الفصل السابع

الطبخ (الطهي)
Cooking

غالباً ما تطبخ كل منتجات اللحوم إما بواسطة المُصنع وإما بواسطة المستهلك، وأحياناً بوساطة الاثنين معاً.إلا في بعض الاستثناءات مثل:

- الهام (لحم الخنزير) الخام (Raw hams).
- السجق المتخمر الجاف (Dried, fermented sausages).
- اللحوم المجففة مثل البيلتونج (biltong) والجيركي(jerky)، والبيميكان (pemmican) (كل هذه المنتجات غير شائعة في المملكة المتحدة).
- أجزاء الاستيك غير المطبوخة جيداً.. الخ (under done parts of steak) (انظر اسفل).

مميزات الطبخ
Advantages of Cooking

المميزات الأولية (الأساسية) Primary Advantages

يصبح اللحم مستساغاً وشهياً بدرجة أكبر.

- يصبح اللحم أكثر طراوة بالطبخ، إلا إنه مع العضلات الخالصة مثل الإستيك الفاخر(prime steaks)، فإن التأثير يكون بسيطاً جداً إذ إن اللحم بطبيعته يكون طرياً جداً، لذا فالطبخ المطلوب يكون خفيفاً (rare) كما في الإستيك المطبوخ خفيفاً، والروست

المطبوخ خفيفاً (under done roast) . يجب طبخ اللحوم الأقل امتيازاً (less noble) (مثل معظم اللحوم في المنتجات المصنعة) طبخاً يؤدي إلى تطرية وتليين النسيج الضام.

- تغيرات اللون: اللون الوردي في الهام المطبوخ (cooked ham) والبيكون المقلي (fried bacon) (صفحة ١٠٢)، واللون البني في الروست والمشويات.. الخ، (صفحة ٩٩).
- تطور و انتاج النكهات والروائح (flavors and aromas) (صفحة ١٠٩).

تُقتل البكتريا والطفيليات..الخ الضارة، حيث يصبح اللحم المطبوخ مأموناً وأكثر مأمونية من اللحم غير المطبوخ. انظر الفصل الخامس للتفاصيل. تذكر بصفة خاصة، متطلبات تفادي إعادة التلوث بعد الطبخ.

الاستثناءات كما ذُكر سابقاً هي:

- تكون اللحوم المطبوخة طبخاً هيناً مأمونة عندما:
- يكون الجزء غير المطبوخ جيداً، وسط قطعة غير مقطوعة (مثل الإستيك، الروست)، ولذا لا يتلوث مرة أخرى باليكتيريا.. الخ.
- يُعامل ويُتداول اللحم بحرص وعناية ويقدم فوراً بعد التقطيع (مثل steak , tartare)، بحيث إن أي بكتريا ملوثة.. الخ، لا تجد وقتاً لتنمو.
- في حالة اللحم البقري المعتق جيداً، فإن لون الطبخ البني لا يظهر حتى تصل درجة حرارة الطبخ إلى أكثر من ٧٠-٧٢°م (١٥٨-١٦٢°ف) وهي الدرجة المطلوبة للمأمونية الميكروبيولوجية. (لكن تذكر المشكلة المحتملة و التي تتمثل في تكون اللون البني غير المكتمل (premature browning، صفحة ٩٩).
- السجق المجفف، الهام الطازج.. الخ. في هذه المنتجات، يتم التحكم والسيطرة على البكتيريا الضارة؛ بسبب محتويات المنتج: الملح، الحامض، النيتريت وبصفة خاصة الرطوبة المنخفضة (نشاط مائي منخفض).

التأثيرات الثانوية Secondary Effects

- تتماسك وترتبط المنتجات المهروسة (comminuted products) أو المصنعة (fabricated products) عند التسخين.
- (يثبت) لون القديد (اللحوم المعالجة) أو يتحول إلى الشكل المدنتر (denatured from).

- خبيز عجينة الفطائر (pastry of pies) وغيرها.
- التأثيرات على القيمة الغذائية:

– **دنترة البروتينات** ولهذه الدنترة تأثير مقلل للقيمة الغذائية ، بشكل بسيط، باستثناء زيادة الطبخ التي يمكن أن تقلل من توافر اللايسين.

– **الفيتامينات والأملاح**: تعتبر اللحوم في النظام الغذائي القياسي مصدراً مهماً للحديد والفيتامينات. وباستثناء فيتامين ب١، لا تتأثر فيتامينات اللحوم نسبياً، بحرارة الطبخ؛ انظر الجدول رقم (١ , ٧).

الجدول رقم (١ , ٧). العناصر الغذائية في اللحم وتأثيرات الطبخ.

العنصر الغذائي	متوسط النسبة المئوية للمتناول	تأثير الطبخ
الحديد	٣٨	لا تأثير
فيتامين ب١ (ثيامين)	٢٢	خفض كبير
فيتامين ب٢ (ريبوفلافين)	٣٠	بسيط أو لا يحدث خفض
حمض نيكوتينيك	٤١	بسيط أو لا يحدث خفض
فيتامين أ	٣٢	بسيط أو لا يحدث خفض
فيتامين د	٣٩	بسيط أو لا يحدث خفض

التغيرات التي تحدث أثناء الطبخ

Changes Which Occur on Cooking

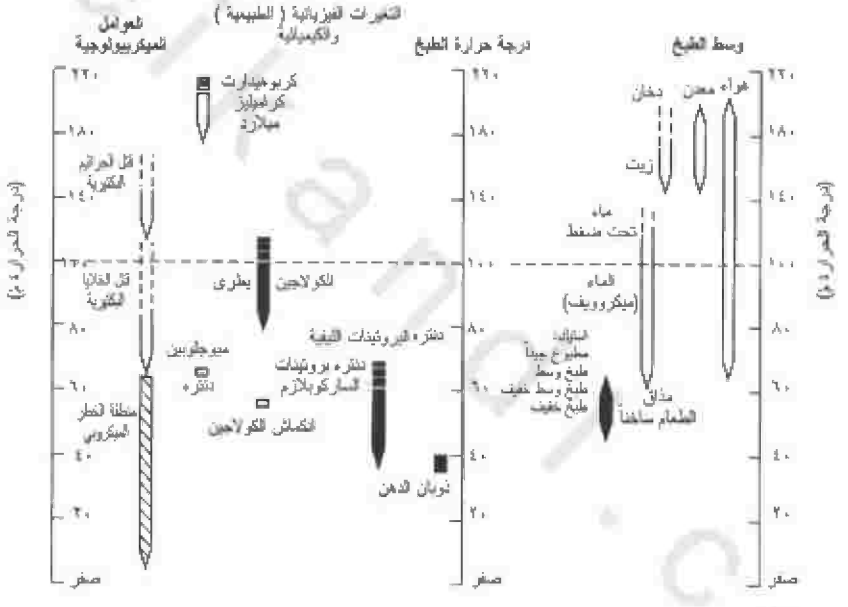
يلخص الشكل رقم (١ , ٧) التأثيرات الموضحة أدناه. ولاحظ بصفة خاصة الآتي:

يغلي الماء عند ١٠٠°م (°ف ٢١٢) Water boils at 100° C(212°F

[نقطة (درجة) غليان اللحم الفعلية أعلى بقليل من ١٠٠°م بسبب تأثير المواد الذائبة؛ وعلى أي حال، الفرق بسيط وسنتجاهله هنا].

- كلما كان الماء موجوداً، فإن درجة الحرارة لن تكون أعلى من ١٠٠°م؛ وذلك بسبب ارتفاع محتوى الماء في اللحم الأحمر، ويعني ذلك عملياً، أن درجة الحرارة في وسط كل قطع اللحم ، لا تتجاوز ١٠٠°م تقريباً ، مهما كانت ظروف الطبخ الخارجية.

- يرفع الطبخ تحت ضغط (cooking under pressure) درجة غليان الماء بحيث إن كل اللحم قد تصل درجة حرارته أعلى حتى ١٢٠-١٢٥°م (٢٤٨-٢٥٧°ف)؛ يحدث هذا في التعليب والطبخ في المعقمات (retort cooking).
- فقط إذا كان جفاف السطح الخارجي ممكناً، فقد يمكن من بلوغ درجات حرارة عالية؛ ويحدث هذا في حالة التحميص (roasting) والشواء (grilling) والقلي (frying).



الشكل رقم (١, ٧). درجات الحرارة المهمة في الطبخ.

تغيرات البروتين Protein Changes

- **بروتينات السار كوبلازم (الذائبة) [Sarcoplasmic (soluble) proteins]**: تترسب هذه البروتينات تدريجيا عند التسخين والوصول إلى درجة حرارة ٤٠°م (١٠٤°ف)، تقريباً. لذا يصبح اللحم أكثر شحوباً؛ بسبب زيادة تشتت الضوء(light scattering)

يحدث معظم الترسيب بعد الوصول إلى درجة حرارة ٦٠°م (١٤٠°ف)؛ ويكتمل بالوصول إلى ٧٠°م (١٥٨°ف).

• **البروتينات المتقلصة (بروتينات اللويفات العضلية)[contractile (myofibrillar) proteins]** تحدث دنترة بروتينات الأكتين والميوسين عند درجة حرارة ٦٥–٧٠°م (١٤٩–١٥٨°ف)، أيضا عند درجة الحرارة هذه ، يتصلب ناضح(إفراز) الميوسين حرارياً (heat-sets).

• **النسيج الضام (الكولاجين)[connective tissue (collagen)]** ينكمش النسيج الضام على درجة حرارة ٥٥–٦٠°م (١٣١–١٤٠°ف)؛ (لذا تكون هناك زيادة في فقد الماء عند مدى قريب من هذه الدرجة). [انظر صفحة ٢٠٢ لأهمية ذلك في انفجار وتمزق السجق (sausage bursting)]. يلين الكولاجين ويطري عند حوالي ٨٠–١٠٠°م (١٧٦–٢١٢°ف) في وجود الماء ويتحلل إلى جيلاتين عند حوالي ٩٠°م (١٩٤°ف) وأعلى. نظرياً، يتوقع أن يتحلل حوالي ٢٥–٤٠ من الكولاجين؛ وإذا كان هناك تحلل لأكثر من ذلك فسيتغير نسيج وقوام اللحم ويتأثر تأثراً سيئاً. بدون إضافة ماء سيكون الكولاجين صلباً وجافاً وفي وجود الماء يصبح طرياً ومتفتتا و غير مترابطً (disintegrated).

• تحدث **دنترة ألوان اللحم** (صبغات الميوجلوبين، النيتروسيل ميوجلوبين) عند ٦٥–٧٥°م (١٤٩–١٦٧°ف):

اللحم غير المعالج: أحمر ← أسود (صفحة ٩٩).

اللحم المعالج (المقدد): أحمر ← وردي (صفحة ١٠٢).

الفواقد بسبب الطبخ Cooking Losses

فقد الماء Water loss

يعتمد مدى فقد الماء أو السوائل؛ بسبب الطبخ أساساً على درجة حرارة المنتج، وبدرجة أقل على زمن الطبخ. هناك زيادة كبيرة في الفاقد على مدى درجات حرارة

تتراوح من ٥٠ إلى ٦٠°م (١٢٢-١٤٠°ف)؛ قد يحدث حوالي ٨٠-١٠٠٪ من الفقد الكلي عند الوقت الذي تصل فيه درجة حرارة العينة إلى ٨٠°م (١٧٦°ف).

يعتمد الفقد الكلي الشامل في قطعة كبيرة من اللحم أو منتجاته على درجات الحرارة التي تبلغها أعماق مختلفة من القطعة. فعلى سبيل المثال، فلنفس المنتج الذي طُبخ إلى نفس درجة الحرارة في مركزه فإن:

- الطبخ السريع يعطي أو يسبب ارتفاع درجة حرارة السطح، لذا تكون هناك فواقد كبيرة في السطح، ومن ثمَّ فواقد كلية كبيرة، أيضاً.
- يتطلب الطبخ البطيء درجة حرارة طبخ سطح منخفضة (نفس درجة حرارة المركز)، لذا، تكون الفواقد من سطح اللحم قليلة، ونفس الفواقد في مركز اللحم، وبالتالي فواقد كلية قليلة.

قد يمتص بعض الماء المفقود مرة أخرى إذا بقي اللحم ملامساً للسائل أثناء التبريد.

يقال أحياناً، بأن تغطية Senliy سطح اللحم بالتذييل (sealing)، يقلل الفواقد الكلية ولكن لا يوجد دليل على ذلك.

فواقد الدهن Fat losses

ينصهر الدهن عند درجة ٣٧-٤٠°م (٩٨-١٠٤°ف). لذا، فقد يُفقَد الدهن الحر من خليط المنتج على درجات حرارة منخفضة ما لم يتم حفظ المنتج في الأنسجة البينوخلوية الفعالة (أنسجة من البروتين والدهن matrix) فعال. تبقى الأنسجة الدهنية سليمة نسبياً وتتحمل حتى درجة ١٣٠-١٨٠°م (٢٦٦-٣٥٦°ف)، على الرغم من أن بعض الخلايا الدهنية قد تنفجر على درجات حرارة أقل، مثلاً على ٥٠-٥٥°م (١٢٢-١٣١°ف).

التغيرات التي تحدث عند درجة حرارة أعلى من ١٠٠°م (٢١٢°ف) changes above 100c°(212f°)

تتكون ألوان سوداء (داكنة) بسبب:

- الجفاف (dehydration).
- التفحم (charring) (على درجات أعلى من ١٥٠°م، ٣٠٢°ف).

- تفاعلات مشابه لتفاعلات ميلارد البنية (Maillard-type browning reactions) (على درجات حرارة أعلى من ١٥٠°م، ٣٠٢°ف). تتطلب هذه التغيرات أحماض أمينية، خاصة اللايسين (lycine) والألانين (alanine) من بروتينات اللحم؛ بالإضافة الى سكريات مختزلة (مثل الجلوكو، اللاكتوز من السكر المضاف، العسل، حليب البودرة .. الخ) ؛ أو دهون مؤكسدة (oxidizing fats) (إذاً، تُشَجع هذه التفاعلات بالدهون والهواء).

تذكر بأن هذه التغيرات لا يمكن أن تحدث على درجات حرارة أقل من ١٠٠°م (٢١٢°ف)؛ وأن درجة الحرارة في مركز اللحم لا يمكن أن تتعدى ١٠٠°م (٢١٢°ف) طوال تواجد الماء، لذا، فإن التغيرات المذكورة سابقاً قد تحدث على السطح فقط.

تغيرات النكهة Flavour Changes

إن كيمياء نكهة اللحم معقدة جداً ولم تفهم تفاصيلها جيداً. ولكن هناك عدة نقاط بينه وواضحة بدرجة كافية في هذا الشأن منها:

- أن نكهة اللحم الخام (الطازج) ليست قوية جداً.
- أن نكهة اللحم الطازج معدنية (metallic) نوعاً ما؛ بسبب الحديد في الميوجلوبين والهيموجلوبين.
- يبدو أن النكهات المميزة لأنواع اللحم المختلفة تعتمد أساساً، على دهونها المختلفة.
- الدهون الصلبة (hard fats)كدهون البقر والأغنام (الضأن) تحتوي على أجزاء كثيرة من المواد الجامدة الصلبة على درجات حرارة فم الإنسان؛ لذا، فإنها تُكَوِّنُ رواسب شحمية صلبة (solid tallowy deposits) والتي يُعِدُّها معظم الناس غير مستساغة؛ الدهون الطرية كدهون الخنزير لا تعطي ذلك الإحساس.
- كلما زاد عمر الحيوان، كانت النكهة أقوى. لذا، فإن نكهة اللحم البقري أقوى من نكهة العجالي، ونكهة لحم الدجاج البياض أقوى من نكهة الدجاج اللاحم ..الخ.

تتكون النكهات الطيبة والمرغوبة أثناء الطبخ. والتأثيرات الأساسية هي كالتالي:

- عندما يكون هناك نسيج ضام كثير في اللحم الأحمر (الخالي من الدهون)، فإنه يتحلل ويصبح طرياً (صفحة ٢٨، ٢٩).

- هناك زيادة في الإحساس بالعصيرية؛ لذلك فستكون محسوسة مهما كانت النكهات الموجودة.
- يعطي تحلل بعض مكونات اللحم الإنوسين (Inosine)، وهو ناتج هدم الـ ATP والـ ADP، .. الخ، ولهذا المركب نكهة لحمية مميزة، كما يعطي تحلل البروتين حمض الجلوتاميك الذي يحفز النكهة بإثارة التجويف الفمي (palate) (تذكر: تستخدم وتضاف جلوتامات أحادي الصوديوم [monosodium glutamate (MSG)] إلى الأغذية بصورة واسعة لهذا الغرض (إثارة التجويف الفمي)؛ بمستوى ١ , ٠٪ (وهي نسبة عادة، تكون كافية).
- تنتج مركبات نكهة عديدة أخرى أثناء الطبخ وغالباً ما تكون بكميات قليلة جداً.
- تنتج نكهات قوية نتيجة لتفاعلات الكرملة (caramelisation) وتفاعل ميلارد عند درجة حرارة ١٥٠°م (٣٠٢°ف) وما فوق ذلك، مثلاً على سطوح اللحم أثناء التحميص والقلي .. الخ.
- تنتج نكهات وروائح مميزة لأنواع اللحم المختلفة وذلك بتسخين النسيج الدهني في الهواء؛ لذا فإن دهن الدواجن الجاف المسيح (dry rendered chicken fat)، وقطر (إفراز) اللحم البقري (beef dripping)، .. الخ تُعدُّ مصادر مهمة لنكهات الدواجن، واللحم البقري، .. الخ.
- يتم خلط وامتزاج نكهات التوابل والأعشاب المضافة، .. الخ أثناء الطبخ.

تذكر أيضاً، بأن:

أ) تتكون نكهة البيكون المقلي من:

- طعم الملح.
- رائحة دهن الخنزير المسخن.
- نكهة بسيطة لكنها مميزة تنتج من تفاعل النيتريت مع اللحم الأحمر.

ب) قد تكون النكهات غير المرغوبة للبيكون المقلي بسبب:

- **نتانة ذكور الخنزير (Boar taint):** تتكون نكهة في لحم ذكور الخنزير الكبيرة؛ نتيجة لمستويات عالية من هرمون الذكورة الأندروستيرون؛ وسهلة الاكتشاف بواسطة النساء وهي غير محبذة لهن مقارنة بالرجال؛ ويقال بأن تلك النكهة تحت مستوى الإحساس في لحم ذكور الخنزير الصغيرة (صفحة ٥)، وقد تظهر أيضا، رائحة ذكور الأغنام الكبيرة ولكنها ليست بشائعة.

- **نتانة (رائحة) القط (Catty taint)**: رائحة أو طعم ذكور القطط؛ نتيجة للتفاعل بين الكبريتيدات من بروتينات اللحم) والكيتونات غير المشبعة (unsaturated ketones) مثل أكسيد الميسيتايل (mesityl oxide) (الذي قد يوجد في مذيب أومخفف الدهانات paint thinner وكثير من المنتجات الأخرى).
- **روائح كريهة أخرى Other taint**: عادة يسببها التلوث بنكهات المواد الغريبة.

منطقة الخطر الميكروبي Microbial danger zone

تنمو معظم الميكروبات المسببة للفساد وكل الميكروبات التي تسبب التسمم الغذائي بسرعة على درجات الحرارة التي تقع بين ١٠°م و ٦٣°م (٥٠-١٤٥°ف). عملياً يجب تفادي أو تجنب هذا المدى من الحرارة بقدر الإمكان. ولذلك؛ تتطلب نظم التدابير الصحية للغذاء في المملكة المتحدة البريطانية (UK Food Hygiene Regulations) أن يحفظ الغذاء لأقصر فترة ممكنة على درجة حرارة تتراوح بين ١٠°م (٥٠°ف) و ٦٢,٧°م (١٤٥°ف)، ويشار الى أنه يجب أن يسخن أو يبرد بسرعة الى درجة حرارة أعلى أو أدنى منها.

تذكر بأن تغير لون اللحم من الخام إلى المطبوخ يحدث عند درجة حرارة ٦٥-٧٥°م (١٤٩-١٦٧°) (انظر أعلى)؛ لذا، فإن اللحم الذي يبدو مطبوخاً تقنياً، قد يُعدُّ مطبوخاً من وجهة النظر الميكروبيولوجية.

ظروف الطبخ العملية

Practical Cooking Conditions

مصدر وفعالية الحرارة Source and effectiveness of heat

تعتمد كمية الحرارة المنقولة للحم أثناء الطبخ على:

- الفرق بين حرارة سطح اللحم وحرارة وسط الطبخ، أي على درجة حرارة الطبخ.
- معدل انتقال الحرارة على السطح، أي كفاءة معامل التوصيل (النقل) الحراري لوسط التسخين.
- الزمن الكلي للطبخ.

للظروف التي توجد عادة، في طبخ اللحم، يلخص الجدول رقم (٢ , ٧) العوامل التالية:

الجدول رقم (٢ , ٧). طرق طبخ اللحم ودرجات حرارة الطبخ.

وسط الطبخ	درجة حرارة الطبخ	انتقال الحرارة
هواء جاف (تحميص، خبز)	حتى ٢٠٠°م (٣٩٢°ف)	مقبول
الماء (في مرق أو تدميس)	حتى ١٠٠°م (٢١٢°ف)	جيد
الماء تحت ضغط	١٠٠-١٢٥°م (٢١٢-٢٥٧°ف)	جيد
الهواء الرطب أو المشبع (الطبخ بالبخار)	حتى ١٠٠°م (٢١٢°ف)	جيد جداً، بسبب الحرارة الكامنة من البخار المتكثف
الهواء الرطب أو المشبع تحت ضغط (تعقيم)	١٠٠-١٢٥°م (٢١٢-٢٥٧°ف)	جيد جداً بسبب الحرارة الكامنة من البخار المتكثف
الزيت أو الدهن (قلي)	١٥٠-١٩٠°م (٣٠٢-٣٧٤°ف)	جيد جداً
معدن	حتى ٢٠٠°م (٣٩٢°ف)	جيد عند نقاط التلامس، وإلا فسيكون الانتقال مثل ما في الهواء
الإشعاع		جيد جداً
شواء	يعتمد على الظروف.	
ميكروويف	درجة الحرارة التي يحصل عليها تعتمد على الطاقة الداخلة، عادة ليس أعلى من ١٠٠°م (٢١٢°ف)	جيد جداً

ظروف التسخين داخل المنتج Heating conditions within the product

تسخن الطبقات العميقة للحم أو منتجات اللحوم من الطبقات التي تعلوها. وبهذه الطبقات محتوى ماء أعلى، أي أن ظروف التسخين داخل اللحم مشابهة للتسخين في الماء مهما كانت ظروف التسخين على السطح، أي لا ترتفع الحرارة الداخلية فوق ١٠٠°م (٢١٢°ف) تقريباً ما لم يتم التسخين تحت ضغط.

تعتمد سرعة التسخين على:

- التوصيل الحراري (thermal conductivity).
- حرارة السطح (surface temperature).

ليس لطريقة التسخين أثر أكبر غير ذلك. للتسخين بالميكروويف تأثيرات مشابهة للطبخ بالماء ما لم يحدث تجفيف، مثلاً في الزوايا أو الأركان (البقع الساخنة hot spots).

التدخين
Smoking

في الأصل ، يعلق الهام(لحم الخنزير).. الخ، في مواقد (fire places)، أو مداخن (chimneys) ليجف. يعطي الدخان خصائص جودة حفظ أفضل ونكهات مميزة وذلك بسبب:

- المحتوى الرطوبي المنخفض.
- الفعل الحافظ لبعض مكونات الدخان (الفينولات .. الخ).
- الفعل المضاد للأكسدة لبعض مكونات الدخان.
- نكهة مكونات الدخان.

لمزيد من التفاصيل راجع صفحة ٢١٩، ٢٢٠.

التعليب والمعاملة الحرارية
Canning and Heat Processing

قد يُعدُّ التعليب والتصنيع الحراري نوعاً خاصاً من أنواع عمليات الطبخ التصنيعية، والتي فيها يتم التحكم في كمية (درجة) الطبخ لضمان ثبات المنتج لفترة طويلة؛ نتيجة لتثبيط نشاط كل الميكروبات والأحياء الدقيقة التي قد تسبب الفساد أو التسمم الغذائي.

وكما المفهوم الشائع، فإن هذا المصطلح (التعليب) يقصد به ويعني الأوعية المعدنية الصلبة والمحكمة القفل (العلب)، ولكن قد تطبق الأسس على أنواع أخرى من الأوعية كالبرطمانات و الزجاجات والأكياس المرنة(flexible pouches) والكراتين

الملحمة (sealed cartons)، .. الخ.

مميزات التعليب الأساسية هي:

- منع الفساد وتقليل التلوث قبل التصنيع.
- تأسيس وترسيخ ظروف تسخين صحيحة (العملية المجدولة scheduled process).
- التطبيق الثابت للعملية المبرمجة في الممارسة التصنيعية؛ الحفاظ على سلامة (تمامية) الوعاء وتقليل التلوث بعد العملية التصنيعية (post-process contamination).

قيم المعاملة الحرارية Heat Process Values

تبدأ نظرية عملية التعليب مع الحاجة إلى ضمان المأمونية البكتيرية (bacterial safety)؛ وذلك بمنع نمو بكتيريا الكوليستريديوم بوتشولينيوم (*Clostridium butulinum*). وتعدُّ جراثيم هذا الكائن الحي الدقيق أكثر الأحياء الدقيقة سمية ومقاومة للحرارة، وقد يكون الكائن الحي النابت (vegetative organism) إذا خرج من الجراثيم سبباً لأمراض حادة تؤدي إلى معدلات وفيات عالية.

يُعَبر عن كمية التسخين المطلوبة عادة بقيمة F_o:

$1 \times F_o$ = عدد جراثيم الكوليستريديوم بوتشولينيوم التي يتم تحطيمها في دقيقة واحدة عند درجة حرارة ١٢١°م (٢٥٠°ف) (أو الوقت المكافيء عند درجات حرارة أخرى).

كمية التحطيم المتفق عليها لتعطي حماية من بكتيريا *الكوليستريديوم بوتشولينيوم* هي عملية حرارية تكافئ $F_o = 3$.

وتعرف هذه الدرجة *بالدرجة الأدنى لطبخ البوتشولينيوم (minimum botulinum cook)*.

وحين تكون قيمة العملية الحرارية مختلفة عن قيمة $F_o = 3$؛ فستكون الاستثناءات كالتالي:

- الأغذية عالية الحموضة ولها أس هيدروجيني أقل من ٥ , ٤. في هذه الحالة، يحفظ الغذاء ويبقى مأموناً بفعل الحموضة، وهنا يصبح طبخ البوتشولينيوم غير ضروري. وعادة، ليست منتجات اللحوم من ضمن هذه المجموعة.
- تعامل كثير من منتجات اللحوم غير المعالجة (uncured) وكثير من الأغذية

الأخرى، عمليات حرارية تفوق القيمة F_0 = ٣ (F_0 = ٨ أو أكثر) لأجل التحكم في بكتيريا الفساد التي تكون أكثر مقاومة من بكتيريا الكوليستريديوم بوتشولينيوم مثل الأحياء والكائنات الدقيقة المسببة للإحماض المستوي (flat sour)، والتي تنتج حموضة وتسبب حموضة المنتج دون إنتاج غاز، ولذا فهي لا تؤدي إلى انتفاخ العلبة ولكن تتركها مستوية الأسطح.

- تعامل اللحوم المعالجة (المقددة) معاملات حرارية أقل من F_0 = ٣؛ بسبب التأثير الحافظ والتحكمي للنيتريت ضد بكتيريا الكوليستريديوم بوتشولينيوم. الظروف الموصى بها في الحدود الأدنى هي كالتالي:

لحم ذو جودة ميكروبيولوجية عالية (لا تتعدى جراثيم *الكوليستريديوم* الموجودة فيه مستعمرة واحدة/ جرام).

محتوى أدنى لنيتريت الصوديوم لا يقل عن ٧٥ جزءاً في المليون.

محتوى أدنى للملح لا يقل عن ٣,٥٪ من الوزن الرطب.

أدنى معاملة حرارية لا تقل عن F_0 = ٠,١.

- قد تخفض لحوم الهام الكبيرة المعدة للتخزين المبرد المعاملة الحرارية وتصبح غير مقدرة بقيمة F_0. ولم تحدد الظروف المقننة لهذه العملية بعد.

عملياً، يتم الحصول على القيمة العملية المطلوبة بتشغيل **العملية المجدولة (schedualed process)**، والتي فيها يحدد للقائم بالتشغيل الوقت ودرجة الحرارة وضغط المعقم الذي تطبخ فيه العلب. تكون تفاصيل العملية مختلفة باختلاف المعقمات أو باختلاف خطوط التعبئة في نفس المصنع، ويجب اتباع العملية المجدولة اتباعاً دقيقاً.

[توجد تفاصيل للقياسات والحسابات الضرورية لتأسيس عملية مجدولة في المراجع القياسية مثل Stumbo (1973), Hersom and Hulland (1980), Larousse and Brown (1977).]

حالات خاصة Special Cases

المعاملات بالحرارة العالية لوقت قصير وبالحرارة فائقة الارتفاع

HTST (high-temperature short time) and UHT (ultra-high temperature processes)

تعتمد هذه المعاملات على حقيقة أن جودة المنتج تتدهور؛ بسبب تعرضه للحرارة، ويمكن أن يقلل هذا التدهور بدرجة كبيرة في حالة نُفذت قيمة F_o المطلوبة على درجة حرارة أعلى من الدرجة المعتادة وذلك لوقت أقصر من المقرر. تستخدم هذه المعاملات الحرارية، على سبيل المثال، في تصنيع الألبان وقد تستخدم لبعض الوجبات الجاهزة، ولكنها لا تفيد كثيراً في تصنيع منتجات اللحوم المطبوخة.

التعليب تحت ظروف شبه معقمة Aseptic Canning

يمكن تعريف التعليب تحت ظروف شبه معقمة بأنه تعبئة منتج معقم في إناء معقم مسبقاً، ويتبع ذلك مباشرة قفل محكم (hermetic sealing) بماكينة قفل تحت تعقيم (sterile closure) في جو خالٍ من الأحياء الدقيقة. وبهذه الطرق، يمكن تقليل التسخين الكلي للمنتج الغذائي دون التضحية بمأمونية وفترة صلاحية المنتج. هذه التقنية معقدة وعادة، تتطلب تمرير المنتج على هيئة سائل معد للتسخين والتبريد السريع ، مثلاً في ألواح التبادل الحراري (plate heat exchange)، ونادراً ما تستخدم هذه العملية في تصنيع منتجات اللحوم.

التعقيم في أكياس مرنة Sterilization in flexible pouches

المميزات Advandages:

- تكون الأكياس المرنة مسطحة ورهيفة نسبياً، ولذا يتم التسخين والتبريد بسرعة جيدة؛ وبذلك تتحقق بعض التحسينات لجودة المعاملة الحرارية العالية لوقت قصير (HTST).
- يمكن فتح العبوات المرنة بسهولة ولا تتطلب مفاتيح كمفاتيح العلب.
- يقال بأن مواد الأكياس خاملة؛ لذا لا يوجد تلويث للمحتويات.

العيوب Disadvantages:

- الأكياس ليست قوية بدرجة كافية(not very robust).
- الأكياس مصنوعة من مواد ذات طبقات متعددة لتحقيق أقصى درجات القوة: لذا فهي غالية؛ قد تكون غير مصفحة (منزوعة الصفحات de-laminate).
- تتطلب وجود كرتونة خارجية للوقاية.
- يُغطي اللحام الحراري مساحة كبيرة من العبوة وعادة تكون لينة (طرية) بعد المعاملة الحرارية؛ لذا تتطلب عناية فائقة في مرحلة التبريد وفوراً بعد التصنيع؛ مطلوب تداولها برفق شديد؛ لمنع التسرب الدقيق (micro-leakage) ومن ثمَّ منع التلوث.

لذا، فإن الأكياس المرنة مفيدة غالباً في المنتجات ذات القيمة والجودة العالية، مثل منتجات الباستا (المعكرونة، الشعيرية) حيث يكون الطبخ الزائد (over-cooking)ضاراً بقوام المنتج.

لتفادي المخاطر، وَضَع موردو الأكياس المرنة لوائح أوأدلة ممارسة (codes of practice) خاصة بعملية التصنيع والتداول وظروف التعبئة (packaging conditions)لهذه العبوات.

الكورندبيف (اللحم البقري المقدد) Corned beef

على الرغم من أن الكورندبيف (اللحم البقري المقدد) عادة يحتوي على كمية كافية من النيتريت لحفظه، إلا إنه يعامل بحرارة تعقيم كاملة من أجل طبخه إلى الدرجة التي تحقق النكهة والقوام المطلوبين.