الباب الأول

الأحياء الدقيقة في الفواكه والخضر Microbiology of fruits & vegetables

من المعتقد أن حوالي20٪ من الفاكهة والخضروات المحصودة لغرض الاستهلاك الطازج تفقد بواسطة الفساد الميكروبيولوجي بواسطة مرض واحد أو أكثر من250 نوع من أمراض التسويق Market diseases وعوامل الفساد المعروفة هي البكتريا ، والخمائر، الفطريات، الفيروسات وبعض أنواع من الركتسيا. فقبل أن تنضج الخضر والفاكهة قد تصاب بأمراض كثيرة سببها الفطر والبكتريا. أو يحدث تلف لها عند جنيها وجمعها ونقلها نتيجة خدشها مما يزيد فرصة تلوثها. وقد تتلوث بالميكروبات المرضية إذا ما سمدت بمياه المجاري أو السماد الحيواني وبذلك تكون الميكروبات في الفواكه والخضر متنوعة وعديدة ومنها الميكروبات المرضية التي تصيبها وهي على النبات والبكتريا المرضية التي يكون مصدرها السماد الحيواني ومخلفات المجاري والأحياء الدقيقة التي مصدرها التربة ومياه الري والهواء وأن أهم الأجناس التي تتواجد على سطح الخضر والفاكهة هي *Flavobacterium, Streptococcus, Achromobacter, Micrococcus, Entrobacter, Lactobacillus, Pseudomonas, Alcaligenes, Sarcina, Leuconostoc, Bacillus, Serratia, Chromobacterium, Staphylococcus* كما توجد البكتريا المرضية للنبات مثل *Xanthomonas, Erwinia* وبعض الخمائر والأعفان.

العوامل التي تساعد على الفساد الميكروبيولوجي للخضر والفواكه

يحدث الفساد نتيجة عامل أو أكثر من العوامل الآتية:

1- العوامل الفيزيائية

إصابة الفاكهة والخضروات بتلف بسبب مهاجمتها من الحيوانات والطيور والحشرات أو نتيجة الرياح أو الجفاف أو أشعة الشمس وهذا التلف يساعد على إصابتها بالميكروبات وفسادها خلال النقل والتخزين والتسويق.

2- النشاط الأنزيمي

يستمر هذا النشاط بعد جنيها فيتوفر الأكسجين فتستمر خلايا النبات في التنفس وأداء وظائفها الحيوية ويظهر ذلك بوضوح في الموز حيث يتحول لون القشرة الخارجية من اللون الأخضر إلى الأصفر ثم إلى الأسود نتيجة فعل الأنزيمات

3- الفساد الميكروبي:

ويكون بسبب فعل الأحياء الدقيقة الممرضة للنبات التي تصيب أي عضو في النبات من ساق أو أوراق أو ثمار أو نتيجة الميكروبات التي تترمم على الفاكهة أو الخضر وتعمل على إفسادها أو تلفها , وفساد الفاكهة والخضر يتأثر بعوامل كثيرة منها التركيب الكيميائي لكل منها أو الظروف الجوية المحيطة كالرطوبة ودرجة الحرارة وعدد وأنواع الأحياء الدقيقة الموجودة على السطح الخارجي ونوع الغلاف من 4.5المحيط بالثمار ودرجة حموضة الثمار pH فنجده في الفاكهة منخفضاً عن الخضر حيث أنه في الفواكه إلى 7 ولهذا تكون الأعفان والخمائر مسئولة عن فساد الفاكهة والبكتريا وعن فساد الخضروات ذلك لأن الأعفان والخمائر تتمكن من النمو عند pH منخفضاً وفي تركيز عال من السكر . والجدول التالي يوضح فيه أهم أنواع العفن في الفواكه والخضر(جدول8).

جدول(8) يوضح أهم أنواع التعفن في الفواكه والخضر.

نوع التعفن	المسبب
التعفن البكتيري الطري Bacterial soft rot	يسبب تحلل البكتين ويعمل *Erwinia carotorora* على نعومة وطراوة الخضر في بعض الأحيان يعطي رائحة ومظهرا مائيا.
التعفن المائي الرخو Watery soft rot	واسع الانتشار في التربة وفي *Geotrichum candidum* الخضروات التالفة وتساعد على انتشاره ذبابة الفاكهة
التعفن الرصاصي Gray mold rot	*Botrytis cinerea* ينمو الفطر في المنطقة المجروحة على هيئة نمو رصاصي اللون
التعفن الريزوبوسي الرخو Rhizopus soft rot	*Rhizopus stolonifer* ويظهر على هيئة طبقة وبرية قطنية وتظهر الاسبورانجيم السوداء اللون على الخضروات المصابة.
التعفن الأزرق Blue mold rot	*Penicillium spp*
التعفن الأسود Black mold rot	*Aspergillus spp.*
التعفن البني Brown rot	*Sclerotinia spp.*
التعفن الوبري أو الزغبي Downey mildew	*Phytophthora spp.*
التعفن الوردي Pink mold rot	*Trichothecium roseum*
التعفن بالالترناريا Alternaria rot	اللون يتحول من البني إلى الأسود *Alternaria sp.*

علاوة على ما ذكر يوجد بعض النموات البكتيرية أو تنمو بعض الخمائر على الخضر أو على الفاكهة فتحدث:

1- حموضة أو لزوجة Souring or sliminess نتيجة نمو بكتريا من الجنس *Lactobacillus*، *Coliforms*، *Pseudomonas*

2- قد يحدث تخمر كحولي Alcoholic fermentation ويحدث في بعض الفواكه مثل العنب وتحدث بواسطة الخميرة easts.

فساد الفواكه والخضر المجففة Spoilage of dried vegetables & fruits

تفسد الفواكه والخضر المجففة بواسطة الفطريات التي يناسبها ظروف التجفيف من حيث قلة الرطوبة ولذا يطلق على هذه الأنواع بالفطريات المحبة للجفاف Xerophilic molds مثل الفطر *Aspergillus glaucus* الذي ينمو عند نشاط مائي $a_W = 0.70$.

كذلك تنمو بعض الخمائر المحبة لتركيز السكر العالي مثل خميرة *Saccharomyces rouxii* وخمائر تابعة للجنس *Zygosaccharomyces* ولجنس *Hunsenianspora* والتي تعزل باستمرار من التين والتمر المجفف حيث تنمو فيها وتحمضها.

فساد الفواكه والخضر المجمدة Spoilage of frozen vegetables & fruits

تفسد في بعض الأحيان نتيجة نمو بعض الفطريات والخمائر التي تتمكن من النمو والنشاط على درجة حرارة التجميد مثل الفطريات *Penicillium, Geotrichum, Cladosporium, Mucor* والخمائر Rhodoto*rula, Candida, Saccharomyces, Torulopsis*.

فساد الفواكه والخضر المخللة Spoilage of pickled vegetables & fruits

تخلل بعض الخضر والفواكه وذلك بإضافة ملح الطعام بنسب تتراوح ما بين 2- 5٪ أو 8 - 15٪ على حسب نوع الخضار أو الفواكه المراد تخليلها,في بداية عملية التخليل تنمو وتنشط بعض الأجناس من البكتريا غير المرغوبة والتي يكون مصدرها النبات نفسه أو الماء أو التربة مثل الأجناس *Bacillus, Pseudomonas, Entrobacter, Flavobacterium* حيث تكون هذه البكتريا غازات ومواد غير مرغوب فيها خاصة عندما تكون كمية ملح الطعام المضافة قليلة , بعد هذه الفترة تحدث تخمرات في المخللات أهمها التخمر اللاكتيكي الذي هو أساس عملية التخليل وتقوم به بكتريا حمض اللاكتيك مثل *Leuconostoc mesentroides* التي تقوم بتخمير السكر الموجود في المادة المراد

تخليلها إلى حمض لاكتيك , وحمض خليك وايثانول وثاني أكسيد الكربون حيث إنها من النوع المتغاير (غير المتجانس) الاختمار والحموضة المتكونة نتيجة هذه البكتيريا تصل إلى 1٪ (حمض لاكتيك)، بعد هذه البكتريا تنشط بكتريا أخرى من بكتريا حمض اللاكتيك تتحمل هذه الدرجة من الحموضة مثل بكتريا _*Lactobacillus brevis, Lactobacillus plantarum* وتتحمل أيضا تركيزا عاليا من الملح وتعمل هذه البكتريا على تكوين كمية كبيرة من حمض اللاكتيك تصل إلى 2أو 3٪ وهذه الحموضة تلعب دوراً كبيراً في حماية المخللات من الفساد وخصوصاً من أنواع البكتريا المكونة للجراثيم.

أهم أنواع الفساد التي تلحق بالمخللات:

01الخمائر المؤكسدة أو الخمائر الغشائية Oxidative or film or top yeasts

تنمو هذه الخمائر على سطح المخللات وتؤكسد حمض اللاكتيك إلى ماء وثاني أكسيد كربون وبذلك تخفض الحموضة وتهيئ الظروف لنمو البكتريا التعفنية وتسبب تلف المخللات ومن أمثلة هذه الخمائر *Debaromyces*، جنس *Candida* .

02الخمائر المخمرة أو الخمائر القاعية Fermentative or bottom yeasts

مثل أجناس *Torulopsis, Torulaspora, Brettanommyces, Hansenula* تنمو داخل المخللات وتكون كمية كبيرة من الغازات تؤدي إلى طفوالمخللات لأعلى خاصة النوع *Torulopsis caroliniana* الذي يعزل باستمرار من المخللات .

03مواد لزجة تتكون في المخللات نتيجة نمو أنواع من بكتريا *Lactobacillus plantarum* .

04اسوداد المخللات نتيجة تكوين كبريتيد الهيدروجين الناتج عن نمو *Bacillus subtilis*.

05تهتك أنسجة المخللات بفعل الأنزيمات المحللة للبكتين التي تكونها بعض أجناس البكتريا مثل *Achromobacter, Bacillus* وبعض الأعفان مثل *Penicillium, Alternaria, Fusarium*.

06تكوين غازات مختلفة وأحماض متنوعة نتيجة نمو البكتريا المكونة للجراثيم وهي *Clostridium, Bacillus* .

فساد العصائر Spoilage of juices

يحتوى عصير الفاكهة على كمية من السكر تتراوح ما بين 2٪ كما في عصير الليمون و17٪ كما في عصير العنب كما أن الحموضة pH تتراوح ما بين2.4(عصير الليمون)، 4.2(في عصير الطماطم) وأكثر في بعض العصائر الأخرى ولهذا تنمو الأعفان خاصة على سطح العصائر لأنها بحاجة للأكسجين وكذلك الخمائر . أما البكتريا فتنمو في العصائر القليلة السكر والحموضة وعند تخزين هذه العصائر

على درجة حرارة الغرفة تحدث التغيرات كما هو موضح بالجدول التالي كالتخمر الكحولي وأكسدة الكحول الناتج وأكسدة الأحماض العضوية الموجودة في الفاكهة خاصة بفعل الخمائر المكونة للأغشية Film yeasts و الفطريات عند توفر الأكسجين .

والخمائر المتوحشة Wild yeasts و هي التي تنمو عادة في العصائر وتنتج كمية متوسطة من الكحول وكمية كبيرة من الأحماض العضوية ، ونمو الخمائر يتم عندما تكون درجة الحرارة أقل من 30درجة مئوية أما إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 35°م عند ذلك تنشط البكتريا المنتجة لحمض اللاكتيك منتجة الحمض وأحماضاً طيارة أخرى وغير ذلك , وبما أن كمية السكر في عصائر الخضر قليلة ودرجة الحموضة فيها أكثر ارتفاعاً مما في عصائر الفاكهة (pH من 5 - 5.8 في معظمها) بالإضافة إلى احتوائها على عوامل النمو لذلك تكون البكتريا هي السبب الرئيس لفسادها وتأتي الفطريات والخمائر بالدرجة الثانية .

أما بالنسبة للعصائر المركزة التي تزداد فيها كمية السكر والحموضة فإن تلفها يحدث نتيجة نمو الخمائر والبكتريا المقاومة للأحماض ولتركيز السكر العالي Acid & sugar tolerant microorganismsمثل بعض الأجناس *Leuconostoc, Lactobacillus* وإذا علب العصير المركز فيفسد نتيجة الأجناس المكونة للجراثيم مثل *Clostridium and Bacillus* .

الجدول التالي يوضح أهم التغيرات التي تحدث في عصير الفاكهة الخام المحفوظ عند درجة حرارة الغرفة(جدول- 9).

جدول (9) يوضح أهم التغيرات التي تحدث في عصير الفاكهة الخام المحفوظ عند درجة حرارة الغرفة

نوع التغير	الميكروب المسبب
تخمر كحولي Alcoholic fermentation	خمائر مخمرة *Fermentative yeasts* خمائر مكونة للأغشية وأعفان في العصير *Film yeasts and molds*
أكسدة الكحول والأحماض الموجودة بالعصير	بكتريا الخل *Acetobacter*
تخمر لاكتيكي , تخمر السكر وإنتاج حامض اللاكتيك وأحماض أخرى Lactic acid fermentation	*Lactobacillus Brevis* *Lactobacillus arabinosus* *Lactobacillus liechmannii* *Lactobacillus pastorianus* *Lactobacillus mesenteroides* *Microbacterium*
تخمر الأحماض العضوية Organic acid fermentation تحول الـ Lactic acid, Malic acid في عصير التفاح إلى Succinic acid . وتحول Lactic acid, Citric acid في عصير الليمون إلى Acetic acid.	*Lactobacillus pastorianus*
تحول السكر إلى حامض البيوتريك وغازات Butyric acid fermentation	*Clostridium butyricum* *Clostridium acetobutyricum*
إنتاج لزوجة في العصائر Slime production	*Lactobacillus Brevis* *Leuconostoc mesenteroides* *Lactobacillus plantarium*