الفصل السادس

حفظ المنتجات الغذائية

أهمية الحفظ

تتجلى أهمية حفظ الأغذية بما يلي:

1- حماية الأغذية من الفساد والتسممات.

2- إمكانية حفظ المواد الغذائية لفترات زمنية لحين الحاجة لها.

3- إمكانية نقل المواد الغذائية إلى الأماكن التي تقل فيها.

4- تساعد على تعديل الأسعار والمحافظة على استقرارها.

أسس الحفظ

إن الأساس في حفظ الأغذية يتركز على:

- منع أو تأخير تفكيك الأغذية بفعل نشاط الأحياء الدقيقة.
- منع تفكيك الأغذية بفعل نشاط الأنزيمات الموجودة في خلاياها.
- منع أو تأخير حدوث التفاعلات الكيميائية.
- منع التلف الناجم عن الحشرات والقوارض.

ولما كانت الأحياء الدقيقة هي المسبب الأول في إفساد الأغذية، لـــذا فـــإن معظم الطرق تتركز على إبادتها أو وقف نشاطها على الأقل.

طرق الحفظ

تشمل طرق حفظ الأغذية كل من:

- استعمال درجات الحرارة العالية: تشمل كل من البسترة والتعقيم.
- استعمال درجات الحرارة المنخفضة: تشمل كل من التبريد والتجميد.
- تبخير القسم الأعظمي من الماء الحر في الغذاء، كما هـــو الحـــال فـــي التجفيف.
- استعمال ملح الطعام، كما هو الحال في تمليح الأغذية وتخليلها.

- استعمال السكر كما هو الحال في تصنيع الشرابات والمربايات والمرملاد والفاكهة المُسّكرة.
- استعمال المواد الحافظة الكيميائية.
- استعمال الأشعة والتي تعرف بالتعقيم البارد.

1- البسترة:

هي معاملة حرارية بسيطة منسوبة للعالم الفرنسي باستور. وبها تسخن المادة الغذائية إلى درجة حرارة تكفي القضاء على جميع الأحياء الدقيقة الممرضة. فهي إذن طريقة مؤقتة للحفظ، لأنها لا تقتل الأحياء الدقيقة المفسدة التي في العادة تتطلب درجات حرارة عالية. وفي حال الرغبة بتطويرها إلى طريقة دائمة لا بد من رفع درجة الحرارة أو تدعيمها بعامل حفظ آخر يضمن قتل الأحياء الدقيقة المفسدة. ومن هذه العوامل إضافة المواد الحافظة أو التعليب أو التخزين في أماكن باردة...

تختلف درجة الحرارة والمدة الزمنية حسب نوع المادة الغذائية المراد حفظها بالبسترة. فمثلاً الحليب يُسخن إلى درجة حرارة 66°م لمدة نصف ساعة، أو إلى درجة 72°م لمدة نصف دقيقة. وفي كلا الحالتين يجب تبريد الحليب تبريداً مفاجئاً إلى درجة حرارة دون 4°م وذلك بعد الانتهاء من تسخينه.

2- التعقيم:

هي أيضاً معاملة حرارية. وبها تسخن المادة الغذائية إلى درجة حرارة تكفي للقضاء على الأحياء الدقيقة الممرضة وشل نشاط الأحياء الدقيقة المفسدة. فهي إذن طريقة دائمة للحفظ، شرط أولاً تعبئة المادة الغذائية وهي ساخنة ضمن عبوات وإحكام قفلها ثم تعقيمها وتبريدها تبريداً مفاجئاً، وتخزينها في أماكن مهواة.

تختلف درجة حرارة التعقيم والمدة الزمنية حسب نوع الغذاء. ففي حال الأغذية الحمضية تكون درجة حرارة 100°م لمدة 30-60 دقيقة وذلك حسب حجم العبوة. أما الأغذية اللاحمضية فتعقم على درجة حرارة 121°م لمدة 30-

60 دقيقة. وفي كلا الحالتين يجب أن تبرد العبوات تبريداً مفاجئاً. وتخزن في أماكن مهواة.

3- التبريد (التخزين في غرف التبريد):

هو تخزين المواد الغذائية داخل البرادات بدرجة حرارة تعلو درجة تجمدها بقليل. وتتراوح بين الصفر المئوي و7°م. فهي لا توقف نشاط عوامل الفساد بل تؤخر حدوثه لبعض الوقت. فهي إذن طريقة حفظ مؤقتة الغاية منها تنظيم استجرار المواد الغذائية لتسويقها أو لطهيها.

ومن شروط نجاح هذه الطريقة:

1- الإسراع بتبريد المادة الغذائية ما أمكن ذلك.

2- انتقاء درجة الحرارة والرطوبة النسبية المناسبتين.

3- التهوية وإزالة الروائح من داخل البراد.

4- المحافظة على درجة البرودة داخل البراد دون تذبذب.

ونظراً لأهمية هذه الطريقة فقد تم شرح تفاصيلها في الفصل اللاحق.

4- التجميد Freezing:

هو تعريض الأغذية لدرجات حرارة تبلغ حداً من الانخفاض تؤدي إلى تجميد الماء الحر فيها، ثم تخزينها مباشرة على درجات حرارة منخفضة للمحافظة على حالتها المجمدة. والواقع أن تقييد الماء الحر في المواد الغذائية لا يخفض أكثر من 80% من عدد الأحياء الدقيقة الملوثة، فيما إذا اتبعت طريقة التجميد السريع. أما ما تبقى من الأحياء الدقيقة فإن هلاكها يرجع إلى تغيير طبيعة البروتينات الخلوية بسبب زيادة تركيز المادة الذائبة في الماء غير المتجمد. أما الأبواغ Spores، فإنها تبقى ساكنة طالما أن الغذاء في حالة تجمد. ولكن لدى فك القيد التجميدي عنها فإنها ستكون جاهزة للنشاط. أما الأنزيمات فيعاق نشاطها كثيراً لكنها تبقى فعالة ببطئ شديد، لذا يجرى سلق الخضار بالماء أو البخار قبيل تجميدها بهدف تثبيط نشاط الأنزيمات فيها. أما اللحوم فيمكن التغلب عليها بتغليفها لعزلها عن الوسط الخارجي عند تخزينها داخل مستودع

التجميد. وفيما يتعلق بالتفاعلات الكيميائية فإن نشاطها يتباطأ كثيراً.

وطبيعي فإن التأثير المميت لدرجات الحرارة المنخفضة يتوقف على عوامل عديدة نذكر منها:

1- نوع الأحياء الدقيقة وظروف نموها: حيث أن الأحياء الدقيقة المتجرثمة أكثر مقاومة لدرجات الحرارة المنخفضة. إذ إن الأحياء وهي في طور النمو اللوغاريتمي تكون أكثر مقاومة للبرودة، كما أن العفن يُعد بشكل عام مقاوم للتجميد.

2- درجة الحرارة: كلما انخفضت درجة حرارة التجميد كلما كان معدل موت البكتيريا أسرع.

3- نوع الغذاء: الأغذية البروتينية وكذلك الدهنية والسكرية لها أثر واقي عكس الأغذية ذات المحتوى الرطوبي العالي ودرجة الحموضة المنخفضة.

وتُعد سرعة التجميد من العوامل المهمة في تحديد درجة جودة الناتج، إذ أنه يساعد على تكوين بلورات ثلجية صغيرة داخل الخلايا وبين الفجوات في الأنسجة، وبالتالي لا يتأثر التركيب الخلوي ولا يحدث تحطيم لجدر الخلايا. عكس التجميد البطيء، فإن البلورات الثلجية تكون كبيرة تؤدي إلى تحطيم جدر الخلايا فتخرج ما بها من سوائل إلى خارج الكتلة الغذائية وهذا عيب تصنيعي.

ومن طرق التجميد المستخدمة حالياً:

1- التجميد في الهواء المدفوع:

يتم التجميد هنا باستعمال المجمدات العاصفة Air Plate Freezer. وأكثر ما يستعمل هذا النوع في تجميد اللحوم. حيث تعبأ اللحوم في عبوات مناسبة، ترصف على سير متحرك، وأثناء مسير السير داخل نفق المجمدة يقابله أو يرافقه تيار من الهواء البارد بدرجة حرارة -40°م، إذ تبلغ سرعة الهواء بين 67-100متر/ بالدقيقة. ويتم التجميد بحدود 15 دقيقة.

2- التجميد بالملامسة:

يتم التجميد هنا باستعمال المجمدات ذات الصفائح Plate Freezer. وهي عبارة عن حجرة مغلقة الإحكام يتوضع بداخلها رفوف معدنية ثابتة بملاصقتها

قنوات يسير بداخلها الوسط المبرد. توضع عبوات الأغذية فوق الرفوف لتلامس السطوح المبردة. تستغرق عملية التجميد هنا بين الساعة والساعتين. وهي طريقة بطيئة يتكون خلالها بلورات ثلجية كبيرة الحجم.

3- التجميد بالغمر:

تستعمل مجمدات الغمر Immersion Freezer. ويتم ذلك بتعبئة المادة الغذائية في عبوات محكمة الإغلاق. توضع هذه العبوات في سائل مبرد مكون من بروبلين غليكول Proplene glycol أو خليط من الملح والماء أو محلول كلور الكالسيوم، حيث يتم التجميد في غضون دقيقة واحدة.

4- التجميد باستعمال الآزوت:

وبها تستعمل السوائل المبردة Cryogenic Liquid في عملية التجميد. ويعد الآزوت (النتروجين) وغاز ثاني أكسيد الكربون أهم أوساط التجميد. يتم التجميد هنا بإمراء المادة الغذائية المحمولة على سير ناقل في غرفة محكمة العزل حيث ترش المادة الغذائية بغاز الآزوت، وبهذا تنخفض درجة حرارتها إلى الدرجة المطلوبة أي -18 إلى -30°م. وتتميز هذه الطريقة بسرعتها كون السائل قادر على ملامسة جميع أسطح المادة الغذائية. كما أن غاز الآزوت غير سام ويقلل من إمكانية الأكسدة.

بعد إنجاز عملية التجميد بأي من الطرق المذكورة تخزن عبوات الأغذية المجمدة بوضعها ضمن صناديق مناسبة فوق طبالي خشبية في غرفة التخزين التجميدي، على أن يراعى ترك مسافات بين الطبالي للسماح للهواء البارد بالمرور. على أن تبقى درجة البرودة بين -18 إلى -20°م دون تذبذب، وألا ستكون الأغذية عرضة للتردي.

5- التجفيف Dehydration:

يقصد بعملية التجفيف سحب القسم الأكبر من رطوبة المادة الغذائية بواسطة الهواء المسخن أو بالحرارة المباشرة أو في وسط مفرغ. وبسحب الرطوبة منها فإن الأحياء الدقيقة المفسدة والتفاعلات الكيميائية تتأثر تأثيراً كبيراً كون هذه

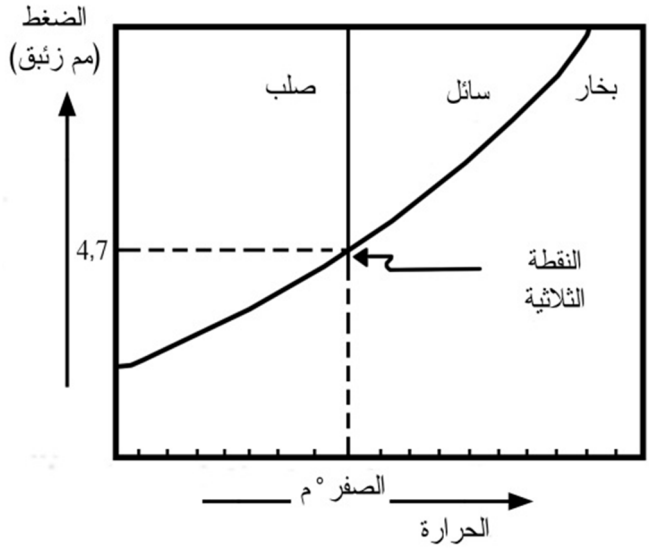
الأحياء – خصوصاً البكتيريا – لا تستطيع أن تستمد العناصر اللازمة لنموها وتكاثرها إلا على هيئة محلول. كما أن التفاعلات الكيميائية هي الأخرى تتوقف بغياب الرطوبة، أما الأنزيمات فإنها لا تثبط، لذا تجرى عملية كبرتة للفاكهة وسلق الخضار واللحوم في الماء أو البخار قبل تجفيفها، بهدف تثبيط نشاط الأنزيمات. وجدير بالذكر أن احتمال نمو فطريات العفن على سطوح الأغذية المجففة يكون وارداً، لذا يجرى تبخيرها ببعض مضادات الفطور وحسن تغليفها لحمايتها أيضاً من هجوم الحشرات.

ونظراً لأهمية هذه الطريقة في إمكانية استخدامها في حفظ الفاكهة والخضار ضمن إمكانية المزرعة خصصنا لها فصلاً خاصاً.

6- التجفيد Freezdrying:

يطلق على عملية تجفيف الأغذية وهي في حالة مجمدة بطريقة التجفيد. والأساس العلمي الذي تقوم عليه هذه الطريقة مبني على ظاهرة النقطية الثلاثية للماء. فالماء كما هو معروف له ثلاثة حالات: سائل ومجمد وبخار (حالة غازية). فحين تجميد مادة غذائية ما بسرعة فإن ماؤها الحر يتحول إلى بلورات ثلجية صغيرة. فحين وضعها وهي بهذه الحالة المجمدة في وسط مفرغ بشكل كامل يلاحظ تحول البلورات الثلجية إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة (أي الذوبان).

ويمكن فهم التجفيد بمعرفة النقطة الثلاثية للماء الموضحة في الشكل (5) والمحددة بدرجة حرارة 32°ف (صفر مئوي) وضغط 4.7 م زئبق. إذ يتضح من الشكل أنه إذا أريد للماء أن يتحول من الحالة الصلبة (المجمدة) إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة فلا بد أن يكون الضغط أقل من 4.7 مم لإتمام هذه العملية. وتحت ذلك الضغط توجد عدة درجات حرارة ملائمة لذلك. وقد يستعمل ضغط منخفض (1.5 مم) في بعض الحالات حيث تغلي المادة الغذائية على درجات حرارة منخفضة، ويتسامى الماء منها ولكن الضغوط المستعملة بشكل عام في صناعة التجفيد تقع تحت 4 مم من الزئبق.



شكل (5): النقطة الثلاثية للماء.

7- التشعيع (التعقيم البارد):

وبه تستعمل الأشعة الإلكترونية أو الأشعة الكهرومغناطيسية في تعقيم الأغذية، والتي تعرف بالتعقيم البارد. وهناك نظريتان تشرحان التأثير القاتل للإشعاع على الأحياء الدقيقة.

أ- نظرية التأثير المباشر: يؤدي تشعيع المادة الغذائية إلى إحداث ضربة تؤدي إلى حدوث تغيرات مهمة في الوظائف الحيوية في هذه المادة من حيث تكاثر الخلية.

ب- نظرية التأثير غير المباشر: يؤدي تشعيع المادة الغذائية إلى تشرد جزء من الماء وتشكيل جذور هيدروجين H وجذور OH حرة التي تتصف بفاعلية كيميائية قوية، فهي عامل مؤكسد ومرجع و تشطر روابط الكربون وتشكل بالإضافة إلى ذلك نواتج ثانوية ذات أهمية كبيرة في إحداث التغيرات الحيوية. فوجود الأكسجين في الماء تتحد ذرة الهيدروجين مع جزيء الأكسجين ويتشكل جذر فوق الأكاسيد (O_2H) ثم فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2.

$$O_2H \text{ ---------- } H + O_2$$

$$H_2O_2 + \text{ ---------- } 2O\,H$$

كما يمكن لجذور الهيدروكسيد OH أن تشكل فوق أكسيد الهيدروجين أيضاً.

$$OH + OH^- \text{ ---------- } H_2O_2$$

8- استعمال السكر في الحفظ:

ترجع فعالية السكر مثل السكروز والغلوكوز كمواد حافظة في الأغذية إلى خاصيتها في تقييد الماء الحر في الأغذية وجعله غير متوفر للأحياء الدقيقة، خصوصاً البكتيريا منها. إلا أن الخمائر والأعفان لها القدرة على النمو على سطوح الأغذية المحفوظة بهاتين المادتين. لذا يجرى في العادة تدعيمها بإضافة مادة حافظة كيميائية تمنع ذلك أو الاستعانة بالحرارة لنفس الهدف، أو العزل التام عن الوسط الخارجي.

ومن أمثلة الأغذية المحفوظة برفع تركيز السكر: الحليب المحلى المكثف والشرابات والمربايات والفاكهة المسكرة والسكاكر.

9- استعمال ملح الطعام في الحفظ:

يستخدم ملح الطعام في حفظ الأغذية، إما على هيئة محلول، أو أنه يضاف مباشرة للغذاء. ويضاف منه ما يكفي لتخفف وطأة نمو الأحياء الدقيقة أو منعها تماماً. وقد يضاف الملح بتركيز أقل بحيث يسمح بالاختمار الحمضي والذي يُعد عامل حفظي داعم إلى جانب الملح كما في المخللات.

وقد ذكر أن للملح التأثيرات الآتية في الغذاء، إذا أضيف بتركيز عالي.

1- يشكل ضغطاً حلولياً عالياً، وبالتالي بلزمة الخلايا الميكروبية.

2- يعمل على سحب الماء من المادة الغذائية، فيجعلها وسطاً غير مناسباً لنمو الأحياء الدقيقة.

3- يسحب الماء من الخلايا الميكروبية.

4- يتأين فيعطي ايون الكلور الضار بالأحياء الدقيقة.

5- يقلل من انحلال الأكسجين في الماء.

6- يزيد من حساسية الخلايا لـ CO_2.

7- يتدخل بفعل الأنزيمات المحللة للبروتينات.

وطبيعي فإن كفاءة الملح ترتبط ارتباطاً مباشراً بتركيزه. وأكثر ما يستعمل الملح في حفظ اللحوم والأسماك وفي تصنيع المخللات.

10- استعمال المواد الكيميائية الحافظة:

المواد الكيميائية الحافظة هي مواد كيميائية تضاف إلى الأغذية لتأخير أو إعاقة حدوث التغيرات غير المرغوبة فيها. هذه التغيرات تحدث بفعل الأحياء الدقيقة، أو الأنزيمات الموجودة بشكل طبيعي في الأغذية، أو أنها تحدث بسبب تفاعلات كيميائية بحتة. ويُعد تثبيط نشاط الأحياء الدقيقة أحد الأهداف الرئيسية التي تستخدم من أجله المواد الحافظة.

تتأثر المواد الكيميائية الحافظة في قتلها للأحياء الدقيقة بالعوامل الآتية:

1- نوع الأحياء الدقيقة وعددها وعمرها.

2- درجة حرارة الغذاء.

3- تركيز المادة الحافظة المضافة.

4- محتوى المادة الغذائية من الرطوبة.

5- رقم الـ PH في المادة الغذائية.

6- أنواع وكميات المواد المنحلة في المادة الغذائية.

7- الغرويات والمواد الأخرى الواقية.

ومن المواد الحافظة الكيميائية المستعملة في حفظ الأغذية ما يلي:

أ- الأحماض العضوية وأملاحها:

تضاف أحماض اللاكتيك والخل والليمون وأملاحها إلى الأغذية كمواد منكهة وحافظة في الوقت نفسه. فحمض الخل واللاكتيك يضافا للمخللات، أما حمض الليمون فيضاف للمربايات والهلامات والمياه الغازية والشرابات. وتستخدم مادتا بروبيونات الصوديوم وبروبيونات الكالسيوم كموقف للنمو البكتيري والفطري في أنواع الخبز والأجبان... كما يستعمل كل من حمض البنزويك وأملاحه وحمض السوربيك أيضاً في عمليات الحفظ.

1- حامض البنزويك وأملاحه: أهمها بنزوات الصوديوم، فهي مادة حافظة

كيميائية مصرح إضافتها إلى الأغذية بتركيز لا يزيد عن 0.1% (أي واحد بالألف) وتُعد بنزوات الصوديوم أنها غير فعالة عندما تكون درجة الحموضة الـ pH قريبة من التعادل، إلا أن فعاليتها تبدأ بازدياد الحموضة - أي بانخفاض رقم الـ pH - وقد عُرف أن التركيزات المسموح فيها تؤثر على الخمائر تأثيراً أقوى منه على الفطريات وهذا بدوره أقوى من تأثيرها على البكتيريا. والواقع أن استعمال البنزوات لا تُعد من عوامل الحفظ المستديم ضمن التركيزات المسموح بها، لذا فإنها تستعمل إلى جانب طرق حفظ أخرى مثل البسترة.

بقي لنا هنا أن نذكر أن التأثير الحفظي للحمض وأملاحه يرجع إلى الحمض الغير متأين حيث يخفض حموضة الوسط لمدى غير الملائم لنمو الميكروبات، كما أن الجزء الغير متأين من الحامض ينفذ داخل خلية الميكروب ويؤثر على العمليات الحيوية بداخله.

2- حمض السوربيك: هو حمض دهني غير مشبع، يستخدم كمادة موقفة لنمو الفطور في الأجبان المقطعة، أو قد يضاف إلى الورق المستخدم في تغليفها. كما استخدم في تثبيط نمو الفطريات على اللحوم ومنتجاتها وكذلك الأسماك ومنتجات المخابز. وقد عرف أن هذا الحمض له تأثير أيضاً على البكتيريا الهوائية، إلا أنه ليس له تأثير على اللاهوائيات منها.

ب- الأحماض اللاعضوية وأملاحها:

أكثرها استعمالاً ملح الطعام (سبق لنا شرحه) وتحت الكلوريتات Hypochlorides والآزوتات والكباريت وحمض الكبريت وحمض البوريك والبورات. هذه الحموض تؤذي أغشية الخلايا وتشجع إزالة مجموعات الكربوكسيل COOH من الحموض الأمينية. ونذكر بعض من هذه الأحماض:

1- تحت الكلوريتات: تستعمل غالباً في معالجة المياه المستعملة في مصانع الأغذية ومياه الشرب، وكذلك للثلج المخصص لتبريد الأسماك أثناء نقلها. كما تضاف لمياه غسيل الثمار. فهي فعالة ضد الميكيروبات، إلا أن هذه الفعالية تنخفض بوجود مواد عضوية في هذه المياه.

2- الأزوتات Nitries: والآزوتيت Nitrates تستخدم في معالجة اللحوم بهدف تثبيت اللون الأحمر أثناء تمليح اللحوم. والثاني منها له تأثير موقف للنمو البكتيري في المحاليل الحمضية.

3- ثاني أكسيد الكبريت: يستعمل في حفظ الأغذية النباتية، فهو مثبط قوي للفطريات ويثبط نشاط الأنزيمات وبالتالي يمنع الإسمرار الأنزيمي، لذا فإنه يستعمل في الكبرته التي تسبق تجفيف الفاكهة. وقد استخدم ميتا بأي سلفيت البوتاسيوم Potassium Metabisulfite وكذلك أوكسيد الكبريت السائل في حفظ لب الفاكهة بهدف تثبيط الأحياء الدقيقة المنافسة للخمائر.

4- الهالوجينات Halogems: ومنها الكلور الذي يضاف إلى ماء الغسيل والتطهير. كما تضم اليود الذي في العادة يمزج مع مواد مبللة في تطهير أجهزة مصانع الألبان. والهالوجينات تقتل الأحياء الدقيقة بالأكسدة أو بتخريبها للأغشية الخلوية ــ أو بالاتحاد المباشر مع بروتينات الخلايا.

5- فوق الأكاسيد Peroxides: تستخدم كمادة حافظة إلى جانب المعالجة الحرارية ويتم التخلص من الفائض منه بواسطة أنزيم Catalase.

دخان الخشب:

يحتوي دخان الخشب على عدد كبير من المركبات الطيارة التي تتفاوت في مقدرتها الموقفة لنمو البكتيريا. ويُعد الفورمالدهيد هو الفعال الأول، يليه الفينولات والكريزولات والأحماض، ويزداد معدل تأثير المبيد للجراثيم بازدياد تركيز الدخان، ودرجة حرارته. كما يختلف هذا المعدل تبعاً لنوع الخشب المستعمل.

والواقع أن التدخين له هدفان رئيسيان هما إضافة النكهة المرغوبة والمساعدة على الحفظ عن طريق المواد الكيميائية التي يحويها الدخان المستعمل. كما إن الدخان يحسن لون اللحوم ويعمل على تطريتها. والدخان المنبعث عن حرق أخشاب أشجار الزان والبلوط والسنديان هو الأفضل. أما أخشاب الأشجار

الصنوبرية فلا تستخدم لاحتوائها على كميات مرتفعة نسبياً من المواد الراتنجية التي تكسب اللحم طعماً مراً.

المضادات الحيوية Antibiotics**:**

هي نواتج التمثيل لبعض الأحياء الدقيقة، تلك النواتج المتميزة بقدرتها على تثبيط النشاط الميكروبي وذلك بتثبيط عملية تكوين البروتينات في الخلايا. وقد ذكر أن التيرامايسين Terramycine له أثر جيد في إطالة مدة حفظ اللحوم. وقد استعمل مؤخراً بخلط خمسة أجزاء في المليون منه في الماء المستخدم في تصنيع الثلج المستخدم في تبريد الأسماك بعد صيدها مباشرة.