من الماء البارد لتبريد العلب شريطة ألا ينخفض الضغط وبذلك يحل الهواء محل البخار.

يتوقف وقت التبريد على حجم العلب ونوع المادة المعلبة ودرجة حرارة التعقيم. وتتراوح عادة 10 إلى 30 دقيقة. حيث ينخفض الضغط داخل المعقم وتترك فيه العلب حتى تصل درجة حرارتها إلى 40 م^0 .

تبريد الأوعية الزجاجية: تبرد بالهواء أو بوساطة رشاشات مائية خارجية أو داخلية مثبتة في غطاء المعقم في جو معرض لضغط هواء مرتفع.

12- **التخزين Storage:** لابد من وجود أماكن مخصصة ملائمة لتخزين الأغذية المعلبة قبل تسويقها. إن لدرجة حرارة التخزين أهمية خاصة من حيث تأثيرها في طعم المادة الغذائية ونكهتها ولونها وقوامها. كما أن ارتفاع درجة حرارة التخزين يساعد على زيادة التفاعلات الكيميائية التي ينتج عنها نقص في محتوى الفيتامينات.

إضافة إلى ذلك تشجع درجة حرارة التخزين المرتفعة نمو الأحياء الدقيقة التي لم تقتلها حرارة التعقيم. لذا ينصح بتخزين الأغذية المعلبة في مخازن تتراوح درجة الحرارة فيها 10 إلى 21 م^0. ويجب أن تكون الرطوبة النسبية في حدها الأدنى لتجنب صدأ العلب وأغطيتها ومنع نمو العفن.

أما الأغذية المحفوظـــة في الأوعيـــة الزجاجية فيجب تخزينها في أماكن لا تصل إليها أشعة الشمس إذ إن ذلك يفقدها قسماً كبيراً من لونها المرغوب.

اختبار العلب المحفوظة:

تجري بعض الفحوص والاختبارات على العلب للتأكد من سلامتها والتحقق من عدم فسادها. وتضم الاختبارات الفيزيائيـــة والكيميائيـــة والميكروبيولوجية.

تحدد الاختبارات الفيزيائية والكيميائية سلامة أوعية التعليب ومظهر المحتويات ووجود الأملاح المعدنية داخل المحتويات. أما الاختبارات الميكروبيولوجية فتجري بغية تحديد مدى كفاية عملية التعقيم ومعرفة أنواع البكتريا الحية المتبقية بعد المعالجة الحرارية وكذلك تحديد أعدادها، وبالتالي معرفة سبب فساد الأغذية المعلبة.

الانتفاخات الفيزيائية: قد ينتج عن تعبئة العلبة بكميات كبيرة من المواد الغذائية وهي في درجة حرارة منخفضة انتفاخها الدائم نتيجة للتسخين الذي يتسبب بتمدد المحتويات وبالتالي الضغط على طرفي العلبة الواحدة وتشوههما. وقد تنتفخ العلب عند نقلها إلى المرتفعات الجبلية خصوصا إذا كانت قد عبئت في ظروف لم توفر حدوث التفريغ الكافي داخلها.

الانتفاخات الكيميائية: قد تنشأ الانتفاخات الكيميائية بسبب تأثير الغذاء المحفوظ على معدن العلبة وإنتاج غاز الهيدروجين، أو بسبب تحلل محتويات العلبة وإنتاج غاز ثاني أوكسيد الكربون من دون وجود البكتريا أو الأحياء الدقيقة الأخرى.

وكثيراً ما يحدث النخر في العلب بسبب عدم انتظام توزيع الطلاء القصديري في داخل العلبة ووجود خدوش وجروح تكون في تماس مباشر مع غذاء ذي تأثير حمضي (الفواكه). كما يؤدي تماس الحديد والقصدير مع الحموض العضوية الموجودة داخل العلبة في الغذاء المحفوظ إلى نشوء ما يسمى بالازدواج الكهربائي Electro couple الذي ينتج عنه النخر بسبب استقطاب المعدن.

الفساد الميكروبيولوجي للأغذية المعلبة:

للفساد الميكروبيولوجي في الأغذية المعلبة عدة أشكال:

1- **الاحمضاض المستوي Flat sour:** لا يرافق هذا النوع من الفساد أي انتفاخ في أي من نهايتي العلبة، لذلك يقال عنه بالمستوي، أما كلمة الاحمضاض فهي تصف الحموضة المرتفعة التي ترافق نشوء هذا الفساد، غير أنها حموضة من دون غاز. وينشأ الاحمضاض المستوي نتيجة لفعل البكتريا المحبة للحرارة المرتفعة التي قد تكون تخلفت في الغذاء بعد التعقيم غير الكافي أو التي قد تكون وصلت إلى الغذاء داخل العلبة بسبب وجود فتحة ما في العلبة. والبكتريا المسببة للاحمضاض المستوي لاهوائية اختيارياً تنمو في الأغذية ذات الحموضة المنخفضة. وتبقى العلبة مسطحة غير منتفخة، وتكون محتوياتها ذات مذاق حمضي بسبب تشكل حمض اللبن فيها.

2- **الفساد الغازي:** يتسبب في نشوء هذا النوع من الفساد بكتريا لاهوائية إجبارياً *Clostridium thermosaccharolyticum* محبة للحرارة المرتفعة. يلازم هذا النوع من الفساد تكون غاز ثاني أوكسيد الكربون وغاز الهيدروجين. مما يؤدي إلى انتفاخ العلب وربما انفجارها وتبعثر محتوياتها. وتمر العلبة في أثناء نشوء الفساد الغازي بالأدوار الآتية:

أ) **انتفاخ أولي Flipper:** وذلك عندما يمكن ضغط طرفي العلبة، غير أن طرفاً واحداً يحدودب إذا ضغط بلطف على الطرف الأخر.

ب) **انتفاخ لولبي Springer:** وفيه يحدودب طرف واحد من العلبة ويبقى الطرف الآخر مستوياً. والضغط على الطرف المحدودب يجعله مستوياً غير أنه وفي الوقت نفسه يؤثر على الطرف الثاني ويجعله منتفخاً من جديد.

ت) **انتفاخ لين Soft swell:** يكون ذلك عندما يزداد ضغط الغازات في داخل العلبة مع بقاء مرونة في طرفي العلبة تمكن من ضغطها قليلاً إلى الداخل.

ث) **انتفاخ صلب Hard swell:** وعنده يكون ضغط الغازات المتشكلة داخل العلبة قد ازداد لدرجة قد تنتهي بالانفجار وتناثر المحتويات.

3- **الفساد الكبريتي المنتن Sulfide stinker:** يحدث هذا النوع من الفساد نتيجة تخلف خلايا حية من بكتريا *Clostridium nigrificans*. هذه البكتريا متجرثمة لاهوائية ومحبة للحرارة المرتفعة وينتج عن نشاطها تكون غاز H_2S . يتصف هذا الغاز بكونه قابلاً للانحلال في الماء بدرجة كبيرة، لهذا السبب فإن تشكله لا يؤدي إلى انتفاخ العلب أو نشوء أي أعراض خارجية تنبئ بفساد العلب، إلا بعد فتحها وانطلاق رائحة H_2S الكريهة.

4- **تكون الحمض والغاز:** تنتج البكتريا المحبة للحرارة المعتدلة هذا النوع من الفساد، وتكون العلب منتفخة الأطراف في العادة، أما محتوياتها فمتحللة.

القيمة الغذائية للأطعمة المعلبة:

إن الغذاء المعلب لا يفقد البروتينات أو الدهون أو الكربوهيدرات بدرجة ملحوظة. أما من حيث الفيتامينات فإن ما يضيع منها عند تحضير الطعام وطبخه بالطرائق المعتادة يفوق بكثير ما هو عليه عند التعليب.

عند تخزين الأغذية المعلبة تفقد بعض فيتاميناتها. ويتوقف هذا الفقد على مدى حساسية الفيتامين. يفقد فيتامين C حوالي 15 – 30 % في السنة الأولى عندما تكون درجة حرارة التخزين 26.2 م^0. ويتراوح مقدار الفقد 5 الى 15 % إذا كانت درجة الحرارة في المخزن 18.3 م^0. أما الكاروتين والرايبوفلافين والنياسين فإنها تفقد بكميات قليلة في أثناء التخزين. يتحمل فيتامين A الحرارة نسبياً، اللهم إلا إذا كان التسخين بوجود الأوكسجين فإن كمية الفقد تكون كبيرة. وفي حالة التسخين بدرجة حرارة 121 م^0 في معزل عن الهواء فتكون كمية الفقد غير ملحوظة كثيراً، غير أن التخزين لمدة طويلة في درجات حرارة مرتفعة يؤدي إلى فقد كميات كبيرة من هذا الفيتامين. يتحمل فيتامين D الحرارة المعتدلة ويقاوم الأكسدة. غير أن وجود الحرارة والأوكسجين معاً يعملان على إتلاف هذا الفيتامين بسرعة. يتحمل فيتامين E الحرارة في غياب الأوكسجين، والتسخين لمدة طويلة بوجود الأوكسجين يؤدي إلى ضياع هذا الفيتامين وفقدانه تماماً.

الفصل الخامس

أسس حفظ الأغذية بالتجفيف

Principles of food preservation by drying

مقدمة:

تعد طريقة التجفيف من أقدم الطرائق المتبعة في حفظ الأغذية، فقد لاحظ الإنسان القديم أن الثمار تبقى صالحة للأكل بعد جفافها سواء أكانت عملية التجفيف هذه تتم والثمار على أغصانها أم بعد تساقطها على الأرض. اقتبس الإنسان هذه الطريقة عن الطبيعة مستفيداً في ذلك من طاقة الشمس المتوافرة، وعمل على تحسينها والسيطرة على ظروفها المختلفة.

تعريف التجفيف Drying or dehydration: يقصد بالتجفيف في التصنيع الغذائي خفض درجة رطوبة المواد الغذائية وبالتالي رفع نسبة ما تحتويه من مواد صلبة إلى الحد الذي يجعل المادة الغذائية المراد حفظها غير صالحة لنمو معظم الأحياء الدقيقة المسؤولة عن فسادها. وتستخدم الحرارة لإزالة الرطوبة من المواد الغذائية مع ملاحظة تجفيفها. وعادة تصل نسبة الرطوبة في الخضروات المجففة من 5–10 %، بينما تصل في حالة الفواكه من 20–25 %. ويرجع السماح بارتفاع نسبة الرطوبة في الفواكه لاحتوائها على نسبة عالية نسبياً من المواد الصلبة الذائبة السكريات التي تلعب دوراً حافظاً. ويعتبر النشاط المائي Water activity من العوامل المهمة التي تحدد صلاحية المادة المجففة للتخزين وهو نسبة ضغط البخار في محلول ما إلى ضغط بخار الماء النقي على نفس درجة الحرارة. ويعد العامل المحدد لنمو الأحياء الدقيقة ونشاطها في وسط ما هو النشاط

المائي وليس كمية الماء الموجودة فيه ويتراوح النشاط المائي في المواد المجففة من 0.6 الى 0.9 .

يتم التجفيف بطريقتين: الأولى تسمى الطريقة الطبيعية باستخدام أشعة الشمس وحركة الهواء الطبيعية، والثانية باستخدام أجهزة خاصة يتم من خلالها التحكم بشروط التجفيف.

وظائف الهواء في تجفيف الأغذية: للهواء وظيفتان أساسيتان في تجفيف الأغذية وهما:

1- يعمل على نقل الحرارة من فرن التسخين إلى المادة التي يجري تجفيفها.
2- يعمل على حمل الماء المتبخر ونقله بعيداً عن الوسط المحيط بالمادة المجففة.

العوامل التي تسيطر على عملية التجفيف:

1- درجة الحرارة المستخدمة ،إذ تختلف باختلاف الغذاء وطريقة تجفيفه.
2- رطوبة الهواء النسبية والتي تتوقف على نوع الغذاء ورطوبته وعلى طريقة تجفيفه.
3- سرعة جريان الهواء.
4- الزمن اللازم للتجفيف.

يؤدي عدم السيطرة على هذه العوامل إلى نشوء ظاهرة **قساوة الغلاف** والسبب في ذلك هو التعرض لدرجات حرارة مرتفعة في وسط ذي رطوبة نسبية منخفضة مما يؤدي إلى تبخر الرطوبة من السطح بسرعة تفوق التبخر من الأجزاء الداخلية للغذاء وباتجاه الغلاف، وبذلك تصبح الأغلفة غير نفوذة للرطوبة وتحول

دون تبخر الماء من الأجزاء الداخلية للثمار مما يتسبب في قساوة الغلاف وتباطؤ استمرار عملية التجفيف أو توقفها.

فوائد التجفيف Benefits of drying: للتجفيف فوائد عديدة نذكر منها ما يأتي:

1- يضع التجفيف بين يدي الإنسان وسيلة من أنجع وسائل حفظ الأغذية.

2- تتميز المواد الغذائية المجففة بقدرتها الفائقة على احتمال التخزين لأوقات طويلة.

3- المحافظة على مكونات المادة الغذائية المجففة.

4- يساعد التجفيف على خفض نفقات النقل والتداول والتخزين والاستغناء عن نفقات التبريد.

5- يعمل التجفيف على تقليل وزن وحجم المادة الغذائية المجففة لنزع معظم مائها.

6- يساعد على توفير المادة الغذائية على مدار السنة.

7- يمكن تشكيل المواد الغذائية المجففة بأشكال مختلفة الشكل والحجم بما يتلاءم مع متطلبات السوق والمستهلك.

تحضير الأغذية قبل تجفيفها:

تشتمل عمليات التحضير على المراحل الآتية (أو على بعضها) ويتوقف ذلك على نوع الخضار أو الثمار التي يرغب في تجفيفها:

1- الفرز والتدريج حسب الحجم والنضج وسلامة الثمار أو الأجزاء الخضرية.

2- الغسيل بخاصة للثمار والخضار.

3- تقشير الثمار أو الخضار باليد أو الآلة أو بمحلول الصودا الكاوية، ثم المعادلة بالحموض إذا أجريت عملية التقشير بالصودا.

4- التقطيع إلى أنصاف أو أرباع أو شرائح أو مكعبات.

5- الغمس في محلول الصودا الكاوية (0.1 – 1.5 %) وذلك لثمار العنب.

6- سلق الخضار وبعض الثمار (المشمش والدراق).

7- الكبرتـــة أي التعريـــض لدخان SO_2 أو الغمس في محلول يحتوي SO_2 (بتركيز 1000 – 3000 جزء بالمليون) حسب نوع الثمار.

مقارنة التجفيف الطبيعي بالتجفيف الاصطناعي

: Natural and industrial drying

1- يمكن التحكم في ظروف عمليات التجفيف الاصطناعي من حرارة ورطوبة هواء، أما التجفيف الطبيعي فيتوقف على العوامل الطبيعية. لذا تتميز منتجات التجفيف الاصطناعي بتجانسها من حيث صفات الجودة، إضافة إلى كونها أجود وأفضل من نظيرتها المجففة طبيعياً .

2- تحتاج الثمار إلى رقعة واسعة من الأرض لتجفيفها تحت أشعة الشمس، أما التجفيف الاصطناعي فيتم في مساحة محدودة من الأرض كافية لاستيعاب غرفة التجفيف مع ملحقاتها.

3- يمكن التحكم بالتجفيف الاصطناعي من حيث الشروط الصحية وتجنب الغبار والحشرات والطيور والقوارض، وغالباً ما تجابه عملية التجفيف الشمسي بهذه الصعوبات.

4- تكون تكاليف إنشاء غرفة التجفيف الاصطناعي باهظة الثمن غير أن جودة المنتج قد تعوض عن ذلك، أما التجفيف الشمسي فتكاليفه محدودة.

5- تحتاج الأغذية المراد تجفيفها اصطناعياً إلى وقت قصير نسبياً يكون في حدود ساعات معدودة، أما بالتجفيف الشمسي فتتوقف المدة (عدة أيام) على حالة الطقس والرطوبة النسبية.

6- أما من حيث المردود فيقل في طريقة التجفيف الطبيعي عنه في الاصطناعي نظراً للفقد الناشئ عن استمرار عملية التنفس في الثمار خلال مدة التجفيف وعن عملية الاختمار التي قد تطرأ على بعض الثمار، هذا بالإضافة إلى الأضرار التي تحدثها الحشرات والطيور.

7- تعطي الثمار المجففة اصطناعياً عند طهيها منتجات أفضل من الثمار المجففة طبيعياً والمطهية بالطريقة ذاتها، إلا في حالات معينة حيث تكون الرغبة في الحصول على منتجات تقليدية ذات خصائص لون ونكهة مميزة لا تتوافر إلا عند التجفيف بأشعة الشمس (القمردين).

تأثير التجفيف في نمو الأحياء الدقيقة Effect of drying on microorganisms growth:

يتوقف فساد المواد الغذائية المجففة بالأحياء الدقيقة على مقدار الرطوبة الموجودة فيها، لأن وجود نسبة معينة من الماء أمر لا غنى عنه حتى تتمكن من النمو واستمرار فعاليتها، فإذا لم تتمكن من الحصول على هذا الماء اللازم وقف نموها أو ماتت. ويعبر عن هذا المفهوم بفعالية الماء Water activity.

فعالية الماء: يسبب انخفاض فعالية الماء عند أي درجة حرارة معينة إبطاء نمو وإنبات أبواغ الفطور ويتجلى هذا الانخفاض بصورتين:

1) إطالة فترة السكون

2) انخفاض معدل طول أنابيب إنبات الأبواغ.

فعندما تنخفض فعالية الماء عن النسبة المثلى للنمو تزداد فترة طور السكون وينخفض معدل النمو. ويقف نمو البكتريا عندما تصل فعالية الماء إلى 0.90 والفطور عند 0.8.

تركيز المواد المنحلة: يعد ارتفاع تركيز المواد الصلبة المنحلة من أهم العوامل المساعدة على مقاومة الأغذية المجففة للفساد بالأحياء الدقيقة. فكلما ازداد التركيز ازدادت المقاومة للأحياء الدقيقة.

درجة حرارة التجفيف: إن تعريض المواد الغذائية المراد تجفيفها إلى درجات حرارة التجفيف يقضي على أعداد كبيرة من الأحياء الدقيقة وذلك حسب درجة الحرارة المستعملة.

تأثير التجفيف على فعالية الإنزيمات Influence of drying on enzyme activity:

تؤدي معظم درجات الحرارة الرطبة والقريبة من درجة حرارة الغليان إلى إتلاف الإنزيمات الآني (دقيقة واحدة عند 100 م^0)، أما إذا تعرضت الأنزيمات للحرارة الجافة كالمستعملة في عملية التجفيف فيكون تأثيرها قليلاً. لذلك إذا أريد إتلاف الإنزيمات وجب تعريضها للحرارة الرطبة أو الاستعانة بالمثبطات الكيميائية، ولو أن نشاط الإنزيمات ينخفض بانخفاض نسبة الرطوبة إلا أنه مرتبط بتركيز الأنزيم والركيزة. وعموماً تصبح فعالية الأنزيمات معدومة عندما تبلغ نسبة الرطوبة 1% أو أقل.

الأسس الفيزيائية التي تحكم التجفيف Physical principles of governing drying:

تنفذ عملية التجفيف الصناعي باستعمال أنواع مختلفة من المجففات، ولما كان هذا التجفيف هو محصلة تأثير عمليات توصيل الحرارة ونقل الكتلة فقد تنوعت المجففات حسب الأسلوب المستعمل في إنجاز عمليات التوصيل والنقل. ومن هنا لا بد من فهم العلاقة بين الحرارة وفصل الرطوبة.

الحرارة ونقل الكتلة Heat and mass transfer، يقوم التجفيف على مبدأين فيزيائيين يشكلان الأساس العملي وهما:

1- نقل الحرارة إلى المادة الغذائية.

2- نقل أو فصل الماء من المنتج (وهذا ما يعبر عنه بنقل الكتلة).

ولكي يتم التجفيف بسرعة كبيرة يجب العمل على توصيل الحرارة ونزع الرطوبة بسرعة كبيرة من المادة المجففة. وتتلخص أهم العوامل المؤثرة عليهما بما يلي:

1- مساحة السطح Surface area: تقطع الأغذية وجميع المواد المراد تجفيفها إلى قطع صغيرة قليلة السماكة بحيث يؤدي هذا التقطيع إلى:

أ) زيادة السطح المعرض للحرارة بالنسبة إلى الحجم، وبزيادة هذه النسبة يزداد انتقال الرطوبة من المادة المجففة وبالتالي تزداد سطوح المادة الملامسة للحرارة مما يسرع انتقال الحرارة إلى المادة الغذائية.

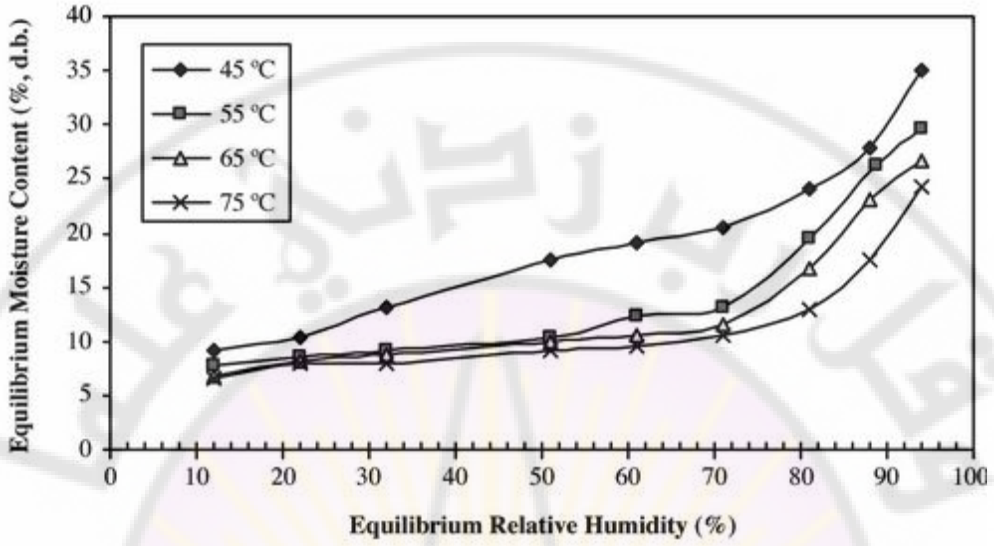
ب) تقليل المسافة التي تقطعها الرطوبة من مركز القطع إلى سطوحها، إضافة الى تقليل المسافة التي تقطعها الحرارة للوصول إلى مركز القطع.

2- **درجة الحرارة Temperature drgree:** يزداد معدل انتقال الحرارة إلى المواد المجففة كلما كان الفرق في درجة الحرارة بين المادة الغذائية ووسط التسخين كبيراً، لأن هذا الفرق يشكل القوة الدافعة للرطوبة من المادة الغذائية. وتؤدي الحرارة الدور المهم الثاني عندما يكون وسط التسخين هو الهواء.

3- **سرعة الهواء Air velocity:** إن سرعة الهواء أو حركته بالإضافة إلى درجة حرارته تلعب دوراً مهماً في خفض نسبة رطوبة المادة الغذائية ، حيث إن سرعة الهواء تلعب دوراً مهماً في دفع الرطوبة عن سطح المادة الغذائية وذلك للحد من الوصول إلى درجة الرطوبة المشبعة Saturated atmosphere.

4- **الرطوبة Humidity:**عندما يكون الوسط المستخدم في التجفيف هو الهواء، فإنه كلما كان أكثر جفافاً كلما كان معدل التجفيف أكبر. الهواء الرطب يكون أقرب للتشبع ويكون أقل قدرة على حمل المزيد من الرطوبة مقارنة بالهواء الجاف. تحدد أيضاً درجة جفاف الهواء إلى أي درجة رطوبة يمكن أن نجفف المنتج. إن الأغذية المجففة هيغروسكوبية (ذات قدرة على الاحتفاظ بالرطوبة). ومن المعروف أن لكل نوع من الغذاء درجة الرطوبة المتوازنة الخاصة به Equilibrium relative humidity وهي درجة الرطوبة الموجودة عند درجة حرارة معينة بحيث لا يفقد الغذاء ولا يكسب أي رطوبة. وتنخفض رطوبة المادة الغذائية إذا انخفضت رطوبة الجو وتزداد إذا زادت. ويمكن تقديرها بوضع عينات من المادة الغذائية في

أوعية زجاجية على درجة حرارة الجو ووزنها بدقة في بدء التجربة ثم تركها عدة ساعات ثم إعادة وزنها فالعينة التي لم تكسب ولم تفقد أية رطوبة تعتبر في حالة رطوبة نسبية متوازنة مع نسبة رطوبة الجو. تفيد مثل هذه المعلومات في الحصول على منحنى الامتصاص الحراري للماء Water sorption isotherms curve (شكل رقم 1)، مثلا إذا كان لدينا عينة بطاطا يتم تجفيفها على درجة 100 م^0 ودرجة رطوبة نسبية (RH) 40 %، فإن مثل هذه العينة تتوازن مع هذا الجو عندما تكون درجة رطوبتها 4 %، وإذا أردنا تخفيض هذه النسبة إلى 2 % على نفس الشروط السابقة فإنه يجب تخفيض رطوبة الجو إلى 15 %، ولقد تم وضع مثل هذه المنحنيات للعديد من المنتجات الغذائية. كما يمكن الاستفادة من هذه المنحنيات في وضع أفضل شروط التجفيف من ناحية الرطوبة ودرجة الحرارة، وتفيد أيضاً في تنظيم شروط تخزين المواد الغذائية المجففة في مخزن رطوبته أعلى من رطوبة المادة الغذائية وكانت العبوات غير مانعة لنفوذ الرطوبة فإن المادة تمتص الرطوبة تدريجيا مما يؤدي إلى تكتلها وفسادها.



الشكل رقم (1) منحنى الامتصاص الحراري

5- الضغط الجوي والتفريغ Atmospheric pressure and vacuum:

يغلي الماء على درجة حرارة 100 م^0 في الضغط الجوي العادي 760 مم زئبقي عند سطح البحر. وكلما تناقص الضغط أمكن غلي الماء على درجات حرارة أخفض، وعليه إذا وضعت مادة غذائية في غرفة تحت تفريغ أمكن نزع الماء منها على درجة حرارة أدنى مما لو لم يستعمل التفريغ، وبالتالي تكون سرعة نزع الماء من المادة الغذائية عند التجفيف تحت التفريغ أكبر مما هو عليه تحت الضغط العادي، وبالتالي كلما قل الضغط احتاجت المادة الغذائية إلى وقت أقل لتجفيفها.

6- التبخير ودرجة الحرارة Evaporation and temperature: ترتفع درجة حرارة المادة الغذائية حالما يقل محتواها من الرطوبة ويبطؤ التبخر، وعندما تخلو المادة الغذائية من الماء ترتفع درجة حرارتها حتى تغدو

مساوية لدرجة حرارة هواء المجفف. لذلك يجب إخراج المواد الغذائية الحساسة للحرارة قبل أن تصل إلى درجة حرارة هواء المجفف.

7- الوقت ودرجة الحرارة Time and temperature: جميع طرق التجفيف تستعمل الحرارة، ولما كانت الأغذية تتأثر بالمعاملات الحرارية لذلك يجب أن يكون هناك توازن بين أعلى معدل تجفيف ممكن والحصول على أجود نوعية للغذاء، وبهذا المفهوم ينسحب مبدأ البسترة السريعة على تجفيف الأغذية باستعمال حرارة عالية لوقت قصير للمحافظة على صفات جودة عالية للمادة الغذائية. لذلك فان قطع الخضار المجففة في مجفف جيد التصميم لمدة أربع ساعات ستحتفظ بجودة أعلى مما لو جففت لمدة يومين تجفيفاً شمسياً.

منحنيات التجفيف:

يختلف سلوك المركبات ذات القدرة على الاحتفاظ بالرطوبة المكونة للغذاء خلال عملية التجفيف من غذاء لآخر، ويكون هذا السلوك أكثر تعقيداً أثناء عملية التجفيف من سلوك الماء النقي. ويمكن دراسة هذا السلوك تجريبياً في أشكال مختلفة من المجففات وذلك بقياس فقد الوزن من المادة الصلبة خلال الزمن، وتبعاً لمعايير مختلفة مثل سرعة هواء التجفيف ودرجة حرارته ورطوبته. ويوجد عدة أشكال لمنحنيات التجفيف:

1- المحتوى المائي للمادة الغذائية Moisture content – الزمن Time

2- سرعة التجفيف Drying rate – الزمن Time

3- سرعة التجفيف Drying rate – المحتوى المائي للمادة الغذائية Moisture content

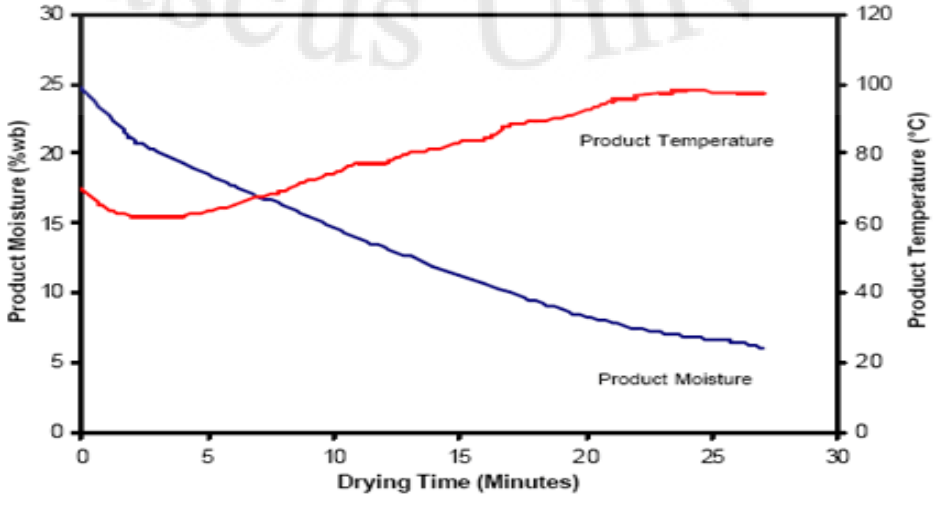
يمكن خلال عملية التجفيف تمييز طورين:

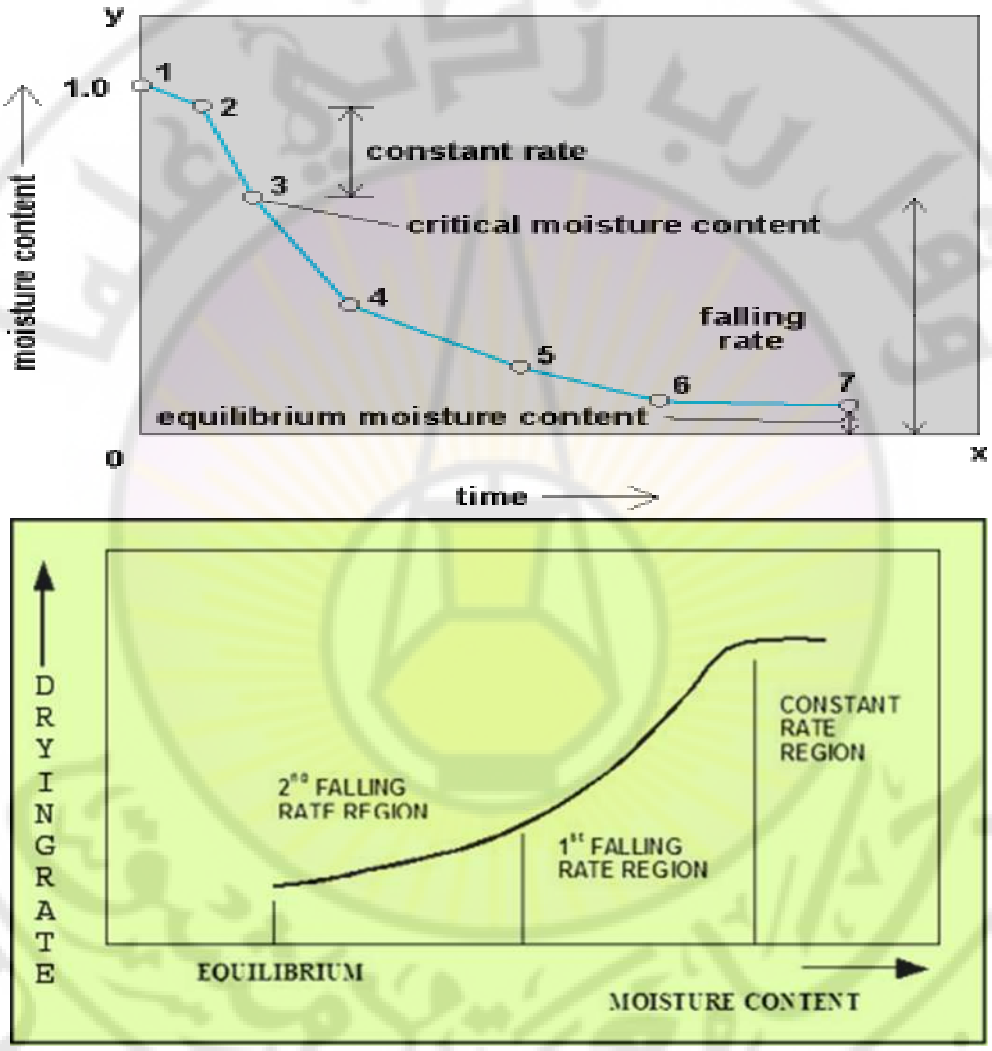
– الطور الاول: ويعرف بمرحلة معدل التبخير الثابت Constant Rate Period فأي مادة غذائية فيها كمية من الرطوبة يوجد عادة على سطحها طبقة ذات سمك صغير من الماء، وإزالة هذه الطبقة بالتجفيف يماثل تماماً تبخير الماء من سطح إناء يحتوى على ماء معرض للهواء الساخن، ففي هذه المرحلة تكون درجة الحرارة الرطبة للمادة بشكل عام أعلى من درجة حرارتها الابتدائية (فالمادة الصلبة تسخن بملامسة الهواء الساخن بسرعة أكبر بحيث أن التبخير لا يقوم بتبريدها) ولهذا فإن سرعة التجفيف تزداد (في بعض الحالات تكون درجة حرارة المادة أعلى من درجة حرارتها الرطبة حينئذ تنخفض سرعة التجفيف)، ثم يحدث التجفيف في هذا الطور على سرعة ثابتة. وتبقى سرعة التجفيف ثابتة مادام الماء يصل إلى سطح المادة الغذائية بسرعة موازية لسرعة تبخره. والمدة اللازمة للانتهاء من المرحلة الأولى تعتمد مباشرة على سمك طبقة الماء على سطح المادة وتكون هذه المدة قصيرة كلما قل هذا السمك، ومحتوى الرطوبة للمادة الذي تصل إليه بعد المرحلة الأولى يعرف بمحتوى الرطوبة الحرج Critical Moisture Content وبعده تبدأ عملية التجفيف في المرحلة الثانية.

– الطور الثاني: ويعرف بمرحلة معدل التبخير المتناقص Falling Rate Period وتتم هذه المرحلة على الوجه التالي:

تحرك الرطوبة (الماء) داخل المادة المراد تجفيفها إلى أن تصل إلى السطح الخارجي ثم إزالة هذه الرطوبة من السطح الخارجي ،والتحرك الداخلي للرطوبة في المواد الغذائية (مواد بها خلايا وأنسجة تجعلها مسامية) يماثل تحرك السوائل في الأنابيب الشعرية وإذا كان محتوى الرطوبة للمادة أقل من درجة التشبع يكون

تحرك الرطوبة بطريقة الانتشار Liquid Diffusion. عندما لا يعود سطح المادة الغذائية يستقبل الماء الحر فإن الضغط الجزيئي لبخار الماء على سطح المادة الغذائية يبدأ بالانخفاض تدريجياً وكذلك فإن سرعة التجفيف تنخفض أكثر فأكثر. إن الظاهرة التي تحدد سرعة التجفيف هي بالفعل انتقال الماء أو البخار من داخل المادة إلى سطحها، ويكون هذا الأمر مرتبط بمكونات الغذاء ويكون انتقاله عبر الطبقة الجافة بطيئاً جداً. إن رفع درجة حرارة المادة الناتجة هو وحده فقط الذي يمكن أن يؤمن حرارة نزع الماء المدمص أو الممتص وزيادة ضغط بخار المادة الغذائية وأيضاً تجنب أن تصبح سرعة التجفيف مهملة .يحدث مثل هذا الرفع لدرجة الحرارة تلقائياً لأن التبريد بواسطة التبخير يصبح مهملاً، وتنتقل درجة حرارة المادة من درجة حرارة الميزان الرطب للهواء إلى درجة الحرارة الجافة للهواء ، ومن الضروري بشكل عام خفض درجة حرارة الهواء خلال طور السرعة المتناقص للتجفيف وذلك بسبب الحساسية الحرارية للأغذية .إن النشاط المائي للغذاء سيصبح في نهاية عملية التجفيف مساوياً الرطوبة النسبية لهواء التجفيف المستخدم خلال هذه الفترة وتعرف هذه المرحلة بمرحلة معدل التبخير المتوازن، ويلاحظ في هذه المرحلة أن محتوى الرطوبة للمادة لا يقل عن حد معين مهما طالت مدة التجفيف حيث يكون عندها ضغط بخار الماء داخل المادة في حالة اتزان كامل مع ضغط بخار الماء الموجود في هواء التجفيف ويسمى بمحتوى الرطوبة المتوازن Equilibrium Moisture Content. (شكل رقم 2).





الشكل رقم (2) منحنيات التجفيف

استخدام الخرائط السيكرومترية في عملية التجفيف:

عند مرور الهواء الجوي داخل مجفف يتم تسخينه أي رفع درجة حرارته إلى درجة الحرارة المناسبة لإجراء عملية التجفيف، يمر الهواء الساخن بعد ذلك على سطح المادة الرطبة المراد تجفيفها فيعمل على تبخير الماء منها ويتصاعد بخار الماء ويختلط بالهواء. وفي نفس الوقت نجد أن الهواء يفقد كمية من حرارته وبالتالي تنخفض درجة حرارته الجافة، ولما كانت قدرة تشبع الهواء ببخار الماء تقل كلما قلت درجة حرارته فإننا نجد أن الرطوبة النسبية للهواء تزداد حتى تصل إلى تركيز التشبع أي أننا نجد أن معدل التجفيف يكون سريعاً أولاً ثم يقل تدريجياً حتى يصل إلى حد معين يبدأ في التدهور سريعاً بعدها حتى ينعدم نهائياً عند تركيز التشبع، وبذلك تظل درجة حرارة الهواء ثابتة تقريباً في أثناء مرور الهواء داخل المجفف على سطح المادة المراد تجفيفها، بينما تنخفض درجة حرارته الجافة حتى تتساوى مع درجة الحرارة الرطبة عند تركيز التشبع.

وعملياً يخرج الهواء بعد مروره على سطح المادة المراد تجفيفها على درجة حرارة مرتفعة عن درجة حرارة الهواء الخارجي ورطوبة نسبية عالية نتيجة لتبخر الرطوبة من المادة المجففة وعلى ذلك يمكن خلط كمية من الهواء الخارج من المجفف مع الهواء الجوي الداخل إلى مسخن المجفف لزيادة كفاءة عملية التجفيف مع توفير في الحرارة المضافة في مسخن المجفف.

والسيكرومترية عبارة عن الدراسة الخاصة بقدرة الغازات على إزالة أبخرة السوائل والعوامل الهندسية التي تؤثر على هذه القدرة.وفي تجفيف الخامات الزراعية تنحصر هذه الدراسة في قدرة الهواء الساخن على تبخير الماء من المواد الذائبة.

وتعتمد الخريطة السيكرومترية (شكل رقم 3) على الأساسيات التي سبق شرحها. وفي الواقع يمكن استعمال معادلات رياضية لتحديد خواص الهواء المستعمل في تجفيف المواد الغذائية إلا أن هناك طريقة بسيطة وهي استعمال الخريطة السيكرومترية Psychrometric chart لتأدية نفس الغرض.

هواء التجفيف Recirculation: لاستخدام الخريطة السيكرومترية يجب معرفة أي خاصتين من خواص الهواء مثل درجة حرارته الجافة والرطبة ،ثم بعد ذلك يمكن مباشرة معرفة جميع خواص الهواء الأخرى دون الحاجة إلى العمليات الحسابية اللازمة لحل المعادلات السابق استنباطها.

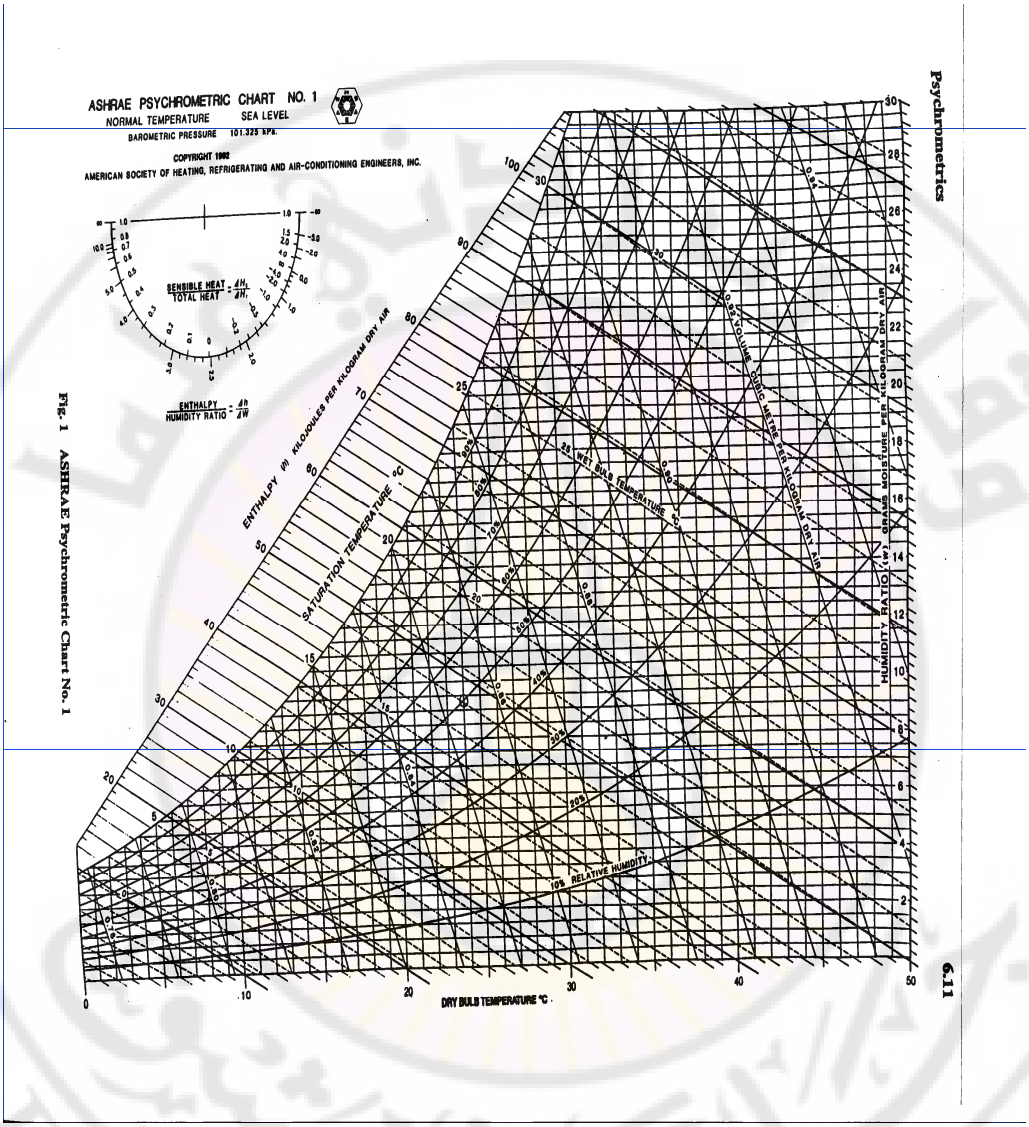


Fig. 1 ASHRAE Psychrometric Chart No. 1

الشكل رقم (3) الخرائط السيكرومترية

والخريطة السيكرومترية التي سنقوم باستخدامها توضح الآتي:

1- درجة الحرارة الجافة: وتوجد على المحور الأفقي للخريطة.

2- خطوط الرطوبة المطلقة: عبارة عن خطوط أفقية متوازية تمتد على طول عرض الخريطة. ويمثل المحور الرأسي القيمة الثابتة لكل خط من هذه الخطوط.

3- منحنيات الرطوبة النسبية: عبارة عن مجموعة منحنيات تبدأ من اليسار وتمتد من أسفل إلى أعلى جهة اليمين. ويوضع على كل خط القيمة العددية للرطوبة النسبية الثابتة التي تمثلها. فمثلاً يدل المنحنى الذي يحتوي على 100 % رطوبة على الهواء المشبع ببخار الماء.

4- خطوط الحجم الرطب: عبارة عن مجموعة خطوط تبدأ من منحنى الرطوبة النسبية في حالة التشبع وتمتد جهة اليمين إلى أسفل.

5- خطوط درجة الحرارة الرطبة: وتمثل أيضاً خطوط التبريد والترطيب الأديابيتي وتبدأ من منحنى الرطوبة النسبية في حالة التشبع وتمتد خطوط درجة الحرارة الرطبة إلى اليسار إلى التدريج الخاص بالمحتوى الحراري في حالة التشبع الموجود أعلى منحنى الرطوبة النسبية في حالة التشبع.

خصائص المواد الغذائية المجففة Properties of dried food:

نظراً لأن الأنسجة النباتية أو الحيوانية التي يتكون منها الغذاء بشكل عام تملك تركيباً غير متجانس (طبقات من الليبيدات في اللحوم، أو أليافاً ذات اتجاهات متعاكسة في الخضار أو الثمار) فهي تؤثر في عملية نزع الماء في أثناء عملية التجفيف.

تتقلص المادة الغذائية الخاضعة لعملية التجفيف تبعاً للخروج المتزايد للماء خارج الخلايا. ويلحظ هذا التقلص خاصة عندما تتم عملية التجفيف ببطء، ويحدث هذا الانكماش على الرغم من مقاومة العناصر المكونة للأنسجة له. على عكس ذلك

فإذا كان نزع الماء سريعاً فإن طبقة جافة وقاسية تتشكل فوراً على سطح الغذاء وتؤدي إلى تثبيت الحجم النهائي للمادة الخاضعة للتجفيف. وتترافق عملية نزع الماء اللاحقة من الأجزاء الداخلية للغذاء بحدوث تمزقات وفراغات داخلية. وبذلك نحصل على مواد تحتفظ بشكلها الأصلي وذات تركيب مسامي، وتعود وتتميه بسرعة وبشكل جيد عند القيام بإضافة الماء. إلا أن هذه الأغذية تكون أكثر عرضة للفساد التأكسدي وعملية تغليفها تكون مكلفة (بســـبب ضعف كثافتها). هناك أيضاً ظاهرة اللدونة بالحرارة Thermoplastique وتكون بعض الأغذية لدنة بالحرارة حيث إن بعض مكونات المادة الغذائية تذوب أو تلين بالحرارة. كذلك يمكن أن تحدث تغيرات بالحالة البلورية ينتج عنها ظهور مركبات عديمة التبلور (خاصة السكريات). وتسبب مجموعة الظواهر هذه التصاق الأغذية فيما بينها كذلك مع جدران أجهزة التجفيف. ويمكن حصر هذه التغيرات بما يأتي:

1- **الانكماش Shrinkage:** حيث تحصل تشوهات وتبدلات في المرونة والمطاطية واللدونة وذلك تبعا للخروج المتزايد للماء خارج الخلايا ويلاحظ هذا التغير عند التجفيف ببطء.

2- **التشققات:** ناتجة غالباً عن عدم انتظام الرطوبة أو عدم تماثلها في جميع أجزاء المادة.

3- **التغيرات البنوية:** مثل التفتت والتكتل لأجزاء المادة الغذائية بعد تجفيفها .

هناك ظاهرة التكيس Case hardening، وتحدث هذه الظاهرة في الأغذية التي تحتوي على نسبة عالية من السكريات والمواد المنحلة وتحدث أيضا عندما تكون حرارة سطح القطع عالية وانطلاق بخار الماء من المادة غير متوازن حيث تترسب هذه المواد على السطح (ماء القنوات الشعرية يتبخر ويخلف

وراءه السكريات والأملاح) ويتكون طبقة جلدية تحيط بالمادة وتمنع انتقال معظم الرطوبة من الداخل إلى السطح فيحجز هذا الغلاف معظم الرطوبة الباقية وينخفض معدل التجفيف وتسد المسامات ، ويمكن أن نقلل منها بأن نخفض درجة حرارة سطح الغذاء وأن يكون التجفيف تدريجياً .

عندما تتجاوز درجة حرارة التجفيف حداً معيناً تحدث مجموعة من التفاعلات غير المرغوبة المسببة للفساد ومن أهمها الاسمرار اللاأنزيمي الذي تزداد سرعته بازدياد المواد الذوابة في الغذاء. وتصبح سرعة الاسمرار عظمى عندما يكون النشاط المائي بحدود 0.6 ، ولهذا من المفيد عدم ترك الغذاء فترة طويلة في هذه النقطة خلال عملية التجفيف. ومن الملائم استخدام طريقة سريعة في نزع الماء لتقصير فترة المرور بهذه النقطة، كذلك يجب ضبط درجات حرارة الهواء في مختلف أجزاء نفق التجفيف بشكل دقيق. إن الإسمرار اللاأنزيمي يؤدي إلى تغيرات في اللون والطعم والقيمة الغذائية وأحيانا بالقدرة على إعادة تميه الغذاء المجفف. ويمكن تثبيط هذا الإسمرار جزئياً باستخدام موانع الأكسدة كثاني أوكسيد الكبريت الذي يستعمل عند تحضير مسحوق البطاطا المجفف.

توجد أيضا مجموعة أخرى من الظواهر المرتبطة بعملية التجفيف التي تحدد غالباً جودة الأغذية المجففة ومن أهمها:

1- **الفقد بالتبخير للمكونات العطرية الطيارة:** يتعلق هذا الفقد بالوزن الجزيئي وضغط البخار لهذه المكونات وكذلك بدرجة ذوبانها في الماء. حيث يتم خلط الخضار والفواكه المعدة للتجفيف بالنشاء أو الدكسترين قبل بدء عملية التجفيف حيث تسمح هذه العملية بتجنب حدوث اللدانة أو الليونة بالحرارة وبتحسين القدرة على الاحتفاظ بالمكونات العطرية.

2- **انخفاض القدرة على حفظ الماء:** يمكن ملاحظة هذه الظاهرة عند إعادة إماهة المادة المجففة، ويعود ذلك إلى عدة أسباب من أهمها:

أ) تشوه البروتينات وتجمعها تحت تأثير الحرارة.

ب) زيادة تركيز الأملاح.

ت) تحطم المواد الهلامية (البكتين أو النشويات).

ث) تغيرات الضغط الأسموزي الناتجة عن تحطم الأغشية الخلوية.

ويمكن القول أنه ليس من الممكن الحصول على البنية الأساسية نفسها للمادة المجففة عند إعادة إماهتها(باستثناء بعض طرق التجفيف) وخاصة الخضار كالخس والبندورة وكذلك اللحوم.

3- **فقد القيمة الغذائية:** يمكن أن تتحطم بعض الفيتامينات جزئياً (C, A) بفعل الأكسدة خلال عملية التجفيف بالهواء الساخن. وكذلك إضافة مادة السلفيت في أثناء التجفيف تؤدي إلى انخفاض محتوى المادة مـــن فيتامين B_1 .

لا تؤدي عملية التجفيف إلى تعقيم المادة المجففة، ويكون خفض عدد الأحياء الدقيقة ضعيفاً. وفي بعض الحالات تساعد درجة الحرارة المستخدمة في التجفيف على نمو الأحياء الدقيقة. كذلك يكون تعطيل نشاط الإنزيمات جزئياً. لذلك تتم عملية سلق أو بسترة المادة الغذائية قبل تجفيفها.

آلات التجفيف الاصطناعي المستخدمة للأغذية Industrial drying of food

هناك نوعان من آلات التجفيف الاصطناعي:

1- الآلات التي تنتقل فيها الحرارة إلى المادة الغذائية عن طريق الغازات الساخنة التي تعمل على توصيل الحرارة إلى أجزاء المادة الغذائية التي

تجفف فيتحول ماؤها من حالة سائلة إلى بخار يحمله الهواء من جديد إلى خارج الغرفة، وتشمل الغازات المستعملة الهواء الساخن والغازات الناتجة عن الاحتراقات.

2- الآلات التي تنتقل فيها الحرارة إلى المادة الغذائية عن طريق سطوح مسخنة تعمل في الوقت نفسه على نقل الغذاء داخل غرف التجفيف، وفي هذه الحالة يتم التجفيف عادة في جو مفرغ من الهواء حيث يتم استخدام مضخة تفريغ للتخلص من بخار الماء المتشكل.

أولاً- طرائق التجفيف المعتمدة على الغازات السائلة

1- **حجرات التجفيف Rooms dryer:** تتألف حجرة التجفيف أو المجففة من غرفة توضع في داخلها أطباق تحتوي على المادة الغذائية التي يجري تجفيفها. ويمرر على الأطباق تيار هوائي ساخن حتى جفاف المادة الغذائية.

2- **المجففات النفقية Tunnel driers:** أكثر المجففات شيوعاً وتستعمل بشكل عام لتجفيف الخضار والفواكه. وتتألف من نفق يتراوح طوله من 12 – 17 متراً تدخل فيه سيور متحركة أو عربات تحتوي على أطباق توضع فيها المادة الغذائية المراد تجفيفها.

يمرر الهواء الساخن فوق هذه الأطباق أو السيور وعبر النفق، وتنظم سرعة مرور المادة الغذائية الموضوعة على العربات بحيث تدخل طازجة من الطرف الأول للنفق وتخرج جافة من الطرف الثاني. كما تنظم حركة مرور الهواء إما في اتجاه مواز لخط سير المادة الغذائية وإما عكس اتجاه سيرها.

3- **مجففات كيلن Kiln driers:** تتكون هذه المجففات من أبنية تحتوي على طابقين يفصل بينهما سقف يحتوي على شقوق كثيرة. وتوضع المادة الغذائية في الطابق العلوي ويولد الهواء الساخن في الطابق الأسفل وينفذ بصورة طبيعية من خلال الشقوق إلى الطابق العلوي، وقد توضع مروحة لتحريك الهواء ودفعه، وتحرك المواد الغذائية في أثناء تجفيفها. تستعمل هذه الطريقة لتجفيف شرائح التفاح وفي بعض الأحيان البطاطا. وتحتاج الأغذية المجففة بهذه الطريقة إلى فترة زمنية طويلة نسبياً .تستعمل الطرائق الثلاث السابقة لتجفيف المواد الغذائية ذات القطع الكبيرة في الحجم نسبياً . وتتوقف سرعة التجفيف على عوامل يتعلق بعضها بمواصفات هواء التجفيف كالحرارة والرطوبة والسرعة، ويتعلق بعضها الآخر بخصائص المادة الغذائية المراد تجفيفها كنوع الخضار أو صنفها أو ثمار الفاكهة ونسبة الرطوبة فيها وطريقة التحضير التي تسبق عملية التجفيف وحجم قطعها وشكلها.

4- **المجففات الرشاشة Spry driers:** تجفف في هذه المجففات الأغذية السائلة مثل (الحليب – البيض) أو الأغذية الأخرى بعد تحويلها إلى قوام سائل أو عجيني ومن ثم إلى قطيرات صغيرة تعلق في هواء غرفة التجفيف. تمتاز هذه المجففات عن غيرها بقصر المدة اللازمة للتجفيف وباحتفاظ الأغذية بكميات كبيرة من عناصرها الغذائية ومقومات الطعوم والروائح. تعتمد هذه المجففات على ضخ الهواء الساخن مع المادة الغذائية السائلة فتتساقط المادة الغذائية على شكل مسحوق ليتم جمعها من أسفل جهاز التجفيف.

ثانياً– طرائق التجفيف المعتمدة على السطوح الصلبة الساخنة

1– **المجففات الأسطوانية Drum driers:** تستخدم هذه المجففات أسطوانة معدنية دوارة أفقية بقطر يتراوح بين 0.6 – 1.8 م وتسخن بوساطة بخار الماء، وتحول المادة الغذائية الموجودة عليها إلى قوام عجيني يميل إلى السيولة ثم تنتقل بعد ذلك المادة الغذائية لتوضع على السطوح الخارجية لأسطوانات دوارة ساخنة تدور باتجاهات متعاكسة فيتبخر ماء المادة الغذائية وتجف، وعندئذ تكشط بوساطة سكاكين خاصة ثم تسحق.

2– **المجففات المفرغة ذوات الرفوف Vacuum driers:** تتكون من حجرة تحتوي في داخلها على رفوف مجوفة توضع في داخلها أطباق خاصة بالمواد الغذائية سائلة القوام. تغلق الحجرة وتفرغ من الهواء ثم يمرر وسط التسخين عبر الرفوف المجوفة. ومن المواد المستعملة كوسط تسخين الزيت السائل أو البخار أو الماء الساخن. تكاليف هذه الطريقة مرتفعة لذا فهي محصورة الاستعمال في بعض المواد كمساحيق عصير الحمضيات ومساحيق عصير البندورة.

التجفيف تحت أشعة الشمس Sunny drying

يستعمل هذا النوع من التجفيف في كثير من الدول النامية وخاصة الدول التي تتمتع بصيف طويل وطاقة شمسية عالية نظراً لانخفاض تكاليف التجفيف بهذه الطريقة إذا ما قورنت بطرائق التجفيف الاصطناعي. يراعى عند استخدام هذا النوع من التجفيف الشروط الصحية وشروط النظافة للوصول إلى منتج عالي الجودة قدر الإمكان. لذلك يفضل إحاطتها بمصدات الرياح، ويجب أن تكون بعيدة

عن المناطق التي يحتمل فيها تكاثر الذباب كالإصطبلات وأماكن تجمع القمامة، وألا تكون قريبة من خلايا النحل.

كما يراعى إقامة غرف التبخير التي تستخدم للمعالجة بغاز SO_2 وأحواض الغمس أو التغطيس وأماكن فرز الثمار وتدريجها وتقطيعها في موقع مجاور وقريب من أماكن التجفيف.

- **التبخير بوساطة SO_2:** تعرض عادة ثمار الدراق والخوخ والأجاص والعنب قبل تجفيفها إلى الدخان الناتج عن الكبريت. حيث توضع الثمار في أطباق التجفيف وتحمل على عربات خاصة وتدخل كل عربة بما فيها من أطباق إلى خزانة التبخير ثم يشعل الكبريت في موقد خاص أسفل الخزانة وتغلق أبواب الخزانة وتترك الثمار عرضة للدخان المتصاعد لمدة تتراوح من 3 – 6 ساعات حسب نوع الثمار، وقد تجري العملية على بعض الخضار بعد السلق.. وتجري كبرتة الثمار للحصول على لون فاتح، كما تساعد الكبرتة على الاحتفاظ بفيتامين C وعلى طرد الحشرات وقتل عدد كبير من الأحياء الدقيقة.
- **الغمس والتغطيس بالقلوي:** تعالج بعض الثمار مثل العنب بمحلول ممدد لأية مادة قلوية كماءات الصوديوم أو كربونات الصوديوم لإزالة الطبقة الشمعية المحيطة بالثمار ولصد الحشرات ولإحداث شقوق صغيرة في غلاف الثمرة تساعد على إسراع عملية التجفيف. ويتوقف تركيز المحلول القلوي حسب نوع الثمار وصنفها ودرجة نضجها وأماكن إنتاجها.

التجفيف بالتجميد (التجفيد) Freeze drying

باستعمال جو مفرغ يمكن التحكم بظروف الحرارة والضغط، وتجفيف المادة الغذائية يتم بتحويل مائها من الحالة الجامدة إلى الحالة الغازية مباشرة دون المرور بالحالة السائلة. وهي مبنية على أساس ظاهرة النقطة الثلاثية للماء، حيث يمكن للماء أن يوجد في حالاته الثلاث: الغازية والسائلة والصلبة عندما تكون حرارته صفراً درجة مئوية وعند ضغط جوي 4.7 ملل زئبقي. وفي العادة تجفد الأغذية عندما يكون الضغط الجوي 4 ملل زئبقي أو أقل.وفيما يلي جدول (جدول رقم 1)يبين الفرق بين التجفيف بالطرق الاصطناعية الاعتيادية وطريقة التجفيد.

جدول رقم (1) التجفيف بالطرق الاصطناعية الاعتيادية وطريقة التجفيد

التجفيف بالطرق الاعتيادية	التجفيف بطريقة التجفيد
تلائم تجفيف الخضار والفاكهة والحبوب	تلائم تجفيف جميع أنواع الأغذية
لا تلائم تجفيف اللحوم	تجفف اللحوم الطازجة والمطهية بنجاح تام
يمكن إجراؤها بطريقة مستمرة	تجري على دفعات
درجات حرارة التجفيف المستعملة تتراوح بين 37.7– 93.3 م^0	درجات حرارة التجفيف منخفضة لضمان استمرار تجمد المادة الغذائية عند التجفيف
المدة اللازمة لعملية التجفيف قصيرة وتكون عادة أقل من 12 ساعة	المدة اللازمة لعملية التجفيف طويلة وتكون عادة 12 – 24 ساعة
يفقد الماء في أثناء التجفيف من سطوح المادة الغذائية على شكل بخار ماء	يفقد الماء بتحوله مباشرة من الحالة الجامدة إلى الحالة الغازية
المادة الجافة صلبة ومتماسكة	المادة الجافة مسامية
كثافة المادة الجافة أعلى منها قبل التجفيف	كثافة المادة الجافة أقل منها قبل التجفيف
للمادة الجافة رائحة غير طبيعية	للمادة الجافة رائحة طبيعية في العادة
قد يكون للمادة الجافة نكهة غير طبيعية	نكهة المادة الجافة طبيعية
لون المادة الجافة مسمر	لون المادة الجافة طبيعي
تحتاج المادة المجففة فترة طويلة لإعادة التميه	فترة التميه قصيرة وتامة
ثبات المادة المجففة جيد عند التخزين غير أنها تسمر وتصبح ذات رائحة زنخة	ثبات المادة المجففة ممتاز عند التخزين ولا يصدر عنها روائح زنخة
تكاليف العملية منخفضة نسبياً	تكاليفها أربعة أمثال تكاليف الطرائق الأخرى

الفصل السادس

أسس حفظ الأغذية بالتبريد

Principles of food preservation by refrigeration

لمحة تاريخية:

يعد التبريد من أهم تقنيات الحفظ العصرية الذي وضع في يد الإنسان وسيلة ناجعة تمكنه من حفظ الأغذية والتغلب على المسافات الفاصلة بين مناطق الإنتاج الوفير والاستهلاك الكثيف. لم يعرف التبريد على أسسه الصحيحة إلا في عشرينيات القرن التاسع عشر عندما استطاع كلارنس بيردسي وضع فكرة التبريد موضع التطبيق العملي من خلال اشتغاله في التبريد السريع، وبذا بدأت صناعة التبريد وتوالت عليها التحسينات حتى غدت مقياساً تقاس به مستويات تطور المجتمعات المتقدمة.

تعريف التبريد:

يعرف التبريد على انه تخزين المواد الغذائية على درجة حرارة أعلى من درجة حرارة التجمد (2.2 إلى 15.5 م^0).

فوائد التبريد Benefits of refrigeration:

1- يبطئ نمو الأحياء الدقيقة فيقلل فرص فساد الأغذية في أثناء نقل الأغذية القابلة للتلف وتوزيعها.

2- يبطئ التفاعلات الكيميائية ويؤخر النشاط الإنزيمي في الخضار والفواكه.

3- يقلل من معدل التفاعلات والتغيرات الكيميائية التي تطرأ على اللحوم بعد الذبح.

4- يزيد فترة حفظ المواد بين القطاف والتصنيع ويطيل مدة تخزين المواد المعلبة تجارياً.

5- يساعد على نقل المواد الغذائية من مناطق الإنتاج البعيدة إلى مناطق الاستهلاك.

6- يساعد التبريد على توفير المواد الغذائية على مدار الفصول.

7- يعمل التبريد وحفظ المواد الغذائية على استقرار الأسعار.

مفهوم حفظ الأغذية بالتبريد Theory of food refrigeration:

إن فساد الغذاء هو جملة تغيرات تطرأ على صفاته الحسية التي تتمثل في مظهره أو ملمسه أو رائحته وطعمه فتجعله غير مرغوب من قبل المستهلك، وقد يكون هذا الفساد ميكروبياً أو إنزيمياً أو ميكانيكياً، ولكي يمكن حفظ الغذاء مقبولا لابد من إبعاد هذه المؤثرات عنه وذلك بحفظه في شروط تمنع هذا الفساد وأفضل ما يؤمن هذه الشروط هو التبريد الذي يقوم على أساس منع نمو البكتريا المحبة للحرارة العالية وعدد كبير من البكتريا المحبة للحرارة المتوسطة، إضافة إلى إبطاء التفاعلات الحيوية الناتجة من البكتريا أو الإنزيمات الموجودة في الغذاء الطبيعي.

أنواع التبريد:

1- **التبريد الطبيعي Natural refrigeration**. ونميز منه الطرق الآتية:

أ) **التبريد بالماء المثلج Ice water**. حيث يستخدم الثلج العادي باعتباره وسيطاً لتبريد المواد الغذائية على درجة حرارة أعلى من الصفر المئوي.

ب) **التبريد بوساطة خليط الثلج والملح Ice and salt**. حيث يعمل وجود الملح مع الثلج على خفض درجة حرارة الوسط وذلك حسب نسبة الملح

المضاف، فكلما ازدادت نسبة الملح انخفضت درجة الحرارة. ويراعى في هذه الحالة أن لا يكون هناك تماس مباشر بين المادة الغذائية وخليط الثلج مع الملح حتى لا تمتص المادة الغذائية الملح، ويمكن تحقيق ذلك بتعبئة المادة الغذائية بأغلفة غير منفذة للماء.

2- **التبريد الصناعي Industrial refrigeration**. يعد التبريد الصناعي من أهم الطرائق المستعملة في حفظ الأغذية الطازجة والمصنعة سواء على المستوى المنزلي أو التجاري، وتستعمل طرائق كثيرة لتوليد الحرارة المنخفضة وأهم هذه الطرائق وأكثرها استعمالاً :

أ) **نظام التبريد بالضغط Compression system**. ويتألف من الأجزاء الآتية:

- الضاغط Compressor: وهو مضخة تقوم بضخ الغاز القادم من المبخر إلى المكثف، وتؤدي هذه العملية إلى رفع درجة حرارة الغاز.
- المكثف Condenser: يتكون من أسطوانة مصنوعة من الفولاذ المقاوم سميكة الجدران موضوعة أفقياً تتوزع فيها أنابيب تأخذ شكل الوشيعة يمر فيها الوسط المبرد القادم من الضاغط فيمتص الحرارة الزائدة من الغاز الذي تنخفض درجة حرارته، وبنزع هذه الحرارة يتحول الغاز إلى سائل يصب في خزان الاستقبال.
- خزان الاستقبال Receiver tank: خزان أسطواني الشكل مصنوع من الفولاذ المقاوم يتجمع فيه الغاز السائل تحت ضغط شديد.
- صمام التمدد Expansion valve: ينظم مرور الغاز السائل إلى المبخر، فعندما يجتاز الغاز هذا الصمام يواجه ضغطاً منخفضاً

فتتحول ذراته إلى الحالة الغازية فتمتص الحرارة اللازمة لهذا التحول من جو المبخر الذي تنخفض درجة حرارته إلى الدرجة المرغوبة.

- المبخر Evaporator: يتألف من مجموعة من الأنابيب المتعرجة الضيقة التي تتوزع في جميع أرجاء المبخر أو غرفة التبريد بشكل يؤمن خفض درجة الحرارة في جميع أركانها، وقد تلامس هذه الأنابيب المواد المراد تبريدها مباشرة أو قد يفصلها عنها سطح معدني. بعد ذلك ترتفع درجة حرارة الغاز في المبخر فيعود إلى الضاغط ليعود في دورة تبريدية جديدة.

ب) نظام التبريد بالامتصاص Absorption system. يتألف نظام التبريد بالامتصاص من الأجزاء نفسها التي يتكون منها نظام التبريد بالضغط، ويكمن الاختلاف في الجزء الضاغط فقط الذي يتألف في نظام الامتصاص من جزأين:

- خزان الامتصاص Absorber: الذي يقوم باستقبال الغاز الراجع من غرفة التبريد فيبرد بوساطة وشائع يمرر فيها الماء البارد ثم يضخ بوساطة مضخة إلى خزان المولد.
- خزان المولد Generator: وهو خزان أسطواني الشكل موضوع بشكل أفقي يحتوي على محلول الأمونيا المكون من جزء من الأمونيا وجزأين من الماء، يستقبل الغاز الذي يذوب في هذا المحلول مكوناً محلولاً مركزاً يطرد منه الغاز بوساطة وشائع مسخنة بالبخار فينطلق الغاز من المولد إلى المكثف حيث يتم تبريده وتحويله إلى الحالة السائلة.

أوساط التبريد Refrigerants:

وسط التبريد هو مركب كيميائي قادر على نزع الحرارة من منطقة منخفضة الحرارة وتحويلها إلى منطقة مرتفعة الحرارة. ويجب أن تتوافر في أوساط التبريد الصفات الآتية:

1- يجب أن يكون منخفض درجة حرارة التجمد.

2- يجب أن يكون منخفض الحرارة النوعية ليقلل نقل الحرارة المحسوسة إلى مخزن التبريد.

3- يجب أن يكون قليل اللزوجة سواء كان سائلاً أم غازياً لتقليل مقاومة الاحتكاك وسهولة استعمال أنابيب صغيرة.

4- يجب أن يكون ثابت التركيب الكيميائي ليقاوم التحلل تحت ظروف الضغط والحرارة الموجودة في أجهزة التبريد.

5- ألا يسبب صدأ المعادن في وجود الرطوبة أو غيابها.

6- يجب أن يكون غير قابل للاحتراق أو الانفجار.

7- يجب أن يكون غير سام وغير ضار بالمواد الغذائية.

8- يجب أن يكون عديم الرائحة وإن كان يرغب بامتلاكه لرائحة مميزة تمكن من كشف تسربه.

9- يراعى أن يكون رخيص الثمن ومتوافراً.

أهم أوساط التبريد:

1- غاز الأمونيا NH_3 : يعد وسط التبريد الأول في كثير من المعامل ومخازن التبريد لجودة الصفات التي يتميز بها فهو يتبخر على درجة

حرارة – 33 م^0 عند الضغط العادي، والضغط اللازم لتكاثفه عند درجة الحرارة 35 م^0 هو 12 كغ/سم وهو لا يختلط بزيوت التشحيم وحرارته النوعية 0.52 م^0 وحرارته الكامنة 589 Btu وهو لا يسبب صدأ المعادن إلا ما كان محتوياً منها على النحاس. يتميز بقدر من الخطورة فهو سام وذو رائحة مخرشة وهي ميزة من الناحية العملية وقابل للاشتعال في ظروف معينة.

2- **مركبات فلور وكلور الميثان والإيثان:** تحتل هذه المركبات في حقل التبريد مركزاً مرموقاً بسبب ما تتمتع به من صفات مناسبة. وتعرض في الأسواق تحت أسماء تجارية مختلفة.

أ) **الفريون:** ومنه المركبات ذوات الأرقام 11، 21، 113، 114 وأهم الصفات التي تتميز بها أنها تتجمد على درجة حرارة – 30 م، وثبات صفاتها الكيميائية وعدم تسببها في صدا المعادن، ولكن أهم ما يميزها هو عدم سميتها وعدم تغيير صفات المواد الغذائية أو نكهتها، لا رائحة لها مما يجعل كشف تسربها صعباً.

ب) **كلور الميثيل:** يعد أقل ثباتاً من الفريون، له قابلية متوسطة للاشتعال، غير مخرش للأنسجة، له رائحة ايثيرية، يذوب في الماء ليكون كحول الميثيل وحمض كلور الماء الذي يسبب تلف مواد البناء، لذا يجب استبعاد الماء عند استعماله كوسط للتبريد.

3- **غاز ثاني أوكسيد الكبريت:** فقد أهميته بعد أن كان كثير الاستعمال في البرادات المنزلية، ويجب استعماله بعيداً عن الماء، كثير الخطورة على

الحياة ولو أن رائحته المميزة المخرشة تنبه إلى تسربه، يسبب الصدأ وغير قابل للاشتعال أو الانفجار.

4- **غاز ثاني أوكسيد الفحم:** يعد من أكثر أوساط التبريد سلامة بعد الهواء والماء، ثابت الصفات الكيميائية تحت جميع شروط التشغيل، لا تذوب فيه مواد تشحيم الآلات، عديم الرائحة وغير خطر على الحياة ما دام تركيزه لا يصل إلى 4 %، يصعب كشف تسربه إلا باستعمال فقاعات الصابون، إضافة إلى أنه قليل التكاليف.

شروط التخزين المبرد Requirements of refrigerated storage:

التخزين المبرد وسيلة فعالة في حفظ المواد الغذائية الطازجة لفترات قصيرة ريثما يتم استهلاكها محافظة على صفات جودتها وقيمتها الغذائية إذا روعيت الشروط الآتية عند التخزين:

1- **الإسراع في تبريد المواد الأولية:** تتوافر أفضل صفات الجودة في المادة الغذائية سواء أكانت خضاراً أم ثماراً أم لحوماً وهي في طور النضج المناسب وبعد قطافها مباشرة أو بعد الذبح بالنسبة الى حيوانات اللحوم، وتنخفض هذه الصفات مع مرور الوقت، ولكي تحفظ هذه في أحسن حالتها من الجودة لا بد من تبريد هذه المواد بما يمكن من السرعة لأن بقاء هذه المواد بضع ساعات بعد قطاف الخضار أو الفواكه أو ذبح الحيوانات يؤدي إلى إلحاق قدر ملموس من التردي بها.

2- **التحكم في درجة الحرارة:** تحافظ المواد الغذائية المخزنة على صفاتها الجيدة إذا حفظت على درجة حرارة أعلى من درجة تجمدها بقليل، ويمكن التحكم في درجة حرارة غرف التبريد بإتباع ما يأتي:

أ) عزل جدران المخزن عزلاً جيداً باستعمال المواد العازلة والمبطنة بحيث تؤمن عزلاً جيداً يمنع تبادل الحرارة.

ب) تجهيز غرف التبريد بأجهزة التبريد ذات القدرة المناسبة لخفض درجة حرارة المخزن إلى درجة حرارة التبريد المناسبة، وذلك عن طريق حساب حجم المخزن وكميات الحرارة المتولدة من تنفس الخضار والثمار.

3- **المحافظة على الرطوبة النسبية:** يعد توافر الرطوبة النسبية المنتظم من أهم شروط نجاح التخزين المبرد، لأن توافر هذه الرطوبة يمنع تبخر الماء من المواد الغذائية المخزنة وبالتالي وجود توازن بين رطوبة المخزن ورطوبة المواد المخزنة، فإذا انخفضت هذه الرطوبة تبخر جزء من رطوبة المادة الغذائية مما يسبب جفافها، أما إذا زادت رطوبة المخزن تكاثف جزء منها على سطوح المادة الغذائية فيؤدي ذلك إلى:

أ) تشجيع نمو الأحياء الدقيقة وفساد الغذاء.

ب) التشقق غير الطبيعي لبعض الثمار مثل التفاح .

وتؤدي الرطوبة النسبية غير المناسبة (دون المثلى) إلى ذبول الخضار والثمار وتلف المظهر الخارجي للأنسجة الحيوانية ونقص في وزن المادة الغذائية المخزنة.

4- **حركة الهواء:** حركة الهواء المناسبة والمنتظمة في مخزن التبريد تساعد على ما يلي:

أ) المحافظة على درجة حرارة متماثلة داخل المخزن

ب) المحافظة على تماثل تركيب جو المخزن

ت) تساعد على سرعة تبريد المواد الغذائية في المخزن

التخزين في جو غازي معدل Modified atmosphere storage:

تظل أنسجة الخضار والفواكه بعد قطافها حية وفي حالة تنفس مستمر في أثناء التخزين المبرد، ويتوقف معدل هذا التنفس على مدى توافر الأكسجين في هواء جو المخزن وطرح غاز ثاني أوكسيد الفحم، ويكون هذا المعدل طبيعياً عندما تبلغ نسبة الأكسجين من الهواء 21 % ونسبة غاز ثاني أوكسيد الفحم 0.03 % .

ولإطالة مدة تخزين هذه المواد أطول مدة ممكنة يجب السماح باستمرار عمليات التنفس البطيئة لصيانة الأنسجة اللازمة للحياة في أداء وظيفتها وإبقاء الأغطية المغلفة سليمة. ويمكن تحقيق هذا الهدف بثلاث طرائق هي:

1- خفض درجة حرارة التخزين

2- خفض نسبة غاز الأكسجين

3- زيادة نسبة غاز ثاني أوكسيد الفحم في هواء المخزن

ولما كانت الدرجات المثلى للحرارة المنخفضة والرطوبة النسبية وتركيب غاز جو المخزن تختلف من مادة غذائية لأخرى؛ لذلك يجب بذل العناية الفائقة والتحكم الدقيق بضبط نظام التعديل بما يتلاءم مع كل نوع من أنواع المواد الغذائية المراد تخزينها مبردة.

تأثير التبريد في الماد الغذائية:

تحدث تغيرات غير مرغوبة في بعض الثمار والخضار عندما تكون درجة حرارة التبريد أدنى من الدرجات المثلى، وهذا يدعى الضرر التبريدي الذي يؤدي

إلى تغيرات فسيولوجية متنوعة مثل الاسمرار الخارجي أو الداخلي وتبقع القشرة الخارجية.

وينخفض معدل التنفس الهوائي في الأنسجة الحيوانية لنقص إمدادات الأكسجين بسبب وقف التنفس، وبذلك يتحول الغلايكوجين إلى حمض لبن حيث ينخفض رقم الحموضة (pH) ويبدأ التصلب الجيفي الذي يتميز بقساوة العضلات وعدم مرونتها. لذلك فإن التبريد ضروري في أثناء التنفس اللاهوائي لإكساب اللحم اللون والقوام المرغوبين وتقليل التلوث بالأحياء الدقيقة. وتدعى التغيرات غير المرغوبة الناشئة عن التبريد قبل اكتمال التصلب بالقصر التبريدي.

يؤدي التخزين المبرد إلى تبادل الطعوم بين الكثير من الأغذية إذا خزنت قريبة من بعضها بعضاً، ويمكن منع هذا بتغليف الأغذية جيداً.

تفقد بعض الأغذية جزءاً من سكرياته بسبب تحول السكر إلى نشاء في أثناء عملية التخزين المبرد (الذرة الصفراء). كما تفقد بعض الفيتامينات أو أجزاء منها في أثناء التخزين المبرد للعديد من الخضار.

ومن التغيرات الشائعة التي تصيب الأغذية في مخزن التبريد فقد القوام المكتنز والهشاشة في الثمار والخضار، وتغيرات لون اللحم الأحمر، وأكسدة الدهون، وطراوة الأنسجة، والنزف في الأسماك، وظاهرة البيات في الخبز والكعك ونقص النكهة وتصبح مرتعاً خصباً لنمو الجراثيم المحبة للبرودة الخاصة بكل غذاء وتسبب فساده إذا طالت مدة حفظه على المدة المناسبة.

الفصل السابع

أسس حفظ الأغذية بالتجميد

Principles of food preservation by freezing

لمحة تاريخية:

في عام 1854م عرف التجميد التجاري في الولايات المتحدة الأمريكية عندما كانت تستورد الأسماك من كندا.

في عام 1892م طبق التجميد الصناعي على الأسماك في مناطق أمريكا الشمالية.

في عام 1920م بدأ العمل في التجميد السريع، وتم تطبيقه على الخضار والفواكه واللحوم والأسماك.

فوائد التجميد Benefits of freezing:

1- تغيير في العادات الغذائية الذي ساعد على ظهور ما يسمى بالوجبات الغذائية المريحة (المحضرة والمطبوخة والمحفوظة بالتجميد).

2- يساعد التجميد على تخزين المواد الغذائية لفترات زمنية طويلة دون فسادها أو ترد في جودتها.

3- تحتفظ المواد الغذائية المخزنة بالتجميد بصفاتها الحسية (اللون والطعم).

مفهوم حفظ الأغذية بالتجميد Theory of food freezing:

من المعروف أن الأحياء الدقيقة الملوثة للغذاء والمسببة لفساده تستمد العناصر اللازمة لنموها من خلال المحاليل المائية، وعلى هذا فان تقييد رطوبة المادة الغذائية بالتجميد يعني حرمان هذه الأحياء من النمو والتكاثر، كما تؤدي عملية التجميد إلى خفض النشاط الأنزيمي داخل المادة الغذائية.

التجميد لا يقضي على جميع الأحياء الدقيقة المسببة للفساد، بل يبقي الناجي منها في حالة سكون دون أن تؤثر في خواص الغذاء، إلا أنها تعود إلى نشاطها بسرعة عند ارتفاع درجة حرارة الغذاء وبعد ذوبان الكتلة الثلجية. لذا يجب عدم إخراج المادة الغذائية من المجمدة إلا قبيل طبخها أو استعمالها بقليل وخاصة الخضار.

يتضمن التجميد خفض درجات الحرارة إلى – 18 م^0 أو دون ذلك وتجمد جزء من الماء وجزء من المواد الغذائية الذائبة فيه مما يؤدي لإمكانية حدوث الظواهر الآتية:

فرط التبريد Super cooling: انخفاض في درجة حرارة الماء إلى ما دون درجة تجمده دون تشكل البلورات.

تبلور الماء Crystallization of water: التبلور هو التشكل المنتظم للطور الجامد من محلول أو مصهور أو بخار. وتتألف عملية التبلور من طورين:

1- **تشكل النوية:** وهو اتحاد جزيئات الماء في حبيبات متناهية الصغر شديدة الانتظام قادرة على البقاء وتكوين الأساس الذي تنمو عليه البلورة.

2- **نمو البلورة Crystal growth:** هو تعاظم حجم البلورة بإضافة جزيئات الماء حيث تفضل جزيئات الماء الانضمام إلى البلورات الموجودة من أن تشكل بلورات جديدة.

حجم البلورات: يزداد حجم البلورات ويقل عددها في التجميد البطيء، ويقل حجم البلورات ويزداد عددها في التجميد السريع.

عود التبلور: هو إعادة انضمام جزيئات من الماء إلى البلورة المتكونة نتيجة عدم ثباتها بسبب تغيرات في بنيتها.

تموضع البلورات: في التجميد البطيء تتشكل البلورات بين خلايا المادة الغذائية ، بينما في التجميد السريع تتوزع البلورات بشكل منتظم داخل خلايا المادة الغذائية وخارجها.

خصائص التجميد السريع والتجميد البطيء:

التجميد السريع	التجميد البطيء
حجم البلورات صغير وعددها كبير	حجم البلورات كبير وعددها قليل
شكل المادة الغذائية وجودتها جيد	شكل المادة الغذائية وجودتها رديء
يمنع من كبر البلورات	يسمح بكبر البلورات
يمنع ارتشاح السوائل من الخلايا	يسمح بارتشاح السوائل من الخلايا
يوقف نمو ونشاط معظم الأحياء الدقيقة	يوقف نمو ونشاط نسبة لا بأس بها من الأحياء الدقيقة
يبطئ بسرعة من فعل الأنزيمات	يحد من نشاط الأنزيمات بشكل بطيء
تعود الأغذية لحالتها الطبيعية بعد إزالة حالة التجميد عنها	لا تعود الأغذية لحالتها الطبيعية بعد إزالة حالة التجميد عنها بل تفقد جزءاً من قوامها

طرائق التجميد Methods of freezing:

مجمدات الهواء البارد Cold air freezers ونميز منها:

1- المجمدات الحادة Sharp freezers غرف معزولة بشكل جيد مجهزة برفوف درجة حرارتها – 23 – 29 م^0 حيث يحرك الهواء فيها بوساطة مراوح عادية. (مجمدات المنازل).

2- **المجمدات العاصفة Air blast freezers** عبارة عن غرف محكمة الإغلاق أو أنفاق يتحرك خلالها الحزام الناقل أو سكة تسير عليها العربات. درجات الحرارة المستعملة – 30 م^0 وسرعة هواء 760 م/ دقيقة.

مجمدات السوائل المبردة Cold liquid freezers ونميز منها:

1- **المجمدات بالغمر Immersion freezers** حيث يتم فيها تغطيس المواد المراد تجميدها في حمام من السائل البارد المكون من بروبيلين غليكول أو خليط من الملح والماء أو محلول كلور الكالسيوم ويتميز هذا النوع من التجميد بسرعة انتقال البرودة إلى المادة الغذائية ومنع تماسها مع الهواء. ويجب أن يتصف وسط التبريد بخلوه من الطعوم والروائح الغريبة وعدم السمية وعدم تأثيره في لون المادة الغذائية.

2- **مجمدات السطوح الباردة Cold surface freezers** ومنها المجمد ذو الصفائح Plate freezer وهو صندوق مؤلف من رفوف معدنية يحتوي على قنوات لمرور الوسط المبرد توضع فيه المادة الغذائية بشكل منتظم ثم يغلق بإحكام.

3- **مجمدات التجميد الصاعق Immersion freezing with cryogenic liquid** حيث يتم خلالها تجميد المواد المغلفة أو غير المغلفة بشكل جيد ثم تعريضها إلى وسط تبريد بارد جدا (النتروجين وغاز ثاني أوكسيد الفحم السائل). تتم عملية التجميد بإمرار المادة الغذائية المحمولة على حزام ناقل في غرفة محكمة العزل حيث ترش المادة عند دخولها إلى الغرفة بغاز النتروجين وعندما تصل إلى منتصفها ترش برذاذ الغاز السائل ثم تتعرض

في القسم الأخير من الغرفة إلى غاز النتروجين مرة أخرى وبهذا تنخفض درجة حرارتها إلى – 18 – 30 م^0 . وتتميز هذه الطريقة بما يأتي:

أ) وجود فرق حراري كبير بين المادة الغذائية ووسط التبريد مما يجعل نزع الحرارة سريعاً جداً .

ب) قدرة السائل على ملامسة جميع سطوح المادة الغذائية.

ت) تقليل إمكانية أكسدة المادة الغذائية لأن غاز النتروجين غير سام وخامل.

التغيرات التي تحدث للغذاء في أثناء التخزين المجمد (Frozen storage):

1- **عود التبلور Recrystallization** حيث يفسد عود التبلور الفوائد التي يتميز بها التجميد السريع ويؤدي إلى تمزق خلايا الأنسجة وانفصالها ورخاوة القوام. ويعالج ذلك بتخزين المواد الغذائية في درجة حرارة ثابتة ومنخفضة جداً لفترة قصيرة.

2- **التسامي Volatilization** هو انطلاق بخار الماء من عبوات المواد الغذائية غير محكمة الإغلاق أو التغليف فيؤدي إلى تبقع سطوحها وتشوه مظهرها وخاصة في اللحم وهذا ما يعرف بحرق البراد Freeze burn الذي يغير لونها إلى اللون الأسمر والمظهر الجاف. ويمكن معالجة ذلك بالتغليف الجيد والمحكم.

3- **الفجوة الجليدية Ice cavity** وهو تجمد رطوبة هواء العبوة على جدرها الداخلية مكونة طبقة من الجليد، وتحدث هذه الظاهرة في العبوات غير المملوءة بشكل جيد أو عند وجود فراغ في التعبئة.

4- **تغيرات كيميائية** وتشمل: تحلل الصبغات، تحلل الفيتامينات، عدم ثبات البروتينات وقلة انحلالها، أكسدة الشحوم، التفاعلات التي تسبب زيادة كمية السائل النازف من الأنسجة.

جودة الأغذية المجمدة Quality of frozen food:

تتوقف درجة جودة المادة الغذائية المجمدة على ما يأتي:

1- نوعية المادة الغذائية الأولية

2- كفاءة عملية التحضير أو المعاملات الأولية أو التصنيع

3- طريق التغليف ونوعية ومتانة الأغلفة

4- طريقة التجميد وسرعتها

5- درجة حرارة التخزين المجمد وثباتها وعدم تذبذبها

مواصفات الأغلفة المستعملة في عملية تغليف الأغذية المعدة للتخزين المجمد:

1- ذات سماكة رقيقة تسمح بانتقال البرودة بسرعة إلى داخل المادة الغذائية.

2- أن تكون أكياس التغليف مقاومة للتمزق والتشقق عند درجات الحرارة المنخفضة.

3- أن تكون ذات مرونة كافية.

4- غير منفذة للسوائل وبخار الماء.

5- غير ضارة بالصحة.

تعد الأغلفة والأكياس المصنوعة من مادة البولي ايثيلين من أفضل المواد المستخدمة عند تغليف الأغذية المعدة للتخزين المجمد.

تأثير درجات الحرارة المنخفضة على الأحياء الدقيقة في أثناء التخزين المجمد:

يتوقف هذا التأثير على ما يأتي:

1- نوع الأحياء الدقيقة وظروف نموها

2- درجات الحرارة في أثناء التجميد والتخزين المجمد

3- طول فترة التخزين المجمد

4- التركيب الكيميائي للمادة الغذائية

5- التجميد وإزالة حالة التجميد بشكل متناوب

إزالة حالة التجميد وإعادة التجميد مرة ثانية:

إزالة حالة التجميد: هي العملية المعاكسة لعملية التجميد وفيها ترتفع درجة حرارة المادة الغذائية حتى تصل إلى – 1 م^0.

يصاحب عملية إزالة حالة التجميد عن المادة الغذائية بعض التغيرات غير المرغوبة وخاصة عملية نزوح العصير الخلوي منها وخاصة عند استخدام طريقة التجميد البطيئة.

طرائق إزالة حالة التجميد:

1- **باستخدام الهواء البارد:** وهي من الطرق البطيئة وفيها تكون درجة حرارة الهواء 5 إلى 6 م^0 ورطوبة نسبية 65 – 70 %.

2- **باستخدام الهواء الساخن:** وهي من الطرق السريعة وفيها تكون درجة حرارة الهواء 20 م^0 ورطوبة نسبية 55 – 60 %.

3- **باستخدام مزيج الهواء والبخار:** تعد من الطرق السريعة حيث تعمل على اختصار الوقت اللازم لإزالة حالة التجميد عن المادة الغذائية المجمدة بسبب

مقدرة البخار الكبيرة على نقل الحرارة، وفيها يستعمل نوعان من درجات الحرارة:

أ) 4 إلى 5 م^0 ولمدة 16 ساعة

ب) 20 إلى 25 م^0 ولمدة 11 – 13 ساعة

4- **باستخدام الماء البارد أو الماء الفاتر:** يؤخذ على هذه الطريقة التماس المباشر بين الماء والمادة الغذائية مما يساعد على سرعة انتقال الأحياء الدقيقة وانتشارها إن وجدت.

5- **باستخدام الميكروويف:** تعد من الطرق السريعة ولكن يؤخذ عليها تركز درجات الحرارة العالية أحيانا في مناطق محددة وعدم انتشارها بشكل متساو في جميع أجزاء المادة الغذائية المجمدة.

وبشكل عام يفضل إجراء عملية إزالة حالة التجميد للمادة الغذائية المجمدة في حالة الاستخدام المنزلي عن طريق وضعها عند الطبقة الأسفل من البراد قبل يوم من استخدامها، مع مراعاة استخدام هذه الأغذية مباشرة بعد إزالة حالة التجميد عنها، ولا يجوز في أي حال من الأحوال إعادة تجميد المادة الغذائية مرة ثانية بعد إزالة حالة التجميد عنها، لان الاختلاف في درجات حرارة التجميد وإزالة حالة التجميد والعودة إلى التجميد ثانية يشجع وبشكل كبير نمو وتكاثر عوامل الفساد داخل المادة الغذائية إضافة إلى انخفاض في جودة هذه المواد ونوعيتها من حيث القوام واللون والرائحة.

الفصل الثامن

أسس حفظ الأغذية باستخدام الإشعاعات

Principles of food preservation by irradiation

مقدمة:

منذ فجر التاريخ كان على جميع الحضارات أن تطور أنظمة حفظ الغذاء لديها لتأمين مخزون غذائي سليم ومغذي حتى تلبي احتياجات شعوبها ويجب أن يحتوي هذا المخزون على أصناف مختلفة من الأطعمة وأن يكون ذا نوعية جيدة وأسعاره في متناول الجميع حتى أفراد المجتمع ذوي الدخل المحدود و المتدني.

ولقد واجه الإنسان مصاعب شتى لتلبية احتياجاته الغذائية نذكر منها:

1- عدم استقرار العوامل الجوية التي ينتج عنها تذبذب في الإنتاج الزراعي.

2- عدم انتظام الإنتاج وسرعة تلف معظم المواد الغذائية.

وعلى الرغم من الحلول المختلفة المقترحة لتجاوز هذه المشكلات فإن الاكتفاء الذاتي النسبي لم يتحقق إلا بالاعتماد على تقنيات حفظ الغذاء ومعالجته، وتشمل تقنيات الحفظ السليم للغذاء وسائل متعددة بعضها معروف منذ القدم كالتجفيف والتمليح، أما البعض الأخر كالتدخين والتعليب والتجميد والبسترة فهو أكثر حداثة، وقد بدأت تقنية المعالجة بالإشعاع المؤين والمشرد Ionizing radiation تقنية مكملة للتقنيات الأخرى، إضافة إلى إنها تعتبر التقنية الأمثل والبديل لاستخدام التدخين الكيميائي والأساليب الفيزيائية المتبعة في تعقيم الأغذية.

تثير كلمة الإشعاع في أذهاننا للوهلة الأولى الإحساس بالخطر، ولكن هذا المصطلح العلمي يحمل في طياته الأمان لكل مستهلك في غذائه حيث أخذت تقنية حفظ

الأغذية بالتشعيع تثير اهتماماً متزايداً من مختلف أنحاء العالم، وقد أقرت السلطات المسؤولة عن الصحة والسلامة في ست وثلاثين دولة استخدام تقنيات التشعيع في حفظ ما يربو على أربعين نوعاً من أغذية تشمل الحبوب والخضار والفواكه والتوابل، حيث تستخدم تقنية المعالجة بالإشعاع للقضاء على ملوثات الغذاء والحصول على منتجات غذائية بدرجة عالية من الجودة وخالية من الميكروبات الممرضة والفطريات المفرزة للسموم والطفيليات الضارة بصحة الإنسان.

تعد تقانة تشعيع الاغذية حديثة نسبيا من حيث تطبيق استخداماتها على الاغذية. وعلى الرغم من ان هذه التقانة قد اخضعت لدراسات مكثفة الا ان كثيرا من جوانبها المتعلقة باستغلال كامل امكاناتها لا يزال بحاجة للبحث والاستقصاء. ومع انه ينظر لتشعيع الاغذية على انها وسيلة حفظ للأغذية إلا أن ما تتصف به من خصائص تجعلنا نعتبرها وحدة تشغيلية واسعة الشمول يفاد منها لإحداث تغييرات معينة في المواد الغذائية.

مفهوم حفظ الأغذية بالتشعيع:

تتألف عملية حفظ الأغذية بالتشعيع من مرحلتين أساسيتين:

- المرحلة الأولى: تعرف باسم البسترة بالإشعاع، وتجري باستخدام الجرعات المنخفضة من الإشعاع لتأخير الفساد في بعض الأغذية الطازجة السريعة التلف مثل الأسماك والدواجن، إضافة إلى تخفيض أعداد الأحياء الدقيقة في البهارات والقضاء على بعض البكتريا مثل السالمونيلا والطفيليات وإطالة فترة صلاحية الفواكه مثل الفريز وكذلك الحد من الإصابات الحشرية لقتل الحشرات في الحبوب والأغذية المخزنة الأخرى مثل التمور.

– المرحلة الثانية: تعرف باسم التعقيم، وهذه تتطلب استخدام جرعات مرتفعة من الإشعاع للقضاء على جميع الأحياء الدقيقة الموجودة في الغذاء.

أنواع الأشعة المستخدمة في حفظ الغذاء:

تنحصر الإشعاعات المستخدمة في معالجة المواد الغذائية بالأنواع التالية:

1- **الأشعة الالكترونية ذات الطاقة العالية (حزم الالكترونات) The high energy Electron beam:** هي عبارة عن موجات من الالكترونات تنتج بوساطة أجهزة خاصة تقوم بتحطيم الذرة مثل Cyclotron وهذه الالكترونات تحمل شحنة سالبة وتقوم هذه الأجهزة بزيادة سرعتها الى أقصى درجة وبالتالي تزداد طاقة الالكترونات.

2- **الأشعة الكهرومغناطيسية (Electromagnetic radiation):** وتنتج هذه الأشعة من خلال النظائر المشعة مثل الكوبالت 60 الذي يمكن الحصول عليه عن طريق تشعيع معدن الكوبالت في المفاعلات النووية، وكذلك السيزيوم 137 الذي يعتبر أحد نواتج انشطار الوقود المستخدم في المفاعلات النووية، ومن الأمثلة على الأشعة الكهرومغناطيسية نذكر التالي:

أ) أشعة غاما: وهي من أنواع الإشعاعات الكهرومغناطيسية ذات الطول الموجي القصير جداً، وتنبعث أشعة غاما من النظائر المشعة مثل الكوبالت 60.

ب) الأشعة السينية (أشعة X): وهي نوع من الإشعاعات الكهرومغناطيسية ذات الأطوال الموجية القصيرة، يتم توليدها صناعياً وتستخدم في معالجة الأغذية وفي العناية الصحية للتصوير الطبي.

إن الأنواع السابقة الذكر من الأشعة له تأثير قاتل على الأحياء الدقيقة، ويعتبر استخدام الأشعة في مجال حفظ الغذاء محدوداً و يرجع إلى سببين:

1- ضعف قدرة الأشعة الالكترونية على اختراق وتخلل الغذاء، حيث لا يمكن للإلكترونات أن تخترق المادة الغذائية بأعماقها إذا ما قورنت بأشعة غاما أو بالأشعة السينية. فمثلاً الإلكترونات التي يصل محتواها من الطاقة بحدود 3 مليون الكترون فولط تتخلل المادة الغذائية لمسافة أكبر بكثير.

2- إن أجهزة إنتاج الأشعة الالكترونية مكلفة جداً، في حين أن النظائر المشعة التي تنتج الأشعة الكهرومغناطيسية يسهل الحصول عليها وبتكلفة أقل خاصة أن بعضها يعتبر من النواتج الثانوية للمحطات النووية مثل السيزيوم.

وحدات قياس الإشعاعات:

يتم حالياً قياس التشعيع بشكل عام بوحدة تدعى الغراي Gray ، وكانت سابقاً تستخدم وحدة الراد Rad ، هذا ويعتبر 1 Gray = 100 Rad

وإضافة لذلك هناك بعض الاصطلاحات العلمية الأساسية المتعلقة بحفظ الغذاء بالإشعاع يمكن أن نوجزها بما يلي:

- **التشعيع:** هو تعريض منتج غذائي ما بشكل متعمد لإشعاعات غاما الناتجة عن مصدر مشع أو للأشعة السينية أو لحزمة من الالكترونات المسرعة، ويكون هذا التعريض الاشعاعي للمنتج خاضعاً للسيطرة التامة للقائمين عليه.

- **الإشعاع المؤين (المشرد):** هو إشعاع عالي الطاقة بمقدوره اختراق الذرات الأخرى وإحداث تشرد فيها مما يؤدي الى ظهور جسيمات مشحونة كهربائية تدعى الأيونات داخل المادة الغذائية المتعرضة لهذا الإشعاع.
- **جرعة الإشعاع:** يقصد بها كمية طاقة الإشعاع التي تمتصها الأغذية عند مرور الإشعاع فيها في أثناء المعالجة و تقاس جرعة الإشعاع Gray.
- **الأغذية المشعة:** هي تلك الأغذية التي عولجت على نحو مقصود بأنواع معينة من الطاقة الإشعاعية بغية توليد بعض الخصائص المستحبة مثل منع الإنبات او تأخير النضج أو القضاء على البكتريا المسببة للتسمم الغذائي.
- **الأغذية ذات الفعالية الإشعاعية:** هي تلك المواد الغذائية التي أصبحت ملوثة بالمصادفة بمواد ذات فعالية إشعاعية وصلت إليها من اختبارات الأسلحة النووية، أو نتيجة لحوادث التفاعلات النووية، وهذا النوع من التلوث ليس له صلة بالأغذية المشعة التي عولجت على نحو مقصود لحفظها.
- **التلوث الإشعاعي:** سببه الكوارث النووية التي نشأت بسبب الحروب أو نتيجة الانفجارات النووية أو حوادث المفاعلات النووية وتعرض الأغذية للتلوث الإشعاعي، وهذا النوع من التلوث غير مرغوب فيه و ليس له علاقة بتشعيع الأغذية.

آلية تأثير الأشعة المؤينة في المادة الغذائية:

عندما تتعرض المادة الغذائية إلى أي شكل من أشكال الأشعة المؤينة (أشعة x، أشعة غاما، الالكترونات المسرعة) فإن جزءاً ضئيلاً من طاقة الأشعة الساقطة يمتص من قبل المادة المشعة في حين تتصادم معظم الأشعة المؤينة مع جزيئات

المادة الغذائية مسببة إثارة آلاف الذرات وتأيينها التي تقع في طريقها خلال فترة زمنية قصيرة لا تتعدى 0.001 من الثانية. ونتيجة لتبعثر طاقة الأشعة المؤينة في المادة الغذائية فان العديد من الالكترونات المنزوعة من ذرات المادة في أثناء التأيين سوف تحمل طاقة كافية لتأيين ذرات أخرى، وبالتالي فان مجمل حوادث الإثارة والتأيين سوف تؤدي بالنتيجة الى نسبة عالية من التأثيرات الكيميائية في المادة المعالجة. هذا وتنحصر آلية تفاعل الأشعة المؤينة مع المادة الغذائية بطريقتين أساسيتين:

1- **التأثير المباشر Direct Effect:** يفسر التأثير المباشر للأشعة المؤينة في المادة الغذائية بأنه إذا صدمت جزيئة مشحونة مواداً بيولوجية ذات تركيب جزيئي معقد فان العمل البيولوجي لذلك التركيب المعقد سوف يتبدل أو يتحطم، إلا أن معظم الدراسات أشارت أيضاً الى أن ذلك الارتطام المباشر للأشعة مع المادة الغذائية يمكن أن يكون مسؤولاً عن بعض التغيرات البيولوجية فقط، في حين أن غالبية التأثيرات تنتج عن تأيين وسط المحل الحاوي على المواد البيولوجية.

2- **التأثير غير المباشر Indirect Effect:** على اعتبار أن الخلايا الحية تحتوي 70 – 80 % ماء فمن الممكن الافتراض أن معظم الأشعة التي تتعرض لها تلك الخلايا سوف تتفاعل مع الماء، في حين أن نسبة بسيطة من الأشعة الساقطة سوف تصطدم مع المركز الحيوي للخلية بالطريقة المباشرة.

يؤدي التأثير غير المباشر للأشعة المؤينة في الماء إلى تشكيل جذور حرة (ذرات أو جزيئات تحتوي الواحدة منها إلكترونا وحيداً، ويمكن لها أن

تتشكل في أثناء المعالجة الإشعاعية، وهي عموماً شديدة الفعالية وذات بناء غير مستقر وتتحد باستمرار مع المواد لتتشكل منها منتجات مستقرة). هذه الجذور الحرة تكون فعالة جداً كالهيدروجين (H) والهيدروكسيل (OH) التي تساهم بدورها بإحداث التغيرات الكيميائية في المادة المشعة، وتتميز جذور الهيدروجين والهيدروكسيل الحرة بأنها فعالة جداً ويمكنها أن تلعب دور عوامل أكسدة وإرجاع، أو أن تعمل على تحطيم الروابط بين ذرات الكربون (C-C)، كما تستطيع هذه الجذور الحرة أن تضم جزيء أكسجين وتشكل جذور البيروكسيد والهيدروجين بيروكسيد الفعالة والمسؤولة عن نسبة من التغيرات الكيميائية التي تحصل في المادة المشعة.

حدود الجرعات و تطبيقاتها العملية في تشعيع الغذاء:

تقسم الجرعات التي تتعرض لها المواد الغذائية الى أربعة مجموعات و يكون الأثر بحسب مقدار الجرعة:

1- **الجرعات الإشعاعية المنخفضة (حتى 1 كيلو غراي)**، وتستخدم في الحالات التالية:

أ) منع الإنبات والانتاش Prevention of sprouting and germination، حيث تتعرض بعض المواد الغذائية في أثناء تخزينها في ظروف غير مناسبة ولاسيما توافر نسبة من الرطوبة الى بدء ظهور الإنبات، مثل درنات البطاطا والبصل والثوم. وقد بينت البحوث أن تشعيع هذه المواد حال دون إنباتها وحفظ النوعية المرغوبة لها خلال فترة التخزين، هذا وتتراوح الجرعة الإشعاعية ما بين 50 إلى 150 غراي.

ب) التخلص من الحشرات والتطهير من الطفيليات في النجيليات وحبوب البقوليات والفاكهة الطازجة والمجففة، وتتراوح الجرعة الإشعاعية من 150 إلى 500 غراي، ويؤدي استعمال التشعيع بهذه الجرعات المنخفضة الى قتل أو تعقيم جميع مراحل تطور الحشرات الضارة في الحبوب بما فيها بيوض الحشرات داخل الحبوب أو تعقيمها ، ويمكن أن يفيد التشعيع في التخلص من الإصابة في تحسين تجارة بعض أنواع الفاكهة الاستوائية والمدارية مثل الحمضيات والمانغو.

ت) تأخير العمليات الفيزيولوجية، مثل الإنبات للفاكهة والخضار الطازجة. وتتراوح الجرعة الإشعاعية ما بين 500 إلى 1000 غراي.

2- **الجرعات الإشعاعية المتوسطة (من 1 إلى 10 غراي)**، وتستخدم في الحالات التالية:

أ) إطالة فترة التسويق لبعض المنتجات الزراعية (فريز، فطر) ومنتجات حيوانية، وتتراوح الجرعة الإشعاعية ما بين 1 إلى 3 كيلو غراي.

ب) التخلص من الأحياء الدقيقة المسببة لتلف بعض الأغذية البحرية الطازجة والمجمدة، وتتراوح الجرعة الإشعاعية ما بين 1 إلى 7 كيلو غراي.

ت) تحسين مواصفات الغذاء التصنيعية لزيادة مردود العصير في العنب وإنقاص زمن الطهي في الخضار المجففة، وتتراوح الجرعة الإشعاعية ما بين 2 إلى 7 كيلو غراي.

3- **الجرعات الإشعاعية العالية (من 10 إلى 50 كيلو غراي)**، وتستخدم في الحالات التالية:

أ) التعقيم الصناعي للأطعمة الجاهزة وأطعمة المشافي التي تحتاج الى تعقيم، وتتراوح الجرعة الإشعاعية ما بين 30 إلى 50 كيلو غراي.

ب) إزالة التلوث من بعض إضافات ومكونات الغذاء كالبهارات والمستحضرات الأنزيمية، وتتراوح الجرعة الإشعاعية ما بين 10 إلى 50 كيلو غراي.

4- **الجرعات الإشعاعية العالية جداً:** لا تستخدم في تشعيع الأغذية، وإنما تستخدم لاختبار قساوة المواد نصف الناقلة والمستخدمة في الدارات الكهربائية، وهي عادة أكبر من 100 كيلو غراي.

تأثير التشعيع في الأحياء الدقيقة:

يتوقف الاثر القاتل لجرعة اشعاعية ما على كل من العوامل التالية:

1- نوع الميكروب وجنسه

2- عدد الاحياء الموجودة اصلا، فكلما كان عددها كبيرا كانت فعالية الجرعة اقل تأثيرا.

3- تركيب الغذاء. تتصف بعض مكونات الغذاء بحمايتها للأحياء مثل البروتينات والكاتالايز والمواد المرجعة (الازوتيات والكباريت ومركبات السولفهايدريل)، وقد تكون منتجات التأين مؤذية لها.

4- وجود الاوكسجين او غيابه. قد يكون وجود الاوكسجين مدعاة لتشكل تفاعلات جانبية غير مرغوب فيها، وتقل هذه التفاعلات في الاجواء المفرغة او المحتوية على الازوت.

5- حالة الغذاء الفيزيائية في اثناء التشعيع. حيث ان درجة الحرارة والرطوبة تؤثران في الاحياء الدقيقة بطرائق مختلفة.

6- ظروف الاحياء الدقيقة من حيث درجة النمو والعمر والتجرثم (التبوغ)، كل هذا له تأثير على حساسيتها للتشعيع.

ومما يجدر ذكره في هذا المجال ما يلي:

أ) مقاومة الاحياء الدقيقة للإشعاع هي اكثر من مقاومة الانسان.

ب) الجراثيم (الابواغ) البكتيرية اكثر مقاومة من الخلايا الخضرية.

ت) الاحياء الدقيقة الموجبة لصبغة غرام اكثر مقاومة من السلبية للصبغة نفسها.

ث) تتفاوت الخمائر والأعفان بمقاومتها للتشعيع.

التطبيقات الممكنة للأشعة المؤينة في مجال حفظ الفواكه والخضار:

تشير الدراسات والبحوث المنفذة في هذا المجال الى مجموعة من النتائج المفيدة، وفيما يلي مراجعة لكل من هذه التأثيرات والنتائج وعلاقتها بالتطبيقات الممكنة:

1- **منع إنبات الدرنات والأبصال والخضار الجذرية:** وذلك باستعمال الأشعة المؤينة بجرع من 50 إلى 150 غراي، ويزداد تأثير المعاملة الاشعاعية عند تطبيقها في فترة السكون أي قبل الإنبات حيث يتم منع الإنبات من خلال إحداث تبدلات فيزيولوجية ومورفولوجية في نسج مراكز النمو مما يؤدي إلى قتل الخلايا الميرستيمية أو تكشفها لاحقاً الى براعم مشوهة.

2- **منع نمو الفطور الزراعية:** لقد أدى استعمال الأشعة المؤينة بجرع تتراوح من 60 إلى 500 غراي الى منع تفتح القلنسوة واستطالة الساق والحد من انتشار العفن والمحافظة على الخصائص النوعية للفطور.

3- **القضاء على الحشرات:** يمكن أن تصاب ثمار الفاكهة والخضار الطازجة بعدد كبير من الحشرات ومنها ذباب الفاكهة كذبابة فاكهة البحر المتوسط و

ذبابة الفاكهة الشرقية و هذه الإصابة تعيق التبادل التجاري، وقد تبين أن استخدام التشعيع بجرعة أقل من 1 كيلو غراي عملية فعالة للقضاء على ذباب الفاكهة ودودة ثمار التفاح و دودة البرتقال أبو صرة إضافة إلى القضاء على فراشة درنات البطاطا.

4- **إطالة فترة التخزين:** لقد أجريت تجارب عديدة لاختبار اثر الأشعة في إطالة مدة التخزين لبعض أنواع من الفاكهة والخضار فكانت النتائج التالية:

أ) عدم تحمل بعض أنواع من الثمار للجرع الاشعاعية وأبدت هذه الثمار حساسية للجرع المنخفضة من الأشعة المؤينة حيث سببت لها أضراراً داخلية وخارجية، ومن هذه الثمار (الليمون، البرتقال، الخيار، الزيتون).

ب) بعض الثمار تحملت الإشعاع دون أن تظهر آثار ايجابية على قابلية إطالة تخزينها (أناناس، بطيخ أصفر).

ت) أدت عملية التشعيع الى تسريع عمليات نضج الثمار (الدراق).

ث) أدت عملية التشعيع الى وقف نشاط مسببات تلف الثمار (بندورة، فريز، تين).

ج) تم تأخير مرحلة الشيخوخة بتشعيع بعض الفواكه (كرز حلو، مشمش).

ح) تم تأخير نضج ثمار الموز والمانغا باستخدام الأشعة.

5- **تأخير نضج الثمار و شيخوختها:** كما هو الحال في الموز، الجوافة والمانغا، حيث تم استخدام جرع من الأشعة المؤينة تتراوح من 250 الى 350 غراي، ثم إيقاف التأثير الإشعاعي وتحريض ثمار مشعة على النضج بمعاملتها بالايثيلين.

6- دور الأشعة في المحافظة على المواد الغذائية من التلف: تبين أن استخدام التشعيع في مجال حفظ المواد الغذائية يؤدي إلى خفض الفقد الناتج عن الفساد والتحلل والسيطرة على المكروبات والأحياء الدقيقة الأخرى التي تسبب الأمراض المحمولة بالغذاء، فالتشعيع يعطل نشاط الأحياء المسببة للفساد (البكتريا والفطريات والخمائر).

تأثير المعاملة بالإشعاع في المادة الغذائية:

تتأثر المواد الغذائية عند معاملتها بالإشعاع و تتعرض لبعض التغيرات في صفاتها و يتوقف هذا التأثر على مجموعة من العوامل نذكر أهمها:

1- نوع الإشعاع والجرعة المستخدمة

2- الظروف البيئية المحيطة بالغذاء

3- درجة حرارة المادة الغذائية

4- تركيب الغذاء نفسه

هذا ومن أهم التغيرات التي تظهر على المادة الغذائية المشعة:

1- يؤدي استعمال الأشعة الى خفض نسبة الأحماض العضوية في الثمار وارتفاع نسبة السكر الى الحمض، وإكساب الثمار المعاملة بالإشعاع طعماً حلواً يزيد عما هو عليه في الأغذية غير المشعة.

2- تتأثر الفيتامينات بالأشعة وهي ذات حساسية متباينة للإشعاع وتتوقف هذه الحساسية عند استبعاد الأكسجين وخفض درجة الحرارة في أثناء إجراء المعالجة، وتعد الفيتامينات (B,K,E,D,A) في الأغذية حساسة نسبياً للإشعاع

على حين أن بعض أفراد مجموعة فيتامين (B) الأخرى مثل الرايبوفلافين ونياسين وكذلك فيتامين D أكثر ثباتاً.

3- تتفكك الصبغات النباتية عند تعريض الثمار للأشعة، ومن أكثر الصبغات حساسية للأشعة الكلوروفيل ثم يليه الليكوبين، ويعتبر الكاروتين من الصبغات المتحملة للأشعة

4- يؤدي استعمال الأشعة بجرعات من 4 إلى 5 كيلو غراي الى حدوث تغيرات في خصائص الثمار وينتج عنها ظهور طعم ورائحة ونكهة غير مستحبة بسبب تحطيم الروابط الكربونية والكربوكسيلية في مواد النكهة.

5- إن للأشعة دوراً ملياً للثمار من خلال تفكيكها للمركبات المسؤولة عن صلابة الثمار، وقد لوحظ أن استعمال الجرع من 2 إلى 3 كيلو غراي يفقد الثمار قوامها ويزيد من ليونتها ويجعلها غير صالحة للاستهلاك، ويمكن التغلب على هذه السلبيات باستعمال الحرارة أولاً ثم الأشعة أو تغطيس الثمار قبل التشعيع وبعده بمحلول كلور الكالسيوم.

6- إن استخدام الأشعة يزيد من شدة التنفس للثمار المعاملة وتستمر هذه الزيادة لمدة أسبوع ثم يعود بعدها معدل التنفس إلى وضعه الطبيعي.

7- تتحطم مضادات الأكسدة الموجودة بصفة طبيعية في الدهون النباتية والحيوانية المعاملة بالإشعاع، كما تتكون البيروكسيدات وتظهر الأحماض ومركبات الكربوكسيل ويرتفع نتيجة لذلك كل من الرقم الحمضي ورقم البيروكسيد.

8- يتأثر البروتين بالإشعاع حسب الجرعة المستخدمة، حيث يتعرض إلى فتح السلاسل الببتيدية وانفجار الجزيئات، ويتبع ذلك حدوث بلمرة للأجزاء

الناتجة، ومع الجرعات العالية من الإشعاع يمكن أن تحدث تغيرات في التركيب الطبيعي للبروتين وقد يحدث ترسيب له.

العوامل المساعدة للتقليل من التأثيرات الضارة للأشعة:

1- استخدام جرعات منخفضة.

2- التشعيع بغياب الأوكسجين.

3- استخدام مستقبلات الجذور الحرة (الأسكوربيك) للتقليل من تأثير أكسدة المادة الغذائية.

4- تخفيض كمية الماء في الغذاء.

5- إجراء التشعيع عند درجات حرارة منخفضة.

تغليف الأغذية المشععة:

للتغليف اهمية خاصة في تعقيم الاغذية بالتشعيع نظرا لأنه يجب منع اعادة التلوث بعد التعقيم. وكما ان حفظ الاغذية المعلبة يتم بنجاح ضمن علب من الصفيح او في اوعية زجاجية، فان حفظ الاغذية المشععة في علب من الصفيح كان ناجحا ايضا. غير ان العبوات البلاستيكية تمتاز عن المعدنية من حيث خفة الوزن وسهولة التخزين وصغر الحيز الذي تشغله نسبيا، وفيما يلي بعض العوامل الهامة التي يجب ان تؤخذ بعين الاعتبار عند انتخاب مادة تغليف الاغذية المشععة:

1- نوع مادة التغليف.

2- مدى مقاومتها للنخر في أثناء التخزين والتداول.

3- ثخانة مادة التغليف.

4- شكل العبوة.

ويوصى دائما بأن تكون طريقة التغليف ومادتها ملائمتين للمادة الغذائية التي يجري تشعيعها، والا يكون للتشعيع أي اثر سلبي للخصائص الوظيفية لمادة التغليف التي وقع عليها الاختيار، والا تحولها عملية التشعيع الى مادة غير سليمة، ويتم تحديد ذلك بموجب طرائق الاختبار الملائمة التي تطبق عادة على مواد تغليف الاغذية غير المشععة.

إن استخدام الإشعاع في حفظ الأغذية لا يزال بحاجة الى المزيد من البحث والدراسة على الرغم أنه لم يسبق أن خضعت أي طريقة أخرى لمعالجة الأغذية لمثل تلك الاختبارات التي أجريت على تقنية المعاملة الإشعاعية التي استمرت على مدى أكثر من أربعين عاماً متصلة.

هذا وإن قبول المستهلك للأغذية المشععة على مستوى تجاري أمر بالغ الأهمية إذ يشمل هذا القبول إدراك سلامة الغذاء المشعع وجودته وقيمته الشرائية، ولا يصعب إدراك أسباب عدم قبول المستهلك للغذاء المشعع وسلبية الرأي تجاهه لأنه يرتبط في أذهان الناس بالمخاوف التي سمعها عن الأسلحة النووية والمخاطر المدمرة التي يجلبها معه الانفجار النووي، وان الآثار التي تتركها هذه التسربات أو الانفجارات النووية تشكل تهديداً للصحة يدوم أجيالا ويلحق بالناس أضراراً جسدية يصعب التنبؤ بها أو وقفها إذ مازالت آثار حادثة تشرنوبل عالقة في أذهان كثير من الناس.

التجربة السورية في مجال استخدام التشعيع في حفظ الأغذية:

وجد في سوريا برنامج تشعيع الأغذية في دائرة تشعيع الأغذية في قسم تكنولوجيا الأشعة بهيئة الطاقة الذرية، ويتضمن البرنامج تنفيذ البحوث والتجارب والدراسات المتعلقة باستخدام المعالجة الاشعاعية كأسلوب للمحافظة على الغذاء كماً

ونوعاً في المواصفات المطلوبة للاستهلاك والتداول التجاري ودراسة قبول المستهلك للأغذية المعالجة بالأشعة وتنفيذ دراسات الجدوى الاقتصادية اضافة للمساهمة في إصدار التشريعات اللازمة لنقل هذه الثقافة الى حيز التطبيق.

الكشف عن الأغذية المشعة:

تطالب الهيئات المختصة بمراقبة الأغذية في الدول التي لا تسمح باستخدام هذه التقنية وذلك بإيجاد وسائل أو طرق للكشف عن الأغذية المشعة المستوردة، ومما لاشك فيه أن هذا الهدف مطلب للكثير من الدول التي تسمح بتشعيع بعض أنواع الأغذية، وإن إيجاد وسائل أو طرق للكشف عن الأغذية المشعة يعد أمراً مرغوباً للمستهلك وللهيئات الحكومية المختصة بمراقبة الأغذية وللمصنعين الذين يستخدمون هذه التقنية، حيث تباع الأغذية المشعة في الدول التي تسمح بذلك بأسعار أعلى من نظيرتها غير المشعة لأن المصنع أو البائع يعرض منتجات ذات صفات جيدة في الأغذية المشعة مثل خلوها من السالمونيلا أو لأن لها فترة صلاحية أطول.

لقد استخدمت عدة طرق للكشف عن الأغذية المشعة شملت طرقاً كيماوية لتحديد نواتج التحليل بالتشعيع مثل المالون ثنائي الألدهيد Mallon aldehyde، كما استخدمت طرقاً فيزيائية مثل طيف الرنين المغناطيسي والتوصيل الكهربائي وطرقاً بيولوجية أخرى.

الشروط الواجب توفرها في الطريقة المثلى للكشف عن الأغذية المشعة:

1- أن تكون خاصة بالتشعيع ولا تتأثر بعمليات التصنيع والتخزين.

2- لا تستخدم فيها أجهزة باهظة الثمن.

3- تتطلب كمية صغيرة من الأغذية.

4- سهلة وسريعة عند إجرائها.

5- يمكن تطبيقها على مدى واسع من المنتجات.

6- بإمكانها الكشف عن المكونات المضافة للأغذية التي عرضت للتشعيع.

تعتبر طريقة الرنين المغناطيسي وكروماتوغرافيا الغاز المرتبط بجهاز طيف الكتلة والتلألؤ الحراري من أهم الطرق التي تنطبق عليها معظم المعايير.

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل التاسع

تصنيع الهلام والمربى والمرملاد

Processing of jellies, jams and marmalades

مقدمة:

تعد صناعة الهلام والمربى والمرملاد من المنتجات الغذائية الهامة والصناعات المنزلية ذات الانتشار الواسع في كثير من بلاد العالم ومنها سورية. ويمثل تصنيعها أحد طرائق حفظ الأغذية الهامة لأنـــها تستفيد مـــن الثمار التي لا تستعملها الصناعات الأخرى وترفد المستهلك بمنتجات ذات قيمة غذائية عالية وخاصة الفيتامينات والكربوهيدرات. وتعتمد صناعة الهلامات والمربيات والمرملاد على أساس وجود المواد الصلبة المنحلة والحموض بنسب مرتفعة نسبياً .

تحضر الهلامات والمربيات والمرملاد من الثمار أو الثمار وأجزائها الأخرى (كقشور الثمار) بإضافة السكر وزيادة تركيزه حتى درجة لا تسمح بنمو الأحياء الدقيقة التي تتسبب بفساد الأغذية. ويقوم السكر وحده بمهمة الحفظ، وهو في ذلك أكثر فعالية عند وجوده مع الحمض. وإضافة إلى الحفظ بالسكر قد يلجأ إلى طرائق حفظ أخرى كالتعقيم أو التبريد. ويتم منع نمو الفطور والأعفان عن طريق عزل سطح المنتجات عن الهواء أو باستبعاد الهواء عنها عن طريق تعبئة الهلامات والمربيات والمرملاد في أوان محكمة الإغلاق بعد التخلية من الهواء.

ويفيد إحكام الإقفال في منع فقد المنتجات بعض رطوبتها، كما يفيد في تجنيبها الأكسدة وحدوث تغيرات أخرى غير مستحبة سواء من حيث الطعم أو الرائحة.

الهلامات Jellies: يعرف الهلام بأنه ذلك المنتج الذي يحضر بغلي الثمار مع الماء (أو من دونه)، واستخلاص العصير وتصفيته، وإضافة السكر (سكروز)، والتركيز (بالتسخين) على قوام يمكن أن يتهلم مباشرة عقب التبريد. يتكون الهلام من مزيج عصير الفاكهة الطبيعي مع السكر بنسبة 45 : 55 وزناً. ويضاف إلى الهلام بعض المواد الأخرى بقصد تحسين الطعم أو اللون معاً أو لإتمام نقص مكونات العصير كالحموض العضوية (حمض الليمون عادة) والبكتين. يتصف الهلام الجيد بنقاوته ومظهره الشفاف ولونه الجذاب. ويجب أن يحافظ الهلام على قوامه المتماسك عند إزالته من العبوة فلا ينساب بل يبقى كتلة رجاجة. كما يجب ألا يكون قوامه لزجاً أو صمغياً وأن يبقى محتفظاً بنكهته الأصلية وأن يمثل طعم الفاكهة التي حضر منها. ويجب أن تكون حافة الهلام حادة عند قطعها بالسكين وسطحه براقاً ومظهره أملس.

المربى Jams: ونميز منه نوعين:

1- **المربى المهروس:** يحضر المربى المهروس بغلي الثمار مع السكر حتى يمكن الحصول على قوام ثخين نسبياً من دون أن تبقى الثمار محافظة على شكلها. ويجب ألا تقل نسبة الثمار عن 45 جزءاً (بالوزن) مقابل 55 جزءاً من السكر.

2- **المربى السليم:** يحضر المربى السليم بطهي الثمار في محلول سكري (سكروز) حتى يتراوح تركيزه ما بين 55 – 70 %، ويجب أن تبقى الثمار محتفظة بقوامها وشكلها.

المرملاد Marmalade: هو هلام يحتوي على قطع نوع معين من الفاكهة معلقة فيه، ويقتصر تحضيره على البرتقال والنارنج والكريفون.

المكونات الأساسية للهلامات:

يجب أن تحتوي الفاكهة المراد استعمالها في صناعة الهلام على كميات كافية من الحموض والبكتين من أجل الحصول على هلام جيد دون أن يضطر الصانع إلى إضافة هذه المواد إلى عصير الفاكهة. ويعتمد نجاح تصنيع الهلام على التكوين الجيد للشبكة الهلامية الناتج عن اتحاد جزيئات البكتين المنحلة والمتوضعة بأشكال واتجاهات كثيرة ومتباينة بوساطة الروابط الهيدروجينية. ولكي يتحقق هذا التوازن لا بد من توافر كمية كافية من البكتين والحموضة المتمثلة برقم حموضة محددة وكمية من السكر لا تقل عن 65 %، **لذلك يعتمد تكوين الهلام على توافر مكونات الهلام الأساسية وجودة صفاتها وهي:**

1- **العصير:** يعد العصير المأخوذ من الفاكهة الأساس الذي تقوم عليه عملية تصنيع الهلام، لأنه يحتوي على البكتين اللازم لتكوين الشبكة الهلامية، وعلى الحموضة التي تهيئ الوسط اللازم لارتباط الألياف البكتينية.

2- **البكتين:** ركن أساسي في تشكيل الشبكة الهلامية، ويتكون من سلاسل حمض الغلاكتورونيك المؤسترة جزئياً التي تكون مع الماء محلولاً غروياً. تختلف كمية البكتين في الثمار المختلفة، فتعد ثمار التفاح وثمار توت العليق والليمون والكريفون والكشمش من الثمار الغنية بالبكتين والحمض، ومن الثمار الغنية بالبكتين والفقيرة بالحمض أنواع الكرز الحلوة والتين والموز والسفرجل، ومن الفواكه المعتدلة بمحتواها من البكتين والحمض أصناف العنب الناضجة والتوت وثمر العليق والاكي دنيا، ومن الفواكه الفقيرة بهما الرمان والدراق والإجاص الناضجة. لذا يحسن خلط

عصير الفواكه قليلة البكتين مع عصير فاكهة غنية به، أو تضاف كمية من بكتين تجاري لتعديل نسبة البكتين في العصير للحصول على هلام جيد.

3- **الحموضة:** تعد الحموضة من أهم عوامل تشكيل الشبكة الهلامية، ولكن لا يكفي توافر كمية كبيرة منها لضمان تشكيل الهلام لأن وجود المواد ذات التأثير الواقي Buffering تقلل من فعل الحموضة، لذلك لا يمكن ربط تشكل الهلام بالحموضة الكلية للعصير لأن وجود المواد الواقية يقلل من رقم الحموضة pH، كما توجد علاقة مباشرة بين الحموضة الفعالة Active acidity أي pH وتشكيل الهلام. وقد وجد أن رقم الحموضة الأدنى الذي يتشكل عنده الهلام هو 3.46 شريطة أن تكون كمية البكتين الموجودة مساوية للحد الأدنى لكمية البكتين اللازمة لتشكيل الهلام. يحدد تركيز شاردة الهيدروجين أو رقم الحموضة pH صفات الهلام الناتج حيث يصبح الهلام قاسياً بإنخفاض رقم الحموضة مما قد يؤدي إلى نزف بعض السائل منه، ويصبح رخواً إذا ارتفع رقم الحموضة إلى أكثر من 3.5 إلى حد عدم تشكل الهلام بسبب عدم تشرد جزيء البكتين.

4- **السكر:** يعد السكر من العوامل الأساسية المحددة لنجاح تشكيل الهلام. وأهم ما يقوم به السكر جذب جزيئات الماء فيؤدي إلى تقليل ذوبان البكتين غير المتشرد كي يظل جزء منه متاحاً لتشكيل الشبكة الهلامية ويساهم في مرونة الهلام. ويحبذ استعمال سكر جيد في تصنيع الهلام وجميع المربيات، وتتوقف كمية السكر المضافة على كمية البكتين في العصير، فإذا كان العصير غنياً بالبكتين أضيف إليه حجم مساو من السكر أو أكثر قليلاً، أما إذا كان العصير فقيراً به أضيفت إليه كمية من السكر تقل عن حجمه.

وعموماً يجب تطبيق القاعدة الأساسية في عمل المربيات والهلام وهي احتواؤها على 45 جزءاً من الثمار إلى 55 جزءاً من السكر.

تشكيل الشبكة الهلامية Gel formation:

تتشكل الشبكة الهلامية عندما تتوافر عناصر تكوين الهلام وهي العصير والحموضة والبكتين والسكر في حالة توازن مناسب، ويمكن تشكيل الشبكة الهلامية كما يأتي:

يحمل البكتين شحنة سالبة عندما يكون في عصير الفاكهة، فإذا أضيف إليه السكر خلخل السكر هذا التوازن وقلقل جزيئات البكتين التي تتكتل مكونة شبكة من الخيوط تنحبس في طياتها قطرات السائل، وتمتد استمرارية هذه الشبكة بفعل البكتين وتتأثر كثافة النسيج بتركيز البكتين، فكلما زاد تركيز البكتين زادت كثافة ألياف الشبكة، أما قوة الشبكة فتتأثر بما يأتي:

1- تركيز السكر الذي تؤدي زيادته إلى انخفاض قدرة الشبكة على احتباس الماء.

2- تركيز الحمض الذي يتحكم بمتانة الألياف المتكونة، حيث تجعل الحموضة العالية الألياف متينة قاسية، وقد يتحطم تشكيل الهلام لتحلل البكتين، وتؤدي الحموضة المنخفضة إلى ألياف ضعيفة غير قادرة على احتباس السائل.

متطلبات معدات إنتاج الهلام والمربى والمرملاد:

درجت ربات البيوت على تحضير أنواع الهلام والمربى والمرملاد بموجب وصفات جرى تداولها عبر الأجيال، وقد تبنت الصناعة بعض الوصفات المتداولة مع زيادة في مقادير المكونات مع ما يتناسب والطاقة الإنتاجية المرغوب فيها. إلا

أن دور الخبرة والمراس بقي مهماً في إنجاح عمليات التحضير سواء أكانت تتم في حيز المنزل أو المزرعة أم على مستوى الإنتاج التجاري. وبقيت هناك في بعض الحالات عوامل محددة للإنتاج لا يمكن تجاوزها، ذلك عند الرغبة في تحضير منتج نهائي ذي صفات جيدة، والمثال على ذلك هو كمية (الطبخة) الواحدة من الهلام إذ إنه كلما كانت صغيرة ومحدودة أصبح بالإمكان الحصول على منتج نهائي مستوف المواصفات المطلوبة. وقد حققت صناعة منتجات أنواع الهلام والمربى والمرملاد إنجازات ضخمة بعد أن استخدمت في عمليات التصنيع معدات متطورة للتسخين والتبريد والتبخير. والمبادل الحراري ذو المقاشط مثال متميز يبين دور المعدات المتطورة في إمكان إخضاع تصنيع الهلام والمربى والمرملاد للإنتاج المستمر.

يتكون المبادل الحراري ذو المقاشط من أسطوانة مزدوجة الجدار ركب في مركزها محور دوار يتحرك بفعل محرك كهربائي أو هيدروليكي ركب في قمة الأسطوانة. وقد وصل بالمحور الدوار سكاكين تكاد تلامس نصالها السطوح الداخلية للأسطوانة فتعمل في أثناء دورانها على قشط المنتج من السطوح مما لا يدع مجالاً لاحتراق دقائق المنتج عند التسخين. يضخ المنتج من أسفل الأسطوانة ويؤخذ من مخرج في أعلاه، أما سائل التسخين والتبريد فيضخ فيما بين جداري الأسطوانة وباتجاه معاكس لاتجاه خط سير المنتج.

تصنيع الهلام:

تمر عمليات تصنيع الهلام بعدد من الخطوات المتتابعة نلخصها بما يأتي:

1- تحضير الثمار: يتم الحصول على الثمار من حقول المزارعين المرتبطين بعقود توريد إلى مصانع الأغذية أو من الأسواق المحلية، ولا يشترط أن تكون هذه الثمار من الدرجات ذات النوعية العالية بل يمكن استعمال ثمار

الدرجات العادية التي لا تفي بمتطلبات التصنيع الأخرى، لأن شكل هذه الثمار وحجمها غير ذي أهمية في صنع الهلام والمربى.

2- **غسيل الثمار:** تغسل الثمار التي تحتوي سطوحها على كمية من الأتربة والشوائب ولا سيما إذا كانت من الثمار الملامسة لسطح التربة أو سقطت عليها من الأشجار.

3- **تقشير الثمار:** تقشر الثمار ذات القشور السميكة أو القاسية مثل التفاح والإجاص والسفرجل والخوخ، ولا تحتاج الثمار رقيقة القشور إلى تقشير كما هو الحال في ثمار المشمش والتوت وثمار العليق، كما تزال النوى من الثمار ذات الأنوية، وتتم جميع هذه العمليات يدوياً إذا كانت كميات الثمار قليلة، أو تستعمل الأجهزة الآلية للقيام بها في المصانع الكبيرة.

4- **غلي الثمار:** تختلف كمية العصير في الثمار المختلفة كما تختلف قساوة هذه الثمار، ولكي يمكن استخلاص جميع العصير من هذه الثمار يعمد إلى غلي الثمار القاسية مثل ثمار التفاح والسفرجل مع قليل من الماء، وتطبخ الثمار التوتية دون إضافة الماء غالباً، كما تحتوي بعض الثمار على كمية كبيرة من العصير مما يتطلب استخلاصها مرتين، وفي جميع الحالات يجب عدم إطالة مدة الغليان أكثر من اللازم للحفاظ على طعم هذه الثمار وتجنب حلمهة البكتين.

ويتوقف طول مدة الغليان على مدى قساوة الثمار وصلابة قوامها، فتحتاج ثمار التفاح إلى عشرين دقيقة أو أقل وتحتاج ثمار البرتقال إلى 30 – 60 دقيقة، ويجب عدم استمرار عملية الغليان إلى أبعد من الحد الذي يسمح باستخراج أكبر قدر من العصير لأن التسخين المفرط يؤدي إلى الحصول

على عصير عكر صعب التصفية لكثرة ما يشوبه من المواد البكتينية الأولية غير المنحلة.

5- **الحصول على العصير:** توضع الثمار حالما ينتهي سلقها وتلين أنسجتها بين ثنايا قطعة قماش أو مصفاة ويضغط عليها لاستخلاص عصيرها، وتستخدم المصانع الكبيرة أجهزة العصر الهيدروليكي ذوات القدرة الملائمة لإتمام هذه العمليات بقدر ملائم من النظافة والإتقان.

6- **تصفية العصير:** يكتسب الهلام لونه الجذاب ومظهره الجميل من جمال لون العصير وصفاته، لذا يعمد المصنعون إلى تصفية العصير مرة أو مرتين حتى يغدو صافياً رائقاً. وتجري عمليات التصفية باستعمال المصافي القماشية أو مصافي الضغط، ويستحسن أن يخلط العصير بقليل من مساعدات التصفية التي تكون طبقة رقيقة فوق قماش المصفاة تساعد على تحسين عملية التصفية ومنع انسداد ثقوبها، ويمكن الوصول إلى تصفية العصير بوضع العصير في أوعية عميقة واسعة لمدة 24 ساعة حتى ترسب المواد المعلقة وتستقر فوق قعر الوعاء عندها يسحب العصير الرائق، وإذا لم يتم الانتظار لإجراء عملية الترويق فيمكن اللجوء إلى تثفيل العصير باستعمال المثفلات ذات السرعة العالية، ولكن يراعى إزالة المواد المعلقة ذات الحجم الكبير قبل إجراء عملية التثفيل لمنع انسداد ثقوب المثفلة.

7- **إضافة السكر:** تتوقف كمية السكر المضافة إلى حجم معين من العصير على كمية البكتين فيه، فإذا كان العصير غنياً به أضيف إليه حجم مساو

من السكر أو أكثر قليلاً، وإذا كان العصير فقيراً بالبكتين يضاف إليه أقل من حجمه من السكر. ويمكن تحديد كمية السكر الملائمة بإجراء اختبار سريع لكمية البكتين في العصير وذلك بأخذ 200 سم^3 من العصير وإضافة 100 و150 و200 غرام من السكر إليها على التوالي، ثم ملاحظة أي كمية من السكر تعطي أفضل تهلم، وعموماً يجب ألا تزيد نسبة السكر على 55 جزءاً إلى 45 جزءاً من الثمار.

يفضل استعمال سكر جيد في صنع الهلام والمربيات، كما يمكن استعمال قطر الذرة بكميات محدودة بغرض خفض نفقات الإنتاج، وتقوم المصانع الكبيرة بتخزين السكر في خزانات كبيرة والعصير في خزانات مماثلة لها في الحجم وتربط جميعها بأنابيب تصب في قدور الطبخ وتسحب منها الكميات المحسوبة اللازمة لعمل كمية الهلام المطلوبة.

8- **إضافة البكتين:** تؤدي إضافة البكتين إلى تحسين قوام الهلام والحصول على منتج متماثل الجودة والمظهر. وقد لا يضاف البكتين إلا إلى عصير الفاكهة الفقيرة به، ولمعرفة الكمية الواجب إضافتها منه يقدر البكتين في العصير بإحدى طرائق تقدير البكتين مثل طريقة Wichmann أو طريقة Carree haines إلا أن هذه الطرائق تحتاج إلى وقت طويل، لذلك يمكن للصانع المدرب أن يتحقق من الحاجة إلى إضافة البكتين بتجربة سهلة تتضمن أخذ حجوم متساوية من العصير والكحول الميثيلي أو الإيثيلي تركيزه 95 % في كأس ثم خلط المزيج جيداً، فالعصير الغني بالبكتين يؤدي إلى تكوين كتلة هلامية واضحة، والمتوسط يشكل قطعاً هلامية متفرقة والفقير به يشكل بضع قطع أو لا يشكل شيئا.

يباع البكتين في الأسواق التجارية على شكل مسحوق ناعم أو محبب، وله نوعان بكتين سريع التهلم وبكتين بطيء التهلم، وتجري إضافته إلى العصير بعد خلطه بعشرة أجزاء من السكر الجاف ويضاف المزيج إلى العصير وهو ساخن دون درجة الغليان وفي نهاية مرحلة الطبخ على دفعات متتالية حتى تضاف الكمية كلها.

9- **إضافة الحمض:** يجب ألا تقل حموضة العصير عن 0.5 % ويفضل أن تتراوح بين 0.75 – 1 %، فإذا لم تصل حموضة العصير المستعمل إلى هذا القدر وجب إضافة الحمض الذي قد يكون حمض الليمون على الأغلب أو حمض طرطير أحيانا لرفع نسبة الحموضة، أو خلط العصير بعصير فاكهة أخرى مرتفع الحموضة، وتتم إضافته على شكل محلول مركز وقبل انتهاء مدة الطبخ بقليل.

يمكن عمل هلام من عصير فاكهة منخفض في حموضته وذلك بزيادة نسبة السكر أو إطالة مدة الغليان.

10- **عملية الطبخ:** تعد عملية طبخ الهلام من العمليات الأساسية في تصنيع الهلام لأنها تؤدي إلى تهلم مكونات الهلام وارتباطها مع بعضها لتكوين الشبكة الهلامية، وانحلال السكر وتركيز المزيج حتى يصل إلى نقطة التهلم المناسبة. ويراعى أن تكون مدة الطبخ قصيرة ما أمكن ذلك لأن الغليان لمدة طويلة يؤدي إلى حلمهة البكتين وفشل تكوين الهلام. وقد تطفو على سطح المزيج في أثناء الغليان رغوة ناتجة عن تخثر بعض المواد والتي تجب إزالتها وإعادة تحريك المزيج بعناية.

تستمر عملية طبخ الهلام حتى يصبح المزيج قادراً على تشكيل الهلام ذي القوام المرغوب عندما يبرد. وتتحكم في الوصول إلى نهاية مدة الطبخ عوامل كثيرة منها تركيز البكتين وتركيز الحمض ونسبة السكر إلى البكتين والقوام المطلوب الوصول إليه. ويمكن تحديد نهاية عملية الطبخ باختبار قوام المزيج إما بالاعتماد على خبرة الصانع في التقدير الصحيح لانتهاء عملية الطبخ أو بإجراء بعض الاختبارات السريعة التي نفصلها في عملية طبخ المربى.

11- **التعبئة والحفظ:** يشيع استعمال الأوعية الزجاجية في تعبئة الهلام، وقد يعبأ في علب من الصفيح مطلية بطلاء واق أو أوعية ورقية أو كرتونية مختلفة الأحجام. وتتم تعبئة الهلام ساخناً مع إحكام إغلاق الأغطية لتبقى العبوات سليمة غير معرضة للفساد. فتتم تعبئة الهلام بوساطة أجهزة التعبئة الآلية في المصانع وهي أجهزة تقوم بملء العبوة وإغلاقها في ظروف معقمة وصحية، وغلق الأوعية الزجاجية بأغطية تحكم الإغلاق بالضغط (الكبس) أو البرم.

12- **البسترة:** لا تحتاج العبوات المعبئة بالهلام الساخن بدرجة حرارة 82 – 93 م^0 إلى البسترة حيث تكفي حرارة الهلام لبسترة العبوة والغطاء، أما العبوات الكبيرة التي تستعملها المصانع فتنقل بوساطة سير متحرك إلى خزان حفظت درجة حرارته على 82 م^0 حيث تبقى فيه مدة نصف ساعة وقد تقصر هذه المدة إذا كانت درجة حرارة الهلام عالية عند تعبئته.

13- **التبريد:** يؤدي بقاء عبوات الهلام الساخنة على هذه الدرجة من الحرارة مدة طويلة حتى تبرد تلقائياً إلى دكانة لون الهلام وإلحاق الضرر بنكهته

وقوامه، لذا تجهز أجهزة البسترة المستمر بأقسام لتبريد العبوات الزجاجية، وهي عبارة عن خزانات مملوءة بالماء الذي تنخفض درجة حرارته تدريجياً، أو مجهزة بحزام متحرك يرش برذاذ الماء البارد الذي يوصل درجة حرارة العبوات إلى الدرجة المطلوبة.

يؤدي إتقان صنع الهلام إلى الحصول على منتج جيد حسن القوام طيب الرائحة والنكهة، وأهم صفات الهلام الجيد هي:

1- أن يكون رائقاً شفاف المظهر

2- أن يكون رجاج القوام

3- أن يسهل إخراجه من عبواته دون أن يفقد شكل الوعاء

4- أن يتصف بطعم الفاكهة المستعملة في صنعه

وعلى الرغم من الحذر الشديد والخبرة الحسنة في الصناعة قد لا يتم تشكيل الهلام ويفشل تكوينه، ويمكن إرجاع ذلك إلى الأسباب الآتية:

1- استعمال كمية زائدة من السكر: تؤدي إضافة كمية زائدة من السكر عما يتحمله محتوى العصير من البكتين إلى فشل تشكل الهلام.

2- الغليان الطويل: يؤدي طبخ الهلام إلى مدة طويلة لحلمهة البكتين وتكوين كتلة متكرملة سائلة القوام، لذا يجب تركيز العصير مع السكر والوصول إلى درجة التهلم بأسرع وقت ممكن.

3- تكوين البلورات: تتكون البلورات السكرية في الهلام إذ تجاوز تركيز السكر 70 بريكسا، ولكن إذا تحول جزء من السكروز إلى سكري الغلوكوز والفركتوز يقل أو يمتنع تكون البلورات.

4- الهلام القاسي: يرجع تكوين الهلام القاسي إلى قلة كمية السكر المستعملة بالنسبة إلى كمية العصير، أو بسبب إطالة مدة الطبخ إلى ما بعد الوصول إلى نقطة التهلم.

تصنيع المربى:

يصنع المربى من جميع أنواع الفواكه وبعض أنواع الخضار، كما يمكن تصنيعه من نوعين من الثمار أو أكثر، حيث يعطي خليط ثمار الأناناس مع أي نوع من الفواكه مربى لذيذ الطعم متميز الجودة والمذاق. وتمر صناعة المربى بالمراحل الآتية:

1- **تحضير الثمار:** يستعمل في صنع المربى مختلف أنواع الثمار الكبيرة والصغيرة، وتنتقى الثمار الناضجة ذات الألوان الجذابة الخالية من الإصابات أو التلف، ثم تدرج حسب جودتها، أو قد تستعمل الدرجات الأقل جودة في صنع المربيات التي تجد لها استعمالاً واسعاً في حشو المنتجات الغذائية في مصانع البسكويت أو المخابز.

ويتناول تحضير الثمار الصغيرة غسلها وإزالة الأوساخ والأعناق كما في حالة الفريز والتوت البري أو تقشيرها كما في ثمار الدراق والإجاص والتفاح، أما ثمار المشمش والخوخ فلا تقشر، وتتم هذه العمليات يدوياً في المنزل والمصانع الصغيرة والياً في المعامل الكبيرة.

2- **الطبخ الأولي:** لا تحتاج الثمار الطرية والصغيرة مثل الفريز والكرز والتوت الأرضي إلى الطبخ، غير أن بعض الثمار القاسية مثل التفاح وقشور البرتقال والجزر تحتاج إلى غليها بقليل من الماء لغرض تليين أنسجتها وتسهيل عملية دهكها.

3- **دهك الثمار:** يفضل صنع المربى من الثمار الصغيرة أو قطع بعض الثمار الكبيرة وبقاؤها كذلك بعد تعبئة المربى، ولكن قد يعمد إلى دهك الثمار الصغيرة والكبيرة المقطعة وتحويلها إلى عجينة ناعمة القوام استجابة إلى أذواق بعض المستهلكين، ويتم تحويل الثمار إلى هذه الحالة باستعمال آلات مجهزة بمضارب تدور في أسطوانة كبيرة مغلفة بغلاف شبكي تخرج منه الثمار وهي على شكل عجينة دقيقة القوام.

4- **إضافة السكر:** تختلف كمية السكر المستعملة في صنع المربى حسب نوع الفاكهة ودرجة نضجها ونسبة السكر فيها، ويتبع في إضافة السكر القاعدة العامة (1 كغ سكر إلى 1 كغ فاكهة). وتقل هذه النسبة عندما تكون الثمار ناضجة ومرتفعة الحلاوة أو تزداد إلى أكثر من ذلك إذا كانت الثمار حامضة أو قليلة الحلاوة.

5- **طبخ المربى أو الغليان:** تعد عملية طبخ المربى من العمليات الهامة في تحضيره كما هو الحال في الهلام، ويحكم إتقان هذه العملية جودة المنتج وقوامه ولونه لأنها تقوم بعدة وظائف أهمها:

أ) إذابة السكر

ب) نفوذ السكر إلى أنسجة الثمار

ت) تحول السكر إلى سكر محول

ث) تبخير جزء من الماء فيزيد تركيز المزيج

ج) رفع درجة غليان المزيج حتى يصل إلى درجة التماسك المطلوبة والتي يستدل عليها بوصول درجة الغليان إلى 103 – 105 م^0.

ح) القضاء على الأحياء الدقيقة وتلف الإنزيمات

وتجري عملية طبخ المربى بطريقتين:

- **الطبخ في الأوعية المفتوحة:** تستعمل هذه الطريقة في إنتاج المربى في المنازل أو المخابر الدراسية أو المصانع الصغيرة، حيث تستعمل فيها أوعية ذات حجوم مختلفة مصنوعة من الحديد الذي لا يصدأ (الستانلس ستيل) ويتألف قسمها السفلي من جدار مزدوج يمر بينهما البخار، حيث توضع الفاكهة الكاملة أو المقطعة فيها ثم يضاف إليها السكر ويغلى المزيج مع التقليب لمدة 4 – 5 دقائق ثم يقفل البخار، وتضاف الكمية المتبقية من السكر، وتمزج جيداً وتستأنف عملية الطبخ مرة ثانية مع استمرار التحريك وإزالة الشوائب الطافية، وبعدها يضاف البكتين والحمض وتستمر عملية الطبخ لمدة 10 دقائق ثم يصب المربى من أوعية الطبخ لمنع تأثير الحرارة، أو يبرد إلى درجة حرارة التعبئة 82 – 93 م^0 بمرور الماء البارد في الجدار المزدوج لوعاء الطبخ.

- **الطبخ في الأوعية المغلقة تحت التفريغ:** تعد المحافظة على اللون الطبيعي للفاكهة والمظهر الجذاب للمربى من أهم متطلبات هذه الصناعة، إذ إنه كثيراً ما يدكن لون المربى المطبوخ في الأوعية المفتوحة ويميل إلى اللون المعتم بسبب شدة الغليان أو إطالة مدة الطبخ، ولتجنب هذه المساوئ يعمد إلى طبخ المربى في أوعية مغلقة تحت تفريغ بحيث يمكن خفض درجة حرارة الطبخ إلى 70 م^0 أو أقل مما يمكن من سرعة إنجاز عملية الطبخ ومنع اسمرار المنتج والمحافظة على لونه الطبيعي الجذاب.

وهناك طرائق يتم من خلالها تقدير انتهاء عملية الطبخ، لأن إنهاء عملية الطبخ في الوقت المناسب يعد من أهم مميزات الخبير الصانع. وعليه يمكن تقدير نهاية عملية الطبخ بثلاث طرائق:

أ) طريقة استخدام الملعقة: تؤخذ كمية من المزيج بملعقة التحريك ثم تسكب إلى الوعاء، فإذا انسكب المزيج على شكل خيط مستمر دل على عدم الوصول إلى النقطة المناسبة، أما إذا انسكب بشكل متقطع وبلزوجة مقبولة دل على انتهاء عملية الطبخ.

ب) استعمال مقياس الحرارة: يغمس مقياس الحرارة في المزيج المطبوخ بين فترة وأخرى، فإذا دل المقياس على درجة حرارة تتراوح بين 103 – 105 م^0 تكون عملية الطبخ قد انتهت.

ت) استعمال مقياس الانكسار: توضع نقطة من المزيج البارد على موشور مقياس الانكسار وتقرأ نسبة المواد الصلبة الكلية، فإذا كانت القراءة على نسبة 65 – 68 % تكون عملية الطبخ انتهت ووصلت لزوجة المنتج إلى المستوى المطلوب.

6- **تعبئة المربى:** حالما تنتهي عملية طبخ المربى يبرد إلى درجة حرارة 80 – 82 م^0 ويعبأ على هذه الدرجة لأنها تساعد على بقاء الثمار أو قطعها معلقة في المزيج بعد ملء الأوعية. يستعمل في تعبئة المربى أوعية مختلفة الأشكال والأحجام حسب الهدف من استعمال المربى، فيعبأ في أوعية بسعة 0.5 إلى 1 كغ لغرض الاستعمال المنزلي، أو يعبأ في عبوات تتسع 2 – 5 كغ لاستعمال مصانع الأغذية والبسكويت والمعجنات والمخابز، كما يعبأ في

عبوات كرتونية على شكل علبة الكبريت تتسع إلى كميات صغيرة لغرض الاستعمال الفردي كما في المطاعم أو وجبات الطائرات.

تقلب الأوعية رأساً على عقب بعد انتهاء عملية التعبئة ليعقم المنتج الساخن السطح الداخلي للأغطية، أو تبستر الأوعية في حمام من البخار أو الماء حتى ترتفع درجة حرارتها إلى 85 م^0 أو أكثر قليلاً لمدة 3 – 5 دقائق، ثم تلصق عليها بطاقة البيانات وتوضع في الصناديق استعداداً لتخزينها أو شحنها إلى أماكن البيع.

تصنيع المرملاد:

هناك بعض الالتباس بين المربى والمرملاد، فيطلق اسم إحداهما على الآخر لدى بعض فئات الناس، ولكن من الناحية العلمية تقتصر تسمية المرملاد على المنتجات المصنوعة من البرتقال. وتمر صناعة المرملاد بالمراحل الآتية:

1- **الفاكهة الملائمة لصناعة المرملاد:** يعد البرتقال أهم الفواكه التي يصنع منها المرملاد، إذ يعطي ما يعرف بالمرملاد الحلو، فإذا ما صنع من ثمار برتقال ناضجة كثيراً تنخفض فيها نسبة البكتين مما يدعو إلى إضافة كمية من البكتين والحمض، يحصل عليها من إضافة بعض ثمار الليمون أو الكريفون الذي يكسبه الطعم المر الذي يغدو مشابهاً للمرملاد الإنكليزي.

2- **تحضير العصير:** تعصر كمية من ثمار البرتقال للحصول على كمية مناسبة من العصير، ثم تقطع الكمية الباقية من الثمار إلى قطع صغيرة بحجم مناسب.

3- **تقطيع الثمار:** تقطع ثمار البرتقال بعد تقشيرها إلى شرائح رقيقة تبلغ سماكتها 0.5 سم، ويضاف إلى شرائح البرتقال كمية من شرائح الليمون بنسبة 1 : 10 أو 1 : 20 حسب طور نضج ثمار البرتقال، حيث تؤدي ثمار الليمون إلى تحسين نكهة المرملاد، وقد يصنع أحيانا من كميات متساوية من البرتقال والليمون وقد يؤدي ذلك إلى تميز المنتج وطيب نكهته.

4- **الغليان:** تغمر شرائح الثمار بمقدار ضعف حجمها من الماء في قدور مشابهة للمستعملة في صناعة الهلام، ويغلى المزيج حتى تصبح الثمار طرية أي حوالي الساعة، ويمكن إضافة كمية من الماء بدل الماء المتبخر في أثناء الغليان. تؤخذ الشرائح المطبوخة وتعصر جيداً للحصول على عصير خال من الرواسب والمواد المعلقة. ويمكن ترويق العصير بوضعه في وعاء كبير وعميق لمدة 24 ساعة أو يستعاض عن ذلك بالتصفية.

5- **تحضير الشرائح:** تحضر الشرائح من قشور البرتقال عن طريق تقشير مساحة بعرض حوالي 2 – 4 سم عند المحيط الأكبر للثمرة ثم تقطع إلى قطع صغيرة بسماكة 2 – 3 ملم، أو يتم ذلك عن طريق إزالة القشرة في عدة أماكن من الثمرة ثم تقطع إلى شرائح صغيرة، أو تقطع الثمرة الكاملة إلى شرائح صغيرة.

6- **طبخ المرملاد أو الغليان:** تخلط القشور المحضرة مع كمية العصير الملائمة، وتتوقف نسبة القشور إلى العصير على محتوى العصير من البكتين وسماكة القشور المقطعة التي تصل نسبتها إلى 5 – 7 % وتضاف مع السكر الذي يساوي وزنه وزن العصير.

7- **إضافة السكر:** تختلف كمية السكر المضاف حسب تركيب العصير، فإذا ارتفع مستوى العصير من البكتين والحمض أمكن زيادة كمية السكر المضافة، أما إذا كان العصير فقيراً بإحداهما أو كليهما تكون عادة كمية السكر مساوية لكمية العصير.

8- **إضافة البكتين:** إذا قل محتوى العصير من البكتين يمكن التغلب على ذلك بإضافة كمية ملائمة منه، إذ إن إضافته تؤدي إلى زيادة تماسك القوام وزيادة تماثله وتقليل نسب الإخفاق في صنعه.

9- **انتهاء عملية الطبخ:** ترتبط جودة المرملاد بحسن تطبيق عملية الطبخ أو الغليان، وتستمر هذه العملية حتى يزداد تماسك قوام المزيج وترتفع لزوجته، ويستدل على نهاية عملية الطبخ بإحدى الطرائق المتبعة في معرفة نهايته في المربى.

10- **التبريد:** يجب أن يسمح للمرملاد بعد انتهاء عملية الطبخ أن يهدأ قليلاً لتتمكن القشور من تشرب السكر أو قطرات القطر المحيط بها قبل أن يوضع في الأوعية. إذا تمت تعبئة المرملاد ساخناً مالت القشور إلى الطفو على السطح بدلاً من بقائها معلقة ويمكن تجنب ذلك بإضافة البكتين سريع التهلم.

11- **إضافة المنكهات:** يؤدي غلي أو طبخ المرملاد إلى تبخر قدر كبير من زيت البرتقال من القشور، وبذا يكون المنتج النهائي إذا استعملت في صناعته أصناف تجارية من البرتقال مفتقراً إلى النكهة المرغوبة، لذا يعمد في كثير من الأحيان إلى إضافة قليل من زيت البرتقال أو مستخلص البرتقال إلى المرملاد بعد انتهاء عملية الطبخ لتحسين النكهة.

12- البسترة: يعبأ المرملاد ساخناً في الأوعية الزجاجية أو علب الصفيح على درجة حرارة 65 – 82 م^0، ويفضل أن تتم التعبئة تحت تفريغ إن أمكن، ثم تبستر العبوات على درجة 82 م^0 إذا تمت التعبئة دون هذه الدرجة ثم تبرد وتلصق عليها بطاقة البيانات وترسل إلى الأسواق أو إلى مستودعات التخزين.

الفصل العاشر

تصنيع العصائر والشرابات والمركزات

Processing of juices, Soft drinks and concentrates

مقدمة:

شهدت صناعة عصير الفاكهة والخضار تقدماً ملحوظاً خلال القرن الماضي من حيث كمية الإنتاج أو التقانات المتبعة. فقد طورت معدات الاستخلاص والتصنيع فأنتج عصير العنب وعصير التفاح بجودة عالية وتكاليف منخفضة، كما أنتجت أشربة متعددة من عصير الفاكهة لم تكن معروفة. ويتم الآن إنتاج عصير الفاكهة وشحن كمياتها بشكل سائب لتوزع في الأسواق بالمفرق عصيراً مبرداً. كما استنبطت طرائق جديدة لإنتاج المركزات المعقمة، فتوضع في صهاريج معقمة محمولة على سيارات شاحنة أو في براميل جاهزة للشحن، وقد اتبعت هذه الطريقة الأخيرة في إنتاج مركز البندورة لشحنه إلى مراكز التصنيع البعيدة عن مركز إنتاج الثمار. وقد لاقى شراب الغريفون مع الأناناس رواجاً هائلاً حيث تستورد الولايات المتحدة الأمريكية كميات ضخمة من مركز عصير الأناناس من هاواي والفلبين لتمزجها مع عصير الغريفون الذي تنتجه محلياً.

إن التشريعات المتشددة على استخدام الملونات والمنكهات الاصطناعية في كل من أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية قد أدت إلى التوجه نحو إنتاج أشربة فواكه ذات نكهات وألوان طبيعية مستخلصة من ثمار حقيقية. ويشار أيضا إلى إنتاج عصير الفاكهة والاشربة المدعمة بإضافة الفيتامينات والمعادن. وقد نشط مؤخراً الاهتمام بإنتاج أغذية الحمية، وسوقت مساحيق أساسات الأشربة المركبة من الكاروتين وحمض الاسكوربيك وحمض الليمون (السيتريك) والسكر وإضافات

اللون والنكهة، وهناك اهتمام في الوقت الحاضر بإحلال هذه المنتجات محل عصير الفاكهة النقي المدعم بالفيتامينات.

يتخلف عن تصنيع ثمار الفاكهة وإنتاج العصير مخلفات تشتمل على البذور والجيوب البذرية ومواد أخرى عصيرية يستخدم بعضها في إنتاج هلامات ذات جودة منخفضة، كما يستخدم بعضها الآخر في إنتاج البكتين واستخدامات أخرى محدودة كأعلاف للحيوانات.

المرطبات الغازية غير الكحولية:

المرطبات الغازية مشروبات خالية من الكحول، تحضر من محلول سكري وتحتوي على ملونات ومكسبات للطعم والرائحة (منكهات) وحموض، كما تحتوي على مواد حافظة ومانعات للأكسدة ومواد أخرى تضاف لأغراض خاصة (كملح الطعام والكافئين والكينين)، وتحتوي أيضا غاز ثاني أوكسيد الكربون المضغوط، وتعبأ المنتجات بطريقة تمنع فيها من تسرب الغاز (ضمن ظروف التداول والتخزين العادية). ويشترط دائماً خلو المرطبات الغازية من الشوائب والرواسب والمواد المتعفنة والمختمرة والحشرات (وأجزائها ومفرزاتها)، كما يشترط خلوها من الأجزاء الفلينية والزجاجية والأحياء الدقيقة الضارة ومن إفرازاتها. والمنتج الجيد هو ذلك الـــذي لا ينفصل فيه واحد أو أكثر من مكوناته، بل يتصف بمظهر نقي ومتألق وجذاب.

الآلات والمعدات المستخدمة في عملية إنتاج المرطبات الغازية:

1- وحدة تخزين السكر وإذابته Sugar storage and dissolving unit

2- نواقل ومعدات وزن دقيقة وآلات تسليم جرعات محددة من المكونات

3- آلات المزج والتقليب لضمان تمام الإذابة

4- تجهيزات الأتمتة Automation ومراقبة الإنتاج Process control

5- وحدة تحضير المزيج وخزنه Mix preparation and storage

6- وحدة انتزاع الغازات من الماء Water degasification

7- وحدة الخلطة وبسترتها Premix and pasteurizing

8- تجهيزات إضافة غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2

9- وحدة التعبئة

المكونات الأساسية الداخلة في صناعة المرطبات الغازية غير الكحولية:

أولا- الماء: هو أهم مكونات المرطبات الغازية ويدخل في تركيب المشروبات بنسبة قد تصل إلى 92 % حيث يستخدم في تحضير محلول السكر ويجب أن يكون نقياً من وجهة النظر الكيميائية وبأقصى درجات النقاوة الممكنة، فهو يفوق في مواصفاته ما يتطلب توافره في ماء الحنفية المعد للشرب. وعلى الرغم من أنه يمكن عد ماء الشرب مقبولاً بكتريولوجياً من حيث إمكانية استخدامه في تحضير المرطبات الغازية، إلا أنه لا يمكن قبوله من حيث اعتبارات النقاوة الكيميائية، إذ إن احتواءه على أي ملوث ولو كان ذلك بكميات قليلة نسبياً يتيح الفرصة لتشكل تفاعلات لا يرغب في آثارها. وفي العادة لا ترقى مياه الشرب العادية للدرجة التي تجعلها مستوفية المواصفات والمقاييس التي للماء المعتمد في تحضير المرطبات الغازية غير الكحولية. فقلوية الماء يجب أن تكون منخفضة حتى لا تعادل ولو جزئياً الحمض المستخدم في المنتج، وإلا فإنه ستحدث تغيرات في خصائص المنتج النهائي وتنخفض فيه خاصية الحفظ. ويفترض أن لا يوجد أثر للكلور المتبقي Residual chlorine (المتخلف عادة في ماء الشرب بعد المعالجة بالكلور)، وإلا فإن ذلك سيسيء كثيراً لنكهة المنتج. كما أن وجود العكر يسلبه مظهره النقي

الجذاب. أما دقائق المواد العضوية والمواد الصلبة غير العضوية فإنها تعمل نويات غروية لتراكم ثاني أوكسيد الكربون، وبالتالي لاستبعاده خارج المحلول مما يؤدي إلى اندفاع المنتج وفورانه في حالتي التعبئة وفتح العبوة. لذلك يلجأ مصنعو المرطبات الغازية غير الكحولية لمعالجة المياه حتى ترقى إلى هذه المقاييس العالية. وقد تشمل المعالجة ما يأتي:

أ) الترسيب الكيميائي

ب) إزالة الإيونات Deionization

ت) إضافة الفحم المنشط (مرشح فحمي) بهدف نزع الروائح والطعوم من المياه وتخليصها مما قد تحتويه من الكلور المتبقي.

ث) تمرير المياه عبر مرشحات ورقية للتخلص من الآثار المتخلفة عن المرشح الفحمي وتخليصها مما قد تحتويه من الهواء.

ثانياً- CO_2 ثاني أوكسيد الكربون: يحصل عليه مصنعو المرطبات بصورة نقية معبأ في أسطوانات كبيرة ومضغوطة، وتتوقف كمية ما يستخدم من غاز على نوعية النكهة المطلوب توافرها في المنتج النهائي. وتشمل وظائف غاز CO_2 في المنتج النهائي على ما يأتي:

1- تعزيز نكهة المرطبات الغازية وتركيزها

2- مادة حافظة بسبب خاصيته الحمضية

3- الإحساس بالوخز الخفيف عند تناول المرطبات الغازية

4- إعطاء المنتج المظهر المتألق الفوار

حيث يحل غاز ثاني أوكسيد الكربون بمعدل 1.5 حتى 4 حجوم من الغاز (عند الشرطين النظاميين من الضغط والحرارة) لكل حجم واحد من السائل.

ثالثاً- مواد التحلية: تشمل في معظم الحالات على السكروز، وقد يستخدم واحد أو أكثر من مواد التحلية الأخرى التالية: سكر محول (منقلب) وفركتوز وغلوغوز وعسل نحل، ويحتوي المنتج النهائي على 8 – 14 % سكر. أما وظائف مواد التحلية فتحدد بأنها مصادر للطاقة والطعم الحلو المستساغ والإحساس بشعور امتلاء الفم.

رابعاً- مكسبات الطعم والرائحة (المنكهات): وتشمل ما يأتي:

1- مختلف أنواع عصير الفاكهة غير المركزة

2- مستخلصات النكهة الطبيعية لأي من أنواع ثمار الفاكهة أو الخضار أو البراعم الزهرية أو القلف أو الجذور أو الأوراق النباتية أو أي مادة نباتية أخرى مشابهة.

3- المنكهات الاصطناعية المصرح باستخدامها غذائياً

خامسا- الملونات والحموض والمواد الحافظة: إما أن تكون الملونات المستخدمة مشتقة من مصادر طبيعية أو من مصادر اصطناعية، ويلاحظ أن تكون مشمولة بقائمة المواد التي يصرح باستخدامها في الأغذية. أما الحموض العضوية فيمكن أن تكون واحداً أو أكثر مما يأتي: ستريك، لاكتيك، طرطريك، ماليك، فيوماريك، حمض الخل، غلوكونيك، أديبيك. ويستعمل حمض الفوسفور في تحضير المشروبات الغازية المحتوية على مركبات الكولا أو الزنجبيل. كما يشمل استخدام المواد الحافظة واحداً أو أكثر مما يأتي: حمض البنزويك أو بنزوات الصوديوم، حمض السوربيك أو أحد أملاحه مع الصوديوم أو البوتاسيوم أو الكالسيوم، استرات الميثيل والإيثيل والبروبيل لباراهيدروكسي حمض البنزويك، وثاني أوكسيد الكبريت أو أحد أملاح حمض الكبريتي HSO_3 مع الصوديوم أو البوتاسيوم. وفي حال

استخدام مضادات الأكسدة فتعتمد مركبات الهيدروكسي تولين البوتيلي Hydroxy Butylated Toluene BHT أو الهيدروكسي انيسول البوتيلي Butylated Hydroxy Anisol BHA، وغـــلات البروبيـل وحمـض الايثوربيـــك أو الايزواسكوربيك، والتوكوفيرولات.

عصائر الفاكهة ومنتجاتها:

1- **عصائر الفاكهة:** منتجات تعبأ فـي عبوات معدنية أو زجاجية أو ورقية (كرتون مغطى بالشمع)، وتتألف من عصير الفاكهة 100 % وقد يضاف القليل من السكر إلى العصير بقصد التحلية، ولا يضاف الى العصير عدا ذلك أي مواد أخرى.

2- **نكتار الفاكهة:** منتجات مستخرجة من ثمار الفاكهة ذات قوام غليظ نسبياً، وتحتوي على عصير الفاكهة بنسب 40 – 50 %، ويعمل لب الثمار فيها مغلظاً للقوام. وقد تحتوي الأنواع رخيصة الثمن على العصير بنسب 10 – 20 %، ويعوض عن نقص العصير في هذه الحالة الأخيرة بإضافة مواد اصطناعية لتغليظ القوام كمركب كربوكسي ميثيل سللوز.

3- **شراب الفاكهة:** منتجات مكونة من عصير الفاكهة بنسبة 6 – 10 %، ولا تضاف اليها مواد لتغليظ القوام.

تنتج مركزات الفاكهة بصورة رئيسة في المناطق التي توجد فيها زراعة أشجار الفاكهة وذلك بقصد خفض الحجم وإنقاص الوزن قبل نقل المنتج إلى مواقع إعادة التصنيع والتحويل إلى أي من منتجات عصير الفواكه آنفة الذكر. وتنتج مركزات الفاكهة من دون أي إضافة، وقد تحضر بعد إضافة السكر والمنكهات والألوان

والمستحلبات. ويأتي في مقدمة النكهات المرغوبة في الوطن العربي نكهتا البرتقال والأناناس ويليها الغريفون (غريب فروت) والتفاح.

القيمة الغذائية لعصائر الفاكهة ومنتجاتها:

تحتوي معظم أنواع ثمار الفاكهة على السكر بكميات كبيرة، ويذكر بصورة خاصة عصير العنب ويليه في ذلك عصير التفاح والمشمش والأناناس والخوخ. والسكر عنصر تغذية هام، فهو سهل التمثيل، ويزود الجسم بالطاقة بشكل سريع. أما محتوى الفاكهة من البروتينات والدهون فمحدود نسبياً، لكن يعد معظمها مصادر ممتازة لفيتامين C (الحمضيات والفريز)، كما يعد عدد منها مصدراً جيداً للكاروتين (مولد فيتامين A) كالمشمش والخوخ والدراق، وعدد آخر يحتوي على كميات معتدلة من البريدوكسين والاينسيتول وحمض الفوليك والبيوتين وهي جميعاً من مجموعة فيتامين B.

ويوجد فيتامين B_1 أيضاً بكميات معتدلة في عصير التفاح والمشمش والغريفون والبرتقال والدراق والإجاص والأناناس والخوخ. وتحتوي أنواع العصير جميعها على كميات ملحوظة من العناصر المعدنية اللازمة لنمو الجسم وصيانته. ولسوء الحظ يتأكسد فيتامين C بسهولة، حيث تفقد كميات كبيرة منه في أثناء عمليتي استخلاص العصير من الثمار وبسترة العصير الناتج، أما أنواع عصير الحمضيات فلا تفقد إلا جزءاً يسيراً مما تحتويه من هذا الفيتامين. ولا تفقد الفيتامينات عند حفظ العصير بالتجميد إلا بمقادير محدودة جداً. أما عند حفظ العصائر معلبة فتتعرض لفقد مقادير كبيرة ولاسيما إذا خزنت لفترات طويلة تحت ظروف خزن مرتفعة الحرارة نسبياً.

أسس تقانة إنتاج عصائر الفاكهة:

قد تشترك الفاكهة في المراحل التي تخضع لها لاستخلاص العصير من ثمارها، إلا أنها تتفاوت في المعدات المستخدمة في ذلك، ويكون ذلك تبعاً لنوع الثمار وخصائصها. وتشتمل مراحل إنتاج عصير ثمار الفاكهة على خطوات رئيسة هي:

1- استخلاص العصير

2- تنقية العصير وترويقه

3- نزع الهواء من العصير

4- بسترة العصير

5- تركيز العصير إذا كان يرغب بزيادة ما تحتويه وحدة الحجوم من مواد صلبة.

6- إضافة الى ما سبق قد يعمد لإغناء العصير بإضافة مكونات النكهة التي يكون قد فقدها في أثناء مراحل التصنيع.

هذا وقد يسوق العصير الناتج إما معلباً (في علب معدنية أو في قوارير زجاجية أو في علب من الكرتون المشمع) وإما مجمداً في علب معدنية.

وتصمم معدات استخلاص عصير الحمضيات بحيث ينساب الزيت المر الناتج عن قشورها بعيداً عن دفق العصير، أما عند إنتاج عصير التفاح فلا يشكل الزيت الناتج أي مشكلة إذا ما امتزج مع العصير الناتج لا بل تسحق الثمار كاملة بما تحتويه القشور من مكونات النكهة، ثم يستخلص العصير بعدئذ. ويحتوي العصير المستخلص من معظم ثمار الفاكهة كميات قليلة من الدقائق المعلقة التي تستبعد بالتمرير عبر المرشحات. وحيث إن هذه الدقائق قد تسد مسام المرشحات مما يتسبب في نشوء صعوبة استمرار العملية، لذلك يتم استخدام معدات الطرد

المركزي السريعة لهذا الغرض. وثمة مستهلكون يفضلون أن يكون عصير التفاح الناتج رائقاً لا تشوبه شائبة، لذلك يصبح ضرورياً معالجة العصير بالإنزيمات لتفكيك المواد البكتينية الموجودة فيه بصورة طبيعية، فتترسب الدقائق الصغيرة ويتم التخلص منها بوساطة الترشيح أو بالطرد المركزي. ونظراً لأنه يفضل احتواء عصير البرتقال على عكر خفيف فإنه يتم المحافظة على الدقائق المعلقة الموجودة بصورة طبيعية. يحتوي العصير المستخلص والمروق هواء محتبساً. يخلص منه برشه في حجرة تفريغ. ويشار إلى أن بقاء الهواء محتبساً في العصير يسرع إتلاف فيتامين C ويؤدي إلى تغيرات أخرى غير مرغوبة تعزى إلى الأوكسجين.

وثمة مراحل مهمة أخرى تتضمنها العملية الإنتاجية لصناعة عصير ثمار الفاكهة وتشمل البسترة والتركيز واسترجاع مكونات النكهة وإعادة إضافتها للعصير الناتج، ودعم العصير بإضافة الفيتامينات. وتحتوي جميع أنواع العصير كمية قليلة من المواد الصلبة، لذلك فإنه من المألوف في الصناعة أن يركز العصير سواء أكان المنتج النهائي سيسوق مجمداً أم معلباً. ويتم التركيز بتبخير جزء مما يحتويه العصير من ماء في حجرة مخلاة من الهواء في حرارة منخفضة وذلك بقصد المحافظة ما أمكن على مكونات النكهة الطبيعية. ومع ذلك فإنه غالباً ما تفقد مكونات النكهة مع بخار الماء المطرود بالتبخير، لذلك تمرر هذه الأبخرة عبر وحدة خاصة لاستخلاص النكهة منها. وتصمم لكل نوع من ثمار الفاكهة وحدة استرجاع نكهة خاصة تلائم خصائص الثمار. وبعد استرجاع مواد النكهة تضاف ثانية للعصير المركز بقصد تعزيز نكهته. وعندئذ يحفظ العصير إما مجمداً (في عبوات معدنية)، وإما معلباً في عبوات معدنية أو زجاجية بعد إخضاعه لمعالجة حرارية نهائية تضمن عدم نشاط الأحياء الدقيقة في أثناء عملية التخزين.

متطلبات إنتاج عصائر الفاكهة من المعدات:

يشتمل أي خط لإنتاج عصير الفاكهة على ثلاثة أقسام رئيسة وهي قسم معالجة الثمار وقسم معالجة العصير وقسم تعبئة المنتج. وتوجد ثلاثة أنواع رئيسة من المعدات ذات أهمية بالغة في خطوط إنتاج عصير الفاكهة وهي:

أ) أجهزة فصل عالية السرعة وتستخدم لتنقية العصير

ب) مبادلات حرارية صفائحية تستخدم في عمليات البسترة والتبريد وفي أنواع المعالجات الحرارية الأخرى.

ت) مبخرات تستخدم لتركيز العصير

وإضافة إلى الأنواع الثلاثة الرئيسة المذكورة توجد وحدات تخدم أغراضاً معينة في عمليات إنتاج عصير الفاكهة، وتشمل هذه الوحدات ما يأتي:

1- أجهزة نزع السائل من لب الفاكهة

2- وحدات نزع الهواء الحر أو المذاب في السائل

3- مبخرات صفيحية للتركيز الأولي ولاسترجاع النكهة

4- مبادلات حرارية لولبية تستخدم في تسخين عصير العنب تسخيناً أولياً

5- وحدات التبريد

6- مصافي ذاتية التنظيف

وإضافة الى معدات معالجة العصير الرئيسة التي تخدم أغراضاً معينة في عملية الإنتاج توجد أيضاً قطع مساعدة لها أهميتها في عملية الإنتاج نظراً لأنها تربط القطع مع بعضها بعضاً فتجعلها تعمل جميعاً ضمن مجموعة إنتاج متكاملة وتشمل: صهاريج التخزين والمزج والمضخات والصمامات، إضافة إلى معدات مراقبة الإنتاج.

عصير العنب:

يتكون خط إنتاج عصير العنب من محطات عمل رئيسة هي: تحضير الثمار ومعالجة الهريس وتنقية العصير والبسترة والتخزين البارد والتصفية ثم التعبئة.

وتتم عملية تصنيع عصير العنب وفقا لما يأتي:

تمرر العناقيد عبر آلة هرس تهرس حبات العنب وتخلص العناقيد من العيدان. وإذا لم يتم التخلص من العيدان يكتسب العصير الناتج في أثناء مرحلة التسخين الأولية طعماً مراً وقابضاً. وتهدف عملية التسخين الأولية إلى إضفاء لون جيد للعصير، وتتم قبل كبس الهريس لاستخلاص العصير، وتجري في مبادل حراري أنبوبي مستمر ضمن مجال 60 – 62.7 م^0، ويجب ألاّ تزيد الحرارة على 71.1 م^0 حتى لا تستخلص كميات كبيرة من المادة العفصية الموجودة في البذور. ويخضع العصير بعد التسخين الأولي إلى عملية تالية هي الاستخلاص بالمكبس الساخن، ومن ثم إلى الترويق. ويروق العصير بالبسترة الخاطفة ثم التبريد والخزن في صهاريج قرب درجة التجمد (– 2.7 حتى – 2.2 م^0) لترسب منه الأرغولات. ويرشح العصير باستخدام جهاز الطرد المركزي المستمر. بعد ذلك تتم بسترة العصير الناتج بتسخينه ضمـــن مجال 82.2 – 87.8 م^0 بحيث تكون حرارة الإغلاق 85 م^0. بعد ذلك يوضع العصير في العلب عند درجة حرارة لا تقل عن 87.7 م^0 مع ملاحظة ملء العلبة تماماً بالعصير الساخن. ثم تغلق العلب ولا تكون بحاجة لمعالجة حرارية إضافية إذا كانت حرارة الإغلاق 85 م^0 وكان حجمها 360 مل فأكثر. أما إذا كان حجم العلب أقل من 360 مل فينبغي معالجتها حرارياً عند 100 م^0 لمدة 10 دقائق. بعدها تبرد العلب مباشرة إلى 35 – 40 م^0 ثم تخزن هذه العلب فـــي مخزن بارد 10 – 15 م^0 حتى يحين موعد توزيعها.

عصير البرتقال:

توجد عدة أصناف من البرتقال تستخدم في صناعة عصير البرتقال ومركزاته، وتتباين هذه الأصناف من حيث النكهة واللون والحموضة والمقاومة للصقيع وخصائص أخرى. إن لبنية ثمرة البرتقال اعتبارات هامة صممت بموجبها آلات استخراج العصير، فتحتوي طبقة الفلافيدو Flavido على زيت قشر البرتقال الذي يرغب بوجود بعضه في العصير وبكمية محدودة. أما طبقة الالبيدو Albido والبذور في مكوناته تخلف طعماً مراً إذا ما عصرت الثمرة بمقدار كبير، كما تحوي مختلف أجزاء ثمرة البرتقال مركبات النكهة الطيارة والسكريات والإنزيمات والحموض والبروتينات والدسم والصباغات والفيتامينات، وتتوقف نسبها في تركيب العصير الناتج على عدة عوامل تشمل:

1- صنف البرتقال المستخدم

2- الظروف الزراعية

3- درجة النضج

4- طريقة استخراج العصير

تتأثر الخصائص المميزة لصفات نكهة العصير الناتج ولونه ودرجة ثباته في أثناء التخزين بدرجة كبيرة بنسب تركيب مزيج المكونات آنفة الذكر، وقد وضعت النظم المحلية والدولية التي تحدد المواصفات والمقاييس الخاصة بدرجة نضج الثمار بسبب تأثيرها بصورة مباشرة في محتوى العصير من الحموضة والمواد الصلبة.

ويتألف خط إنتاج عصير الحمضيات بشكل عام وعصير البرتقال بشكل خاص من عدة مراكز عمل تضم بمجموعها المعدات الرئيسة الآتية:

- وحدة الغسيل
- وحدة معالجة الثمار بالفرشاة
- وحدة فحص الثمار وتفتيشها
- جهاز استخلاص زيت القشر والعصير
- جهاز تنقية العصير
- جهاز تنقية الزيت
- جهاز ترويق الزيت
- مصفاة
- صهاريج ومضخات
- جهاز انتزاع الهواء
- مبادلات حرارية صفيحية
- مبادل حرارة كاشط للسطوح Scraped surface
- صهريج تجميع العصير
- مبخر للحصول على مركز العصير Concentrate.

وتتم عملية تصنيع عصير البرتقال وفقاً لما يأتي:

تفرغ الشاحنات الناقلة عند وصولها إلى المصنع ويتم استقبال الثمار، ثم تتعاقب عليها عمليات الغسيل والتدريج واستبعاد العفن والتالف. وتقاد الثمار لتتساقط فرادى كل منها في تجويف استخلاص خاص بها ومزود بأصابع شعاعية تؤدي الى انفصال الثمرة عند إطباقها عليها من الطرف العلوي، على حين تثقب بسكين أسطوانية أسفل الثمرة فتجعل فيه فتحة تسمح للعصير بالانسياب من خلالها. وبانتهاء عملية الاستخلاص هذه يقذف بأجزاء القشرة بعيداً فيصبح تجويف

الاستخلاص جاهزاً لاستقبال ثمرة أخرى وهكذا. وقد صمم تجويف الاستخلاص بما يمكن من انسياب زيت قشر ثمرة البرتقال خارج القشرة متجمعاً في مكان خاص وفي معزل عن مكان تجمع العصير. ثم يصفى العصير الناتج مما يحتويه من بذور وقطع ثمرية، ثم يمرر في جهاز انتزاع الهواء نظراً لأن بقاء الأوكسجين فيه يتسبب بفقد فيتامين C ويؤدي لحدوث تغيرات غير مرغوبة في كل من لون المنتج النهائي ونكهته. وفي حالة تباين كميات العصير المستخلصة من حيث الحموضة والنكهة فإنه يلجأ إلى مزجها مع بعضها بعضاً بغرض المجانسة، كما قد تحلى بإضافة السكر إذا لم تكن هناك مخالفة للقوانين والأنظمة المعمول بها، شريطة أن يوضح ذلك على بطاقة العبوة. ويكون العصير الناتج حتى المرحلة الأخيرة عرضة للتلف والفساد بفعل الأحياء الدقيقة والإنزيمات الموجودة بصورة طبيعية، ولذلك فهو يمرر من خلال جهاز بسترة أنبوبي فيصبح عندئذ جاهزاً للوضع في عبوات الاستهلاك المباشر أو لإخضاعه لتبخير قسم من مائه للحصول على المركز.

عصير التفاح:

تستخدم جميع أصناف التفاح في إنتاج عصير التفاح. وعموماً لا يوجد هناك صنف تفاح واحد يعطي أفضل صفات الجودة وأكثرها نكهة. وللحصول على النكهة المرغوب فيها في المنتج النهائي فإنه من المعتاد اللجوء إلى استخدام اثنين أو أكثر من أصناف التفاح. والغرض من مزج صنفين أو أكثر مع بعضهما بعضاً هو الحصول على توازن فيما بين الخصائص القائمة بين الأصناف المختلفة. والمزيج الجيد هو ذلك الذي لا يكون شديد الحموضة ولا مفرطاً في الحلاوة. ومن المألوف استخدام ثمار التفاح صغيرة الحجم غير الملائمة للاستهلاك الطازج في

إنتاج عصير التفاح، هذا على الرغم من اعتماد الثمار كبيرة الحجم باعتبارها مصدراً للعصير عندما يكون الطلب على السلعة المنتجة متزايداً وتكون الكميات المتاحة من الثمار صغيرة الحجم السليمة غير كافية. وبشكل عام يجب أن تكون الثمار سليمة وقد تم نضجها فوصلت إلى المرحلة التي تتشكل فيها النكهة العظمى. لكنها يجب أن لا تكون متقدمة في النضج. فالثمار متقدمة النضج هي كتلك غير الناضجة من حيث عدم احتوائها النكهة بمقدار كاف، وبالتالي لا تصلح لإنتاج عصير يتمتع بخصائص جيدة. وعموما يمكن القول بأن حالة النضج التي تتوسط تلك الملائمة لطرح الثمار في السوق وتلك الملائمة للأكل الطازج هي المرغوبة لتصنيع عصير التفاح. ويبدو أن ثمار التفاح التي تصنع خلال فصل الخريف وأوائل الشتاء تعطي عصير تفاح جيد الخصائص، أما التي تصنع في الأشهر التي تلي شهر كانون الثاني فتنخفض في العصير خصائص الجودة.

ومما يجب ملاحظته عند اختيار معدات خط الإنتاج أن الحمض الموجود في عصير التفاح يتفاعل بشدة مع معادن النحاس والحديد والتوتياء والرصاص مما يؤدي إلى تآكل أجزاء هذه المعدات وتدني طعم المنتج النهائي، لذلك ينبغي تجنب وجود هذه العناصر في الأجزاء المكونة للمعدات التي تتلامس بصورة مباشرة مع الثمار أو العصير. وأفضل المعدات هي المصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ أو الزجاج، أما الخشب فلا ينصح باستخدامه.

ويتألف خط إنتاج عصير التفاح من سبع محطات رئيسة هي: استقبال الثمار واستخلاص العصير والتنقية (الترويق) والبسترة مع استرجاع الرائحة العطرة وتفكيك البكتين والتركيز والتبريد. **وتتم عملية تصنيع عصير التفاح وفقاً لما يأتي:**

1- تخزن ثمار التفاح الصغيرة المعدة لإنتاج العصير في درجة الصفر المئوية، ثم تسحب من المخزن بكميات ملائمة من كل صنف من الأصناف المخزنة حسبما تتطلب نسب الخلط المعتمدة في التصنيع.

2- تخضع الثمار لعملية فحص وتفتيش تهدف لاستبعاد تلك المصابة بفطريات العفن حيث إنها تخلف الطعم العفن في العصير الناتج حتى وإن كانت كمياتها قليلة، ويمكن أن تتم عملية الفرز والاستبعاد قبل عملية الغسيل أو بعدها، وتجري فوق سير ناقل مكون من أسطوانات دوارة بما يمكن من تدوير كل ثمرة وتقليبها، وتسهيل مشاهدة العفنة ومن ثم استبعادها.

3- تغسل ثمار التفاح بتمريرها في حوض نقع يقلب الماء فيه بوساطة تيار هواء، ثم ترش الثمار بالماء في أثناء صعودها على سير ناقل مائل. وفي العادة يضاف حمض كلور الهيدروجين ليكون تركيزه في ماء النقع بمعدل 1 %، فيخلص الحمض سطوح الثمار مما يكون قد علق بها من مواد الرش. وفي حالة كون الثمار قد رشت بمواد مكافحة بكميات كثيفة أو كانت شمعية بطبيعتها فقد يضحي ضرورياً إتباع عمليتي غسيل بالمادة القلوية ومن ثم بالحمض.

4- تنقل الثمار بعد غسلها إلى آلة الطحن والتقطيع، حيث تقوم بتقطيعها إلى قطع تتراوح بين 3 – 6 مم، إذ إن القطع بحجوم كهذه تضمن إنتاج مردود عصير مرتفع.

5- استخلاص عصير التفاح عن طريق الضغط بوساطة مكابس خاصة وهي طريقة قديمة، وحديثاً يتم استخلاص العصير عن طريق الطرد المركزي Centrifugation وهي طريقة سريعة وتضمن استمرارية عملية التصنيع.

6- بعد استخلاص العصير بوساطة المكبس أو بالطرد المركزي فان السائل الناتج يكون عنبري اللون، كما يكون لزجاً وعكراً. ويعزى العكر للدقائق الصلبة الموجودة بحالة معلقة، أما اللزوجة فترجع الى وجود المواد البكتينية. وقد يعلب العصير الناتج عكراً دون أي معالجة تهدف لترويقه، أو يعلب بعد التصفية والترويق. والسلعة السائدة في الأسواق العالمية حالياً هي عصير التفاح الرائق والصافي وذلك بسبب زيادة الطلب عليه من المستهلكين.

وتشمل مراحل تحضير العصير العكر (غير المروق) الاحتفاظ به في صهاريج عميقة لفترة قصيرة تسمح بتوضع الجوامد المعلقة وبذلك ينخفض مقدار الرواسب غير المرئية التي تتوضع في الأوعية في أثناء التخزين. بعد ذلك يسحب العصير من الصهاريج العميقة ثم يخضع لمعالجة حرارية يعقبها التبريد. أما تحضير العصير الرائق فيتم كما يأتي:

أ) تصفية العصير بتمريره عبر مصاف، حيث تحتجز دقائق لب الثمار كبيرة الحجم

ب) إخضاع العصير لمعالجة حرارية خاطفة لبضع دقائق عند حرارة 88 ^{0}م

ت) المعاملة بالإنزيمات (إنزيمات البكتينيز) لتفكيك مادة البكتين الموجودة في العصير فترسب بعضها وتحول بعضها إلى مادة ذوابة.

مركزات الفاكهة:

يحتوي عصير البرتقال الطبيعي حوالي 10.5 % مواد صلبة، فإذا كان يرغب بالحصول على مركز بنسبة 1:4 فإن ذلك يتطلب رفع تركيز المواد الصلبة

أربع مرات بحيث تصبح نسبتها بعد التركيز 42 %، ويتم ذلك بتبخير الماء الفائض في درجة حرارة منخفضة وفي جو مفرغ. غير أن عملية تركيز عصير البرتقال تترافق مع فقد لبعض مكونات النكهة، ولذلك فإنه من الإجراءات المألوفة للتعويض عن النكهة المفقودة أن يتم التركيز حتى 55% مواد صلبة، ثم يضاف بعدئذ عصير برتقال طازج لخفض نسبة التركيز حتى 42 %، وقد يلجأ أيضاً الى إضافة بعض زيت قشر البرتقال بقصد تحقيق الغرض نفسه. وعند المرحلة الأخيرة يصبح مركز عصير البرتقال جاهزاً للحفظ، وغالباً ما يتم ذلك بالتجميد. وتنقل عبوات المنتج النهائي بعد استكمال تجميدها في سيارات شاحنة مجهزة بوسائل تبريد تمكن من الحفاظ على درجة حرارة منخفضة –15 م^0 أو أقل حتى وصولها إلى مراكز البيع، مع ضرورة الإبقاء عليها مجمدة حتى تصبح في حوزة المستهلك، أو حتى تصل الى مراكز إعادة التصنيع. تخزين العصير المجمد يجب أن يتم من خلال ظروف تخزين حرارية لا ترتفع فيها درجة الحرارة عن – 17.7 م^0، وقد وجد أن التخزين في – 15 م^0 حتى – 12.2 م^0 لمدة طويلة أو التخزين في درجات حرارة أعلى من ذلك لمدد قصيرة يؤدي الى تلف النكهة وفقد للعكر مع احتمال تشكل قوام هلامي.

نكتار الفاكهة:

يدل تعبير نكتار الفاكهة في الصناعة على أنواع عصير الفاكهة اللبية الممزوجة مع محلول سكر وحمض الليمون لإنتاج مشروب جاهز للتناول على الرغم من أنها تشابه في نكهتها عصير الفاكهة بسبب إضافة الماء والسكر والحمض. وتتفاوت هذه المشروبات في مظهرها ابتداء من سوائل تكاد تكون رائقة حتى تلك المثقلة بما تحتويه من مواد صلبة معلقة. وتشمل عبوات النكتار التي تعبأ

لأغراض تجارية نكتار المشمش والدراق بصورة رئيسة، كما تشمل كميات قليلة من نكتار الإجاص والخوخ.

ويفضل في إنتاج النكتار استخدام الثمار الطازجة أو المجمدة. ويمكن أيضا استخدام الثمار المعلبة إلا أن جودة المنتج في هذه الحالة لا ترقى إلى تلك المستمدة من الثمار الطازجة أو المجمدة. ويعد إنتاج النكتار مخرجاً لاستخدام الثمار متقدمة النضج التي لا تحتمل التعليب بصورة مرضية. وعند الاعتماد على الثمار الطازجة في إنتاج معظم أنواع النكتار فإنه يفضل استخدام تلك التي تنضج طبيعياً على الشجرة. كما يمكن الاستفادة من عصير الفاكهة الناجم عن عمليتي نزع النوى والتقطيع إلى شرائح بتحويله إلى خط صنع النكتار.

مراقبة جودة الإنتاج:

تتضح مزايا تبني برنامج جيد لمراقبة جودة إنتاج المرطبات وعصائر الفاكهة ومنتجاتها في النقاط الآتية:

1- حماية تكاليف الإنتاج عن طريق الكشف عن العيوب ومنع وقوعها

2- حماية المستهلك والتأكد من حصوله على منتج شهي ذي نوعية جيدة

3- الالتزام بالتشريعات المحلية والحفاظ على جودة تضمن دخول المنتج الأسواق المنافسة

4- مراقبة استخدام مواد أولية عالية الجودة لضمان الحصول على منتجات عالية الجودة

5- مراقبة المخلفات وتحسين الاستفادة منها

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الحادي عشر

تصنيع المخللات

Processing of pickling

مقدمة:

تعود الناس على استعمال المقبلات منذ زمن بعيد لإثارة الشهية وزيادة الإقبال على استعمال الطعام لأنها تزيد الأغذية الشهية لذة ومتعة.

لقد ظل تصنيع المخللات صناعة منزلية يتوارثها الأبناء عن الآباء وبقي إتقانها معتمداً على الخبرة الشخصية والمعرفة الفردية لوقت طويل، ولم تطبق عليها المفاهيم العلمية إلا بعد معرفة علم الأحياء الدقيقة ومعرفة طبيعة الاختمارات البيولوجية وبعد دراسة حمض اللبن من قبل باستور 1858.

تصنيع مخلل الخيار Cucumber pickling:

تأتي صناعة مخلل الخيار في مقدمة أنواع الخضار المخللة وذلك لسهولة تخليل هذه الثمار ووفرة محصولها وتميزها بطعم مرغوب لذيذ مما جعل مخلل الخيار في مقدمة المخللات. وقد تنوعت الأشكال التي يصنع بها مخلل الخيار نظراً لما تلاقيه صناعة تخليل الخيار من إقبال من جمهور المستهلكين، وأهم هذه الأنواع هي:

1- **مخلل الخيار الحامض:** يعد هذا النوع من أكثر أنواع مخلل الخيار شهرة، فهو يصنع في جميع بلاد العالم بل ويتم صنعه في كل بيت تقريباً .

2- **مخلل الخيار الشبتي:** وهو من أشهر أنواع مخللات الخيار في أمريكا الشمالية ويلقى إقبالاً متزايداً في بقية الدول لما يتميز به من نكهة الشبت المرغوبة.

3- **مخلل الخيار الحلو:** يتميز هذا النوع من المخلل بطعمه الحلو إضافة إلى الطعوم الأخرى مما يجعله مرغوباً لدى الكثير من محبي التنوع في هذه الصناعة.

تقوم نظرية حفظ الخضار والفواكه بالتخليل على الأسس العلمية الثلاثة الآتية:

1- يساعد تركيز المحلول الملحي على نمو البكتريا المرغوبة وتكاثرها، حيث تنتج حمض اللبن وحموضاً أخرى أقل بتركيز ملائم يعيق نمو البكتريا غير المرغوبة أو يمنع نموها.

2- يؤدي تكوين الحموضة في وسط التخليل إلى انخفاض رقم حموضته مما يجعله غير ملائم لفعل الإنزيمات أو حتى وقف هذا الفعل.

3- ينتج عن نمو البكتريا والأحياء الدقيقة الأخرى وتكاثرها غاز الفحم الذي يطرد الأوكسجين من الوسط ويعمل على خلق ظروف غير هوائية لاستمرار الاختمار اللبني.

ولكي يضمن المصنع أن التغيرات الاستقلابية والفيزيائية هي التغيرات المرغوبة، تجب معرفة تأثير البيئة الفيزيائية والكيميائية الضرورية لنمو مختلف أنواع البكتريا والخمائر والفطور. ومن العوامل الهامة جداً التي يجب الاهتمام بها والسيطرة عليها درجة حرارة الاختمار وتركيز الملح ووجود الأوكسجين وعدم ظهور الملوثات لأنها تؤثر في مسار عملية الاختمار وتتحكم به، وأهم هذه العوامل جميعاً هو تركيز الملح لأنه يؤثر غالباً على تتابع نمو البكتريا في مخلل الخيار والخيار الشبتي. وبشكل عام توجد طريقتان عامتان لتحضير مخزون الخيار المملح من أجل تخليله هما:

أ) **التخليل بالملح الجاف:** لا تستعمل طريقة التمليح الجاف بشكل واسع في تخليل الخيار في الوقت الحاضر وذلك لميل الثمار إلى الطراوة والانكماش مما يثير بعض الصعوبات عند التعبئة. ولربما استعملت هذه الطريقة لتحضير مخللات أوراق الملفوف أو الزهرة أو الفليفلة أو تخليل الزيتون الناضج.

تهيأ أوعية التخليل المكونة من البراميل أو الخزانات الدائرية ذات الحجم الكبير، فتوضع كمية من المحلول الملحي في الوعاء بارتفاع 30 سم لتشكل مهداً ليناً يحول دون ارتطام الثمار بقعر الخزان عند تفريغها، ثم تضاف الثمار إلى الخزان ويضاف إليها الملح بمعدل 5 كغ أو 6 كغ من الملح الجاف لكل 100 كغ من الخيار حسب حجم الثمار برش كمية الملح الملائمة بعد إضافة كل طبقة من الثمار حتى يعبأ الخزان إلى ثلاثة أرباع حجمه ثم يغطى ويرص الغطاء بوضع ثقل عليه لمنع طفو الثمار.

يمتلئ الخزان عادة بالمحلول الملحي المتكون من خروج الماء من الثمار بالمحلول إلى خارج الثمار حتى يغمر الغطاء، فإذا لم يغمر بالمحلول يضاف محلول ملحي تركيزه 40 درجة سالوميتر حتى يصل إلى المستوى المطلوب، ويجب إعادة سحب المحلول الملحي وخلطه في الخزان للمحافظة على تساوي التركيز في جميع أجزاء الخزان، ثم يزاد تركيز الملح تدريجياً في أثناء مدة التخزين حتى يصل تركيزه إلى 60 درجة سالوميتر.

ب) **التخليل بالمحلول الملحي:** يستعمل معظم المصنعين طريقة التخليل بالمحلول الملحي لتخليل الخيار بدلاً من استعمال التمليح بالملح الجاف، وينفذ التخليل بهذه الطريقة باتباع أسلوبين:

- الطريقة منخفضة التركيز: تهيأ الثمار المعدة للتخليل كما تحضر البراميل أو الخزانات وتوضع في أسفل كل خزان كمية من المحلول الملحي ثم تضاف الثمار، ويضاف إليها محلول ملحي تركيزه 30 درجة سالوميتر (8 % ملحاً)، ثم تضاف كمية من الملح تساوي 9 كغ لكل 100 كغ من الثمار، ويرفع تركيز المحلول الملحي أسبوعياً بمعدل 1 درجة سالوميتر حتى يصل إلى 60 درجة سالوميتر، ويتم الاختمار بهذه الطريقة بمعدل سريع بسبب انخفاض تركيز الملح.
- الطريقة مرتفعة التركيز: يستعمل في هذه الطريقة محلول ملحي تركيزه 40 سالوميتراً بدلاً من 30 سالوميتراً المستعمل في الطريقة السابقة، ويضاف الملح بمعدل 9 كغ لكل 100 كغ من الثمار، ويزداد تركيز الملح أسبوعياً بمعدل 2 سالوميتر حتى يصل إلى 60 سالوميتراً.

تتبع في عملية تخليل الخيار خطوات معينة بعيدة عن التعقيد وتستعمل المواد والأوعية المتشابهة غالباً في معظم المصانع، ولكن المنتج الذي يتم الحصول عليه يخفي كثيراً من الاختلافات في اللون والقوام والمظهر الخارجي وأخيراً في الطعم والرائحة، ويرد ذلك إلى الخبرة العملية وإلى توفير الشروط الملائمة جداً لعملية التخمير حتى تعطي المنتج ذا الصفة الجيدة والجودة العالية.

خطوات تخليل الخيار:

1- إعداد الثمار: تبدأ عملية إعداد ثمار الخيار للتخليل من قطاف المحصول، إذ يجب بذل عناية كبيرة عند قطاف الثمار لتجنب إصابتها بالشقوق والجروح، كما تختار الثمار ذات الحجم المتوسط والشكل الأسطواني

والقوام المكتنز والنضج الكامل، واستعمال عبوات ملائمة لنقلها تمنع تعرضها للخدش وإيصالها إلى المصنع بما يمكن من السرعة لمنع ترديها.

2- **فرز الثمار وتدريجها:** يتم فرز الثمار في المعامل الكبيرة فور وصولها إلى المصنع، وتجري هذه العملية بوضع الثمار على حزام ناقل وتمريرها أمام العمال لاستبعاد الثمار غير الملائمة. وتدرج الثمار إلى درجات حسب حجمها قبل التخليل حيث تخلل الثمار الكبيرة منفصلة عن الثمار الصغيرة أو تتم عملية التدريج بعد إنجاز عملية التخليل وعند تحضير الثمار للتعبئة.

3- **تحضير المحلول الملحي:** يحضر المحلول الملحي في المصانع الكبيرة بكميات كبيرة باستعمال موازين آلية تضيف كميات محسوبة من الملح إلى الماء المعد في أحواض مجهزة بمحركات تخلط الملح بالماء حتى يتم ذوبانه والحصول على التركيز المطلوب.

4- **إضافة المحلول الملحي:** تهيأ البراميل أو الخزانات المعدة للتخليل بوضع كمية من المحلول في قعر الخزان بارتفاع 30 سم لمنع سقوط الثمار على قعر الخزان الصلب، ثم تضاف الثمار، وعندما تتكون طبقة محددة يضاف المحلول الملحي مع رش الملح، ويستمر بإضافة الثمار حتى يمتلئ الخزان إلى ما دون الحافة بمقدار 15 سم ثم تغطى البراميل أو الأوعية الأخرى بالأغطية الخشبية التي تثبت في أمكنتها بوساطة مقابض معدنية لتبقى الثمار مغطاة بالمحلول الملحي ولمنع تلوث البراميل.

وقد وجد أن إضافة 1 % سكر (يفضل سكر الغلوكوز) تساعد على تحسين خواص الاختمار وتمنع نمو بعض أنواع الجراثيم غير المرغوبة. يبلغ تركيز المحلول الملحي المضاف إلى ثمار الخيار 30 درجة سالوميتر أي

حوالي 8 % ملحاً، أو 40 درجة سالوميتر أي 10 % ملحاً، ولكن هذا التركيز ينخفض بعد يوم أو يومين لارتشاح عصير الثمار إلى الخارج ودخول الملح إلى الثمار. لذا يجب تعديل التركيز بإضافة كمية ملائمة من الملح إلى الأوعية يومياً خلال الأسبوع الأول من عملية التخليل لمنع نمو الجراثيم غير المرغوبة وخاصة تلك المسببة للعفن.

5- **الاختمار:** إن أساس عملية التخليل هو الاختمار، فإذا بدأ صحيحاً أدى إلى الحصول على منتج جيد، أما إذا تعثرت عملية الاختمار تغير مسارها وأدت إلى فساد الثمار. ولكي نضمن بدء اختمار جيد يجب توفير الشروط المناسبة للعملية الناجمة المتمثلة في تركيز الملح الملائم والحرارة المناسبة والظروف غير الهوائية وإبقاء الثمار مغمورة في المحلول الملحي، وتستمر عملية التخليل مدة تتراوح بين 3 – 4 أسابيع.

تبقى ثمار الخيار في المخزون الملحي مدة طويلة حيث تقف عملية الاختمار عندما يصل تركيز المحلول إلى 60 درجة سالوميتر، وتحفظ الثمار فيه مدة طويلة حتى يحين وقت وضعها في الأوعية الصغيرة لتوزيعها على أسواق الاستهلاك.

6- **النقع:** تتصف ثمار الخيار في مخزون المحلول الملحي بملوحتها المفرطة التي لا تناسب شروط الاستهلاك والتسويق، لذا لابد من إزالة الملوحة الزائدة بنقعها بالماء. وتتم هذه العملية بغمر الثمار بماء ساخن درجة حرارته 40 – 55 م^0 حسب حجم الثمار وتماسك قوامها لمدة تتراوح بين 10 – 14 ساعة مع التحريك المتقطع وإبدال الماء حتى تنخفض الملوحة إلى القدر المطلوب. وقد يضاف مقدار 0.5 كغ من الشب أو كلور

الكالسيوم لكل 100 ليتر من ماء الغسيل الثالث لزيادة تماسك الثمار و 60 غ من الكركم لتحسين اللون.

7- **التعبئة:** تعبأ الثمار المخللة بعد إزالة الملح عنها في أوعية زجاجية ذات أحجام مختلفة، ويضاف إليها المحلول الملحي المناسب وكمية من الخل والتوابل وتغطى بأغطية معدنية محكمة وتوضع في صناديق كرتونية تمهيداً لتخزينها أو شحنها إلى أسواق البيع.

تصنيع مخلل الخيار الشبتي Dill pickles:

يحضر مخلل الخيار الشبتي بتخليل ثمار الخيار في محلول ملحي ممدد تضاف إليه أعشاب الشبت Dill herbs والتوابل ويباع في الأسواق على هذه الصورة.

تحضر ثمار الخيار كما سبق شرحه، كما تهيأ البراميل اللازمة للتخليل وتكون عادة بسعة 100 – 200 ليتر، وبعد أن تنظف البراميل تفرش بطبقة من أعشاب الشبت بسماكة 5 – 8 سم ثم تعبأ ثمار الخيار حتى نصف حجم البرميل ويتكون هذا الخليط من كميات متساوية من القرنفل والكزبرة والفليفلة و0.5 كغ من أوراق الغار لكل 7 – 8 كغ من التوابل السابقة ثم تعبأ الثمار حتى يمتلئ البرميل إلى ما دون حافته العليا بنحو 10 سم ثم توضع طبقة من أعشاب الشبت.

يغطى البرميل بغطائه الخشبي أو البلاستيكي ويثبت جيداً حتى يصبح البرميل غير منفذ للماء، ثم يضاف المحلول الملحي بتركيز 40 درجة سالوميتر إلى البرميل من فتحة في الغطاء موجودة في جانبه حتى يمتلئ تماماً، ويفضل تحميض المحلول الملحي بمقدار 1 ليتر من حمض الخل بتركيز 10 % لكل 40 ليتراً من المحلول الملحي وذلك ليمنع نمو الأحياء المسببة للفساد وتشجيع نمو الأحياء المرغوب فيها.

تخزن البراميل في جو دافئ تبلغ درجة حرارته نحو 26 م^0 لأنه إذا قلت درجة الحرارة أدت إلى إطالة مدة الاختمار، وإذا زادت أدت إلى الفساد أو طفو الثمار، وتغلق الفتحة في أثناء عملية الاختمار فيما عدا فتح ثقب صغير فيها لتصريف الغاز المتكون في أثناء فترة التخمر الشديد التي تؤدي إلى فقد كمية من المحلول، لذلك تضاف إلى البراميل كمية من المحلول الملحي بتركيز 24 درجة سالوميتر لتعويض الفاقد وإبقاء البراميل مملوءة ومحكمة الإغلاق حتى بعد أن تتم عملية التخليل لمنع إعطاء الفرصة للخمائر السطحية لتنمو على السطح وتؤدي إلى أكسدة الحمض وتهيئة الفرصة لحدوث الفساد.

تكتمل عملية الاختمار (التخليل) في غضون 6 أسابيع وتصبح الثمار جاهزة للاستهلاك الذي يجب أن يتم خلال بضعة شهور، أما إذا رغب في حفظها لمدة أطول فيجب رفع تركيز المحلول الملحي إلى 30 درجة سالوميتر أو بسترة الأوعية على درجة حرارة 90 م^0 لمدة 10 دقائق.

تصنيع مخلل الخيار الحلو Sweet cucumber pickles:

يحضر مخلل الخيار الحلو كما يحضر مخلل الخيار الحامض باستثناء وضع الثمار في محلول خلي حموضته 0.5 % لعدة أيام لمنع ذبول الثمار بسبب الضغط الحلولي لمحلول الخل المحلى بالسكر.

تحضر وصفة الخل المحلى بالسكر والتوابل بطرائق كثيرة منها أخذ 30 ليتراً من الخل و13 كغ من السكر و 30 غ من كل من القرنفل والكزبرة وبذور الخردل وبذور الزنجبيل ومسحوق جوزة الطيب، توضع التوابل في قطعة قماش على شكل صرة وتغطس في الخل ويغلق الوعاء جيداً وتغلى لمدة ساعة، وإذا حدث نقص في كمية الخل يكمل إلى ما كان عليه بإضافة الماء. ترفع صرة التوابل وتعصر

وتستبعد، ثم يذاب السكر في السائل الخلي الساخن المحتوي على التوابل السابقة حتى يصل تركيزه إلى 40 درجة بالنغ عند درجة حرارة 20 م^0 ولا تقل حموضته عن 5 % كحمض خل.

تضاف ثمار الخيار إلى المزيج المحضر وتترك فيه لعدة أسابيع، ثم يعاد وضع الثمار في مزيج جديد من الخل والتوابل تركيزه 55 درجة بالنغ، وتحبذ زيادة تركيز السكر تدريجياً كي لا تصاب الثمار بالانكماش، ويتم ذلك بخزن ثمار الخيار في الخل المحلى الذي تزاد فيه كمية السكر تدريجياً، وبعد أن يصل اختمار الثمار إلى المستوى المطلوب من حيث اللون والنكهة تعبأ في أوعية زجاجية سعة 1 أو 2 كغ في محلول ملحي مضاف إليه الخل وترسل إلى الأسواق للاستهلاك.

عيوب مخلل الخيار وفساده:

تلحق بثمار مخلل الخيار عدة عيوب وينتابها بعض الفساد الذي يتسبب عن فعل الأحياء الدقيقة. وأهم هذه العيوب:

1- ذبول الثمار: ينشأ عن تخليل الثمار في محلول عالي تركيز الملح والسكر.

2- الثمار الجوفاء: يعود هذا العيب إلى كون الثمار جوفاء أصلاً أو عدم توفر شروط مناسبة في أثناء التخليل مثل ارتفاع التركيز أو قلته أو عدم توافر الغطاء الثقيل.

3- الثمار الطافية: يعود تكون الثمار الطافية للأسباب الآتية:

أ) تخليل ثمار جوفاء

ب) تكوين الغاز داخل الثمار بفعل الخمائر أو بكتريا حمض اللبن متباينة الاختمار.

ت) سمك قشرة الثمار مما يسبب منع تسرب الغاز.

4- الثمار الزلقة: تتكون طبقة لزجة على الثمار بسبب نمو البكتريا المتكيسة أو تمزق الغشاء المتكون على سطح البرميل.

5- الثمار الطرية: ينشأ هذا العيب بسبب الإنزيمات المحللة للبكتين الناتجة عن نمو الفطور الملوثة للأزهار الباقية على طرف الثمار ودخولها إلى خزان الاختمار. ومما يشجع حدوث هذا العيب عدم كفاية تركيز الملح وانخفاض الحموضة ووجود الهواء المشجع لنمو الخمائر السطحية والفطور والبكتريا المحللة للبكتين.

تخليل الزيتون الأخضر Pickling of green olive:

اكتسبت بلاد حوض البحر الأبيض المتوسط شهرة واسعة في مجال زراعة أشجار الزيتون واستخراج زيته وتخليل ثماره أكثر من غيرها من بلاد العالم، فكان لها السبق في إيجاد هذه الصناعات، والفضل في تطويرها وتقديم منتجات غذائية عالية الجودة.

وتعد صناعة تخليل ثمار الزيتون من أقدم الصناعات التي زاولها سكان سورية، إذ كانت تؤلف جزءاً أساسياً من غذائهم نظراً لما تمتاز به ثمار الزيتون المخللة من نكهة محببة إلى كافة الناس وطعم مرغوب فيه، فاستمرت هذه الصناعة تتطور تطوراً بطيئاً لأنها لم تلق العناية اللازمة ولا الاهتمام الكافي للارتقاء بها إلى مستوى الصناعة المتقدمة.

يجب أن يتوافر في صنف الزيتون المختار للتخليل أن يكون مكتمل النضج مكتنز القوام صغير النواة لذيذ الطعم والنكهة وأن تكون الثمار خضراء اللون. وأهم الأصناف الصالحة للتخليل هي:

1- الجلط: يتميز هذا الصنف بكبر ثماره واكتنازها وكبر نواته وبلونه الأصفر قبل أن يصل إلى نهاية طور النضج.

2- الدان: يتميز بثماره الصغيرة ذات الشكل الكروي تقريباً وله طعم لذيذ ونكهة قوية عند التخليل.

3- التفاحي: تأخذ ثمار هذا الصنف الشكل الأسطواني ويميل لونها إلى اللون الأصفر الزيتوني قبل أن تصل إلى نهاية طور النضج.

ومن أهم الأصناف الأجنبية المستعملة في تخليل الزيتون الأخضر:

Svilano ويرغب في استعماله للتخليل أكثر من الأصناف الأخرى لكبر ثماره وصلاحيته للتخليل

Manzalino يتميز بثماره ذات الشكل الكرزي والحجم الكبير ونضجه المبكر.

تقطف جميع الأصناف التي يرغب بتخليلها خضراء اللون مكتملة النضج وقبل بدء تحولها إلى اللون الأسود.

خطوات تخليل الزيتون الأخضر:

1- **تحضير الثمار:** تقطف ثمار الزيتون عندما يصبح لونها أخضر أو أخضر مصفراً وبلغت طور النضج الكامل والقوام المكتنز. ويجب بذل عناية فائقة عند قطاف ثمار الزيتون وعند تعبئتها لأنها شديدة التأثر بالجروح والكدمات التي تصبح مهداً للتلوث الميكروبي.

2- **الفرز والتدريج:** تؤدي عمليات القطاف المتبعة في جني ثمار الزيتون إلى إلحاق بعض الأضرار بالثمار من جراء طرق الأغصان بالعصي أو سقوط الثمار على الأرض، لذلك يجب فرز الثمار واستبعاد الثمار المجروحة والمشوهة وكل الثمار التي لا تلائم التخليل.

3- **النقع في المحلول:** تهدف هذه العملية إلى إزالة جزء من الطعم المر لثمار الزيتون وإبقاء جزء منه وذلك بنقع الثمار في محلول قلوي تركيزه 0.75 – 1.5 % من ماءات الصوديوم في أحواض أو براميل خشبية على درجة حرارة الغرفة، وتبقى الثمار في المحلول حتى ينفذ إلى داخل الثمرة متخللاً اللب بما لا يتجاوز 1 – 2 مم، وتستمر عملية النقع حتى يزول معظم الطعم المر.

4- **إزالة المحلول القلوي:** عندما تتم إزالة جزء من الطعم المر ولا يبقى منه إلا ما يلائم ذوق المستهلك يزال المحلول القلوي من الثمار وذلك بنقلها إلى وعاء جديد وغمرها بالماء من 2 – 3 مرات يومياً مع التحريك بعصا أو محرك يدوي، وقد تستمر هذه العملية 1 – 2 يوم.

5- **عملية الاختمار:** بعد الانتهاء من إزالة المحلول القلوي، تنقل الثمار إلى براميل خشبية تتسع إلى 200 ليتر ويضاف إليها المحلول الملحي من ثقب جانبي في البراميل الموضوعة أفقياً. يختلف تركيز المحلول الملحي حسب المنطقة وبلد التصنيع، فيصل تركيزه إلى 44 درجة سالوميتر في اسبانيا و50 درجة سالوميتر في كاليفورنيا، ويزداد تركيز المحلول الملحي تدريجياً حتى يصل إلى التركيز المطلوب. توضع البراميل في العراء بعد ملئها وإحكام إغلاقها معرضة لأشعة الشمس التي تساعد على رفع درجة حرارة المحلول والإسراع بعملية الاختمار.

ويشيع لدى بعض المصانع في ولاية كاليفورنيا إضافة قليل من قطر الذرة (غلوكوز) بعد عدة أيام من بدء الاختمار لتزويد الأحياء الدقيقة ببعض ما تحتاج إليه من السكريات القابلة للتخمر التي تفتقر إليها ثمار الزيتون.

6- **إزالة النوى وحشو الثمار:** تزال نوى ثمار الزيتون بعد اكتمال عملية الاختمار بألة نزع النوى الآلية، ثم تحشى الثمار بقطع صغيرة من الفليفلة الحمراء أو الجزر المحفوظة لهذا الغرض في محلول ملحي.

7- **التعبئة:** تؤدي عملية الاختمار إلى حدوث تغيرات كيميائية في الثمار تنتهي باكتسابها الطعم المرغوب والقوام الملائم والرائحة الشهية، عندئذ تعبأ ثمار الزيتون بعد فرزها وتدريجها (إن لم تفرز من قبل) في الأوعية الزجاجية ذات الحجوم المرغوبة، وتملأ الأوعية بمحلول ملحي تركيزه 28 درجة سالوميتر حتى تغمر الثمار، وقد تلجأ ربات البيوت أو معظم المصانع إلى إضافة 0.2 – 0.5 كغ من حمض الخل لكل 100 ليتر من المحلول الملحي ولا سيما إذا كانت الحموضة أدنى مما هو مرغوب فيه، ثم تغلق الأوعية تحت تفريغ إن أمكن لمنع نمو الخمائر.

وقد اعتاد بعض المصنعين السوريين وكذلك ربات البيوت ممن يقمن بعمل مخلل الزيتون منزلياً إضافة كمية ملائمة من الخل إلى الوعاء الذي مليء بالزيتون ثم إضافة كمية من ثمار الليمون الحامض المجزأ إلى قطع صغيرة ثم إضافة طبقة من زيت الزيتون إلى سطح الوعاء الزجاجي لمنع نمو الخمائر السطحية

عيوب مخلل الزيتون الأخضر:

- **الفساد النتن Zepatera** يتميز برائحة تشبه رائحة الخبز المتعفن والذي يتحول إلى رائحة براز الدجاج عند اشتداد الإصابة به، ويعزى سبب هذا الفساد إلى فعل نوع من الكلوستريديوم المحلل للسكريات والبروتينات وكذلك البكتريا المنتجة لحمض البروبونيك المميز برائحة الجبن المتعفن.

- **تردي اللون:** إذا تعرضت ثمار الزيتون إلى الهواء في أثناء عمليات الغسيل بعد معالجتها بالمحلول القلوي مال لونها إلى السواد، وتصبح بعد أن تكتمل عملية الاختمار رمادية اللون مما يعد عيباً في صناعة مخلل الزيتون، ويمكن منع ظهور هذا اللون بإضافة قليل من حمض الأسكوربيك.

Damascus University

الفصل الثاني عشر

تصنيع منتجات البندورة

Processing of tomatoes products

مقدمة:

يعد محصول البندورة من أهم محاصيل الخضار اقتصاديا وأوسعها إنتشارا في العالم، ويحتل محصول البندورة المرتبة الأولى بين محاصيل الخضراوات المختلفة التي تزرع في القطر وذلك في مجالات الاستهلاك الطازج والتصنيع والاستيراد والتصدير وهي تزرع على أنها عروة صيفية في مختلف مناطق القطر، إضافة لذلك تزرع البندورة في مختلف المناطق الساحلية والداخلية الدافئة باعتبارها عروتين الصيفية المبكرة والخريفية، لذلك يمكن القول أن زراعة البندورة تنتشر في جميع محافظات القطر.

إن البندورة هي إحدى محاصيل الخضراوات الأساسية في التغذية عند معظم شعوب العالم، حيث تجد رواجاً كبيراً في حالتها الطازجة بوصفها مكوناً من مكونات السلطة أو العصير الذي قد يستهلك طازجا أو معلبا أو مجمداً، أو ربما تقشر البندورة وتحفظ إما كاملة أو تقشر وتقطع على هيئة شرائح، أو تستعمل على أنها أحد مكونات الصلصات والشوربات، أو تجفف بشكل كامل على شكل مسحوق. وبالرغم من احتوائها على نسبة عالية من الماء فإن لها قيمة غذائية مرتفعة، حيث تحتوي على أملاح وفيتامينات وأحماض عضوية ذات قيمة غذائية كبيرة.

إن صناعة البندورة ومنتجاتها قد خطت خطوات كبيرة خلال العقود القليلة الماضية في البلاد ذات المصادر الزراعية الكبيرة والمتقدمة. يستخدم محصول البندورة في الصناعات الغذائية في عدة مجالات نذكر منها:

1- تعليب ثمار البندورة الطازجة .

2- عصير البندورة .

3- رب البندورة .

4- صناعة الكاتشب .

تعليب ثمار البندورة Tomato canning:

تعرف البندورة الكاملة المعلبة على انها البندورة الكاملة المقشورة أو غير المقشورة الناضجة والمكتملة التلون، والخالية من الإصابة الفطرية والحشرية، المعلبة والمضاف إليها محلول ملحي أو عصير البندورة.

صفات الثمار الملائمة للتعليب:

يراعى أن تتصف ثمار البندورة المستخدمة في التعليب كثمار كاملة بما يلي:

1- أن تكون ذات أحجام متوسطة.

2- أن تكون منتظمة الشكل سهلة التقشير.

3- أن تكون من الأصناف البيضوية أو الكروية.

خطوات تعليب ثمار البندورة:

1- اختيار الثمار: استخدام ثمار مكتملة النضج تامة التلون متماسكة القوام حتى تتحمل المعاملة الحرارية وتكون منتظمة الشكل ذات أحجام مناسبة.

2- الفرز الأولي: يتم استبعاد الثمار التالفة والمصابة وغير الناضجة (الخضراء والصفراء) والمتقدمة بالنضج.

3- الغسيل والنقع: تستخدم هذه الخطوة من أجل التخلص من أثار المبيدات التي تكون عالقة بالثمار و إزالة الأتربة والأوساخ، ويستخدم لهذا الغرض الرشاشات، حيث توضع الثمار على سير ناقل يعمل على تعليب الثمار،

وتمر في أثناء ذلك تحت مجموعة من الرشاشات لغسيل الثمار، وقد يسبق ذلك عملية نقع للثمار بالماء لأن ثمار البندورة تنمو قرب سطح الأرض وبالتالي تكون مغطاة بالطين الذي يخفي تحته الإصابات.

4- الفرز الثانوي: يتم استبعاد الثمار التي تظهر عيوبها بعد إجراء عملية النقع والغسيل أو التي قد تعرضت للتلف في أثناء النقع والغسيل.

5- التقشير: ويتم بطريقتين رئيسيتين:

أ) بالبخار أو بالماء الساخن: حيث تعرض الثمار لماء مضغوط أو لماء بدرجة الغليان لمدة نصف دقيقة، ثم تبرد مباشرة لتسهيل نزع القشور عن الثمار، ويراعى بعد ذلك إزالة الأعناق حتى داخل الثمرة مع مراعاة عدم فتح الجيوب البذرية.

ب) باستخدام المحاليل القلوية: حيث تغطس الثمار في محاليل قلوية تتراوح تراكيزها بين 16 – 20 % وبدرجة حرارة 98 – 90 $م^0$ لمدة نصف دقيقة، أو يتم الغمر على البارد لعدة دقائق، ثم تغسل الثمار بالماء البارد لإزالة القشور ووقف تأثير القلوي على الثمار. وهنالك طرق أخرى مستخدمة بتقشير الثمار منها (التجميد، استخدام الأشعة تحت الحمراء).

6- التعبئة: تعبأ ثمار البندورة المقشورة بعد فرز الثمار واستبعاد الثمار غير المكتملة التقشير (أو يتم استكمال تقشيرها)، حيث توضع بعبوات من الصفيح أو الزجاج، ثم يضاف إليها صلصة بندورة أو محلول ملحي بنسبة 0.5 – 2 %، كما يضاف أحياناً ملح كلور الصوديوم لإكساب الثمار المحفوظة الصلابة المطلوبة.

7- التسخين الابتدائي(الأولي): يتم تسخين العبوات حتى درجة حرارة 90 – 85 م^0، والغاية منه طرد فقاعات الهواء سواء الموجودة داخل الثمار أو في الفراغ العلوي، وأيضا لتقليل الضغط على جدران العلبة في أثناء التعقيم.

8- الإغلاق: تتم مباشرة بعد التسخين الأولي عملية قفل مزدوج في حال تعبئة الثمار بعلب الصفيح، أما إذا استخدمت عبوات زجاجية فلا بد أن تكون من النوع الذي يمكن إحكام قفله.

9- التعقيم: تعقم العبوات عند درجة حرارة 100 م^0 لمدة تتراوح بين 15 – 30 دقيقة حسب حجم العبوات ثم تبرد مباشرة لدرجة 40 – 35 م^0، حيث يتم غمرها بالماء البارد (العبوات المعدنية)، أما العبوات الزجاجية فتترك لتبرد ببطء، ثم تخزن مدة أسبوعين للاختبار، بعد ذلك يتم إعدادها للتسويق.

عصير البندورة Tomato juice:

يعرف عصير البندورة على انه العصارة الناتجة عن عصر البندورة الطازجة الناضجة المكتملة التلون (الاحمرار) السليمة الخالية من الإصابات الحشرية والميكروبية والمصفى من البذور والقشور والألياف الخشنة. ويجب أن يتوفر في المنتج النهائي (عصير البندورة) عدة شروط من أهمها:

1- أن يكون ذا لون أحمر طبيعي بسبب وجود صبغة الليكوبين المسؤولة عن اللون الأحمر في ثمار البندورة الطازجة.

2- ألا يكون مختمرا .

3- خالياً من المواد الملونة.

4- ألا تتجاوز نسبة الألياف فيه 1 %.

5- ألا تزيد نسبة المواد الحافظة (بنزوات الصوديوم) عن 0.001 %.

6- ألا يقل رقم pH عن 3.9 ولا يزيد عن 4.5.

صفات الثمار الملائمة لتصنيع عصير البندورة:

يجب أن تستعمل الأصناف التي تتوفر فيها الصفات الآتية:

1- أن تكون الثمار بعد نضجها ذات لون أحمر غزير.

2- أن تكون الثمار ذات غلاف غير جلدي والعنق صغير غير غائر حتى لا يكون بؤرة لوجود الأحياء الدقيقة، كما يفضل صغر التجاويف البذرية وقلة عدد البذورو حجمها.

3- أن تكون الثمار خالية من الأمراض والإصابات بأنواعها الحشرية والميكانيكية.

4- أن يكون رقم pH يساوي 4.2 ونسبة فيتامين C لا تقل عن 20 ملغ /100 غ.

ومن اهم مميزات عصير البندورة نذكر ما يلي:

أ) ذو طعم لذيذ وغني، حيث تتوفر فيه نسبة عالية من الفيتامينات والألياف والأملاح المعدنية والبروتينات والكربوهيدرات بالإضافة إلى نسبة من الدهون والصبغات (أهمها الليكوبين).

ب) سهل العمل والتحضير في المنازل

ت) يمتاز بأنه رخيص الثمن ومتوفر كثيراً على مدار السنة

خطوات تصنيع عصير البندورة:

1- تسلم محصول البندورة: يكون عادة من أصناف البندورة الملائمة لصناعة العصير، حيث تتصف بارتفاع نسبة العصير الناتج وكذلك ارتفاع نسبة المواد الصلبة الذائبة، بالإضافة إلى توافر مكونات اللون والطعم والرائحة.

2- الفرز والغسيل والنقع: إن الغاية من الغسيل هي إزالة الأتربة والأوساخ وبقايا المبيدات الفطرية والحشرية وقسم من الأحياء الدقيقة الموجودة على الثمار.

3- التقطيع والهرس: توضع الثمار المغسولة في هراسة لتقطع إلى قطع صغيرة، ثم تهرس.

4- استخلاص العصير من الثمار: يتم استخلاص العصير من الثمار بطريقتين:

أ) استخلاص العصير على البارد Cold break: لا تتعرض الثمار لأي معاملات حرارية، ويتميز العصير الناتج بهذه الطريقة بانخفاض لزوجته، حيث يمكن للأنزيمات المحللة للمواد البكتينية أن تنشط وتقوم بدورها في تحليل المواد البكتينية، وهذا الأمر يؤدي إلى ترسيب هذه المواد ويتعرض العصير لانفصال الطبقات واكتساب سيولة غير مرغوب فيها.

ب) استخلاص العصير على الساخن Hot break: في هذه الطريقة تتعرض الثمار للمعاملة الحرارية عند درجة حرارة 82 $م^0$ لعدة ثوان قبل الهرس أو بعده، ولهذه المعاملة فوائد عديدة أهمها:

- القضاء على الأنزيمات المؤكسدة التي تؤثر في لون العصير ومحتواه من الفيتامينات.

- القضاء على الأنزيمات المحللة للمواد البكتينية.
- زيادة كمية العصير الناتجة.
- التخلص من الهواء الموجود داخل الأنسجة حيث يقلل ذلك من تفاعلات الاكسدة.
- تقليل الحمل الميكروبي للثمار.

يؤخذ على هذه الطريقة تأثير الحرارة على البذور حيث تفقدها حيويتها وتفقدها صلاحيتها وقدرتها على الإنبات.

5- التركيز(التكثيف): يسحب العصير المصفى إلى جهاز التركيز الذي يعمل تحت التفريغ (Vacuum)، حيث تنخفض درجة الغليان حتى 71 – 65 م^0 فيتبخر جزء من الماء دون التأثير في اللون والطعم، وتستمر عملية التركيز حتى الوصول إلى الدرجة المطلوبة، يضاف بعدها ملح الطعام بنسبة 2 % وذلك لإكساب العصير الطعم المرغوب فيه.

6- إضافة الملح وسحب الهواء: أحياناً بعد استخلاص العصير يضاف له الملح ثم يمرر بجهاز انتزاع الهواء، حيث يتم سحب الهواء سحباً كاملاً من العصير، وهذا يساعد في المحافظة على عوامل اللون والنكهة والمحتوى من فيتامين C.

7- التجنيس: يجنس فقط العصير الناتج عن عملية العصر على البارد بهدف إعطائه قواماً سميكاً ومنع حدوث ظاهرة الترسيب فيما بعد.

8- التعبئة والحفظ: يحفظ العصير باستخدام إحدى الطرق التالية:

أ) التعليب ويتم ضمن نوعين من الاوعية:

- يعبأ العصير في علب الصفيح المعدنية، ثم يتم التسخين الابتدائي وعادة يستعاض عنه بتعبئة العصير وهو ساخن (94 م^0)، ثم تجري عملية القفل المزدوج مباشرةً، بعدها تقلب العلب رأساً على عقب لمدة 3 دقائق ثم تبرد بالماء البارد، أما إذا تم تعبئة العصير عند درجة حرارة 88 م^0 فيتم التعقيم بدرجة حرارة 100 م^0 لمدة 20 – 30 دقيقة حسب حجم العبوة ثم تبرد بالماء.

– يعبأ العصير في عبوات زجاجية عند درجة حرارة لا تقل عن 90 م^0 وتغلق العبوات مباشرةً، ولا ضرورة في هذه الحالة لأي معاملة حرارية ماعدا تبريدها تبريداً تاماً.

ب) التجفيف، حيث يجفف عصير البندورة لتحويله إلى مسحوق ناعم يمر 95 % منه على الأقل من مناخل قياس فتحتها 900 ميكرون ولا تزيد نسبة الرطوبة فيه عن 3 % من الوزن.

رب البندورة Ttomato paste:

يعرف رب البندورة على انه الناتج المصفى والمركز من عصير البندورة السليمة الطازجة والمكتملة اللون الأحمر، والخالي من القشور والبذور والأنسجة الخشنة، والمركز بالحرارة تحت التفريغ والمحتوى على المواد الصلبة للبندورة بنسبة لا تقل عن 32 %، والمضاف أو غير المضاف إليه ملح الطعام بنسبة لا تزيد عن 4 % من المنتج النهائي. ويجب أن تتوفر في ثمار البندورة الملائمة لصناعة رب البندورة الصفات التالية:

1– أن تكون الثمار طازجة لم يمض على قطافها أكثر من يوم واحد.

2- يجب ان تمتاز الثمار بلون احمر كثيف ليس في القشرة فحسب وانما في كامل اللب.

3- يجب ان تكون نكهتها جيدة ومميزة وخالية من الروائح والنكهات الاخرى غير المرغوب فيها.

4- يجب ان تكون الثمار عصيرية مكتملة النضج.

5- غير متخمرة وغير مهروسة.

6- خالية من الإصابات الفطرية والحشرية التي لا تزول بعملية الغسل بالماء.

7- ألا تقل نسبة العصير في الثمار عن 80 % .

8- يجب ان تحتوي الثمار على نسبة عالية من المواد الصلبة الذائبة.

9- يجب ان يكون محتوى السكر في المواد الصلبة الذائبة عاليا.

أصناف البندورة الملائمة لتصنيع رب البندورة:

يمكن أن تقسم أصناف البندورة المعدة للتصنيع إلى مجموعتين الكروية والمتطاولة الشكل. تكون الأنواع الكروية أكثر ملاءمة لإنتاج العصير ورب البندورة، ولكن مزيجاً يتألف من 90 % كروية و10 % متطاولة يعد نموذجاً لإنتاج رب البندورة. حيث يكسب النوع الاول النكهة واللون أما الثاني فيضيف المواد الصلبة ويحسن القوام. الاستعمال المطلق للبندورة المتطاولة لا ينصح به لإنتاج رب البندورة ذي النوعية الممتازة.

يعد الايطاليون من الشعوب السباقة في انتاج البندورة المتطاولة بهدف تعليبها كثمار كاملة مقشرة. تمتاز الانواع المتطاولة بامتلاكها قشورا اكثر صلابة مقترنة مع نسبة اكبر من اللب الى العصير، مما يجعلها اكثر مقاومة للتداول العنيف من الاصناف الكروية.

خطوات صناعة رب البندورة:

من الضروري التأكد بصورة دقيقة من البندورة القادمة الى المصنع بهدف صناعة رب البندورة. لذلك يجب التحقق من النقاط التالية فيما يتعلق بهذه الثمار:

أ) انتظام لون ثمار البندورة.

ب) وجود ثمار غير ناضجة بالدرجة المطلوبة او اكثر نضجا مما هو مرغب فيه.

ت) وجود نموات عفنية واصابة حشرية.

ث) وجود اوساخ وطين ومواد غريبة بشكل مفرط.

ج) نظافة العبوات والعربات الناقلة.

ح) نواقص في الحمولة او تضرر في العبوات.

خ) وجود ثمار من صنف غير مناسب للتصنيع.

وتمر خطوات صناعة رب البندورة بالمراحل التالية:

1- تصل البندورة الطازجة في صناديق خشبية أو بلاستيكية تتسع ل25 كغ تقريباً لتفرغ حمولتها في قنوات تجميع إسمنتية أو مصنعة من الستانلس ستيل ويضخ فيها الماء بسرعة تفوق سرعة البندورة المفرغة بمقدار ثلاث الى اربع مرات. تدفق الماء سيحمل البندورة إلى داخل رافعة دوارة التي ستحمل الثمار بدورها إلى محطة الفرز. يتم تغذية قنوات التجميع تدريجياً بالبندورة دون إلحاق أي ضرر بالثمار وذلك بجعل الشاحنات المحتوية على الثمار تميل باتجاه القنوات ثم يقوم عامل بضخ قدر كبير من الماء داخل الشاحنة فتخرج الثمار من فتحة الخروج (50) سم ×(50)سم بسهولة.

2- غسل الثمار: تغسل ثمار البندورة في أحواض الاستقبال والنقع والتي تملأ بالماء ثم تحرك الثمار بشدة دفع الهواء المضغوط أو بوضع مأخذ للماء المضغوط في مكان ملائم من الحوض يعمل على تقليب الثمار لإزالة الأوساخ عن سطوح الثمار، ويفضل الغسيل بماء الشرب.

3- الفرز: تتم هذه العملية من خلال عمال يقفون على جانبي السير لإزالة الثمار غير الصالحة والأجسام الغريبة.

4- هرس الثمار: تنقل الثمار بعد غسلها وفرزها إلى آلة الهرس، وهي عبارة عن محور تركب عليه أصابع معدنية تدور ضمن صندوق معدني تقوم بتقطيع الثمار عند مرورها ضمن الصندوق مما يسهل عمليات التسخين والعصر اللاحقة .

5- التسخين: يرسل المهروس (اللُّبابة) إلى مبادل حراري مكون من اسطوانة مزدوجة الجدران في حالة الهرس على البارد (تهرس البندورة قبل عصرها دون تسخين مسبق) أو يسخن مسبقاً الى 85 – 95 م^0 بحالة الهرس على الساخن. ومن فوائد تسخين المهروس:

أ) تسهيل فصل القشور عن الثمار وتسهيل عملية استخلاص العصير وتقليل النفايات الناتجة عن العصر من 4 – 12 %.

ب) إذابة أكبر قدر ممكن من المواد الملونة.

ت) تخليص العصير من أكبر قدر ممكن من الغازات للمحافظة على الفيتامينات.

ث) تقليل الحمولة البكتيرية للعصير.

ج) القضاء على الأنزيمات المؤكسدة (حماية الفيتامينات)، والقضاء على الأنزيمات البكتينية لمنع تحلل البكتين.

ح) تحرير المادة اللزجة حول البذور وبذلك يكتسب العصير اللزوجة المناسبة.

6- استخلاص العصير: تضخ لبابة البندورة المسخنة (ألياف، بشرة، بذور، عصير) بوساطة مضخة خاصة إلى وحدة الاستخلاص المؤلفة من 3 اسطوانات متراكبة أفقياً على حوامل رأسية وكل اسطوانة يتوسطها محور مركب عليه مضارب تدفع قطع البندورة إلى الجدران الداخلية للأسطوانة ليتم استخلاص العصير الذي يمر من الثقوب ليتجمع في الاسطوانة التالية فتعطيه القوام الناعم. يوجد في الاسطوانة الأولى مصفاة ذات ثقوب من 1 الى 1.5 مم لفصل القشور عن العصير. أما المصفاة الثانية ذات الثقوب من 0.5 الى 0.8 مم لفصل البذور والألياف عن العصير. أما المصفاة الثالثة ذات الثقوب 0.4 مم تعمل على تجنيس العصير و تجميعه. أما المخلفات والنفايات فتخرج من أسفل الأسطوانة بفعل ناقل حلزوني ويمكن استخدامها علفاً للحيوانات أو سماداً عضوياً أو في صناعات أخرى. يتعلق معدل إنتاجية وحدة الاستخلاص بالعوامل التالية:

أ) حرارة اللبابة (الحرارة المرتفعة تعني استخلاص كمية أكبر من العصير).

ب) نوعية البندورة المعاملة.

ت) نموذج المصافي المستخدمة.

ويجب ان يتصف رب البندورة الناتج بصفات الجودة التالية:

أ) كتلة متجانسة معلقة في جزيئات اللب الناعم.

ب) الطعم والرائحة طبيعيان.

ت) اللون أحمر أو أحمر برتقالي

ث) محتوى المادة الجافة 4.5 %

7- التركيز: يدفع العصير إلى أبراج التركيز ليتم تركيز المواد الصلبة بالعصير للحد المطلوب حيث يسخن العصير ثم يركز بوساطة مكثفين علوي وسفلي. يسخن المكثف العلوي بالبخار الآتي من المكثف السفلي ويعمل تحت تفريغ قدره 68 – 70 مم زئبق ويؤمن حرارة قدرها 67 – 70 م^0 للحصول على تركيز 12 % للمواد الصلبة. يعمل المكثف السفلي تحت تفريغ 62 – 65 مم زئبق ليؤمن حرارة قدرها 60 م^0 والحصول على تركيز يتراوح بين 29 – 42 % للمواد الصلبة، ويتم تسخينه بالبخار القادم من المرجل.

8- بسترة رب البندورة: إن درجة حرارة غليان رب البندورة في أجهزة التكثيف تحت تفريغ لا تكفي للقضاء على الأحياء الدقيقة التي تسبب فساد المنتج، لذا تتم بسترة رب البندورة قبل التعبئة بتسخينه إلى85 – 90 م^0 في حالة التعقيم اللاحق للمنتج بالعبوات النهائية، وإلى 96 م^0 في حالة الحفظ بالتعبئة الساخنة، ويتم التسخين من خلال جهاز اسطواني يجري تسخينه بالبخار.

9- التعبئة: تمرر العبوات أمام فتحة في جهاز التعبئة فتعبأ آلياً بالكمية المناسبة على درجة حرارة 90 م^0 ثم تقفل قفلاً مزدوجاً وتجمع في سلال أجهزة

التعقيم، وبحال إضافة الملح باعتبارها مادة حافظة يتم تخزين المنتج على أقل من15 م^0.

10- التعقيم: تعقم عبوات رب البندورة على100 م^0 في معقمات مفتوحة ولمدة تختلف حسب نوع العبوة وحجمها ودرجة تركيزها، بعد انتهاء عملية التعقيم تجري عملية التبريد المفاجئ عند درجة حرارة 40 – 45 م^0 عن طريق غمر العبوات بأحواض المياه الجارية أو بالرش برذاذ الماء.

11- التخزين للاختبار: تخزن العبوات في صفوف ويترك بينها ممرات يتخللها الهواء في المستودعات وتخزن ضمن شروط التهوية الجيدة والحرارة المناسبة لمدة زمنية كافية ليتم فرزها لاحقاً.

12- لصق البطاقات: تلصق البطاقات على العبوات وتضم معلومات مثل نوع المنتج ووزنه ومكوناته وتاريخ الصنع. يمكن أن يحفظ المنتج بعد تعبئته وتغليفه لأكثر من 24 شهراً حسب قيمة pH والظروف البيئية المحيطة به. ولكن عندما يزيد التخزين عن 12 شهراً من المستحسن حفظ العبوات بالبراد لمنع الأكسدة التي قد تسبب اسوداد المنتج .

عيوب رب البندورة:

1- ظهور اللون البني (بسبب استخدام بندورة خضراء تحوي الكلوروفيل فيونيتين).

2- ظهور اللون القاتم (طول مدة الطبخ وارتفاع درجة الحرارة مما يؤدي إلى تشكل الميلانوئيدينات).

3- ظهور اللون الداكن (تراكم أكسي ميتيل الفورفورال نتيجة ارتفاع درجة الحرارة في أثناء التخزين في المستودعات).

4- عدم الوصول إلى نسبة التركيز المطلوبة (وجود نسبة عالية من السيللوز في البندورة غير الناضجة).

5- ظهور طعم سلبي للمنتج (البندورة الخضراء تحوي حموضة حرة).

كتشب البندورة Tomato ketchup:

يعد كاتشب البندورة من المقبلات الرائجة جداً في كثير من أجزاء العالم وتصنع منه كميات كبيرة جداً في أمريكا الشمالية وأوروبا وكميات لا بأس بها في سوريا.

يعرف الكتشب على أنه عصير البندورة المركز (8 – 10 %) نحصل عليه من عصير البندورة الطازج أو من تخفيف رب البندورة مضاف إليه السكر والملح مع التوابل والبهارات والبصل والثوم والخل بحسب الرغبة، تصل نسبة تركيز المواد الصلبة الذائبة في هذا المنتج من 25 – 32 % ولا تقل فيه نسبة الحموضة عن 1 % ولا تزيد عن 2.5 والمواد السكرية تكون بنسبة 3/1 .

يستعمل في انتاج الكاتشب ثمار البندورة الصلبة والنظيفة والسليمة أو معجون البندورة الذي تمت تصفيته لاستبعاد البذور أو المواد الأخرى الخشنة أو الصلبة. لا تضاف أية فاكهة أو خضار غير البندورة إلى الكاتشب باستثناء البصل والثوم والتوابل التي تضاف لأغراض إكساب النكهة.

عند استعمال بندورة ذات لون جيد في إنتاج العصير أو رب البندورة فلا توجد حاجة لاستعمال مواد ملونة اصطناعية في كاتشب البندورة بشرط إيلاء عناية كافية في تحضير الاخير. أما إذا كان من الضروري تحسين لون المنتج فيوصى باستعمال الكاروتينويدات الطبيعية (Canthazanthin) وتمتاز هذه الصبغة بأن لونها مشابه الى حد كبير للون الكاروتينويدات الطبيعي للبندورة أي الليكوبين Lycopene.

في حالة تحضير كاتشب البندورة وفقا لأسس تصنيعية سليمة وتعبئته في درجات حرارة عالية، فليس هناك أية ضرورة لإضافة أي مادة حافظة اصطناعية، ولكن بعض المنتجين يضيفون كمية قليلة (بنزوات الصوديوم) لمنع الفساد المبكر حال فتح العبوة و لضمان فترة صلاحية جيدة للخزن والاستهلاك إذا ما وجدت شكوك بخصوص كفاءة عملية إغلاق العبوات.

خطوات تصنيع كاتشب البندورة:

1- تحضير عصير البندورة: نختار الثمار الخالية من الإصابة التي تكون بحالة نضج مثلى أي تامة التلون وغنية بالعصارة الطبيعية. تستخدم آلات خاصة لاستخراج عصير البندورة أو يمدد رب البندورة الجاهز بالماء بشكل يتناسب مع التركيز حتى يصبح تركيز العصير 10 %.

2- عملية الطبخ والغليان: تستمر 30 – 45 دقيقة وفيها يتم طبخ عصير البندورة مع المكونات اللازمة للتصنيع (الملح، السكر، الخل، الفلفل الحار، القرفة، الثوم، البصل) حيث يوضع البصل والثوم في الخلاط مع القليل من الماء حتى يصبح عجينة طرية

3- تضاف البهارات إما على شكل مسحوق كالبودرة أو توضع ضمن قطعة من القماش (عيدان، حب، أزهار) ويتم التخلص منها بانتهاء عملية الطبخ. أو تكون بشكل سائل مركز (زيوت عطرية) تضاف في نهاية عملية الطبخ بسبب تطايرها.

4- يضاف السكر على شكل سكروز قرب انتهاء عملية الطبخ لكي نحافظ على اللون الأحمر القاني (منعا لحدوث ظاهرة الكرملة).

5- يضاف الخل قرب انتهاء عملية الطبخ والسبب بذلك أن البندورة غنية ببكتات الكالسيوم التي تساعد في اكساب الكاتشب القوام المناسب وإضافة

الخل في المراحل الأولى من الطبخ يساعد على تفكك بكتات الكالسيوم وبالتالي نحتاج لوقت أكثر للغليان للوصول إلى التركيز المناسب والملائم واللزوجة المناسبة فيؤثر ذلك على لون الكاتشب. وإضافة الخل أيضا في بداية العملية تؤدي لتطاير هذا الحمض ولا يكسب الكتشب الطعم الحامضي.

6- خلخلة الهواء: بوساطة جهاز خاص لسحب الهواء وذلك للحفاظ على اللون المطلوب للكاتشب. ويتم ضمن جهاز يعمل تحت تفريغ يمرر الكتشب عبره على شكل طبقات رقيقة أو رذاذ ناعم ويتم انتزاع الهواء ويحل مكانه غاز خامل كغاز النتروجين.

7- تنعيم الكاتشب طحنه: حيث يتم تنعيمه بتمرير الخليط عبر مجنس أو خلاط مما يؤدي إلى تماسك القوام نتيجة للامتزاج الكامل بين مكوناته.

8- التعبئة: يعبأ الكتشب في عبوات زجاجية أو معدنية غير قابلة للصدأ أو بلاستيكية غير منفذة للضوء. على درجة حرارة فوق 85 م^0 وفي هذه الحالة لا يحتاج لبسترة، أما إذا تمت التعبئة عند درجة حرارة اقل من 82 م^0 فيحتاج المنتج إلى إجراء عملية البسترة.

9- التبريد: يتم تبريد العبوات حتى تصل درجة الحرارة الى 40 م^0 ثم ترسل إلى مستودعات تخزين مؤقت لمدة أسبوعين للتأكد من عدم حدوث فساد المنتج، ثم تنقل لأماكن الاستهلاك أو أماكن تخزين لفترات أطول.

دلائل جودة الكاتشب:

1- أن يكون ثخين القوام لا ينسكب بسرعة من العبوة.

2- أن يكون لونه أحمر قاني.

3- يجب أن يحافظ الكتشب على طعم البندورة الطبيعي وأن لا يطغى طعم البهارات عليه حيث تضاف البهارات بنسب مناسبة تحسن من الطعم.

مسحوق البندورة المجفف:

ازداد في الآونة الاخيرة بشكل كبير انتاج مسحوق البندورة المجفف، كما أن التحسينات المتبعة في طرق التجفيف مكنت هذا المنتج من أن يعد منافساً مهماً لرب البندورة عند استعماله في الاغذية المصنعة، فضلاً عن ذلك فإن نمو سوق الأغذية الجاهزة أو سهلة التحضير Convenience foods جعلت مسحوق البندورة المجفف سلعة ذات أهمية تجارية كبيرة.

إن التركيز الاضافي لمواد البندورة الصلبة من 30 – 40 % الموجودة في الأنواع المختلفة من رب البندورة الى حوالي 97 % في المسحوق المجفف يمثل توفيراً كبيراُ في الوزن عند شحن الأخير. إلى جانب الميزة الاقتصادية المذكورة سابقاً، فإن استعمال مسحوق البندورة المجفف يتميز بما يلي:

1- أقل فقداً عند الاسترجاع (من الحالة الجافة إلى الحالة الرطبة) أو الاستعمال في التصنيع.

2- تحضيره أو خلطه و تداوله يمكن أن يكون سهلاً خصوصاً في المنتجات ذات المحتوى المنخفض من الرطوبة.

3- ملاءمته للاستعمال في الخلطات الجافة وهو يجنب الحاجة إلى التجفيف الإضافي خلال تصنيع هذه المنتجات.

على الرغم من أن مسحوق البندورة المجفف لا يعاني من الضرر الحراري في أثناء تحضيره ويحتفظ عند استرجاعه بالخواص الفيزيائية والحسية والتحليلية التي تتصف بها المادة التي صنع منها.

يعد مسحوق البندورة المجفف منتجاً صعب التداول خلال المراحل النهائية من التجفيف وفي العمليات اللاحقة على حد سواء ما لم تتخذ احتياطات خاصة في تحضيره. وهذا يرجع الى عاملين رئيسين:

1- يتصف مسحوق البندورة المجفف بخاصية التلدن الحراري Thermoplastic ويصبح مضغه صعبا في درجات الحرارة العالية.

2- يتصف مسحوق البندورة المجفف بقابلية عالية على التميه Hygroscopic وامتصاص الماء من الجو بسهولة ليصبح لزجاً أو دبقاً.

يعبأ مسحوق البندورة المجفف في أكياس من الصفائح اللدنة أحادية أو ثنائية الطبقات تغلق بالحرارة وتوضع بدورها في عبوات معدنية أو بلاستيكية محكمة الإغلاق. وبما أن مسحوق البندورة المجفف عبارة عن مادة ذات قابلية عالية للتميه لذلك فهو واحد من أصعب المساحيق تعبئة وخزناً بدون اتخاذ إجراءات صارمة. لذلك يعبأ المسحوق المجفف ضمن عبوات يفرغ الهواء منها أو يستبدل بغازات خاملة كالنتروجين. وعلى الرغم من كل الاحتياطات المتخذة فإن المسحوق المجفف قد يتصلب حتى عندما يخزن في عبوات يفترض أن تكون محكمة السد. ولأجل المحافظة على خواص الانسياب الحر للمسحوق المجفف فإن اضافة كميات قليلة من السليكا المبخرة او المدخنة Fumed silica الى حد 2 % وزناً مسموح بها في بعض البلدان.

المخلفات الناتجة عن تصنيع منتجات البندورة وطرق الإستفادة منها:

تشكل المخلفات الناتجة في أثناء العصر 35 %، تهرس وتضاف إلى الهريس الوارد لإنتاج رب البندورة (مخلفات ناتجة عن صناعة العصير) أما المخلفات الناتجة في أثناء هرس ثمار البندورة فتعادل 4 % منها 3.5 % هريس و 0.5 %

بذور إضافة إلى القشرة والألياف وحامل الثمرة (مخلفات ناتجة عن صناعة الهريس ورب البندورة). يمكن فصل الهريس عن المخلفات بوساطة الاستخلاص بالماء الساخن مع العصر اللاحق في مكبس أو آلة الهرس حيث يضاف المستخلص إلى كتلة البذور الواردة إلى التبخير في خط إنتاج رب البندورة، أما البذور الحاوية 75 % رطوبة فتجفف حتى 10 %، وتستخدم البذار لإنتاج الزيت الذي تصل نسبته في البذور حتى 28 %، وبالنسبة للقشرة والألياف وحامل الثمرة تستخدم كأعلاف، .يمكن أن تستخدم القشور في صناعة الملونات بعد استخلاصها منها. المستخلص يشكل منه محاليل ملحية يرشح وينقى ويضاف لصناعة رب البندورة .

تتم تنقيته بماء الغسيل وتصفيته بإضافة مواد كيماوية لترسيب الشوائب ثم إعادة استخدامه بالعملية التصنيعية ضمن دارة مغلقة. فيما يتعلق بالثمار التالفة والمصابة فتستخدم لصناعة الخل، اما القشور والبذور فتستخدم لاستخلاص بعض المركبات الفعالة حيوياً على أنها مضادات أكسدة وبالأخص الليكوبين الذي تعاد إضافته لمنتجات البندورة كالكتشب والصلصلة لزيادة القدرة المضادة للأكسدة بهذه المنتجات. الألياف الناتجة يعاد تجفيفها واستخدامها بصناعة الأعلاف والأسمدة العضوية، واخيرا البخار الناتج عن كل المراحل التصنيعية يعاد استخدامه في مراحل التسخين المختلفة لتوفير الطاقة المهدورة وذلك ضمن مكثفات حيث يتم تكثيفه واستخدامه ثانية بالعملية التصنيعية.

الفصل الثالث عشر

تصنيع البيض

Processing of eggs

عند تصنيع منتجات البيض يسمح فقط باستعمال البيض ذي القشرة النظيفة الخالية من مسببات الفساد، ولا يسمح باستعمال البيض المعد مادة علفية والبيض المكسور.

غسيل السطح الخارجي للبيض وتنظيفه وتطهيره:

تتم عملية الغسيل والتطهير لسطح البيضة الخارجي للتقليل ما أمكن من الأحياء الدقيقة ومسببات الفساد الموجودة على سطح البيضة. فكما هو معلوم تعد قشرة البيضة مصدراً رئيساً للتلوث، لذلك تجري عملية غسيل البيض بغية الحصول على منتجات البيض (الصفار، البياض، مخلوط البيضة) الخالية من مسببات الفساد والتلوث لإجراء عمليات التصنيع عليها بعد عملية كسر البيض والحصول على مخلوط البيض أو بياضه أو صفاره.

قبل إجراء عملية كسر البيض تجري عملية التعقيم عن طريق غسل البيض وتطهيره بوساطة محلول ماءات الصوديوم أو كربونات الصوديوم. إن فعالية محلول التطهير ترتبط بشكل رئيس بتركيزه ودرجة حرارته. حيث يعد محلــول ماءات الصوديوم المستخدم لهذه العملية فعالا عندما يستخدم بتركيز 0.2 % وبدرجة حرارة 30 م^0، وبهذا المحلول المستخدم يمكن اختصار الوقت اللازم لنقع البيض وغسيله وتطهيره وتنظيفه من الأوساخ كلها العالقة عليه مهما كانت نسبتها

كبيرة. والبيض الناتج بعد عملية الغسيل والتطهير بهذا المحلول يمكن تخزينه بشكل جيد حتى 30 يوماً.

إن المدة اللازمة لعملية تعقيم البيض الطازج الملوث وتطهيره تكون أقل بالمقارنة مع البيض المخزن لمدة 30 يوماً مع ثبات درجة حرارة المحلول المطهر. كما أن فعالية عملية التعقيم والتطهير باســتخدام محلول ماءات الصوديوم بتركيز 0.2 % تكون أكبر مما هي عليه عند استخدام محلول كربونات الصوديوم بتركيز 0.5 % والماء وذلك في حالة تطهير البيض الطازج الملوث والبيض المخزن لمدة 30 يوماً.

يمكن استخدام المحلول المستعمل في عملية تطهير البيض وغسيله لمرات عديدة، حيث يمكن استعماله 20 مرة تقريباً لفترة من الزمن تصل حتى ثلاث ساعات ونصف الساعة مع ملاحظة أنه يجب أن يصفى هذا المحلول باستمرار بوساطة منخل أو شبكة معدنية لتخليصه من الأوساخ. وهناك آلات خاصة تقوم بعملية تطهير البيض وغسله وتجفيفه بشكل آلي باستخدام محاليل التطهير المختلفة. حيث تقوم بعض هذه الآلات بعمليات الغسيل والتطهير والتجفيف بطاقة إنتاجية تصل إلى 3000 بيضة في الساعة.

تتم هذه العمليات بالكامل بشكل آلي بدءاً من عملية وضع البيض ضمن الآلة ومروراً بتسخين المحلول اللازم للتطهير وتنقيته ثم عملية الغسيل بوساطة الفراشي وتجفيف البيض المنظف ثم وضعه ضمن عبوات كرتونية خاصة بذلك وبشكل دقيق وسريع.

آلات كسر قشرة البيضة وسحب محتواها وفصل الصفار عن البياض:

تعد عملية كسر البيض واحدة من أهم العمليات التحضيرية و أصعبها لتصنيع منتجات البيض وبخاصة عندما تكون هذه العملية معتمدة على العمل اليدوي فقط. لكن في الوقت الحاضر وبعد التطور الحاصل في مجال تجهيز الآلات المستعملة في تصنيع منتجات البيض يوجد هناك عدة آلات حديثة تقوم بهذه العملية بشكل آلي وبإشراف ثلاثة عمال فقط. حيث تقوم هذه الآلات بعملية مراقبة البيض المراد كسره من الناحية الصحية والغذائية ثم عملية التطهير والغسيل والتجفيف وكسر البيض وسحب محتواه وتجميع القشور وفرز صفار البيض عن بياضه أو تجميع الصفار مع البياض بشكل مخلوط داخل عبوات مخصصة لذلك. الطاقة الإنتاجية لمثل هذه الآلات تصل إلى 7500 بيضة في الساعة الواحدة. حيث يقوم أحد العمال باختيار البيض المعد للكسر ووضعه ضمن المكان المخصص له في الآلة، فتعمل الآلة على فرزه حسب حجمه إلى أنواع مختلفة بينما يقوم عامل آخر بمراقبة البيض لمعرفة ما هو صالح وما هو فلسد وغير مطابق للمواصفات وذلك لاستبعاده، بعد ذلك يدخل البيض إلى حجرة الغسيل بشكل آلي حيث يتم غسله من الأوساخ بشكل جيد بوساطة فراش ناعمة ليتم بعد ذلك تطهيره بمحاليل التطهير والتعقيم (ماءات الصوديوم 0.2 % أو كربونات الصوديوم 0.5 %) وبدرجة حرارة 30 – 40 م^0، بعد ذلك يعرض البيض المطهر للماء العادي من أجل غسيله مرة أخرى وإزالة ما بقي عليه من محلول التطهير، ثم يمرر على مجفف هوائي ليتم تجفيفه من الرطوبة العالقة عليه ليعرض بعد ذلك إلى نوع من أنواع المصابيح التي تعمل على قتل الميكروبات العالقة عليه بوساطة الإشعاعات الصادرة عن هذا المصباح وذلك لفترة 30 ثانية وعلى بعد من المصباح 5 – 10 سم عن سطح

البيض. بعد هذا يقوم عامل آخر بوضع البيض الجاهز للكسر على ناقل آخر ضمن الآلة نفسها ليتم كسر قشور البيض بشكل آلي وفصل القشور الناتجة وتجميعها في مكان مخصص لها ثم فصل الصفار عن البياض أو تركهما بشكل مخلوط ليتم التعليب ضمن عبوات معدنية مناسبة من أجل استخدامها في العمليات التصنيعية اللاحقة التي تعتمد على منتجات البيض مثل صناعة البسكويت والمعجنات والحلوى.

إن عملية كسر البيض وفصل محتواه لمكوناته تتم بإشراف صحي دقيق، وإذا تبين وجود بيض فاسد أو مخالف للمواصفات يتم توقيف الآلة واستبعاده ثم غسل الآلة بشكل جيد والأوعية لمتابعة العملية بشكل نظيف وصحي.

تتم عملية سحب محتوى البيض وفصله عن القشور وعملية فصل الصفار عن البياض بوساطة الشفط الهوائي ليتم تفريغ كل نوع من منتجات البيض في مكانه المخصص له وبشكل آلي. كما تجري عملية تصفية البيض الناتج وخلطه بوساطة آلات خاصة.

تكنولوجيا إعداد منتجات البيض المجمدة وتحضيرها:

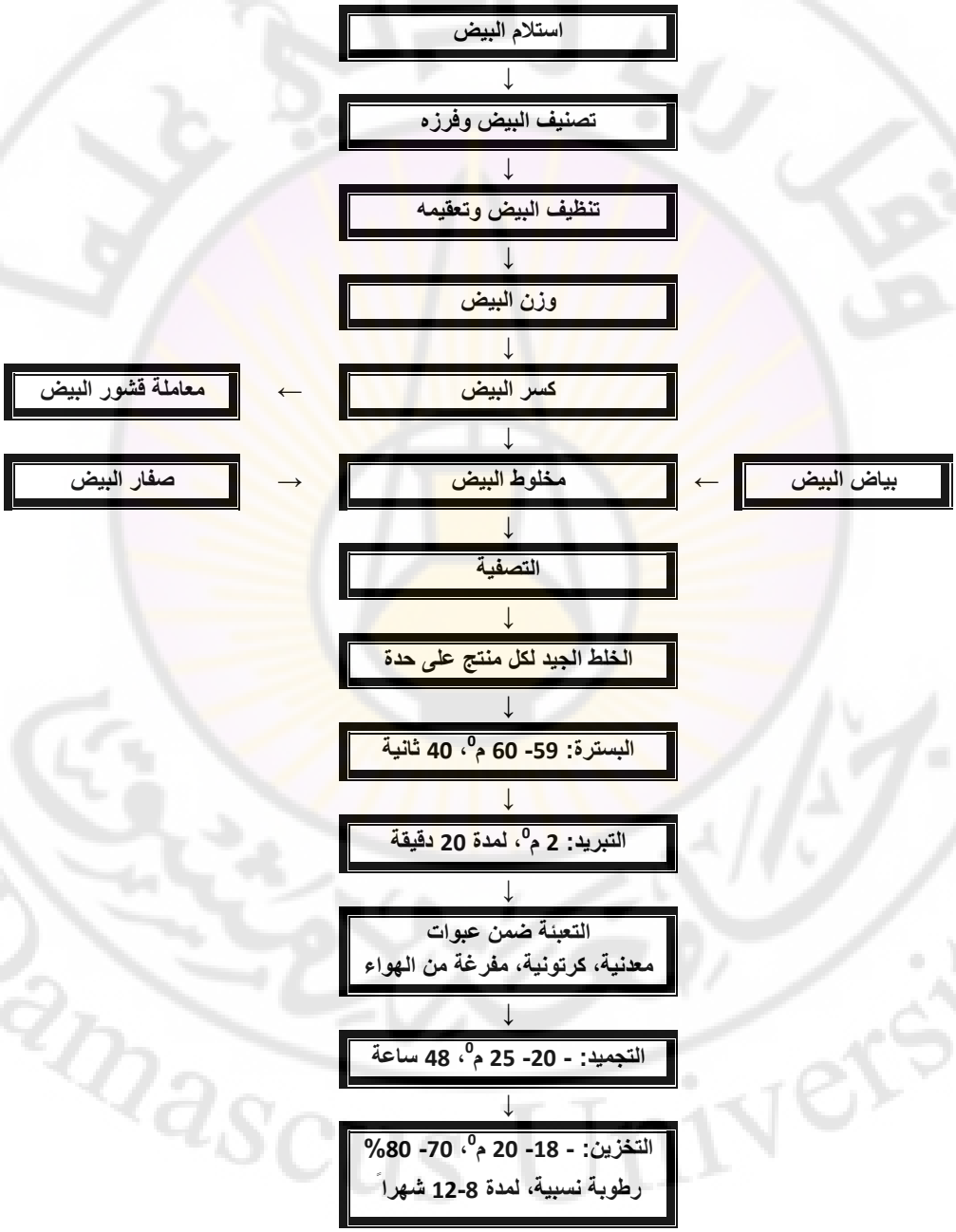
تستخدم منتجات البيض المجمدة (مخلوط البيض المجمد، بياض البيض المجمد، صفار البيض المجمد) بشكل رئيس في إعداد المعجنات والحلويات وأغذية الأطفال والأغذية العلاجية ذات المحتوى العالي من البروتينات وتصنيعها، كذلك تستخدم في التغذية بشكل عام.

الهدف من عمليات إعداد منتجات البيض المجمدة وتضيرها هو الحصول على منتجات البيض الصالحة للتخزين فترات طويلة أو المعدة للتصدير والنقل

لمسافات بعيدة بالمقارنة مع البيض المعد للاستهلاك المباشر، حيث يتم استخدام هذه المنتجات في عمليات التصنيع الغذائي في أي وقت مع سهولة استخدام هذه المنتجات عند الحاجة إليها.

يمكن تخزين منتجات البيض المجمدة لفترات طويلة جدا ضمن عبوات معدنية أو كرتونية أو عبوات مفرغة من الهواء تكون ملائمة للاستخدام على النطاق التجاري (15 – 20) كغ أو تكـــون ملائمة للاستخدام علـــى النطاق المنزلي (2 – 5) كغ. تستخدم منتجات البيض المجمدة مباشرة بعد إزالة حالة التجميد عنها. إن العمليات التكنولوجية لإعداد منتجات البيض المجمدة وتحضيرها وتعبئتها موضحة بالمخطط رقم (1).

مخطط رقم (1) العمليات التكنولوجية لإعداد وتحضير وتعبئة منتجات البيض المجمدة



تجري في البداية عملية بسترة لمخلوط البيض وبياض البيض وصفار البيض وذلك على درجة حرارة 59 – 60 م^0 ولمدة 40 ثانية، حيث يتم خلالها القضاء على الأحياء الدقيقة الموجودة. بعد ذلك تترك المادة المبسترة لمدة 20 دقيقة لتجري عليها عملية التبريد حتى تصل درجة حرارتها 2 م^0، والهدف من عملية التبريد هذه هو التقليل من حجم المادة المبسترة وتسريع عملية التجميد اللاحقة.

بعد ذلك تجري عملية تجميد منتجات البيض على درجة حرارة – 20 – 25 م^0، وتستمر هذه العملية مدة 48 ساعة وفيها تصل درجة الحرارة داخل مركز العبوات – 6 م^0.

تطرأ على منتجات البيض في أثناء التجميد تغيرات تتمثل باختلاف توزع الماء والمادة الجافة داخل العلب. ففي أثناء عملية التجميد البطيء لمنتجات البيض يتحول الماء إلى حبيبات كبيرة من الجليد، وهذا ما يؤدي بدوره إلى الإخلال بشكل المنتج المجمد داخل العلب، حيث يشاهد بعد عملية إزالة التجميد عن منتجات البيض المجمدة داخل العلب تحول المنتج إلى كتلة كثيفة مما يسيء إلى المنتج النهائي.

تتم عملية تخزين منتجات البيض المجمدة داخل حجرات خاصة بدرجة حرارة – 18 – 20 م^0 ورطوبة هواء نسبية 70 – 80 %، ويمكن ضمن هذه الشروط من درجة الحرارة ورطوبة الهواء النسبية تخزين منتجات البيض المجمدة داخل العبوات من 8 إلى 12 شهرا. ولزيادة فترة التخزين هذه تستخدم عملية التجميد السريع للمنتج، حيث يعمل التجميد السريع على إعطاء منتج ذي صفات تسويقية مرغوبة وخاصة بعد إزالة حالة التجمد. تجري عملية إزالة حالة التجمد

عن منتجات البيض المجمدة داخل غرف عادية بدرجة حرارة 20 م^0. عند تجميد الصفار منفرداً فإنه يشكل مادة هلامية لا ترجع إلى حالة السيولة السابقة عقب إزالة حالة التجمد، لذلك ينصح بإضافة السكر 5 % أو الملح أو الغليسيرول إلى الصفار قبل تجميده.

إذا لم تتخذ الاحتياطات اللازمة في أثناء عملية التجميد والتخزين فإن أعداد الأحياء الدقيقة قد تتكاثر لتصبح كبيرة جداً في الناتج المجمد (حتى المليون في الغرام الواحد)، ويكثر في العادة وجود *Proteis, Pseudomonas alcaigens, Flavobacterium* وتوجد أيضا المكورات الموجبة لصبغة غرام بأعداد قليلة، وكذلك العصيات والبكتريا القولونية، وأحيانا السالمونيلا القادمة من دجاجات مصابة. ونادراً ما توجد البكتريا المحللة للدم Hemolytic.

للحصول على نوعيات عالية من منتجات البيض المجمدة يسمح فقط باستخدام بيض الدجاج الطازج المبرد والخالي من الروائح الكريهة وعوامل الفساد الأخرى ومطابق للمواصفات والمتطلبات التسويقية. والجدول رقم (1) يبين الخواص الفيزيائية والكيميائية والصفات الحسية لمخلوط البيض المجمد وصفار البيض المجمد وبياض البيض المجمد.

جدول (1) الخواص الفيزيائية والكيميائية والصفات الحسية لمنتجات البيض المجمدة

الصفات الفيزيائية والكيميائية والحسية	منتجات البيض المجمدة		
	مخلوط البيض	صفار البيض	بياض البيض
اللون	أورانجي غامق في الحالة الجامدة وأصفر فاتح بعد التجميد	أصفر غامق في الحالة الجامدة وأصفر بعد التجميد	أبيض مخضر في الحالة الجامدة وأبيض غامق بعد التجميد
الرائحة	الرائحة المميزة للمنتج	الرائحة المميزة للمنتج	الرائحة المميزة للمنتج
الطعم	الطعم المميز للبيض	الطعم المميز للصفار	الطعم المميز للبياض
القوام	صلب في الحالة الجامدة سائل بعد التجميد	صلب في الحالة الجامدة كثيف بعد التجميد	صلب في الحالة الجامدة سائل غير متجانس بعد التجميد
الرطوبة %	75	54	88
اللبيدات %	11	29	–
البروتين %	12	15	1.1
الكربوهيدرات %	1.2	0.9	0.6
الرماد %	0.8	1.1	0.4
حرارة المنتج م^0	5	5	5
pH	7	5.9	8

تكنولوجيا إعداد منتجات البيض المجففة وتحضيرها:

منتجات البيض المجففة هي مواد مركزة عالية القيمة الغذائية يمكن تخزينها لفترات طويلة جداً، تستخدم في صناعة المعجنات والبسكويت والحلويات والمواد الغذائية وأغذية الأطفال والأغذية العلاجية.

منتجات البيض المجففة خالية من الظروف الملائمة لنمو الأحياء الدقيقة وتكاثرها، حيث يموت جزء كبير من الأحياء الدقيقة في أثناء عملية التجفيف وخاصة الميكروبات الأكثر ضرراً، أما بقية الأحياء الدقيقة المتبقية بعد عملية التجفيف فهي تموت تباعاً في أثناء عملية التخزين لأنها لا تستطيع النمو والتكاثر ضمن الشروط الصعبة لهذا المنتج (قلة الماء فهي نحو 4 – 8 %)، حيث تحتوي منتجات البيض المجففة بضع مئات من الخلايا الميكروبية في الغرام الواحد وقد يصل العدد إلى ما يزيد على مئة مليون، ويتوقف ذلك على نوعية البيض الخام المستعمل وطرائق التداول المتبعة. ومن الميكروبات التي قد تتواجد داخل منتجات البيض المجففة بعد الانتهاء من عملية التجفيف نذكر المكورات الدقيقة والمكورات السبحية (المكورات المعدية) *Enterococci* والبكتريا القولونية وأنواع السالمونيلا والبكتريا المتجرثمة وأنواع العفن. من أجل إعداد منتجات البيض المجففة وتحضيرها يستخدم بيض الدجاج الطازج أو المبرد. وتشمل منتجات البيض المجففة على مخلوط البيض المجفف وبياض البيض المجفف وصفار البيض المجفف. والمخطط رقم (2) يوضح العمليات التكنولوجية لإعداد منتجات البيض المجففة وتحضيرها. قبل البدء في عملية التجفيف تجري عملية بسترة على منتجات البيض، حيث يتم القضاء على 99 % من الأحياء الدقيقة الموجودة. تتم عملية البسترة على درجة حرارة 59 – 60 م^0 ولمدة 40 ثانية مع مراعاة عدم تبريد منتجات البيض المبسترة وذلك لتتم عليها مباشرة عملية التجفيف اللاحقة.

بعد الانتهاء من عملية البسترة على منتجات البيض تجري عليها مباشرة عملية التجفيف بوساطة أجهزة مختلفة (أجهزة التجفيف بالاعتماد على القرص الموزع وأخرى بالاعتماد على البخاخ المتحرك).

مخطط رقم (2) العمليات التكنولوجية لإعداد وتحضير وتعبئة منتجات البيض المجففة

إن درجة حرارة التجفيف 140 – 160 م^0 ورطوبة الهواء النسبية 7 %، تستمر عملية التجفيف حتى تصل درجة الحرارة داخل المنتج المجفف إلى 48 – 50 م^0.

يحتاج بياض البيض المجفف إلى معالجة إضافية قبل عملية التجفيف بغية المحافظة على الصفات المتعلقة بخفقه فيما بعد عند استعماله في المعجنات. وقد اقترح لذلك إضافة السكروز أو اللاكتوز إلى بياض البيض قبل تجفيفه وأن يتم العمل على تقليل لزوجته بالتربسين. وتتبع الآن طريقة حديثة تتضمن الآتي:

1- استخدام الأنزيم المؤكسد للغلوكوز الذي يتم الحصول عليه من الفطر لأكسدة الغلوكوز في البيض وتحويله إلى حمض الغلوكونيك.
2- إضافة فوق أوكسيد الهيدروجين الذي يحرر الأوكسجين بفعل إنزيم الكاتاليز.

تنخفض عملية انحلال منتجات البيض المجففة بالماء أو المحاليل الأخرى إذا لم يتم تبريدها مباشرة بعد الانتهاء من عملية التجفيف. كذلك تنخفض درجة ذوبان منتجات البيض المجففة وانحلالها كلما ارتفعت درجة حرارة التخزين. ويمكن التقليل من عملية انخفاض درجة ذوبان منتجات البيض المجففة وانحلالها بإضافة السكروز أو اللاكتوز بنسبة 10 – 15 %.

يتم تخزين منتجات البيض المجففة في أماكن باردة نسبياً وجافة ومظلمة ورطوبة هواء نسبية 50 – 60 %. تستمر فترة تخزين منتجات البيض المجففة لمدة سنتين وذلك على درجة حرارة 2 م^0 ورطوبة هواء نسبية 60 – 70 %. أما إذا تم التخزين على درجة حرارة 20 م^0 ورطوبة هواء نسبية 75 % تنخفض المدة حتى ستة أشهر.

لا ينصح بتخزين منتجات البيض المجففة على درجات حرارة أعلى من 20 م^0. وبشكل عام يتم تخزين منتجات البيض المجففة والمعلبة داخل علب كرتونية لمدة تسعة أشهر، أما المعلبة داخل عبوات معدنية فتمتد مدة التخزين إلى 12 شهراً، بينما منتجات البيض المجففة والمعبأة داخل عبوات مفرغة من الهواء فتخزن لمدة 15 شهراً.

عند الحصول على منتجات البيض المجففة من منتجات البيض المجمدة تجري عمليـــة إزالة التجميد عنها ضمن غرف لا تزيد فيها درجة الحرارة على 24 م^0، بعد ذلك تجـــري عليها عملية تجفيف أولية لتصل نسبة المادة الجافة فيها 42 – 45 %، بعدها تجري عملية التجفيف الكاملة على المنتج. تفيد عملية التجفيف الأولي لمنتجات البيض المجمدة والمزال عنها التجميد في الاقتصاد بنفقات الطاقة اللازمة لعملية التجفيف بمرتين والحصول على نوعية عالية للمنتج المجفف.

التغيرات التي تطرأ على منتجات البيض المجففة في أثناء التخزين:

تطرأ على منتجات البيض المجففة تغيرات عديدة في أثناء تخزينها نذكر منها:

1- انخفاض في عملية انحلال المادة الجافة.

2- ضياع خاصية المطاطية للمادة المجففة.

3- ارتفاع درجة الحموضة.

4- انخفاض كمية الكاروتين وغماقة لون المسحوق المجفف.

5- تغيرات في اللون والرائحة.

يجب أن تتوافر في منتجات البيض المجففة لكي تكون ذات نوعية عالية متطلبات وخواص فيزيائية وكيميائية وحسية ترضي حاجة السوق ورغبات المصنعين والمستهلكين. وهذه الصفات موضحة في الجدول رقم (2).

يجب ألا يزيد عدد الأحياء الدقيقة داخل منتجات البيض المجففة من نوع العصيات المعوية على 0.1 في كل 1 غ منتجاً . كما يجب ألا تحتوي منتجات البيض المجففة على بكتريا من نوع السالمونيلا مطلقاً .

يعطي كل 3.6 كغ من مخلوط البيض 1 كغ بيضاً مجففاً . إن مردود منتجات البيض المجففة التي تحتوي على 7 % رطوبة هو 27.4 % من وزن مخلوط البيض قبل عملية التجفيف.

جدول (2) الخواص الفيزيائية والكيميائية والصفات الحسية لمنتجات البيض المجففة

الصفات الفيزيائية والكيميائية والحسية	منتجات البيض المجففة		
	مخلوط البيض	صفار البيض	بياض البيض
اللون	أصفر فاتح	أصفر محمر	أبيض مصفر
الطعم والرائحة	طعم البيض المميز دون رائحة غريبة	طعم الصفار المميز دون رائحة غريبة	طعم البياض المميز دون رائحة غريبة
القوام	مسحوق ناعم	مسحوق متكتل سهل الفرط	مسحوق ناعم دون كتل
الرطوبة %	7	5	9
اللبيدات %	50 – 36	50	–
البروتين %	46	35	85
الرماد %	4.9	4	5
درجة الذوبان %	85	40	590
pH	8	7	9

القيمة الغذائية لمنتجات البيض المجففة:

تعد القيمة الغذائية لمنتجات البيض المجففة عالية جداً، لذلك تستخدم هذه المنتجات في رفع القيمة الغذائية وزيادتها لكثير من المنتجات الغذائية مثل صناعة أغذية الأطفال عالية القيمة الغذائية، وصناعة الأغذية الخاصة بالمرضى، إضافة لصناعة المعجنات والحلويات. والجدول رقم (2) يوضح التركيب الكيميائي لمخلوط البيض المجفف وبياض البيض المجفف وصفار البيض المجفف. نستنتج أن نسبة البروتين تكون أعلى ما يمكن داخل بياض البيض المجفف مقارنة مع صفار البيض المجفف أو مخلوط البيض المجفف وهذه نتيجة حتمية كون نسبة الرطوبة داخل بياض البيض قبل تجفيفه عالية جداً (87 %) وبعد تجفيفه تنخفض إلى 9 % وبالتالي تبقى المواد الجافة التي نسبتها 13 % التي تشكل منها البروتينات نحو 11 %، بينما نلحظ أن نسبة الرطوبة داخل صفار البيض قبل تجفيفه تكون بحدود 48 % وبعد عملية التجفيف تنخفض إلى 3.4 % وبالتالي تبقى المواد الجافة التي نسبتها في حدود 52 % التي تشكل منها البروتينات حوالي 16 %.

تعد منتجات البيض المجففة من المواد الغذائية الغنية جداً بالعناصر المعدنية التي تعمل على إغناء المنتجات والمصنعات التي تدخل في تركيبها بهذه العناصر المعدنية. والجدول رقم (3) يبين كمية العناصر المعدنية الكبرى والصغرى داخل منتجات البيض المجففة. يبين الجدول أن صفار البيض المجفف هو من المواد الغذائية الغنية جداً بالعناصر المعدنية وخاصة الحديد، بينما يتميز بياض البيض المجفف بغناه بعنصر الكالسيوم. وعموماً تعد منتجات البيض المجففة من المنتجات التي تستخدم في رفع القيمة الغذائية للمصنعات التي تضاف إليها وخاصة العناصر

المعدنية، وذلك نظراً لاحتوائها على كمية لا بأس بها من الرماد الذي تشكل منه العناصر المعدنية النسبة العظمى.

تعد منتجات البيض المجففة من المواد الغذائية عالية القيمة الحيوية نظراً لاحتوائها على كامل الأحماض الأمينية الضرورية لبناء جسم الإنسان إضافة الى احتوائها الأحماض الامينية غير الأساسية.

والجدول رقم (4) يوضح ذلك. حيث نستنتج أن مجموع الأحماض الأمينية الأساسية وغير الأساسية يكون أعلى ما يمكن داخل بياض البيض المجفف مقارنة مع صفار البيض المجفف ومخلوط البيض المجفف، وبالتالي تكون القيمة الحيوية والغذائية لبياض البيض المجفف عالية جداً .

تحتوي منتجات البيض المجففة كميات لا بأس بها من الفيتامينات، والجدول رقم (5) يبسن أنواع الفيتامينات وكمياتها داخل منتجات البيض المجففة. حيث نستنتج أن صفار البيض المجفف من المواد الغذائية الغنية جداً بفيتامين A، بينما يعد بياض البيض المجفف غنياً بفيتامين B_2.

جدول (3) محتوى العناصر المعدنية داخل منتجات البيض المجففة

العناصر المعدنية	منتجات البيض المجففة		
	مخلوط البيض	بياض البيض	صفار البيض
العناصر المعدنية الكبرى مغ /100 غ			
كالسيوم	448	1067	249
بوتاسيوم	193	75	262
مغنزيوم	42	71	29
نترات	436	1297	99
نتريت	23	–	–
كبريت	625	1340	328
فوسفور	725	194	1047
كلور	581	1232	984
العناصر المعدنية الصغرى ميكروغرام / 100 غ			
حديد	8900	1840	23000
يود	64	25	115
كوبالت	32	4	80
منغنيز	103	25	245
نحاس	315	182	484
مولبيديوم	22	14	42
فلور	200	–	–
كروم	14	11	25
توتياء	3500	810	1090

جدول (4) محتوى الأحماض الأمينية داخل منتجات البيض المجففة

الأحماض الأمينية مغ / 100 غ	منتجات البيض المجففة		
	مخلوط البيض	بياض البيض	صفار البيض
أحماض أمينية أساسية	**17240**	**35574**	**12694**
فالين	2550	5460	1840
إيزولوسين	1770	4857	1821
لوسين	3770	7022	2631
لايسين	2380	5045	2166
مثيونين	1210	3177	802
ثريونين	2640	3683	1631
تربتوفان	720	1270	450
فينيل الانين	2200	5060	1353
أحماض أمينية غير أساسية	**26720**	**48978**	**18116**
الانين	2730	5683	1717
أرجنين	2460	4718	2202
أسبارتيك	4550	7874	2493
هيستيدين	900	1819	737
غلايسين	1560	3039	1023
غلوتامين	6290	11269	4006
أوكسي برولين	50	100	–
برولين	1450	3081	1342
سيرين	3490	2687	2764
تايروزين	2250	3198	1310
سيستيئين	990	1955	522
المجموع العام	**43960**	**84552**	**30810**

جدول (5) محتوى بعض الفيتامينات داخل منتجات البيض المجففة

الفيتامينات مغ / 100 غ	منتجات البيض المجففة		
	مخلوط البيض	بياض البيض	صفار البيض
فيتامين A	0.9	–	2.16
فيتامين B_1	0.25	–	0.35
فيتامين B_2	1.64	2.00	0.47
فيتامين PP	1.18	–	–

تعليب منتجات البيض:

يضاف السكر إلى منتجات البيض في أثناء تعليبها للمحافظة على ثبات البروتين داخل هذه المنتجات في أثناء تعريضها لحرارة التعقيم أو الحرارة المنخفضة عند التجميد منعاً لتخثر بروتين البيض ومنعاً لحدوث التغيرات غير المرغوبة (فيزيائية، كيميائية) داخل بروتين البيض.

يضاف السكر إلى منتجات البيض المعلبة على شكل سكروز، كما يضاف أحياناً إلى منتجات البيض المعلبة كميات قليلة جداً من ملح الطعام للهدف نفسه.

إن نسبة المواد المضافة (سكراً، ملحاً) إلى منتجات البيض المعلبة ترتبط بشكل كبير برغبة المستهلك ومتطلبات السوق ونوع المنتج المراد إضافته اليه والذوق العام. حيث يضاف السكر إلى منتجات البيض المعلبة بنسبة تتراوح من 5 – 50 % بالنسبة الى كتلة منتج البيض المعلب. أما ملح الطعام فيضاف بنسبة قليلة لا تزيد على 1.5 %. وأحياناً يتم إضافة السكر والملح إلى منتجات البيض المعلبة على شكل خلطات معروفة التركيب.

عند إعداد منتجات البيض وتحضيرها مع السكر يتم استخدام بيض الدجاج الطازج أو المبرد والصالح للاستهلاك والخالي من مسببات الفساد والمتمتع بصفات جيدة. عند استخدام منتجات البيض بإضافة السكر يتم تنظيف محتوى البيض من جميع الأغشية والقشور ويصفى بوساطة شبكة قطر ثقوبها 1 – 2 ملم.

يجب أن يكون السكر المستخدم في منتجات البيض المعلبة ناصع البياض وخالياً من جميع الشوائب والروائح الغريبة. أما الملح المستخدم لهذه العملية فيجب أن يكون مطحوناً بشكل ناعم. وقبل عملية أخذ الأوزان المطلوبة من السكر والملح تجري عملية تصفيتهما بشبكة قطر ثقوبها 1 – 2 ملم.

تجري عملية خلط السكر المضاف مع مخلوط البيض أو بياضه أو صفاره بوساطة خفاقة أو خلاط لمدة 20 دقيقة، أو حتى تمام عملية الخلط بشكل جيد. بعد ذلك يسكب الخليط ضمن عبوات معدنية ذات مواصفات ملائمة بسعة 5 – 8 كغ، بعد ذلك يتم تعريض العبوات المعبأة إلى حرارة التسخين الأولي، ثم تجري عملية إغلاقها بشكل جيد بوساطة آلات خاصة، بعد ذلك تخضع هذه العبوات إلى عملية البسترة والجدول رقم (6) يوضح نظام المعاملات الحرارية التي تجري على منتجات البيض المعلبة باختلاف نسبة المواد المضافة من السكر والملح.

جدول (6) المعاملات الحرارية التي تجري على منتجات البيض المعلبة

المعاملات الحرارية	مخلوط البيض مع السكر والملح		بياض البيض مع السكر	صفار البيض مع السكر
	سكر 10–25 % ملح 0.5 %	سكر 30–50% ملح 1 %	30 – 50 %	30 – 50 %
زمن تسخين العلب المعدنية / دقيقة				
200 – 500 مل	7 – 5	7 – 5	6	12
5000–8000 مل	20 – 15	20 – 15	20 – 15	30 – 25
درجة الحرارة م^0	70 – 65	75 – 72	65 – 63	75 – 72
زمن البسترة / د	35	33	32	33
حرارة البسترة/م^0	63 – 58	70 – 61	61 – 58	71 – 61

من الجدول نستنتج أنه عند زيادة حجم المعلبات تزداد الفترة اللازمة لتسخينها، وأن درجة الحرارة اللازمة لعملية التسخين تتراوح من 63 – 75 م^0، وأن متوسط زمن البسترة للعلب الحاوية منتجات البيض مع السكر والملح هو 33 دقيقة، ودرجة الحرارة اللازمة لعملية البسترة هذه 60 – 70 م^0.

لقد أظهرت الدراسات أن عدد الأحياء الدقيقة قبل بسترة مخلوط البيض يصل إلى 12000 – 166000 في واحد مل منتجاً، أما بعد عملية البسترة فقد انخفض هذا العدد إلى 5 – 12 في واحد مل منتجاً.

إن عملية تعليب منتجات البيض بإضافة السكر تزيد من فترة التخزين. حيث يتم تخزين مخلوط البيض المعلب الحاوي 50 % سكراً على درجة حرارة 16 –

20 م0 لمدة تصل إلى 8 أشهر، أما عند تخزينها على درجة حرارة 30 م0 فتنخفض هذه الفترة إلى ثلاثة أشهر.

أما صفار البيض المعلب أو بياض البيض المعلب بإضافة 50 % سكراً فيمكن تخزينه حتى 5 – 7 أشهر على درجة حرارة 16 – 20 م^0.

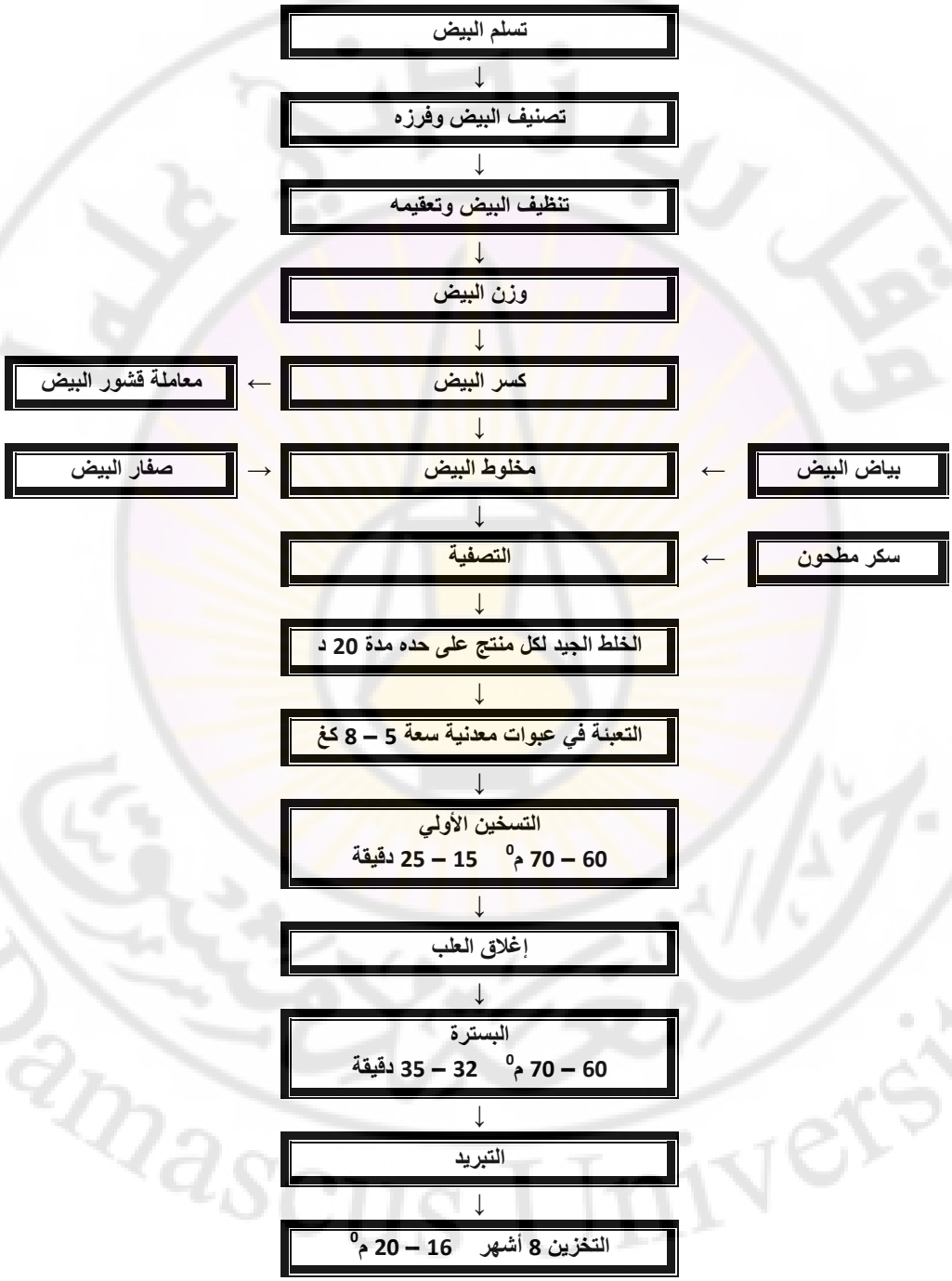
عند تخزين منتجات البيض المعلبة بإضافة السكر لا تطرأ أي تغيرات فيزيائية أو كيميائية تذكر على هذه المنتجات.

يمكن تخزين منتجات البيض المعلبة بإضافة السكر ضمن شروط عادية ولا تحتاج إلى البرادات وبالتالي التقليل من تكاليف التخزين.

تستخدم منتجات البيض بإضافة السكر والملح بشكل واسع في صناعة المعجنات باختلاف أنواعها والحلويات وأغذية الأطفال والأغذية العلاجية.

إن العمليات التكنولوجية لإعداد منتجات البيض المعلبة وتحضيرها بإضافة السكر موضحة بالمخطط رقم (3).

مخطط (3) العمليات التكنولوجية لإعداد وتحضير منتجات البيض المعلبة بإضافة السكر



وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الرابع عشر

طرق أخرى في حفظ الأغذية وتصنيعها

Other methods of Preservation and processing food

أولا– تقنية حفظ مواد النكهة ضمن الكبسولات(التمحفظ)

Encapsulation Technology

يعرف علم الكبسولات(التغطية، التمحفظ) بأنه تقنية تعبئة المادة الصلبة، السائلة أو الغازية في كبسولة صغيرة مغلقة حيث يتم تحرر محتواها من المواد في معدل متحكم به، خلال ظروف مخصصة. إن المميزات غير العادية التي من الممكن توفيرها بوساطة نظام الكبسولات هو تزويد مصنعي الغذاء بمرونة أكبر و تطوير الغذاء بحيث يصبح أكثر غنى بالنكهات والمواد المغذية وذلك لنيل رضا المستهلك وتوقعه.

أساس أو نظرية التغطية Encapsulation base:

استخدمت هذه النظرية في صناعة الغذاء لمدة تزيد عن 60 عام وهي تتضمن تغطية الجزيئات الدقيقـــة للمكونات (الدهن، المنكهات) Coating of minute particles. أيضاً تتضمن التغطية الشاملة للمكونات بكامل أجزائها مثل الزبيب والحلويات ،وهذه التقنية يتم إنجازها عن طريق التغطية الدقيقة Micro encapsulation، أو التغطية الشاملة Macro encapsulation. وبالرغم أن لهذه التقنية تاريخاً طويلاً فإنها تبقى بشكل نسبي معقدة وغير متطورة وذلك مقارنة مع حقول تطبيقية أخرى كثيرة وهذا نتيجة القيود المفروضة على صناعة الغذاء من أجل استخدام مكونات صالحة للاستهلاك منخفضة التكاليف. وقد قام العالم King بالتمييز بين المصطلحين التاليين:

-Encapsulation وتعرف على أنها عملية تشكيل غطاء رقيق حول المواد (الجزيئات الدقيقة، القطرات الدقيقة السائلة) التي تكون كلها موجودة ضمن الكبسولة وتشكل لب الكبسولة.

– Entrapment غطاء للمواد المكبسلة matrix (جيل، كريستال) حيث نسبة ضئيلة من المواد أو الجزيئات داخلها Entraped سوف تكون معرضة للسطح، وهذه المواد ممكن أن تكون سائلة، صلبة أو غازية.

بالإضافة للمصطلحات التالية الشائع استخدامها في هذا المجال:

-Core material الطور النشط ، الطور الداخلي.

-Wall material، Shell ، Coating المواد التي تشكل الغطاء الخارجي.

يعتمد علم تصنيع الأغذية على تطبيق علم التغطية لتحقيق عدد من الأغراض التي من أهمها

حماية المادة الداخلية من التدهور وذلك عن طريق:

1– التقليل من نشاطها تجاه الوسط الخارجي (الحرارة، الرطوبة، الهواء، الضوء).

2– تعديل الصفات الفيزيائية للمادة الغذائية، حيث تصبح أكثر سهولة في التعامل، كمثال على ذلك تحويل المادة السائل إلى جزيئات صلبة، منع التكتل، المادة الداخلية (الحشوة) يمكن أن تنتشر بشكل أكثر تجانساً خلال المزيج وذلك من خلال إعطائها الحجم والمساحة الخارجية، تعديل الخصائص الماصة للرطوبة (الهيغروسكوبية) ، تحسين صفات الانسيابية والضغط،التحكم بصفة التغبر Dustiness ،تعديل الكثافة .

3- التحكم بزمن تحرير المادة خلال العمليات التصنيعية المختلفة، أو أن يتم التحرير خلال وقت معين (التحكم بتحرر مادة الحشوة وذلك من اجل إنجاز ميزة التأخر بتحرر المادة).من الممكن أن يتم تخفيف نكهة الحشوة ، حيث يكون المطلوب فقط كمية صغيرة، بالإضافة إلى التوزيع المتجانس داخل المادة المراد التوزيع ضمنها، وأخيراً ممكن أن تستخدم من أجل فصل المكونات ضمن المزيج كي لا تتفاعل مع بعضها.

فوائد الكبسولات وأنواعها:

تدعى هذه العبوة الدقيقة Micro capsulation حيث يتراوح حجمها من عدة ميكروميترات حتى بضع ميلمترات ،وتمتلك أشكالاً مختلفة وذلك حسب المواد و الطرق المستخدمة لتحضيرها. وفيما يلي أهم فوائد استخدام الكبسولات:

1- يمتلك الميكروكبسول القدرة في تعديل كل من المظهر الخارجي وتحسينه ،وبشكل أكثر خصوصية فإن الميكروكبسول يمتلك القدرة في حفظ المادة في شكل ناعم ثم يتم تحريرها بالكميات المطلوبة.

2- تزود الميكروكبسولات مصنّع الغذاء بالوسيلة اللازمة لحماية المواد الحساسة،وكذلك ميكانيكية حفظ النكهة، وتحويل السوائل إلى مكونات صلبة.

وهناك العديد من الأسئلة يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار في مجال صناعة الكبسولات ومنها: ماهي الخصائص الوظيفية التي من الممكن لمكونات الكبسولات أن تزود المنتج النهائي بها، ما هو نوع مواد التغطية التي يجب أن تختار؟ ما هي ظروف التصنيع التي يجب أن تمر بها مكونات الكبسولات قبل تحرير مكوناتها ؟ ما هي التراكيز المثلى للمواد الفعالة في الميكروكبسولات ؟ ما هي الميكانيكية التي

من خلالها تحرر المكونات من ضمن الخلية ؟ حجم الجزيئات، متطلبات الثباتية، الكثافة، وأخيراً ما هي التكلفة المتوقعة لمحتويات الكبسولة؟

وهناك العديد من أنواع الميكروكبسولات، من أهمها:

Single particle structure: وهو أبسط هيكل حيث الكرة تحاط بجدار أو غشاء متجانس السماكة ويشبه بيضة الدجاج. في هذا التصميم تطمر الحشوة لأعماق مختلفة ضمن القشرة،وهذه الميكروكبسولات تشكل جزيئة واحدة الهيكل (هيكلية وحيدة الجزيء).

Aggregate structure: تمتلك عدة أجزاء مركزية في نفس الكبسولة، وبشكل أعم جزيئات تطمر في مزيج مستمر من المادة.هذا النوع من التصميم مطمور في هيكل إجمالي، تحتاج الجزيئات في الهيكل الإجمالي لأن تكون كلها نفس المادة ،ومن الممكن التحكم بحجم الجزيئات. هذه التقنيات ترافقت مع عدد كبير من المواد لتحسين مميزات الانتشار.

Multiwall structure: وهو البناء المتعدد الجدران، الذي تكون فيه الجدران المتحدة المركز متماثلة أو مختلفة التركيب. في هذه الحالة فإن الجدران المتعددة توضع حول المركز وذلك من أجل إنجاز أهداف متعددة متعلقة بتصنيع الكبسولات، وكذلك تخزينها المثالي، وتحريرها المتحكم به.

تركيب الكبسولات Encapsulation matrix:

من أجل أن تتم كبسلة الغذاء، يجب اختيار مادة الغطاء المناسب، Coating ,Shell, Encapsulation agent Wall material material. وهي مواد التغطية التي تشكل ما يسمى بالفيلم، يتم اختيارها من مواد مختلفة من البوليميرات الطبيعية أو الصناعية، وهذا يعتمد على المادة المراد تغطيتها وصفاتها المرغوبة

في المنتج النهائي (الكبسولة النهائية)، وتركيب هذه المادة هو الذي يؤثر في صفاتها الوظيفية. والتغطية النموذجية يجب أن يتوفر فيها عدة صفات منها صفات ريولوجية جيدة، القابلية للانتشار أو تشكيل مستحلب ثابت مع المواد الفعالة، لا تتفاعل مع المواد المراد كبسلتها وذلك سواء خلال عملية التصنيع أو التخزين الطويل، القابلية للحفاظ على المواد الفعالة ضمن الكبسولة ببنيتها الكاملة خلال التصنيع والتخزين، القابلية لتحرير المذيبات والمواد الأخرى المستخدمة في الكبسولات، القابلية لإعطاء الحماية للمواد الفعالة المكبسلة وذلك ضد الظروف البيئية (أوكسجين، حرارة، ضوء، رطوبة)، القابلية للذوبان في المحاليل، لا تتفاعل كيميائياً مع المواد الفعالة، امتلاكها للصفات المتخصصة أو المرغوبة في الانحلالية للكبسولات، وكذلك القدرة على تحرير مميزات المواد الفعالة ضمن الكبسولة، التكلفة المناسبة، وأخيراً أن تكون من المواد الغذائية.

ولأنه لا يوجد مواد تغطية ممكن أن تواءم جميع المتطلبات، فإنه في الواقع العملي يتم استخدام مزيج أو مواد معدلة مثل: مضادات أكسدة، المواد المخلبية، المواد النشطة سطحياً، ماسكات الأوكسجين.

المواد المستخدمة في الكبسولات في النظام الغذائي:

الكربوهيدرات: (النشاء، المالتودكسترين، شراب الذرة، الدكسترين، النشاء المعدل، السكروز، السكلودكسترين). إن قابلية المواد الكربوهيدراتية لأن تدمص أو تمتص المواد الطيارة من الوسط المحيط أو المحافظة عليها بشكل متماسك وذلك خلال عملية التجفيف أعطاها مميزات مختلفة وذلك من أجل كبسلة مواد النكهة.عملياً تعتبر المواد الكربوهيدراتية الأكثر شيوعا والأكثر استخداماً في عملية الكبسلة لمواد النكهة.إن الميكانيكية التي تعمل الكربوهيدرات على إبقاء المواد الطيارة خلال

التصنيع مثل التجفيد، التجفيف بالرذاذ، وكذلك التجفيف بالبثق الحراري أمر معقد، ويتضمن تداخلات فيزيائية، إلا أنه قد أشير إلى أنه خلال عملية التجفيد فإن المواد المحتوية على تراكيز عالية من الكربوهيدرات والمواد الطيارة تنتج لدينا جزيئات مترابطة مع بعضها خلال روابط هيدروجينية، وهذا يخلف نوعاً من الشبكة المتماسكة.

السللوز: (كربوكسي ميثيل سيللوز CMC، ايثيل سيللوز، نيتروسيللوز، استيل سيللوز، سيللوز اسيتات، فتالات سيللوز اسيتات، بيوتيل فتالات).

الصموغ: (صمغ أكاسيا، الآجار، الجينات الصوديوم، كاراجينان). وهي عبارة عن سلسلة طويلة من البوليميرات، تنتشر في الماء لإعطاء ثخانة أو لزوجة كما تستخدم أيضاً في الكبسولات، وتشكيل المعلقات للجزيئات (انتشار غير غروي)، التحكم في البلورة، الحد من ظاهرة الانفصال للجزيئات مثل تحرر الماء من الأغذية المركبة، تشكيل الجيل. ويتم الحصول عليها من مصادر مختلفة مثل الأعشاب البحرية، البذور، مفرزات الأشجار، الأحياء الدقيقة، التعديل الكيميائي للسكريات المتعددة.

الصمغ العربي (أكاسيا): يعتبر الصمغ العربي من أكثر المواد شيوعا في استخدامه مادة لغلاف الكبسولات،بالرغم أن هناك مئات الأنواع من أشجار الأكاسيا ، إلا إن القليل منها هو المفرز للصمغ العربي وموجود في إفريقيا. والصمغ العربي عبارة عن مزيج من السكريات العديدة ، وزنه الجزيئي يتراوح بين 260–1160 دالتون، وهو مكون بشكل أساسي من D – حمض غلوكورونيك، L رافينوز، D غالاكتوز، L أرابينوز، مع حوالي 5 % بروتين، وهذا الجزء من البروتين هو المسؤول عن الخصائص الاستحلابية للأصماغ، أيضا توجد الأصماغ بشكل مزيج من أملاح الصوديوم والكالسيوم والمغنزيوم والبوتاسيوم. وهذا النوع من الصموغ هو

المستخدم عادة في إنتاج الكبسولات لمركبات النكهة المجففة بالرذاذ، وهو مادة مستحلبة طبيعية. وفي صناعة المشروبات يؤخذ بعين الاعتبار مواد النكهة المستخدمة، لذلك فإن ثباتية المستحلبات في المنتج النهائي هي أحد المعايير الأساسية في اختيار المادة المستخدمة.من مميزات الصمغ العربي الفريدة هي لزوجته المنخفضة في المحاليل المائية، وأنه مادة طبيعية، يمكن تحضير محاليل منه تحتوي حتى 50 % حيث لزوجة المحاليل تبدأ في الارتفاع عند تركيز أعلى من 35 %. معظـــم الصموغ الأخرى تنتج محاليل بلزوجة عالية عند تراكيز حتى 1 % ، ومن المستحيل أن يتم تحويل هذه المحاليل المستحلبة العالية اللزوجة ، وهكذا فإن هذه الصموغ الأخرى ليست مفيدة في كبسلة مركبات النكهة.

يستخدم صمغ أكاسيا على أنه مثبت للنكهة في إنتاج مستخلصات الرائحة (البودرة)، بينما يفوق النشاء المعدل الغذائي صمغ أكاسيا التقليدي في الثباتية الاستحلابية، فإن صمغ أكاسيا ينتج مستحلبات ثابتة حيث يتم تعريض هذه المستحلبات للرذاذ، وفي هذه العملية فإن السكريات العديدة التي تشكل فيلماً يحيط بالقطرات الزيتية، تعمل على حماية الزيت من الأكسدة، وبالتالي يكون الفقد أقل بمكونات النكهة .

تم إيجاد نوع من الصموغ (مزيج من صموغ غرب افريقيا) وهي تفوق النشاء المعدل في ثباتية طعوم المستحلبات.هذا وتختلف خاصية الصموغ في الحماية من التأكسد للمنتجات حسب المصدر .يعتبر مزيج الصموغ (النشاء المعدل / CSS) أفضل من الصمغ التقليدي، وهو أقل درجة من الصمغ الإفريقي الغربي. إن مزج صمغ أكاسيا مع المالتودكسترين والصمغ الإفريقي الغربي ممكن أن يفيد في زيادة ثباتية غلاف الكبسولة للأكسدة.

اللبيدات والشموع: (الشموع، البارافين، شمع النحل ثلاثي حمض الستياريك، داي اسيل غليسرول، احادي اسيل غليسرول، الزيت، الدهن، الزيوت المهدرجة). وهي مشتقات هامة من الكحولات العالية مثل C12-C28 والمؤسترة بالأحماض الدهنية طويلة السلسلة. يتم استخدام الشموع بشكل تقليدي في تغطية الفاكهة والخضروات لإطالة فترة حفظها، والشمع الطبيعي مقاوم أكثر لنقل الرطوبة مقارنة مع مواد التغطية الأخرى الليبيدية أو غير الليبيدية، وهي شائعة لحجز الرطوبة من الهجرة. يعتبر شمع البارافين هو الأكثر مقاومة يليه شمع النحل، لذلك يتم استخدامه في تصنيع الكبسولات للأغذية، وخاصة المواد القابلة للانحلال في الماء. إن المقاومة الكبيرة لشمع البارافين وشمع النحل من أجل نفاذية الماء مرتبط بتركيبها الجزيئي. حيث يتألف شمع البارافين من مزيج من السلاسل الهيدروكربونية المشبعة الطويلة، بينما شمع النحل يتألف من 71 % مركبات استيرية طويلة السلسلة كارهة للماء، 15 % سلاسل كربوهيدراتية طويلة السلسلة، 8 % أحماض دهنية طويلة السلسلة، 6 % مركبات أخرى. إن غياب المركبات القطبية في شمع البارافين ووجودها بشكل جزيئي في شمع النحل يعد سبب مقاومتها لنقل الرطوبة أو نفاذيتها .

البروتين: (الجلوتين، الكازئين، الجيلاتين، البومين، هيموغلوبين، الببتيدات). وهو مكون غذائي أساسي يمتلك خصائص وظيفية عديدة، وهذا يسمح له باستخدامه في التغطية في صناعة الكبسولات وأهمها الجيلاتين وهو بروتين قابل للانحلال بالماء مشتق من الكولاجين، ويعتبر مادة تغطية فعالة لما له من مميزات أهمها: خصائصه غير السمية، غير غالٍ، متاح تجارياً، خصائصه الجيدة في تشكيل الفيلم، يمتلك خصائص نموذجية أخرى من الناحية الكيميائية والفيزيوكيميائية في مجال الكبسلة. والجيلاتين عادة يستخدم مع صمغ أكاسيا من أجل تشكيل الغطاء الفيلمي.

يستخدم البروتين من أجل كبسلة زيوت الخضروات التي تستخدم لتغذية الحيوانات، كما تستخدم بشكل مزيج مع الكربوهيدرات من أجل كبسلة المواد الزيتية.

تقنية الميكروكبسولات:

يتم انتاج الميكروكبسولات بتطبيق عدة تقنيات من أهمها:

التجفيف بالرذاذ Spray drying: تستخدم هذه التقنية في تحضير الإضافات والنكهات الثابتة. وهذه العملية اقتصادية، مرنة، وتوفر اختلافاً في مواد الكبسولات، قابلة للتأقلم مع أجهزة التصنيع. إن تكلفة التجفيف بالرذاذ أقل مقارنة مع الطرق الأخرى المستخدمة في إنتاج الكبسولات،وهي من أقدم الطرق، استخدمت منذ عام 1930، وذلك من أجل إنتاج كبسولات نكهة يستخدم فيها الصمغ العربي. وتستخدم في إنتاج الكبسولات وفق الخطوات التالية:

1- **تحضير المعلق أو المستحلب:** الخطوة الأولى هي تحضير المادة الأولية المناسبة لاستخدامها في التغطية. الاختيار المثالي أن تكون المادة تمتلك خصائص استحلابية، قادرة على تشكيل غطاء أو غلاف مائي،و تمتلك لزوجة منخفضة عند تركيز عالي من المواد الصلبة (أقل من 500 cps عند مواد صلبة $\leq$ 45)، قابليتها لامتصاص الرطوبة منخفضة، قادرة على تحرير المواد المحتواة ضمنها في المنتج النهائي، منخفضة التكاليف، طعم خفيف، ثباتية في الإضافة، وثباتية للمنتجات النهائية. مادام تم اختيار المواد، فيجب أن تتم التغذية بمستوى معين من المواد الأولية الصلبة لكل مادة أو مزيج المواد المستخدمة في إنتاج الكبسولات ،إذ يعتبر زيادة المواد الصلبة حتى لدرجة أن المزيد من المواد الصلبة لن يعطي صفة الانحلالية من العوامل الهامة في إبقاء النكهة المترافقة مع إنقاص الزمن اللازم

للتجفيف اللازم لتشكيل سطح صلب عالي المحتوى من المواد الصلبة أو قطرات المواد المراد تجفيفها.عندما يصل محتوى المواد الصلبة 10 % رطوبة، فإن جزيئات النكهة لا يمكن أن تنفذ خلال سطح الفيلم، بينما جزيئات الماء الأقل تستمر في الارتحال ويتم التجفيف. إن التغذية العالية بالمواد الصلبة يعني أنه يتم تشكيل غشاء نصف نفوذ بسرعة، وهذا يحافظ على بقاء النكهة بشكل أعلى. من الممكن أن يتم الضخ والتحويل لرذاذ المواد التي تساهم في تشكيل الغلاف بشكل زائد عن حدود الانحلالية. كما وجد أن لكل مادة مستخدمة في التغليف تغذية مثالية. بعدما تم تحويل مواد التغليف المفردة أو المزيج إلى شكل منحل (حراري أو غير حراري) تضاف المواد المراد كبسلتها للمزيج وتنتشر عبر المزيج. النسبة المثالية لمادة التغليف / الحشوة (1:4) ويمكن استخدام نسبة أعلى من النكهة.

2- **تجانس المعلق:** وذلك من أجل خلق قطرات صغيرة من مركبات النكهة أو مواد التغليف ضمن محلول الكبسولة. إن زيادة نعومة المستحلب الناتج يزيد من فرص بقاء النكهة خلال عملية التجفيف.إن إضافة المستحلب له دور في بعض الأحيان.هناك علاقة بين درجة التجنيس وبقاء زيت قشور البرتقال خلال التجفيف بالرذاذ. المواد القابلة للانحلال بالماء ممكن أيضا أن يتم كبسلتها فبدل من أن يكون لدي مادتين معروفتين ومنفصلتين من مادتي الحشوة والغلاف، فإنه يتم تشكيل مزيج متجانس من مادتي الحشوة والغلاف يدعى المزيج entrapped ingredients.

3- **التحويل إلى رذاذ:** يتم التحويل إلى رذاذ عبر فوهة جهاز التجفيف (الانسياب المفرد، الضغط العالي، دولاب الضغط المركزي). عوامل

الترذيذ لها علاقة بانتشارية الجزيئات للبودرة الناتجة. كلما كانت الجزيئات أكبر يكون فرصة بقاء الطعم أكبر،كما وجد أن حجم الجزيئات ليس له علاقة إذا تم استخدام مستوى عالٍ للتغذية. كذلك فإن من المفضل إنتاج حجم أكبر من الجزيئات لكي تساعد في التشتت والانتشار عند الاستخدام، فالجزيئات الصغيرة من الصعب أن تنتشر وتميل لأن تطفو على سطح السائل. يتم الحصول على جزيئات كبيرة عن طريق استخدام فتحة أوسع، ضغط أقل، تغذية عالية، لزوجة التغذية عالية، سرعة العجلات أقل.

4- **التجفيف**: عندما يتم عبور الهواء الحار بشكل موازٍ أو معاكس فإنه يلامس الجزيئات التي تم ترذيذها، ويتم تجفيفها وتتشكيل مادة الكبسولات التي تحتوي الحشوة بداخلها. عندما يتم هبوط هذه الجزيئات على وسط غازي فإنها تأخذ شكلاً كروياً مع وجود الزيت مغلفاً بالطور المائي، وهذا يفسر لماذا معظم الجزيئات المجففة بالرذاذ قابلة للانحلال بالماء. إن سرعة التبخر للماء من الغلاف خلال عملية التصلب يعمل على جعل حرارة الحشوة أقل من 100°م على الرغم من الحرارة العالية المعرضة لها المواد ولكن خلال ثوانٍ.وبما أن مركبات النكهة ممكن أن تحتوي 20–30 مادة مختلفة (كحولات، ألدهيدات، استرات، كيتونات) وبدرجات غليان تتراوح بين 38–180°م ، فإنه من الممكن أن يتم فقد مواد النكهة منخفضة درجة الغليان خلال التجفيف حيث تهبط المواد المجففة لأسفل المجفف، ويجب أن يتم فصلها باستخدام وسط فصل غازي مثل السيلكون (تمتلك الجزيئات الناتجة حجم كبير عادة أكبر من 100 ميكرومول) مما يعطيها انحلالية عالية، لكن ممكن أن تكون هناك مشكلة انفصال الكبسولات في الخلائط

الجافة،هذا الانفصال ممكن أن يتم منعه ويتم تشجيع الانسيابية عن طريق منع التكتل من خلال تعريض الجزيئات المكبسلة لبخار مما يؤدي إلى تشكيل جزيئات كبيرة متماسكة. أيضا هناك عوامل أخرى تؤثر على تركيب مواد التغطية، ممكن أن تؤثر على انحلالية المواد المكبسلة بالتجفيف بالرذاذ.

5- **البثق الحراري (تشكيل المادة خلال إمرارها ضمن قالب):** تعتبر هذه العملية جديدة إذا ما قورنت بطريقة التجفيف بالرذاذ، إن عملية الكبسلة لمواد النكهة المستخدمة في هذه الطريقة تستخدم درجة حرارة منخفضة نسبياً عن طريق إجبار مادة الحشوة للانتشار في كتلة الكربوهيدرات المذابة وذلك خلال سلسلة من القوالب في سائل التجفيف، الضغط المطبق يكون أقل من 100 psi ونادراً ما تتجاوز درجة الحرارة 115°م. خلال التلامس مع السائل فإن مادة التغطية التي تشكل غلاف الكبسولة تتصلب ويتم حبس مادة الحشوة بداخلها. كحول الايزوبربانول هو الأكثر شيوعاً في الاستخدام وذلك من أجل التجفيف وعملية التقسية. إن الألياف الناتجة عن البثق الحراري يتم تقطيعها إلى أجزاء صغيرة وتجفف إلى منتج قليل الهيغروسكوبية ويتم إضافة مادة مضادة للتجمع مثل ثلاثي كالسيوم الفوسفات ممكن أن تسهل هذه العملية . بالمقارنة مع طريقة التجفيف بالرذاذ هذه الطريقة أغلى، كذلك ممكن تحميل حوالي 20 % من مواد النكهة في طريقة التجفيف بالرذاذ spray drying، بينما في طريقة البثق الحراري extrusion يتم تحميل حوالي 8-12 %. إن عملية البثق

الحراري تستخدم لمواد النكهة التي تتحمل حرارة 110–120 ْم لفترة من الزمن دون تأثرها.

6- **التجفيد Freeze drying:** تستخدم من أجل تجفيف معظم المواد ذات الحساسية للحرارة وكذلك النكهات و خاصة النكهات الطبيعية والأدوية. تحتاج فترة طويلة حوالي 20 ساعة، لكنها طريقة بسيطة لمواد النكهة. ولأن عملية التجفيد التامة تتم على درجة حرارة وضغط منخفضين فإنه من المتوقع الحفاظ على مواد النكهة. إن المتبقي من المواد الطيارة خلال التجفيد يعتمد على تركيبها الكيميائي. مثالاً على ذلك تم تذويب خلطات مختلفة من أحادي وثنائي السكر مع نشاء الذرة في محاليل النكهة بنسبة 25 % (وزن/ وزن) ثم تم إجراء عملية التجفيد.

ميكانيكية تحرير المواد وتأثيراتها:

تسمح الكبسولات للمواد الفعالة بأن تنفصل أو تحفظ إلى حين الاستخدام، بالرغم من أن الفصل أو العزل هو أساس الكبسولات ، فإن ميكانيكية التحرير هي أيضا مهمة، مثالاً على ذلك المواد في خلطات الغذاء ممكن أن يتم تحريرها عند الاستهلاك لكن تمنع من النفاذية خلال عملية التصنيع (العناصر الغذائية، النكهات). أيضاً مواد مضافة ممكن أن تحرر خلال فترة تصنيعية معينة و تكون محمية خلال العمليات الأخرى (الحموض، مواد رافعة، مواد مخلبية). ولأن الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمركبات الطيارة مرتبطة بتركيبها الكيميائي ولا تتغير، فإنه يجب الحرص على اختيار مادة الغلاف وكذلك خلطة النكهة في حال كونها أكثر من مادة عن طريق انتقاء مادة الكبسولات لكي يتم التحكم بالنفاذية من خلال التحكم

بمعدل الجريان المطلوب (لكي يتم التحرير ببطء أو بسرعة ولكن بشكل متجانس). وهناك العديد من العوامل التي تتحكم في معدل التحرر منها:

1- مميزات الغلاف (الكثافة، التبلور، البنية، الانحلالية، المطاطية، تشكيل الروابط، المعاملات الأولية).

2- مميزات الكبسولة: (الحجم، ثخانة الجدار، ترتيب الجزيئات، الانسجام، طبقات الغلاف، المعاملات الأولية).

3- شروط التجربة (الحرارة، درجة الحموضة، الرطوبة، المذيبات، العوامل الميكانيكية، اختلاف الضغوط الجزيئية).

ميكانيكية التحرير: الغطاء لا يحمي فقط مادة الحشوة من الرطوبة، الضوء، الأوكسجين، مكونات الغذاء الأخرى وعوامل خارجية أخرى، لكنها أيضا تعمل على المساعدة على التحكم في تحرير مادة الحشوة، وهكذا فإن تحرير مادة الحشوة يعتمد على النظام الهندسي للجزيئات وكذلك مادة الغلاف المستخدمة. هذه العوامل تتحكم بميكانيكية التحرير من الكبسولة التي من الممكن أن تعتمد على تأثير المذيب، النفاذية، درجة تجزئة أو تحطم الجزيئات أو حجمها.

أ- **التحرير بتأثير الضغط الذي ينشأ بمؤثر خارجي – Pressure activated release:** هناك أنظمة متعددة تعتمد على تأثير الضغط من أجل تحرير الحشوة. الغلاف ممكن أن يتحطم عن طريق قوة داخلية مثل الضغط، القص/القطع، الأمواج فوق الصوتية أو قوة داخلية تحدث في الكبسولات التي تمتلك نفاذية اختيارية. النفاذية الاختيارية تتضمن التحرر المتحكم به للمواد الطيارة، لكن هناك تحرر بطيء للحشوة من الكبسولة في حالة التكسير هو غير فعال.وهناك نوع من

الكبسولات غير منفذة تماماً تحتاج إلى تحرير موادها عن طريق التمزق، كمثال كبسولة مصنوعة من دهن جامد (قاسي) أو الشموع غير المنحلة في الماء ممكن أن تحرر موادها عن طريق الكسر الميكانيكي : القطع ، زيادة درجة الحرارة لدرجة الذوبان للدهن. إن آلية الطحن هي الميكانيكية الأكثر استخداما في التحرير ،ومن الممكن أيضاً أن يتم تحرير الحشوة من ضمن الكبسولة عن طريق تطبيق الحقل المغناطيسي باستخدام القوى المغناطيسية أو التفريغ. إن تطبيق قوة التمزيق من أجل التحرير تنجز في وقت أقصر مقارنة بالطرق الأخرى.

ب-**الانتشار Diffusion:** هذه الميكانيكية تتحكم بتحرير المواد من الكبسولة عن طريق التحكم بمعدل انتشار المواد الفعالة. كتلة الكبسولة بحد ذاتها ممكن أن تتحكم بمعدل التحرر (تحكم مادة الغلاف بالتحرر) أومن الممكن أن يتم إضافة غشاء للكبسولة للتحكم بمعدل التحرر (تحكم الغشاء بالتحرر). معظم الميكروكبسولات تمتلك جداراً رقيقاً والذي يمكن أن يعمل على أنه غشاء نصف نفوذ، ولأن الميكروكبسول صغير جداً، فإنها تمتلك سطحاً كبيراً بالنسبة لوحدة الحجم، وهكذا فإن التحرير المتحكم به ينجز دائماً خلال عملية انتشار متحكم به. آلية الانتشار يتحكم بها كل من العلاقة بين مادة الحشوة و الغلاف والمعدل الذي من الممكن من خلاله أن تنفذ الحشوة خلال الجدار الخارجي. والانتشار عبارة عن عملية يتحكم بها تدرج التركيز أو تداخل قوى داخلية وبكلمة أخرى هي مسيطر عليها عن طريق انحلالية المواد في مادة الغلاف

(تراكيز المكونات في الغلاف وذلك من أجل التحكم بالانتشارية) ونفاذية المركبات خلال الغلاف في غياب التشققات في الغلاف. من العوامل التي تؤثر على الانتشارية: الحجم، الشكل، الضغط البخاري وقطبية الجزيئات التي تنفذ، حركية الأجزاء للسلسلة البوليميرية، القوى الداخلية الفعالة في سلسلة الغلاف مثل الروابط الهيدروجينية، قوى فاندرفالس، درجة الروابط العرضية، درجة التبلور،أيضاً تفاعل ميلارد الذي ينتج عنه الارتباط العرضي للبروتين ممكن أن يؤثر على نفاذية المحاليل في المواد المكبسلة التي غلافها أساسا بروتين ومعرضة للحرارة (الجيلاتين)، فكلما كانت درجة الروابط الاعتراضية أقل فإن معدل النفاذية أو الانتشارية خلال الغلاف أقل.

ت-**التحرير باستخدام المذيبات Solvent–activated release**: هي من أكثر الطرق استخداما، وخاصة إن معظم مواد التغليف في الكبسولات هي مواد منحلة.يعمل الماء في منتجات الغذاء على انحلالية الميكروكبسولات، لذلك تحرر محتواها للغذاء، أو ممكن أن تتضخم الكبسولة حيث تبدأ بتحرير المواد. بالنسبة للمواد غير القابلة للذوبان من الأغلفة ممكن أن يتم انحلالها باختيار المذيب المناسب، المواد المكبسلة عادة تضاف للأغذية الجافة مثل المشروبات الجافة والكيك وكذلك خلائط الشوربات، المنكهات المكبسلة. في هذه المنتجات يتم تحريرها خلال عملية الاسترجاع حيث من الممكن أن تنفجر فجأة أو تستمر بالتحرر بانتظام عن طريق التحكم بكل من نفاذية الجدر، تأثير درجة الحموضة، تغير القوة الأيونية للوسط المحيط. وبالرغم من أن

العديد من الجدر التقليدية سوف تحرر مادة الحشوة عندما تسترجع فإنه من الممكن أن يتم تحوير غلاف الميكروكبسولات لكي يتم تحرير المواد الفعالة خلال أزمنة معينة.يتحكم الضغط الأسموزي بتحرر المواد وهذا مشابه لعملية التحرر عن طريق المذيبات من حيث أن الحشوة تدمص المذيب (عادة الماء) خلال الزمن وتنتفخ حتى تنفجر الكبسولة المغلفة بغلاف محب للماء ثم تغطى بغلاف محب للدهون. الضغط الأسموزي يحرر المواد الفعالة إلى حد محدد حيث تنتفخ المواد المكبسلة في النهاية ويتمدد سطح الغلاف مما يؤدي إلى تمزقه.

ث-**التحرر عن طريق التحكم بالذوبانية:** تحطيم الغلاف ممكن أن يتم بمعاملة حرارية، هذه الميكانيكية في التحرر تتضمن التحكم بدرجة ذوبان غلاف الكبسولة لتحرير المادة الفعالة، ولأن هناك درجات ذوبانية مختلفة تبعاً لمادة الكبسولة (شموع، ليبيدات، دهون معدلة) فإنه يتم إنجاز هذا المبدأ بسهولة.بالنسبة للأملاح، المواد المغذية، مواد التخمر وبعض مواد النكهة القابلة للذوبان فإن تطبيق هذا المبدأ محدود حيث يتم تغليفها بوساطة أغلفة محبة للماء وذلك لتأجيل عملية تحرير المادة الفعالة حتى تتم عملية الخبز. الأغلفة المحبة للماء ومادة الحشوة يجب أن يكونا غير قابلين للامتزاج وذلك منعا لاختلاط المواد ببعضها أو هجرة مواد الحشوة للغلاف، وهذا يعمل على الحد من استخدام هذه الطريقة لعدد من النكهات، من ناحية أخرى إذا تم كبسلة مواد النكهة باستخدام التجفيف الرذاذي، ممكن أن تغطى بغلاف محب للماء. من

مساوئ التغطية الثانوية عن طريق الجدار المضاعف: تخفيف النكهة والتكلفة العالية.

ج- **الحساسية لدرجة الحموضة** ممكن أن نستخدم هذه الطريقة إذا كانت مادة الغلاف تلائم هذه التقنية. تتحطم الأغلفة الدهنية عن طريق فعل أنزيم الليباز، وقد استخدمت هذه الأنزيمات عن طريق التحكم بدرجة الحموضة لتحطيم الغلاف، إن تغير درجة الحموضة يعمل على خلخلة ثباتية الفوسفوليبيدات وبناء على ذلك تحرر الأنزيمات من الحشوة .

ثانيا- تقنية التصنيع بالضغط العالي

High pressure processing technology

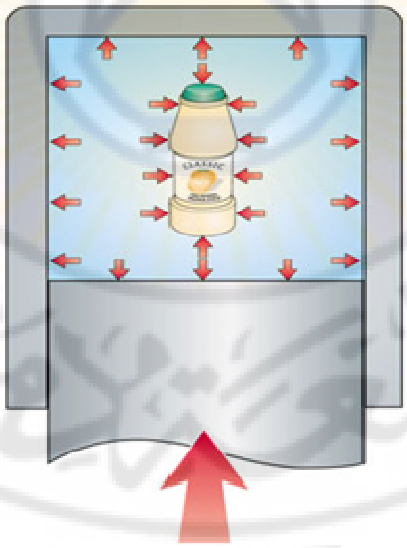
قام Reynard عام 1884 بتجارب على البكتريا المتواجدة في اللحوم والحليب، ثم Roger عام 1885 وأخيراً Hite عام 1899 الذي قام بتجارب على الفاكهة وذلك باستخدام الضغط المرتفع وسيلة لحفظ الأغذية، لتعود هذه التقنية بالظهور إلى حيز التطبيق الصناعي في عام 1990. فيما بعد قام اليابانيون بمعاملة بعض الأغذية بالضغط المرتفع (عصائر الفاكهة، اللحم، السمك، كعكة الرز rice cake، لحم البقر والخنزير).

سمحت اللجنة الأوربية عام 2001 بوجود العصائر المبسترة المعالجة بالضغط المرتفع، بينما انتشرت في فرنسا عصائر البرتقال وشرائح لحم الخنزير في الأسواق.

إن تقنية حفظ الأغذية باستخدام الضغط المرتفع High hydrostatic processing (HHP) هي طريقة حفظ لا حرارية تعتمد القضاء على الأحياء الدقيقة الممرضة والمفسدة عن طريق استخدام ضغوط مرتفعة لها تأثير يفوق

حرارة البسترة. تستخدم تقنية HPP ضغوط تعادل 400–600 ميغا باسكال أو 58000–87000 psi، وذلك على درجات الحرارة المنخفضة (أقل من 45°م) التي تعمل على حفظ الغذاء مع أقل تأثير على الطعم، القوام، المظهر أو القيمة الغذائية. يمكن أن تستخدم هذه التقنية لتصنيع كل من الأغذية السائلة والأغذية الصلبة ذات المحتوى العالي من الرطوبة.

بالرغم من أن التأثير القاتل للضغط المرتفع على الأحياء الدقيقة فإنه لا يعمل على كسر الروابط التساهمية ولها تأثير قليل على البنية الكيميائية للغذاء. وهكذا فإن هذه التقنية HPP تزود بوسيلة للمحافظة على جودة الغذاء مع تجنب الحاجة لمعالجة حرارية أو حتى استخدام مواد كيميائية. كما يطلق على هذه التقنية أيضا Ultrahigh pressure processing (UHP) (شكل رقم 1).



شكل رقم (1) تقنية الضغط المرتفع

إن الاستخدام التجاري لهذه التقنية يجنب الآثار السلبية لعملية البسترة ومثالاً على ذلك في منتج مثل السلامي، فإن عملية البسترة باستخدام الحرارة سوف تعمل على هجرة الدهون. يعرف الغذاء المعامل بالضغط المرتفع على أنه من الأغذية المقبولة من الناحية الصحية بسبب خلوه من *Listeria monocytogenes* (اللحوم المصنعة)، هذه التقنية فعالة في القضاء على

E coli, Salmonella, ، والعديد من الخمائر والفطريات والبكتريا المسؤولة عن فساد الغذاء، إن صلاحية الغذاء من ناحية السلامة الميكروبية وناحية الجودة من الممكن أن تزداد عن طريق HPP. يتم استخدام هذه التقنية من أجل إيقاف نشاط الخلايا الخضرية، لكن استخدام تقنية الضغط المرتفع مع الحرارة ضمن ظروف معينة للقضاء على الأبواغ مع المحافظة على الجودة هي قيد البحث. يمكن أن يتم القضاء على الأبواغ الممرضة من خلال تداخل كل من درجة الحرارة والضغط وهذا يسمح للغذاء أن يكون معقماً مع تعرض أقل للحرارة. بالنسبة للأغذية منخفضة الحموضة يتم معاملتها بالضغط والحرارة (105°م، 700 ميغا باسكال). يؤثر الضغط المرتفع بشكل قليل على المركبات ذات الأوزان الجزيئية المنخفضة مثل مركبات النكهة، الفيتامينات، الصبغات مقارنة بالمعاملات الحرارية التقليدية. يمكن أن يحدث لمنتجات اللحوم والأسماك والبيض والألبان تشوه باستخدام تقنية HPP. إن جودة الأغذية المعاملة بطريقة HPP والمبسترة تكون مشابهة جداً لجودة الأغذية الطازجة. وفيما يتعلق بفترة الصلاحية للأغذية المعاملة فهي تتأثر بدرجات حرارة التخزين ومواد التغليف فضلاً عن تأثرها بمعاملات الضغط.

مبدأ طريقة التصنيع بتقنية HPP: هناك تغيرات فيزيائية وكيميائية تحدث نتيجة تطبيق الضغط المرتفع. حيث يحدث انضغاط فيزيائي ينتج عنه تخفيض الحجم

وزيادة بدرجة الحرارة وبالطاقة. يجب الأخذ بعين الإعتبار تأثير كل من الحرارة والضغط مع بعضهما. من المعروف أن التأثير الحاصل نتيجة تطبيق قوة ما (نيوتن) على سطح (م^2) يسمى بالضغط ويعبر عنه بالباسكال الضغط (باسكال)= القوة (نيوتن) / السطح (م^2). وهناك وحدات أخرى للضغط مثل البار والميلمتر زئبقي.

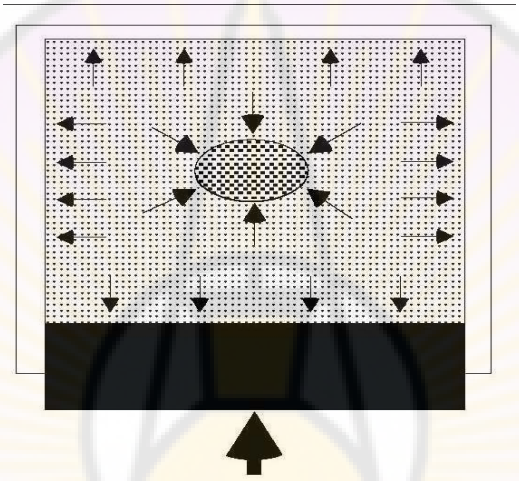
تجدر الإشارة إلى أنَّ كل 1 بار يعادل 0.1 باسكال، وكل 1 ميلمتر زئبقي يعادل 1.34×10^4 باسكال. وكل 1 ضغط جوي يعادل 0.1013 باسكال. إن المبادئ الأساسية التي يعتمد عليها سلوك المادة الغذائية المعالجة بالضغط هي كالتالي:

– قاعدة لوشاتوليه le chatelier principle: أي تفاعل يغير بالبنية والانتقال بالطور والذي يترافق مع انخفاض بالحجم يؤدي إلى زيادة الضغط.

– مبدأ الترتيب الجزيئي microscopic ordering principle: عند درجة حرارة ثابتة فإن زيادة الضغط يعمل على زيادة في درجة ترتيب الجزيئات للمادة. لذلك فإن كلاً من الضغط ودرجة الحرارة تعمل قوى معارضة مؤثرة في ترتيب الجزيئات والتفاعلات الكيميائية.

– مبدأ الضغط المتوازن Isostatic principle: (شكل رقم 2) حيث ينضغط الغذاء بشكل متجانس من كل الاتجاهات ومن ثم يعود لشكله الأصلي بعد زوال الضغط. المنتج ينضغط بغض النظر عن الحجم الأصلي والنواحي الهندسية وذلك لأن انتقال الضغط إلى المركز لا يتعلق بالكتلة. إذا كان الغذاء يحتوي الرطوبة الكافية فإن الضغط سوف لن يؤذي المنتج على المستوى الجزيئي وذلك طالما تم تطبيق الضغط بشكل متجانس وفي كل الاتجاهات. ترتفع درجة حرارة الغذاء المتجانس نتيجة الضغط المطبق عليه. لذلك يجب أن تكون درجة حرارة جدران

الأوعية المعدة للتصنيع قابلة لتحمل زيادة درجة الحرارة التي تطرأ على الغذاء، ونتيجة لذلك يتضاءل حجم الغذاء بسبب وجود الضغط المترافق مع درجة الحرارة التي من شأنها أن تسرع عملية التبخر مما يؤثر في حجم المادة الغذائية المعرضة للضغوط. تطبق المعالجة بالحرارة والضغط على الأغذية مثل المربيات، العصائر، الفاكهة وغيرها.



شكل (2) مبدأ الضغط المتوازن

دور تقنية الضغط العالي في حفظ الأغذية:

يرجع التأثير الحافظ لهذه التقنية إلى التغيرات في بنية الخلية الميكروبية متضمنة البروتينات وأغشية الخلايا. إن البنية الثلاثية للبروتينات تتغير عند ضغط يتجاوز 200 ميغا باسكال، فوق هذه القيمة تتأثر البنية الرباعية للبروتينات. إن النتيجة الحتمية لتشوه البروتين هو تغير في وظائفه الحيوية. الضغط العالي يؤدي إلى تغير شكل الخلية (استطالتها وفقد في الحركة الذي يؤدي لتغيرات داخلية خلوية). للضغط دور في توفير الطاقة داخل الخلايا لأنه يؤثر في التفاعلات الحيوية المسؤولة عن إنتاج الطاقة، وأخيرا ممكن أن تتأثر بعض التفاعلات

الجزيئية مثل تخليق البروتينات وتعبير الجينات عن نفسها وذلك في الضغوط التي تتراوح بين 30–50 ميغا باسكال.

تأثير الضغط العالي على الأحياء الدقيقة: للضغط العالي قابلية في تدمير معظم خلايا الأحياء الدقيقة، لكن هذا يعتمد على درجة الضغط وزمن التطبيق ونمط التطبيق (متواصل أو متقطع)، درجة حموضة الوسط، نوع الأحياء الدقيقة، درجة حرارة المعاملة، ويوضح الشكل رقم (3) مثال على تأثير معاملة الضغط على الأحياء الدقيقة. إن المعالجة بالضغط العالي له دور لبسترة المنتجات على درجة حرارة منخفضة، وبالتالي زيادة فترة الصلاحية، المحافظة على خصائصها، وبقاؤها أقرب ما يمكن للمنتج الطبيعي. إن آلية تحطيم الأحياء الدقيقة بالضغط العالي ممكن أن يتم التعبير عنه بالمعادلة التالية: $\log (N)=\log(N0)-(t/D10)$. حيث N0: التعداد الأولي للأحياء الدقيقة، N عدد الأحياء الدقيقة، t زمن المعاملة ، D10 الزمن اللازم عند الضغط المطبق لإنقاص 90 % من الأحياء الدقيقة. والشكل رقم (3) مثال عن تحطم الليستريا بتأثير الضغوط المختلفة.

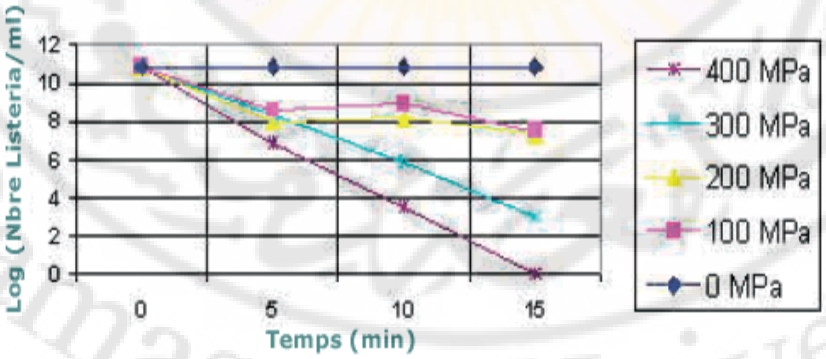


Figure 3 : Effet des hautes pressions sur Listeria monocytogenes (pure culture)
(d'après M. Fonberg-Broczek et coll., 2005)

الشكل رقم (3): تحطم الليستريا بتأثير الضغوط المختلفة

الأحياء الدقيقة المقاومة للحرارة هي أيضاً مقاومة للضغط، الخمائر والفطور هي أقل مقاومة من البكتريا، الأبواغ أكثر مقاومة من الخلايا الخضرية، البكتريا موجبة الغرام أكثر مقاومة من السالبة. إن وجود السكريات والبروتينات على السطح الخارجي للخلايا يزيد من مقاومة الأحياء الدقيقة للضغط العالي. الخمائر والفطور يتم إيقاف نشاطها بالضغط بين 200–300 ميغا باسكال. إن معظم أبواغ الخمائر والفطريات يتم إيقاف نشاطها عند ضغط 400 ميغا باسكال. معظم البكتريا يتم القضاء عليها عند ضغط بين 400–600 ميغا باسكال، بينما أبواغ البكتريا ممكن أن تقاوم ضغطاً يتجاوز 1000 ميغا باسكال، لكن المعاملة بين 50–300 ميغا باسكال تعمل على إنقاص انتاش الأبواغ.

تأثير الضغط العالي على الأنزيمات:

إن تأثير الضغط العالي على الأنزيمات ممكن أن يكون سلبياً عندما تستخدم من أجل التنشيط بعد ايقاف النشاط أو إيجابياً عندما تستخدم هذه التقنية لإيقاف نشاط الأنزيم.

التأثير السلبي (تنشيط الأنزيم) يتم ملاحظته عند تطبيق ضغط حوالي 100 ميغا باسكال، وهذا الضغط العالي غير قادر على التسبب بتشوه بروتين الأنزيم.

التأثير الإيجابي(ايقاف نشاط الانزيم) يلاحظ عند تطبيق الضغط العالي فوق 100 ميغا باسكال وهذا المدى من الضغط يغير البنية الثالثة و/أو البنية الرابعة للبروتين مما يوقف نشاطه.

آلية تطبيق التصنيع بالضغط المرتفع:

يتم تطبيق الضغط المرتفع على السائل الموجود ضمن المنتج الغذائي المراد معالجته، حيث ينقل السائل (الماء غالباً) الضغط، ومن هنا جاءت تسمية هذه التقنية

بالضغط الهيدروستاتيكي المرتفع High Hydrostatic pressure. يكون المنتج المعالج مغلفاً بغلاف عازل ومرن ومفرغ من الهواء، والضغط المطبَّق يكون متجانساً في جميع الاتجاهات، ويأخذ المنتج شكله الطبيعي بعد إزالة الضغط المطبَّق الذي يتراوح ما بين بضعة عشرات من الميغا باسكال إلى واحد غيغا باسكال. من مميزات هذه الطريقة أنه يتم تطبيق الضغط العالي على درجة حرارة أقل من 100، وبشكل عام على درجة حرارة الغرفة وبالتالي هذه المعاملة تتطلب طاقة أقل من الأنظمة الأخرى.

يتألف الجهاز المستخدم في هذه التقنية من حجرة مقاومة للضغط ومكبس وخزان خارجي للسائل مع مضخة ووحدة تحكم بالإضافة إلى نظام تبريد وتسخين (شكل رقم 4).

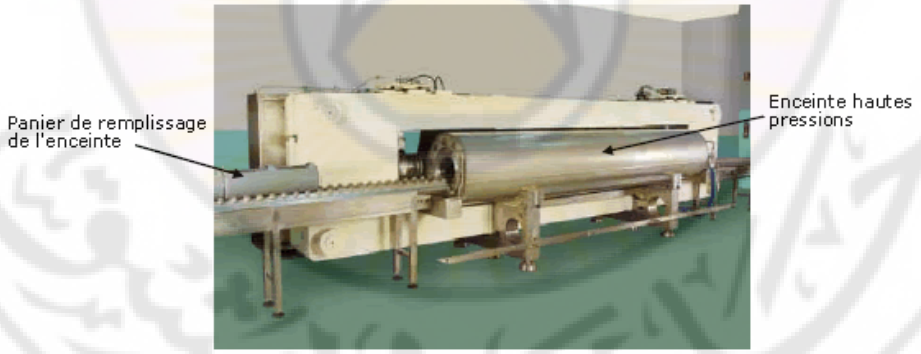


Figure 4 : Enceinte hautes pressions en position horizontale

شكل رقم (4) جهاز التصنيع بالضغط العالي

ومن التطبيقات العملية لتقنية التصنيع بالضغط المرتفع نذكر ما يلي:

- **تأثير تطبيق تقنية الضغط المرتفع على البكتريا الموجودة في الحليب:** تم إثبات فاعلية المعالجة بالضغط المرتفع من أجل تعقيم الحليب من خلال

تطبيق ضغط 300– 600 ميغا باسكال، مع الأخذ بعين الاعتبار عدة عوامل مثل شدة الضغط وزمن المعالجة وحرارة الوسط بالإضافة إلى الحالة الفيزيولوجية للأحياء الدقيقة. حيث إنَّ البكتريا في الحالة الحيوية أقل مقاومة من البكتريا في الحالة المتبوغة التي يمكن أن تقاوم الضغط حتى 1000 ميغا باسكال. ولكي نقضي على هذه الأبواغ نقوم بعملية تحفيزها للعودة إلى الحالة الحيوية من خلال تطبيق ضغط 50 – 300 ميغا باسكال ومن ثم نقوم بمعالجتها بوساطة الحرارة. بالإضافة إلى ذلك فقد لوحظ أنَّ البكتريا موجبة الغرام تبدو أكثر مقاومةً للضغط من البكتريا سالبة الغرام، حيث إنَّ القضاء على البكتيريا موجبة الغرام يحتاج إلى تطبيق ضغط 500–600 ميغا باسكال، بينما البكتريا سالبة الغرام لا تحتاج إلا إلى تطبيق ضغط بين 300–400 ميغا باسكال. ويمكن الاستفادة من هذه الخواص في تعقيم الحليب للحصول على حليب خام بنفس مواصفات الأمان الميكروبية للحليب المبستر.

- **تأثير تطبيق تقنية الضغط المرتفع على مردود إنتاج الجبن:** في عملية إنتاج الجبن يشكل المردود (كغ الجبن\كغ حليب مستخدم) عاملاً اقتصادياً هاماً، لذلك كان من المهم معرفة تأثير طرق المعالجة المختلفة للحليب على مردود إنتاج الجبن. حيث إنَّ المعالجة بالحرارة للحليب قبل عملية تصنيع الجبن تؤدي إلى تشوه بروتينات المصل وترسبها وبالتالي تؤدي إلى زيادة مردود إنتاج الجبن. لكن بمقابل هذه الخاصة الإيجابية هناك جوانب أخرى منها التأثير السلبي الذي يطرأ على قوام الجبن وطعمه، بالإضافة إلى زيادة وقت التخثر، لذلك فقد تم تطوير تقنية المعالجة بالضغط المرتفع من أجل

تجاوز سلبيات المعالجة بالحرارة. وقد تم إثبات زيادة في مردود الجبن في حليب الماعز المعالج بالضغط المرتفع بالنسبة لنظيره المعالج بالبسترة دون أن يكون هناك آثار جانبية سلبية على الخواص الحسية للجبن.

- **تأثير تطبيق تقنية الضغط المرتفع على تصنيع لبن الزبادي:** هناك عدة دراسات أثبتت تأثير المعالجة بالضغط المرتفع على تخثر الحليب وقد تم تصنيف هذه الدراسات إلى قسمين معالجة الحليب بالضغط المرتفع قبل تخثره ومعالجة لبن الزبادي بالضغط المرتفع أثناء عملية تصنيعه. فيما يخص معالجة الحليب قبل تحويله فلقد تم إثبات تناقص حجم مصل اللبن المفصول من المنتج النهائي وذلك مع رفع درجة الضغط المطبق على الحليب باعتباره مادة أولية، وبتعبير آخر فقد لوحظ وجود تناسب طردي بين شدة الضغط المطبق وبين صلابة لبن الزبادي المتشكل بالإضافة إلى أنَّ الحليب المعالج (350–500 ميغا باسكال مقابل 25، 55°م على التوالي) يتخثر عند درجة pH أكثر قلويةً من الحليب المبستر (95°م لمدة 5 د) مما يؤدي إلى إمكانية تصنيع منتجات غذائية جديدة من حيث الخواص الحسية ولاسيما الطعم. أما فيما يخص معالجة لبن الزبادي في أثناء عملية تصنيعه فقد لوحظ أنّ زيادة شدة الضغط المطبق تنقص من زمن تخثر الحليب، فعلى سبيل المثال فإنَّ الحليب غير المعالج عند درجة pH 5.5 يتطلب وقتاً مقداره ساعة لكي يتخثر بينما في حال تطبيق ضغط شدته 100 أو 200 ميغا باسكال فلا تتطلب عملية التخثر أكثر من 40 الى 10 دقائق على التوالي.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الخامس عشر

مخلفات الصناعات الغذائية وطرق معالجتها

Food processing waste and its treatment methods

مقدمة:

يولى الموقع الطبيعي لمصنع الأغذية والوضع الاقتصادي والمستوى الاجتماعي والثقافي للمنطقة التي سيقام المصنع في رحابها اهتماماً بالغاً، حيث تدرس هذه العوامل دراسة عميقة ووافية.

إن توافر مصادر المياه ضرورة بالغة وعامل أساسي في الإنتاج وجودة صفاته وخلوه من المواد العضوية ويسره الملائم من أهم الاعتبارات التي يجب أن ينظر إليها ببالغ الأهمية.

يشكل التخلص من النفايات وبقايا المواد المصنعة موضوعاً بالغ الخطورة، لأن النفايات مصدر قلق وتلوث للمواد الغذائية المصنعة ومنظر قبيح لموقع المصنع العام.

أنواع الفضلات الناتجة عن مصانع الاغذية وطريقة التخلص منها:

يتخلف عن مصانع الاغذية الكثير من الفضلات اليومية التي تكون على شكل سائل او على شكل صلب. ونذكر من الفضلات الصلبة ما يلي:

1- المادة الغذائية الخام التالفة غير الصالحة للتصنيع.

2- المواد الغذائية المصنعة التي يوجد بها عيوب او غير مطابقة للمواصفات الموضوعة.

3- النواتج الثانوية للتصنيع مثل العظام وبواقي اللحوم والدهون والمخلفات الناتجة عن المسالخ.

4- مواد التعبئة المستخدمة في مصانع الاغذية.

5- مستلزمات الإنتاج الأخرى اللازمة لعمليات التصنيع الغذائي.

ونذكر من الفضلات السائلة ما يلي:

1- الماء ومحاليل التنظيف والتطهير.

2- المواد الخام او المصنعة السائلة (الحليب والعصائر التي اصابها التلف).

3- النواتج الثانوية السائلة (شرش الجبن والحليب الخض).

4- المخلفات السائلة الناتجة عن المسالخ (الدم وماء غسيل وتنظيف الذبائح وماء التبريد).

وتعد دراسة طرق مناسبة للتعامل مع الفضلات بأنواعها من النقاط الاساسية التي يجب وضعها بعين الاعتبار عند انشاء مصنع الاغذية.

إن تكون الفضلات يعد أمراً يومياً مصاحباً لعملية التصنيع ولا يمكن تجاهله، وعندما تتراكم الفضلات في المصانع ولو لفترة قصيرة فإنها تجتذب الحشرات والقوارض ويكون لها روائح كريهة غير مقبولة، بالإضافة الى أنها تسيء إلى المظهر العام للمصنع، ويحدث نفس الشيء إذا قام المصنع برمي هذه الفضلات في الأماكن القريبة من التجمعات السكنية.

كذلك إذا لم يتم معاملة الفضلات الناتجة عن مصانع الأغذية معاملة مناسبة لإزالة ما بها من ملوثات وذلك قبل تصريفها في المجاري المائية فإنها ستضر بالبيئة المحيطة. مثال ذلك نجد أن الماء عادة ما يحتوي على 8 جزء في المليون من الاوكسجين الذائب وهو أكبر من الاحتياجات الدنيا للأسماك حيث أنها تتطلب 5 جزء في المليون من الاوكسجين الذائب، ولكن في حال تصريف الفضلات بما تحتويه من المواد العضوية إلى المجاري المائية فإن ذلك يشجع على نمو

الميكروبات التي تستهلك الأوكسجين وتجعل تركيزه يصل إلى أقل من 5 جزء في المليون مما يسبب اختناق الأسماك وموتها وهو ما يمكن ملاحظته من تغير لون المسطحات المائية ورائحتها. كذلك في حال احتواء الفضلات على نسبة عالية من المركبات البروتينية المحتوية على الكبريت فإن تصريفها في الأنهار والبحيرات بدون معاملة يؤدي إلى تكوين غاز كبريتيد الهيدروجين ذي الرائحة الكريهة والتي تشبه رائحة البيض الفاسد، كذلك فإنه يعمل على اسوداد المباني المحيطة.

معاملة الفضلات والتخلص منها:

تختلف طبيعة الفضلات وحجمها حسب طبيعة المنشأة الغذائية وحجمها وحجم الإنتاج فيها. كذلك فإن حجم الفضلات الناتجة عن المصانع الضخمة لا بد أن يكون أكبر من حجم الفضلات الناتجة عن المصانع الصغيرة التي تقوم بإنتاج نفس المنتجات، لذلك فإنه من أجل إيجاد طرق مناسبة للتخلص من الفضلات أو لتقليلها أو لإعادة الاستفادة منها يتطلب عمل دراسة شاملة للمصنع يكون الغرض منها التعرف على حجم الفضلات الناتجة وطبيعتها، وهذه الدراسة يمكن عملها مرة واحدة إذا كانت المنتجات التي يقدمها المصنع ثابتة ولا تتغير مع فصول السنة، ولكن يجب تكرار هذه الدراسة مرة كل عام إذا كان مصنع الأغذية يقوم بإنتاج أغذية موسمية مثل الخضار والفواكه.

تبدأ الدراسة المسحية بالنظر إلى الرسومات والنماذج الإنشائية للمصنع التي توضح سعته وحجم الآلات الموجودة فيه، كذلك توضح خطوط المياه والصرف الصحي، بالإضافة إلى ذلك فيجب جمع معلومات عن تنظيم العمل بالمصنع من حيث عدد ساعات الإنتاج وعدد الورديات في اليوم وكذلك يجب تقدير

الكمية الكلية للإنتاج ومعدلات استهلاك الماء، ثم تبدأ الخطوات العملية في الدراسة التي تشمل على ما يلي:

1- **فحص الاتزان المائي في المصنع:** وذلك بوضع أجهزة قياس كمية ومعدل تدفق الماء المفقود مع الفضلات السائلة في المصنع، ومقارنة ذلك مع كمية الماء التي يستهلكها المصنع وبالتالي يمكن تحديد ما يعرف بالاتزان المائي.

2- **أخذ عينات من الفضلات السائلة:** يجب أن تكون هذه العينات ممثلة ومتناسبة مع معدل تدفق الفضلات، ولا تفضل العينات العشوائية بل يجب إعداد خطة إحصائية مناسبة لأخذ العينات.

3- **فحص مستوى التلوث في الفضلات:** يتم ذلك باختبار العينات التي سبق وتم جمعها. يتم ذلك وفقاً للتقديرات التالية:

أ) **الاحتياج البيوكيميائي من الأوكسجين Biochemical oxygen demand (BOD)** كمية الأوكسجين الذائب التي تستهلكها الميكروبات في أثناء تحليل المواد العضوية بالماء خلال 5 أيام من التحضين 20 م^0، لذلك يطلق على هذا التقدير BOD 5 وهو مقياس للتلوث بالمواد العضوية غير الذائبة والقابلة للتحلل بوساطة الميكروبات. إن BOD لفضلات الانسان يكون بحدود 200 جزء بالمليون، بينما لا يقل عن 500 جزء بالمليون في فضلات مصانع الاغذية. جدول رقم (1)

جدول (1) تقديرات BOD وتركيز المواد الصلبة

نوع الفضلات	تركيز كجزء بالمليون	
	BOD	المواد الصلبة المعلقة
فضلات مصانع الالبان	670	390
فضلات مصانع اللحوم	1140	820
فضلات مصانع الزيوت النباتية	530	475

يتم إجراء اختبار BOD بسهولة ولكنه يستلزم وقتا طويلا نسبيا للحصول على النتائج وأحياناً يتم الحصول على نتائج لا يتم الوثوق فيها. لذلك فقد تم تطوير التقديرين التاليين اللذين يعطيان نتائج موثوقاً بها عن مستوى التلوث وبوقت أقصر.

ب) الاحتياج الكيميائي من الاوكسجين Chemical oxygen demand: (COD) يتميز تقدير COD بأنه سريع حيث يمكن إجراؤه خلال ثلاث ساعات، كما أنه يعطي نتائج موثوقاً بها. وهو يعد مقياسا للمواد الصلبة القابلة أو غير القابلة للتحلل بالفضلات، حيث أنه لا يعتمد على نشاط الميكروبات كما في BOD.

ت) الكربون العضوي الكلي Total organic carbon (TOC): يقيس هذا الاختبار المادة العضوية الكلية في الفضلات، ويتم فيه قياس ثاني اوكسيد الكربون المنطلق نتيجة أكسدة الفضلات على درجة حرارة 900 م^0، وهو اختبار سريع ويعطي نتائج يمكن الوثوق بها، ويعيبه أنه صعب الإجراء ويحتاج إلى أجهزة خاصة.

أولاً- معاملة الفضلات السائلة والتخلص منها Liquid waste treatment:

يعد تكون الفضلات السائلة في مصانع الاغذية أمراً مصاحباً لعمليات الإنتاج والتداول والتخزين، ويمثل الماء المستخدم في عمليات التنظيف والتطهير حوالي 30 % من كمية هذه الفضلات، وتساهم مواد التنظيف والتطهير في رفع درجة تلوث الفضلات، ولكن تأثيرها لا يزيد عن 10 % من قيمة BOD COD للفضلات مما يعني أن التلوث ينتج بصفة أساسية من مخلفات الغذاء والنواتج الثانوية للتصنيع.

تهدف معاملة ماء النفايات وهو الماء الخارج من مصنع الأغذية الذي استعمل في جميع العمليات التصنيعية لإزالة فتات المواد الغروية والمتخثرة واختزال مستلزمات الأوكسجين البيولوجية حتى يصبح الماء قابلاً للصرف. ويختلف مستوى هذا التلوث الذي يجب إيصال الماء إليه حسب المناطق المختلفة، وتحدده مجموعة من العوامل منها:

أ) تصريف ماء النفايات إلى مجاري البلدية أم إلى مصنع معالجة النفايات.

ب) مقدار تكاليف هذه المعالجة وهل يمكن إجراؤها في المصنع نفسه.

ت) إمكانية السماح للمصنع بإلقاء النفايات في الأنهار والقوانين الناظمة لذلك.

وهناك ثلاث معاملات أساسية تجري على الفضلات السائلة وهي المعاملات الاولية والثانوية وفوق الثانوية (المتقدمة)، وإلى جانب ذلك يمكن إجراء معاملة إضافية وهي التطهير، ولكن يجب أن يسبق هذه المعاملات معاملة تمهيدية للفضلات.

1- **المعاملة التمهيدية للفضلات Pretreatment of waste:** تحتم التشريعات على صانعي الأغذية أن يقوموا بإجراء بعض المعاملات المبدئية البسيطة على الفضلات السائلة قبل توجيهها إلى الوحدات العامة لمعالجة مياه المجاري، فعلى

الرغم من أن فضلات المصانع السائلة لا تتضمن مكونات سامة إلا أنها قد تحتوي على مكونات مثل الزيوت والدهون والأنسجة النباتية والحيوانية لا يمكن معالجتها أو قد تسبب تلفاً في وحدات المعالجة، وعلى إدارة المصنع أن تقوم بدراسة ما إذا كان من الأوفر اقتصادياً أن يتم إجراء المعاملة التمهيدية للفضلات داخل المصنع قبل توجيهها إلى وحدات المعالجة أو أن تقوم بدفع مبلغ إضافي لهذه الوحدات مقابل القيام بهذه المعاملة. وتتضمن المعاملة التمهيدية للفضلات السائلة الخطوات التالية:

أ) ضبط معدل تدفق الفضلات: تتدفق الفضلات السائلة في المصنع بمعدل متغير وذلك وفقاً لمعدلات التصنيع والتنظيف، وهذا التذبذب يؤثر على كفاءة عمليات المعاملة التمهيدية، لذلك يتم تجميع الفضلات في خزان من الصلب أو الخرسانة المسلحة يتصل به منظم بحيث يعمل على جعل معدل تدفق الفضلات إلى وحدات المعالجة التمهيدية ثابتا.

ب) التصفية: ويتم ذلك بإمرار الفضلات على مصافٍ اهتزازية أو دورانية تعمل على حجز الأجزاء الصلبة المعلقة بالفضلات، ويمكن استخدام مصافي غير متحركة ولكنها أقل كفاءة.

ت) الفرز: حيث يتم فصل الأجزاء الصلبة الطافية في مياه الفضلات السائلة بعد تصفيتها، وتجميع الأجزاء المعلقة والطافية المفصولة بالتصفية والفرز ومعاملتها على أنها فضلات صلبة.

2- **المعاملة الأولية للفضلات Primary treatment:** تقوم هذه المعاملة بفصل الجزيئات الصلبة من الفضلات السائلة عن طريق التسيب والتعويم.

أ) طريقة الترسيب: يتم في هذه الخطوة ترك الفضلات في الخزانات بحيث تترسب بعض المواد الصلبة ويطفو بعضها على السطح، وقد

تزود الخزانات بمحركات تدور ببطء ويكون لها مقاشط تعمل على إزالة المواد المترسبة أسفل الخزان وكذلك الطافية على السطح، ويمكن بهذه المعاملة إزالة 40 الى 60 % من المواد الصلبة الكلية التي تساهم بحوالي 25 الى 35 % من قيمة BOD 5.

ب) طريقة التعويم: تستخدم هذه الخطوة لإزالة الزيوت والدهون وغيرها من المواد الصلبة المعلقة، وهي تعتمد على تكوين فقاعات هوائية في الفضلات السائلة تلتصق بها المواد المعلقة بحيث أنه عند التعرض لضغط منخفض تتصاعد الفقاعات إلى السطح حاملة معها المواد المعلقة فيتم فصلها، وقد يسبق هذه المعاملة إضافة بعض المواد التي تسهل تجمع المواد المعلقة مثل المواد المصنعة من نشاء الذرة التي تقلل من الشحنة السطحية للجزيئات المعلقة مما يقلل من تنافرها ويساعد على تجمعها.

3- **المعاملة الثانوية للفضلات Secondary treatment:** بالرغم من إزالة الكثير من المواد الصلبة المعلقة بوساطة المعاملات التمهيدية والأولية للفضلات السائلة، إلا أنه يظل بها الكثير من المواد الصلبة العضوية التي يمكن إزالتها عن طريق قيام الميكروبات بأكسدتها وتحويلها الى مواد غير ضارة مثل الماء وثاني أوكسيد الكربون أو إلى مواد يمكن إزالتها بمعاملات فصل كيميائية. وهناك نظامان أساسيان يستخدمان في المعاملة الثانوية للفضلات السائلة وهما نظام البحيرات الصناعية أو اللاجون Lagoons ونظام الحمأة المنشطة Activated sludge.

أ) **نظام البحيرات الصناعية أو اللاجون Lagoons:** يعتبر نظام البحيرات الصناعية من الأنظمة غير المكلفة وسهلة الإجراء التي لا تتطلب متابعة دقيقة في أثناء استخدامها، ولكن يعيبها عدم ملاءمتها للكميات الكبيرة للفضلات كذلك فإنها تحتاج إلى مساحة أكبر من الأرض لتنفيذها وذلك بالمقارنة مع الأنظمة الأخرى. وفي هذا النظام يتم وضع الفضلات السائلة في بحيرة صناعية، وهي عبارة عن أحواض خرسانية تكون مساحة سطحها أكبر بكثير من حجمها ولا يتم دفع هواء بها، مما يساعد على خلق ظروف لاهوائية تساعد على نشاط الميكروبات اللاهوائية التي تعمل على تمثيل المواد العضوية وتحولها الى غازات مثل ثاني أوكسيد الكربون والميتان ومواد عضوية أبسط. ويتم فصل الغازات وتنتقل الفضلات إلى بحيرات صناعية هوائية أو مرشحات التساقط Trickling filter.

- في البحيرات الصناعية الهوائية يتم وضع الفضلات السابق معالجتها في البحيرات اللاهوائية مع دفع هواء يعمل على نشاط الميكروبات الهوائية التي تقوم باستكمال عملية تحلل المواد العضوية.
- في مرشحات التساقط يتم إمرار الفضلات السائلة بحيث تنتشر على هيئة طبقة رقيقة على سطح مجموعة من الصخور المرتبة فوق بعضها التي تتساقط الفضلات السائلة بينها، ويلتصق بسطح الصخور بعض الميكروبات الهوائية التي تعمل على تحلل المواد العضوية الموجودة في الفضلات.

وهناك نظام حديث نسبياً مشابه لنظام مرشحات التساقط ويسمى نظام المتصل البيولوجي الدوراني Rotating biological contractor (RBC) الذي يعتمد على امرار الفضلات السائلة خلال خزان افقي يحتوي على عمود افقي يتحرك حركة دورانية ويوجد عليه أقراص كبيرة الحجم يصل قطرها إلى ثلاثة أمتار، ويلتصق بأسطح هذه الاقراص الميكروبات التي تعمل على تحليل المواد العضوية الموجودة بالفضلات وتتغذى عليها، وتساعد حركة العمود على دوران الأقراص بحيث تخرج عن مستوى الماء بما يسمح بتهوية الميكروبات الملتصقة بسطحها.

ب) **نظام الحمأة المنشطة Activated sludge:** عند قيام الميكروبات بتحليل المواد العضوية بالفضلات فإنها تنشط وتزداد في العدد وتترسب كمية كبيرة منها مع المواد المتخلفة عن المعاملة الثانوية للفضلات، ويطلق على الخليط الناتج اسم الحمأة المنشطة التي يمكن خلط كمية منها بالفضلات السائلة في خزان تتوفر فيه الحرارة والتهوية المناسبة بحيث تعمل الميكروبات على تحليل المواد العضوية ثم يتم إمرار الناتج على جهاز تنقية لفصل المكونات الصلبة مع سحب الفضلات المتخلفة عن المعاملة بحيث يتم التخلص من جزء منها ويستخدم جزء آخر في تلقيح الكمية الجديدة من الفضلات غير المعاملة، ويطلق على هذا النظام في معاملة الفضلات السائلة اسم نظام الحمأة المنشطة، وهو شائع الاستخدام في معالجة مياه المجاري المحتوي على الفضلات الآدمية، وهو فعال جداً.

4- المعاملة فوق الثانوية Tertiary treatment:

تعرف هذه المعاملة أيضاً بالمعاملة المتقدمة للفضلات، وهي تساعد على التخلص من بقايا المواد العضوية والأملاح والمواد التي تسبب الالوان والروائح والنكهات غير المرغوب بها. وتتضمن هذه المعاملة ما يلي:

أ) **عمليات الفصل:** تستخدم فيها مرشحات رملية أو مصافي ميكروميترية يمكنها إزالة المواد المعلقة الصغيرة التي يصل قطرها إلى بضعة ميكرومترات (الميكرومتر يساوي جزءاً في المليون من المتر).

ب) **البحيرات الصناعية فوق الثانوية Tertiary lagoons:** تستخدم هذه البحيرات الصناعية في معاملة الفضلات السائلة بعد إجراء المعاملة الثانوية بنظام الحمأة المنشطة أو مرشحات التساقط، وهي تعمل تحت ظروف هوائية ويمكن عن طريقها التخلص من نسبة من المواد العضوية المتبقية في الفضلات.

ت) **الاكسدة الكيميائية:** يتم فيها أكسدة الفضلات السائلة ببعض المواد الكيميائية مثل الاوزون مثل الاوزون O_3 الذي يتحول الى أوكسجين O_3 وأوكسجين ذري O يتفاعل بسرعة مع المواد العضوية ويعمل على أكسدتها، وتفيد هذه المعاملة في تطهير الفضلات وإزالة الروائح والألوان والطعوم غير المرغبة بها. ومن المواد الكيميائية الأخرى التي يمكن استخدامها في أكسدة الفضلات نذكر الكلورين وثاني أوكسيد الكلورين والأوكسجين والبرمنغنات.

5- تطهير الفضلات السائلة:

تحتوي الفضلات السائلة على كمية كبيرة نسبيا من الميكروبات وعلى الرغم من أن المعاملتين الاولية والثانوية تعملان على تقليلها، إلا أنه يجب التخلص من معظمها قبل تصريف الفضلات في البيئة بحيث لا تشكل خطراً على الصحة العامة للسكان أو تكون ذات تأثير سلبي على مكونات البيئة من نبات و حيوان. ويتم من خلال خطوة التطهير التي تكفل التخلص من كل البكتريا الممرضة ومعظم الميكروبات الاخرى.

ونظراً لأن المواد العضوية الموجودة في الفضلات تتفاعل مع مواد التطهير وتقلل من كفاءتها فانه دائماً يفضل إجراء التطهير باعتباره خطوة نهائية بعد التخلص من أكبر قدر ممكن من المواد العضوية في المعاملات الأولية والثانوية وفوق الثانوية.

ثانيا- معاملة الفضلات الصلبة والتخلص منها Solid waste treatment:

تمثل الفضلات الصلبة مشكلة كبيرة لبعض مصانع الأغذية، وعادة ما تقوم هذه المصانع بتسليم هذه الفضلات إلى الوحدات العامة لمعالجة القمامة، والبعض الآخر يقوم بغمر الفضلات لتحويلها إلى سماد عضوي يسمى الكومبوست Compost، وتعتمد هذه العملية على قيام الميكروبات بتحليل المواد العضوية الموجودة في الفضلات وتحويلها إلى مواد تسمى بالدبال Humus الذي يعد من المخصبات الجيدة للتربة. وتجرى هذه العملية كما يلي:

1- تجهيز الفضلات الصلبة عن طريق طحنها وتقطيعها بحيث يسهل على الميكروبات بالقيام بتحليل ما بها من مواد عضوية.

2- تعبئة الفضلات المجهزة ضمن صناديق يصل ارتفاعها الى المترين وعرضها إلى الثلاثة امتار.

3- دفع الهواء في العضلات لتنشيط عمل الميكروبات.

4- إعادة طحن الفضلات وتنعيمها بعد الانتهاء من تحلل المواد العضوية الموجودة فيها.

وتستطيع الميكروبات الموجودة طبيعيا في الفضلات أن تقوم بتحليلها وإنتاج الكومبوست خلال 10 إلى 20 يوم حسب درجة الحرارة وتركيب الفضلات، وقد تضاف الميكروبات لإسراع هذه العملية.

تقوم بعض المصانع بدفن المخلفات الصلبة في التربة وذلك في الأماكن البعيدة عن السكان بحيث تكون عرضة إلى نشاط البكتريا اللاهوائية التي تعمل على تحليل المواد العضوية وإنتاج غاز الميثان الذي يستخدم وقوداً، ويجب مراعاة أن يتم دفن المخلفات بحيث لا يحدث تسرب منها أو من نواتج تحللها الى المياه الجوفية بالتربة. ومن أوجه الاستفادة من بعض المخلفات الصلبة مثل تلك الناتجة من مصانع الخضار او الفاكهة أن يتم تجفيفها وتجهيزها ليتم إدخالها في مكونات العلائق الحيوانية.

الاستفادة من الفضلات وتقليلها:

منذ سنوات بعيدة بدأ التفكير في استحداث طرق للاستفادة من مخلفات المصانع بدل التركيز على مجرد التخلص منها، لذلك لا يلقى إلا القليل من النفايات الصلبة، وإنما تعالج وتصنع منها المواد الأكثر فائدة. فتعصر قشور ولب ونوى الثمار والخضار لإزالة الماء منها وتحول إلى سماد يضاف إلى التربة. حيث تستعمل نفايات مصانع اللحوم والأسماك والأجزاء غير المأكولة في علائق

الحيوانات، ويستعمل ريش الدواجن في حشو الوسائد الغالية، وجلود الحيوانات في صناعة الجلود والجيلاتين. أما نفايات صناعة الحليب وهي غنية بالعناصر الغذائية فتصنع في شروط صحية جيدة، فتجفف كميات كبيرة من المصل والمخيض وتستعمل في غذاء الإنسان أو الحيوان أو صناعة الحلويات أو النقانق. أما بعض النفايات التي لا يمكن تصنيعها أو إدخالها إلى السوق أو استعمالها والاستفادة منها فتستعمل في تسخين المراجل وتوليد البخار. وتخمر بقايا الخضار والفواكه لاستخراج السكريات لتنمية الخمائر واستخراج الكحول، وبعضه يحرث في الأرض على أنه مادة مالئة. وإذا كانت جميع هذه العمليات غير مقبولة وغير عملية فيمكن حرق النفايات أو سوقها إلى البحر أو نقلها بالشاحنات ورميها بعيداً أو حرقها بالأفران وتحويلها إلى رماد. ومن الأمثلة كذلك إعادة استخدام أعواد قصب السكر وتفل الشمندر السكري بعد استخلاص السكر منهما واستخدامها أعلافاً لعلائق الحيوانات أو سماداً للنباتات أو وقوداً. بالإضافة الى ذلك تم تحضير الكثير من المواد النافعة مثل الأحماض العضوية (الستريك، اللاكتيك، الغلوكونيك) وكذلك البكتين من قشور الحمضيات. كذلك تم تحضير بعض المكونات الغذائية مثل الكازئيين (بروتين الحليب) واللاكتوز (سكر الحليب) من الشرش المتخلف عن صناعة الجبن. وحديثا يتم استخدام تقنية الترشيح فوق العالي Ultrafiltration UF والتناضح العكسي Revers osmosis RO تمكن هذه التقنيات من فصل الكثير من المواد النافعة التي يصعب استخلاصها بالطرق التقليدية.

إن الاتجاه الحديث الآن يعمل على الجمع ما بين خفض كمية الفضلات الناتجة من المصنع مع تطوير طرق تدويرها وإعادة استخدامها مرة ثانية

Recycling، ويعد ذلك أمراً هاماً من الناحية البيئية حيث إنه يقلل من تراكم الفضلات في البيئة وبالتالي يقلل من الأضرار التي قد تلحق بالنبات والحيوان والهواء والماء والمكونات البيئية المختلفة. كذلك إن تقليل الفضلات يعد ذا فائدة اقتصادية حيث أن عملية التخلص من الفضلات بما تتضمنها من معاملات مختلفة تمثل عبئاً مالياً على المصنع. ومن الأمور التي تساعد على التقليل من إنتاج الفضلات في مصانع الأغذية نذكر ما يلي:

1- تحسين طرق التصنيع بما يقلل الفاقد من الأغذية المصنعة ومستلزمات الإنتاج.

2- تقليل استخدام الماء والطاقة في أثناء التصنيع مما يقلل من المخلفات الناتجة.

3- تحسين طرق مراقبة العملية التصنيعية، وعلى الرغم من أن ذلك يتضمن تكلفة إضافية إلا أنه له مردود اقتصادي مجزي. فعلى سبيل المثال وجد أن استخدام منظمات المياه المستخدمة في مصانع الدواجن في انكلترا قد أدى إلى توفير سنوي في استهلاك أو فقد الماء بالمصنع بما يعادل عشر مرات تكلفة شراء هذه المنظمات.

4- تحسين طرق التعبئة والتداول والتخزين بما يقلل من تلف الأغذية المصنعة.

5- تحسين طرق التنظيف والتطهير بما يقلل من استخدام الماء والمواد الكيميائية المنظفة أو المطهرة.

6- تطوير خطوط إنتاج تعمل على الاستفادة من المكونات الغذائية الموجودة في الفضلات.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المصطلحات العلمية باللغة الإنكليزية

A	
Absorption	الامتصاص
Accuracy	الدقة
Acetic acid	حمض الخل
Activated sludge	الحمأة المنشطة
Active acidity	الحموضة الفعالة
Activity	فاعلية
Additive	مادة مضافة
Adulteration	غش
Air blast freezers	المجمدات العاصفة
Air velocity	سرعة الهواء
Amino-acid	حمض أميني
Antibiotics	مضادات حيوية
Antigens	متضادات جينية
Antioxidants	مضادات الأكسدة
Antiseptics	مطهرات
Appearance	المظهر
Aroma	نكهة
Aromatic	عطري
Absorption system	نظام التبريد بالامتصاص
Ascorbates	الأسكوربات
Atmosphere	الجو
Automation	التسيير الذاتي
Autoclave	معقم (صاد موصد)
B	
Bacteria	بكتيريا
Bacterial population	محتوى بكتيري
Bacterial toxins	سموم بكتيرية
Bacteriocin	مضادات بكتيرية

Bay leaves	أوراق الغار
Benefits	فوائد
Belt conveyors	الناقلات ذات السيور
Binders	المواد الرابطة
Biochemical oxygen demand	الاحتياج البيوكيميائي من الاوكسجين
Biological factors	عوامل حيوية
Biological spoilage	فساد حيوي
Biological treatment	معاملة حيوية
Bitterness	مرارة
Black pepper	الفلفل الأسود
Blanching	السلق
Bottle neck	عنق الزجاجة
Botulism	تسمم بوتوليني
Brine	محلول ملحي
Building	بناء
Bucket conveyor elevators	الناقلات ذات العبوات
Bulk	دكمة
C	
Canning	التعليب
Cardamom	هيل
Capital	رأس المال
Caramel	كاراميل
Carbohydrates	كربوهيدرات
Carotenoids	الكاروتينات
Casein	كازئين
Centrifugation	تثفيل (طرد مركزي)
Cereal	حبوب
Compost	الكومبوست
Custodies	ديدان شريطية
Cheese yield	مردود الجبن
Chemical oxygen demand	الاحتياج الكيميائي من الاوكسجين

Chemical spoilage	فساد كيميائي
Chlorinated	مكلورة
Cinnamon	قرفة
Citrates	سترات
Citric acid	حمض الليمون
Clarification	تنقية
Cleaning	تنظيف
Closing	الإغلاق
Clotting	تخثر
Clotting time	زمن التخثر
Cloves	قرنفل
Coagulability	قابلية التخثر
Coagulum	خثرة
Cold air freezers	مجمدات الهواء البارد
Cold break	استخلاص العصير على البارد
Coliform	بكتيريا القولون
Color	اللون
Coming up time	وقت الصعود
Compressor	ضاغط
Compression system	نظام التبريد بالضغط
Concentrate	مركز
Conditioning	عملية التكييف
Consistency	قوام
Contamination	تلوث
Cooked	مطبوخة
Cold liquid freezers	مجمدات السوائل المبردة
Cold surface freezers	مجمدات السطوح الباردة
Cooling	تبريد
Cooking	الطبخ
Coryneform	بكتيريا هوائية
Crystal growth	نمو البلورة

Crystallization	التبلور
Cucumber pickles	مخلل الخيار
Culture	مزرعة
Cutting	تقطيع
D	
Defects	عيوب
Deionization	إزالة الايونات
Dehydration	تجفيف
Denaturation	تشوه البروتينات
Density	كثافة
Deodorization	إزالة الروائح
Deodorizer	مزيل الروائح
Detergent	منظف
Development	تطوير
Digestibility	قابلية الهضم
Dill herb	عشبة الشبت
Dill pickles	مخلل الخيار الشبت
Dipper	مغرفة
Disinfectant	مطهر
Disinfection	تطهير
Direct Effect	التأثير المباشر
Drag conveyors	الناقلات الجارفة
Drum driers	المجففات الأسطوانية
Drying	تجفيف
Dry hot air	الهواء الجاف الحار
Drying	تجفيف
Dryer rooms	حجرات التجفيف
Dust explosion	انفجار غباري
E	
Economic	الاقتصاد
Eggs	بيض

Equipment’s	معدات وأجهزة
Ejection	النقل بوساطة دفع السوائل
Electrical impedance	توصيل كهربائي
Electrolytes	مواد منحلة كهربائياً
Electro couple	الازدواج الكهربائي
Electromagnetic radiation	الأشعة الكهرومغناطيسية
Electrophoresis	رحلان كهربائي
Elevator	مصعد
Employees	العمال
Enamel	الورنيش
Enterococci	المكورات العنقودية
Enterotoxins	سموم معوية
Environment	البيئة
Enzyme	أنزيم
Enzyme Inhibitors	المثبطات الأنزيمية
Epitome	موقع استقبال
Evaporated	مبخر
Exhausting	الخلخلة
Exhausters	أجهزة السحب
Expansion valve	صمام التمدد
Extenders	المواد المالئة
F	
Fans	مراوح
Fat	دهن
Fatty acid	حمض دهني
Field heat	حرارة الحقل
Fermentation	تخمر
Filling	التعبئة
Film yeasts	خمائر غشائية
Filters	مصافي
Flat sour spoilage	فساد حامضي مسطح

Flavido	طبقة الفلافيدو
Flavor	نكهة
Flavonoids	الفلافونات
Flavorings	منكهات
Flipper	انتفاخ أولي
Flora	مجموعات
Florescence	فلورة
Food	غذاء
Food infection	المرض الغذائي
Food freezing	تجميد الأغذية
Food borne diseases	أمراض تنتقل عبر الغذاء
Food plant	مصنع أغذية
Food preservation	حفظ الأغذية
Food poisoning	تسمم الأغذية
Food refrigeration	تبريد الأغذية
Food sanitation	شروط صحية
Food spoilage	فساد الأغذية
Freeze burn	حرق البراد
Fresh	طازج
Fruit juices	عصائر الفاكهة
Freezing	تجميد
Freeze drying (dehydration)	تجفيد
Fumed silica	السليكا المبخرة او المدخنة
Fungi culture	خمائر فطرية
Fungicide	مبيدات فطرية
F-value	قيمة (ف)
G	
Garlic	الثوم
Gas formation	تكون الغازات
Gelatin	جيلاتين
Gel formation	تشكيل الهلام

Generator	مولد
Ginger	زنجبيل
Glutamates	غلوتامات
Glycolysis	تحلل السكر
Grading	الفرز أو التدريج
Gravity flow	التدفق بتأثير الجاذبية
Green olive	زيتون أخضر
H	
Halo tolerant	تتحمل الملوحة
Halophile	محبة للملوحة
Hard swell	انتفاخ صلب
handling	تداول
Harvesting	قطاف
Hazard analysis critical control points HACCP	تحليل المخاطر والتحكم بالنقاط الحرجة
Head space	فراغ رأسي
Heat	حرارة
Heat exchanger	مبادل حراري
Holding time	وقت الإمساك (التعقيم)
Homogenization	تجنيس
Hot break	استخلاص العصير على الساخن
Humidity	رطوبة
Humus	الدبال
Hydrophobic	كاره للماء
Hygiene	صحي
Hygroscopic	القابلية على التميه
I	
Ice cavity	الفجوة الجليدية
Ice water	الماء المثلج
Immersion freezers	المجمدات بالغمر
Industrial refrigeration	التبريد الصناعي

Incubation	تحضين
Incubators	حاضنة
Industrial refrigeration	تبريد صناعي
Indirect Effect	التأثير غير المباشر
Ingredients	مكونات
Inhibition	مثبط
Initial temperature	الحرارة المبدئية
Inoculation	تلقيح
Ionizing radiation	الإشعاع المؤين والمشرد
Isolation	عزل
Intermediate moisture foods	أغذية متوسطة الرطوبة
Insulated containers	أوعية معزولة
Irradiation	التشعيع
J	
Jams	المربى
Jellies	الهلام
Jellifying agent	مهلم
Juices	عصير
L	
Lactic acid	حمض اللبن
Lactose	لاكتوز
Lagoons	نظام البحيرات الصناعية او اللاجون
Least cost	قليلة الكلفة
Liquid	سائل
Lipase	ليباز
Location	موقع
Long term preservation	الحفظ الدائم
Lot	إرسالية
M	
Machinery mold	عفن الآلات
Marjoram	العطرة

Markers	مؤشرات
Market	السوق
Marmalades	مرملاد
Maturation	إنضاج
Mass transfer	نقل الكتلة
Marking and coding	وضع الرموز
Membrane	غشاء
Methods	طرائق
Microbial spoilage	فساد ميكروبي
Microbial activity	نشاط ميكروبي
Microbiological standard	مواصفات خاصة بالأحياء الدقيقة
Microorganisms	الأحياء الدقيقة
Mixer and blinders	آلات الخلط
Mixing	خلط
Modified	معدل
Moisture	رطوبة
Mycotoxins	سموم فطرية
N	
Natural flora	فلورا طبيعية
Natural refrigeration	تبريد طبيعي
Nature inhibitors	مثبطات طبيعية
Non perishable foods	أغذية غير قابلة للفساد
Nutrient broth	مرق مغذي
Nutrition	تغذية
O	
Odors	الرائحة
Official	رسمية
Oil	زيت
Onion	بصل
Origin	أصل منشأ
Osmophilic	محبة للضغط الأسموزي

P	
Packaging	تعبئة
Paprika	فليفلة حمراء
Pasteurization	بسترة
Pickling	التخليل
Peeling	تقشير
Peaches	الخوخ
Peptides	ببتيدات
Perishable foods	أغذية قابلة للفساد
Phosphates	فوسفات
Planning	تخطيط
Plant	مصنع
Pneumatic conveyors	الناقلات بوساطة الهواء المضغوط
Precision	المطابقة
Preparation	تحضير
Preservative	مادة حافظة
Preservation	حفظ
Pretreatment	المعاملة التمهيدية
Principles	مبادئ
Pressure	ضغط
Primary	أولي
Primary treatment	المعاملة الاولية للفضلات
Process control	مراقبة الإنتاج
Processing	تصنيع
Products	منتجات
Properties	خصائص
Propionic acid	حمض البروبيونيك
Proteinase	بروتيناز
Proteins	بروتينات
Proteolysis	تحلل بروتيني
Protein hydrolyzers	محلمآت البروتين

Proteolysis Enzymes	الأنزيمات المحلمأة للبروتينات
Psychrophilic	محبة للبرودة
Psychrotrophs	تتحمل البرودة
Public health	الصحة العامة
Putrefaction	تعفن
Q	
Quality	نوعية أو جودة
Quality control	ضبط الجودة
R	
Rancidity	تزنخ
Refrigeration	تبريد
Radiometry	قياس الإشعاع
Raw material	المواد الأولية (الخام)
Ready to eat	نصف مصنع (جاهز للأكل)
Rehydration	إعادة ترطيب (تشرب)
Receiver tank	خزان الاستقبال
Receiving platform	أماكن الاستلام
Recrystallization	عود التبلور
Recycling	تدوير
Refrigeration	التبريد
Refrigerants	أوساط التبريد
Requirements	متطلبات
Resistor	مقاوم
Residual chlorine	الكلور المتبقي
Revers osmosis	التناضح العكسي
Rigor mortis	التصلب الجيفي (الرّمّي)
Rotating biological contractor	نظام المتصل البيولوجي الدوراني
Rotting	نتانة
Rubber tube conveyors	الناقلات الاسطوانية الأنبوبية
Ruler conveyors	الناقلات الاسطوانية
S	

Sage	ميرمية
Salt	ملح
Sampling	أخذ العينات
Sanitization	تطهير
Savory thyme	زعتر
Sealing	الإغلاق
Secondary treatment	المعاملة الثانوية
Sensory evaluation	تقويم حسي
Shape	شكل
Sharp freezers	المجمدات الحادة
Shrinkage	الانكماش
Soft drinks	مشروبات غازية
Soft swell	انتفاخ لين
Spices	بهارات
Springer	انتفاخ لولبي
Spry dried	المجففات الرشاشة
Stabilizer	مثبت
Standardization	تعديل التركيب
Staphylococci poisoning	التسمم العنقودي
Sterilization	تعقيم
Sugar	سكر
Substitute	بديل
Sulfide stinker	الفساد الكبريتي المنتن
Sunny dried	التجفيف الشمسي
Super cooling	فرط التبريد
Synthetic casing	أغلفة صناعية
Sanitation	تطهير
Scraped surface	كاشط السطوح
Screw conveyors	الناقلات الحلزونية
Secondary	ثانوي
Semi perishable foods	أغذية قابلة للفساد

Sewage	مياه عادمة
Shaft	محور مركزي
Short term preservation	الحفظ المؤقت
Slaughter	ذبح
Soft drink	مشروبات غازية
Solid waste	نفايات صلبة
Spoilage	فساد
Sterilization	تعقيم
Storage	تخزين
Sweet cucumber pickles	مخلل الخيار الحلو
System	نظام
T	
Taste	الطعم
Taxonomy	تصنيف
Temperature	درجة الحرارة
Tertiary treatment	المعاملة فوق الثانوية
Theory	نظرية
Thermoduric	مقاومة للحرارة
Thermophile	جراثيم محبة للحرارة العالية
Test	الطعم
Texture	قوام
Thermal death time (TDT)	زمن القتل الحراري
Thermoduric	صامدة للحرارة
Thermo grams	منحنيات حرارية
Thermoplastic	التلدن الحراري
Titer	تركيز
Tomato canning	تعليب ثمار البندورة
Tomato ketchup	كاتشب البندورة
Tomato juice	عصير البندورة
Tomato paste	رب البندورة
Total number	عدد كلي

Total organic carbon	الكربون العضوي الكلي
Toxins	سموم
Transportation	نقل
Transportation of gases	نقل المواد الغازية
Transportation of solids	نقل المواد الصلبة
Transportation of liquids	نقل المواد السائلة
Travelling conveyors	الرافعات الناقلة
Treatment	معالجة
Trickling filters	مرشحات تقطير او التساقط
Tripsin	التربسين
Tunnel driers	مجففات نفقية
U	
Ultra heating	تسخين فوق العالي
Ultrafiltration	الترشيح فوق العالي
Ultra Sonic's	أمواج فوق صوتية
Unit Dissolving	وحدة الاذابة
Units Operation	وحدات العمل
Units Process	وحدات التصنيع
Upgrading	تحسين
UV irradiation	أشعة فوق بنفسجية
V	
Vacuum	تفريغ
Vacuum drying	المجففات المفرغة
Varieties	أصناف
Vegetable proteins	بروتينات نباتية
Vibrating conveyors	الناقلات الاهتزازية
Viruses	فيروسات
Viscosity	لزوجة
Volatile fatly acids	حموض دسمة طيارة
Volatilization	التسامي
Volume	حجم

Vacuum package	تغليف تحت التفريغ
W	
Washing	الغسيل
Waste disposal	التخلص من النفايات
Water activity	النشاط المائي
Water degasification	نزع الغاز من الماء
Wet hot air	هواء رطب حار
Wire belt	حزام ناقل سلكي
White pepper	فلفل أبيض
Whole milk	حليب كامل الدسم
wastes	مخلفات
Water activity	نشاط مائي
Water degasification	انتزاع الغازات من الماء
X	
Xanthine oxidize	زانثين أوكسيداز
Xerophilic molds	أعفان تتحمل الجفاف
Y	
Yeast	خميرة
Yields	مردود
Z	
Zapatero	الفساد النتن

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المراجع References

المراجع العربية

- العودة كرم (1994). أساسيات تصنيع الخضار والفواكه، منشورات جامعة دمشق.
- العـــودة كرم، المصري سليمان، حمادة الخياط غســـان، ســـفر عـــادل (1994). أسس حفظ الأغذية، منشورات جامعة دمشق.
- العودة كرم، المصري سليمان (1990). تقنيات التصنيع الغذائي، مطبعة خالد بن الوليد، منشورات جامعة دمشق.
- العودة كرم، حمادة الخياط غسان (1982). أساسيات تصنيع الأغذية، مطبعة خالد بن الوليد، منشورات جامعة دمشق.
- الشؤون الصحية في التصنيع الغذائي (تقنية التصنيع الغذائي)، (2008). الادارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، لمملكة العربية السعودية.
- الناصر عمر، الحامض عدنان(2007). حفظ الأغذية، كلية الهندسة التقنية، جامعة حلب.
- حلابو سعد، بديع عادل، بخيت محمود(1993). تكنولوجيا الصناعات الغذائية ،أسس حفظ وتصنيع الأغذية ،كلية الزراعة ،جامعة القاهرة .
- شحاته عبد السيد (1997). تكنولوجيا الجبن، الأسس العلمية، المكتبة الأكاديمية، القاهرة، جمهورية مصر.
- عزيزية عبدالحكيم (1996). تصنيع منتجات الدواجن، مطبعة الإتحاد بدمشق، منشورات جامعة دمشق.

- قاسم مصطفى (2004). تصنيع الأغذية ،نظري وعملي ،كلية الزراعة ،منشورات جامعة القاهرة .
- مصري سليمان، أبو الخير صالح، حمادة الخياط غسان (1984). الصناعات الغذائية، منشورات جامعة دمشق.
- نزار حمد محمد (1992). تقانة تصنيع الأغذية وحفظها، المطبعة العلمية بدمشق.
- سليق سمير، عزيزية عبدالحكيم (2010). التصنيع الغذائي (الجزء النظري)، منشورات جامعة دمشق.
- سليق سمير، عزيزية عبدالحكيم، أبو يونس عهد، شمبورش ندا (2010). التصنيع الغذائي (الجزء العملي)، منشورات جامعة دمشق.

المراجع الأجنبية

- Anilkumar, G. Gaonkar (1995). Food processing, Kraft General Foods, Inc., Glenview, IL, USA. ISBN: 978-0-444-81500-2.
- Beerens, H., Luquet, F. M. (1987). Guide practique analyse microbiologque des laits et des produits laitaiers, Lavoisier 2, Rue Lavoisier, F75384, Paris cedex 08.
- Brennan,J.G.(2006). Food processing handbook.Wiley-VCH verlag GmbH AND Co.KGaA.Weinheim.
- Desrosier, N. W., Desrosier, J. N. (1977). The technology of food preservation, 4th ed. AVI publishing Co., INC.
- Encyclopedia of food (2002). Dole Food Company, Inc. The Mayo Clinic, USLA, Center for Human Nutrition. ISBN: 978 – 0 – 12 -219803 - 8.
- Fellows, P. J. (1990). Food processing technology: Principles and practice, Ellis Horwood Limited.
- Fennema, R. O. (1975). Principles of food preservation, Part 2: physical principles of food preservation. Marcel Dekker, INC.
- Goodenough, P. W., Atkin, R. K. (1982). Quality in stored and processed vegetables and fruits, AP.
- Kung, S. D., Bills, D., Quatrano, R. (1989). Biotechnology and food quality, Butter worth publication.
- Pflug, J. T., Esselen, W. B. (1963). Food processing operation, vol. 2. J. L. Hard and M. A. Joslyn (eds) AVI.

- Potter, N. N. ,Hotchkiss, J.H.(1995).Food science ,fifth edition, Chapman and Hall, New York.USA.
- Pegg, R. B. Shahidi, F.(1999). Encapsulation and controlled release in food preservation ,in New method of food preservation Rahman, M. S, Taylor and Francis, USA.
- William, J. S., Owen, J. C. (1977). Egg science and technology, Westport, Connecticut.

https://t.me/agricultural_eng