الفصل العاشر

فساد الأغذية

• عوامل فساد الأغذية • تصنيف الأغذية حسب قابليتها للفساد • مظاهر فساد الأغذية • الفساد الميكروبي للأغذية

يعتمدالإنسان على حواس الشم والنظر والذوق واللمس في تحديد جودة الغذاء ؛ لذا فإن الفساد يعتبر أمرا نسبيا. ويزيد من تعقيد الأمور عوامل أخرى فردية واجتماعية ولهذا كله يختلف الناس في تحديد مفهوم الفساد في بعض الأحيان. ولكن يمكن القول إن الفساد هو التغير غير المقصود في خواص الغذاء من لون ونكهة ورائحة وطعم وقوام. وحسب هذا التعريف فإن تحول الحليب إلى لبن (رائب) لا يعتبر فساداً لأن التغير كان مقصوداً وتم تحت ظروف متحكم فيها، بينما عندما يترك الحليب المبستر خارج الثلاجة، ولفترة يوم واحد مثلاً عند رجة حرارة الغرفة (٢٥°م) أو أكثر فإنه إذا يتجبن، ويصبح حليباً فاسداً ولا يصلح للاستهلاك الآدمي، ولكن لو نظرنا إلى بعض عادات الشعوب سنجد كسراً لهذه القاعدة ففي بريطانيا يفضلون أكل لحوم الصيد بعدما تتعفن، وفي الصين يأكلون البيض الفاسد، وفي مصر يتناولون ما يعرف بالفسيخ (نوع من الأسماك المملحة)، وفي الجزيرة العربية، بل وفي معظم البلدان الإسلامية كان المسلمون ولا يزال البعض منهم يعمل على تقديد اللحم وتمليحه وتجفيفه أثناء موسم الأضاحي حيث تكثر اللحوم ؛ ليتم استهلاكه على مدار العام. هذا اللحم لا

يخلو من مظاهر الفساد، ولكن لمن تعود عليه يعتبر لحماً شهياً حتى إن البعض في الوقت الذي تتوفر فيه اللحوم لا يزال يتذوق هذا النوع من اللحوم. والإنسان أحياناً عندما يكون جائعاً ويقدم له طعام به بعض أعراض الفساد قد لا يحس بها حتى ينتصف في الأكل أو ربما بعد أن ينتهي تماماً من الأكل.

ما سبق من أمثلة يدل على أن مفهوم الفساد أمر نسبي يختلف من فرد إلى آخر ومن شعب إلى آخر، بل إن الفرد نفسه يختلف حكمه حسب حاجته للطعام.

عوامل فساد الأغذية

تجدر الإشارة إلى أن الغذاء من لحظة إنتاجه أو تصنيعه أو تجهيزه تبدأ خواصه في التدهور بعوامل عديدة منها:

١ – الأحياء الدقيقة Microorganisms

تعتبر من أهم عوامل الفساد والتي تؤدي إلى إفساد نسبة كبيرة من الغذاء. وتشمل كلا من البكتيريا Bacteria والأعفان Molds والخمائر Yeasts. وتوجد هذه الأحياء في كل مكان، وهو الأمر الذي يجعل تفاديها تماماً أمراً صعباً.

الأحياء الدقيقة كائنات حية تتأثر بعوامل عديدة منها:

أ) العناصر الغذائية Nutrients

فكلما كان الغذاء غنياً بمختلف العناصر الغذائية اللازمة لنموه، كان أنسب لنمو الميكروب و من ثم ينمو بمعدل أسرع ولهذا فالأغذية الغنية غذائياً غالباً ما تكون حساسة للفساد مالم يتم منع نمو الميكروبات أو الحد منها بإحدى طرق الحفظ المعروفة.

ب) الحرارة Temperature

كلما كانت درجة حرارة الغذاء قريبة من الحرارة المثلى لنمو الميكروب أدى ذلك إلى الإسراع بالفساد والعكس صحيح، فكلما انخفضت درجة الحرارة أدى ذلك إلى

إبطاء الفساد ؛ لذا نلجأ للتبريد لحفظ كثير من الأغذية الحساسة للفساد.

ج) الحموضة Acidity

لكل ميكروب معدل من الحموضة المثلى الخاص به (الأس الهيدروجيني الأمثل) ينمو عنده بأقصى ما يمكن، وزيادة الحموضة أو نقصها عن ذلك المعدل يؤدي إلى التقليل من معدل النمو ؛ ولهذا فإن الأغذية الحامضية لها قابلية للحفظ أكثر من الأغذية المتعادلة.

د) الرطوبة Moisture

الماء ضروري للأحياء الدقيقة كبقية الكائنات الحية الأخرى، فهو يعمل كمذيب وكوسط للتفاعلات الأنزيمية وللحفاظ على حجم الخلية ؛ لهذا فإن نقص الرطوبة يؤدي إلى الحد من نمو الكثير من الميكروبات، بل إنه عند حد معين من الجفاف تتوقف جميع الميكروبات عن النمو. وهوالأمر الذي يجعل المواد الغذائية الجافة كالبقوليات والحبوب حصينة إلى حد كبير ضد الفساد الميكروبي ما دامت جافة ؛ ولهذا نلجأ للتجفيف في كثير من الأحيان لحفظ كثير من الأغذية. وهكذا يتضح الفرق بين قابلية التين الطازج للحفظ مثلا والتين المجفف.

هـ) الأكسجين Oxygen

من ناحية حاجة الميكروبات إلى الأكسجين تنقسم الميكروبات كما يلي :

- **ميكروبات هوائية Aerobic microorganisms :** وتنمو بصورة أفضل عند توفر الأكسجين الجوي ومن ذلك معظم الأعفان وكثير من البكتيريا مثل جنس *Pseudomonas* ؛ ولهذا يُسحب الهواء من عبوات بعض الأغذية للحد من نمو هذه الميكروبات ، ومن ثم يعاق الفساد كما هو الحال في التعبئة تحت التفريغ.

- **ميكروبات لا هوائية Anaerobic microorganisms :** وهي ميكروبات يلزم لنموها غياب الأكسجين الجوي ومن ذلك البكتيريا التابعة للجنس *Clostridium* وتعتبر المعلبات بيئة صالحة لنمو هذا النوع من الميكروبات وهذا مايفسر كون معظم حالات فساد المعلبات يتم بواسطة الميكروبات اللاهوائية.
- **ميكروبات اختيارية Facultative anaerobes :** وتنمو بوجود وبغياب الأكسجين وتتبعها مجموعة كبيرة من البكتيريا مثل *E. coli* ومعظم الأنواع التابعة للجنس *Bacillus* وكثير من الخمائر Yeasts.

٢ – الإنزيمات Enzymes

وهي عوامل مساعدة للتفاعلات الكيميائية، توجد بتراكيز متدنية جداً وهي أيضاً تتأثر بكثير من العوامل ولا سيما الحرارة والرطوبة والحموضة والأكسجين. فالحرارة تعتبر أهم العوامل التي تؤثر في نشاط الإنزيمات ، والدليل على ذلك أن التفاح مثلاً يمكن أن يصل لحالة زيادة النضج Over ripe حيث يصبح التفاح فاسداً(الشكل رقم ٣٤) في غضون أيام على درجة حرارة الغرفة، بينما يمكن الاحتفاظ بنفس التفاح عدة شهور في الثلاجة دون تعدي مرحلة النضج. والرطوبة تلزم لجميع الإنزيمات التي تعمل في أوساط مائية. أما الأكسجين فهو يلزم لعمل بعض الأنزيمات ومثل ذلك ما يحدث للتفاح من اسمرار Browning عند تقشيره، أي بعد تعرض اللب للأكسجين، بينما لا يحدث مثل ذلك قبل تعريض الأنسجة الداخلية للهواء لغياب الأكسجين.

الشكل رقم (٣٤). آثار التدهور الفسيولوجي على التفاح.

٣ – الحشرات Insects

تعمل الحشرات على إفساد نسبة كبيرة من المحصول في الحقل وبالرغم من اكتشاف المبيدات الحشرية الفعالة، إلا أن نسبة كبيرة من المحصول تتلف بالحشرات، ولعل من المفيد أن نذكر الجراد الذي إذا حل ببلد يأكل الأخضر واليابس وحشرات أخرى كثيرة مثل حشرة المن (الدباس) Aphids وذبابة البحر الأبيض المتوسط Midfly والخنافس. أما في المخازن فإن جزءاً من بعض المواد الغذائية تتلف بواسطة الحشرات مثل الحبوب والدقيق والتمور والأغذية المجففة بالطريقة الشمسية، حيث تعمل الحشرات على إيداع يرقاتها في هذه الأغذية. ولعله من المفيد أن نذكر أنه في إحدى

الدراسات التي أجريت على السمك المجفف قرب بحيرة تشاد وجد أن الحشرات تشكل حوالي ثلث هذا السمك وزناً.

٤ – القوارض Rodents

نعني بالدرجة الأولى الجرذان Rats والفئران Mice والتي تفسد نسبة لا يستهان بها من الأغذية في الحقل أو في المخازن. هنا يجب التنويه إلى أن القوارض تترك مواداً برازية وبولاً وشعراً في الأغذية – علاوة على أنها تنقل عدداً كبيراً من الأمراض كالسالمونيلا والطاعون. ويمكن الكشف عن مخلفات القوارض باستخدام مصباح الأشعة فوق البنفسجية UV lamp . إذ إنه عند تسليط هذا الضوء على مخلفات القوارض تعطي وهجاً أزرق أو أزرق مخضراً أو أزرق مصفراً.

٥ – العوامل الجوية

وتشمل كلا من درجة الحرارة، والرطوبة، والجفاف، والأكسجين، والضوء. والمقصود تأثير هذه العوامل في المادة الغذائية بمعزل عن العوامل السابقة، ولا سيما الميكروبات والإنزيمات والتي تتأثر أيضاً بهذه العوامل.

٦ – التفاعلات الكيميائية

وتشمل:

١ – تفاعلات كيميائية تحدث بين مكونات المادة الغذائية.

٢ – تفاعلات بين مكونات المادة الغذائية والعبوة، كما هي الحال بالنسبة للأغذية الحامضية المعلبة حيث يحدث تفاعل بين المعدن والحامض. وإلى هذه التفاعلات تعزى معظم حالات فساد معجون الطماطم (الصلصة).

٣ – تفاعل الأكسجين مع مكونات المادة الغذائية أو ما يطلق عليه تفاعل الأكسدة، ومن مظاهر الفساد التي تطرأ على الأغذية نتيجة تفاعلات الأكسدة ما يلي:

أ) تزنخ الدهون نتيجة اتحاد الأحماض الدهنية غيرالمشبعة مع الأكسجين Unsaturated fatty acids.

ب) التغير في اللون.

ج) أكسدة بعض الفيتامينات.

تصنيف الأغذية حسب قابليتها للفساد

لقد ذكرنا أن الأغذية تتعرض لعوامل فساد مختلفة في جميع المراحل التي تمر بها ابتداء من الإنتاج وحتى الاستهلاك، لكن الأغذية تختلف فيما بينها بالنسبة لقابليتها للفساد، ويعود السبب إلى اختلاف الأغذية في تركيبها. وعلى أساس حساسية المواد الغذائية للفساد تقسم الأغذية إلى ما يلي:

١ – أغذية بطيئة التلف أو غير حساسة Non Perishable Foods

هذه الأغذية يمكن تخزينها على درجة حرارة الجو العادي لمدة شهور دونما حدوث الفساد فيها، ويعود السبب إلى أحد العوامل التالية:

أ) انخفاض الرطوبة فيها إلى الحد الذي لا يسمح بالتفاعل الكيميائي ولا النمو الميكروبي، ومن ذلك البقوليات الجافة ومعظم الحبوب الجافة.

ب) ارتفاع نسبة السكر مما يؤدي إلى سحب الماء من الخلية الميكروبية (بلزمتها) Plasmolysis إضافة إلى التقليل من الماء المتيسر للميكروب، ومن الأغذية التي تقاوم الفساد بفعل ارتفاع نسبة السكر.. العسل، والدبس، والمربيات.

obeikandl.com

ج) ارتفاع نسبة الملح، ويؤدي تقريباً نفس الدور الذي يقوم به السكر، وعلاوة على ذلك فالملح (كلوريد الصوديوم) له تأثير تثبيطي بحد ذاته في الميكروبات، ومن الأغذية التي تقاوم الفساد بفعل الملح المخللات واللحوم المملحة والأسماك المملحة.

وتجدر الإشارة إلى أنه يمكن أن يجتمع أكثر من عامل في مادة غذائية واحدة.

٢ – مواد غذائية نصف حساسة

هذه المجموعة من الأغذية يتوفر فيها أحد عوامل الحفظ السابقة ولكن بدرجة أقل من سابقتها؛ ولهذا فإن هذه المجموعة تمتاز بمدة صلاحية أقل من السابقة ويمكن زيادة فترة الصلاحية بتوفير جو تخزين مناسب كالتبريد مع التحكم في نسبة الرطوبة أو بالإقلال من الأكسجين وزيادة ثاني أكسيد الكربون مع التبريد. ومن الأغذية التي تنتمي لهذه المجموعة التفاح، والبطاطس، والأجبان، والمكسرات وغيرها.

٣ – مواد غذائية حساسة للفساد (أو سريعة التلف) Perishable Foods

هذه الأغذية تتوفر فيها الظروف المناسبة لعوامل الفساد كلها أو بعضها. مثل توفر رطوبة مناسبة لنمو الميكروبات، وتوفر العناصر الغذائية اللازمة لنمو الميكروبات، وتوفر حموضة مناسبة لنمو بعض الميكروبات. هذه المجموعة تشمل عدداً كبيراً من المواد الغذائية التي تستهلك يومياً. وهي عرضة للفساد وعرضة أيضاً لنمو الميكروبات المرضية مالم تتخذ تدابير وقائية للحد من ذلك، وتشمل هذه التدابير الحفظ بإحدى الطرق الشائعة والمناسبة لكل نوع من هذه الأغذية؛ ومن ذلك التبريد، والتجميد، والتجفيف(الشكل رقم ٣٥)، والتعليب، والتمليح، والتسكير، والتخليل. ومن الأغذية التي تنتمي لهذه المجموعة اللحوم، والحليب السائل، ومعظم منتجاته كاللبن (الرائب)، والروب (الزبادي)، ومعظم الأجبان، والقشدة، والزبدة،

ومعظم الفواكه، والخضار الطازجة؛ مثل: الفراولة، والمشمش، والخوخ، والخيار، والباذنجان، والكوسة.

الشكل رقم (٣٥) عنب طازج سريع التلف وآخر مجفف مقاوم للتلف.

مظاهر فساد الأغذية

كيف نحكم على فساد الغذاء؟

١ – تغير في الصفات الطبيعية المميزة للمادة الغذائية

المعروف أن لكل مادة غذائية خصائص تميزها عن غيرها من المواد الغذائية الأخرى. عندما تتعرض هذه المادة لأحد عوامل الفساد تتغير تلك الخصائص، ومقدار التغير يحدد مدى الصلاحية. ومن أبرز هذه الخصائص الطعم، والرائحة، والنكهة، واللون، والقوام.

٢ – تغير في القيمة الغذائية

القيمة الغذائية للمادة الغذائية تعتبر من أهم الخصائص التي تؤخذ في الاعتبار عند تحديد مدة الصلاحية، هذه الخاصية ليس من السهل ملاحظتها بالحواس، بل إن الأمر يتطلب تحليلاً مختبرياً. وتجدر الإشارة إلى أنه في كثير من المواد الغذائية قد تكون صالحة ظاهرياً، ولكن قيمتها الغذائية تكون قد تدنت كثيراً.

٣ – حدوث عطب بالعبوة

كثير من المواد الغذائية يجب إتلافها في حالة حدوث عطب في العبوة وذلك تلافياً لحدوث تسمم غذائي. فلو حدث أن وجدت عبوة في حالة تنسيم Leakage حينئذ يجب إتلافها، كما أن العلب الصدئة ولو من الخارج لا تصلح للاستهلاك الآدمي إذا كان الصدأ واضحاً، (الشكل رقم ٣٦).

الشكل رقم (٣٦). علبة يبدو بها آثار التنفيس.

٤ – إحداث ضرر لبعض المستهلكين

عندما يتسبب جزء من وجبة تصنيع معينة Lot (ما يصنع في وقت واحد وتحت نفس الظروف) في إحداث ضرر بأي شكل من الأشكال للمستهلكين، حينئذ يجب سحب بقية الوجبة من السوق، ويستدل على ذلك من الرقم الرمزي Code على العبوة والذي يحدد تاريخ الإنتاج.

obeikandl.com

الفساد الميكروبي للأغذية

لماذا تفسد الأغذية بواسطة الميكروبات؟

لما كان الغذاء يتعرض للتلوث الميكروبي منذ اللحظة التي يقطف أو يجمع أو يذبح فيها - حيث إن الميكروبات منتشرة في كل مكان تقريبا- لذا فإن تلوث الغذاء بالميكروبات حاصل لا محالة، ومن ناحية أخرى فإن الميكروبات كأي كائن حي تحتاج للغذاء (كما أسلفنا سابقا) للحصول على الطاقة والعناصر الغذائية الضرورية اللازمة لقيام الخلية الميكروبية بفعاليتها المختلفة ولبناء العضيات الضرورية.

فالنمو مثلاً يتطلب تصنيع جميع مكونات الخلية، وهذا يتطلب (تكسير) المواد الغذائية للحصول على مركبات يتم تحويلها إلى عضيات وطاقة. والطاقة تستخدم لتسيير العمليات الكيموحيوية اللازمة لتكسير الغذاء نفسه وتستخدم أيضاً لإعادة تركيب الجزئيات البسيطة إلى جزئيات معقدة . هذه التفاعلات يطلق عليها التفاعلات الحيوية التصنيعية Biosynthetic reactions وكمثال على ذلك نذكر المثال التالي: خلية واحدة من خلايا E. coli يلزمها للانقسام خلال ساعة واحدة تصنيع ٤٠٠٠ و ١٠٠٠ و٤ جزئيات من الأحماض الدهنية والبروتين والحمض النووي RNA لكل ثانية على التوالي. والبروتين يحتوي على ٣٠٠ حمضٍ نووي. كل هذا يحدث بمساعدة الإنزيمات.

وعندما ينمو الميكروب في وسط غذائي يعمل الميكروب على تحلل العناصر الغذائية التي يمكن أن تكون مصدراً للكربون والطاقة وهي:

- الكربوهدرات.
- الدهون.
- البروتينات.

ويطلق عليها العناصر الغذائية الكبرى Macronutrients وتستخدم عناصر أخرى كالمعادن والفيتامينات علاوة على الماء وبعض عوامل نمو أخرى.

والميكروبات عندما تعمل على تحلل الغذاء إنما هو جزء من دورها الذي هيأها الله له ، فبدون الميكروبات لنا أن نتصور حجم المواد العضوية المتراكمة ؛ لذا فإن ما تقوم به الميكروبات يعمل على تخليص الإنسان من المواد العضوية الميتة وإعادة استخدامها في بناء مواد عضوية جديدة. ولكن لسوء الحظ فإن جزءاً مما تقوم به الميكروبات يكون على حساب غذاء الإنسان حيث يؤدي ذلك إلى تغيير صفات الغذاء الحسية ، مما يجعله في كثير من الأحيان غير صالح للاستهلاك الآدمي Unfit for Human consumption أو ما يعبر عنه بالفساد Food spoilage ولو أن التغيير الذي تحدثه الميكروبات في الأغذية أحياناً قد يكون مرغوباً كما هو الحال في تحول الحليب إلى روب وتحول بعض الخضار الطازجة إلى مخللات.

ويمكن القول إن مظاهر الفساد الميكروبي للأغذية يكون محصلة العمليات الأيضية التي يقوم بها في الغذاء وهي على النحو التالي :

١ – زيادة عدد الخلايا بسبب النمو

ويتضح تأثير ذلك في العصائر الفاسدة حيث تصبح عكرة وبها رواسب أشبه ما تكون بالرواسب الترابية ؛ نتيجة ترسب الخلايا الميتة في قاع عبوة العصير. ومثال آخر هو فساد الخبز نتيجة نمو العفن على السطح وظهور العفن باللون المميز للهيفات أو الجراثيم.

٢ – تمثيل الكربوهيدرات

تفضلها الميكروبات على غيرها عند تيسرها كمصدر للطاقة. والكربوهيدرات إما أن تكون سكريات أحادية أو ثنائية أو عديدة. وعادة ما يتم تحليل السكريات العديدة إلى سكريات بسيطة قبل أن تبدأ الميكروبات في استغلالها خلال ما يعرف

بالتحلل المائي للسكريات Hydrolysis بوجود الإنزيمات. ويتحلل الجلوكوز (وهو في الغالب المركب الذي تتحول السكريات إليه) تحت الظروف الهوائية إلى ماء وثاني أكسيد الكربون وطاقة. أما تحت الظروف اللاهوائية فإنه يتحلل إلى عدة مركبات وسطية (الجدولان رقما ١٥و١٦).

الجدول رقم(١٥). نواتج أيض السكريات تحت الظروف اللاهوائية.

١ – تخمر كحولي	$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{خميرة}} C_2H_5OH$
٢– تخمر لاكتيكي معقد بواسطة بكتيريا حمض اللبن متجانسة التخمر Homo fermentative	$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow$ Lactic Acid (LA)
٣ –تخمر لاكتيكي معقد بواسطة بكتيريا حمض اللبن مختلطة التخمر Hetero fermentative	$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow$ LA + Acetic Acid (AA) + Ethanol + Glycerol + CO_2
٤ – تخمر لاكتيكي بواسطة بكتيريا القولون Coliform bacteria	$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow$ LA + Formic acid (FA) + ethanol + CO_2 + H_2
٥ – تخمر بروبيوني بواسطة بكتيريا حمض البروبيونيك Propionic acid bacteria	$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow$ PA + AA + Succinic Acid (SA) + CO_2
٦ – تخمر بيوتيري	$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{Anaerobes}}$ Butyric Acid (BA) + AA + CO_2 + H_2

الجدول رقم (١٦).بعض منتجات أيض الكربوهيدرات نتيجة نموبعض الميكروبات.

الميكروب	المنتجات
Leuc. mesenteroides	حمض لبن، كحول الإيثايل.
Leuc. cremoris	حمض الخل، ثنائي الإستيل، أستوين.
Clostridium botulinum	حمض الخل، الزبدة، البروبيونيك، كحولات مختلفة، B2.
Propionibacterium	حمض البروبيونيك، الخل، النمل، اللبن، CO_2 .
Escherichia coli	حمض اللبن، الخل، النمليك، CO_2 ، B_2.
Bacillus cereus	جلسرين، أستوين، Butanedisl ٢،٣، حمض اللبن، حمض النمل، الخل، CO_2.
Saccharomyces (yeast)	كحول الإيثايل، CO_2.

٣ – البروتينات

لكي تتم الاستفادة من البروتينات كمصدر للنيتروجين ؛ فإنها يجب أن تتحلل إلى الحموض الأمينية، أو على الأقل إلى الببتيدات، أو البولي ببتيدات التي يمكن أن تتخلل إلى داخل الخلية الميكروبية.

يتكون البروتين من أحماض أمينية مرتبطة بروابط ببتيدية. وهذه الروابط يتم تكسيرها بواسطة الإنزيمات المتخصصة في وجود الماء على النحو التالي :

Proteins —Proteases→ Proteases

Pepteases → Peptones

Peptones → Polypeptide

Polypeptide → Dipeptides

Dipeptides → Amino Acid

obeikandl.com

وعادة ما يكون تحلل الأحماض الأمينية مصحوبا بروائح كريهة تأتي كنتيجة لهذه المنتجات و طعم مر، إلا أن التعفن الحقيقي يظهر عند تحلل البروتين تحت الظروف اللاهوائية ويعرف بالتفسخ Putrefaction حيث تنتج الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت Sulphur-containing amino acids. من هذه المركبات، أمينات (مثل الهستامين بيريدين، تيرامين، كادفرين)، إندول وأحماض أمينية حرة، مركبتانات مثل Mercapto ethanol, Mercapto methanol و كبريتيد الهيدروجين H_2S. بينما تحت الظروف الهوائية يعرف بالتحلل Decay.

٤– الدهون

يتكون جزيء الدهن الحقيقي من جلسرين مرتبطٍ بثلاثة أحماض دهنية وهو ما يعرف بالجلسريد الثلاثي Triglyceride.

تتحلل الدهون مائياً وبواسطة إنزيم الليبيز إلى أحماض دهنية وجلسرين مما يضفي على الغذاء رائحة الأحماض الدهنية الطيارة.

وتساهم بعض الأعفان (*Aspergillus & Penicillium*) في حدوث التزنخ الأكسيدي للأحماض الدهنية المشبعة عن طريق إنتاج الـ Methyl ketones.

وكذلك تتحلل الفوسفوليبيدات والليبوبروتينات.

٥– المواد البكتينية Pectinic substances

تعد البكتينات مواد كربوهيدراتية معقدة، وتوجد في الفواكه والخضار وتساهم في تماسك قوام الثمار وتوجد على هيئة تعرف بالبكتين الأولي Protopectin وهو مادة غير ذائبة في الماء، يتحول هذا الشكل إلى مادة البكتين وهو عبارة عن عديد حمض الجالاكتيورونيك Poly galacturonic هذا الحمض يحتوي على روابط من إسترات الميثيل. وتوجد مجموعة من الإنزيمات المحللة للبكتينات Pectolytic enzymes تنتجها

الأنسجة النباتية والميكروبات ولاسيما الأجناس إروينيا *Erwinia* وسيدوموناس *Pseudomonas* وباسلس *Bacillus* وكلورستريديوم *Clostridium* وبعض الأعفان.

ومن هذه الإنزيمات:

١- بكتين إستريز Pectin esterase ويعمل على التحلل المائي للبكتين:

بكتين إستريز

بكتين ⟵ حمض البكتيك + ميثانول

٢- بولي جالاكتورونيز Polygalacturonase : يوجد منه نوعان داخلي Endo وخارجي Exo. ويقوم الإنزيم بتفكيك روابط إسترات المثيل Methyl esters بين بلمرات حمض جالاكتيورونيك السكري لتصبح وحدات حمض حرة.

٣- بكتين ترانس إليمينيز Pectin trans eliminase.

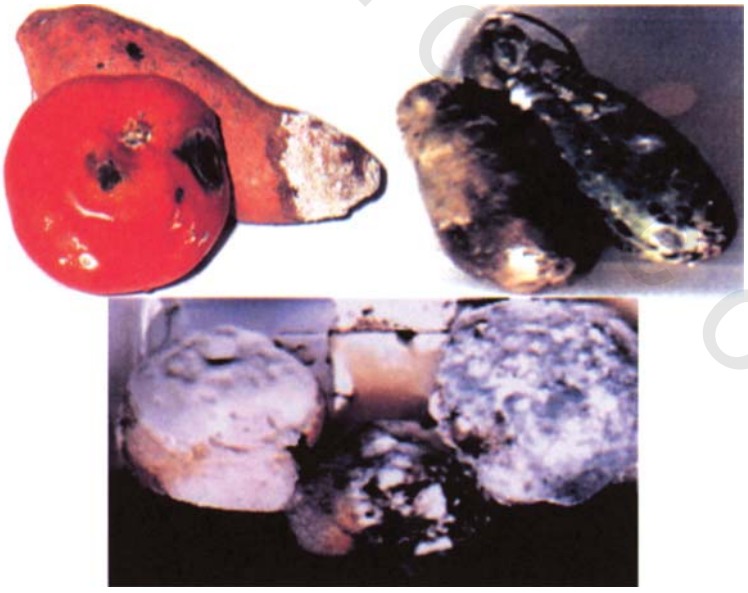
ومن الجدير بالذكر أن هذه الإنزيمات الموجودة في الأنسجة النباتية تعمل على تطرية القوام خلال فترة الإنضاج Ripening إلا أن بعضها عندما يزيد على حد معين يؤدي إلى جعل القوام طرياً وإسفنجياً وهو شكل من أشكال التدهور الفسيولوجي الذي يحدث أثناء التخزين Post harvest physiological deterioration ويتركز تأثير الإنزيمات المحللة للبكتين التي تنتجها الميكروبات في مكان الإصابة. حيث يلاحظ تعفن طري في مكان الإصابة مصحوباً ببعض المظاهر الأخرى التي تدل على وجود الميكروب بخلاف الإنزيمات ذات المصدر النباتي التي غالباً ما يمتد تأثيرها ليشمل كل الثمرة ولعل ثمر الجوافة من الثمار التي يظهر فيها تأثير هذه الإنزيمات بوضوح.

٦- إنتاج الأصباغ Pigments

بعض الميكروبات لها القدرة على إنتاج أصباغ (الجدول رقم ١٧) تؤثر في لون الغذاء (الشكل رقم ٣٧).

الجدول رقم(١٧). بعض الأمثلة على الأصباغ والميكروبات التي تنتجها.

الصبغة	اللون	الميكروب
فلورسين Fluorescein	زرقاء متوهجة	Ps. fluorescens
بيوسيانين	زرقاء	Ps. Pyscyanus
زانتوفيل Xanthophyl	حمراء دموية	Serratia marcescens
صبغة كاروتينية Carotenoid	حمراء برتقالية	خميرة Rhodotorula glntinis Ps. synxantha



الشكل رقم (٣٧). أغذية تالفة وقد ظهرت عليها بعض الألوان لنمو الميكروبات المختلفة عليها.

obeikandl.com