سلسة علوم وتقنية (تكنولوجيا) الأغذية

بعض تقنيات التعليب والحفظ مطهراً

الاستاذ الدكتور

حسين عثمان

قسم علم وتقنية الأغذية

كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

٢٠٠٣

الناشر

مكتبة المعارف الحديثة

٢٣ ش تاج الرؤساء سابا باشا الإسكندرية

ت: ٥٤٤٥٥٥١ - ٥٨٢٦٩٠٢

20 - بعض تقنيات التعليب والحفظ مطهرا

الأستاذ الدكتور / حسين عثمان

قسم علم وتقنية الأغذية

كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

المحتويات		رقم الصفحة
1-20	مقدمة	1
2-20	تعقيم الأغذية	3
1-2-20	مقاومة الكائنات الدقيقة	4
2-2-20	توزيع الكائنات الدقيقة	5
3-2-20	التعقيم بالحرارة	8
4-2-20	التعقيم بالأشعاع	11
5-2-20	أنواع المعقمات	13
3-20	أنظمة المعاملة والتعبئه المطهرة	15
4-20	المعاملة الحرارية للأغذية (التعليب)	17
-4-20	الأساس	18
20 4-2	تثبيت المعاملة الحرارية	19
3-4-20	الإماتة	22
4-4-20	قيمة التعقيم	23
5-20	التعقيم التجارى	25
1-5-20	إختبار اختراق الحرارة	26
2-5-20	حسابات المعاملة الحرارية	27
3-5-20	تثبيت العملية	30
6-20	العلب وتصنيعها	31
7-20	القفل المزدوج	37
8-20	الحديث فى تصميم العلبة	40
1-8-20	تطبيق التغطية واللك والوضع فى الفرن	40
9-20	التطورات الحديثة فى اللك والطبع	41
10-20	مناولة الأغذية	48
1-10-20	تحضير الخضر	48

المحتويات		رقم الصفحة
2-10-20	تحضير الفواكـــــــه	50
3-10-20	تحضير اللـــــــحم	51
4-10-20	تحضير المنتجات المصاغة	52
11-20	العلـــــــب	52
12-20	أنظمة الحفظ والتعبئة مطهراً	55
1-12-20	تعاريـــــــــف	55
2-12-20	أساس نظام التطهير	55
3-12-20	وصف نظام المعاملة مطهراً	56
4-12-20	التعقيم قبل الإنتاج	56
5-12-20	ضبط الانسيـــاب	58
6-12-20	تسخين المنتـــــج	59
7-12-20	تبريـــد المنتـــــج	65
8-12-20	المحافظة على التعقيم	65
9-12-20	عوامل التعقيـــــــم	66
10-12-20	المعاملة المطهرة : التسخين الأومى	68
11-12-20	التعقيم باستخدام اللهب المباشر	76
13-20	التغيير فى الجودة أثناء التطيب	79
14-20	التغيرات فى الخواص الغذائية للأغذية	86
15-20	الطاقة المستخدمة فى التطيب	91
16-20	المراجـــــــع	92

20 – بعض تقنيات التعليب والحفظ مطهرا

الأستاذ الدكتور / حسين عثمان

قسم علم وتقنية الأغذية

كلية الزراعة ـ جامعة الإسكندرية

20 ـ مقدمة

إن التعريف الذى أعطاه و.ف. كروس W.V. Creuss للتعليب canning إذ كتب 1945 "التعليب هو حفظ الأغذية فى حاويات محكمة القفل بالتعقيم بالحرارة سواء فى حاويات زجاجية أو علب مقصدرة" هذا التعريف يستنفذ أغراضه إذ أن هناك طرقا جدت تؤدى غرض التعليب ولا تستخدم الحرارة كما سيشار إلى ذلك فيما بعد.

ولكن كروس معذور فى التعريف الذى وضعه ، ذلك أن نشأة التعليب إبتدأت عندما تنشط نيكولا أبيرت Nicholas Appert ، الحلوانى بجائزة رصدتها الحكومة الفرنسية قدرها 12000 فرنك لمن يجد طرقا أحسن لحفظ غذاء الجيش والبحرية الفرنسيين عام 1975 . ودأب أبيرت على عمله حتى أمكنه أن يحفظ الأغذية فى حاويات زجاجية مقفلة عام 1804 م. وبعد ذلك وفى عام 1810 م ألف كتابا أسماه "فن حفظ المواد الحيوانية والنباتية لعدة سنوات" فكان هذا الكتاب أول تأصيل مكتوب عن هذا "الفن" .

وكما يحدث فى معظم الأبحاث فى العالم فإن إنجليزيا قدم بحثا فى 1807م إلى الجمعية الإنجليزية للفنون الرفيعة أسماه "طريقة لحفظ الفواكه بدون سكر للمنازل وتخزين البحر A method of preserving fruits without sugar for house and sea stores" . وفى 1801 حصل بيتر ديران Peter Durand على براءة إختراع لطريقة لحفظ المواد الحيوانية والنباتية الأخرى القابلة للتلف فى أوعية من زجاج أو خزف أو صفيح مقصدر أو أى معدن أو مواد مناسبة .

وكان من الصعب قفل الوعاء فكان يترك فى الغطاء خرم ، مما مكن من غلق العلب ومحتوياتها فى ماء يغلى وبعد ذلك يقفل الخرم باللحام ، وكان ذلك عام 1823 باختراع من إنجلبرت Angelbert فى فرنسا . واستمر حفظ هذه الأغذية بغمرها فى ماء يغلى أو محاليل ملحية منها محاليل كلوريد كالسيوم لرفع درجة حرارة الغليان إلى أن أتى شيفالييه أبيرت Chevalies Appert عام 1851م واخترع المضغاط manometer ومقياس لدرجة الحرارة وبذا أمكن الإستغناء عن المحاليل الملحية .

على أن عمل لويس باستير 1860م أثبت ــ دون جدال ــ أن الكائنات الدقيقة هى السبب الأساسى للفساد وأن تسخين المواد المعلبة أو المعبزجة bottled حفظها من الفساد بقتل الكائنات الدقيقة . وكانت العلب تصنع بالكامل باليد فى أول الأمر . وفى عام 1847م صنعت نهايات العلب . وفى عام 1885م وجدت نبيطة لعمل اللحام الجانبى للعلبة . ثم ثبتت أغطية العلبة إلى جسمها بعملية تعرف باسم القفل المزدوج double-seaming ولجعل القفل مضاداً للهواء وضع مطاط بين نهايتى العلبة وجسمها . وفى سنة 1859م استخدمت حشوة من مطاط سميك بين نهاية العلبة والجسم وجعدت crimped النهاية إلى الجسم بواسطة بكرات rollers ثم حل محل المطاط محلول منه مما أرخص العملية وسهلها كثيراً . ثم بُطِنَت العلب بالتلك أو الورنيش لمقاومة التغييرات المختلفة. وتطورت الإختراعات مثل القصدرة الكهربية ... الخ إلى أن تم عمل العلب بالطريقة الموضحة فى متن الكتاب ثم تلاها تقدمات أكثر مما هو موضح فى المتن .

فأين نحن الآن مما كنا فيه فيمكن الآن حفظ الأغذية لتستمر مدداً طويلة فى حاويات محكمة القفل بعدة طرق منها :

أ- الحرارة ب- التشعيع Irradiation .

جـ- إستخدام تقنية العقبات Hurdle Technology

د- إستخدام حقول الكهرباء المتذبذبة Pulsed Electric Fields .

هـ-إستخدام التسخين الأومى Ohmic heating .

و- إستخدام ضغط الهواء العالى High pressure treatment .

ز- الحفظ مطهراً Aseptic preservation .

حـ-إستخدام ارتباطات بين هذه الطرق .

فبماذا نعرف التعليب الآن ــ وليس فى المستقبل ــ إلا أن نقول أنـــه "حفـظ الأغذية فى أوعية محكمة القفل لمدد طويلة" .

وهنا بعض هذه التقنيات . وهو مستخلص من "موسوعة علم وتقنيـة الغـذاء" والتى يظهر بها مختلف هذه التقنيات.

2-20 تعقيم الأغذية Sterilization of foods

التعقيم عملية تسبب تثبيط كل أنواع الحياة . الأغذية مادة مثلى البكتيريا والتـى هى كثيراً ما تكون السبب فى العدوى أو التسمم intoxication وتتصل بوجود وتقـدم الكائنات الحية الدقيقة وزعافاتها . والمواد الخام الحيوانيـة والنباتيـة تتميز بوجـود كائنات دقيقة إعفينية saprophytic أو شبه متطفلة pseudoparasitic والتى توجـد عادة فى توازن وهذا الموقف يتغير عند وقت الحصاد أو الذبح حيـث تميـل فلـورا الكائنات الحية الدقيقة إلى غزو الأنسجة والتزايد مما ينتج عنـه تـهدم فـى الغـذاء . والتلوث الثانوى أيضاً ممكن أثناء معاملة الغذاء أو مناولتـه أو تخزينـه مـع إدخـال الممرضات التى قد تجد ظروفاً مناسبة للتكاثر proliferation وتكويـن الزعـاف. ويمكن ضبط التلوث بالمعاملة المناسبة ومقاييس المناولة وباستخدام التقنيـة المناسـبة لتثبيط الكائنات الدقيقة والتى ربما جعلت الغذاء غير مناسب للإستهلاك أو حتى مضر.

والمحافظة على الخواص الحفظية وصحة الغذاء هى الغرض المـــراد تحقيقـــه خلال نقص فى وجود وتكاثر الكائنات الحية الإعفينية saprophytic والتخلـص من الممرضات pathogens وعلى ذلك فعمليات التعقيم فى معاملة الأغذية هـى ضرورة مطلقة لإنتاج أغذية حرة تماماً من أى خطر على الصحـــة وصالحـــة للإستهلاك.

1-2-20 مقاومة الكائنات الدقيقة The resistance of microorganisms

البكتيريا الخضرية والفيروسات والبروتوزوا المعوية الكيسية cysts مقاومتـــها ضعيفة بدرجات مختلفة للعوامل المستخدمة فى التعقيم، بينما الجراثيـم spores تقاوم بشدة مثل هذه العوامل. وفى الواقع فوجود ثنـــائى بيكولينـــات الكالســيوم calcium dipycholinate وهـــو المكـــون الدقيـــق للقشـــرة cortex يثبـــت البروتينات ضد المسخ denaturation بـــالحرارة بينمـــا مقاومتـــها المرتفعـــة للإشعاعات المؤينة تعزى إلى عدم نفاذية القُلافة involucrum ووفرة المستتين والذى يعادل الشقوق الأيدروكسية hydroxy radicals بسبب وجود مجموعات سلفهدريل

وتقسم الكائنات الحية الدقيقة تبعاً لدرجة حرارة تكاثرها المثلى كمحبـــة للـــبرودة psychrophilic مع درجة حرارة تكاثر أقل من 20°م ولكن تنمو علـــى 3 - 8°م كذلك، ومحبة لدرجات الحرارة المتوسطة mesophilic والتى تنمو علـــى مدى درجات حرارة 20 - 45°م ومحبة للحرارة thermophilic والتى تتحمل tolerate درجات حرارة حتى 70°م. وتكاثر البكتيريا يكون أكثر مايمكن عنـــد درجة الحرارة المثلى، وتميل إلى النقصان مـــع إرتفـــاع أو إنخفـــاض درجـــة الحرارة حتى تقف تحت درجة حرارة الحد الأدنى أو الحـــد الأقصـــى. فمثـــلاً بكتيريا محبة للحرارة المتوسطة مثل *Clostridium perfringens* لها وقـــت جيل generation time قدره 12دقيقة على 42°م و 28 ســـاعة علـــى 15°م.

والحرارة تستطيع تثبيط الكائنات الحية الدقيقة وعلى درجات حرارة أعلا من 75°م تستطيع قتل البكتيريا فى أشكالها الخضرية والخميرة والفطر moulds؛ أما الجراثيم فتقاوم درجات حرارة أعلا من 100°م.

والعوامل التى تؤثر على المقاومة الحرارية للجراثيم مرتبطة أساساً بالنوع species والسلالة وبالوسط الذى ينمو فيه الكائن الدقيق (فالمقاومة الحرارية لبعض الجراثيم تزيد إذا زاد تركيز أيونات الكالسيوم فى الوسط) ورقم جـ هـ (رقم جـ هـ منخفض يقلل من المقاومة للحرارة) وإضطرابات الماء (فالمقاومة الحرارية تزيد عندما يقل إضطراب الماء) ووجود أو إضافة مواد مثل الدهن والذى يعطى حماية لجراثيم البكتيريا أو إضافة السكر أو كلوريد الصوديوم وكلاهما يزيد من المقاومة الحرارية للكائنات الدقيقة بتقليل إضطراب الماء.

2-2-20 توزيع الكائنات الدقيقة Distribution of microorganisms

مجموعة كائن دقيق معرض لفعل عامل مميت مثل الحرارة تعطى مركبات تثبيط يمثلها الشكل 20-1 ويمكن تمثيلها بإستخدام اللوغاريتم للأساس 10 لعدد البكتيريا الباقية على قيد الحياة كدالة للزمن. والتعبير الرياضى يمكن أن يكون بإستخدام ثابت ث K السرعة:

$$K=!1/t) \log(N/N_1)$$ ث = (1÷ت) لو(ع÷ع$_1$)

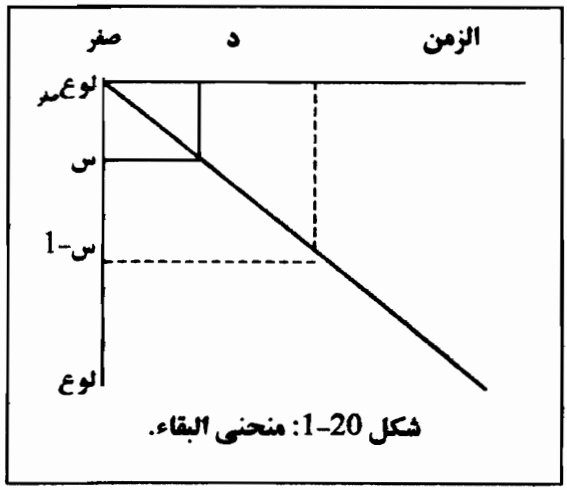
حيث:

ت: زمن التعريض t = exposure time

ع = عدد الكائنات الحية الدقيقة الأصلى

N = initial number of microorganisms

ع$_1$ = العدد النهائى N_1 = final number



شكل 20-1: منحنى البقاء.

وعملية تثبيط البكتيريا ليست دائماً مستقيمة فهناك عوامل تعمل على ذلك وأهمها: إحتمال وجود كائن دقيق مقاوم للحرارة مما يسبب للخط أن "يُذَيَّل tail off" فى الجزء النهائى. وزمن الخفض العشرى decimal reduction time وهو قيمة د D يُعَرَّفْ بأنه الوقت اللازم لهدم/قتل 90% من مجموعة البكتيريا الأصلية. وتختلف قيم د D أساساً تبعاً لدرجات الحرارة التى تصل إليها مادة التفاعل وتكوينها والمقاومة الحرارية للكائن.

وقيمة د على 65°م للبكتيريا غير المكونة للجراثيم وللخميرة والفطر moulds منخفضة جداً فهى للـ *Pseudomonas* 0.6 ثانية و للـ *Escherichia coli* 6 ثوان. وهذه البكتيريا لاتقاوم الحرارة كثيراً وللسلالات المقاومة من البكتيريا مثل *Enterococcus faecalis* فقيمة د D على 65°م تصل إلى 30 دقيقة. والمقاومة الحرارية لجراثيم البكتيريا أعلا كثيراً فقيمة د D على 100°م للأنواع الأقل مقاومة مثل *Bacillus cereus* هى 5 دقائق وتصل إلى 50 دقيقة للأنواع من *Clostridium batulinum* وحتى 50 ساعة للـ *Bacillus stearothermophilus* وعلى درجات حرارة 120°م فإن قيمة د D تنزل إلى

120 ثانية لبعض أنواع *C. botulimum* ولعدة دقائق (4 – 5) لـ *B stearothermophilus* (الجدول I-20).

جدول I-20 : زمن الخفض العشرى لجراثيم البكتيريا على 121°م فى منتجات غير حمضية.

Bacterial sp.	د (دقيقة)
Bacillus stearothermophilus	10 – 3
Clostridium botulinum	0.2
Clostridium sporogenes	0.8
Bacillus cereus	0.02

والخفض فى قيمة د D أسى exponential مع زيادة درجة الحرارة والزمن. ومعامل درجة الحرارة ى Z يقابل إرتفاع درجة الحرارة درجات مئوية اللازم لنقص قيمة د D عشر مرات. ولـ *Staphylococcus aureus* قيمة د D فى البخار هى دقيقة واحدة وقيمة ى Z هى 10°م لذا للحصول على 90% تثبيط على 70°م يحتاج الأمر إلى تعريض لمدة 0.1 دقيقة.

وعامل التثبيط هو نسبة عدد الكائنات الدقيقة التى توجد عند بداية وعند نهاية المعاملة وبالتالى فهو يبين درجة النقصان فى مجموعة الكائنات الحية. بينما درجة التعقيم تعطى بنسبة بين عامل التثبيط ومتوسط عدد الكائنات الدقيقة الموجودة فى منتجات معرضة للتعقيم ويبين إحتمال تحديد شىء غير معقم فى دفعة معقمة. والأهمية الكبرى لعدد الكائنات الدقيقة فى المنتجات التى ستعامل يمكن أن يرى بسهولة فللمعاملات التى لها عوامل تثبيط متساوية فإحتمال وجود ماهو غير معقم يتوقف على متوسط عدد الكائنات الدقيقة الأصلى.

3-2-20 التعقيم بالحرارة Sterilization by heat

هدم الكائنات الدقيقة بالحرارة يحدث أساساً بمسخ البروتينات وخاصة بهدم الإنزيمات التى تنظم أيض الخلايا. ودرجات الحرارة الأعلى من درجات حرارة التكاثر تستطيع أن تهدم الكائنات الدقيقة بسرعة.

ويمكن إستخدام كلاً من الحرارة الجافة والمبتلة فى المعاملة الحرارية. وترجع المقاومة المختلفة للكائنات الدقيقة وجراثيمها للحرارة المبتلة والجافة إلى التوصيل الأعلا للماء والبخار مقارناً بتوصيل الهواء الجاف. وفوق ذلك بالتكثف على السطوح فالبخار يعطى حرارته الكامنة للتبخير وهذه تساوى 540 كالورى/جم. كما أن البخار له قدرة أكبر على النفاذية/الإختراق.

وللتعقيم الحرارى الجاف فدرجة حرارة تساوى تقريباً 160°م مطلوبة للتطبيق على 120 دقيقة و 170°م لمدة 69 دقيقة ولهذه القيم زمن إختراق الحرارة heat penetration time يجب أن يضاف، وهذا يتوقف على طبيعة وحجم المادة وأيضاً على وقت أمان والذى يمكن حسابه وهو تقريباً نصف وقت التعريض.

وحد خطير للتعقيم بالهواء الجاف هو نقص الإنتشار فى داخل المادة وحولها وبالطبيعة الساكنة للعملية وهذا العيب الأخير يمكن أن يتغلب عليه بإستخدام أجهزة تزيد من تدوير circulation المه اء وبذا يزيد إنتقال الحرارة بالحمل المدفوع forced convection.

والتعقيم المبتل/الرطب يتطلب إستخدام بخار تحت ضغط وهذه العملية تضمن أحسن النتائج لأن البخار تحت ضغط يستطيع هدم معظم الجراثيم المقاومة للحرارة فى وقت قصير نظراً لمقدرته على إطلاق كميات كبيرة من الحرارة من خلال التكثف ولمقدرته الكبرى على الإختراق. وزمن التطبيق ودرجات الحرارة التى يجب الوصول إليها تتوقف على عدة عوامل منها سلامة الجرثومة

والخواص الفيزيقية للمادة الغذائية وعدد الكائنات الدقيقة الملوثة ودرجة الحرارة الأصلية و جـ المادة الغذائية وأبعاد الوعاء.

والدهون والسكريات والمواد العضوية على وجه العموم تميل إلى تأخير فعل الحرارة من خلال خفض التوصيل الحرارى. كما أن المقاومة الحرارية للكائنات الدقيقة تنقص مع زيادة الحموضة. والمعاملة الحرارية التى تعطى لمنتج معين تتوقف على الغرض المطلوب؛ فالأغذية التى لها قيم جـ >4.5 تُعْتَبَر درجات حرارة حوالى 100°م كافية لأن الكائنات الدقيقة المسئولة عن الفساد يسهل هدمها. وفى هذه الحالة فشدة المعاملة الحرارية تكون أقل مايمكن طلبه لضمان تثبيط الإنزيمات الهادمة إنقاص فلورا الكائنات الدقيقة ولكنها لن تحقق التعقيم الكامل. ولأغذية لها قيم <4.5 والتى تسمح بتكاثر *Clostridium botulinum* فالمعاملة تتطلب درجة حرارة مرتفعة 121°م لمدة 15 - 20ق. وفى هذه الحالة الأمان الكامل للمنتج هو فى غاية الأهمية وعلى ذلك فالمعاملة الحرارية يجب أن تستطيع ضمان تثبيط الكائنات الحية الممرضة والجراثيم.

ويصدر معهد أبيرت Appert Institute بفرنسا وجمعية المعلبين القومية National Canners Association فى الولايات المتحدة جداولاً تبين إرتباطات بين الأزمنة ودرجات الحرارة للأغذية المختلفة فى الأوعية ذات الأحجام المختلفة ومن المواد المختلفة.

وإذا كانت مستويات الكفاءة متساوية فمن المفضل إستخدام أزمنه أقصر على درجات حرارة أعلا لأنه بهذه الطريقة تعرض الخواص الغذائية والحسية للمنتجات إلى تغيرات أقل.

وأطوار عملية تحضير الأغذية المحفوظة أو المنتجات المحفوظة - دون أن يكون لها نهاية مدة معينة - فى أوعية مقفلة قفلاً محكماً hermetically sealed تتكون من :

أ. التحضير والمعاملة المبدئية (الفرز والغسيل والسلق).
ب. النقل إلى أوعية (زجاج أو معدن أو لدائن مقاومة للحرارة).
ت. التخلص من الهواء لمنع ظاهرة التآكل والتى ترتبط بوجود الأكسجين ولتقليل الضغط الداخلى أثناء عملية التعقيم.
ث. قفل الأوعية لمنع التلوث الثانوى.
ج. المعاملة الحرارية بعمليات مستمرة أو غير مستمرة التى تسمح لدرجات الحرارة المطلوبة أن تصل ويحتفظ بها للوقت اللازم عند مركز الوعاء بغرض هدم كل الكائنات الحية والجراثيم.
ح. التبريد السريع لمنع تكاثر البكتيريا المحبة للحرارة وتغيرات الخواص الحسية.
خ. التخزين والإختبار.

وقد تنتج عمليات التعقيم تغيرات فى المنتجات المعاملة وقد يرجع ذلك إلى عدم المعاملة الحرارية الكافية أو التلوث بعد التعقيم. ففى الحالة الأولى بقاء الكائنات الدقيقة المقاومة للحرارة قد يكون راجعاً لوجود الكائنات الدقيقة فى المنتج أصلاً أو كميات زائدة من المضافات أو تطبيق خاطىء لجداول التعقيم أو تَوَقُّفْ العملية فى أوقات مناسبة لبقاء الكائنات الدقيقة. والتلوث بعد التعقيم قد يكون ناتجاً عن قفل غير محكم للأوعية أو تكسيرها أو تشققها مع إستخدام ماء تبريد ملوث.

وفساد المنتج قد يكون ناتجاً عن حموضة بسيطة وعادة ينتج عن بكتيريا محبة للحرارة أو زيادة الحموضة مع إنتاج غاز وعادة يتسبب عن بكتيريا محبة للحرارة المتوسطة. وقد يظهر فى هذه الحالة الوعاء منتفخاً. وفى كل الحالات من المستحسن التخلص من المنتج الفاسد خاصة إذا كانت الأغذية ذات حموضة منخفضة أو متوسطة والذى قد يحتوى زعافات بوتشيلينية.

20-2-4 التعقيم بالإشعاع

أساساً يستخدم نوعان من الأشعاع : أشعة γ rays γ- وأشعة β rays β-.
وأشعة γ هى أشعاعات كهرومغناطيسية ذات فوتونات لها طول موجة يتراوح ما بين 10^{-11} و 10^{-8} سم وتتميز بتردد عال ومقدرة على الإختراق كبيرة . وأهم مصدر لأشعة γ هو الكوبلت 60 والذى يحصل عليه من كوبلت 59 بعد قذفه باشعاعات النيترون neutron bomb ardment فى غرف خاصة . والطاقة المطلقة من الفوتونات من كوبلت 60 هى مساوية لـ 1.33-1.70 مليون أليكترون فلط MeV .
أما أشعة β فتتكون من شعاع جزيئات β بالطاقة المناسبة وله طاقة مؤينة مساوية لـ 10 مليون اليكترون فلط . واستخدام هذه الطريقة محدود للمعاملة السطحية لأن مقدرة الإختراق لجزيئات β هى نسبيا منخفضة .

- وحدات القياس Units of measurement

النشاط الاشعاعى للمشابه المشع هى مقياس لمعدل الإنحلال disintegration الذرى للمشابه ووحدة القياس هى البكريل (بك Bq) والتى تعرف بأنها نشاط المشابه المشع الذى له معدل إنحلال ذرى قدرة إنحلاله واحدة كل ثانية . وهذه الوحدة حلت محل الوحدة المستخدمة فى الماضى (الكيورى ك ى Ci) والتى اتصلت بنشاط 1 جم من الراديوم وهما متصلتان بالمعادلة

1 ك ى = 3.7×10^{10} بك Bq 1 Ci = 3.7×10^{10} Bq ووحدة القياس لإشعاعات βهى الاليكترون فلط (V) أ ل ف ev والتى تعبر عن الطاقة لجسيم β المسرع مضروباً فى فرق جهد قدره 1 فلط .

1 أ ل ف = 1.6×10^{-10} جول $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-5} \text{ J}$

وجرعة الإشعاعات المؤينة التى تختص بالغذاء تقاس بالجرايات (جر Gy) والذى يعادل إمتصاص طاقة تكافىء 1 جول لكل كيلوجرام من الغذاء المشع .

وتعقيم الأغذية بالإشعاع / التشعيع بطريقة بحيث أن عدد الكائنات الدقيقة ينقص بحيث لا يمكن إستبيانه يعرف باسم التعقيم الصناعى بالإشعاع radappertization . ويشعع الغذاء بجرعات تتراوح ما بين 20، 50 ك جر KGy.
وبعد التشعيع باستخدام طرق حفظ مناسبة فإن الفساد بواسطة الكائنات الدقيقة أو زعافاتها يجب ألا يحدث .

و Radicatization (قتل الكائنات الممرضة) عبارة عن قتل الكائنات الممرضة مع تحسين الجودة بالإشعاع بينما الـ radurization هى ضبط العدد الكلى للكائنات الدقيقة .

- طريقة الفعل Method of action

تأثير المعاملة بالإشعاع سواء أجرى بأشعة γ أو جسيمات β هى حث التأين فى المنتج وهذا ينتج شقوقاً حرة free radicals ومنتجات تحليل إشعاعى radiolysis والتى قد تؤثر جوهرياً على الخواص العضوية الحسية للمنتج الغذائى .

- التأثير على الكائنات الحية

الإشعاعات المؤينة تعمل أولياً على الأحماض النووية فى الكائنات الدقيقة مما ينتج عنه تحويرات كيماوية تؤدى إلى إعاقة تكرار دارن DNA ووقف تخليق البروتين وبذا تمنع تكاثر الكائنات الدقيقة ونموها .

وتختلف مقاومة الكائنات الدقيقة للإشعاع فالبكتريا المكونة للجراثيم هى أكثر الكائنات الحية مقاومةبينما من بين الأشكال الخضرية فإن البكتريا السالبة لجرام عادة تظهر مقاومة أقل إذا قورنت بالبكتريا الموجبة لجرام .

وبجانب نوع الكائنات الحية فهناك عوامل أخرى تساهم فى درجة المقاومة للإشعاع من بينها الحالة الفسيولوجية للكائن والذى يظهر تأثرا أكبر أثناء طور النمو الأسى exponential ومقاومة أكبر أثناء طور النمو الثابت . ومن العوامل التى تزيد الحساسية للإشعاعات وبذا تزيد التأثير المميت إرتفاع درجة الحرارة أو وجود الأكسجين أو الماء أو الملح . ووجود البروتينات وعديد السكريات يعطى حماية للكائنات الحية الدقيقة . وتأثيرات الإشعاعات تظهر أكثر عند ج بد المتعادل .

- التأثيرات على الأغذية

جرعات الإشعاع المستخدمة مع الأغذية منخفضة نسبيا ولا تحدث إلا تغيرات طفيفة فى الخواص الوصفية للغذاء . والدهون خاصة غير المشبعة هى أقل مقاومة للإشعاع وتعطى تفاعلات أكسدة وتغيرات غير مرغوبة فى المذاق . وقد تظهر بعض المذاقات والعبير نتيجة ظهور الألدهيدات والكيتونات المنتجة بزيادة البيروكسيدات والأيدرو-بيروكسيدات بعد الإشعاع .

وبالنسبة للفيتامينات فهى تقارن بما يحدث مع التعقيم بالحرارة ولكن فيتامين ك يهدم تماما . (Macrae)

20-2-5 أنواع المعقمات

أولا : المعقمات الساكنة still retorts : المعاملة بالضغط فى بخار

المعقم الساكن (غير المقلب) هو معقم من نوع الدفعات غير مقلب رأسى أو أفقى يستخدم الضغط ويستعمل فى معاملة الأغذية المعبأة فى أوعية كتيمة / محكمة القفل hermetically sealed . وعادة ترص الأوعية أو توضع دون رص فى سلال او عربات أو أسبتة أو صوان للتحميل والإخراج من المعقم . وهذه المعقمات لتتحمل الضغط تصنع من أطر غليان 0.25 بوصة أو أثخن وتشكل وتلحم معاً . والأبواب والأغطية تصنع من حديد زهر أو أطر ثقيلة . وتستخدم عدة أقفال لضمان قفل الأبواب والغطاء وهذه مهمة لسلامة العمال ويجب أن تكون فى حالة عمل مُرْضٍ لمنع أى إنفجار للباب أو الغطاء أثناء العمل لأن الضغط داخل المعقم كبير فهو على 120°م (250°ف) 15 رطل/البوصة المربعة وحوالى 10 طن تدفع باب أو غطاء المعقم .

ثانيا : المعقمات الساكنة : المعاملة بفوق الضغط

Processing with over pressure

المصطلح فوق الضغط يشير إلى معقم يصله ضغط زيادة على ذلك الذى يبذله وسط التسخين عند درجة حرارة العملية . ففى معقم بخارى يكون الضغط عند 250°ف هو 15 رطل على البوصة المربعة فأى ضغط يصل المعقم أكثر من هذا الضغط يشار إليه بأنه "فوق ضغط over pressure" فمثلاً قد يصل المعقم على ضغوط 25-35 رطل على البوصة المربعة مع درجة حرارة 250°ف . وبعكس العمل فى المعقمات الساكنة التى تستخدم بخار نقى فإن المعقمات التى تستخدم الماء أو مخلوط البخار ــ هواء كوسط تسخين يمكن أن يدخل هواء أثناء دورة المعاملة .

وفوق الضغط أثناء المعاملة مطلوب للمحافظة على كيان الحاويات والتى نظراً لتركيب العبوات أو نوع الغلق لها مقاومة محدودة للضغط الداخلى . فالضغط الداخلى فى هذه الحاويات يكون أكبر من ضغط البخار النقى عند درجة حرارة المعاملة . ومن أمثلة الحاويات المعاملة بفوق الضغط حاويات اللدائن شبه الجاسئة semi-rigid التى لها أغطية ملحومة بالحرارة ، والأكياس المرنة ، والصوانى المعدنية، والبرطمانات الزجاجية .

ثالثا : المعقمات الأيدروستاتية Hydrostatic retorts

المعاملة بالضغط فى البخار : المعقم الأيدروستاتى يعمل على درجة حـــرارة ثابتة وله ناقل حاويات مستمر والذى ينقل الحاويات خلال المعقم وعلى ذلـــك فـــهناك إنسياب دائم للحاويات .

وعادة المعقمات الأيدروستاتية تعمل بالبخار كوسط المعاملة مع أقـــل تقليـــب أثناء المعاملة. ولإن كانت بعض المعقمات الأيدروستاتية تستخدم ماءاً ينزل كالشلال مـــع استخدام فوق ضغط كوسط معاملة، ومعقمات أخرى يحدث بها تقليب للحاويات أثنـــاء المعاملة .

والمعاملة الحرارية فى المعقمات الأيدروستاتية تحدث فى غرفة معاملة يحـــافظ فيها على درجة حرارة ثابتة مرتفعة . ومن الضرورى أن تكون غرفة المعاملة تحـــت ضغط للحصول على درجة حرارة أعلا من نقطة غليان الماء . وليس هناك أبـــواب أو صمامات تفصل ما بين غرفة المعاملة عن الجو فالضغط داخل الغرفة يوازن بواســـطة الضغط الأيدروستاتى للماء . ومن هنا أتت تسمية هذه المعقمات فناقل الحاويات يدخـــل ويخرج من غرفة المعاملة خلال أعمدة ماء تعطـــى الضغـــط الأيدروســـتاتى ليـــوازن الضغط فى غرفة المعاملة .

وكلما إرتفعت درجة حرارة المعقم كلما كان ضغـــط المعاملـــة فـــى الغرفـــة مرتفعاً. فمثلاً إرتفاع عمود الماء فى أرجل التغذية والخروج يجب أن يكون أكثر مـــن 37 قدماً أعلا من سطح البخار ــ الماء لإعطاء 15 رطل على البوصة المربعـــة فـــى غرفة المعاملة التى على درجة 121 °م (250°ف). والمعقمات الأيدروستاتية محـــددة بأقصى درجة حرارة معاملة عن طريق أقصى إرتفاع فى أرجل المياه .

رابعا: المعقمات المقلبة Agitating retorts

مناولة الحاويات المستمرة continuous container handling : المعقمات المقلبة agitating أو الدوارة rotary تعطى مناولة للحاويات مســـتمرة مـــع تقلـــيب متقطع للمنتج . وهذا المعقم مبنى من على الأقل غلافين إسطوانيين (58 بوصـــة فـــى القطر) حيث تجرى المعاملة والتبريد . وتصميم المعقم يتوقف على عدة عوامـــل مـــن بينها ظروف المنتج ونوع الحاوية . وهذه الأغلفة يمكن إســـتخدامها للمعاملـــة تحـــت ضغط فى البخار أو التسخين المبدئى فى البخار تحت الضغط الجوى أو التبريد مـــع أو بدون ضغط .

المعقمات المقلبة: مناولة الحاويات غير المستمرة

المعقمات من نوع الدفعة batch type (مناولة الحاويات غير المستمرة) مع تقليب المنتج مستمر تحت ضغط . وهذا المعقم قد يستخدم البخار أو الماء أو مخلوط بخار/هواء كوسط للتسخين .

خامسا : التعقيم الحار Hot sterilization

وفيه يستخدم الهواء الساخن كوسط للتسخين حيث يكون الهواء ذو سرعة عالية جدا (حوالى 610م/ق) فتقل سماكة طبقة الهواء غير المضطرب المجاور لسطح العلبة . والهواء على درجة حرارة أعلا من 150 °م يولد أيضا فرق درجة حرارة كبير بين السطح ومحتويات العلبة . وتدار العلب محوريا خلاله لتولد جِمْل مدفوع forced convection فى محتويات العلبة وبذا يقل إحتمال الحرق أو فوق الطبخ .

(Ramesh)

سادسا: التعقيم باللهب المباشر (أنظر)

3-20 أنظمة المعاملة والتعبئة المطهرة

Aseptic processing and packaging systems

فى المعاملة مطهرا الأوعية ومنتجات الأغذية تعقم فى أنظمة مختلفة ثم تملأ العبوة المعقمة بالمنتج المعقم وتقفل وتلحم فى غرفة معقمة . ولأن المعاملة المطهرة هى عملية مستمرة فإن سلوك جزء من النظام يمكن أن يؤثر على الأداء الكلى للنظام جميعه . والزمن الذى يتعرض فيه الغذاء لدرجات حرارة أعلا من درجات الحرارة المحيطة يقاس بالثوان ــ وحتى 60 ثانية ــ مقارنا بعشرين دقيقة باستخدام التعبئة الساخنة والتبريد و 60 دقيقة أو أكثر إذا عقمت أغذية منخفضة الحموضة فى العبوة (أنظر : أنظمة الحفظ والتعبئة مطهرا) .

أولا : اللولب الأيدروستاتى Hydrostatic helix

هذا معقم أيدروستاتى ولكن ليس له ضمامات ميكانيكية أو أقفال locks وبذا يمكن أن يكون معقما مستمر الحركة حقيقيا . والمضخة الطزونية أو اللولب الأيدروستاتى يتكون من أنبوبة ملفية دوارة rotating coiled tube وفيها كل دورة من الملف تلقم عند الدخول جزئيا بالسائل وجزئيا بالهواء. والملف يدور حول محور أفقى . وفى عدم وجود ضغط عند المخرج فالملف الدائر يمرر السائل بمعدل يتناسب مع سرعة دورانه . ومع ضغط خلفى للخروج فالسائل فى كل دورة ملف يشكل سلسلة من الأرجل الأيدروستاتية المضافة . والرأس الأيدروستاتى المتكون دالة لعدد دورات اللولب وقطره . وعندما يدار الملف فالسائل يستطيع دخول الملف بانسياب الجاذبية

بنصف دورة فقط ، وعند الدورة الأولى (وتعمل كمانومتر/كمضغاط) يكون فى وضع عمودى upright . وعندما يدور الملف خلال نصف الدورة التالية فإن الهواء فقط يمكنه الدخول لأن المضغاط يكون مقلوباً . والحجوم المتساوية من السائل والغاز تتبادل الدخول فى اللولب فى دائرة متكررة . والمضخة اللولبية تعمل مع أعمدة قصيرة من الغاز بعكس المعقمات الأيدروستاتية (التجارية) التى تستخدم أرجل قليلة طويلة غير مستمرة unbroken . (Ramesh)

ثانيا : معقم المنصات المستمر Continuous pallet sterilizer

معقم المنصات المستمر هو أساساً معقم رأسى مستمر خلاله تنتقل العلب على منصات ويتم تغذية وخروج المنصات دون فقد فى الضغط خلال أقفال تهوية . وكل حمولة منصة مملوءة غير معاملة تحمل بواسطة جريدة مسننة وترسrack& pinion إلى القفل . وبعد قفل باب الضغط الخارجى يُدْخَل البخار أولا على الضغط الجوى لإزالة الهواء من المنصة والغرفة وبعد ذلك تحت ضغط ليوازن قفل المعقم .

وبعد دورة التهوية ــ التوازن فالمنصة تُحَرَك إلى الأمام حتى تصل إلى قاعدة المعقم . وتتقدم المنصات إلى أعلا على عجلاتها الأربع . والمنصات التى عوملت تخرج من قمة المعقم خلال قفل "الهبوط let-down" . ويمكن معاملة الأكياس pouches ، والحاويات الألومنيوم شبه الجاسئة والعينات المعدة للهيئات وبرطمانات الزجاج فى هذا المعقم . (Ramesh)

ثالثا : طريقة وميض Flash 18 process

هذه العملية المصممة للأغذية الصلبة سميت كذلك لأنها تعمل على ضغط 18 رطل على البوصة المربعة psi (124 ك باسكال) والعملية تشمل تسخين سريع. ويحضر الغذاء خارج غرفة الضغط كما فى العادة ثم يضخ خلال مضخة ضغط عال إلى حاقن بخار الذى يرفع درجة حرارة المنتج إلى 125-130°م ويحتفظ بها لمدة 30-90 ثانية . ويخرج الغذاء من حاقن البخار إلى مزيل للهواء deaerator فى الغرفة تحت الضغط حيث البخار المضاف والهواء يومضوا flashed off إلى الخارج . ويملأ الغذاء وهو على 128 °م فى علب غير معقمة تحت بخار ينساب فيعقم الغذاء وحاوياته . وتبرد العلب تحت ضغط وتخرج خارج حجرة الضغط حيث يجرى لها التبريد النهائى .

ومميزات هذه العملية التسخين المستمر بدون أن تتحطم جزيئاته الصلبة، واللون البراق والنكهة المحسنة والتلازج والقوام المعززين، ومنع النكهة المطبوخة من اللحوم المعلبة والخضر ، وملء العلب مرة واحدة بدلاً من المواد الصلبة أولاً ثم السائل

(الماج أو الصلصة) وعدم الحاجة لتعقيم العلب أولا. ولكن لها عيوب: علو أسعار الأجهزة، والحاجة إلى إيجاد عمال يرغبون فى العمل تحت ظروف الضغط العالى والذين يجب أن يدخلوا ويخرجوا خلال إقفال ضغط وفك ضغط. ويحتاج الأمر إلى دفع رخصة لحق التشغيل. (Ramesh)

رابعا: تعقيم الطبقة المسيلة Fluidized bed sterilization

معقم الطبقة المسيلة هو معقم فيه قريصات رمل أو خزف ceramic تنقل الحرارة. والوسط يحتفظ به ساخنا وسائلا بلهب من تحت مع تيار هواء. والجسيمات تعمل كسائل يغلى. وتمر العلب خلال الطبقة وتقابل مقاومة كما لو كانت الطبقة سائلا سميكا ويلحقها بعض الاحتكاك من الجسيمات .

وله ميزات : أ- ضبط درجة الحرارة الجيد .
ب- إختلاف درجة حرارة عال يمكن ضبطه .
ج- لايحتاج الأمر إلى غرفة ضغط .
د- عملية مستمرة .
هـ-يمكن تقييم عدة أحجام من العلب فى وقت واحد.
و- أجهزة كبيرة .

وعيوبه : أ- إحتمال حرق وتغير لون سطح العلبة.
ب- ثقل العلب يتضرر نتيجة للإحتكاك .
ج- صغر حجم العلب . (Ramesh)

4-20 المعاملة الحرارية للأغذية (التعليب) Canning

التعليب مصطلح عام يستخدم فى وصف العملية التى يعبأ فيها الغذاء فى وعاء ويعرض لمعاملة حرارية بغرض مد حياته النافعة . وعملية حرارية مثلى تهلك البكتريا الممرضة وتقتل أو تضبط الكائنات المفسدة الموجودة ويكون لها أقل أثر على الخواص الغذائية والفيزيقية للغذاء . وعادة نفكر فى التعليب فى العلب الصلب أو الألومنيوم فالأسس تطبق على مختلف أوعية الأغذية مثل البرطمانات الزجاج أو أكياس اللدائن أو المبطنة بالرقائق أو الصوانى أو السلطانيات من لدائن شبه جاسئة وكذلك العلب المعادن من عدد من الأشكال بما يشمل الإسطوانية والبيضاوية والمستطيلة كما أن التعبئة مطهرا aseptic packaging (تعقيم الغذاء والوعاء قبل الملء والقفل) يتبع نفس الأسس .

20-4-1 الأساس Basic concept

قدم نيكولا أبيرت Nicolas Appert أول طرق للمعاملة الحرارية للأغذية فى 1810 م وطريقته للحفظ كان الغرض منها منع استخدام كميات كبيرة من السكر أو الملح أو الخل كعوامل حفظ لأنها تغير من النكهة وجودة الغذاء . وطريقته تقدمت فى خلال السنين إلى إجراءات منعت فقداً كبيراً بسبب فساد الكائنات الدقيقة ولكنها أيضاً هدمت الكائنات الدقيقة التى تستطيع أن تسبب أمراضاً أو حتى الموت فى الإنسان.

ومدى المعاملة الحرارية يمتد من عملية بسترة لقتل الكائنات الدقيقة الممرضة وتطيل من عمر المنتج بالتخزين تحت جو مبرد إلى تعقيم بغرض إنتاج منتج له حياة لا نهائية على درجة الحرارة المحيطة. ودرجة المعاملة الحرارية تتراوح ما بين تحت 100°م إلى 150°م . وبينما أسس العملية الحرارية هى واحدة لهذه الأطراف فإن فكرة العملية هى تعقيم الأغذية المعروفة بالأغذية المعلبة منخفضة الحموضة غ.ع.خ.ح. LACFs معبأة فى أوعية محكمة القفل / كتيمة hermetically sealed. والأغذية منخفضة الحموضة لها ج يد pH أعلا من 4.6 ونشاط ماء ن م a_w أعلا من 0.85 وهذا الارتباط يستطيع دعم نمو الـ *Clostridium botulinum* وهى بكتيريا تنتج زعافاً خارجياً وهو أحد الزعافات العصبية الشللية neuroparalytic المميتة المعروفة. والـ *C. botulinum* موجود فى كل مكان فهو يوجد فى تربة المزارع والغابات وفى المترسبات بالأنهار وفى البحيرات وفى مياه الشواطىء وفى القنوات الهضمية للسمك والثدييات وفى خياشيم وأمعاء السرطان والأسماك الصدفية الأخرى. وقد وجد بالبحث على مدار السنين أن الـ *C. botulinum* لاينمو ولا يكون زعافاً toxin على ج يد أقل من 4.6 . وعلى ج يد pH أعلا من 4.6 *C. botulinum* يتزايد وينتج الزعاف فى وسط مناسب . وأمثلة للأغذية التى لها ج يد pH أقل من 4.6 وتحتاج إلى معاملة حرارية أقل فى الشدة (بسترة) الطماطم بينما الخضر واللحوم الطازجة وأغذية البحر لها ج يد pH أعلا من 4.6 .

ونشاط الماء ن م a_w هو مقياس لكمية الماء المتاحة فى الغذاء. ون م a_w الفواكه الطازجة والخضر واللحوم عادة أعلا من 0.85 بينما الفواكه المجففة والعسل الأبيض والسالامى بها محتوى مائى غير كاف لدعم نمو الكائنات الدقيقة الأكثر خطراً وبذا فهى لا تحتاج إلى تعقيم لإنتاج منتج ثابت على الرف .

20-4-2 تثبيت المعاملة الحرارية

Establishment of thermal process

تثبيت المعاملة الحرارية لتعقيم الأغذية المعلبة ينتج عن تزاوج ناجح لعلوم الكائنات الدقيقة مع العلوم الفيزيقية خاصة البكتيريا الحرارية thermobacteriology واختبار نفاذية الحرارة heat penetration وتكراره وتثبيته .

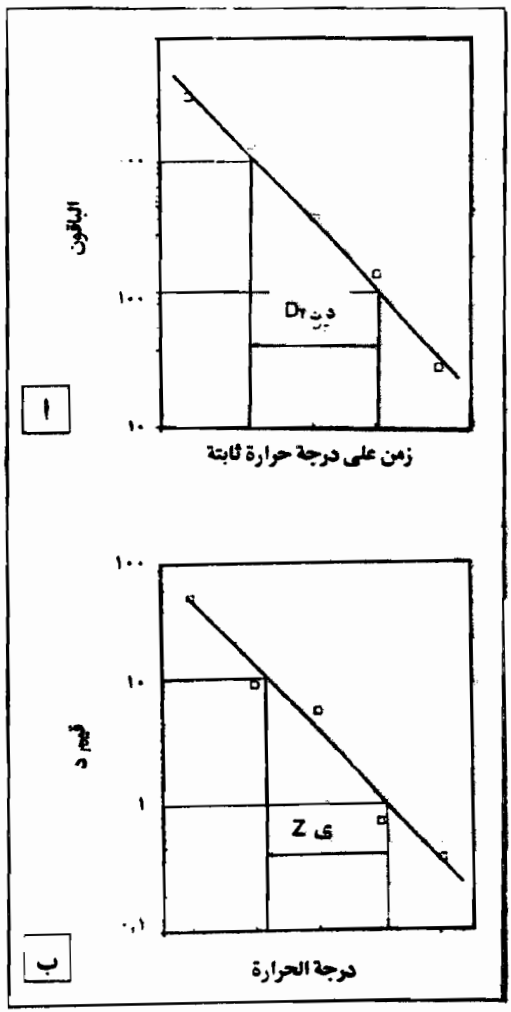
- البكتيريا الحرارية Thermobacteriology

البكتيريا الحرارية هى العلم الذى يدرس إحتمال ملوثات الكائنات الدقيقة فى الأغذية والعلاقة بين درجة الحرارة ومستويات الأزمنة المطلوبة لهدمها وتأثير الغذاء نفسه على معدلات الهدم .

وهناك ثلاثة معالم للكائنات الدقيقة لها علاقة بتثبيت العمل وهى : دن D_T، ى Z، ف F وهذه العوامل تُعَرِف المقاومة الحرارية للبكتيريا وتبين مدى تأثير أى عملية حرارية عليها وقيم دن D_T هى الزمن بالدقائق على درجة حرارة ثابتة (ت T) اللازم لتنشيط 90% (خفض لوغاريتمى واحد) من الكائنات المستهدفة فى الغذاء. وهذه القيمة دن D_T تعرف باسم "معدل الموت الثابت death rate constant" أو زمن الخفض العشرى decimal reduction time .

والمقاومة الحرارية أو إختبارات الهدم الحرارية thermal destruction tests خ.هـ.ح TDTs التى تقيس دن D_T تجرى باستخدام عينات غذاء صغيرة ملقحة بمستويات معروفة من الكائنات الدقيقة . والعينات التى توجد فى علب خ.هـ.ح TDT أو فى أنابيب زجاجية مصممة خصيصا تسخن فى غرف تستطيع تسخين العينة بسرعة إلى درجة حرارة محكمة precise وتحتفظ بها لمدة زمن محكمة وبسرعة تبردها إلى درجة حرارة تحت الإماتة . والأنبطة devices اللازمة هى معقم خ.هـ.ح TDT retort ومقاوم حرارى thermoresistor .

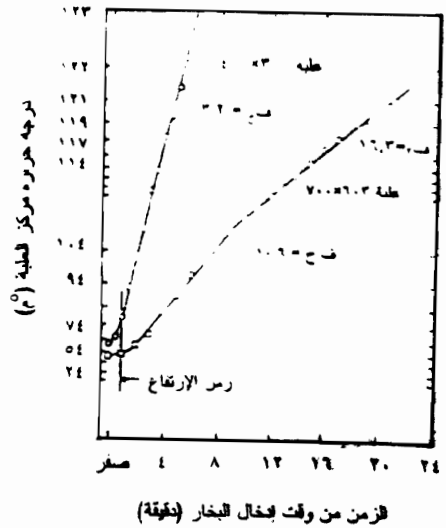
وتوقيع البيانات للمقاومة الحرارية (أو البائين) يجب أن يقارب خط مستقيم على ورق شبه لوغاريتمى (كما فى الشكل 20-2) لقيمة دن D_T لكى يكون لها معنى. وكل منحنى خ.هـ.ح TDT هو وحيد لمحصول جرثومة الكائن الدقيق ووسط الغذاء ودرجة الحرارة المُعَرَضَة . وقيمة دن تشرح التأثير على مجموعة الكائنات الدقيقة للتعرض إلى درجة حرارة ثابتة لمدة زمن محكمة precise بدون التأثر بالتسخين (زمن الارتفاع come-up time) أو تأثير زمن التبريد .



شكل 20-2 : تمثيل قيم دت DT و ىZ . (أ) قيمة زمن مطلوب على درجة حرارة لخفض الباقين 90% ، (ب) قيمة ىZ : تغير فى درجة الحرارة والذى يؤثر علـــى الهدم بعامل 10

وقيمة د$_{121.1}$ $D_{121.1}$ للـ *C. botulimum* تؤخذ عادة على أنها 0.2 دقيقة. وهذه مبنية على أساس دراسات المقاومة الحرارية التى عملت فى 1920 على جراثيم محصلة من أكثر السلالات المقاومة للحرارة المعروفة . وهذه الدراسات بينت أن بالمد/الإستيفاء من منحنى البقاء الشبه لوغاريتمى فإنه كان ضروريا أن يسخن معلق الجراثيم فى منظم فوسفاتى لمدة 2.78 دقيقة على 121.1 °م لخفض المجموعة الباقية من 10^{11} جرثومة لكل وحدة إلى أقل من جرثومة واحدة لكل وحدة (خفض 12 لو). وبعد ذلك أجرى تصحيح لزمن الارتفاع come-up نتج عنه خفض فى زمن التسخين إلى 2.45 دقيقة لتحقيق التأثير المميت المماثل وبالتالى قيمة د$_{121.1\ 122.1}$ $D_{121.1}$ (0.2 دقيقة) .

وبيانات الزمن ــ درجة الحرارة فى الشكل 20-3 (أنظر حسابات العملية الحرارية أسفل) هى ممثلة للطريقة التى فيها علب الأغذية تسخن وتبين أن الغذاء فى الوعاء لا يسخن (أو يبرد) لحظيا . ولكى تكون أكفأ فى تصميم العملية الحرارية يجب أن تأخذ ميزة قتل الكائن الدقيق عند كل خطوة من العملية الحرارية . ومنحنى المقاومة الحرارية (الشكل 20-2-ب) هى الطريقة التى تجعل هذا ممكنا . فسلسلة من إختبارات خ.هـ.ح TDT تجرى لتحديد تأثير درجات الحرارة المختلفة (قيم دت D_T) على المقاومة الحرارية للكائن . وبتوقيع قيم دت D_T المقاسة على تدريج لوغاريتمى ضد درجة الحرارة على تدريج مستقيم (الشكل 20-2-ب) نحصل على منحنى مقاومة حرارية . ومنحنى المقاومة الحرارية يربط الزمن اللازم لو واحد مع درجة حرارة القتل . ومن هذا التوقيع يمكن الحصول على قيمة ى Z وهى الميل العكسى للمنحنى ويبين عدد درجات الحرارة المطلوب للمنحنى ليمر فى حلقة لو واحدة. أى أن قيم ى Z تعين عدد درجات الحرارة المطلوب لتحقيق عشر مرات تغيير فى الزمن للوصول إلى نفس التأثير المميت . وقيمة ى Z أعلا تعنى أن تغيرا أكبر فى درجة حرارة العملية مطلوب لإحداث نفس التغير فى معدل هدم الكائن . فقيمة ى Z هى طريقة للتعبير كميا عن معدل موت الكائن الدقيق بتأثير التغير فى درجة الحرارة أثناء المعاملة الحرارية .



شكل 20-3 : أمثلة على منحنى بسيط ومنحنى مركب لإختراق الحرارة . الاختبارات كانت لحجمين من العلب تحتويان عيش غراب فى ماج وتسخنان فى نفس الوقت فى معقم مستمر مقلب ستيريلاماتيك FMC sterilamatic continuous agitating retort وحجم العلب (الطريقة الأمريكية) 603 × 700 تعنى 6 16/3 بوصة فى القطر وارتفاع 7 بوصة .

و مدى من قيم ي Z من 7°م إلى 12°م تم قياسه على مدى من السنين لـ *C. botulinum* وهذه الاختلافات تعزى إلى نوع الجرثومة (السلالة) ونظام التسخين ومادة الاختبار وطريقة الحساب، وقد بذل جهد كبير لتقدير قيمة يZ للأغذية المعلبة منخفضة الحموضة غ.ع.خ.ح LACF . وهناك إتفاق عام على أن استخدام قيمة يZ 10°م ــ والتى كانت مستخدمة خلال الـ 30-50 سنة الأخيرة ــ هى لا زالت أحسن توصية لحساب عمليات التعقيم للأغذية المعلبة منخفضة الحموضة غ.ع.خ.ح LACF لكى تكون مأمونة من ناحية الصحة العامة .

20-4-3 الإماتة Lethality

أوعية الأغذية لا تسخن لحظيا ولما كانت جميع درجات الحرارة (فوق حد معين) لها تأثير مميت وتساهم فى هدم الكائنات الدقيقة فإن آلية لتحديد التأثير النسبى لدرجة الحرارة ضرورة بينما الغذاء يسخن ويبرد أثناء المعاملة الحرارية. وقيمة يZ هى المَعْلَم الذى يسمح لنا بحساب التأثير المميت لمختلف درجات الحرارة على هدم الكائنات الدقيقة . ومعدل الإماتة م L يصف من خلال استخدام قيمة ى Z التأثير النسبى لدرجة الحرارة على هدم الكائنات الدقيقة بالنسبة لتأثير درجة حرارة مرجع

معين ت مر TREF . وم L هي الزمن المكافىء بالدقائق على درجة حرارة مرجـــع لكل دقيقة على درجة حرارة ت T

$$(1)\ L = 10^{(T-T_{REF})/Z} \qquad \text{أو} \quad م = 10^{(ت - ت_{مر})/ى}$$

والجدول 20-2 يعطي معدلات إماتة على خمس درجات حرارة لـ *C. botulinum* بفرض درجة حرارة مرجع 121.1°م وقيمة ى Z 10°م والأوقات اللازمة على كـــل درجة حرارة لخفض الجراثيم 12 لو .

جدول 20-2 : معدل الإماتة والزمن المطلوبين على درجات حرارة مختـارة لـــهدم *C. botulinum* (درجة الحـــرارة المرجـع 121.1°م وقيمـة ى 10Z°م) .

درجة الحرارة ت (°م)	معدل الإماتة دقيقة على 121.1°م /ق على ت	زمن (ف ت) مطلوب لخفض الجراثيم 12 لو
101.1	0.01	4 ساعـــات
111.1	0.1	24 دقيقـــة
121.1	1	2.4 دقيقـــة
131.1	10	15 ثانيـــة
141.1	100	1.5 ثانيـــة

ف ت = دت × ص حيث د$_{121.1}$ = 0.2 و ص Y_n هـــي خفـض الجراثيـم اللوغـاريتمى (لوع$_{صفر}$ – لوع ن $\log N_o - \log N_F$) حيث ع$_{صفر}$ N_o، ع ن N_F هى 10^3 ، 10^9 بالتتابع.

فإذا كانت مجموعة *C. botulinum* الأصلية والوعاء (ع$_{صفر}$ N_o) هـو 10^3 ونرغب فى احتمال نهائى (ع ن N_F) هو 10^{-9} لذا فخفض 12-لـــو فـــى الجراثيـم مطلوب . والفرق فى كل درجة حرارة فى الجدول 20-2 هـــو واحـد ى Z (10°م) والذى يبين التغير فى التعرض لو درجة حرارة المعاملة بقيمة ى Z يحتـــاج إلـــى 10 مرات تغير فى زمن المعاملة .

20-4 -4 قيمة التعقيـم Sterilization value

المَعْلَم الذى يجمع التأثير المميت كدالة للزمن (ز t) أثناء العملية الحرارية هو قيمة التعقيم ويعرف كـ

$$ف^{ع}_{ت\,مر} = \int_{صفر}^{ر} 10^{[(ت-ت\,مر)+ى]} ء ز \qquad (2)$$

$$F^{Z}_{T_{REF}} = \int_0^t 10^{(T - T_{REF})\backslash Z} dt$$

وفى ضوء معدل الإماتة م L (المعادلة 1)

$$F^{Z}_{T_{REF}} = \sum L\Delta t \qquad ف^{ع}_{ت\,مر} = \Sigma\, م\, \Delta\, ز$$

وعندما تُمَيِز درجة الحرارة (ت T) أبطأ منطقة تسخين فى وعاء الغذاء وعندما تكون درجة الحرارة المرجع وقيمة ى Z هى 121.1°م ، 10°م بالتتابع فإن قيمة التعقيم تعرف باسم قيمة ف$_{صفر}$ F_0 هى خاصة بالغذاء والوعاء وظروف المعاملة ونظام المعاملة والعملية الحرارية (زمن المعاملة ودرجة الحرارة والعوامل الفيزيقية الأخرى التى تؤثر على العملية). وقيمة ف$_{صفر}$ F_0 هى قيمة مكافئة للعملية بالدقائق على 121.1°م كما أنه لا يوجد وقت للتسخين إلى 121.1°م والتبريد إلى درجات حرارة غير مميتة . وقيمة ف$_{صفر}$ F_0 3.0 دقائق (ى Z = 10°م) عادة مقبولة كشىء واقعى وهى أقل عملية حرارية بوتشيلينية تنتج غ.ع.خ.ح LACFs (أغذية معلبة منخفضة الحموضة) مأمونة من ناحية الصحة العامة .

5-20 التعقيم التجارى Commercial sterility

التعقيم التجارى لغذاء معناه الظرف الذى تحقق بتطبيق الحرارة والذى جعل هذا الغذاء حراً من أى شكل من أشكال هذه الكائنات الدقيقة قابل للحياه وله أهمية صحة عامة وكذلك حراً من الكائنات الدقيقة والتى ليس لها أهمية صحية ولكنها قادرة على التكاثر فى الغذاء تحت ظروف عادية من عدم التبريد فى التخزين والتوزيع.

وعدة إعتبارات إضافية تؤخذ فى الإعتبار عند تصميم وحدات ف$_{صفر}$ F_0 للتعقيم التجارى والتى يمكن أن تكون بقدر 20 وحدة ف$_{صفر}$ F_0 أعلا من أقل عملية حرارية لـ *C. botulinum* من وجهة نظر الصحة العامة. وهذه الإعتبارات تتضمن الآتى: مستوى البكتيريا الأصلى فى المنتج الغذائى والمعالم الفيزيقية للغذاء نفسه (النوع والتلازج وحجم الجسيم ونسبه السائل : الصلب ...الخ) ووعاء الغذاء ونظام المعاملة (ساكن أو أيدروستاتى أو تقليب مستمر أو معقمات ....الخ) وظروف التخزين والتوزيع والمكونات الطبيعية أو المضافة التى تمنع الفساد والإقتصاد والخبرة العامة لمُعَامِل الغذاء. وكمثال للأغذية التى ستوزع فى منطقة جغرافية ذات درجة حرارة مرتفعة قد يتطلب ف$_{صفر}$ F_0 15-20 دقيقة لكى يتحمل حماية فقد إقتصادى ناتج عن الفساد فى حين أن ف$_{صفر}$ F_0 5-7 دقيقة تعطى لمنتجات تُسَوَّق فى منطقة درجات حرارة متوسطة. و ف$_{صفر}$ F_0 8 - 12ق يوصى بها لمنتجات مسخنة مع التقليب.

وبالنسبة للمستوى البكتيرى الأصلى فى الغذاء فمن المهم ملاحظة أن نفس المعاملة الحرارية (ف$_{صفر}$ F_0) لاتضمن نفس الدرجة من المعاملة. وقيمة ف$_{صفر}$ F_0 هى مقياس لظروف المعاملة اللازمة للتأثير على مستوى جراثيم *C. botulinum* بواسطة عدد إنخفاضات لوغاريتمية مثل قيم 12 د$_{121.1}$. وكلما كان تركيز الجراثيم الأصلى أعلا كلما كان تركيز الجراثيم بعد المعاملة أعلا إذا إستعملت المعاملة التى تعطى نفس قيمة ف$_{صفر}$ F_0.

وهناك خطر فى التعبير عن إحتياجات العملية بـ 12 د D فى أن خفض (جراثيم - لو) هو المنصوص عليه فقط. وخفض جراثيم -لو12 يعطى إحتمال جراثيم تبقى 10^{-9} (جرثومة واحدة فى كل 10^9 وعاء) فقط عندما يكون التلوث بالجرثومة الأصلى هو 10^3. ولإعطاء كل مستهلكى الأغذية المعلبة حماية متساوية بغض النظر عن الأعداد الأصلية لجراثيم *C. botulinum* فإن المعاملة الحرارية بقيمة ف$_{صفر}$ F_0 يجب أن ترضى قيمة نهاية ثابتة متفق عليها لإحتمال بقاء جرثومة.

20-5-1 إختبار إختراق الحرارة Heat penetration testing

الغرض من إختراق الحرارة (خ.ح HP) هو تحديد بدقة درجة الحرارة فى منطقة التسخين الأبطأ فى وعاء الغذاء أثناء المعاملة الحرارية. ونتائج إختبار خ.ح HP هى علاقات محددة تجريبياً للزمن- درجة الحرارة تصف التسخين والتبريد فى المنتج. وهذه المعلومات تؤخذ من إختبارات تُقلِد duplicate المعاملة التجارية بدرجة كبيرة من العول/الموثوقية releability. وبيانات خ.ح HP تجمع عادة من المعمل نظراً لتعقد نقل الحرارة خلال المنتجات فى أوعية، خاصة المنتجات التى تسخن بالحمل الطبيعى أو المدفوع، والتفاعل مع نظام المعاملة. وإختبار خ.ح HP يعطى تاريخ درجة الحرارة للمنتج أثناء المعاملة والذى عندما يربط مع معلومات المقاومة الحرارية للكائن (قيمة فصفر F_0) يسمح لنا بحساب طول زمن المعاملة الحرارية على درجة حرارة معقم معينة.

والعوامل التى تؤثر على نتائج خ.ح HP عديدة وتميل إلى أن تكون معقدة مثل المنتج الغذائى والوعاء وبأنظمة المعاملة (معقمات) تصبح أكثر تعقيداً. والعوامل الآتية يجب أن يراعيها تقنيو خ.ح HP أثناء القيام بإختبار خ.ح HP لأن كثيراً منها يؤثر على درجات حرارة التسخين والتبريد: 1-درجة حرارة المعاملة (المعقم). 2- زمن المعاملة. 3- درجة الحرارة الأصلية وتوزيع درجة الحرارة داخل الوعاء. 4- حجم وشكل الوعاء. 5- توجيه وتوزيع الوعاء داخل المعقم. 6- تقليب الأوعية أثناء المعاملة*. 7- ملء الوعاء والحيز العلوى* head space. 8- تكوين المنتج وطرق التحضير*. 9- نسبة المواد الصلبة للسائل*. 10- حجم وشكل وترتيب وتكوين جسيمات الغذاء. 11- تلازج المنتج*. 12- وزن المنتج بعد التصفية بعد المعاملة. 13- نوع الوعاء (لدائن أو معدن؛ جاسىء؛ شبه جاسىء أو مرن. 14-الهواء أو الفراغ الذى يبقى فى الوعاء. 15- توزيع درجة الحرارة (التجانس uniformity) فى وعاء المعاملة الكبير. 16- ظروف المعاملة (وقت الإرتفاع وترتيب الأحداث ووظيفة المراقبة ودوران العجلة*). 17- موضع ونوع حَسَّاس درجة الحرارة فى الوعاء. 18- مقدرة المعقم المختبر لتكرار الظروف التجارية*.

*: لها أهمية خاصة عند المعاملة بالتقليب.

وكل معاملة حرارية يكون لها عوامل حرجة فى تصميم فصفر F_0. فمثلاً العوامل الحرجة فى أنظمة المعقمات المصممة لتقليب محتويات الأوعية أثناء المعاملة لزيادة معدل إختراق الحرارة أثناء المعاملة تختلف عن تلك الخاصة بالمعقمات الساكنة لنفس

المنتج. وإنها مسؤلية الشخص الذى يثبت معاملة حرارية أن يفهم كل العوامل التى قد تؤثر على طريقة تسخين وتبريد المنتج. وقد لوحظ تكراراً أن إختبارات خ.ح HP يجب أن تستمر حتى تصبح كل المعالم مفهومة تماماً. وفقط عوامل خ.ح HP الدقيقة والتى يمكن تطبيقها لها معنى فى تثبيت العملية الحرارية.

وتاريخياً إستخدم المزدوج الحرارى (ز.ح thermocouple (TC لقياس خ.ح HP مع مقياس جهد potentiometer مسجل. وعادة مقابس receptacles ز.ح TC من نوع غير بارز متصل بالوعاء وتوصل بسلك (صلب) لمقياس الجهد. و ز.ح TC يوضع لقياس درجة الحرارة عند المنطقة الأقل تسخيناً فى الوعاء وهذه تقدر مقدماً بإختبارات مُسَاعِدَة. وحيث أن غرض إختبار خ.ح HP هو الحصول على بيانات زمن-درجة حرارة دقيقة فالعناية يجب أن تجرى فى إختيار وإستخدام ز.ح TC. وللمنتجات التى لها حمل طبيعى أو مُحَثْ مثل حبوب الذرة الكاملة فى مأج فإن ز.ح TC ذا قطر صغير يستخدم من أجل تجنب التدخل مع حركة المنتج. أما فى أغنية التسخين بالتوصيل والتى تبقى من غير حركة أثناء المعاملة مثل اليخنى viscous stew اللزج فإن مادة ز.ح TC تختار لكى يكون لها خواص حرارية مماثلة للغذاء من أجل تجنب توصيل حرارة من وإلى وصلة ز.ح TC. وإذا كان ز.ح TC و/أو الوعاء غير موصلين بالأرض جيداً خاصة فى العمليات المائية فإن الفاقط الشارد stray voltage قد يسبب أخطاء كبيرة فى درجة الحرارة.

وفى السنين الأخيرة فإن نبيطات تقدير درجة الحرارة قد مُدِنَتْ ليدخل فيها نبيطات مقاومة درجة الحرارة (ن.ق.د.ح resistance temperature devices (PTDs والقياس عن بعد صغير miniature telemetry أو أنظمة تسجيل. وهذه الأنظمة سمحت بإختبار خ.ح HP فى أنظمة لم تكن تسمح بذلك سابقاً حيث أنها لازالت متطلب أن ترتبط سلكياً للوعاء.

ودقة آلة القياس هى فى غاية الأهمية ففرق 0.5 °م فى درجة الحرارة ينتج عنه فرق 10% فى ف.م F_0. وفى الأغذية المعاملة بأقل مايمكن من الحرارة هذا قد ينتج عنه تحت معاملة وبقاء عدد من الكائنات الدقيقة المرضية أو المفسدة.

2-5-20 حسابات المعاملة الحرارية Thermal process calculation

طرق حساب قيمة التعقيم ف.م F_0 من بيانات إختراق الحرارة خ.ح HP وإختبارات الهدم الحرارية خ.هـ.ح TDT إما أن تقسم إلى عامة general أو الصيغة formula والطريقتان متشابهتان فى الأسس ولكن السبل تختلف.

فالطريقة العامة هى أساسا طريقة تصويرية أو طريقة تكاملية عدديـــة للمعادلـــة (2) بإستخدام بيانات الزمن–درجة الحرارة المتحصل عليها أثناء إختبار خ.ح HP. وهـــى أدق وأبسط الطرق لتحديد فـصفر F_0 من المعاملة الحرارية. وعيب هذه الطريقة أنـــها لا تسمح أو تسمح بقليل من: 1- تغيير زمن المعاملة أو معـــالم التســخين أو درجـــة الحرارة الأصلية للمنتج والتنبؤ بتأثيرها على فـصفر F_0 أو 2- إســتخدام فـصفر F_0 كمدخل للتنبؤ بزمن العملية. ومثال لحساب فـصفر F_0 بإستخدام الطريقة العامة معطـى فى الجدول (20–2) وفى هذا المثال المعادلة (3) أُوجِد التكامل عدديا بإستخدام بيانـــات زمن–درجة حرارة على فترات من دقيقتين من إختبـــار خ.ح. و فـصفر F_0 الناتجـــة لأطوار التسخين والتبريد معاً هى 9.8 دقيقة على 121.1 °م. وفى هذه الطريقة زيـــادة الدقة يمكن أن تتحقق بإنقاص فترة الزمن فى إختبار خ. ح HP .

وطرق الصيغة المختلفة هى أغلبها تفاعلات وتحسينات على طريقة الصيغـــة التى إقترحها بـــول C.O.Ball سنـــة 1923 وبيانات خ.ح HP توقع أولاً علـــى ورق شبه لوغاريتمى كمنحنيات بسيطة أو مكسورة كما فـــى الشـــكل 20–3. وشـــكل منحنيات التسخين الخاصة بكل respective تعرف بمصطلحـــات المعـــالم المعروفـــة بعوامل إختراق الحرارة خ.ح HP: عامل تأخر التســـخين ظ heating lag factor J ومعَلَم إستجابة درجة الحرارة temperature response parameter وهى دالة لميـــل منحنى التسخين فـح f_h والميل الثانى ونقطة الكسر/التغير break point (فـ$_2$ و س‌ب ح F_2 and X_{bh}) عندما يكون لمنحنى التسخين تغير فى الميل ويمكن أن يمثـــل بخطيـــن مستقيمين.

وعادة منحنى التسخين البسيط (الأحادى، خط مستقيم) يحدث لمنتجات الأغذيـــة التى تسخن بالتوصيل أو بالحمل المدفوع المُحَثْ بالتقليب الميكـــانيكى للوعـــاء. أمـــا منحنيات التسخين المكسورة/المتغيرة فعادة تَحْدُث لمنتجات تسخن بالحمل الطبيعى فـــى معقمات ساكنة ولمنتجات يحدث لها تغير فى خواصها الفيزيقية الحرارية أثناء المعاملـــة (مثل زيادة سريعة فى اللزوجة بزيادة درجة الحرارة).

جدول 20-2 : مثال إحساب قيمة التعقيم بالطريقة العامـــة (درجـة الحـرارة المرجـع 121.1°م و ى Z 10°م).

الزمن ز (دقيقة)	درجة الحرارة [أ] ت (°م)	معدل الإماتة م (معادلة 1)	الإماتة م × Δز	الإماتة المتجمعة ف_صفر (معادلة 3)
صفر [ب]	58.0	0.00	0.00	0.00
2	81.0	0.00	0.00	0.00
4	96.0	0.00	0.00	0.01
6	104.0	0.02	0.04	0.05
8	109.0	0.06	0.12	0.17
10	114.0	0.19	0.39	0.56
12	116.0	0.31	0.62	1.18
14	118.5	0.55	1.10	2.28
16	119.8	0.74	1.48	3.76
18	120.7	0.91	1.82	5.58
20	121.6	1.12	2.24	7.83
22 [ج]	120.7	0.79	1.59	9.42
24	114.0	0.19	0.39	9.81
26	100.0	0.01	0.02	9.82
28	79.0	0.00	0.00	9.82
30	60.0	0.00	0.00	9.80

أ: أثناء إختبار إختراق الحرارة.

ب: إبتداء التسخين.

ج: إبتداء التبريد.

وفى طريقة الصيغة فعدد من التعبيرات الرياضية تصف درجة حرارة الغذاء بمصطلحات من عوامل خ.ح. HP للتسخين والتبريد والأطوار الانتقالية فى دورة المعاملة . وعندما تعوض الاعتبارات فى المعادلة (2) فإن حلاً رياضياً مباشراً وقيم ف$_{صر}$ F_0 تحسب إما باستخدام طرق عددية تستخدم أجهزة حاسوبية سريعة جداً أو بطرق كتب طبخ تقليدية classical باستخدام بيانات مُجَدْوَلة . وتعدد استعمالات طريقة الصيغة formula method يجعل من الإمكان تغيير زمن التسخين ودرجة حرارة المعاملة وتصميم ف$_{صر}$ F_0 وحتى حجم العلبة باستخدام بيانات خ.ح HP ولتحديد تأثير كل من هذه العوامل على العملية الحرارية والتى تؤثر على المنتج .

وقيم التعقيم المحسوبة من صيغة بول Ball الأصلية محافظة وكثير من البحاث اقترحوا تحويرات حَسَّنَت من الطريقة وأعطت قيم ف$_{صر}$ F_0 أكثر قرباً للمحسوب من الطريقة العامة .

3-5-20 تثبيت العملية Process validation

قيم ف$_{صر}$ F_0 والتى تُنتج عن طريقة تثبيت المعاملة هى ببساطة قيم محسوبة أو تتنبأ بخفض الكائنات الدقيقة والذى يحدث عندما تستخدم المعاملة فى الإنتاج التجارى للأغذية المعلبة . والخطوة النهائية فى تثبيت المعاملة هى تثبيت أو تأكيد تصميم المعاملة لإعطاء تأكيد أن دراسات خ.ح HP تعكس بدقة الظروف التجارية .

وتثبيت المعاملة يُحَدَدَ عادة باستخدام طرق كائنات دقيقة تشمل تلقيح جراثيم بكتيرية معايرة calibrated فى العلب قبل قفل الأوعية ومعاملتها . وبعد المعاملة تُحضَّن العلب وتلاحظ عمليات الفساد بعد فترة معينة . ويمكن أيضاً أخذ عينات مطهراً aseptic sampling من كل عينة بعد المعاملة ووضع الغذاء فى وسط نمو مختار من أجل تحديد إذا كانت أى بكتيريا بقت على قيد الحياة أم لا بعد المعاملة. ومن المستحيل قياس مستوى التصميم للعمليات التعقيمية (حوالى 10^{-9} جرثومة لـ *C. botulinum* أو 10^{-6} للكائنات غير الممرضة) باستخدام الكائن الذى تقصد المعاملة هدمه .

والبكتيريا المستخدمة فى التثبيت الحيوى لها مقاومة حرارية أعلا من *C. botulinum* وهى تكون جراثيم ومُعَفِنَة محبة للحرارة المتوسطة أو محبة للحرارة. والكائن المستخدم عادة هو ب.أ 3679 PA 3679 وهو غير سام ولذا فهو مأمون الإستخدام فى مصانع الأغذية وليس خطراً على المشتغلين بالكائنات الدقيقة والذين يجرون إختبارات التثبيت .

والخبرة فى المعاملة التجارية تُبَين أن قتل الكائنات الدقيقة والمقاسة بالطرق البيولوجية لا يتفق دائما مع قياس المعالم الفيزيقية (خ.ح HP و خ.هـ.ح TDT) وهذا هو السبب أن كل عملية يجب أن تثبت validated بيولوجيا . وإذا كانت جراثيم البكتيريا قد عُويرت بكفاية فإنها تعطى بياناً لقوة القتل الحقيقية للمعاملة الحرارية كما أوصلتها أجهزة المعاملة الحرارية . وتثبيت بيولوجى عام هو إجراء عبوة ملقحة وفيها 10000 جرثومة مقاومة من ب.أ 3679 PA 3679 (د$_{121.1}$ $D_{121.1}$ ما بين 1.0 و 1.5 فى منظم فوسفات) تضاف إلى كل وعاء من المنتج قبل المعاملة . وبعد المعاملة تحضن الأوعية الملقحة . ولكى تكون المعاملة مقبولة يجب أن تنتج أكثر من خفض 5-لو فى ب.أ 3679 PA 3679 . والاختبار يجب أن يجرى بتقنية جيدة وضوابط مناسبة وإذا كانت اختبارات التثبيت validation tests لا تتفق مع تصميم العملية الفيزيقية فربما دلّ هذا على أن معالم المعاملة الحرجة لم تكن مفهومة جيداً وأن هناك اختلافات يجب أن تحل . (Macrae)

6-20 العلب وتصنيعها Cans & their manufacture

صُنِعَت العلب أولاً من ثلاثة أجزاء ومن حديد مغطى بالقصدير فالجسم الذى يُكَوِن أحد القطع يثنى إلى أسطوانة ثم تلحم النهايتان . وهذه النهايات كانت تصنع من ألواح قصدير والنهايات ذات الشفة flanged edges تلحم على الجسم . وأحد النهايتين كان يعمل بخرم قدره ½ بوصة لوضع الماج أو الهاموم وبعد الملء يغطى بغطاء صغير الذى يلحم على الحفرة وهذا الغطاء كان له خرم صغير يلحم بعد المعاملة الحرارية وبذا يسمح بخروج البخار وتقليل الضغط أثناء العملية . وهذه العلب كان لها ميزة على الأوانى الزجاجية أنها أخف وأسهل فى اللحم وأقل عرضة للكسر أثناء النقل والتخزين .

ثم فى منتصف القرن التاسع عشر أُختُرِعت مكنة لعمل أجسام العلب ولحم النهايتين ثم عُرِفَت المعاملة تحت ضغط حوالى 1870 بمعنى أن أزمنة التسخين والتبريد يمكن أن تختفى جوهرياً . ثم أُختُرِعت طريقة القفل المزدوج للعلبة مع وجود تغطية للحواف بحاشية gasket وعلى أساس هذا صنعت "العلبة الصحية sanitary". وبعد 1920 أصبحت الأغذية المعلبة جزءاً من الغذاء المعد للجميع . ثم نقصت سماكة لوح القصدير . ثم أتى التغيير الأساسى فى 1970 مع إدخال كلاً من العلب ذات الأجزاء الثلاثة الملحومة وذات الجزئين (علبة مسحوبة مع نهاية مفكوكة) واستخدام النهايات مع طرق سهلة الفتح .

أولا: المواد المستخدمة فى عمل العلب

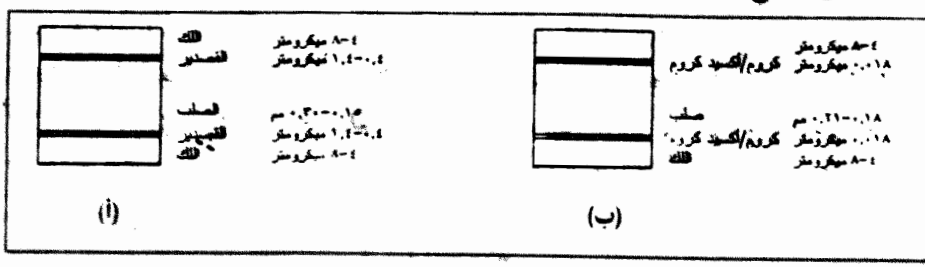
كل من الصلب والألومنيوم يستخدم فى تصنيع الأوعية باستخدام الصلب المقصدر. وأخيراً أستخدم الصلب الخالى من القصدير (ص.خ.ق tin free steel (TFS فى تصنيع النهاية لأنه يتجنب إستخدام القصدير الغالى (الشكل 29-4) . ويضاف اللاك lacquer لحماية لوح القصدير لتطبيقات معينة ولكنه يستخدم مع ص.خ.ق TFS لتجنب بلى الآلة tool wear للمكونات والقفل المزدوج لأن تغطية الكروم /أكسيد كروم تكون كاشطة/حاكة جداً.

ثانيا : أساس الصلب The steel base

القاعدة الصلب التى تكون النسبة الكبرى من اللوح هى من صلب منخفض الكربون مصبوب باستمرار ويلف على الساخن إلى شريط . ثم يخفض فى السماكة بعدد من عمليات الخفض البارد .

وتسخين أو تلدين annealing الصلب على حوالى 600°م إما فى أفران مستمرة أو على دفعات يحدث لإنتاج الصلابة/المرونة temper المطلوبة ويتبع ذلك خفض بارد لتحقيق نهاية السطح المطلوبة والسماكة والصلابة .

وإنهاء اللوح إما يجرى بالقصدرة الكهربية فى حالة اللوح المقصدر أو الترسيب الكهربى للكروم/أكسيد كروم فى حالة ص.خ.ق TFS . وبعد ذلك يعامل لوح القصدير بعملية الكرومات السابية chromate passivation ثم يعطى طبقة من الزيت لكلا نوعى اللوح .



شكل 20-4 : مواد تصنيع العلبة (أ) لوح مقصدر، (ب) صلب خالى القصدير .

ومتطلبات سماكة تغطية القصدير تتوقف على عدة عوامل : إذا كان السطح خارجيا أو داخليا للعلبة وإذا كانت طبقة اللاك lacquer ستستخدم ونوع المنتج وظروف المعاملة . وتختلف الطبقات من 2.8-15.1 جم/متر^2 .

والخواص الميكانيكية وسماكة اللوح تتوقف على التطبيق: قطعتين أو ثلاث قطع أو نهايات . والألومنيوم لا يستخدم فى علب الأغذية ذات الثلاث قطع ولكن

يستخدم فى علب مسحوبة ضحلة أو مستديرة أو بيضاوية وكذلك فى النهايات سهلة الفتح .

ثالثا : بناء العلب ذات القطع الثلاث

The construction of three-piece cans

فى أوروبا أكثر طرق تصنيع العلب ذات القطع الثلاث هى اللحام بالمقاومة للقفل الجانبى واللحام "بالسبيكة" soldering لا زال فى الاستخدام فى بعض التطبيقات ولكنه يختفى لأن العلب الملحومة welded لها ميزات تقنية جوهرية وهناك استخدام محدود للقفل الجانبى المسمنت cemented خاصة فى اليابان .

رابعا : تصنيع علبة ملحومة من ثلاث أقطع

Three-piece welded can manufacture

يستخدم لوح القصدير فى تصنيع أجسام العلب أساساً لأن اللحام له صعوبات مع المواد الأخرى. واللوح يصل فى صفوف من صفائح مستطيلة وقد تستخدم بسادة plain أو معاملة بالملك lacquered أو مطبوعه وفى مبدأ خط الإنتاج فإن الصفائح تقطع إلى مستطيلات أصغر أو أجسام العلبة body blanks على مقطع الجذ slitter الذى يجرى عملية القطع فى إتجاهين .

خامساً : عمل الجسم The body maker

تنتقل أجسام العلبة إلى صانع الجسم الذى يقوم بعمل التشكيل واللحام . وهى تعمل بسرعة 150–800 وعاء فى الدقيقة للعلب ذات القمة المفتوحة. وأول عملية هى ثنى flex ولف roll أجسام العلبة إلى شكل إسطوانى وتزيد الحروف عند القفل الجانبى (حيث اللحام weld سيتكون) بحوالى 0.5 مم وأثناء عملية اللحام فإن الأحرف المتراكبة overlapped فى الإسطوانة تضغط بين اسطوانتى لحام متضادتين أو أقطاب والتى تحمل سلك اللحام ويمر فى نفس الوقت تيار لحام ذو نبضات خلال التراكب overlap . وعمل الضغط ونبض التيار يلحم fuse الجانبين مع بعضهما ويضغط على التراكب overlap .

وذراع اللحام الداخلى يحتاج إلى أن يحمل ماء تبريد ويكون قوى robust بدرجة كافية لدعم إسطوانة اللحام . وتوصيل تيار اللحام وحمل إمداد الشريط الجانبى ومن أجل عمل ذلك فإن هناك حد لازم من 45 مم وهو أقل قطر العلب الملحومة بالمقاومة .

وفى أثناء عملية اللحام إذا كان اللحام سيحمى إما بشريط داخلى أو خـــارجى فإن غاز النتروجين يورد ليحيط باللحام ويمنع أى أكسيدات قصفة brittle من التكـــون على السطح .

وبعد اللحام فإن شريطاً جانبياً يوضح وهذا يعمـــل إمـــا بـــالرش أو تغطيـــة بالإسطوانات حيث توضع طبقة مـــن اللـــك علـــى الوصلـــة أو بتغطيـــة بمســـحوق أليكتروستاتى وكل هذه الطرق الثلاث يتبعها عملية معالجة بالحرارة heat-curing .

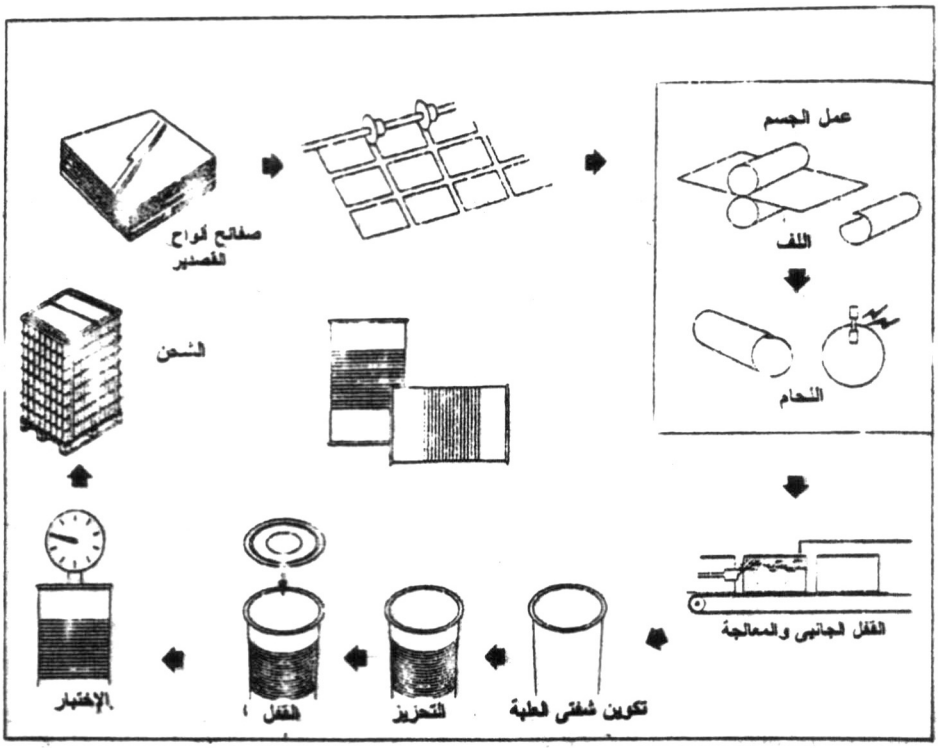
وبعد إنتاج إسطوانة الصلب فإن تشفير الأحرف (صنـــع الشـــفة) flanging يُجْرَى إما عن طريق قالب أو التشكيل بالرحو spinning . وهذا يسبب تكويـــن شـــفة مستديرة على نهاية العلبة بحيث يمكن القفل المزدوج للوعاء بعد ذلك . وفـــى بعـــض الأحيان فإن علب الأغذية تعنق / تخصر necked فى هذه المرحلـــة بحيـــث يمكـــن استخدام نهايات ذات قطر أصغر وهذا يساعد فى صف نهاية فى الأخرى .

وللسماح بخفض مواد ألواح الجسم مـــع الاحتفـــاظ بقـــوى التطويـــق hoop strength أو شدة تكسية الألواح panelling strength فإن معظم العلب ــ فيمـــا عـــدا القصيرة ــ جداً تحزز beaded . وهذه تجرى على محـــزز بعمليـــة قـــالب . وأهـــم العوامل المتصلة بهذه العملية هى العمق والقطر وعدد الحزات المستخدمة . وبعد هـــذه الاسطوانة المشفاه flanged والمحززة تقفل مزدوجاً عند أحد نهايتيها .

وبعد القفل المزدوج تختبر العلبة تحت ضغط وتعبأ للشحن (الشكل 20-5).

سادسا : الاختيار بين العلب ذات القطعتين والقطع الثلاث

يتوقف الاختيار على عدد من العوامل مثل المنتج الذى سيعبأ وكميـــة العلـــب التى ستنتج ومدى أحجام العلب وإتاحة وسعر المواد الخام . وبصفة عامـــة الخطـــوط الملحومة welded لها رأس مال أقل وإمكانيات استخدام مختلفة لأنها تستطيع أن تقـــابل تغيرات الحجم بسهولة .



شكل 20-5 : عمل العلبة ذات القطع الثلاث

سابعا: تصميم وتصنيع نهايات العلب

أثناء معاملة الأغذية المعلبة فإن المحتويات تتمدد وتبذل ضغطا على النهايـــة. والمادة المستخدمة وتصميم النهاية يجب أن يسمح بهذا حتى يمكن للنهاية أن تبقى بعـــد المعاملة الحرارية بدون إعوجاج . والعوامل الهامة هى :

أ- مقاس وصلابة مرونة temper نهاية العلبة .

ب- سمات تصميم النهاية فمثلا التحزيزات وضغـــط الانتفـــاخ bulge pressure وخاصة النخعة flip فى النهاية (الإحتياج أن إلى تعود إلـــى الوضـــع الطبيعـــى المقعر البسيط بعد المعاملة) .

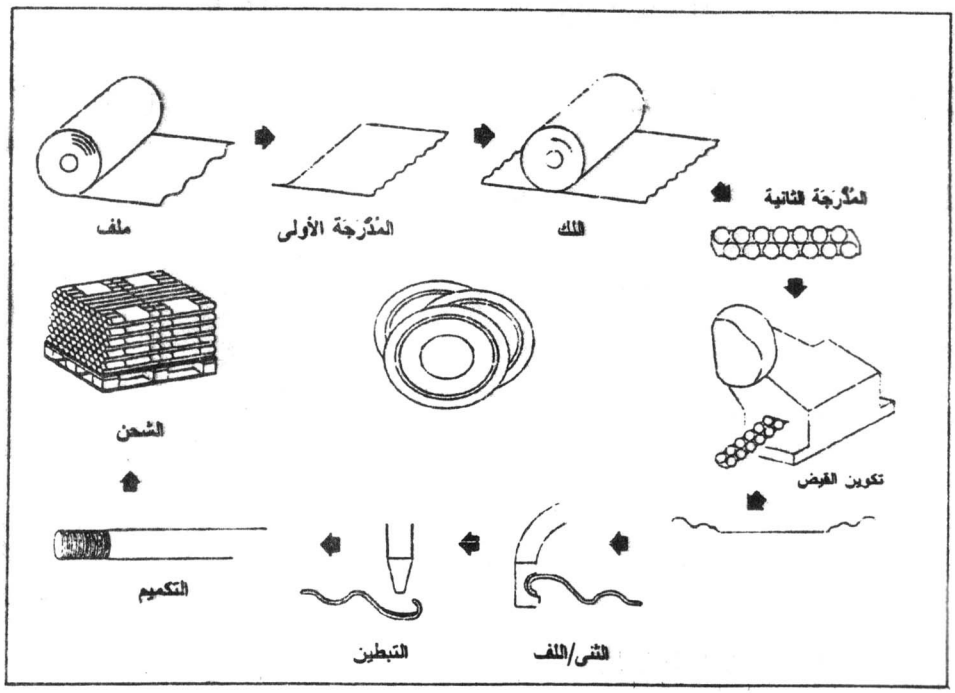
ج- متطلبات اللك lacquer مثل مقاومة المنتج والآلات .

د- عوامل المعاملة مثل نوع المنتج ومستوى الحيز العلوى ومستوى الفراغ والغـــازات المحبوسة ودرجة حرارة المعاملة والضغط .

هذه العوامل بجانب القدرة على القفل المزدوج يجب مراعاتـــها فـــى تصميـــم نهايات العلبة .

ثامنا : تصنيع النهاية End manufacture

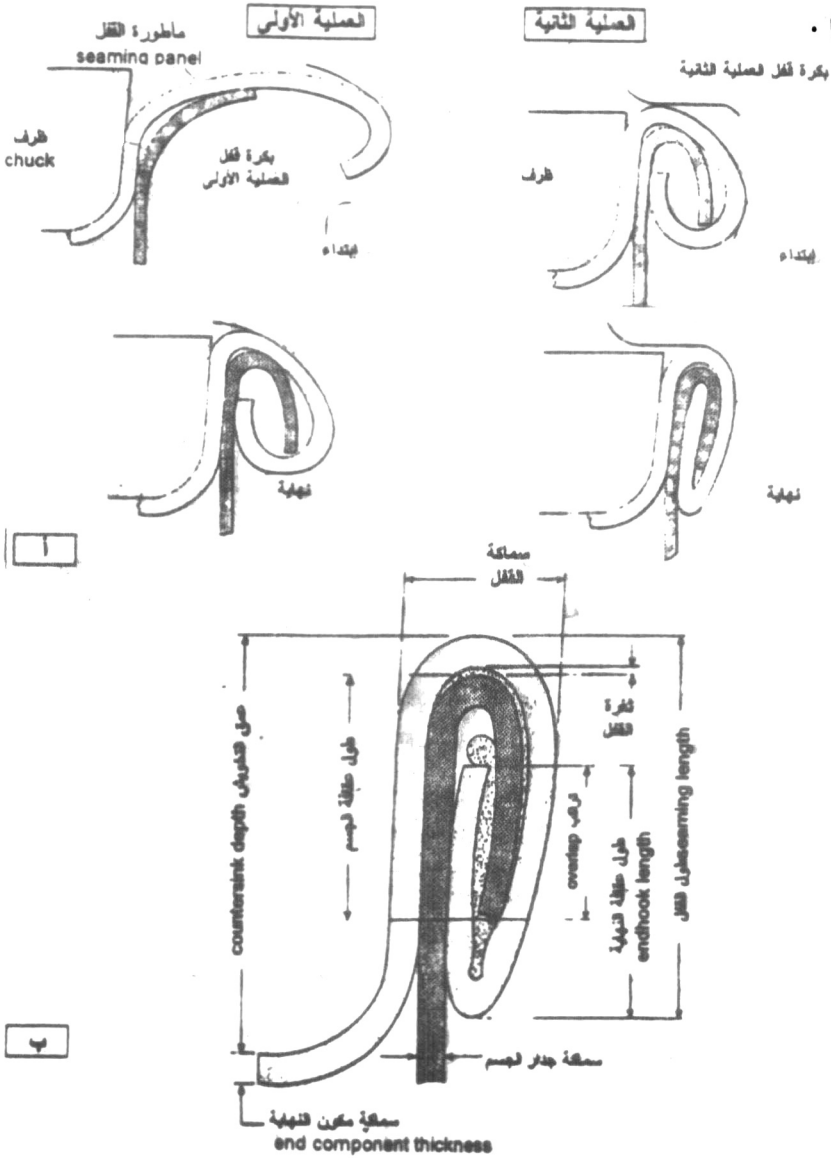
خطوات تصنيع النهاية ظهرت فى الشكل 20-6 والألواح عادة من ص.خ.ق TFS لعمل النهايات تأتى فى ملفات . وهذا يجعل عملية القطع على خط المُدْرَجَة scroll الأولى وهى تقطع متعرجا staggered لتقليل الفقد . وبعد ذلك تعامل باللك أو تطبع . ثم تُقْطَع فى شرائط فى المُدْرَجَة الثانية وقد يعامل بالشمع فى هذه الحالة كمشحم من أجل عمليات تكوين النهاية ثم تغذى الشرائط إلى مكبس والذى عادة يكبس عدداً من النهايات فى كل عملية . وأحرف النهاية تُلفَ بعد ذلك بتدويرها بين قطبين مجعدين وهذا يلين الحرف مما يمكن من القفل المزدوج بعد ذلك . وبعد ذلك يوضع مركب قفل سائل وهو مخلوط من مطاط طبيعى وصناعى إما فى ماء أو مذيب وإذا أستخدم الماء فإن التجفيف فى فرن أو هواء ساخن ضرورى وتجمع النهايات فى عصيان sticks وتشحن .



شكل 20-6 : تصنيع نهاية العلبة

7-20 القفل المزدوج Double seaming

يعـرف القفل المزدوج بأنه تكوين قفـل محكـم / كتيـم hermetic seal بتوشيج interlocking حروف ماطورة نهاية القفل end seaming panel وشـفة الجسم body flange . والقفل ينتج فى عمليتين ولذا يشار إليه بالقفل المزدوج . وهـو يمنع دخول الكائنات الدقيقة إلى العلبة المعقمة فهى حرجة لنجاح عملية التعليب (الشكل 7-20) .



شكل 20-7: (أ) تكوين القفل المزدوج ، (ب) مصطلحات أبعاد القفل المزدوج.

أولا: تكوين القفل المزدوج Double-seam formation

القفل يكون على مكن قفل أو مكن القفل المزدوج ونفس العملية تستخدم سواء طبقت النهاية الثابتة fixed عند صانع العلب أو النهاية المفكوكة loose عند ملىء العلبة . ومعظم القافلات المزدوجة تعمل عمليتى القفل مع استخدام بكرتى القفل. وجسم العلبة والنهاية تقمط/تمسك clamped على ظرف قفل seaming chuck بواسطة حمل يطبق رأسياً على لوح أساس base plate أو رافع القفل seamer lifter .

وأثناء العملية الأولى ماطورة نهاية القفل وشفة الجسم يلفان معاً إلى وضع واشجة interlock صحيح . والعملية الأولى تحدد جودة أبعاد القفل وهى خطوة حرجة فى التشكيل . والعملية الثانية تنهى القفل بكيّه ironing وضغطه إلى الإحكام tightness الصحيح .

ثانيا : القافلات المزدوجة وعقد الهدف

Double seamers & target setting

القافلات المزدوجة لها عدة تصميمات . فيمكن أن تكون أحادية أو متعددة الرؤوس مع ظروف chucks ثابتة أو مدارة ورافعات lifters وبسرعات قفل مختلفة (2-2000 علبة/دقيقة) . وفى مصنع ملء العلبة يمكن أن تُستَخدَم لتهيئة الحيز العلوى headspace (المسافة ما بين سطح المنتج ونهاية العلبة) باستخدام إنسياب البخار أو فراغ بارد أو إدخال غاز تحت الغطاء ويتوقف ذلك على المنتج الذى يتم تعبئته . وفى ضبط القفل المزدوج يجب أن يُعقَد ويُضبَط الآتى :

1-بروفيل اسطوانات العمليتين الأولى والثانية .

2-ظرف ونوع البكرة والمواصفات .

3-حمل القاعدة .

4-إرتفاع الدبوس pin height (المسافة بين لوح الأساس والظرف).

وبعد تثبيت هذه الانعقادات الأساسية فإن عملية القفل الأولى تُعقَد من أجل هدف : سماكة القفل وعمق التخويش countersink depth . وبعد ذلك تعقد العملية الثانية لانتاج أبعاد القفل النهائى الصحيحة وهذه العملية تعرف باسم "عقد الهدف target setting " وهى حرجة للحصول على تكوين قفل مزدوج مرضى .

ثانيا : تقييم القفل المزدوج Double-seam evaluation

وهذه تشمل ثلاث طرق رئيسية : 1- الاختبار البصرى للعيوب الواضحة. 2- التقطيع sectioning. 3- التفكيك الكامل complete tear down .

وكثير من أهداف الأبعاد المأخوذة من إما التقطيع أو التفكيك الكامل يمكن أن تذكر مثل طول القفل وسماكة القفل وعقيفات الجسم body hooks وهذه الأبعاد تقاس فى حساب معالم القفل الحرجة critical seam parameters وهى الأبعاد أو السمات التى يجب أن يتطابق معها القفل المزدوج لكى يكون مرضياً :

أ- تقدير الإحكام الصحيح correct tightness : الإحكام المضغوط للقفل المزدوج النهائى مقاساً بتقدير التجاعيد الموجودة على عقيفة hook النهاية .

ب- التراكب overlap الحقيقى الصحيح للنهاية مع عقيفة الجسم .

ج- الدفن embedding الصحيح لعقيفة الجسم فى مركب البطانة عند قاع القفل الداخلى – نهاية عقيفة الجسم body hook butting .

د- الخلو من العيوب النظرية الواضحة .

والقياسات عادة متوسط نتائج من موضعين عكسيين على قفل العلبة .

وأنواع بروفيل القفل المزدوج وأبعاده قد تختلف تبعاً لنوع الوعاء والمواد المستخدمة ونوع المنتج (غذاء أو مشروب) .

جدول 20-4 : بعض أحكام العلب وسعتها .

السعة (مل)	الحجم	
	مم أ	بوصة
212	71 × 65	–
235	78 × 65	301 × 211
315	2/100 × 65	400 × 211
230	62 × 73	207 × 300
212	58 × 73	–
400	105 × 73	402 × 300
425	10/109 × 73	–
445	115 × 73	408 × 300
580	5/ 114 × 83	408 × 307
850	119 × 99	411× 401
3800	2/151 × 153	700 × 603
4100	235 × 153	904 × 603

(Macrae)

أ: بعد الارتفاع قد يختلف ويتوقف ذلك على النقطة التى يعمل منها المقياس وأقرب ملليمتر كامل.

20-8 الحديث فى تصميم العلبة

Recent developments in can design

اللك الحالى للأوعية المعدنية وأغطيتها يعرف باسم الراتنج الرئيسى أو مخلوطات الراتنجات أو بالتكوين الرئيسى ومن أمثلتها : الأوليوراتنج والفينايل والفينول والإيبوكسى والإيبوكسى الفينولية والأورجانوزول على أساس مذيب أو ماء. وسواء كانت حامية أو للزينة فإنها تطبق كسوائل وطور المذيب عادة عضوى ولكن من الممكن أن يكون ماء ومعه مذيب عضوى لبعض التطبيقات . وهذه المواد إما تطبق قبل أو بعد تصنيع العلبة ويتوقف على طريقة التصنيع بواسطة مزلقة دوارة roller coaster أو بالرش .

20-8-1 تطبيق التغطية واللك والوضع فى الفرن

Coating & lacquer application & stoving

طريقة تطبيق التغطية تختلف تبعاً لنوع بناء العلبة:

أ- تغطية اللك بالإسطوانات على لوح القصدير يتم بسلسلة من الاسطوانات والتى تلتقط وتوزع اللك عبر اسطوانة تطبيق والتى بعد ذلك تغطى سطح واحد من المعدن الذى يمر خلال المكنة . وتصميم مشابه يمكن أن يستخدم فى طبع صفائح المعدن (الشكل 20-8) . والعلب ذات الثلاث قطع وبعض العلب ذات القطعتين وبهايات العلب تُلَك بهذه الطريقة .

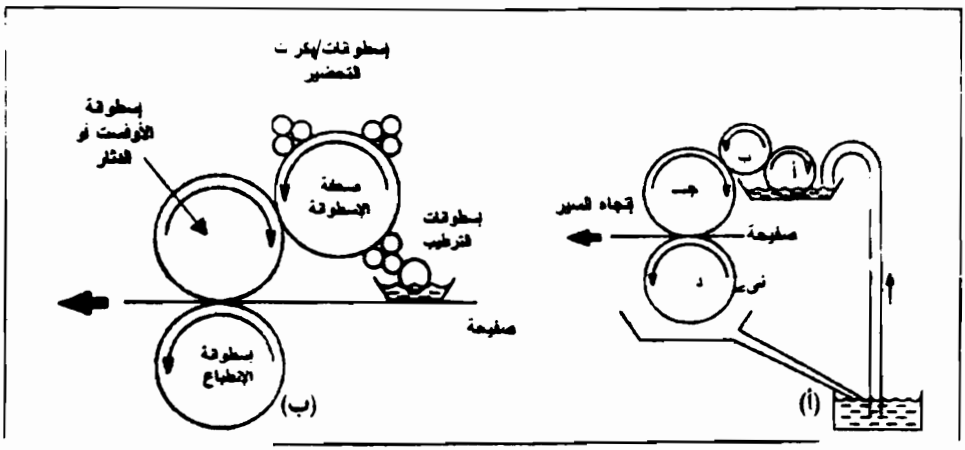
ب- اللك المرشوش يُسْتَخْدَم للعلب ذات القطعتين المسحوبة والعلب ذات الجدار المكوى wall ironed cans فيجرى تطبيق طبقة واحدة أو طبقتين من اللك تحت ظروف مضبوطة لإنتاج تغطية مستمرة وثابتة مع أقصى تغطية للمعدن .

ج- وكبديل للك السائل فإن التغطية السطحية يمكن أن تُجْرَى كمساحيق ثم تصهر على onto السطح . والعلب ذات القطعتين أو الثلاث قطع يمكن أن تغطى بهذه الطريقة، ولكن أكثر إستخدام هذه الطريقة هو فى حماية القفل الجانبى فى علب ذات الثلاث قطع.

وبعد عمل اللك فمن الضرورى الإدخال إلى فرن حيث يحدث التبلر الحوارى heat polymerize (معالجة cure) اللك ولتحقيق المقاومة الكيماوية والفيزيقية لفيلم اللك أو الورنيش أو التغطية بالصبغات . ويتوقف على الراتنج المستخدم فإن هناك درجة حرارة حرجة للمعالجة عادة فى المناطق من 185-195°م لمعظم اللك .

ومعظم الأفران من النوع المستمر أو الناقل ، وهى تتكون من سلسلة من أطر معدنية أو خوخات wickets تركب على سلسلة، وصفائح المعدن المبطن تنقل من المغطيات إلى الخوخات ثم تنقل خلال غرفة التسخين بسرعة مناسبة لإعطاء ارتباط رمن ـ درجة الحرارة المطلوب .

وأوقات الفرن هى تقريبا 10 دقائق عند قمة درجة حرارة المعدن العالية المطلوبة من وقت كلى فى الفرن قدره 14-15 دقيقة . ومعالجة اللك تتم بضبط درجة حرارة الفرن وعمل مراقبة جودة على اللوح المُلَك لتقييم الخواص الكيماوية والميكانيكية .



شكل 20-8 : (اللك المعدني: 1- إسطوانة التغذية. 2- إسطوانة النقل. 3- إسطوانة التطبيق. 4- إسطوانة الضغط. ثى ـ كاشط . (ب) الطبع على المعدن.

20-9 التطورات الحديثة فى اللك والطبع

Recent developments in lacquering & printing

كثير من التطورات كانت فى إنقاص بث المركب العضوى المتطاير (ر.ع.ط volatile organic compound (VOC فاستُخْدِم الماء كأساس لبعض أنظمة اللك بدلا من المذيبات العضوية وكانت ناجحة فى تطبيقات رش العلب ذات الجزئين .

وكذلك استخدمت المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية (ش.ب UV) للورنيش الخالى من المذيب والأحبار . وميزة المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية بجانب أقل لـ ر.ع.ط VOC هو زيادة سرعة الخطوط ووفر فى الطاقة والمساحة .

أولا : رقائق اللدائن على المعدن Plastic lamination of metal

كبديل اللك يستخدم رقائق لدائن plastic lamination للقاعدة المعدنية بواسطة فيلم مبلمر سابق التكوين . وهذا يمكن أن يحقق بلصق البوليمر أو ربطه بالحرارة heat bonding إلى القاعدة . فيمكن تغطية سطحى الملف المعدنى سواء كان صلبا أو ألومنيوم وهى تستخدم للنهايات سهلة الفتح ومكونات العلب الرذاذة aerosol components وصوانى الأكل .

ويمكن عن طريق طريقة ريبروثيرم reprotherm للطبع متعدد الألوان الطبع على ورق ثم نقله إلى سطح العلبة بواسطة عملية نقل حرارى . كما أن الألوان على ألواح القصدير تعمل الآن بواسطة الحاسوب بدلا من عملها نظريا .

ثانيا : العلب ذات القطعتين Two-piece cans

يصنع الجسم والقاع بسحب قطعة واحدة من المعدن وعلى هذه تقفل نهاية منفصلة بعد الملء . ومزايا هذا النوع : تكاليف وحدة أقل وتقليل استخدام المادة الخام فى التصنيع وتصميم أبسط (قفل أو وصلات أقل) والتمييز على الرف فى الأسواق. وتستخدم حيث هناك عدد كبير من أحجام العلب والمواصفات المطلوبة مثل علب المشروبات . وهناك طريقتان عامتان لإنتاج العلب ذات القطعتين : السحب المفرد والسحب متعدد الأطوار وهذه تشمل إسحب ـــ أعد السحب (س.ع.س DRD) draw-redraw ، ومسحوبة ومكوية الجدار (س.ك.ج DWI) drawn and ironed، والتى يشار إليها أحيانا بمسحوبة ومكوية (س و ك D & I) drawn and ironed .

ثالثا: السحب المفرد ومتعدد الأطوار Single & multi-stage drawing

يشتمل السحب على تشكيل اللوح المعدنى إلى كأس cup معطيا إنقاص فى قطر القرص الغفل عند سماكة معدن أساسا ثابتة . وممكن استخدام هذه الطريقة فى العلب المستديرة والمستطيلة والبيضاوية . وارتفاع العلب النسبى المنخفض يُمَكِّنْ من إنتاج جسم العلبة فى سحب واحد . وإذا أريد علبة أكثر عمقا فمن الضرورى إستخدام أطوار عديدة فى السحب multi-stage drawing أو س.ع.س DRD . وهناك حدود لنسبة السحب لأجسام العلب المستديرة تبعا للارتفاع (ع H) والقطر (ق D):

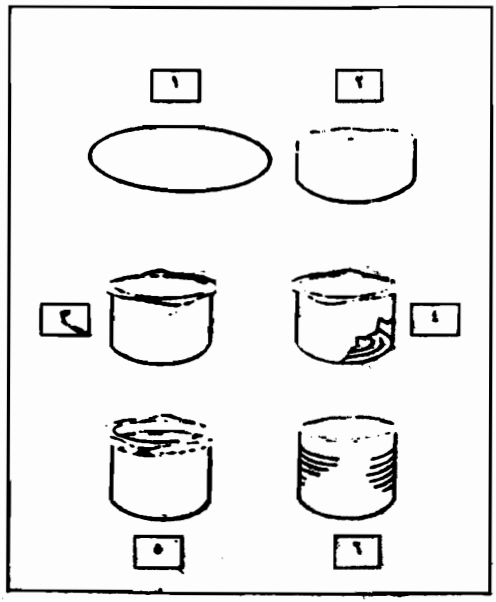
السحب الواحد ع H/ق D ≥ 0.7 ؛

السحب وإعادة سحب واحدة 0.7 > ع H/ ق D ≥ 1.4 ؛

السحب وإعادة سحب مرتين 1.4 > ع H/ ق D ≥ 1.8 .

رابعا : السحب ذو الأطوار المتعددة Multi-stage drawing

الطور الأول فى هذه العملية هو نفس الطور لعملية السحب الواحد ويشمل قَطْعْ قِطَعْ مستديرة من صفيحة المعدن ثم يُسْحَب كأس cup من هذا القرص فى المكبس الأول الخطوات 1، 2 ثم تكون القاعدة والشفة والتحزيز (الشكل 20–9 الخطوات 4،5،6).



شكل 20–9 : تصنيع علبة إسحب وأعد السحب (س.ع.س) .

خامسا : اللك للأوعية المسحوبة Lacquers for drawn containers

العلب المسحوبة تصنع من ألواح ملككة lacquered ويجب العناية فى إختيار اللك لأنها يجب :

أ- أن تعطى سطحا مشحما للمساعدة فى عملية السحب وهذا يتحقق بإدخال مشحمات أغذية فى اللك .

ب- أن تكون مرنة جدا بحيث لا تتضرر أثناء تشويه المعدن (تكوين العلب) ولا تفقد التصاقها بالقاعدة المعدنية .

ج- أن تكون متناسقة مع المنتجات التى ستعبأ وتمنع أى تفاعل كيماوى بين المنتج والوعاء.

سادسا : العلب ذات الجدر المكوية والمسحوبة

Drawn & wall-ironed cans

الكأس المكون من السحب الأول يوضع على سنبك punch وتدفع خلال سلسلة من قوالب الكى ironing dies أو الحلقات حيث الفجوة ما بين السنبك punch والقالب أقل من سماكة المعدن . وهناك سلسلة من 3-4 قوالب ذات فجوات أصغر تدريجيا والتى تنقص من سماكة جدار العلبة حتى 75% . والعلب يجب أن تُكسَى lacquered بعد تكوينها . و خطوات عمل العلبة هى أ- قَطْعْ قِطَعْ دائرية . ب- سحب الكأس cup . ج- إعادة السحب. د- الكى متعدد الأطوار . هـ تشذيب جسم العلبة. و- الغسيل. ز- الحماية الخارجية ح- الحماية الداخلية. ط- التحزيز وعمل الرقبة والشفة flanging. ى- الفحص البصرى لكل علبة للتأكد من سلامتها.

وعلب المشروبات عادة تزين بعد التصنيع بينما علب الأغذية عادة تروشم بالورق.

سابعا: المقارنة بين العلب المسحوبة ومكوية الجدار (س.ك.ج DWI) drawn & wall ironed والعلب المسحوبة ومعادة السحب (س.ع.س DRD) draw-redraw.

عند تحديد ما إذا كان سيستخدم علب س.ك.ج DWI أو علب س.ع.س DRD يجب التنبه للعوامل الآتية :

أ- ميزة التكاليف فى ترقيع الجدار فى س.ك.ج DWI .

ب- قوة الجدار المطلوبة بواسطة مالىء العلبة وموزعها .

ج- إرتفاع العلبة (س.ك.ج DWI أحسن فى العلب الطويلة وس.ع.س DRD أحسن فى العلب القصيرة).

د- للأوعية التى أساسها الصلب س.ك.ج DWI تتطلب استخدام ألواح القصدير بينما س.ع.س DRD يمكنها استخدام كلا من ألواح القصدير وألواح الصلب خالى القصدير.

هـ تكاليف رأس المال فى أجهزة س.ك.ج DWI عادة أعلا .

ثامنًا : العلب الخاصة : الصوانى والعلب المشكلة

Special cans: trays & shaped cans

الصوانى Trays

المصطلح صينية يطبق عادة للأوانى التى فيها العمق هو أقل كثيرا من الأبعاد الأخرى . والصوانى الموجودة الآن معظمها مستطيل أكثر منه مستدير. وهى تستخدم لمنتجات الوجبات المعدة وتستفيد من عملية أقصر واختراق حرارى أسرع أثناء التعقيم ولذا فهى لها احتمال أكبر لتحسين الخواص العضوية الحسية. وهناك فئتان من الصوانى المعدنية .

أ- صوانى جاسئة مصنوعة من الصلب أو الألومنيوم (السمك المعدنى 0.2-0.3 مم).

ب- صوانى نصف جاسئة دائما مصنعة من الألومنيوم وسمك الجسم والنهاية (0.05-0.20 مم).

والصوانى هى أوعية مسحوبة ومثل العلب المستديرة ذات القطعتين فإنها دائما محمية داخليا وخارجيا بالك بفيلم والذى يمكن أن يختلف فى وزنه من 5-20 جم/م^2 مثلا على صوانى جاسئة مقفولة قفلا مزدوجا .

وفى حالة الصوانى النصف جاسئة فإن التغطية الداخلية عادة بوليمر (مثل عديد البروبيلين) لتسمح بالقفل الحرارى للصينية لحماية الألومنيوم تحتها من المنتج. ووزن هذا الفيلم الداخلى قد يكون حتى 50 جم/م^2 ويوجد عدة أحجام متاحة من 100-325 جم إلى 1.5-3.0 لتر .

تاسعا : العلب المشكلة Shaped cans

يوجد أشكال غير منتظمة فشكل البرميل barrels والسلطانيات bowls والحلل pots ويحصل عليها بالامتداد الميكانيكى للجسم الملحوم welded للعلب ذات القطع الثلاث كما أن هناك علب على المقاس tailor made .

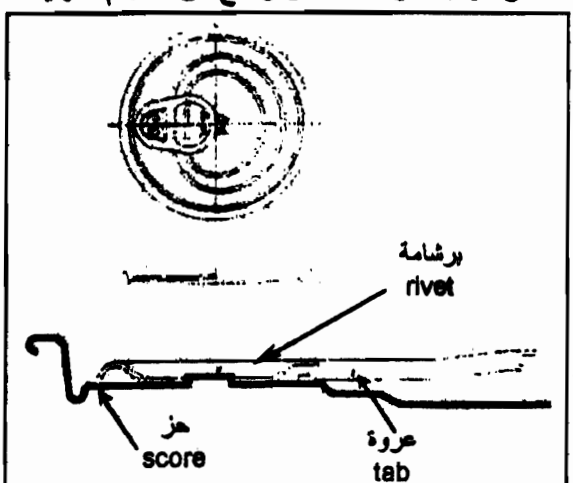
عاشراً : النهايات سهلة الفتح Easy-open ends

إن التقدم التدريجى فى مقاييس العلب وخفض سماكة الطبة وإدخال القفل المزدوج سمح بإدخال فتاحات علب تزيل النهاية كلها.

التصميم والتصنيع والإستخدام Design, manufacture & use

إن فتحة نهاية العلبة تحققت بواسطة خط حز score بجانب القفل المزدوج وعروة tab والتى تُرفَعْ ثم تُجذَبْ للخلف لتسمح بإزالة الجزء المركز عن النهاية (الشكل 20-10). وتصنيع هذا النوع من النهاية عملية محكمة جداً وتنتج على أجهزة كبس خاصة وهذه بجانب عملية كبس النهاية العادية والتى تنتج مايسمى بالقشرة shell فإن لها ثلاث عمليات إضافية تقوم بها: تصنيع العروة tab وربط العروة وتكوين البرشامة rivet وعمل الحز scoring. والعروة tab تصنَّعْ من شريط منفصل من المادة ويتصل بالنهاية بواسطة تكوين برشامة وعملية تسمى تكوين رأس heading operation. وعملية الحز تقطع شكل V فى المعدن بحيث أن إنكسار المعدن يبتدىء من الحز score عندما تُرفَعْ العروة وتُشَدْ. والحز إما أن يكون خارجياً أو داخلياً. واللك فى منطقة الحز score قد يتطلب تغطية وهذا يُجرَى إما بالرش أو بالزيت أو بإجرائها باللك بالإستشراد الكهربى electrophoretic lacquer.

ونظراً للتشوه الميكانيكى للوح المعامل باللك أثناء إنتاج الحز score والبرشامة rivet فمن الضرورى إستخدام لك ذى مرونة جيدة وكذلك إلتصاق جيد. واللك المستخدم قد يشمل مدى من عدة بوليمرات مثل أيبوكسى فينولات عادة مرتبطة بنهايات سهلة الفتح من ألومنيوم على إتصال بمواد غذائية غير مهلجمة أو بأنظمة ذات طبقات مختلفة تشمل لك الإرجانوزول والذى يستخدم إما مع نهايات الصلب أو الألمنيوم مع منتجات أكثر مهاجمة وهناك مدى واسع من أحجام النهايات سهلة الفتح.



شكل 20-10 قطاع فى فتحة كاملة لنهاية سهلة الفتح.

- العلب اللدائن - بدائل العلب المعدن

Plastic cans-metal can alternatives

-كيس المعقم Retort pouch

فى السبعينات كان كيس المعقم retort punch والذى صنع من رقائق مرنة من عديد الإستر ورقائق الألومنيوم وعديد الإيثيلين أو عديد البروبلين وكان يقفل بالحرارة على طول حروفه وإستخدم مع بعض المنتجات ومنها روستى البطاطس potato rösti إلا أنه لم ينجح تجارياً نظراً للملء والقفل البطيء المكلف.

العلب اللدائن والصوانى والسلاطين Plastic cans, trays & bowls

إن تغير نمط الحياة وطلب وجبات خفيفة جيدة الجودة وجديدة ونجاح فرن الموجات الدقيقة/ القصيرة أدى إلى تطوير وعاء يعمل فى نفس الوقت كوعاء أولى ووعاء للأكل منه.

- المواد والتصنيع Materials & manufacture

للحصول على منتجات أغذية ثابتة على الرف على درجة الحرارة المحيطة فإن أى بوليمرات مستخدمة يجب أن تكون ثابتة حرارياً وقوية ولها خواص حجز الأكسجين المناسبة. وهذا يتحقق عادة باستخدام تركيب له عدة طبقات وأكثر البوليمرات التركيبية إستخداماً هو عديد البروبيلين مع كحول إيثيل فينايل ك.أ.ف EVOH أو كلوريد عديد الفينيليدين (ك.ع.فى) كالطبقة الحاجزة ويوجد بين الطبقات المبلمرة. وتستخدم المُلْصِقَات لربط الطبقات معاً ويعاد إستخدام النشذيات كمحببات وتستخدم كطبقة (لوحدها) فى التركيب. والصَفْحَة عادة تُبْثَق رذكوين الأوعية بالحرارة قد يأخذ مكانه مباشرة بعد ذلك أو يستخدم بكر من المادة فى تغذية مكنة شَكِّل/إملأ/إقفل form/fill/seal فى مصنع الملء.

- قفل الوعاء Containers closing

الأوعية اللدائن قد تقفل حرارياً أو تقفل مزدوجاً مع نهايات معدنية. والصوانى المربعة عادة تقفل حرارياً مع رقائق معدنية أو مع الأغطية الخالية من الرقائق وهذه يجب أن تعطى قَفْلاً كتيماً/محكماً hermetic

وتكون سهلة الفتـــح. ويزال الهواء من الحيز العلوى للوعاء إما بـــالفراغ أو البخـــار أو أن الحيز قد يهيىء بغاز خامل أثناء عملية القفل.

- التوزيع Distribution

لما كانت الأوعية معرضة للضوء أثناء التوزيع فيستخدم وعاء ثـــانوى مثـــل كرتونة أو غطاء علوى لحماية غطاء الوعاء. وهذه ليكون لها فـــائدة كحـــارس ضـــد التناثر أثناء التسخين فى فرن الموجات الدقيقة/القصيرة. (Macrae)

10-20 مناولة الأغذية Food handling

1-10-20 تحضير الخضر Preparation of vegetables

أولا: التنظيف Cleaning

تحضير الخضر المحصودة من تحت الأرض مثل الجزر والبطاطس يتطلـــب إزالة التربة والحجارة فتبتدىء العملية بالتفريش الجاف dry brushing أو النقـــع ثـــم الغسيل. والغسيل يشمل الإحتكاك المبتل بفرش دائرة أو أصابع مطاطية ثم بالغسيل فـــى غسالة قضبان rod washer. وفى هذه الأخيرة تقلب الخضر فى إســـطوانة مصنوعـــة من قضبان صلب بينما تغسل برذاذ ماء من داخل الإسطوانة. وهذه الخضروات تقشـــر عادة فيما بعد.

أما البقول مثل البسلة الخضراء والفاصوليا فـــهى تحصـــد ميكانيكيـــا وتنقـــل للتعليب فى المصنع. ويستخدم مكن لتقشير البـــذرة وتكســـير مجموعـــات الفاصـــوليـــا الخضراء. والتنظيف الجاف بالهواء المدفوع لإزالة المادة الغريبة يتبعه الغســـيل الـــى تنكات لإزالة الطين والحجارة وبعض الأنظمة تستخدم التعويم لإزالـــــة أجزاء مـــادة الخضـــــر الصغيرة وفى النهاية غسيل بالماء لإزالة التربـــــة المتبقية.

والخضروات الورقية مثل السبانخ صعبة التنظيف حيث توجد المواد الغريبـــة بين الأوراق. والأوراق تنظف بتعويمها فى تنكات من الماء حيث يقلب الماء بالـــهواء أو يحقن الماء وهذا يفصل الأوراق ويزيل التربة.

وفحص الخضروات المغسولة بالآلات مثل فرازات اللون أو الفرازات الاليكترونية فى هذه المرحلة يزيل أى مادة غير مرغوبة والفحص اليدوى يزيل ما لايمكن عمله ميكانيكياً.

ثانيا: التقشير Peeling

تقشير الخضروات قد يكون بالقطع الميكانيكى أو بالإحتكاك بإستخدام بخار تحت ضغط عال أو بالمعاملة الكيماوية. والتقشير بالإحتكاك يستخدم إسطوانات أو أقراص مغطاة بالكاربوراندوم carborandum والتى تتصل مع الخضر التى تقلب ويزال الجلد المُحَكّ برذاذ من الماء. ولإزالة المادة من منخفضات الخضر بعض لحم الخضر يزال أيضاً بالإحتكاك.

والخضر تقشر بالبخار بحفظها مدة قصيرة فى بخار تحت ضغط مما يسحن طبقة من النسيج تحت القشر/الجلد وعندما يزال الضغط فجأة فإن النسيج يغلى بشدة ويطلق الجلد/القشرة المتصلة بتآلف مع الخضر. ويستخدم 17 جوى ضغط بخار لمدة 30 ثانية.

ومحلول قلوى ساخن (أيدروكسيد صوديوم) يستخدم لتقشير الخضر وبعض الفواكه كيماوياً. ومن المهم غسيل الخضر بعد التقشير بالقلوى لإزالة أى آثار من القلوى. والمعاملة تختلف وتتوقف على الجلد/القشر المزال ولكن محلول يغلى من 10% قلوى يزيل معظم الجلد/القشر فى أقل من دقيقة. وهو يزال بفرش دوارة أو أصابع مطاط ورذاذ ماء. والهدر القلوى سواء سائل أو صلب يجب معادلته بحمض قبل التخلص منه وهذا يزيد من التكاليف.

ثالثا: تكوين الشرائح والتكعيب Slicing & dicing

عمليات القطع تستخدم لإعطاء الحجم المناسب للخضر فى التعليب فالبهايون يقطع إلى الطول الصحيح للعلبة والجزر والبطاطس تعمل شرائح أو تُكَعَّبْ لإعطاء شكل جذاب للخضر المعلبة. وحجم وشكل الخضر المعلبة يتوقف على نوع العبوة التى يتطلبها السوق.

2-10-20 تحضير الفواكه Preparation of fruit

أولا: الغسيل Washing

عادة الفواكه أسهل فى التضرر عن الخضر ولذا تغسل الفواكه بالغمر فى تنكات ماء حيث تقلب ثم ترش بالماء على المصاعد أثناء إزالة الفاكهة من التنك. وقد تستخدم غسالات القضبان مع بعض الفاكهة مثل الموالح والتى لاتتضرر بسهولة.

ثانيا: التقشير وإزالة النواة Peeling & pitting

التفاح وبعض الفواكه الحجرية تحتاج للتقشير وإزالة النواة قبل التعليب. وإزالة النواة عملية ميكانيكية وكل نوع من الأغذية له أجهزة متخصصة لإزالة النواة. ومُقَشِرَات التفاح والكمثرى الميكانيكية تزيل جزء القلب والجلد/القشر قبل تصنيف الفاكهة. والفواكه الحجرية عادة تقشر كيماويا بالقلوى ثم تغسل. أما الفواكه ذات السيقان مثل الكريز فهى تدار على إسطوانات دائرة والتى تلتقط السيقان وتزيلها.

ثالثا: السلق Blanching

السلق هو معاملة بالحرارة بالقرب من الغليان أو بالبخار ويتبعها تبريد سريع يعطى للخضر وبعض الفواكه. والسلق يزيل الغازات من داخل الأنسجة ويطرى المنتج. وهو يجعل المنتج أسهل فى ملء العلبة وأن يحصل على وزن ملء مضبوط. وإزالة الغاز تقلل من أكسدة المنتج وتحافظ على الفراغ فى العلبة وتمنع التآكل الزائد للعلبة وتمنع الضغط الزائد داخل العلبة أثناء التعقيم. والسلق يعطى المنتج غسيلا آخر ويثبط الإنزيمات التى قد تسبب تدهور الغذاء. وتثبيط الإنزيمات ليس مهما فى التعليب كما هو فى التجميد حيث أن الأغذية المعلبة تعامل حراريا بأكثر من السلق أثناء المعاملة الحرارية للعلبة ولكنها قد تكون هامة إذا كان هناك عطلة بين الملء والتعقيم. والسلق يجرى على درجات حرارة بقرب الغليان فى ماء لمدة 60 - 90 ثانية للأشياء الصغيرة مثل البسلة الخضراء والجزر المكعب وحتى 3 دقائق للأجزاء الكبيرة.

رابعا: تحضير العصير Preparation of juices

العصير هو السائل الذى يعصر من الفاكهة أو الخضر. وبعد إستخدام القوة على كل من الفاكهة أو الخضر أو على المادة اللبية يصفى اللب من السائل. وهذا

يمكن إجراؤه باستمرار فى معاصر حلزونية أو مكابس حزامية وهناك أنواع مختلفة كثيرة من مكابس الدفعات. والموالح تعصر reamed ميكانيكياً أو تسحق بشكل يسمح بإزالة الجزء المأكلة عن الجلد/القشر وتزال المواد غير المرغوبة من العصير فى منهيات ذات مجاديف أو فرش أو فى مكابس حلزونية صغيرة. وهذا المكن يدفع العصير خلال مصافى بينما يفصل ويزيل اللب الذى هو عادة كبير بحيث لايمر خلال المصفاه.

ويبستر عصير الموالح بالمعاملة بالحرارة على 95 °م مباشرة بعد الإستخلاص لتنشيط البكتيناز والذى يسبب عكارة فى العصير. فعكارة العصير يحتفظ بها بالبكتين الموجود طبيعياً والذى إذا هاجمه البكتيناز يسمح للعصير بالإنفصال إلى سيرم رائق وراسب صلب. وبالعكس فالبكتيناز قد يضاف إلى عصائر أخرى مثل التفاح لإنتاج عصير رائق وإذا لم يملأ العصير ساخناً فإنه يأخذ معاملة أخرى حرارية أثناء عملية التعليب.

20-10-3 تحضير اللحم Meat preparation

تحضير اللحم بعد الذبح وإزالة العظم يتكون أساساً من إزالة النسيج غير المرغوب مثل الدهن والجلد والشرايين الظاهرة. وينكمش اللحم حوالى 30% عندما يطبخ ولذا فالمنتجات المشكلة بإستخدام اللحم فهى عادة تطبخ قبل الملء فى العلب. وبعض منتجات اللحم تعالج corned أى أنها تطبخ مع علاج cure يحتوى ملح ونتريت. والنتريت يسبب أن اللحم يتحول إلى اللون الوردى المتخصص أثناء التسخين وهو بسبب خواصه المضادة للكائنات الدقيقة يسمح بإستخدام معاملة حرارية أقل شدة أثناء التعقيم retorting.

والسمك مثل التونا ينظف ثم يعامل بالبخار للسماح بإزالة سهلة للجلد والعظام. والحزات المعاملة بالبخار fillets تُملأ فى مكنة تشكلها وتقطعها إلى حجم العلبة قبل ملء العلبة. والسمك الآخر يقطع إلى الحجم وهو خام والسمك يحفظ فى ماج أو زيت أو صلصة.

20-10-4 تحضير المنتجات المصاغة

Preparation of formulated products

هناك عدد لانهائى من المنتجات المصاغة من يخنى اللحم إلى عقبة الألبان والمشروبات كالبيرة التى تعلب. ومعظم هذه المنتجات تطبخ أو تخلط قبل التعبئة. وهذه التى تطبخ توضع فى العلبة ساخنة.

والمنتجات المكربنة مثل البيرة وعصير الفواكه البراق sparkling تُمْلأ على درجات حرارة قبل التجميد مباشرة للمحافظة على ك أ$_2$. والمشروبات الخفيفة يحفظها مواد حافظة فهى لاتعتبر معلبة رغم وضعها فى علب.

20-11 العلب Cans

تصل العلب بالحجم المرغوب إلى ماليء العلب. والعلب قد تتلوث فمن الضرورى غسلها جيدا قبل الملء.

أولا: الملء Filling

مالئات ذات الكباس الحجمى تستخدم مع المنتجات السائلة ومع المنتجات السائلة التى تحتوى موادا صلبة مثل عيش الغراب فى صلصة الزبدة. ويستخدم منضدة دوارة turntable بها عدة رؤوس ملء حتى يمكن لعدة علب أن تملأ فى نفس الوقت. وسرعة الماليء تتوقف على عدد الرؤوس. والمالئات المشقلبة tumble fillers تستخدم لملء المواد الصلبة مثل قطع الطماطم. فالعلب المغسولة تتحرك خلال إسطوانة كبيرة دوارة تحتوى قطع المنتج. والمنتج يقع فى العلبة والزيادة تزال بميل وهز العلبة عند الخروج من الماليء. والمالئات الحجمية الأخرى تمسح المنتجات الصلبة فى جيوب على المنضدة الدوارة والمنتجات تنزل بالجاذبية إلى العلبة.

والملء اليدوى يستخدم مع المنتجات صعبة الملء بالمكنة. فملء الهليون فى العلب يمكن أن يجرى بالمكنة ولكن فى بعض الأحيان تتكسر الأطراف وعلى ذلك فالملء باليد مفضل.

وبعض المنتجات تعلب فى مأج أو شراب وهذه عملية منفصلة عن ملء الغذاء الصلب وقد تحدث قبل أو بعد ملء المواد الصلبة. وبعض المنتجات الصلبة قد

يكون بها جيوب من هواء بين القطع وفى هذه الحالة يضاف السائل قبل ملء الأجزاء الصلبة حتى أن السائل يملأ هذه المسافات وفى بعض الأحيان تملأ العلب إلى القمة topped up بعد ملء الأجزاء الصلبة.

ويجب أن يترك حيز علوى فوق العلبة بعد الملء وهذا الحيز الصغير يفرغ بعد القفل ولكنه مهم لكيان العلبة. وعلبة زائدة الملء تمنع تمدد المنتج أثناء المعاملة الحرارية مما قد ينتج عنه ضرر دائم لنهاية العلبة. وكذلك تتغير الخواص الحرارية للعلبة مما قد يبطل العمليات الحرارية المحسوبة.

ثانيا: الخلخلة Exhausting

يسرع الأكسجين الموجود فى الحيز العلوى للعلبة من تآكل معدن العلبة فى الحيز العلوى. ولمنع هذا فإن حجم الغاز بين المنتج والغطاء يجب أن يحتوى فراغا جزئيا. والطريقة التقليدية للخلخلة هى تَسْر/برشمة العلبة clinching وهذا الإجراء جزئى فهو العملية الأولى للقفل المزدوج ويحتفظ بالغطاء مفككا على العلبة. وتجرى الخلخلة بتمرير العلب الملأنة مع الأغطية المُتَسَرّة clinched خلال جهاز ملىء بالبخار لمدة دقائق لتسخين محتويات العلبة ولإحلال بخار محل الهواء ويتبع ذلك مباشرة إستكمال عملية القفل المزدوج.

وطريقة أخرى للخلخلة هى ملء المنتج ساخنا ويتبعه الماء الساخن أو الشراب الساخن ولها نفس التأثير كالخلخلة بالبخار ويتبع ذلك القفل بإنسياب البخار steam flow closing فيحقن البخار بين العلبة والغطاء عندما يوجدان معا فى عملية القفل. وهذا يطرد الهواء فى منطقة الحيز العلوى وعندما يتكثف البخار يتكون فراغ فى حيز علوى العلبة.

وكذلك يمكن إستخدام مضخات فراغ لإنقاص الهواء فى الحيز العلوى وهذا يمكن عمله أثناء الملء للفاكهة حيث يمكن أن يدخل الشراب تحت فراغ ويحل الشراب الداخل محل الهواء وقد يوجد فى بعض القافلات غرفة فراغ يمكن للعلبة أن تقفل داخله وهذا عادة يجرى مع اللحم والسمك حيث خطوط التعليب تبطئ بالعملية البطيئة نسبيا عند القفل تحت الفراغ.

والمنتجات الحمضية مثل عصير الفواكه والمربات والمخلل والشطنى قد تملأ فى العلب قرب درجات حرارة الغليان وتقفل العلب وتقلب لتعقيم الغطاء وتبرد. ويسمى هذا عملية الملء الساخن وينتج الفراغ من إنكماش المنتج بالتبريد وإحلال البخار محل الهواء فى المنتج الساخن.

ثالثا: قفل العلبة Can closing & seaming

لقافل العلبة منضدة دوارة مثل مالىء العلبة حيث تغذى العلب إلى مواقع stations قفل الغطاء بصف الغطاء على العلبة. واللوح الأساسى للموقع يرفع العلب، والغطاء يعشق الظرف العلوى، وبكر القفل يدور حول الدرز seam ليكون الختم seal وينسحب البكر وينخفض اللوح الأساسى وتخرج العلب المقفلة من القافل.

وعملية القفل تحدث بواسطة عمليتى بكر. والعملية الأولى للبكر تثنى الشفتين two flanges مع بعضهما والعملية الثانية للبكر تسطح flatten لتكون الختم. والختم يطمئن إليه بمادة شبه المستيكا mastic-like ترسب فى شفة flange العلبة تسمى المركب compound. ويمكن أن يقفل من 500 علبة/دقيقة إلى 2000 علبة/دقيقة.

رابعا: المعاملة الحرارية Thermal processing

عملية القفل المزدوج تختم الغذاء محكما hermetically والمعاملة الحرارية توفر التعقيم اللازم. والمنتجات التى لها جهد أقل من 4.5 تسمى أغذية حمضية ويمكن أن تعامل حراريا على درجات حرارة أقل من 100°م وتسمى العملية بسترة. والمنتجات التى لها جهد أعلا من 4.5 تسمى أغذية ذات حموضة منخفضة ويجب أن تعامل حراريا على درجات حرارة مابين 110 - 125°م تحت ضغط.

خامسا: عمليات بعد المعاملة Post-processing operations

العلب الخارجة من المبرد مبتلة بماء مكلور ويجب أن تجفف قبل أن تعامل بأمان. وقد تروشم العلب أما العلب المطبوعة فلا تحتاج إلى روشمة. ومخازن العلب يجب ألا تعمل على تكثف البخار بل يحافظ عليها بحيث أن درجات الحرارة لاتسمح بذلك وإلا صدأت العلب ويجب ألا تكون درجة الحرارة عالية بحيث تسمح بنمو جراثيم البكتيريا المقاومة للحرارة التى بقت بعد المعاملة الحرارية.

وتستمر الحلب فى المخزن حتى بعد مرور فترة التحضين وهذا يضمن أن تصل الحلب الصحية فقط للمستهلك. وتحفظ الحلب فى ورق مقوى لمنع الأضرار عن الحلب أثناء النقل والمناولة.

تخزين الأغذية المعلبة فى المنزل Storage of canned foods at home

تخزن الحلب فى دولاب جاف وهى صالحة للإستهلاك لمدة سنتين. وتدوير المخزون مهم فى المنزل كما هو فى السوق. (Macrae)

20-12 أنظمة الحفظ والتعبئة مطهرا

Aseptic processing and packaging systems

20-12-1 تعاريف

مطهرا aseptic يصف ظروفا فيها تغيب الكائنات الدقيقة ومن بينها الجراثيم القادرة على العيش viable. وفى صناعة الأغذية المصطلحات مطهرا ومعقما ومعلما تجاريا كثيرا ما تستعمل الواحدة مكان الأخرى.

النظام مطهرا يشير إلى النظام كله الضرورى لإنتاج منتج معقم تجاريا موجودا فى حاوية مقفولة قفلا محكما/كتيما hermetically sealed. وهذا المصطلح يشمل نظام معاملة المنتج ونظام التعبئة. نظام المعاملة مطهرا يشير فقط إلى النظام الذى يعامل المنتج ويوصله إلى نظام التعبئة. نظام التعبئة مطهرا يشير إلى أى قطعة فى الأجهزة التى تملأ حاوية أو عبوة معقمة بمنتج معقم ويقفلها قفلا محكما تحت ظروف مطهرة. وهذه الوحدات أو الأنظمة تُكَوِّن وتُعقِم العبوة.

20-12-2 أساس نظام التطهير Basic aseptic system

المنتج الخام أو غير المعامل يسخن ويعقم بالإحتفاظ به على درجة حرارة عالية لمدة محددة من قبل ثم يبرد ويوصل إلى وحدة التعبئة لتعبئته. والتعقيم التجارى يحافظ عليه خلال كل النظام من لحظة تسخين الناتج إلى إخراج الحاويات المقفولة

1-أجهزة يمكن أن توصل إلى حالـــة تعقيـم تجارى.

2-منتج معقم تجاريا.

3-عبوات معقمة تجاريا.

4-بيئة معقمة تجاريا ضمن مكنة التعبئة وفيها يجلب المنتج المعقم والعبـوة المعقمـة مع بعض وتقفل العبوات قفلا محكما.

5-مراقبة وتسجيل العوامل الحرجة.

6-المناولة المناسبة للعبوات النهائية لضمان سلامة الحاويات.

20-12-3 وصف نظام المعاملة مطهرا

بالرغم من أن أجهزة أنظمة المعاملة مطهرا تختلف إلا أن كل الأنظمة تحتوى على:

أ. منتج يمكن ضخه.

ب. طريقة لمراقبة وتوثيق معدل إنسياب المنتج خلال النظام.

ج. طريقة لتسخين المنتج إلى درجات حرارة التعقيم.

د. طريقة للإحتفاظ بالمنتج على درجة حرارة عالية لمدة تكفى للتعقيم.

هـ . طريقة لتبريد المنتج إلى درجات حـــرارة الملء.

و. طريقة لتعقيم النظام قبل الإنتاج والمحافظة على التعقيم أثناء الإنتاج.

ز. ضمانات كافية لحماية التعقيم ومنع المنتج غير المعقم من الوصول إلى أجـــهزة التعبئة.

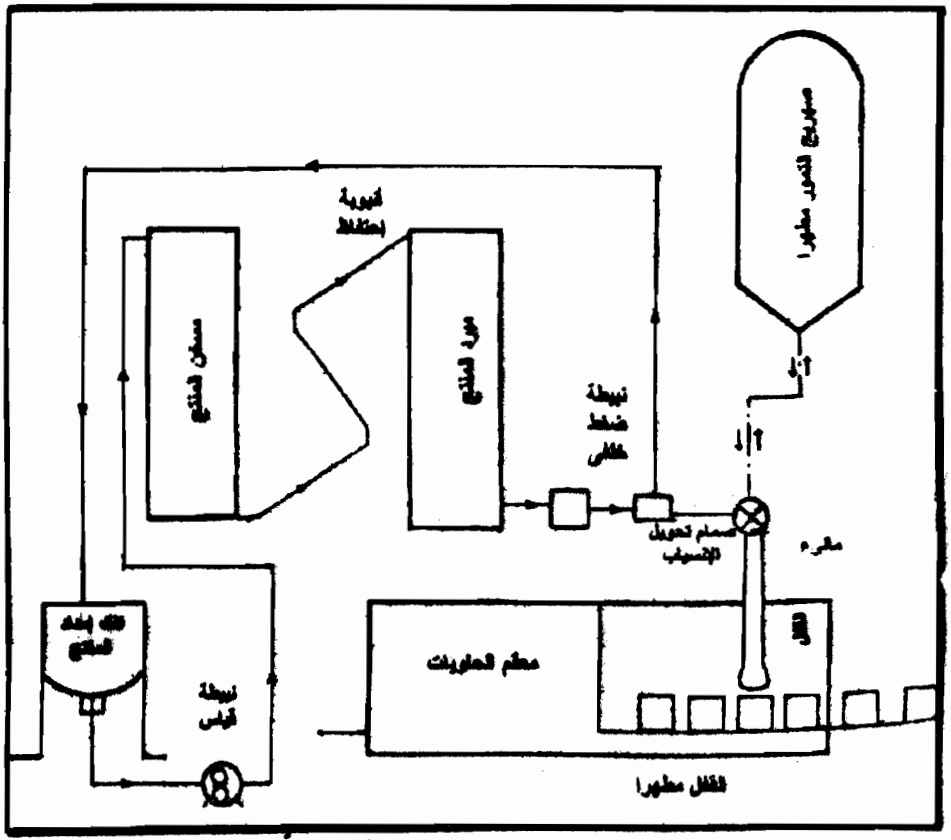
20-12-4 التعقيم قبل الإنتاج Pre-production sterilization

لايمكن ضمان منتج معقم تجاريا مالم يعقم نظام المعاملة والملء بكفايـة قبـل بدء العملية. ومن المهم أن ينظف النظام جيدا قبل التعقيم وإلا لن تكون العملية ناجحـة. و بعض الأنظمـة أو الأجهزة تستخدم بخـــارا مشبعا للتعقيـم. ولكـن فـى معظـم الأجهزة يتم التعقيم بإدارة ماء ساخن خلال النظام لمدة كافية من الزمن لجعـل النظـام معقما تجاريا. وعند إستعمال الماء فإنه يسخن فى مسخن المنتج ثم يضـــخ فـى كـل أنابيب فى إتجاه المجرى والأجهزة حتى (وعادة بعد) صمام القفل على وحدة التعبئـــة.

وكل سطوح إتصال المنتج فى الإتجاه من مسخن المنتج يجب أن يحافظ عليها على أو أعلا من درجة حرارة معينة بالإدارة المستمرة للماء الساخن للمدة المطلوبة.

وتنكات التَمُّور surge tanks تعقم عادة ببخار مشبع عوضا عن ماء ساخن نظرا لسعتها الكبيرة. وبالرغم من أن تعقيم تنكات التَمُّور يتم وحده فإنه عادة يجرى فى نفس الوقت بالتعقيم بماء ساخن مع بقية الأجهزة.

ولضبط تعقيم النظام المطهر بكفاية فإنه من الضرورى أن ترمومتر أو مزدوج حرارى thermocouple يوجد فى أبرد نقطة (أو نقط) فى الجهاز لضمان أن درجة الحرارة المناسبة يحافظ عليها خلال النظام كله. وعلى ذلك فنبيطة قياس درجة الحرارة عادة توجد عند أبعد نقطة من المبادلات الحرارية. وتقدير وقت دائرة التعقيم يبتدىء عندما يتوصل إلى درجة الحرارة المناسبة عند هذه النقطة البعيدة. وإذا حدث أن درجة الحرارة هذه قد نزلت عن الحد الأدنى فإن الدورة يجب أن تبتدىء مرة أخرى بعد أن يعاد تثبيت درجة حرارة التعقيم، ويوصى بإستخدام نبائط مسجلة لإعطاء سجل دائم مستمر لبيان أن الأجهزة قد تم تعقيمها بكفاية قبل إجراء كل إنتاج.



شكل 20-11 نظام المعاملة مطهراً.

20-12-5 ضبط الإنسياب Flow control

وقت التعقيم أو وقت الإحتفاظ كما هو مبين فى العملية يتصل مباشرة بمعدل إنسياب أسرع جسيم متحرك خلال النظام. وأسرع جسيم متحرك هو دالة لخواص إنسياب الغذاء. وبالتالى فإن العملية يجب تصميمها لضمان أن المنتج ينساب خلال النظام بمعدل ثابت وموحد بحيث أن أسرع جسيم من الغذاء يتلقى على الأقل أقل كمية حرارة لأى وقت كما هو مبين فى جدول العملية. ومعدل الإنسياب الثابت هذا

عـــادة يحقق بواسطـة مضخـــــة تسمى مضخة التوقيـــت timing أو القيـاس metering.

ومضخات التوقيت قد تكون ذات معدل ثـــابت أو مختلـف. ومعـدل ضـخ المضخة ثابتة المعدل لايمكن تغييره بدون فك المضخـــة. أمـا مضخـات السـرعات المختلفة فهى مصممة لإعطاء مرونة ولتسمح بتغيير المعدل بسهولة. ولذا فيجـــــب حمايتها ضـد تغير سرعة المضخة والذى قد يؤثر على إنسياب المنتج خلال النظـــام وذلك بوضع قفل أو إعلان على المضخة.

6-12-20 تسخين المنتج Product heating

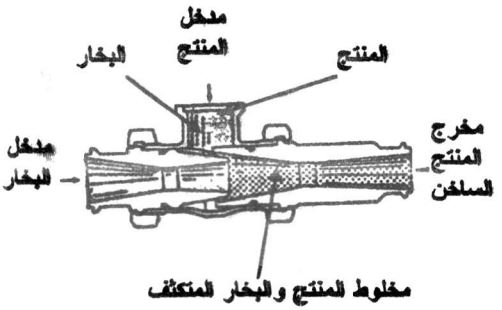
مسخن المنتج يوصله إلى درجات حرارة التعقيم وهناك فئتان رئيسـيتان مـن مسخنات النواتج فى معاملة الأغذية مطهراً: مباشرة وغير مباشرة.

وفى التسخين المباشر هناك إتصال مباشر مابين وسـط التسـخين (البخـار) والمنتج. وأنظمة التسخين المباشر يمكن أن تكون إما حقن البخـار steam injection أو إشراب البخار steam infusion.

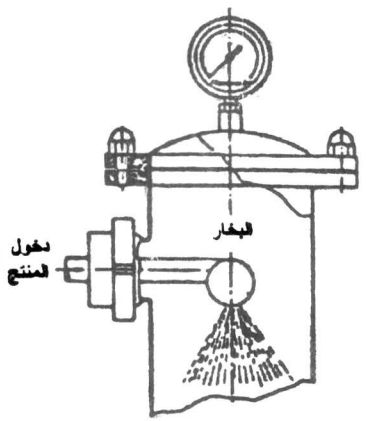
وحقن البخار يدخل البخار فى المنتج فى غرفة حقن حيث يضخ المنتج خـلال الغرفة (شكل 20-12) بينما إشراب البخار يقدم المنتج خلال غرفـــة إشـراب مليئـة بالبخار (شكل 20-13) وهذه الأنظمة محددة الآن للمنتجات المتجانسـة ذات اللزوجـة المنخفضة.

والتسخين المباشر له ميزة التسخين السريع جداً والذى يجعل التغييرات العضوية الحسية أقل مايمكن فى المنتج. وكذلك يمكن إنقاص مشاكل الإنسداد وإحتراق المنتج فى أنظمة التسخين المباشر إذا قورنت بالتسخين غير المباشر.

ولكن هناك بعض العيوب أيضاً فإضافة الماء - من تكثف البخار فى المنتج - يزيد من حجم المنتج وهذا التغيير فى حجم المنتج يزيد من معدل إنسياب المنتج فى أنبوبة الإحتفاظ فيجب أخذه فى الإعتبار عند تحضير جدول العملية. ويتوقف على المنتج الناتج فإن الماء الذى أضيف كبخار قد يُحتَاج إلى إزالته. والبخار المستخدم فى التسخين المباشر يجب أن يكون ذا جودة طهوية ويجب أن يكون خالياً من الغازات غير المتكثفة وعلى ذلك فلابد من مراقبة مضافات ماء الغلاية جيداً.



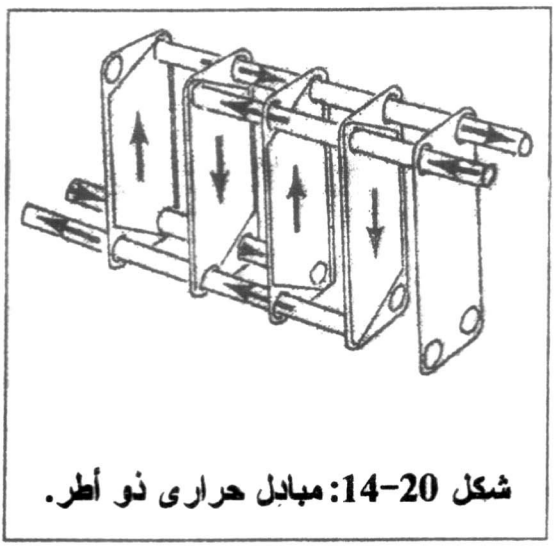
شكل 20-12 : حقن البخار.



شكل 26-13 : إشراب البخار

أما التسخين غير المباشر فوحداته لها فصل فيزيقى بين المنتج ووسط التسخين. وهناك ثلاثة أنواع من وحدات التسخين غير المباشر: مبادلات حرارية ذات أطر plate وأنبوبية tubular والسطوح المكتسحة swept surfaces.

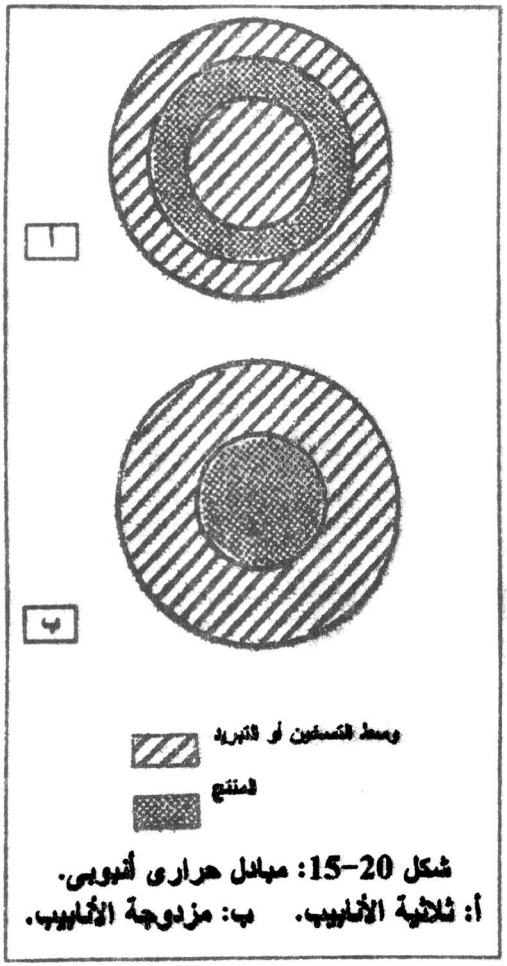
فالمبادلات الحرارية ذات الأطر plate تستخدم للسوائل المتجانسة والتى لها لزوجة منخفضة نسبيا فالأطر تعمل كحاجز وسطح لنقل الحرارة إلى المنتج على أحد الجوانب والوسط المسخن على الآخر. وكل إطار له حشية gasketed وسلسلة من الأطر موجودة مع بعض فى مكبس ويمكن تغيير عدد الأطر عندما يحتاج الأمر (الشكل 20-14).



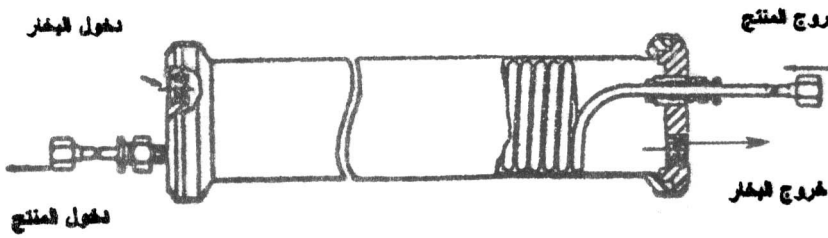
شكل 20-14: مبادل حرارى ذو أطر.

أما المبادلات الحرارية الأنبوبية tubular فتستخدم أنبوبتين أو ثلاث متحدة المركز concentric. وينساب المنتج خلال الأنبوبة الداخلية، فى نوع الأنبوبة المزدوجة وخلال الأنبوبة الوسطى فى نوع الأنابيب الثلاثية مع وسط التسخين فى الأنبوب (أو الأنابيب الأخرى) منسابا فى إتجاه معاكس لإتجاه المنتج (الشكل 20-15). وفى نوع المبادل الحرارى ذى الغلاف shell والأنبوبة فإن الأنبوبة توجد على هيئة ملف داخل الغلاف (الشكل 20-16) والمنتج ينساب داخل الأنبوبة بينما

ينساب وسط التسخين في الإتجاه المعاكس خلال الغلاف. وتستخدم المبادلات الحرارية الأنبوبية مع المنتجات المتجانسة ذات اللزوجة المنخفضة مثل المبادلات الحرارية ذات الأطر .

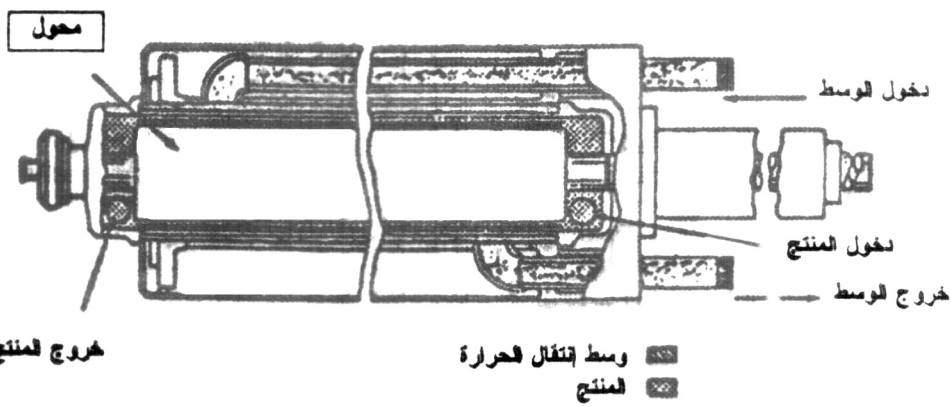


شكل 20-15: مبادل حرارى أنبوبى.
أ: ثلاثية الأنابيب. ب: مزدوجة الأنابيب.



شكل 20-16: مبادل حرارى الغلاف والأنبوبة.

أما المبادلات الحرارية ذات السطوح المكتسحة scraped-surface فتستخدم عادة فى معاملة منتجات أكثر لزوجة وهو يتكون من عمود محول mutator مع أنصال كاسحة scraper blades توجد مركزيا داخل أنبوبة تبادل حرارى محاط بجاكتة ومعزول (الشكل 20-17). والأنصال الدوارة تكسح المنتج دائما من على الجدار. وهذا الكسح ينقص من تراكم المنتج والإحتراق. ووسط التسخين الذى ينساب على الناحية الأخرى من الجدار هو ماء أو بخار دائر.



شكل 20-17: مبادل حرارى مكتسح السطح.

وبعض الأجهزة تستخدم مبادلات حرارية منتج إلى منتج وهذا يسمح للحرارة أن تنتقل من منتج معقم ساخن إلى منتج غير معقم بارد داخل، مما يسمح بالإقتصاد الجوهرى فى الطاقة والتكاليف. وعند إستخدام مولد regenerator فإن هذا المولد يجب أن يُصمَم ويستخدم ويضبط بحيث أن ضغط المنتج المعقم فى المولد يكون على الأقل 1 رطل /بوصة مربعة أعلا من الضغط فى أى منتج غير معقم فى المولد. وهذا يضمن أن أى تسرب يحدث هو فى إتجاه من المنتج المعقم إلى غير المعقم.

أنبوبة الإحتفاظ Hold tube

عندما يصل المنتج إلى درجة حرارة التعقيم فى المسخن فإنه ينساب إلى أنبوبة إحتفاظ. والوقت المطلوب لأسرع جسيم منتج ينساب خلال أنبوبة الإحتفاظ يسمى بوقت الإقامة residence time. ووقت الإقامة يجب أن يكون مساوياً أو أكبر من الوقت اللازم عند درجة حرارة مُعَقِمَة لتعقيم المنتج وينص عليه فى جدول العملية. وحجم أنبوبة الإحتفاظ والذى يحدده قطرها وطولها، مع معدل الإنسياب وخواص إنسياب المنتج يحدد وقت الإقامة الفعلى للمنتج فى أنبوبة الإحتفاظ. ولأن أنبوبة الإحتفاظ ضرورية لضمان أن المنتج يبقى على درجات حرارة التعقيم الزمن المناسب فإنه يجب أخذ بعض الإحتياطات:

أ- أنبوبة الإحتفاظ يجب أن يكون لها ميل لأعلى فى إتجاه إنسياب المنتج على الأقل 0.25 بوصة/قدم للمساعدة فى منع الجيوب الهوائية كما أنها تمنع التصفية الذاتية.

ب- إذا كان ولابد من تفكيك أنبوبة الإحتفاظ فيجب ملاحظة أن كل الأجزاء تعاد وأنه لاتزال أبداً أجزاء أو تبدل لجعل الأنبوبة أقصر أو ذات قطر مختلف. وهذه التغييرات قد تقصر من الوقت الذى يبقى فيه المنتج فى الأنبوبة.

ج- إذا فككت أنبوبة الإحتفاظ فيجب ملاحظة أنه عند تجميعها أن جميع الحشايا gaskets لاتبرز فى السطح الداخلى. وداخل الأنبوبة يجب أن يكون ناعماً وسهل التنظيف.

د- يجب ألا يكون هناك أى قُطَارَة متكثفة على الأنبوبة وأن الأنبوبة لاتتعرض لتيارات هواء أو هواء بارد والذى يمكن أن يؤثر على درجة حرارة المنتج فى أنبوبة الإحتفاظ.

هـ- يجب ألا تسخن أى نقطة فى طول أنبوبة الإحتفاظ.

و- المنتج فى أنبوبة الإحتفاظ يجب أن يحتفظ به تحت ضغط أعلا من ضغط بخار المنتج عند درجة حرارة العملية لمنع الوميض flashing أو الغليان لأن الوميض يمكن أن ينقص زمن الإقامة للمنتج فى أنبوبة الإحتفاظ. ويُمنَع الوميض عادة بواسطة نبيطة ضغط خلفى back-pressure.

ز- ودرجة حرارة الغذاء فى أنبوبة الإحتفاظ يجب مراقبتها عند الدخول والخروج من الأنبوبة.

20-12-7 تبريد المنتج Product cooling

ينساب المنتج من أنبوبة الإحتفاظ إلى مبرد المنتج والذى يخفض درجة حرارة المنتج قبل الملء. وفى الأجهزة التى تستخدم التسخين غير المباشر فإن المبرد يكون مبادلاً حرارياً والذى ربما سخن منتجاً خاماً بينما يبرد المنتج المعقم. والأنظمة التى تستخدم التسخين المباشر تحتوى على غرفة وميض أو غرفة فراغ. والمنتج الساخن يُعَرَض إلى جو ضغط منخفض داخل الغرفة مما ينتج عنه غليان أو وميض المنتج. وتخفض درجة حرارة المنتج، وجزء من كل الماء الذى أضيف للمنتج أثناء التسخين يزال بالتبخير. وبالخروج من غرفة الوميض فالمنتج قد يُبَرَد أكثر فى نوع من المبادلات الحرارية.

20-12-8 المحافظة على التعقيم Maintaining sterility

بعد ترك غرفة الإحتفاظ فإن المنتج يكون معقماً ولكنه يكون عرضة للتلوث بـ"كائنات الدقيقة إذا سمح لها بدخول النظام. وأحد أبسط وأحسن الطرق لمنع التلوث هو المحافظة على المنتج منساباً وتحت ضغط. وتستخدم نبيطة ضغط خلفى لمنع المنتج من الغليان أو الوميض ويحتفظ بكل نظام المنتج تحت ضغط مرتفع.

ويجب وضع حواجز ضد الكائنات الدقيقة عند كل نقط التلوث الممكنة مثل أعمدة الدوران أو أعمدة التردد reciprocating shafts أو عند عنق صمامات الطهارة aseptic valves.

صهريج التَمُّور مطهرا Aseptic surge tank

تستخدم صهاريج التمور مطهرا فى الأنظمة المطهرة للسماح بحفظ المنتج المعقم قبل التعبئة. وتختلف سعاتها من 100 جالون إلى بضعة آلاف من الجالونات.

أنظمة التعبئة مطهراً Aseptic packaging systems

المتطلبات الأساسية Basic requirements

وحدات التعبئة مطهراً مصممة لضم منتج معقم مع عبوة معقمة مما ينتج عنه منتج محكم القفل/كتيم hermetically sealed وثابت على الرف. ووحدات التعبئة يجب أن يتوفر فيها:

أ- تخلق وتحافظ على بيئة معقمة فيها العبوة والمنتج يمكن أن يجلبا معاً.

ب- تعقم سطح إتصال المنتج بالعبوة.

ج- ملء المنتج المعقم فى العبوة المعقمة.

د- إنتاج عبوات محكمة القفل.

هـ-تراقب وتضبط العوامل الحرجة.

9-12-20 عوامل التعقيم Sterilization agents

تستخدم عوامل التعقيم فى وحدات التعبئة مطهراً لتعقيم مواد التعبئة وسطوح الأجهزة الداخلية لخلق بيئة تعبئة معقمة. وهى عموماً تشمل الحرارة والكيماويات والإشعاع عالى الطاقة أو إرتباط بينها وهى يجب أن تعطى نفس الحماية التى يعطيها التعقيم البخارى للأغذية المعلبة من حيث أمان الكائنات الدقيقة. وهذا المتطلب ينطبق على كل من سطح إتصال الغذاء بمادة التعبئة والسطوح الداخلية للمكن والتى تُكون المنطقة المطهرة أو المعقمة داخل المكنة. وهذه يجب الموافقة عليها من الجهات المختصة.

والحرارة هى أكثر طرق التعقيم ويستخدم البخار أو الماء الساخن ويسمى حرارة خضلة moist heat ويمكن إستخدام بخار فوق مسخن superheated steram أو هواء ساخن فى بعض الحالات ويسمى حرارة جافة dry heat. وهو عامل تعقيم أقل كفاءة عن الحرارة الخضلة عند نفس درجة الحرارة. والأنظمة التى تستخدم حرارة خضلة تعمل على ضغوط مرتفعة بالمقارنة بأنظمة الحرارة الجافة والتى تعمل على الضغوط الجوية. ويمكن إستخدام طرق أخرى فى توليد الحرارة مثل الإشعاعات القصيرة/الدقيقة أو الإشعاعات تحت الحمراء.

والعوامل الكيماوية كفوق أكسيد الأيدروجين تُستَخدَم كثيراً مع الحرارة كعوامل تعقيم. وأنظمة هيئة الأغذية والدواء الأمريكية Food & Drug Administration تنص على أن أقصى تركيز للسطوح المتصلة بالأغذية هو 35%

من فوق أكسيد الأيدروجين. ويجب ألا يبقى أكثر من 0.5 جزء فى المليون من فوق أكسيد الأيدروجين مع الماء المعبأ تحت ظروف الإنتاج. ويمكن إستخدام إشعاعات عالية الطاقة (أشعة بنفسجية أو إشعاعات جاما أو إشعاعات الاليكترون) وحدها أو مع الطرق الموجودة.

المناطق المطهرة Aseptic zones

المنطقة المطهرة هى المساحة داخل مكنة التعبئة المطهرة والتى تُعقَم ويحتفظ بتعقيمها أثناء الإنتاج وهى المساحة التى يملأ فيها المنتج المعقم ويقفل فى الحاوية المعقمة. وهى تبتدىء عند النقطة حيث مادة التعبئة تُعقَم أو حيث مادة التعبئة قبل التعقيم تدخل إلى المكنة وتنتهى المساحة بوضع القفل على العبوة، والعبوة النهائية التى تترك مساحة التعقيم. وكل المساحات بين هاتين النقطتين تعتبر جزءاً من المنطقة المطهرة.

وقبل الإنتاج فإن المنطقة المطهرة يجب أن تجلب إلى حالة من التعقيم التجارى مشابهة لتلك المتحصل عليها مع مواد التعبئة أو أى سطوح إتصال للمنتج المعقم. وهذه المساحة قد تحتوى مختلف أنواع السطوح بما فيها أجزاء متحركة تتكون من مواد مختلفة. والمعقمات sterilants يجب أن تكون ذات تأثير موحد وتطبيقها يمكن ضبطه خلال كل المنطقة المطهرة.

وبعد تعقيم المنطقة المطهرة يجب المحافظة على التعقيم أثناء الإنتاج. والمساحة يجب أن تركب بطريقة تعطى حواجز فيزيقية معقمة بين المساحات المعقمة وغير المعقمة. ويجب أن توجد آليات للسماح لمواد التعبئة المعقمة وللعبوات النهائية المقفولة بالدخول والخروج من المنطقة المطهرة بدون التأثير على تعقيم المنطقة.

وتعقيم المنطقة المطهرة يمكن أن يُحمَى من التلوث بالمحافظة على ضغط موجب من هواء معقم أو أى غاز آخر. وبترك الحاويات النهائية للمساحة المعقمة لهواء معقم ينساب للخارج مانعاً الملوثات من الدخول إلى المساحة المطهرة. وضغط الهواء المعقم داخل المنطقة المطهرة يجب أن يحتفظ به عند مستوى يحتفظ بتعقيم المنطقة. والهواء أو الغازات يمكن تعقيمها بإستخدام عوامل تعقيم مختلفة ولكن أكثر الطرق إستخداماً هى الحرق incineration (حرارة جافة) و/أو الترشيح فائق العلو ultrafiltration.

إنتاج العبوات المطهرة Production of aseptic packages

هناك عدد من أنظمة التعبئة مطهرا ولكن يمكن أن توضع فى فئات العبوات:

أ- حاويات سابقة الإعداد جاسئة أو شبه جاسئة.

- علب معدنيـــــــــــة. - علب مركبـــــــــة.
- كؤوس لدائن. - أوعية زجاجية .
- إسطوانات.

ب- رقائق ورق مقوى وحاويات لدائن.

ج- حاويات ورق رقائق laminates مكونة جزئيا.

د- حاويات تشكيل حرارى - إملأ - إقفل.

هـ- أكياس أو حقائب سابقة التشكيل.

و- حاويات مشكلة بالنفخ.

وهذه الحاويات يمكن تعقيمها بعـــدة طـــــــرق: بالبخار أو فوق أكسيد الأيدروجين أو الحرارة أو البخار المشبع أو الأشعة فوق البنفسجية أو أشعة جاما.
(Hui)

10-12-20 المعاملة المطهرة: التسخين الأومى Ohmic heating

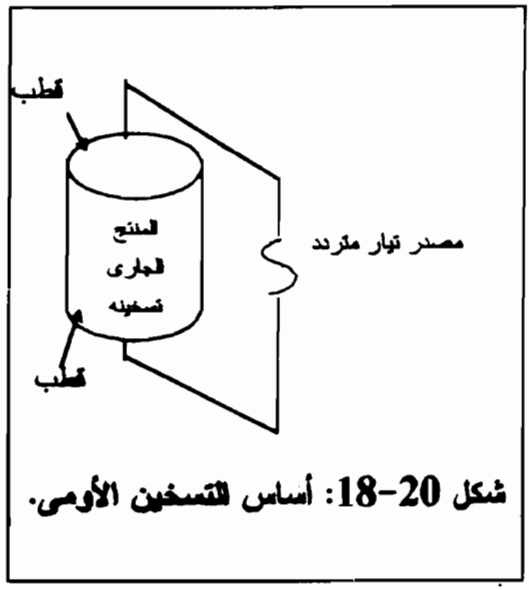
المسخن الأومى ohmic heater يستخدم مقاومة التسخين فى إنسياب السائل الموصل للكهرباء والجسيمات particles لإعطاء حرارة وهو يستطيع مناولة منتجات غذاء يحتوى جسيمات حتى 25 مم. (Hui)

والمقاومة الكهربية أو التسخين الأومى حجمى بطبيعته فله إمكانية خفض فوق المعاملة.

(Rahman)

أساس التسخين الأومى Principle of ohmic heating

يحدث تأثير التسخين الأومى عندما يمر تيار كـــهربى فـــى منتـــج موصـــل (شكل 20-18). وعمليا فتيار من المصدر العادى متردد منخفض (50 - 60 هرتز). ويستخدم التيار العادى لمنع إحتمال تفاعلات كهروكيماوية معاكسة ويقلـــل مـــن تعقـــد مصدر التيار والتكاليف.



شكل 20-18: أساس التسخين الأومى.

والطاقة الكهربية تُحَوّل إلى طاقة حرارية وهى تشـــابه فـــى هـــذا التســـخين بالموجات القصيرة/الدقيقة ولكن يختلف عنه فى أن العمق يكاد لاينتهى ومدى التســـخين يحكم بالتوحد الفراغى للتوصيل الكهربى خلال المنتج ومـــدة الإقامـــة فـــى المســـخن ويسخن السائل والجسيمات فى نفس الوقت تقريباً. وميزة أخرى أنه لايوجـــد ســـطوح لنقل الحرارة ولا الحاجة للتقليب الميكانيكى. (Hui)

ومن عوامل نجاح التسخين الأومى: نوع المنتج، معـــدل الإنســـياب، إرتفـــاع درجة الحرارة، معدل التسخين وزمن الإحتفاظ. (Rahman)

توليد الحرارة Heat generation

مفتاح عملية التسخين الأومي هو معدل توليد الحرارة والتوصيل الكهربى للغذاء والطريقة التي ينساب فيها الغذاء خلال المسخن . وتوليد الحرارة بواسطة الطاقة الكهربية نتيجة المقاومة الكهربية يمكن أن يعبر عنها بـ :

$$Q = I^2R = \sigma V^2 \qquad \text{كـ} = \text{ى}^2\text{م} = \sigma\ \text{ف}^2 \qquad (1)$$

حيث :

كـ = الحرارة المولدة (ش) (شغل)	Q= heat generated (W)
ى = التيار الكهربائى (أمبير)	I = the current (A)
ف = تدرج القلطية (قلط)	V = the voltage gradient (volt)
σ = التوصيل الكهربى	σ = electrical conductivity (S/m)
م = المقاومة الكهربية (أوم)	R = electrical resistance (Ohm)

ويمكن كتابة المقاومة الكهربية من قانون أوم Ohm's law كما يلى:

$$R = V/I \qquad \text{م} = \text{ف}/\text{ى} \qquad (2)$$

ويمكن تعريف التوصيل الكهربى كما يلى:

$$\sigma\ (1/R)\ (L/A) \qquad \sigma = (1/\text{م})(\text{ل}/\text{أ}) \qquad (3)$$

حيث :

ل = الطول (متر)	L = length (m)
أ = المقطع العرضى (متر^2)	A = cross sectional area (m^2)
م = المقاومة (أوم)	R = resistance (Ohm)
σ = التوصيل الكهربى	σ = electrical conductivity (S/m)
والمقاومة الكهربية النوعية هى 1/σ	1/σ (أوم.م Ohm.m)

ومع السوائل مثل عصير البرتقال وعصير الطماطم زاد التوصيل الكهربى خطياً linearly مع درجة الحرارة بغض النظر عن نظام التسخين ونقصت بزيادة المحتوى الصلب .

وعند تسخين مخلوط من سائل وصلب فإنهما يولدان حرارة بنفس المعدل إذا لهما نفس المقاومة الكهربيه ولكن إذا كان للسائل توصيل كهربى أعلا عن

الجسيمات فإن تسخيناً غير متجانس ينتج فى السائل المحيط بالجسيمات إذا كان التسخين يتم تحت ظروف ساكنة static .

ونسبة توليد الحرارة فى الصلب إلى السائل هى :

$$\frac{Q_s}{Q_L} = \frac{\rho\sigma_s\sigma_L}{(\sigma_s + 2\sigma_L)^2} \qquad (4)$$

كص / كس = (ρσصσس) ÷ (σص + 2σس)^2

حيث :

ρ = الكثافة (كجم/م^3) ρ = density (kg/m^3)

σص ، σس = التوصيل الكهربى للصلب والسائل بالتتابع

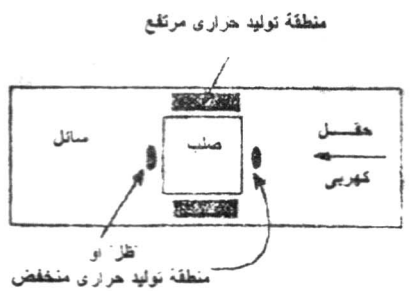
σ_s & σ_L = electrical conductivity of solid & liquid, respectively

كص ، كس = توليد الحرارة فى الأطوار الصلبة والسائلة بالتتابع

Q_s & Q_L = heat generation in solid & liquid phases, respectively

والعوامل التى تؤثر على معدل التسخين فى التسخين الأومى لأغذية لها محتوى صلب عال هى : أ- التوصيل الكهربى للسائل والجسيمات . ب- حجم الجسيم وشكله والتركيز والحرارة النوعية . ج- لزوجة السائل. د- التوجيه بالنسبة للأقطاب والجسيمات الأخرى .

ولايُسَخن الجسيم أثناء التسخين الأومى بتجانس ، ومناطق توليد الحرارة عالية أو منخفضة فى السائل حول جسيم له توصيل كهربى منخفض تظهر فى الشكل (19-20) .



شكل 19-20: مناطق توليد حرارى مرتفع ومنخفض فى سائل حول جسيم له توصيل كهربى منخفض.

وكثافة التيار عالية على جانبى الجسيم ومنخفضة فى المناطق الأمامية والخلفية حيث يحاول التيار المرور حول الجسيم . وعدم التجانس فى التسخين يمكن أن يخفض بـ : زيادة خلط السائل ، تحسين دوران الجسيمات ووجود جسيمات أخرى فى الوسط .

ويوجد منحدر فى درجات حرارة الجسيمات إذا سُخِنَت أسرع من السائل وهذا يرجع إلى المقاومة الكهربية البطيئة للجسيمات الصلبة .

وقد وجد أن الجسيمات ذات التوصيل الكهربى المنخفض فى سائل توصيله الكهربى عالٍ يمكن أن تُسخَن أبطأ أو أسرع عن السائل ، ويتوقف ذلك على تركيز الجسيمات . وتركيز عال للمواد الصلبة مهم فى ضمان تسخين أسرع للطور الصلب . (Rahman)

وتطبيق التسخين الأومى يتوقف على التوصيل الكهربى للمنتج ومعظم مستحضرات الأغذية تحتوى نسباً مئوية معتدلة للماء الحر مع أملاح أيونية ذائبة وبذا فهى تصلح جيداً لاستخدام التأثير الأومى . والنظام لا يسخن مباشرة الدهن أو الزيوت أو الكحولات أو العظام أو التركيبات البلورية مثل الثلج أو الفوندانات .

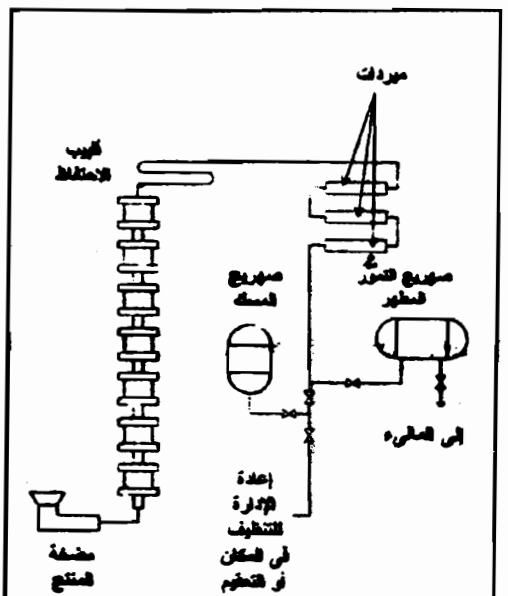
تصميم المسخن الأومى Design of ohmic heater

عمود المسخن الأومى يتكون من أربعة أو أكثر من تبييتات housings قطبية مصنعة من كتلة من عديد رباعى الفلوروإيثيلين polytetra fluoro (PTEE) ethylene ومغلفة فى صلب غير قابل للصدأ وكل تحتوى على قطب كابول cantiliver وحيد. وتبييتات تتصل ببعضها عن طريق أنابيب صلب غير قابل للصدأ مبطن ببطانة لدائن عازلة كهربياً. والمواد المبطنة المناسبة تشمل عديد فينيليدين الفلوريد polyvinylidene fluoride والزجاج . وهذه الأقسام الأنبوبية ذات الشفاه تقفل بمزلاج bolted مع بعضها وتقفل بحشيات من مطاط غذائى .

والعمود يوضع فى وضع رأسى تقريباً مع تيار المنتج فى إتجاه صاعد إلى أعلا ويوجد صمام تنفيس عند قمة المسخن ليضمن أن العمود دائماً ملىء. والعمود مهيأ بحيث أن كل قسم تسخين له نفس الممانعة الكهربية electrical impedance. وعلى ذلك فإن أنابيب التوصيل المشترك تزيد عادة فى الطول فى إتجاه الخروج وهذا لأن التوصيل الكهربى لمنتجات الأغذية عادة يزيد مع زيادة درجة الحرارة ففى

المحاليل المائية للأملاح المتأينة هناك علاقة خطية بين درجة الحرارة والتوصيل الكهربى .

وهذه الظاهرة تعزى إلى زيادة التحرك الأيونى مع زيادة درجة الحرارة وتنطبق على معظم منتجات الأغذية . ويستثنى من ذلك المنتجات التى تزيد فيها اللزوجة على درجات الحرارة العالية مثل تلك التى تحتوى نشا غير مجلتن .



شكل 20-20 : مصنع أومى

المعاملة المطهرة باستخدام المسخن الأومى

Aseptic processing using the ohmic heater

المنتج إذا سُخِن يجب أن يُبَرَّد بواسطة السطوح المكتسحة scarped surfaces أو مبادلات حرارية أنبوبية وهذه مفضلة لعدم التأثير على الجسيمات. ويتم التعقيم المبدئى للمسخن الأومى وأنابيب الاحتفاظ والمبردات (شكل 20-20) بتدوير محلول كبريتات الصوديوم فى تركيز مناسب للتوصيل الكهربى لمادة الغذاء الذى سيعامل. أما مستودع التسخين المطهر وصهريج إمساك البيسطح interface catch tank والأنابيب المتصلة بالمالىء فتعقم بطرق تقليدية بالبخار.

وبعد التعقيم بالمحلول يصفى المحلول ويدخل المنتج إلى قادوس مضخة تغذية إزاحة موجبة positive displacement feed pump وهذه قد تكون مغذاه عن طريق بريمة auger أحادية أو دائرة أو مكبس مضخة مارلين الترددية Marlen reciprocating piston pump والمنتج عادة يحضر فى أوعية خلط مبدئى والذى يمكن أن يشتمل على عمليات تسخين مبدئى أو سلق .

والضغط الخلفى أثناء فترة التغيير يلاحظ بتنظيم قمة الضغط فى صهريج إمساك catch tank باستخدام هواء أو غاز نتروجين مضغوط معقم . وهذا الصهريج يجمع فيه بيسطح كبريتات الصوديوم ــ المنتج . وعندما يجمع البيسطح فإن المنتج يدخل إلى وعاء التخزين المطهر الأساسى حيث تستخدم قمة الضغط لضبط الضغط الخلفى فى النظام .

ويحافظ على الضغط الخلفى على 1 بار ثابت عندما تعقم منتجات أغذية عالية الحموضة على درجات حرارة 90-95°م . وضغط خلفى قدره 4 بار يُسْتَخْدَم لمنتجات الأغذية منخفضة الحموضة حيث درجات حرارة التعقيم هى من 120-140°م. ويقطع التيار آلياً إذا حصل أى انخفاض فى الضغط .

والمنتج يسخن تقدميا إلى درجة حرارة التعقيم كلما ارتفع فى المسخن الأومى ثم يدخل أنبوبة احتفاظ معزولة من الهواء (يمكن أن تقوم بطبخه) قبل أن يبرد فى سلسلة من المبادلات الحرارية الأنبوبية . ويمكن تقسيم المنتج إلى نهر جسيمات عالى التركيز ونهر سائل ويعقم السائل تقليديا ويبرد قبل حقنه فى نهر الجسيمات عند ترك هذا الأخير لأنبوبة الاحتفاظ فى المسخن الأومى وبذا تقل التكاليف وبعد التبريد يدخل المنتج مستودع التخزين الرئيسى قبل الملء مطهرا .

وإذا تغير المنتج فإنه بعد معاملة المنتج الأول فإن المصنع يُدْفَق flushed بواسطة سائل يتواءم مع الغذاء أو صلصة أساس قبل إدخال المنتج التالى: ويستخدم صهريج الإمساك لجميع بيسطوح المنتج ــ الصلصة .

وبعد المعاملة ينظف المصنع بالماء ثم محلول 2% (وزن/حجم) من صودا كاوية يدار على 60-70°م لمدة 30 ق . وهذه المحاليل تسخن تقليديا .

ويدعى لهذه الطريقة جودة أعلا للمنتج وتكاليف طاقة أقل وتكاليف تعبئة أقل وتغطية جذابة وتكاليف تخزين أقل من المنتجات المجمدة أو المبردة . (Hui)

تأثير التسخين الأومى على الأغذية ومكوناتها

أ- التأثير على الكائنات الدقيقة والإنزيمات

توجد تأثيرات حرارية فوق معتادة فى المنتج نظراً لوجود كهرباء ولكن البيانات غير حاسمة . والفولت العالى يمكن أن يهدم الكائنات الدقيقة بسبب تكوين ثغور (ثغور كهربية) فى جدر خلايا الكائنات الدقيقة . والمعاملة بفولت منخفض أنقصت عدد الكائنات الدقيقة بعد فترات طويلة بدون التسخين إلى درجات حرارة مميتة . وبفولت منخفض فإن التأثير القاتل على *Escherichia coli* توقف على : التيار المار خلال المعلق، ووجود مركبات تحتوى الكلور ومدة الزمن الذى تترك فيه الخلايا فى الوسط بعد المعاملة . وقد قورنت قيم د D values ، ى Z لخلايا خميرة *Saccharomyces bailii* zego بعد التسخين التقليدى والأومى فلم يظهر أى فرق معنوى عندما يكون لهما نفس التاريخ الحرارى . ولكن إذا تمت المعاملة كهربياً بحرارة تحت المميتة قبل المعاملة الحرارية فإن قيم د، ى لـ *E. coli* انخفضت معنوياً فى بعض المعاملات فقط وإن لم يفهم لِمَّ .

وقد تم تنشيط إنزيم البيروكسيداز بالتسخين الأومى فى أقل من 3 ق فى حين أن استخدام السلق فى ماء يغلى استلزم 17 ق ، وذلك فى ذُرَة على الكوز corn on the cob .

ب- التناضح الكهربى Electroosmosis

تُـزَزْ الحقول الكهربية الإنتشار عبر الأغشية ، فإنتشار البيتانين من البنجر أكبر أثناء التسخين الكهربى بـ 50 هرتز Hz عنه أثناء التسخين التقليدى. وقد يكون هذا ناتجاً عن زيادة الانتقال خلال أغشية الخلية وخلال المحلول .

وبالتسخين الأومى يمكن سلق الخضر كاملة دون تجزئة بسرعة جداً وبتجانس بغض النظر عن الشكل والحجم وبذا يقلل أيضاً من الفقد فى ماء السلق.

ج- التأثير على الخواص الوظيفيـــــة

Effects on functional properties

يمكن تثبيط البروتياز بالتسخين السريع (الأومى) بـــدون اســتخدام مثبطــات أنزيمية . وجلات السوريمى (78% رطوبة ، 2% كلوريد صوديوم)، عندمــا سُــخِنَتْ ببطء فى حمام مائى كان لها جودة فقيرة بينما عندما سخنت أومياً زادت مرتيـــن فــى إجهاد القص shear stress والتوتر strain. كما أن تهدم الميوســـين والأكتيــن قــل بالتسخين الأومى .

د- التأثير على الخواص الحسية Effects on sensory quality

المنتجات المعاملة بالتسخين الأومى كان لها قوة احتفاظ باللون والقوام والنكهــة والمغذيات تقارن أو أحسن من طرق المعاملة التقليدية مثل التجميد أو التعقيم أو الحفــظ مطهراً aseptic .

وقد يصلح التسخين الأومى فى التعقيم والبسترة خاصة فـــى حالــة الأغذيــة المعاملة بالتعقيم العالى قصير الزمــن (HTST) مطــهراً aseptically. كمــا يمكــن استخدامه فى التيع والخبيز وفى السلق أو فى تحسين الانتشار. فمثــلاً بالنســبة للتيــع thawing يمكن أن يحسن الزمن فيقل نمو الكائنات الدقيقة، وكذلك يقل مــن إنتشــار المواد الذائبة فى ماء السلق وبذا يمنع مشاكل بيئية . (Rahman)

11-12-20 التعقيم باستخدام اللهب المباشر Steriflamme

هذه طريقة تستخدم لهب الغـــاز المباشــر وابتــدأت فــى فرنســا وتســمى steriflamme وفيه تعمل العلب كأوتوكلاقها الخاص لتعقيم محتوياتها .

وتمر العلب بعد أن تجهز وتنقل كما فى الطرق الأخرى على أربع مراحل:

أ- المرحلة الأولى : ترتفع فيها درجة الحرارة من 65 °م إلى 95°م فى وسط بخارى فـــى حوالى ستة دقاق .

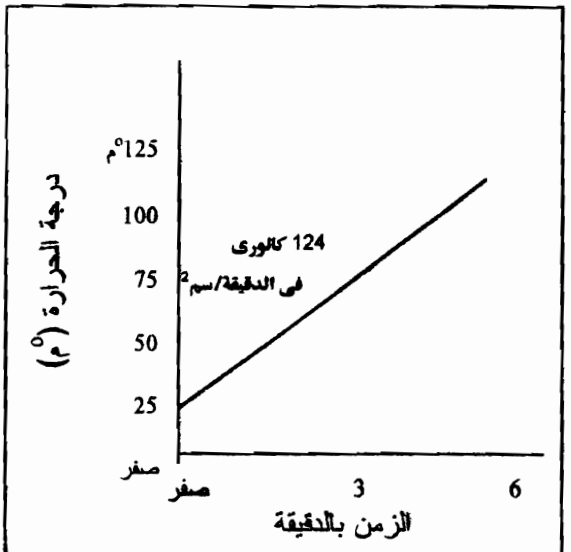
ب- المرحلة الثانية : وتعرض فيها العلب وهى تدور حول نفسها دورانا محوريا حوالـــى 120 دورة فى الدقيقة إلى لهب الغاز المباشر ولا تبعد عنه أكثر من ملليمترات وترتفــع فيها درجة الحرارة من 95°م إلى 125°م فى حوالى ثــلاث دقــائق . وتبلــغ درجــة

الحرارة اللهب 1100°م . وفرق درجة الحرارة بين العلب ومحتوياتها لا يزيد عن 1°م.

ج- المرحلة الثالثة: وفيها تمر العلب وهى تدور أيضاً حول محورها على مواقد لهب الغاز المتباعدة لكى تحتفظ بدرجة حرارتها (125°م) . وتستمر هذه المرحلة من 3-11 دقيقة تبعاً لقيمة التعقيم اللازمة. وعادة المدة 4.5 دقيقة.

د- المرحلة الرابعة: وفيها تعرض العلب وهى لا زالت تدور حول محورها لرذاذ الماء لتبريدها وتستغرق هذه المرحلة حوالى سبع دقائق .

ويلاحظ ارتفاع درجة الحرارة فى الشكل (20-21) بدرجة منتظمة طيلة مدة التسخين وتبلغ 124 كالورى فى الدقيقة/سم2 أى أنه لا فرق بين بدأ ومنتهى فترة ارتفاع الحرارة وهى حوالى 17°م/دقيقة تقريبا.



شكل 21: إرتفاع درجة الحرارة بالتسخين باللهب.

ويمكن تعقيم المنتجات السائلة أو الموجودة فى سوائل.

ويمكن بالدفعات الحرارية تعقيم الجسيمات الموجودة فى سوائل ويقصد بالدفعات الحرارية ترك مسافات زمنية بين دفعات التسخين بحيث أن إنتفاخ نهايتى العلبة يزداد مع التقليب مابين دفعة تسخين وأخرى. وفى المنتجات ذات اللزوجة المنخفضة تستخدم معدلات إرتفاع حرارة عالية مثل 0.5°م/2 ثانية.

أما العلب فتستخدم العلب العادية مع نهايات ت يو 4\5 TU.

ودرجة حرارة القفل يجب أن تكون 70°م بالنسبة للعلب التى قطرها 73مم أو أقل أما العلب ذات الأقطار الأكبر فيجب أن تكون السماكة 0.25مم للقطر الذى يبلغ 68مم ، 0.27مم للقطر الذى يبلغ 100مم. (عثمان و Ramesh)

20-13 التغيير فى الجودة أثناء التعليب

Quality changes during canning

الخواص الحسية للأغذية - النكهة واللون والقوام - يمكن أن تتأثر بالمعاملة الحرارية والتغيرات قد تكون مباشرة للتأثير الحرارى على مكونات الأغذية (مثل جلتنة النشا ومسخ البروتين وانفصال الخلايا (جدول 20-5) أو تفاعلات مُحَثّة بالحرارة مثل تفاعلات مايارد. كما أن تغييرات جوهرية فى الخواص الحسية الثلاث يمكن أن تحدث بتفاعلات أكسدة والتى يمكن أن تحدث ليس فقط أثناء المعاملة بل أيضاً أثناء عملية التخزين بعد ذلك.

جدول 20-5 تأثير المعاملة الحرارية على الخواص الحسية.

التغيرات الكيماوية والفيزيقية	التأثير على الخاصية الحسية
القوام	
ضرر لأغشية الخلايا	فقد القصافة crispness
إنفصال الخلايا	فقد التماسك
مسخ البروتين	تكون الجل والتماسك
جلتنة النشا	تكون الجل
اللون	
تكسر الصبغة الطبيعية	إبيضاض bleaching، وفقد اللون
تفاعلات مايارد	تكون اللون البنى
تغيرات أخرى مثل فيتامين ج	تغير اللون
النكهة	
فقد المواد الطيارة	فقد النكهة
تكون مواد طيارة	
مايارد	نكهة المحمص والمرارة
الأكسدة	التزنخ
بيرازينات	نكهة المحمص

أ- تغيرات النكهة Flavor changes

نكهة الغذاء قد يحتفظ بها أو تُحوَّر أو أحياناً تتغير جوهرياً أثناء المعاملة الحرارية. ومعظم التغيرات تحدث فى مكونات النكهة الطيارة.

ب- أكسدة الدهون Lipid oxidation

توجد الدهون فى معظم الأغذية وأكسدة الدهون تحدث أثناء تعليب معظم الأغذية والأحماض الدهنية المشبعة ثابتة نسبياً فى درجات الحرارة المستخدمة فى التعليب ولكن الأحماض الدهنية غير المشبعة يحدث لها تكسير تحت ظروف الأكسجين والحرارة إلى عدد كبير من المركبات الطيارة والتى تعطى كلاً من نكهات مرغوبة وغير مرغوبة.

والمرحلة الأولى من تفاعل الأكسدة تشمل أخذ الأكسجين وفى وجود حوافز مثل معادن إنتقال والهيموبروتينات ويبتدىء بالحرارة أو الضوء ويتكون أيدروبيروكسيدات فعالة جداً وهذه تدخل فى تفاعلات ثانوية معطية مخلوطاً معقداً من مركبات ذات وزن جزيئى منخفض وتشمل الألدهيدات والكيتونات والكحولات والأحماض والألكانات alkane والألكينانات alkenes والألكاينات alkynes. وعادة يعتبر مستوى معين من المركبات الطيارة ضرورياً لإعطاء خواص لون ونكهة مميزة لكثير من الأغذية ولكن حيث أن كثيراً من المركبات الطيارة تعطى نكهات زنخة أو بائتة فإن توازناً مثالياً يحتاج أن يتحقق فى الغذاء.

ج- تفاعل مايارد Maillard reaction

تفاعل مايارد ينتج عنه نكهات وعبير ومعدل التفاعل يزيد مع درجة الحرارة وإن كان لرقم جـ والماء تأثير أيضاً حيث الماء ضرورى مع أقل معدل تفاعل على حوالى 30% رطوبة ورقم جـ القلوى ووجود منظمات الفوسفات والسترات يسرع من التفاعل. ويحدث تفاعل مايارد فى ثلاثة أطوار:

الطور الأول: هو تفاعل تكثف بين مجموعة الكربونيل من الكربوايدرات المختزلة ومجموعة أمينو حرة من الحمض الأميني أو البروتين ويتبع ذلك إعادة ترتيب للجليكوزيلامينات في مركبات أمادوري Amadori وهذه التفاعلات قد تؤدي إلى فقد في خواص البروتين ولكنها لاتسبب نكهات في الأغذية.

والطور الثاني: يشمل تفاعلات مايارد متقدمة فتفاعلات معقدة (وطرق خارج نطاق هذا المتن). وهذه التفاعلات تعطي مركبات كثيرة مسئولة عن النكهة والنكهة الخارجية (غير المرغوبة) في الأغذية. والنكهات الناتجة من تفاعلات مايارد يمكن أن تقسم إلى أربعة مجموعات رئيسية: حلقات غيرمتجانسة نتروجينية nitrogen heterocyclics وحلقات أينولينات cyclic enolenes والتي تعطي نكهات خاصة للأغذية المسخنة وكربونيلات أحادية وعديد الكربونيلات والتي تشمل نكهات إضافية أكثر تطايراً ليس من الضروري أن ترتبط بخواص المنتج.
والمرحلة النهائية من منتجات تفاعل مايارد تساهم بنكهات مرغوبة للأغذية المسخنة مثل الخبز والتوست ومنتجات الحبوب واللحم ...الخ. وهذه النكهات توصف بأنها مخبوزة ونُتَلِيَّة nutty ومحمصة وكارامل وعبير محروق ولكن حتى هذه فيمكن إعتبارها نكهات غير مرغوبة في بعض الأغذية (مثل مذاق الكارامل المحروق في اللبن المعامل بالحرارة).

د- اللطخ Taints

أنواع أخرى من النكهات غير المرغوبة قد تنتج من تلوث المنتج مما يؤدي إلى لطخ غير مرغوبة. ومدى المركبات التي تسبب اللطخ كبير ولكن لطخة خاصة غير لطيفة والتي وجدت في مدى من الأغذية هي "لطخة القط catty taint" وهذه تنتج عن تفاعل يتوقف على الحرارة مابين المركبات المحتوية على الكبريت والموجودة طبيعياً والكيتونات غير المشبعة مثل أكسيد الميزيتايل mesityl oxide والذي ينتشر مابين كثير من المنتجات ذات الأساس المذنب.

ولطخة القط catty taint وجدت فى منتجات اللحم المعامل عندما خزن اللحم فى مخزن مبرد مطلى بمادة تحتوى أكسيد الميزاتايل mesityl oxide كملوث للمذيب. وكذلك وجدت فى لسان الثور والذى عُلِقَ على علاقات مغطاه بزيت حام وفى الخنزير الذى عبأ فى علب حيث لك القفل الجانبى كان قد أذيب فى مذيب غير نقى. ولطخة القط كانت مشكلة فى بودنج الأرز حيث الصبغة dye المستخدمة فى دهان أكياس الأرز إحتوت على آثار من أكسيد الميزيتايل mesityl oxide والذى إلتقطه الأرز وتفاعل مع آثار الكميات من كبريتيد الأيدروجين فى اللبن أثناء المعاملة.

هـ – القوام Texture

يمكن للتعليب أن يحدث تغيرات مرغوبة أو غير مرغوبة فى قوام الأغذية خلال تجلتن النشا وممسخ البروتين وتغيرات البكتين.

تجلتن النشا starch gelatinization: يبتدىء تجلتن النشا على مدى من درجات الحرارة يتوقف على نوع النشا أى نسبه الأميلوز والأميلوبكتين الموجودين وكذلك إتاحة الماء. وهذين المكونين للنشا يسلكان سلوكاً مختلفاً بالتعليب فالأميلوز يعطى محلولاً معتماً ينعقد إلى جل متماسك بالتبريد والأميلوبكتين يكون عجيناً شفافاً ويبقى سائلاً عند التبريد. وإنتفاخ حبيبات النشا أثناء التعليب أو العمليات الحرارية الأخرى سبب تمزق فى الخلايا وهذه مع تجلتن النشا على طراوة فى القوام وزيادة إستساغة المنتج، وأثناء تعليب الخضر يمكن أن ينض leached out إلى الخارج ويجعله أكثر لزوجة أو عكارة مثل مايحدث فى تعليب البسلة الناضجة.

تغيرات البكتين pectin changes : تعليب المواد النباتية يمكن أن يؤدى إلى فقد شبه نفانية أغشية الخلايا وتذويب وتكسير المواد البكتينية فى جدر الخلايا والرقائق المتوسطة middle lamellae وينتج عن ذلك إنفصال الخلايا الذى يسبب فقد القصافة

crispness وتطرية المنتج. وهذا تأثير مرغوب يحسن من إستساغة الغذاء ولكن فوق المعاملة يمكن أن يؤدى إلى زيادة الطراوة فى الفاكهة والخضروات. والمعاملة على درجة حرارة عالية فى بعض الفواكه يمكن أن يؤدى إلى تماسك مقصود فى المنتج بتشابك البكتين كما فى التفاح والكريز.

و- مسخ البروتين Protein denaturation

إستخدام الحرارة فى عمليات التعليب يجلب تغيرات فى التركيب الثالث للبروتين غالباً متبوعاً بمسخ يؤدى إلى تغيرات فى القوام. والروابط الأيدروجينية التى تحافظ على التركيبات الثانية والأعلا للبروتين تتمزق وتكون هيئة ملف إعتباطى ساند وهذا يؤثر على الذوبان ومطاطية ومرونة البروتينات. فبروتينات جبلة العضل والبروتينات الليفية العضلية sarcoplasmic & myofibrillar فى اللحم تتجمع أثناء المعاملة الحرارية وينتج عن ذلك تماسك القوام بينما بروتينات الكولاجين تصبح أكثر ذوباناً وتطرى بأخذها ماء.

ز- اللون Color

الكلورفيل chlorophyll: يؤدى التقليب إلى تكسر مع إنتاج لون من أخضر براق إلى أخضر زيتونى فى الخضروات فيفقد الكلورفيل أيون المغنيسيوم (مغ$^{+2}$ Mg^{2+}) ويتحول إلى فيوفيتين بالحرارة ورقم جهـ المنخفض. وبإضافة أملاح قلوية إلى سائل التعليب للمحافظة على رقم جهـ من 6.2 - 7.0 مع درجة الحرارة العالية وكذلك معاملة بـ ح.ع.ز.ق HTST إستخدمتا فى التعليب لخفض تكسر الكلورفيل.

صبغات الهيم haem pigments: اللون الأحمر فى اللحم ينتج عن الهيموجلوبين فى الدم والميوجلوبين فى العضل ولما كان معظم الدم يزال بعد الذبح فالصبغة الأساسية هى الميوجلوبين. والتعليب يسبب أكسدة الميوجلوبين لإنتاج فيريميوكروماجين ferriheamochromagen والذى يعطى لون اللحم المطبوخ. وهذا التفاعل هو أيضاً

تغير اللون الأساسى الذى يحدث فى تعليب السمك كما فى اللحم مثل التونا والاسقمرى. وزيادة التسخين قد تسبب تغيراً فى اللون إلى الأخضر كنتيجة لتفاعل الميوجلوبين مع كبريتيد الأيدروجين والذى ينتج من مسخ البروتينات الشديد مثل الذى يحدث نتيجة فساد الكائنات الدقيقة.

الكاروتينويدات carotenoids: الكاروتينويدات تتميز بأنها ذائبة فى الدهون وعدم تشبعها العالى وألوانها حمراء أو برتقالى أو صفراء. وهى معرضة للأكسدة والتشابه تحت ظروف الحرارة والـ ج المنخفض مثل تلك المستخدمة فى التعليب.
وتوجد الكاروتينويدات معقدة مع البروتينات أو الأحماض الدهنية وهذا يحميها من الأكسدة. وكسر هذه المعقدات أثناء المعاملة يؤدى إلى تكسير الكاروتينويدات مما ينتج عنه تبييض أو تغير فى اللون.
وفى القشريات فإن مسخ الكاروتينوبروتين carotenoprotein بالتسخين يطلق الكاروتينويد استازانثين astaxanthin والذى يغير اللون من اللون الطبيعى الأزرق-الرصاصى/الرمادى إلى أحمر وردى pinky red. ويمكن أن يحدث نوعان من التشابه سيس-ترانس وإيبوكسايد وهذا يؤدى إلى تخفيف بسيط فى اللون.

الأنثوسيانينات anthocyanins: الأنثوسيانينات صبغات ذائبة فى الماء لونها أحمر-بنفسجى red-violet يمكن أن تشترك فى مدى متسع من التفاعلات أثناء التعليب. وإرتباط بين الحرا ... والأكسجين يمكن أن يؤدى إلى حلمأة الروابط الجليكوسيدية مما ينتج عنه فقد اللون وتكوين رواسب صفراء أو بنية ولكن رقم ج منخفض يعطى ثباتاً أكبر للون. والألدهيدات الناتجة عن تكسر السكر أثناء التعليب وكذلك حمض الأسكوربيك يمكنها إسراع تكسير الأنثوسيانينات. وفقد هذه الألوان مشكلة خاصة فى تعليب الفواكه الحمراء مثل الفراولة.
والأنثوسيانينات يمكن أن تنتج من المعاملة الحرارية للوكوانثوسيانيدينات leucoanthocyanidins مما يعطى عيوباً مثل عنب الثعلب الأحمر/الكشمش الأسود

الأحمر red goose berries والفول الغامق dark broad beans. كما يمكن للوكوانثوسيانيدينات leucoanthocyanidins واللوكوانثوسيانينات leucoanthocyanins يمكنها أن تكون معقدات معدنية مع القصدير والحديد من العلبة مسببة تغيراً لونياً ورمادياً خاصة في الكمثرى والخوخ وإزرقاق الفاكهة الحمراء وتعليب الهليون في العلب المُلكة يمكن أن يسبب تغيراً غامقاً في اللون ينتج عن تكون معقد بين الروتين والحديد .

تفاعل مايارد Maillard reaction: تفاعل مايارد يمكن أن يسبب ألواناً غير مرغوبة خاصة تكون اللون البني في مختلف المنتجات. فتكون اللون البني في الفاصوليا البيضاء navy beans المعلبة في صلصة الطماطم هو نتيجة تكون الميلانويدينات خلال تفاعل مايارد. والميلانويدينات مسئولة أيضاً جزئياً في التلون الطبيعي في المشمش المعلب. وتكون اللون البني أثناء تعليب السمك ذي اللحم الغامق مثل الاسقمري والتونا ليس ذو أهمية كبرى ولكن في لحم السمك الأبيض هذا التغير في اللون هو مشكلة أساسية ولذا فإن السمك الأبيض لايعلب روتينياً. وتعليب اللبن يمكن أن يؤدي إلى لطخة بنية ولكن الكريمة أقل تأثراً.

بيتالينات betalains: البيتالينات ذائبة في الماء وتنشق إلى مجموعتين: بيتاسيانينات betacyanins حمراء وبيتازانثينات betaxanthins صفراء. وأهم صبغة في هذه المجموعة هي البيتانين وهي الصبغة الحمراء في البنجر والتي تستخدم كثيراً كملون طبيعي. والبيتانين معرض للأكسدة أثناء التعليب مما يؤدي إلى فقد اللون ولو أن هذا لايلاحظ بسبب كثرة اللون الموجود وقد يؤدي إلى تكون لون بني غير مرغوب.

20-14 التغيرات في الخواص الغذائية للأغذية

Changes in the nutritional properties of foods

أ- الرطوبة Moisture

تحرك الماء والمواد الصلبة أثناء التعليب يمكن أن يسبب تغيرات رئيسية في الحالة الغذائية. وإذا استهلكت جميع مكونات العلبة فإن هذه التغيرات يمكن تجاهلها ولكن إذا أهمل أو رمى سائل التعليب فإن تأثيرات التخفيف والتجفيف وفقد المواد الصلبة الكلية يجب أن تؤخذ في الإعتبار. والتخفيف أو التجفيف dehydration يؤثر على المكونات النسبية للمكونات الأخرى في الغذاء بينما المغذيات الذائبة يمكن أن تتضح إلى السائل (الجدول 20-6).

جدول 20-6 تأثير المعاملة الحرارية على المكونات الغذائية.

المغذى	الأثـــــــر
الماء	فقد المواد الصلبة الكلية في السائل والتخفيف والتجفيف.
البروتينات	تنشيط الإنزيمات وفقد بعض الأحماض الأمينية الضرورية وفقد الهضمية أو تحسينها.
الكربوايدرات	تجلتن النشا وزيادة الهضمية ولايوجد تغير ظاهر في محتوى الكربوايدرات.
الياف غذائية	عادة لايوجد فقد في القيمة الفسيولوجية.
الدهون	تحويل الأحماض الدهنية السيس إلى أحماض دهنية ترانس بالأكسدة وفقد في نشاط الأحماض الدهنية الأساسية.
الفيتامينات القابلة للذوبان في الماء	فقد كبير في فيتاميت ج و ب1 نظراً للنضح والتكسر الحراري وزيادة إتاحة للبيوتين وحمض النيكوتينيك كنتيجة لتنشيط الإنزيمات.
الفيتامينات القابلة للذوبان في الدهن	عادة ثابتة ضد الحرارة والفقد من أكسدة الدهون.
المعادن	فقد ناتج عن النضح وإحتمال زيادة في الصوديوم والكالسيوم بالأخذ من سائل التعليب.

ب- البروتينات Proteins

تسخين البروتينات فى التعليب يسبب مسخ وتمزيق الروابط الأيدروجينية والروابط غير التساهمية الأخرى مما يؤدى إلى تغيرات فى تكييف conformation البروتينات. ودرجة المسخ تتوقف على مستوى المعاملة الحرارية ولكن من الممكن أن يحدث هذا بالأكسدة أو التفاعل مع مكونات الغذاء الأخرى مثل السكريات المختزلة ومنتجات أكسدة الدهون. والمستوى الكلى للبروتين الخام عادة لايتأثر بالتعليب ولكن يمكن أن تحدث تغيرات مرغوبة وغير مرغوبة فى القيمة الغذائية والإتاحة. والتسخين البسيط للبروتينات يؤدى إلى تغيرات فى التركيب الثالث للبروتين والذى له تأثير غذائى بسيط وإن كان هناك فقد فى الذوبان. أما بالتسخين الأكثر شدة كما فى تعليب الخضر فإنه ينتج عنه تفاعل مايارد وفقد فى جودة البروتين وهذه التفاعلات تجرى أساساً بين الليسين والسكريات وتسبب فقداً فى إتاحة الليسين بالتشابك مع فقد حتى 40%كما يحدث فى البطاطس. وتعليب اللحوم يؤدى إلى نقص فى إتاحة الليسين والأحماض الأمينية الضرورية الأخرى المحتوية على الكبريت وقد تؤدى إلى نقص فى هضمية اللحم.

والفقد فى إتاحة البروتين الذى يحدث تحت ظروف تعليب عادية عادة صغير وغير هام غذائياً لمعظم الناس فى البلاد النامية حيث الليسين نادراً مايكون الحمض الأمينى المحد فى الغذاء. والتعليب قد يؤدى إلى تحسين إتاحة البروتين وهضميته بمسخ عوامل مضادة للهضم وبمسخ البروتينات. وتسخين اللبن ينتج عنه بروتينات تترسب بأحماض المعدة كجسيمات مشتتة رقيقة مما يجعل المهاجمة بالإنزيمات الهاضمة أكثر تأثيراً عن اللبن الخام. وهذا يعزز تكوين روابط ثانى الكبريتيد disulphide bonds مثل بين β-لاكتوجلوبيولين والـ κ-كازين مما يؤدى إلى ثبات أكبر للـ β-لاكتوجلوبيولين الغير ثابت عادة. وتعليب البقول يحسن من هضميتها بفك unfolding جلوبيولينات البذرة الرئيسية كما يُزيد من الإتاحة الغذائية خاصة للأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت بتثبيط مثبطات التربسين.

ج- الدهون Lipids

القيمة الغذائية لمحتويات الدهن فى الأغذية عادة لاتتأثر جوهرياً أثناء المعاملة الحرارية العادية. وتفاعلات الحلمأة والتى ينتج عنها إنفصال الأحماض الدهنية عن الجليسرول قد تحدث ولكن هذا لايؤثر على القيمة الغذائية للدهن حيث الأحماض الدهنية الناتجة متاحة للهضم. والدهون المشبعة ثابتة نسبياً ولكن الدهون غير المشبعة معرضة للأكسدة عندما تسخن فى وجود الأكسجين أو الهواء. ويمكن منع الأكسجين أو إستخدام مضادات الأكسدة بحيث أن الفقد فى القيمة الغذائية للدهون يصبح غير جوهرى. ومعظم تأثيرات تفاعلات أكسدة الدهون تتصل بنكهة الأغذية ولكن يمكن أن ينتج عنها تغيير الأحماض الدهنية السيس *cis* إلى أحماض دهنية ترانس *trans* والطاقة واحدة ولكن الأحماض الدهنية الترانس لاتمتلك نشاط الأحماض الدهنية الأساسية. وإتاحة الفيتامينات القابلة للذوبان فى الدهن أ و د و ى وكذلك فيتامين ج والفولات يمكن أن تنقص أثناء أكسدة الدهون.

د- الكربوايدرات Carbohydrates

بالتعليب يمكن أن تتفاعل السكريات المختزلة مع البروتينات خلال تفاعل مايارد مما يسبب فقداً فى بعض الأحماض الأمينية. والتأثيرات الأخرى تشمل زيادة الإتاحة الحيوية للحديد خلال تعقيده مع جزيئات السكر وتكسير الـ °ـلاكسينين vaccinin وهو إستر سكر طبيعى فى قمام المناقع لإنتاج حمض بنزويك والذى يعمل كمادة حافظة.

وتجلتن حبيبات النشا يحسن من القوام وبالتالى إستساغة الغذاء كما يساعد فى هضمية الغذاء خاصة البطاطس والأرز.

والألياف الغذائية والتى تتكون أساساً من السيليولوز فهو والسكريات العديدة الأخرى (هيميسيليولوز وبكتينات) مسئولة عن قوام وتركيب النبات. والتعليب لايؤثر على مستويات الألياف الغذائية الكلية.

وعلى ذلك فمستويات الكربوايدرات الكلى والمتاح وجد أنها لاتتأثر أثناء تعليب الفاكهة والخضر.

هـ – المعادن Minerals

عادة مستويات المعادن الكلية لا تتأثر عامة عكسياً بالتعليب لأنها ثابتة نسبياً تحت ظروف من الحرارة والحمض والقلوى. ولكن المعادن معرضة لتغيرات فى الإتاحة الحيوية نظراً لتفاعلات بين مكونات الغذاء. فإتاحة الحديد الحيوية قد تُعَزَّز أثناء التعليب فى وجود فيتامين ج أو سكريات مختزلة والتى تكون معه معقدات متاحة. ولكن الأكسالات والتى توجد طبيعياً فى كثير من الأغذية الحمضية يمكن أن تثبط إتاحة الكالسيوم الحيوية.

والتغيرات الرئيسية التى تحدث فى مستويات المعادن بالتعليب تتسبب من الحركة بين الغذاء وسائل التعليب. وبعض المعادن خاصة الصوديوم والكالسيوم يمكن أن تؤخذ بواسطة الغذاء من سائل التعليب وهذا يظهر عند تعليب الخضر فى المأج. والمعادن أيضاً يمكن أن تنض من الغذاء إلى سائل التعليب فالبوتاسيوم معرض للنض مع فقد مابين 15% و 50% فى تعليب الخضر بينما الخارصين والمنجنيز والكوبالت معرضة أيضاً للنض.

وتخزين الخضر المعلبة لايظهر أى تغيرات جوهرية فى الصوديوم والكالسيوم ولكن يحدث نض فى البوتاسيوم والخارصين (الجدول 20–7).

جدول20–7 محتوى المعادن (مجم/100جم على أساس الوزن الرطب) فى البسلة المطبوخة والمعلبة.

العينة	الكالسيوم	الصوديوم	البوتاسيوم	الخارصين	الحديد
طازة	48	65	179	0.82	1.4
وقت إبتداء العملية	47	320	152	1.0	1.4
معلب ومخزن					
3 أشهر	40	315	79	0.72	1.3
6 أشهر	31	-	82	0.44	0.9
9 أشهر	28	295	84	0.53	1.5
12 شهر	-	280	108	0.55	1.2

و- الفيتامينات Vitamins

الفيتامينات القابلة للذوبان فى الدهون أكثر ثباتاً عن الفيتامينات القابلة للذوبان فى الماء ولكن الفقد يحدث خلال الأكسدة. والكاروتينويدات خاصة معرضة للأكسدة أثناء المعاملة الحرارية ولكن هذا يمكن خفضه كثيراً بإضافة مضادات أكسدة. والفقد فى الفيتامينات القابلة للذوبان فى الماء يمكن أن يكون كبيراً والأكثر تعرضاً هو فيتامين ج الذى يفقد خلال: 1- الأكسدة التى يمكن أن تحدث فى الأطوار المبكرة للعملية الحرارية قبل تثبيط أكسيد الأسكوربيك. 2- تهدم كيماوى مثل الفقد الناتج عن تفاعلات تكون اللون البنى/ الأسمر غير الإنزيمية فى منتجات الفاكهة. 3- خلال النض إلى سائل التعليب وهو أهم الأسباب ومستوى فيتامين ج المتبقى قد يكون 20%.

والثيامين هو أكثر فيتامينات ب حساسية للحرارة خاصة تحت ظروف قلوية والتهدم الحرارى للثيامين شمل شَقّ كوبرى الميثيلين وهذا يعطى منتجات متطايرة كثيرة. وهو فى وجود سكريات مختزلة يشارك فى عملية تكوين اللون البنى/ الأسمر غير الإنزيمية كما أنه يتفاعل مع الألدهيدات فى وجود فيتامين ج. كما أنه يفقد خلال النض ويبقى 60 - 90% منه. أما حمض الفوليك فيفقد من خلال التهدم الحرارى والأكسدة ولو أنه يثبت فى وجود فيتامين ج بينما البيرودوكسين يفقد خلال التهدم الحرارى والنض. والفقد فى هذين الفيتامينين يتراوح مابين 30 - 80%. والفقد فى تعليب اللحم يمكن أن يكون حتى 90%. والريبوفلافين وحمض النيكوتينيك ثابتين ضد الحرارة نسبياً ولكن فُقِد مابين 20 -50% فى تخزين اللحوم المعلبة. وفى الخضروات والفاكهة تراوح الفقدُ مابين 25 - 70% وتُعزَى إلى النض. وهما يبقيان فى معاملة اللبن جيداً ولكن الريبوفلافين يفقد من اللبن المعبزج نظراً لحساسيته للضوء.

والتسخين الحرارى البسيط له تأثير جيد نظراً لتثبيط الإنزيمات وتكسير عوامل الربط مما يزيد من الإتاحة الحيوية للفيتامينات مثل البيوتين وحمض النيكوتينيك. ويجب مقارنة الأغذية المعلبة مع تلك الطازجة أو المجمدة. ولمعظم الأغذية فعملية التعليب تحل محل عملية الطبخ التقليدية وأى إعادة تسخين ليس لها تأثير كبير جوهرى. والفقد فى المغذيات الحساسة للحرارة مثل الفيتامينات يمكن أن يكون جوهرياً ولكن لما كانت

المنتجات المعلبة عادة تنتج من مواد فى طور نضجها الأمثل وبعد الجمع مباشرة فالمستويات عادة عالية مثل المواد "الطازة" المشتراة من السوق ومحضرة فى المنزل. (Macrae)

15-20 الطاقة المستخدمة فى التعليب

بصفة عامة ففى مصنع تعليب خضر فاكهة ينتج 3.6 مليون علبة فى الأسبوع فإن الطاقة المستخدمة هى حوالى 0.8 كجم بخار/كجم من المنتج. وفى مصنع لحوم هى حوالى 1كجم بخار /كجم من المنتج. ويمكن التعبير عنها كهربياً بـ 0.1 كيلوات/ ساعة/كجم لمصنع الخضر والفاكهة، 0.22 كيلوات/ ساعة/كجم لمصنع اللحوم نظراً لإستخدام مكن الهرس comminuting ولمتطلبات التخزين البارد فى مصانع اللحوم. (Hui)

References المراجـــــع 16-20

1. A.W. Bitting, Canning, in, S.C. Prescott and B.E. Proctor, Food Technology, McGraw-Hill Book Co., Inc. 1937.

2. W.V. Creuss, Commercial Fruit and Vegetable Products, McGraw-Hill Book Co., Inc., 1984.

3. Y.H. Hui, ed., Encyclopedia of Food Science and Technology, John Wiley and Sons, Inc. 4 vols., 1992.

4. R. Macrae, R.K. Robinson and M.J. Sadler, eds., Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition, Academic Press, 1993.

5. M. Shafiur Rahman, Preserving Foods with Electricity: Ohmic Heating, Ch. 18, in, Shafiur Rahman, ed., Handbook of Food Preservation, Marcel Dekker, Inc., 1999.

6. M.W. Ramesh, Food Preservation by Heat Treatment, Ch. 5, in, M. Shafiur Rahman (ed.) Handbook of Food Preservation, Marcel Dekker, Inc., 1999.

1-حسين عثمان : معلومات خاصة ومحاضرات .

رقم الإيداع / ١٤٢٤٢ / ٢٠٠١
الترقيم الدولي I.S.B.N.
977 - 5167 - 71 - X