الفصل الثامن

بعض المجاميع الميكروبية المهمة غذائيا

• بكتيريا حمض الخل • البكتيريا المنتجة لحمض الزبدة • بكتيريا حمض البروبيونيك • بكتيريا حمض اللبن • بكتيريا محللة للبروتين • بكتيريا محبة للملوحة • بكتيريا محبة للحرارة المرتفعة • بكتيريا محبة للبرودة • بكتيريا تتحمل البرودة

تشترك بعض الأجناس أو الأنواع البكتيرية والأعفان والخمائر أحيانا في خواص ذات أهمية غذائية، قد تكون سلبية مثل علاقتها بفساد الأغذية، وقد تكون إيجابية يمكن توظيفها لصالح الإنسان، والكثير من هذه المعلومات مر في معرض الحديث عن نواحي أخرى، ولأهمية معرفة هذه المجاميع لطالب الأغذية، تم إفرادها في هذا الفصل.

بكتيريا حمض الخل Acetic Acid Bacteria

وهي تلك البكتيريا التي تحول (بالأكسدة) الكحول الإثيلي C_2H_5OH إلى خل (حمض الخل)، كما تعمل على أكسدة L-sorbose إلى الكحول السكري Sorbitol، هذا الكحول يمكن أكسدته إلى حمض الأسكوربيك Ascorbic acid المعروف بفيتامين جـ.

$$CH_3COOH + H_2O \xrightarrow[\text{أكسجين}]{\text{بكتيريا حامض الخل}} C_2H_5OH + O_2$$

ومثال ذلك بعض البكتيريا المنتمية للجنس *Acetobacter* مثل *A. aceti* والمنتمية للجنس *Gluconobacter*.

البكتيريا المنتجة لحمض الزبدة Butyric Acid Bacteria

وهذه البكتيريا عادة تنتج هذا الحمض بالإضافة إلى منتجات أخرى من بعض المواد الكربوهيدارتية مثل الجلوكوز. من البكتيريا التي تقوم بذلك، بعض مكونات الجراثيم اللاهوائية Sporeformer anaerobes والمنتمية للجنس كلوستريديوم ومثال ذلك *Cl. butyricum*.

بكتيريا حمض البروبيونيك *Propionibacterium*

تنتج هذه البكتريا هذا الحمض بالتخمير من سكر الجلوكوز ومن سكر الحليب. وهذا ما يحدث في حالة الجبن السويسري Swiss cheese مثل امنثال Emenenthal وجرويير Gruyer حيث تضاف هذه البكتيريا مثل *Propionibacterium shermanii* لإنتاج حمض البروبيونيك الذي يكسب الجبن نكهة خاصة ولإنتاج CO_2 الذي يعمل على تكوين عيون في الجبن.

بكتيريا حمض اللبن Lactic Acid Bacteria

وتسمى كذلك لأنها تخمر سكر الحليب منتجة حمض لبن أساسا، وتضم بكتيريا تنتمي لعدة أجناس هي:

١ — ستربتوكوكس *Streptococcus*.

٢ — انتروكوكس *Enterococcus*.

٣ – لاكتوكوكس *Lactococcus*.

٤ – ليوكونوستك *Leuconostoc*.

٥ – بيديوكوكس *Pediococcus*.

٦ – لاكتوباسلس *Lactobacillus*.

هذه البكتيريا تقسم إلى قسمين، بكتيريا متجانسة التخمر Homofermentative وهذه تنتج حمض اللبن بصفة رئيسية. ومغايرة التخمر Heterofermentative وهذه تنتج بالإضافة إلى ما سبق CO_2 ومنتجات أيضية أخرى مثل الكحولات والأحماض العضوية الأخرى كحمض الخل وثنائي الأستيل Diacetyl ومركبات أخرى تسهم في إظهار نكهة بعض منتجات الألبان المتخمرة. ومن الأمثلة على ذلك *Streptococcus lactis* للنوع الأول و *Leuconostoc mesenteroides* للنوع الثاني.

وهناك تقسيم آخر لبكتيريا حمض اللبن، يقضي بتوزيعها إلى ثلاث مجموعات هي:

١ – **المجموعة الأولى:** متجانسة التخمر إجباريا Obligately homofermentative lactobacilli، تحول السكريات الأحادية سداسية الكربون أساسا إلى حمض لبن.

٢ – **المجموعة الثانية:** مغايرة التخمر اختياريا Facultatively heterofermentative، تحول السكريات السداسية إلى حمض اللبن وحمض الخل وكحول الإيثيل وحمض النمل، والسكريات الخماسية تتحول إلى حمض اللبن والخل عندما يشح الجلوكوز.

٣ – **المجموعة الثالثة:** مغايرة التخمر إجباريا Obligately heterofermentative، وتعمل على تخمير السكريات السداسية والخماسية منتجة المركبات المختلفة السابقة.

وتستعمل بعض أفراد بكتيريا حمض اللبن في عمل منتجات الألبان المتخمرة وتؤثر نواتج الأيض Metabolites أثناء التخمر على خواص المنتج النهائي للمنتج اللبني المتخمر.

وفيما يلي الخواص المشتركة لبكتيريا حمض اللبن:

١ – تحول سكر الحليب إلى حمض لبن.

٢ – جميعها موجبة لصبغة جرام.

٣ – جميعها محبة للهواء بكميات طفيفة Microaerophilic.

٤ – لا تنتج إنزيم الكتاليز Catalase (سالبة الكتاليز).

٥ – متشرطة غذائياً Nutritionally fastidious وتنمى في المختبر عادة على بيئات غنية مثل Brain Heart Infusion وروجوزا Rogosa.

٦ – نموها ضعيف على البيئات المعملية – حتى الغنية منها، حيث تكون مستعمرات صغيرة بحجم رأس الدبوس.

وفيما يلي الصفات التي تجعل منها مجموعة مهمة من الناحية الغذائية:

١ – قدرتها على تخمر السكريات وخاصة سكر اللبن وإنتاج حمض اللبن بكمية كبيرة كنتيجة لذلك التخمر. وهذا يجعلها مهمة من الناحية الاقتصادية حيث تستغل تجارياً لإنتاج مواد غذائية عديدة أحياناً.

٢ – تنتج البكتيريا المختلطة التخمر منها غازا ومواد متطايرة تؤثر في نكهة وقوام المادة في المنتجات المتخمرة.

٣ – عدم قدرتها على تخليق عناصر النمو المهمة كالفتيامينات مما يجعلها تنمو ببطء على المواد الغذائية الفقيرة في هذه العناصر، وهذه الخاصية تجعلها ملائمة لتقدير مثل هذه العناصر في المواد الغذائية.

٤ – بعضها يمتاز بمقاومته الشديدة للحرارة وهذا يسبب مشاكل أحياناً أثناء تصنيع المواد الغذائية.

٥ – بعضها ينتج مواد صمغية يمكن الاستفادة منها أحياناً وقد تكون ضارة أحياناً.

بكتيريا محللة للبروتين Proteolytic Bacteria

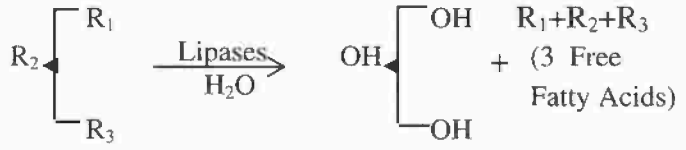
وهذه البكتيريا تنتمي إلى أجناس متعددة ويجمع بينها إنتاج إنزيم محلل للبروتين Extracellular proteinases. وتقوم الإنزيمات بتحليل البروتينات إما جزئياً أو كلياً منتجة ببتونات وببتيدات وأحماض أمينية ومن أمثلة ذلك *P. fluorescens* و*Bacillus subtilis* وبعض أنواع *Proteus*.

هذه الميكروبات تحت الظروف اللاهوائية، يمكن أن تعمل على تكسير البروتين إلى أمينات وأمونيا ومركبتانات وحتى كبريتيد الهيدروجين، وتؤدي إلى ظهور رائحة كريهة جداً، مثلما يحدث في اللحوم الفاسدة ويوصف هذا النوع من الفساد بالتفسخ Putrefaction.

ميكروبات محللة للدهون Lipolytic Bacteria

يتكون الدهن باتحاد الجليسرين (كحول ثلاثي) مع الأحماض الدهنية ويسمى حينئذ بالجليسريد الذي يمكن أن يكون أحادياً أو ثنائياً أو ثلاثياً Mono, di or triglyceride.

بعض الميكروبات تنتج إنزيمات محللة للدهون Lipases ؛ أي تعمل على تحرير الأحماض الدهنية من جزيء الجلسرين.



ومن البكتيريا التي تقوم بمثل هذا العمل بعض أنواع *Pseudomonas* وبعض الأعفان مثل *Penicillium roqueforti* و بعض الخمائر مثل *Candida lipolytica*.

ميكروبات محللة للنشا

وتحلل النشا جزئيا نتيجة لإنتاج إنزيم الأميليز Amylase الذي يعمل على تحلل جزئية الأميلوز والذي يتكون منه النشا بالإضافة إلى جزئية الأميلوبكتين Amylopectin.

ومن الميكروبات التي تقوم بهذا العمل بعض الخمائر مثل خميرة الخباز Baker's yeast وبعض البكتيريا مثل *B. subtilis*.

ميكروبات محللة للبكتين

وهذه الميكروبات تقوم بإنتاج إنزيمات محللة للبكتين Pectinases ويكون نتيجته تحلل للأنسجة البكتينية مما ينشأ عنه تطرية للقوام ومن الميكروبات التي تنتج إنزيم البكتنيز بعض أنواع*Pseudomonas, Erwinia ,Bacillus, Clostridium* وبعض الأعفان مثل جنس رايزوبس*Rhizopus*.

بكتيريا محبة للملوحة Halophilic

وهي بكتيريا تتطلب تركيزاً أدنى من الملح للنمو (٥ –١٥٪) ومثال ذلك *Halobacterium*. وهناك بكتيريا تتحمل النمو في هذا المدى من تركيز الملح ولكن ليس

شرطاً لنموها، ويطلق على هذه الميكروبات متحملات الملوحة Halotolerant ، مثل بعض الأنواع المنتمية للجنس ميكروكوكس *Micrococcus*.

بكتيريا محبة للحرارة المرتفعة Thermophilic bacteria

وهي بكتيريا لا تنمو إلا عندما تتوفر لها أجواء حارة حيث تكون المثلى لها عادة أعلى من ٤٥°م وعادة ما تكون ٥٥°م أو أعلى، ومن ذلك:

Cl. thermosaccharolyticum, B. stearothermophilus. وهذه البكتيريا يمكن تقسيمها إلى مجموعتين محبة للحرارة المرتفعة اجبارياً Obligate thermophiles ، ومتحملة للحرارة المرتفعة Thermotolerant.

بكتيريا محبة للبرودة Psychrophiles

وتعد الدرجة المثلى لها عادة دون العشرين درجة مئوية مثل بعض أنواع *Achromobacter, Pseudomonas*.

بكتيريا تتحمل البرودة Psychrotrophs

وهي بكتيريا تتحمل درجات حرارة منخفضة ولكن ليس بالضرورة أن تكون درجة الحرارة المثلى للنمو لها دون ٢٠°م مثل بعض أنواع سيدوموناس وألكاليجينس.

مجموعة بكتيريا القولون Coliform Bacteria

وهي مجموعة من البكتيريا تتخذ من القولون في الإنسان والحيوان مأوى طبيعيا لها Natural habitat أي أنها تشكل جزءا من الميكروفلورا الطبيعية في القولون. وتضم الأجناس التالية:

١- سيتروباكتر *Citrobacter*.

٢- أنتروباكتر *Enterobacter*.

٣- إشيريشيا *Escherichia*.

٤- كلبسييلا *Klebsiella*.

جميع هذه البكتيريا عصوية سالبة لصبغة جرام غير متجرثمة، ولا هوائية اختيارية، وتخمر اللاكتوز خلال ٤٨ ساعة عند ٣٥°م منتجة حمضا وغاز CO_2.

وفيما يلي بعض الصفات الأخرى التي تجعل منها مجموعة مهمة:

١- قدرتها على النمو في العديد من البيئات، وقدرتها على استعمال مواد كربوهيدراتية ومواد عضوية أخرى كمصدر للكربون والطاقة، وقدرتها على استعمال مصادر نيتروجينية بسيطة كمصدر للنيتروجين، مما يعني أنها غير متشرطة غذائيا.

٢- قدرتها على تصنيع العديد من عوامل النمو الضرورية.

٣- تنمو في مدى واسع نسبياً من درجة الحرارة (٥-٤٦°م).

٤- تنتج أحماضا مختلفة وغازات من السكريات.

٥- تتسبب في إحداث نكهة غير مرغوبة مقرونة بانعدام النظافة ويطلق عليها رائحة القش Unclean/Hay odor.

٦- البعض منها ينتج طبقة لزجة على سطح المواد الغذائية مثل *Enterobacter aerogenes*.

٧- بعض أفرادها تسبب تسمما وعدوى غذائية مثل بعض سلالات *E. coli*.

٨- تستخدم كدليل Indicator على التلوث البرازي وتدني المستوى الصحي للمنشأة التي أنتج فيها الغذاء.

ويجب ملاحظة أن بعض بكتيريا القولون قد توجد في بيئات خارج القولون، مما استدعى استعمال مصطلحي بكتيريا القولون الكلية Total coliforms، وبكتيريا القولون البرازية التي ترتبط دائما بالمخلفات البرازية Fecal coliforms والتي لاحظ العالم إيجكمان Eijkman أنها تتميز عن الكلية بكونها تتحمل حتى ٤٥°م، ولذا تسمى متحملات الحرارة التي تخمر اللاكتوز عند ٤٤,٥ - ٤٥,٥°م منتجة حمضا وغازا.

هذا التعريف يجعل *E. coli* والكلبسيبلا هي المشمولة بالقولون البرازية، ولذا طورت طرق أخرى خاصة بالـ *E. coli* ومن ثم أصبح مفهوم القولون البرازية ينحصر في *E. coli*.

٩- تستخدم للكشف عن التلوث ما بعد المعالجة الحرارية؛ إذ يعني وجودها أن هناك تلوثاً تلا تلك المعالجة كما في حالة الحليب المبستر، وحيث يدل وجودها على التلوث بعد البسترة Post pasteurization contamination أو عدم كفاية المعالجة الحرارية حيث إن بكتيريا القولون عادة غير مقاومة للحرارة، ويفترض القضاء عليها بالمعاملات الحرارية المعروفة بما فيها البسترة.