

اللون والنكهة

Colour and Flavour

النظرية

Theory

إذا مر شعاع ضوء أبيض رفيع من خلال منشور زجاجي (glass prism)، ينكسر (يتفرق) هذا الشعاع إلى شريط ألوان شبيهة بألوان قوس قزح لها موجات بأطوال مختلفة توضح بأن الضوء الأبيض في حقيقة الأمر مكون من مجموعة كل ألوان الطيف.

يظهر الجسم ملوناً عندما يمتص موجات ضوئية، اختياريًا. يظهر اللحم طازجاً أحمر؛ لأن المواد الملونة الطبيعية تمتص كل الألوان غير اللون الأحمر، والذي يتم عكسه. عندما تتم رؤية جسم في الضوء المنعكس فإن لونه يعتمد على:

• طبيعة الإضاءة the nature of illuminating light: تحتوي الإضاءة المختلفة على كميات ضوء مختلفة ذات موجات بأطوال مختلفة. إذا تمت رؤية اللحم في إضاءة (إنارة) لها نسبة من موجات ذات أطوال اللون الأحمر، أي ضوء التنجستين (tungsten) سيظهر اللحم أكثر احمراراً؛ لأن مزيداً من الضوء الأحمر يكون متوافراً ليُعكس للعين.

• التغيرات التي تحدث أثناء انعكاس الضوء: ترتبط هذه التغيرات بالآتي:
- طبيعة الصبغات الموجودة في اللحم (ستناقش العوامل التي تؤثر في التركيب الكيميائي والفيزيائي لصبغة اللحم).
- كمية الضوء المنعكس من أسفل سطح اللحم، والذي يعتمد جزئياً، على التركيب الفيزيائي للحم. على سبيل المثال، إذا تم ترسيب البروتين الذائب، فسيشتت الضوء و يظهر اللحم في لون باهت.

التقزح اللوني Iridescence

في بعض الأحيان، قد يرى التقزح اللوني متعدد الألوان على سطوح قطع اللحم عندما تُنظر إليه من زوايا معينة. هذه الألوان هي أنماط متداخلة تسببها التفاعلات المتداخلة للموجات الضوئية مع التركيب الليفي المنتظم للحم.

صبغات اللحم

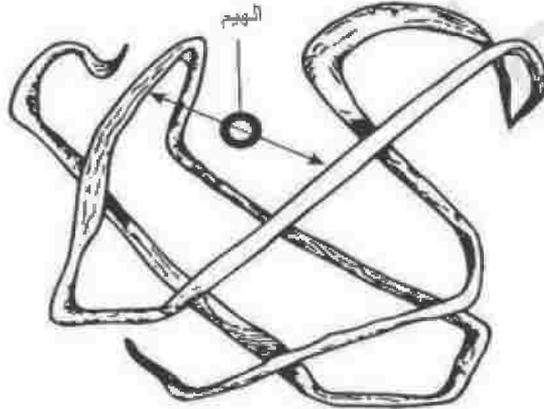
Meat Pigments

الكيمياء Chemistry

مادة لون اللحم الأساسية هي الميوجلوبين (myoglobin). اعتماداً على درجة دم الحيوان، يحتوي اللحم أيضاً على جزء بسيط من الهيموجلوبين (haemoglobin - صبغة الدم). للأغراض العملية، يتشابه الميوجلوبين والهيموجلوبين بدرجة كبيرة؛ لذا نهتم فقط بالميوجلوبين هنا.

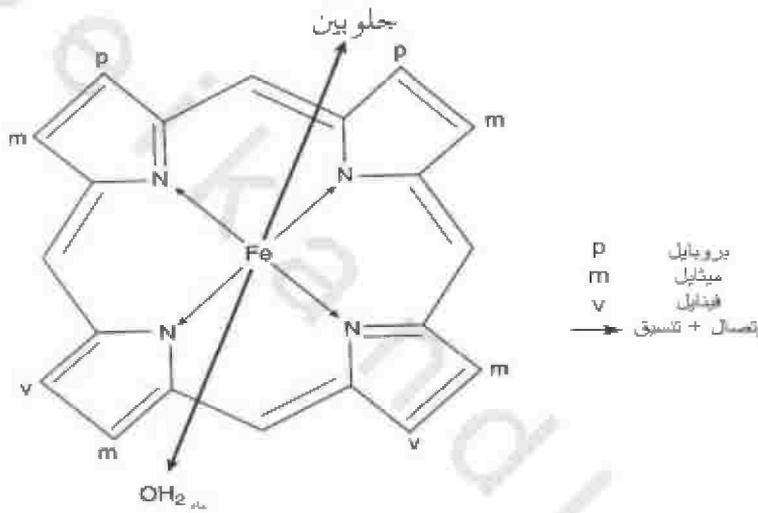
تركيب الميوجلوبين Structure of myoglobin

تحتوي صبغة الميوجلوبين على بروتين الجلوبين (globin) وجزء غير بروتيني (مجموعة الهيم) (الشكل رقم ١، ٤).



الشكل رقم (١، ٤). جزئي الهيموجلوبين.

تحتوي مجموعة الهيم (الشكل رقم ٤, ٢) على حلقة بورفيرين (porphyrin ring) مسطحة مع ذرة حديد مركزية. لذرة الحديد ست نقاط ارتباط أو روابط تنسيقية، أربع منها ترتبط مع ذرات نيتروجين؛ وواحدة ترتبط مع جزيء الجلوبين؛ وتبقى نقطة الارتباط السادسة حرة لترتبط مع أي مادة أخرى، عادة الماء أو الأكسجين.



الشكل رقم (٤, ٢). مجموعة الهيم في الميوجلوبين.

لون الميوجلوبين Colour of myoglobin

يعتمد لون الصبغة على ثلاثة عوامل ، على الأقل :

- الحالة التأكسدية لذرة الحديد. قد تختزل إلى حديدوز (Fe^{2+})، أو تتأكسد إلى حديدك (Fe^{3+}).
- طبيعة المجموعة عند الرابطة السادسة (نقطة الارتباط السادسة) للحديد.
- حالة الجلوبين. قد يكون طبيعياً (أصيلاً) كما في اللحم الطازج أو مدتر كما في اللحم المطبوخ. (انظر الجدول ٤, ١).

الجدول رقم (١ ، ٤). صبغات الهيم في اللحم غير المقدد.

اللون	حالة الجلوبين	الرابطه السادسة	حالة الأوكسدة	الصبغة
قرمزي	طبيعي	ماء	Fe ²⁺	ميوجلوبين مختزل
احمر فاتح (براق)	طبيعي	اكسجين	Fe ²⁺	اوكسي ميوجلوبين
بني	طبيعي	ماء	Fe ³⁺	متميوجلوبين
بني	مدنتر	ماء	Fe ³⁺	جلوبين مدنتر
				هيموكروم

اللون المفضل في اللحم الطازج ومنتجات اللحوم هو اللون الأحمر الفاتح أو البراق (bright red) لصبغة الأوكسي ميوجلوبين. والمفضل في اللحم المطبوخ ومنتجات اللحوم المطبوخة عادة، هو اللون البني (القهوائي) لصبغة الجلوبين المدنتر الهيميكروم. في الحالات النادرة، قد تتحلل الصبغة، يفصل جزء الهيم من البروتين؛ وتنفجر حلقة البورفيرين وتُفقد ذره الحديد من تركيب الهيم. عندها يتكون الكولجلوبين (choleglobin) أخضر اللون كما تتكون صبغات الصفراء عديمة اللون (colourless bile pigments).

ألوان اللحم

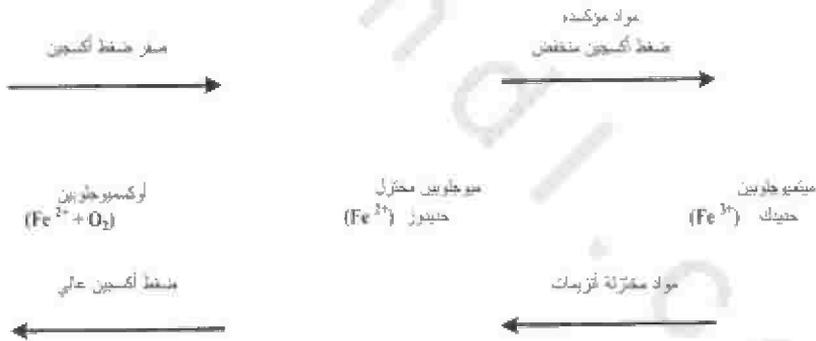
Colours of Meat

هناك أربع حالات مختلفة جداً، يجب التفريق بينها:

- اللحم الطازج أو الخام، غير المطبوخ.
 - اللحم المطبوخ.
 - اللحم المقدد، غير المطبوخ.
 - اللحم المطبوخ والمقدد.
- وستناولها جميعاً بالترتيب.

الكيمياء Chemistry

تعتمد الأجزاء النسبية للصبغات الثلاث على حالات اللحم. لا يمكن أن تأخذ صبغة الميتميوجلوبين الأكسجين ولكن تستطيع الإنزيمات الموجودة في اللحم الطازج اختزال صبغة الميتميوجلوبين إلى صبغة الميوجلوبين المختزلة، والتي تستطيع أخذ الأكسجين لتكون صبغة الأوكسيميوجلوبين الحمراء الفاتحة (البراقة). مع تقدم عمر اللحم، تُستخدم مادة التفاعل التي تعمل عليها الإنزيمات تدريجياً، عندها لا يمكن اختزال صبغة الميتميوجلوبين وتصبح طبقة الميتميوجلوبين البنية أوسع إلى أن تصبح واضحة خلال طبقة الأوكسيميوجلوبين الضيقة، وعندها يظهر اللحم بنياً. (انظر للشكلين رقمي ٣، ٤، ٤، ٤). هذه صورة مبسطة، وتلعب عوامل أخرى مثل الحمل البكتيري (صفحة ٩١، ٩٢) والتجفيف دوراً في هذا الشأن.



الشكل رقم (٤، ٤). العلاقات الكيميائية بين صبغات اللحم الطازج.

العوامل التي تؤثر على لون اللحم الطازج Factors Affecting the Colour of Fresh Meat

تركيز الصبغة Pigment concentration

تختلف تركيزات الصبغة اختلافاً كبيراً بين أنواع اللحم المختلفة. وهذه أهم العوامل (المؤثرة في التركيز):

- النوع (species) على سبيل المثال، يحتوي اللحم البقري على صبغة ميوجلوبين أكثر مما يحتوي لحم الخنزير (الجدول رقم ٢, ٤).
- السلالة (breed).
- العمر: يزيد تركيز الصبغة مع تقدم العمر.
- الجنس: يحتوي لحم ذكور الحيوانات صبغة أكثر مما يحتوي اللحم من إناث الحيوانات.
- وظيفة العضلة: وظيفة العضلة هي تخزين الأكسجين؛ لذا، فإن العضلات التي تؤدي عملاً أكثر تحتوي صبغة ميوجلوبين أكثر؛ مثلاً، لعضلات الأرجل لون أحمر أكثر عمقاً (حمرة) مقارنة بعضلات الظهر.
- الاختلاف داخل العضلات نفسها (من موقع لآخر).

الجدول رقم (٢, ٤). تركيزات الميوجلوبين في اللحوم المختلفة.

اللحم	تركيز صبغة الميوجلوبين (ملجرام/ جرام نسيج رطب)
بقري	١٠-٤
عجالي	حوالي ٣
حملان	٧-٣
خنزير	٧-٢
دواجن	
لحم داكن (الفخذ)	٣-٢
لحم أبيض (الصدر)	صفر-٠,٥

تركيز الأكسجين والتغليف Oxygen concentration and packaging

الغلاف المنفذ للأكسجين Oxygen-permeable film: تعتمد المحافظة على اللون الأحمر البراق لصبغة الأوكسيميوجلوبين على وجود مصدر إمداد كافٍ للأكسجين. لذا يجب أن يكون لأغلفة التعبئة نفاذية عالية للأكسجين. المطلوب ٥ لترات أكسجين / م^٢ اليوم. الأغلفة

المغطاه بالسيليلوز وأغلفة البولييثينات منخفضة الكثافة (low-density polythenes) لها نفاذية عالية للأكسجين، ولكن نفاذيتها منخفضة للماء؛ ولذا فهي كافية للغرض.

العبوات المفرغة Vacuum packs لا يوجد أكسجين في هذه العبوات؛ لذا فإن صبغة الميوجلوبين تكون في شكلها المختزل القرمزي اللون. يحتفظ اللحم بهذا اللون لفترة طويلة في العبوات المفرغة، وتستخدم طريقة التغليف المفرغ للقطيعيات الرئيسة. تمد أو تُثبَّت العبوات المفرغة النمو البكتيري (تحت ظرف التفريغ) وهذه من المحاسن. اللون القرمزي عموماً، غير مرغوب وغير مقبول لدى المستهلك (الذي يشتري بالمفرق، بالقطاعي)، ولكن يستعاد اللون الأحمر البراق فوراً بعد فتح العبوة، ومن ثم يمكن إعادة تغليف اللحم من أجل البيع بالمفرق (بالقطاعي).

العبوات المحتوية على الأكسجين Oxygen-containing packs يغلف اللحم في أغلفة أو عبوات غير منفذة للغاز تحتوي على تركيزات عالية من الأكسجين. ويمكن الحفاظ على جودة اللون إلى مدة تصل إلى ١٤ يوماً في الظروف المثلى. ويمكن إضافة غاز ثاني أكسيد الكربون لتثبيط نمو البكتيريا؛ ومن الممكن استخدام تركيبات غازات مختلفة. قد يكون هناك تغليف مزدوج بطبقة خارجية توفر عدم النفاذية للغازات المطلوبة. وتزال هذه الطبقة الخارجية قبل العرض للبيع بالمفرق، تاركة طبقة داخلية منفذة للاكسجين.

التأثيرات الميكروبيولوجية Microbiological effects

خفض تركيز الأكسجين Reduction of oxygen concentration تستهلك البكتيريا الهوائية الأكسجين، وبذلك، تنخفض تركيزه وتسبب التلون البني. وهذا أمر مهم خاصة في حالة اللحم المفروم الذي له مساحة سطح كبيرة.

نواتج أيض البكتيريا Products of bacterial metabolism

• نواتج كبريتيد الهيدروجين: تنتج بعض أنواع البكتيريا كبريتيد الهيدروجين (H₂S)؛ ترتبط هذه المادة مع الميوجلوبين لتكون صبغة السلفاميوجلوبين الخضراء. وهذه

الصبغة هي سبب التلون باللون الأخضر في الدواجن التي لا تزال أحشاءها والتلون الأخضر في بعض اللحوم المغلفة تغليفاً مفرغاً لمدة طويلة.

- منتجات فوق أوكسيد الهيدروجين: فوق أوكسيد الهيدروجين (H_2O_2) عامل أكسدة قوي يسبب تحلل الصبغة وتلون اللحم باللون الأخضر أو الألوان الباهتة.
- المنتجات اللونية الثانوية: تسبب بعض أنواع بكتيريا السيدومونس تلوناً أزرقاً/ أخضر.

البكتيريا الملونة Coloured bacteria تسبب بعض أنواع بكتيريا الساركينا *Sarcina*، أو المكورات الدقيقة *Micrococcus* لوناً أحمر.

درجة الحرارة Temperature

حالات التبريد Chill conditions : تزداد سرعة الأكسدة إلى الميتيموجلوين مع زيادة درجة الحرارة (التي يتعرض لها اللحم). لذا، فإن اللون الأحمر أكثر ثباتاً على درجات حرارة منخفضة. فعلى درجات الحرارة المنخفضة، يكون الأكسجين أكثر ذوبانية، وتبطئ تفاعلات إستهلاك الأكسجين. لذا، يكون تغلغل الأكسجين داخل نسيج اللحم بالغاً وكثيراً مما يؤدي إلى لحم أكثر احمراراً عما هو في حالة ارتفاع درجات الحرارة.

ظروف التجميد Frozen conditions: يؤدي التجميد السريع إلى تكون بلورات ثلج صغيرة والتي تسبب كثيراً من تشتت الضوء مما يعطي اللحم مظهراً باهتاً (غير شفاف). يحتوي اللحم المجمد ببطء على بلورات ثلج كبيرة والتي تشتت قليلاً من الضوء؛ بحيث يصبح اللحم مظهراً شفافاً داكناً. تختفي هذه التغيرات اللونية عند تسييح اللحم. للحم المجمد لون أفضل إذا ترك ليتورد (يتحول إلى اللون الأحمر الفاتح البراق) في الهواء قبل تجميده.

ظروف التخزين Storage conditions : يبلغ تكون صبغة الميثيموجلوبين مداه على حوالى -١٢م° (+١٠ف) ذلك ربما، لأنه عند درجة الحرارة هذه، فقط يتجمد جزء من الماء؛ يتركز الملح في الجزء الغير متجمد ويؤدي التركيز العالي للملح إلى حفز أكسدة الصبغة. يفقد اللحم لونه بسبب الضوء بدرجة بالغة. يمكن حفظ اللون الأحمر حفظاً أفضل بتخزين اللحم في الظلام على -١٨م° (صفر درجة فهرنهايت) أو أقل. يتسامى ثلج حروق التجميد (freezer burn ice) من سطوح اللحوم غير المحمية (غير المغطاء أو المغلفة)، مما يؤدي إلى جفاف ودنثرة البروتينات وأكسدة الصبغة. لمنع حدوث هذه التغيرات أو التأثيرات، يجب لف اللحم (تغليفه) لفاً خفيفاً في أغلفة غير مُنفذة للرطوبة.

اللحم المسَّح Thawed meat : لون اللحم المجمد المسَّح أقل ثباتاً من لون اللحم الطازج. اللحم الذي يفقد لونه أثناء التخزين بالتجميد يبقى بنياً بعد تسييحه.

الأس (الرقم) الهيدروجيني pH

اللحم الداكن القاسي الجاف DFD (dark, firm, dry) meat : الأس الهيدروجيني (pH) النهائي لهذا اللحم عالي. وعند هذا الرقم العالي تنتفخ (تتورم) الألياف العضلية بالماء وتلتصق مع بعضها بقوة. يكون تغلغل الأوكسجين منخفضاً ويكون النشاط الإنزيمي التنفسي البقائي عالياً. ونتيجة لذلك، تكون طبقة الأوكسي ميوجلوبين رهيفه وتظهر من خلالها طبقة الميوجلوبين القرمزية (purplish). يكون التشتت الضوئي بسيطاً في اللحم ويظهر اللحم داكناً (القطع الداكن للبقرة dark-cutting beef)؛ البيكون اللامع أو المصقول الأملس (glazy bacon). (انظر صفحة ١٢).

اللحم الشاحب الناعم الناضح PSE (pale, soft, exudative) meat : ينخفض رقم الأس الهيدروجيني بينما الذبيحة ما زالت ساخنة (دافئة)، مما يسبب دنثرة جزئية للبروتينات وزيادة في كمية الضوء المشتت؛ يتأكسد جزء من الصبغة ويظهر اللحم شاحباً (انظر ص ١٢).

الضوء Light

للضوء أثر مباشر بسيط على لون اللحم الطازج على درجات حرارة الحفظ بالتبريد، ولكن لا بد من الحذر والعناية من أن لا تسبب الإضاءة العالية ارتفاعاً في درجة الحرارة؛ نتيجة لتأثير البيت الزجاجي (greenhouse effect) في العبوة. وحتى في كابينة مبردة، فإن طاقة الضوء الممتصة من خلال الفلم الشفاف، قد ترفع درجة حرارة المنتج فوق درجة حرارة هواء الجو المحيط، وبذا، يصبح اللحم دافئاً. تسبب الأشعة فوق البنفسجية (light ultra-violet) دنثرة البروتين، والتي تؤدي بدورها إلى تلون اللحم باللون البني على المدى البعيد.

في اللحم المجمد، يسرع الضوء بالتلون. لذا، يجب تغطية المنتجات أثناء التخزين المجمد، كإجراء احتياطي ضد الإضاءة العادية في مخزن التبريد.

العوامل (المواد) المختزلة Reducing agents

تُحول المواد المختزلة صبغة الميتيموجلوبين إلى صبغة الميوغلوبين المختزلة. ويأخذ هذا الشكل الأوكسجين من الصبغة بسهولة ليُكون صبغة الأوكسيموجلوبين الحمراء الفاتحة البراقة. لذا، فإن المواد المختزلة تزيد ثبات لون اللحم الطازج.

أساساً، لا يسمح بالمواد الكيميائية في محلات بيع اللحم الطازج. ولأن لون اللحم في هذه المحلات يكون مؤشراً على الطزاجة، فإن اللحم المضاف إليه مواد مختزلة يكون محسن اللون؛ نتيجة لهذه الإضافة، وقد يظهر بمظهر جيد، بينما في حقيقة الأمر قد يكون غير سليم. على أي حال، هناك مواد مختزلة مسموح باستخدامها في منتجات اللحوم تحت ظروف معينة.

حامض الاسكوربيك وأملاح الصوديوم منه Ascorbic acid and its sodium salt : هذه هي أكثر المواد المختزلة شيوعاً، وتكون فعالة بمستوى ٢٠٠-٥٠٠ جزء من المليون. حمض الإريثوربيك والإريثوربيات (erythorbates and erythorbic acid) متجازئات (متشابهات) ضوئية لحمض الأسكوربيك والأسكوربيات ولها نفس الخواص الكيميائية وقد تستخدم لفوائدها وهي عادة أرخص.

هذه المواد فعالة في حالة غياب الهواء. وفي حالة وجود هواء تؤدي التركيزات العالية من الأسكوربات (فوق ١٠٠٠ جزء في المليون) إلى تكون فوق أكسيد الهيدروجين الذي يتلف (مُحطم) تركيب الهيم ويؤدي إلى منتجات خضراء أو ياهته اللون (bleached products).

حمض النيكوتينيك والنيكوتين أمايد Nicotinic acid and nicotinamide: يكون حمض النيكوتينيك والنيكوتين أمايد مركبات حمراء مع صبغة الميوجلوبين المختزلة. ولذا، فهي فعالة جداً عندما تستخدم مع الأسكوربات في عدم وجود هواء. في اللحوم المغلفة تحت تفريغ يكون حمض النيكوتينيك فعالاً بمستوى ٦٠٠ جزء من المليون. على الرغم من أن النيكوتين أمايد، ليس حمض نيكوتينيك، إلا أنه يحفز تكون صبغة الميتيموجلوبين، أيضاً، وبذلك، يحفز تكون اللون؛ وذلك بمنع تحطيم (اتلاف) مركب النيكوتين أمايد ادينين داي نيوكليوتايد [nicotineamide adenine dinucleotide (NAD)] بواسطة إنزيم النيوكليوسايديز (nucleosidase). في وجود هواء، على أي حال، يرفع كل من المادتين معدل سرعة الاسمرار (التحول للون البني browning).

ثاني أكسيد الكبريت Sulphur dioxide: ثاني أكسيد الكبريت مادة حافظة مسموح باستخدامها في المملكة المتحدة. وهي مادة مختزلة، أيضاً، وتحسن ثبات لون النقانق، البرجر، الخ... بالمستوى المسموح به (٤٥٠ جزءاً في المليون).

المواد المؤكسدة Oxidizing agents

تحفز المواد المؤكسدة تكون صبغة الميتيموجلوبين البنية، ولذا يتم تفاديها بصفة خاصة بالآتي:

- تحتوي مواد التنظيف والقصر والتبييض في بعض الأحيان مواد مؤكسدة ويجب ألا تلامس اللحم مباشرة.
- لوحظ بأن الأوزون من معدات اللحام يسبب تلويئاً للحوم.
- تحتوي الدهون المتزنخة فوق الأوكسيدات (بيرواكسيدات) وهذه مواد مؤكسدة قوية. لاحظ بأن الدهون المجمدة قد تفاقم المشكلة (صفحة ١٣٥، ١٣٦).

- النيتريت مادة مؤكسدة. و تكفي بمستوى بسيط (أجزاء قليلة في المليون) لتسبب تغير اللون الأحمر. يجب اتخاذ الحيطه والحذر الشديد؛ لمنع التلوث العرضي بين عمليات إعداد اللحوم الطازجة و اللحوم المقددة.
- أي عامل يسبب دنثرة جلوتين الصبغة (مثل تركيزات الملح العالية، الجفاف)، قد يسبب أكسدة جزء الهيم الموجود في الصبغة.

المعادن Metals

تحفز أيونات المعادن، وبصفة خاصة النحاس الأكسدة الذاتية لصبغة الأوكسيموجلوبين إلى صبغة الميتيموجلوبين؛ للحديد والزنك تأثيرات أقل. تحسن مواد الخلب (مثل السترات والفوسفات) من ثبات اللون.

لون اللحم المطبوخ (المطهي غير المقدد)

Colour of Cooked (Uncured) Meat

الكيمياء Chemistry

الصبغة المسؤولة عن اللون البني أو الرمادي للحم المطبوخ هي صبغة جلوتين هيموكروم المدنترة. تكون ذرة الحديد في هذه الصبغة في الحالة المؤكسدة الحديديك (Fe^{3+}) ويكون الجلوتين مدنتراً.

تحدث دنثرة الميوجلولين في اللحم على درجات حرارة حوالي $60^{\circ}C$ ($140^{\circ}F$) فما فوق. عادة، تبدو العملية مكتملة (اختفاء اللون الأحمر) في الدواجن على $67^{\circ}C$ ($152^{\circ}F$)، وفي لحم الخنزير على حوالي $70^{\circ}C$ ($158^{\circ}F$) وفي اللحم البقري على حوالي $75^{\circ}C$ ($167^{\circ}F$)، وحتى أحياناً على درجات عالية تصل إلى $85^{\circ}C$ ($185^{\circ}F$).

الإسمرار غير الناضج (التحول للون البني غير المكتمل) Premature browning

تلاحظ هذه الظاهرة غير المرغوبة أحياناً، عندما تطبخ منتجات اللحم المقروم مثل الهمبرغرات. وعلى عكس المعلومات سابقاً، قد يُظهر اللحم لوناً بنياً عندما يطبخ على

درجات منخفضة في حدود ٥٥°م (١٣١°ف). قد يحدث هذا التلون عندما يستخدم اللحم للتصنيع ويطبخ المنتج خلال ساعات قليلة (من الذبح) حيث يكون اللحم مازال في حالة مؤكسدة أو حالة إضافة أكسجين، وعندما يكون جزء كبير من الصبغة موجود في شكل أوكسيميوجلوبين. ومن الواضح، في هذه الحالة أن المعاملة الحرارية قد تكون غير كافية لقتل الأحياء الدقيقة الممرضة وضمان السلامة. لا تحدث هذه المشكلة مع اللحم المعتق (aged) لفترة كافية حيث تكون معظم الصبغة في شكل الميتيميوجلوبين.

الألوان الحمراء أو الوردية في منتجات اللحوم المطبوخة (المطهية) غير المقعدة

Red or Pink Colours in Cooked Uncured Meat Products

السبب الأكثر احتمالاً للألوان الحمراء في اللحوم المطبوخة، خاصةً بالقرب من مركز اللحم، بالطبع هو الطبخ غير المكتمل - الفشل في الوصول إلى درجة حرارة دنتر صبغة الميوجلوبين. لذا، فإن اللون الأحمر المتبقي دائماً يؤخذ كإشارة بأن اللحم لم يطبخ طبخاً كافياً يضمن المأمونية الميكروبيولوجية.

على أي حال، هناك استثناء ان مهان لهذه القاعدة:

- في اللحم البقري، حيث درجة حرارة الدنتره وكما هو مذكور سابقاً هي ٧٥°م (١٦٧°ف) أو أعلى فإن المظهر الأحمر للحوم غير المكتمل الطبخ، لا يعني بالضرورة أن اللحم لم يطبخ طبخاً كاملاً فيما يتعلق بالمأمونية الميكروبيولوجية.
- بعد أن يطبخ اللحم طبخاً كاملاً إلى اللون البني، فإن لوناً أحمر قد يوجد لاحقاً عند التبريد، ويظهر هذا اللون الأحمر مرة أخرى في مركز اللحم أو منتج اللحم حيث الأحوال لا هوائية، وهو يسبب تحول صبغة الفيريميوكروم (ferrihaemichrome) البنية إلى صبغة الفيروهيموكروم (ferrohaemichrome) الحمراء.

الأسباب الأخرى المحتملة للتلون باللون الأحمر أو اللون الوردي هي:

- التلوث (العرضي) بالنيتريت. قد تؤدي كمية قليلة من النيتريت إلى تكون صبغة النيترو ساييل ميوجلوبين (nitrosyl myoglobin) الوردية أثناء الطبخ. مرة أخرى يجب التذكير بمنع أو تفادي التلوث العرضي بين اللحم الطازج والمقعد.

- لأوكسيد النيتريك الناتج من احتراق الغاز الطبيعي أو غاز الفحم نفس التأثير.
- قد توجد النترات أحياناً، في مصادر المياه الرئيسة. وبالرغم من أن النترات لا تلون اللحم مباشرة، إلا أنها أحياناً، قد تختزل إلى نيتريت. تنشأ المشكلة عندما يبقى اللحم ملامساً للنترات، قبل المعاملة الحرارية، لوقت كاف ليتم الاختزال (إذا كانت البكتيريا المناسبة أو الأحوال الكيميائية المناسبة متوافرة). في حالة الظروف المواتية أو المناسبة يمكن تحويل أقل من ١٠ أجزاء من المليون إلى نيتريت وهذا كافٍ ليسبب التلون الوردي (pink discoloration).
- يُكون أول أوكسيد الكريون صبغة حمراء عميقة اللون مع الميوجلوبين: صبغة الكاربوكسي ميوجلوبين (carboxymyoglobin).
- أحياناً، يصاحب استخدام عديد الفوسفات (polyphosphates) وجود ألوان وردية أو مصفرة (yellowish). لم تعرف أسبابها جيداً ولكن ربما في بعض الأحوال ترتبط بوجود النترات أو النيتريت كشوائب في الفوسفات.

ألوان اللحوم المقددة، غير المطبوخة والمطبوخة

Colour of Cured Meat, Uncooked and Cooked

الكيمياء Chemistry

- يوضح الشكل رقم (٥، ٤) تكون اللون وتغيراته التي تحدث.
- صبغة النيتروسيل ميوجلوبين (nitrosylmyoglobin) هي المسؤولة عن اللون الأحمر للمنتجات الطازجة (الخام) المقددة. تتكون هذه الصبغة من تفاعل صبغة الميوجلوبين مع أوكسيد النيتريك (nitric oxide).
- نيتريت الصوديوم هو المصدر المعتاد أو المألوف لأوكسيد النيتريك. توجد أيونات النيتريت (NO_2) بالمحلول في حالة تعادل مع حمض النيتروز غير المتفكك (nitrous acid undissociated).



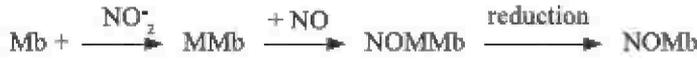
الشكل رقم (٥، ٤). تغيرات اللون في اللحم المقدد.

في الحالة الحامضية يدفع هذا التبادل إلى اليسار، وهو أمر مفيد للتفاعل التالي. يعتقد بأن حمض النيتروز (HNO₂) يتحلل في الأحوال الحامضية البسيطة بالطريقة التالية التي تؤدي إلى إنتاج أولكسيد النيتريك (NO).



النيتريت (NO₂) عامل أكسدة، أيضاً، ويحول صبغة الميوجلوبين (Mb الحمراء) بسرعة إلى صبغة الميتيموجلوبين (MMb البنية). من ثم يرتبط أولكسيد النيتريك (NO)

مع صبغة الميتميوجلوبين ليكون صبغة النيترو ساييل ميتميوجلوبين (nitrosylmetmyoglobin) و NOMMb والتي تختزل إلى صبغة النيترو ساييل ميوجلوبين (nitrosyl myoglobin NOMb).



تكون عملية تحويل صبغة الميوجلوبين Mb إلى صبغة النيترو ساييل غير كاملة، وغير ثابتة؛ وقد تختلف في حدود حوالي ٣٥٪ إلى ٧٥٪، مع إضافة نيتريت بمعدل ١٠٠-١٥٠ جزءاً من المليون، إلى عينات اللحم المختلفة.

أثناء التسخين، تتدنتر صبغة النيترو ساييل ميوجلوبين NOMM إلى صبغة النيترو ساييل ميوكروموجين (NOMC) الوردية. التركيب الدقيق للجزيء غير معروف. تبقى ذرة الحديد في الحالة المختزلة ويتدنتر جزء الجلوبين. في بعض الأحيان، يسبق تكون اللون الرمادي التحول إلى الصبغة الناتجة من الطبخ، مما يوحي بأن جزئي أكسيد النيتريك يتفكك مؤقتاً من الميوجلوبين أثناء التسخين، مؤدياً إلى تكون مرحلة الميتميوجلوبين المتوسطة ذات اللون الرمادي. وعلى أي حال، لم يتأكد هذا الأمر بالتجارب.

يتكون أثناء الطبخ مزيداً من صبغة النيترو ساييل. ومرة أخرى، فإن الكمية المتحولة غير منتظمة، بين حوالي ٦٠٪ إلى ٩٠٪ بالطبخ على ٧٠°م (١٥٨°ف). هناك حاجة للنيتريت المتبقي (residual nitrite) أثناء الطبخ. قد يصبح البيكون الذي يحتوي على صفر نيتريت أو قليل من النيتريت، أثناء القلي، رمادياً بعد الطبخ.

العوامل المؤثرة على لون اللحم المقدد Factors Affecting the Colour of Cured Meat النيتريت Nitrite

يلخص الجدول رقم (٤,٣) كمية النيتريت المطلوبة لتطور اللون وثباته في مختلف الأحوال التجريبية.

في الظروف العملية يجب أخذ الاختلاف في توزيع مواد التقديد، في الاعتبار. من السهل نسبياً، تحقيق توزيع متساوٍ للنيتريت في حالة اللحم المسحوق سحقاً بالغاً مثل لحم اللانشون (luncheon)، ولكن في قطع اللحم الكبيرة مثل البيكون يكون هذا التوزيع المتساوي صعباً جداً.

قد تؤدي تركيزات النيتريت العالية و بصفة خاصة مع انخفاض الأس الهيدروجيني، إلى تكون صبغة النيتريهيمين (nitrihaemin) الخضراء المعروفة بحرق النيتريت (nitrite burn).

الجدول رقم (٤,٣). متطلبات النيتريت لتكون اللون وثباته في البيكون (المعلومات من Ranken, 1984).

المنتج	تكون اللون	ثبات اللون
كمية النيتريت المطلوبة (جزء من المليون)	الظروف (كلها على ٥°م (٤١°ف)	النيتريت المطلوبة جزء من المليون (الداخل)، (عند الطبخ)
البيون غير المسخن	١٠-٢٠ يعطي لون غير منتظم؛ ٥٠ جزء كافي.	٧٠-٤٠٤٠ اسبوعين في أغلفة مفرغة في الضوء أو الظلام.
البيكون المسخن	٣٠ عند الطبخ	١٠٠-٧٠ ٣ أيام خارج العبوة في الضوء أو الظلام.
	٣ أسابيع	١٥-١٠ ٣٠-٢٠ في عبوات مفرغة في الظلام.
	٣ أسابيع	٢٠-١٥ ٤٠-٣٠ في عبوات مفرغة في الضوء.
لحوم اللانشون	١٠	١٠ غير محدد المدة

يوفر هذا التفاعل حوالي ثلث النيتريت. تساعد الأسكوربات، أيضاً، في إزالة آثار الأكسجين البسيطة، والتي تثبط تطور لون القديد.

عملياً، تختلف تأثيرات الأسكوربات باختلاف دفعات اللحم. وربما يكون جزئياً؛ بسبب الاختلاف في المقدرة الطبيعية الاختزالية للحم. وعلى العموم، تزيد الأسكوربات سرعة أو معدل تطور اللون وكمية صبغة القديد المتكونة؛ وتحسن كثافة وانتظام اللون في حالة وجود مستويات منخفضة من النيتريت.

تكون اللون - المنتجات المطبوخة Colour formation-cooked products : ترفع الأسكوربات وبدرجة بسيطة من كمية صبغة النيترو سايبل المتكونة أثناء الطبخ. وعادة، لا يكون الفرق كبيراً بدرجة تكفي للتأثير في كثافة اللون عندما يكون النيتريت موجوداً بكميات كافية (١٠٠ جزء من المليون). النيتريت المتبقي مهم أثناء الطبخ للون الطبخ الجيد (الجدول رقم ٤, ٣). ولأن الأسكوربات تسرع بتحليل النيتريت، فإن كمية النيتريت المتبقية في المنتج تقل بسرعة أكبر في وجود الأسكوربات. في البيكون الذي قد يخزن لفترات طويلة نسبياً قبل الطبخ، قد تكون الأسكوربات ضارة؛ لأن مستوى النيتريت قد ينخفض إلى أقل من الحد الأدنى اللازم أو المطلوب للون الطبخ الجيد.

ثبات اللون - المنتجات الخام Colour stability-raw products : تحسن الاسكوربات من ثبات البيكون الخام المغلف مفرغاً. في وجود الهواء، وعلى أي حال، قد تسبب الأسكوربات فقداً سريعاً للون.

ثبات اللون - المنتجات المطبوخة Colour stability-cooked products : عامة، تُعد الأسكوربات محسنة لثبات لون المنتجات المقعدة المطبوخة المخزنة في الهواء أو الأغلفة المفرغة. تحسن الأسكوربات من ثبات اللون في الهواء لخليط الخنزير المطبوخ المحتوي على كميات كافية (على الأقل ٢٠ جزء من المليون). ومن ناحية أخرى، لا تؤثر الأسكوربات على سرعة ومعدل فقد اللون، ولكن هناك تحسن في كثافة اللون الابتدائي؛ نتيجة الأسكوربات ويتم الحفاظ على ذلك طوال فترة التخزين. نجد التأثيرات الرئيسية للأسكوربات (أو الأيريثوربات) ملخصة في الجدول رقم (٤, ٤). لاحظ أنه يمكن الحصول على نتائج مختلفة إذا كانت النيتريت والأسكوربات موزعة توزيعاً غير متساوٍ في المنتج.

الجدول رقم (٤، ٤). تأثيرات الاسكوربات في اللحم المقدد.

ثبات اللون	تكون اللون
١- تتحسن في حالة التغليف المفرغ. ٢- يتلف اللون بزيادة الاسكوربات في وجود الهواء.	١- تزداد سرعة أو معدل التكون. ٢- تتحسن الكثافة والانتظام خاصة في حالات انخفاض مستويات النيتريت*
تتحسن في التغليف الهوائي والمفرغ.	تتحسن تكون اللون في حالات انخفاض مستويات النيتريت*

* عادة الداخل يكون أقل من ٣٠ جزء في المليون، انظر أيضاً الجدول رقم (٤، ٣).

ملاحظات عملية Practical note: دائماً، يجب استخدام أسكوربات الصوديوم (أو إيريثوربات الصوديوم)، في محاليل التقديد الملحية (curing brines). لا تستخدم حمض الاسكوريك أو حمض الإريثوربيك.

عند أس هيدروجيني (pH) منخفض لحمض الأسكوريك، يتكون أكسيد النيتريك بسرعة قد تجعله يتحرر كغاز. يتحد أكسيد النيتريك مع الاكسجين في الهواء ليكون أبخرة كثيفة بنية لثاني أكسيد النيتروجين (nitrogen dioxide). غاز ثاني أكسيد النيتروجين سام جداً؛ وأيضاً، يسبب تلوناً كاكياً - بنيّاً للحم (Khaki-brown discoloration) انظر الشكل رقم (٤، ٥).

الهواء Air

يشط الهواء إن وجد تكون كل من لون القديد المطبوخ (cooked cured colour) ولون القديد الخام (raw cured colour)، وكلاهما (اللوان) غير ثابتين في الهواء. تزيد فترة صلاحية المنتجات المقددة بالتغليف المفرغ بدرجة كبيرة.

الضوء Light

يحفز الضوء تفكك أكسيد النيتريك من صبغة اللحم المقدد. تصبح كل من المنتجات المقددة المطبوخة والخام بنية بسرعة عندما تتعرض للإضاءة، خاصة في وجود الهواء. يجب بقدر الامكان، تفادي تعريض المنتجات المقددة للضوء. من أجل أغراض العرض، يجب تقليل الاضاءة، والعناية بتدوير المعروضات واستبدال مواقعها (careful rotation of stock).

درجة الحرارة Temperature

درجة حرارة الطبخ **Cooking temperature** : يكون التحول من لون الخام إلى لون الطبخ غير كامل على 70°C (198°F). ويكون تكون صبغة النيتروسايل في حدوده القصوى على حوالي هذه الدرجة من الحرارة.

درجة حرارة التخزين **Storage temperature**: تزيد سرعة تغير لون المنتجات المقددة على درجات أعلى من درجة التجميد كلما ارتفعت درجة الحرارة. للمشكلات الخاصة باللحوم المجمدة انظر صفحة ١٣٥، ١٣٦.

الأس الهيدروجيني **pH**: يكون معدل تطور لون القديد أسرع على أس هيدروجيني منخفض، وعلى أي حال، فبمجرد تكون اللون يصبح أكثر ثباتاً مع ارتفاع الأس الهيدروجيني.

المواد المؤكسدة Oxidizing agents

تميل المواد المؤكسدة إلى حفز إزالة لون اللحم (الأحمر) المقدد. فوق أوكسيد الهيدروجين (hydrogen peroxide) المتكون بأبيض البكتيريا مهم بصفة خاصة في هذا الصدد (اللحوم المقددة)؛ وذلك لأن نشاط انزيم الكاتاليز (catalase) الذي عادة، يُحطم (يتلف) فوق الأوكسيدات (البيروكسيدات) في اللحوم الطازجة، يثبط بتركيزات الملح العالية الموجودة في اللحوم المقددة. أيضاً، تُحفز بيروكسيدات الدهون التغيرات اللونية (صفحة ١٣٥، ١٣٦).

المعادن Metals

يُكون الحديد كبريتيد الحديد الأسود (iron sulphide) وهو سبب شائع للنقاط أو البقع السوداء في كثير من الأغذية.

للنحاس دور في التلون الأسود للحوم المقددة، على سبيل المثال، يسبب وجود خمسة (٥) أجزاء من المليون من النحاس في المحلول الملحي للتقديد تلوّن أسود كثيف في الألسنة المعلبة.

الألوان المضافة

Added Colours

تستخدم المواد الملونة (colouring matters) في بعض الأحيان لتكميل اللون الطبيعي لمنتجات اللحوم الطازجة والمقددة. وتقع المواد الملونة في أربع مجموعات: إصطناعية (artificial)، طبيعية (natural)، مشابهة للطبيعة (nature-identical) وغير عضوية (inorganic). يوضح الجدول رقم (٥، ٤) الألوان الحمراء شائعة الاستخدام في منتجات اللحوم والمسموح بها في المملكة المتحدة.

الجدول رقم (٥، ٤). الألوان المسموح باستخدامها في منتجات اللحوم (نظم المملكة المتحدة، ١٩٩٥) (يُسمح ببعض الألوان فقط في منتجات محددة).

اللون	رقم الاتحاد الاوربي	النوع
الكرم (Curcumin)	أي ١٠٠	E100 طبيعي
كارمين (Carmine)	أي ١٢٠	E120 طبيعي
بونشيو ٤ آر (Ponccaw 4R)	أي ١٢	E124 اصطناعي
أحمر ٢ جي (جيرانين (Red 2G Geranine))	إي	E128 اصطناعي
البورا الأحمر (Allura Red)	إي ١٢٩	E129 طبيعي / اصطناعي
الكراميل (كل الأنواع) (Caramel-all types)	إي ١٥٠-د	E150a-d مشابه للطبيعي
كاروكينات (Carokenes)	إي ١٦٠	E160a طبيعي
كابسانثين مستخلص الفلفل (Capsanthin(ext) ract Paprika)	إي ١٦٠ ج	E160c طبيعي
لون بنجر الأحمر بيتانين (Beetroot-red Betanin)	إي ١٦٢	E162 طبيعي

تقليد لون اللحم الغير مقعد Simulation of Uncured Meat Colour

اللون الأحمر ٢ جي (Red 2G) هو أكثر لون اصطناعي شائع يضاف للنقانق البريطانية (British sausages). خلافاً لمعظم الألوان الحمراء الأخرى المسموحة، فهو ثابت لثاني أكسيد الكبريت (وعند التعرض للضوء أثناء التخزين).

يعطي لون البنجر الأحمر (Beetroot red) بمستوى ١٠٠٠ جزء في المليون لوناً مقبولاً في عدم وجود ثاني أكسيد الكبريت ولكن يتلف (يحطم) اللون في حالة وجود ثاني أكسيد الكبريت.

يعطي الروكسانثين (Roxanthin) (وهو كانثاكستين معدل (amodified Canthaxanthin)) لم يعد مسموح به في المملكة المتحدة) لوناً مقبولاً ثابتاً لثاني أكسيد الكبريت.

مشابهة (تقليد) لون اللحم المقدد Simulation of Cured Meat Colour
قد يستخدم لون البونيشيو ٤ آر (Ponceaw 4R) لتقليد لون البيكون غير المطبوخ، ولكن من الصعوبة تلوين شرائح اللحم تلويناً متجانساً منتظماً.
لقد جرت محاولات تجريبية لإنتاج منتجات تمثل أو تشابه البيكون أو لحوم اللانشون بدون نيتريت، ولكن يبدائل من مواد ملونة حافظة. جُربت ألوان الكارموسين (Carmoisine) والبونيشيو ٤ آر في البيكون، و جُربت ألوان أكسيد الحديد الأحمر (Red iron oxide)، الامارانت (Amaranth) الكارمين (Carmine)، الكارموسين، الإريثروسين (Erythrosine)، البونيشيو ٤ آر والأحمر ٢ جي في لحوم الأنشون. لم يكن أي من هذه الألوان مرضياً، وعلى أي حال، لا يسمح بأي منها في مثل هذه المنتجات في دول الاتحاد الأوروبي.

مشاكل الألوان المختلفة، الأخرى

Miscellaneous Colour Problems

اللون ذو الدرجتين Two-Toning

هذه حالة ترى أحياناً في الهام (لحم الخنزير المقدد) حيث تظهر عضلات متجاورة بظلال وردية مختلفة؛ وذلك، نتيجة للاختلافات الطبيعية في مستوى الصبغة بين العضلات؛ يمكن معالجة ذلك فقط بانتخاب عضلات ذات مظهر متساوي، مسبقاً.

البصل Onions

قد يُتهم البصل بتسبب الإسمرار (التلون البني browning) لمنتجات اللحوم. و عادة، يحدث ذلك بسبب حمض البيروفيك (pyruvic acid) المكون المسؤول عن الطعم

اللاذع (الحريف pungency) للبصل والذي هو أيضاً عامل أكسدة قوي. قد يلعب نشاط الإنزيم المتبقي دوراً، أيضاً. قد تحدث هذه المشكلة مع البصل الطازج والمجمد أو المجفف. قد يُقلل أثر هذه المشكلة إذا طبخ البصل مسبقاً، أو باختيار أنواع من البصل أقل حرافة (pungent).

السجق Sausages

تمت الإشارة إلى مختلف عيوب الألوان للسجق البريطاني الطازج في صفحة

٢٠٤، ٢٠٥.

بدائل النيتريت لتكوين لون القديد

Alternative to Nitrite for Formation of the Cured Colour

في السبعينيات تم بحث عدة احتمالات أو إمكانيات من أجل عدم استخدام النيتريت بالمرّة؛ وذلك لخفض المخاطر المحتملة من تكون أمينات النيتروز (النيتروزامين nitrosamines). جُربت المواد الحافظة البديلة مثل ثاني أكسيد الكبريت، النيسين (nisin) وحمض السوربيك (sorbic acid)، ويُعد ذلك مترافقاً مع الألوان الغذائية الطبيعية والاصطناعية. كذلك، جرت محاولات لإنتاج البيكون الخالي من النيتريت (nitrite-free bacon)؛ وذلك، باستخدام غاز أكسيد النيتريك - الترخيص البريطاني رقم ١٣٧٥٧٠٠ (British Patent No. ١٣٧٥٧٠٠) - لم يثبت أي من البدائل المذكورة أكثر من النجاح المتوسط تحت الظروف والأحوال العملية، ولم يطور أي منها تجارياً.

النكهة

Flavour

تأتي نكهة منتج اللحوم من أربعة مصادر:

The Flavour of Meat Itself

عبر السنوات أجريت كثير من الأبحاث حول المكونات الكيميائية لنكهة اللحم، ووجدت أعداد كبيرة من المواد أو المركبات لها دور في النكهة. وليس من المهم

لاختصاصي تقنية اللحوم الممارس للعمل أن يعرف كل التفاصيل؛ إذ إن هناك القليل الذي يمكن عمله لتغيير النكهة الأصلية الداخلية للحوم بعد ذبح الحيوان. وعلى أي حال تذكر ولاحظ النقاط العامة التالية:

- تزيد نكهة اللحم مع تقدم عمر الحيوان عند الذبح، لذا، فإن اللحم الدجاج الكبير نكهة أقوى مما للحوم الدجاج الصغير، ولحم الضأن البالغ نكهة أقوى مما للحوم الحملان.
- تعتمد النكهة المميزة للحوم البقري، لحم الحملان والدواجن الخ .. ، بالدرجة الأولى، على الدهون فضلاً عن اعتمادها على اللحم الأحمر، و الأكثر احتمالاً أن تكون المنتجات خالية الدهون أو الدسم (fat-free) أو منخفضة الدهون، قليلة النكهة مقارنة مع المنتجات عالية محتوى الدهون.
- يمكن أن تتغير نكهة اللحم أو منتجات اللحوم بعمول أخرى مبيئة أدناه:

الفساد Spoilage

قد تتأثر النكهة نوعاً ما بالتغيرات الميكروبيولوجية أو التغيرات الكيميائية التأكسدية. انظر صفحات ٧٨، ١٢٦، ١٢٧ للتغيرات الميكروبيولوجية، و صفحة ١٣٥، ١٣٦ للتغيرات التأكسدية.

النكهات المتكونة أثناء التصنيع Flavours Developed During Processing

أشير للنكهات المميزة المتكونة في مسار أو أثناء التقيد أو عمليات التخمر تحت العناوين المناسبة.

النكهات المضافة Added Flavours

لمعظم مواد التقيد والتصنيع المستخدمة في تقنية اللحوم، مثل الملح، الفوسفات والدخان نكهات مميزة، وقد تمت مناقشة تأثيراتها تحت العناوين المناسبة. للأعشاب والتوابل ومواد النكهة، بما فيها مستخلصات التوابل، مستخلصات الدخان، مستحضرات النكهة مثل (MSG) وبعض مكونات الوصفات (recipes) مثل البصل، لها استخدامات محددة في منتجات لحوم بعينها. وعادة ما، تكون الكميات المستخدمة من هذه المواد قليلة في حدود ١، ٠٪. قد تكون الوصفات المستخدمة فيها هذه المواد تقليدية لأنواع معينة من المنتجات، أو قد تُعد متفردة أو سرية عند بعض المصنعين؛ ولا نقترح التعليق أكثر من ذلك هنا في هذا الموضوع.