الفصل التاسع

التقنية الحيوية
Biotechnology

يعتبر العلماء أن التقنية الحيوية تعد في الحقيقة محصلة حتمية لمجموعة علوم برزت في علم واحد مشترك تشكلت ملامحه الأولية منذ عام ١٩٨١م لتظهر العديد من النواتج المؤثرة على البشرية في معظم نواحي الحياة والبيئة التي يعيشون فيها.

إن التطور الهائل الذي تعيشه البشرية اليوم هو انعكاس طبيعي لثورة التقنية الحيوية والهندسة الوراثية التي يعجز الخيال العلمي عن تصورها أو تصور تأثيرها على حضارة الإنسان وعلى الصحة والزراعة والصناعة والأمن الغذائي والبيئة وكل وجوه الحياة على وجه الأرض، وينظر علماء الأحياء إلى التقنية الحيوية على أنها تحمل في طياتها آمالاً كبيرة للتغلب على نقص الغذاء العالمي، حيث تشير مختلف التقديرات إلى أن إنتاج الغذاء يجب أن يتضاعف من الآن حتى عام ٢٠١٠م لمواجهة خطر المجاعة على العالم النامي. يقول البروفيسور Charles H.Townes الحائز على جائزة نوبل عام ١٩٦٤م في الفيزياء والأستاذ في جامعة كاليفورنيا – بيركلي: تعتبر التقنيات الحيوية من العلوم الضاربة في جذور التاريخ حيث أنها تجمع بين الأحياء والتقنيات الآلية. وقد تطور مفهوم هذا العلم في السنوات الأخيرة بشكل كبير جداً ليرتبط بحياة الناس بشكل

obeikandl.com

مباشر في مختلف الميادين الحياتية ومن ثم كان له الأثر الإيجابي في اقتصادهم (Board ١٩٨٣، Adams and Moss, ١٩٩٥).

تعود أصول التقنيات الحيوية المعروفة حاليا إلى آلاف السنين، وقبل معرفة الإنسان بالأحياء الدقيقة المسئولة عن هذه الأنشطة بمدة طويلة. فقد عرف المصريون القدماء وكذلك الصينيون والهنود وغيرهم عمليات تخمر الأغذية واستخدموها في تحضير الخبز والجبن والخميرة. كما قاموا بانتخاب نباتات وحيوانات زراعية عالية الإنتاجية. وهجنوا السلالات من أنواع المخلوقات الحية لتحقيق طفرات في الإنتاج باستخدام أساليب الوراثة التقليدية، والتي لازالت هي الأساليب الأكثر شيوعا حتى الآن. فالتقنية الحيوية تجمع بين الوسائل والأدوات التقنية وإنتاج أشياء مفيدة (حيوية)، وهذا المفهوم مستخدم منذ آلاف السنين عندما استخدمت الحيوانات والنباتات لإنتاج الغذاء واللباس والدواء. وقد شهد العقد الماضي ظهور تقنيات متقدمة تحسن بصورة كبيرة من كفاءة التقنيات الحيوية التقليدية في مجالات الزراعة التقليدية، التخمرات، معالجة المخلفات، صناعة الدواء، والرعاية الصحية. ومن بين أهم التقنيات الحديثة تلك "الهندسة الوراثية" وتقنية التحكم في الحَمض النووي التركيبي. وللتقنية الحيوية تعريفات عدة من أهمها "تطبيق المبادئ العلمية والهندسية عند توظيف الكائنات الحية لتحويل المواد إلى منتجات أو خدمات". وهناك تعريف آخر للتقنية الحيوية، أكثر تفصيلا كأحد العلوم الجديدة المتنامية بأنها" توظيف الكائنات الحية أو النظم الحية أو العمليات الحيوية في مجالات التصنيع أو تقديم الخدمات والتي تؤدي إلى تحسين ملموس في مجالات الدواء، الطاقة، الكيماويات الأساسية وغيرها". فالتقنية الحيوية هي مجمل التقنيات التي تتناول استخدام كائنات حية أو مكوناتها تحت الخلوية بغرض إنتاج أو تحوير أو تطوير منتجات ذات قيمة وفائدة للإنسان، ويتحقق ذلك عن طريق

دمج عدد من المجالات العلمية مثل علم الأحياء الدقيقة والكيمياء الحيوية والوراثة وعلم الأحياء الجزيئي والكيمياء والهندسة الكيميائية، وتعتبر الهندسة الوراثية أحد أهم فروع التقنية الحيوية والتي تختص بالتقنيات والأساليب التي يمكن عن طريقها إعادة تشكيل المادة الوراثية (DNA) بحذف أو إضافة أجزاء منها وذلك بهدف تغيير التركيب الوراثي للكائن الحي لإنتاج صفات وراثية جديدة ومحسنة .(Drucker, ١٩٨٧).

لذا نجد في العصر الحالي أن تقنيات نقل المورثات، والاندماج الخلوي، وإعادة إنتاج النباتات باستخدام تقنية الزراعة النسيجية أصبحت الآن في متناول المتخصصين لتطوير وتنمية سلالات أكثر موائمة للظروف الصحراوية الجافة في منطقة الخليج. كما تستخدم الكائنات الحية الدقيقة لزيادة كفاءة استخراج النفط وتطوير صناعة تكريره، ومكافحة التلوث المصاحب لعمليات تصنيعه. كما يعد تواجد المواد الخام رخيصة الثمن في المملكة العربية السعودية ودول الخليج العربية مثل المخلفات الزراعية ومنتجات تكرير البترول أحد المبررات القوية لاستخدام التقنيات الحيوية لإنتاج البروتينات وحيدة الخلية وغيرها من المنتجات عالية القيمة. ويتوقع بمشيئة الله أن تساهم التقنية الحيوية في تذليل العقبات أمام العديد من التطبيقات الصناعية والصحية والإنتاج الزراعي والحيواني، وكذلك المساهمة في تقديم الحلول العملية لكثير من المشاكل البيئية مثل التخلص من الملوثات البيئية وإعادة تدوير المخلفات ومعالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها. إن استمرار المعيشة في بيئة نظيفة خالية من التلوث أصبح مرهونا باستخدام تطبيقات التقنيات الحيوية في كافة مجالات الحياة. ومن هذا المنطلق سعت كثير من الدول إلى وضع خطط إستراتيجية لتوظيف التقنية الحيوية وتحصيل أكبر قدر من فوائدها الاقتصادية؛ فعلى سبيل المثال نشرت كوريا وكندا خططها الإستراتيجية لتوظيف التقنية الحيوية خلال الأعوام القادمة. وفي أمريكا خصص معهد

الصحة الوطني مبلغ وقدره ٦,٢٨١ بليون دولار لأبحاث التقنية الحيوية الصحية، وفي عام ١٩٨٨م كان عدد الشركات العاملة في مجال التقنية الحيوية في الولايات المتحدة الأمريكية ٣٠٠ شركة ثم وصل العدد إلى ٢٤٦٥ شركة في عام ٢٠٠٦م. وتعتقد الهيئات الحكومية والرسمية أن الإمكانيات الكامنة في الاستثمار بمجال التقانات الحيوية أكبر بكثير من الوعي بها؛ ولذا ترصد أموال فقط للتعريف بأهمية هذا المجال؛ فقد رصدت دول الاتحاد الأوربي على سبيل المثال مبلغ ١,٠٤ ملايين يورو لبث حملة إعلامية لشعوبها حول التقنية الحيوية. وتعتبر الهندسة الوراثية النباتية من أكثر الصناعات المربحة في القرن الجديد حيث يقدر ما يباع من البذور المهندسة وراثيا ما يوازي ٦ مليارات دولار سنويا ويتوقع أن تصل مبيعات المنتجات المعدلة وراثيا إلى ١٠٠ مليار دولار بحلول عام ٢٠١٢م.

وهناك جوانب كثيرة ومتعددة لتطبيقات التقنية الحيوية في حياة الإنسان في مجال الصناعة والزراعة والطب، وسوف أستعرض بعض من هذه التطبيقات على سبيل المثال لا الحصر فهي أكثر وأشمل من أن تحصر في كتاب واحد.

(٩,١) تحلل المادة العضوية وتكوين الدبال Organic Matter and Humus

للمادة العضوية أثر كبير على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة وهذا من ثم يؤثر على نمو النباتات. وتشمل المادة العضوية بقايا النباتات والحيوانات سواءً الموجودة في التربة أو التي تضاف إلى التربة بما في ذلك جذور النباتات والأوراق التي تسقط على التربة وغيرها من مكونات المجموع الخضري. إن أنسجة النبات تتركب عامة من ٧٥٪ ماء و ٢٥٪ تقريباً مادة جافة، وتتركب المادة الجافة للنباتات من الكربون والهيدروجين والأكسجين، وهذه تكون ٩٠٪ من وزن المادة الجافة، أما الجزء الباقي

فيتركب من النيتروجين والكبريت والكالسيوم والفسفور والبوتاسيوم وبعض العناصر الأخرى، وهذه العناصر التي تدخل في تركيب المادة الجافة توجد على صورة مركبات عضوية، مثل المواد الكربوهيدراتية كالسكريات والنشأ والسليلوز واللجنين ومن المواد البروتينية والدهون والزيوت والشمع والأحماض العضوية. أما المركبات غير العضوية أو المعدنية فتشتمل على مركبات الفسفور والكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والألمنيوم والحديد والمنجنيز، وتدخل هذه العناصر أيضاً في تركيب أملاح عضوية كما تكون أملاحاً غير عضوية (Schumaker, ١٩٩٦). ويمكن تقسيم المركبات الكيميائية التي تدخل في تركيب المادة العضوية إلى ثلاثة أقسام رئيسة هي ما يأتي:

١- مركبات عضوية غير نيتروجينية.

٢- مركبات عضوية نيتروجينية.

٣- مركبات غير عضوية أو معدنية.

وتتحلل النشويات والسكريات والبروتينات والأحماض الأمينية سريعاً بواسطة العديد من الكائنات الحية الدقيقة ويصحب ذلك عملية بناء للمواد القلوية للكائنات الدقيقة كما تتحلل المواد السليلوزية خاصة النصف سليلوزية بفعل العديد من الكائنات الدقيقة، أما اللجنين فإنه بصفة خاصة يقاوم التحلل تحت الظروف اللاهوائية ولكن تحت الظروف الهوائية يحدث له بعض التغيير.

وتتحل البروتينات النباتية والحيوانية ومشتقاتها إلى أميدات Amides وأحماض أمينية Amino acids مختلفة الأنواع، وهذه تتحل بدورها إلى ثاني أكسيد الكربون ومركبات الأمونيا وغيرها من المركبات البسيطة النهائية. وتستغل الأمونيا بواسطة الكائنات الحية الدقيقة وتتأكسد إلى نيترات وتتحرر الأيونات المعدنية في أثناء تحلل المادة العضوية وتكوين الدبال Humus (الشكل رقم ٩.١). وهذه العناصر المعدنية إذا لم

تمتص بواسطة النباتات، فإنها تتسرب إلى الأعماق البعيدة من التربة بالغسيل وتشتمل هذه العناصر الأساسية على الكبريت والفسفور والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسيوم (الفالح، ١٤٢٨هـ).

الشكل رقم (٩,١). تحلل بقايا النباتات وتكون الدبال.

وفي أثناء عملية تكوين الدبال من بقايا النباتات يحدث نقص سريع في المكونات القابلة للذوبان في الماء وزيادة نسبية في اللجنين ومركباته المعقدة وزيادة كذلك في البروتينات، ومن المرجح أن هذه البروتينات تنشأ نتيجة نشاط الكائنات الحية الدقيقة أي أنها من نوع آخر يقاوم التحلل ويختلف عن بروتينات النباتات التي تنحل سريعاً. والدبال مادة غروية سوداء عديمة الذوبان في الماء، ويتركب من نسبة عالية من اللجنين (٤٠ - ٤٥٪) والبروتينات (٣٠- ٣٥ ٪) أما الجزء الباقي من الدبال فيتكون من الدهون والشموع وغيرها من المواد المقاومة للتحلل، وهذا المركب المعقد من اللجنين

والبروتينات يجعل الدبال مقاوماً للتحلل. ولبطء تحلل الدبال أهمية كبيرة بالنسبة للنباتات إذ أنه يعد بمثابة مخزن للمواد النيتروجينية التي تتحرر تدريجياً وبهذا يتمكن النبات من امتصاصها دون أن تفقد بالغسيل بماء المرشح.

ويلعب الدبال دوراً مهماً في تحسين خواص التربة الطبيعية والكيميائية، فهو يعمل على زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء ويقلل من فقدان الماء بالتسرب السفلي إلى الأعماق ويزيد من تهوية التربة خاصة التربة الطينية الثقيلة، كما يحسن بناء التربة إذ أنه يعمل على تكوين الحبيبات المركبة وبذلك يقلل من الخسارة الناتجة عن عوامل التعرية بفعل الرياح.

ويحسن الدبال الخواص الكيميائية للتربة إذ أنه يجعل من التربة مخزناً يمد النباتات بالمركبات النيتروجينية تدريجياً، كما أنه يساعد على تكوين الأحماض العضوية وغير العضوية التي تعمل كمذيبات للعناصر المعدنية المهمة للنباتات، وكذلك تكوين ثاني أكسيد الكربون ثم حامض الكربونيك وهو مذيب قوي أيضاً للعناصر المعدنية، كما أن للطبيعة الغروية للدبال أثرها الكبير في الاحتفاظ بمكونات الأسمدة والعناصر الغذائية المعدنية على سطوح الدبال الغروية ويتجنب فقدانها بالرشح. وللمادة العضوية أثر كبير على نشاط الكائنات الحية الدقيقة في التربة إذ أن هذه الكائنات تحول المواد الغذائية في التربة إلى صورة مواد وعناصر بسيطة يمكن امتصاصها بواسطة النباتات واستغلالها (Wainwright and Al-Falih, ١٩٩٦).

(٩,٢) الكمبوست The Compost

الكائنات الحية الدقيقة تلعب دوراً هاماً وأساسياً في النظام البيئي ومكوناته الحية وغير الحية. إذ أنها تسمح بإعادة استعمال المواد الغذائية بشكل مستمر فتؤمن بذلك استمرار النظام البيئي. حيث إن الكائنات الحية الدقيقة التي تشمل البكتيريا والفطريات

والخمائر والأكتينوميسيتات تعمل على تحليل وتفتيت البقايا النباتية والحيوانية وتحويلها من مركبات عضوية معقدة غير ذائبة إلى مركبات بسيطة غير عضوية يسهل على النبات امتصاصها وإعادة استخدامها مرة ثانية.

وتختلف مدى أهمية تحليل وتفتيت المواد العضوية بواسطة الكائنات الدقيقة بالنسبة لأثرها على الإنسان واستفادته منها. ويمكن تلخيص قدرة هذه الكائنات وإمكانياتها في التحليل عن طريق مختلف العمليات التنفسية والهضمية في الطرق الثلاث التالية:

١ـ استمرار إزالة الفضلات العضوية من بيئة الإنسان.

٢ـ إتاحة وجود كمية كبيرة من ثاني أكسيد الكربون، ذو الأهمية الخاصة في عملية البناء الضوئي للنباتات التي يمكنها استغلاله مرة أخرى في بناء السكريات.

٣ـ تكوين الدبال Humus وهو أحد مكونات التربة الهامة.

ومما لا شك فيه أن الثلاث عمليات السابقة الذكر لها أهمية كبيرة بالنسبة للإنسان ولنتصور الحالة التي ستكون عليها الحياة لو فقدت البكتيريا والفطريات قدرتها على تحليل المواد العضوية الفائضة هذا إذا استمرت هناك حياة.

الكمبوست في الحقيقة لا يعتبر مادة واحدة بسيطة بل هو خليط من كثير من المركبات العضوية التي تتحلل باستمرار بواسطة الكائنات الحية الدقيقة.

والكمبوست مادة شبه داكنة إلى سوداء غير قابل للذوبان في الماء ويحتوي على نسبة عالية من الكربون تصل إلى ٥٨٪ والنسبة المئوية للنيتروجين تتراوح بين ٣- ٦٪. والكمبوست له سعة تبادل قاعدية كبيرة Base exchange capacity ويتحد مع مختلف مكونات التربة العضوية ويدمص الماء وينتفخ كما يتميز بخصائص أخرى تجعله مكوناً هاما في أوساط نمو النبات.

ومن أهم المواد المستخدمة لإعداد الكمبوست ما يلي:

١ ـ القش (التبن) Straw

٢ ـ الروث Manure

٣ ـ الجبس Gypsum (كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$)

٤ ـ اليوريا Urea

٥ ـ المـاء Water

ولوحظ إن أجود أنواع الكمبوست التي يتم تسويقها تجارياً للمزارعين هي التي تتركب من ٦٠ ٪ من الروث ومن ٢٠ ٪ من تبن القمح إضافة إلى ٢٠ ٪ من السماد العضوي، ثم يرش الخليط بالماء لمدة أسبوع تقريباً وبعد ذلك يتم هرس الخليط جيداً بمكائن خاصة، ثم يضاف للخليط بعض المخصبات العضوية والسماد النيتروجيني، ويضاف للخليط كذلك كبريتات الكالسيوم بمعدل ٤٠ رطلاً/طن من القش حيث تتفاعل الكبريتات مع أمونيا الخلطة السمادية مشكلة كبريتات الأمونيوم التي لا تتطاير وتبقى كمخزون غذائي نيتروجيني جيد.

(٩,٢,١) دور الأحياء الدقيقة في تحلل الكمبوست وتكوينه

مما تقدم تتضح خصائص الكمبوست الفيزيائية والكيميائية. وغني عن البيان القول بأن للكمبوست أهمية كبيرة في إثراء وزيادة خصوبة التربة. ويتضح مما سبق أن تكوين وجودة الكمبوست يرجع إلى نشاط كل من البكتيريا والفطريات والأكتينوميسيتات.

والعامل الرئيسي الذي يساعد الكائنات الحية الدقيقة في تكوين وتخمير الكمبوست هو نشاطها الأنزيمي Enzymatic Activity من خلال إفرازها لأعداد مختلفة

من الأنزيمات مثل: اريلسلفتيز Arylsulphatase ـ انفرتيز Invertase ـ فوسفتيز Phosphatase ـ اليوريز Urease ـ الديهيدروجينيز Dehydrogenase ـ الأميليز Amylase.

(٩,٢,٢) قياس جودة وكفاءة الكمبوست

كما هو معلوم فان تصنيع الكمبوست يمر بعدد من المراحل قبل تسويقه وعرضه للمزارعين لاستخدامه كمحسن للتربة. وتم تطبيقه على نطاق واسع في كثير من بلدان العالم لاستصلاح الأراضي، حيث إن استخدام الكمبوست يؤدي إلى زيادة ملحوظة في خصوبة التربة وذلك برفع نسبة محتواها من المادة العضوية وإمدادها بكمية كافية من العناصر الغذائية الأساسية في نمو النبات. ويتم قياس كفاءة الكمبوست لتحديد جودته ومدى صلاحيته بالعديد من الطرق القياسية والاختبارات التحليلية والتي منها ما يلي:

دراسة تركيب الكمبوست الفيزيائي والكيميائي Physical and Chemical Properties of Compost وهذه تشمل قياس المحتوى المائي للكمبوست Water Content وتحديد نسبة الكربون العضوي Carbon Percentage وتحديد نسبة النيتروجين Nitrogen Percentage وتقدير نسبة المادة العضوية في الكمبوست Organic Matter وقياس درجة الحموضة للكمبوست pH وتقدير كمية الأملاح الكلية الذائبة Total soluble salts بالإضافة إلى تقدير نشاط بعض الأنزيمات Activity of enzymes وتقدير نسبة بعض الأملاح المهمة مثل: الكبريتات SO_4 Sulphate والنيترات NO_3 Nitrate والفوسفات PO_4 Phosphate.

(٩,٣) بكتيريولوجيا المـــــاء Water Bacteriology

يغطي الماء (٧٠,٨٪) من سطح الكرة الأرضية ويوجد بالماء العديد من أنواع الكائنات الدقيقة من طحالب وبروتوزوا وفطريات مائية وبكتيريا ... الخ. ومصدر هذه الكائنات الحية الدقيقة أما الهواء أو التربة أو الفضلات العضوية، وتعتمد هذه

الكائنات في تغذيتها على المواد الموجودة بالماء مثل الحديد في حالة بكتيريا الحديد وكبرتيد الهيدروجين في حالة الكبريت، والفضلات العضوية في حالة البكتيريا المترممة. وقد يحتوى الماء على بعض المواد السامة من مضادات حيوية وأحماض ومعادن ثقيلة، كما تقوم البروتوزوا والفيروسات البكتيرية بالقضاء على البلايين من البكتيريا الموجودة بالماء ، بالإضافة إلى ذلك تؤثر درجة حرارة الماء وكمية الأكسجين الذائب به والإضاءة ودرجة تركيز ايون الهيدروجين في التوازن الموجود بين الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بالماء (Keshav rchan, ١٩٩٠).

تقسيم المياه في الطبيعة إلى أربع مجموعات تشمل المياه الموجودة في الغلاف الجوي Atmospheric water على هيئة بخار في السحب والتي تتكاثف في صورة الندى أو المطر، والمياه السطحية Surface water مياه الأنهار والبحار والبحيرات والمحيطات، والمياه الجوفية Ground water الموجودة تحت سطح الأرض، والمياه المخزنة Stored water التي توجد في خزانات أو بحار وبحيرات سفلية.

وسوف نميز بين ثلاثة أنواع من المياه من حيث البكتيريا السائدة بكل منها:

(٩,٣,١) أولاً: بكتيريا المياه العذبة

تعتبر البكتيريا الموجودة في الهواء المصدر الأول لبكتيريا مياه الأمطار، وتزيد هذه البكتيريا في العدد والنوع بعد تكوين الجداول والأنهار بما تضيفه من مواد عضوية نتيجة عمليات النحت والترسيب، والمياه العذبة غير الملوثة تحتوي على بعض أنواع من بكتيريا التربة المترممة أذكر منها:

Micrococcus, Flavobacterium, Acromobacterium, Bacillus, Proteus, Leptospira

وفي المياه الغنية بالكثير من المواد العضوية، توجد بعض أنواع جنس Clostridium وبعض الأنواع غير الهوائية. وكثرة المواد العضوية بالطمي يجعل الحاجة

أكثر إلى الأكسجين اللازم من جهة لتنفس البكتيريا، ومن جهة أخرى لأكسدة المواد العضوية وإلا سادت صور من الكائنات غير الهوائية. وعند ترسب الطمي والمواد العضوية تترسب معها البكتيريا إلى القاع وينشأ عن ذلك نشاط بكتيريا في القاع أكثر منه على السطح.

وإذا حدث تلوث للمياه العذبة بمياه المجاري يسود أنواع عديدة من البكتيريا، من أهمها Escherichia coli التي توجد بكثرة في القناة الهضمية للإنسان والحيوان ، وبعض أنواع جنس Streptococcus التي تعيش في الأمعاء، بالإضافة إلى ذلك يوجد العديد من أنواع بكتيريا التربة المترممة مثل:

Spirillum, Sarona, Micrococcus, Mycobacterium, Mycromonospra and Sphaerotillus. بينما يحتوى طين القاع على بعض أنواع البكتيريا اللاهوائية مثل Desulfovibrio. وتلوث المياه العذبة بمياه المجاري أو المخلفات الصناعية بما تحتويه من مواد مميتة لهذه الأنواع من البكتيريا - يسبب خللاً في التوازن البيئي الموجود بين أنواع البكتيريا المختلفة وتكون النتيجة تغير في طعم الماء ورائحته مما يجعله غير صالح للشرب بالإضافة إلى تلوثه.

(٩,٣,٢) ثانياً: بكتريا المياه الجوفية

المياه الجوفية ومياه الآبار العميقة غالبا ما تكون خالية من البكتيريا، حيث تعمل طبقات التربة المختلفة التي تمر بها كمرشحات بكتيرية، كما أن الأعماق السحيقة لا تناسب نمو معظم أنواع البكتيريا. أما مياه الينابيع الحارة فتسود بها أنواع من البكتيريا المحبة للحرارة Thermophilic وبعض أنواع بكتيريا الكبريت والحديد، و هذه المياه تكون في الغالب صالحة للشرب إلا إذا حدث لها تلوث من مصادر أخرى.

openkanal.com

(٩,٣,٣) ثالثا: بكتريا المياه المالحة

لا تنمو هذه الأنواع من البكتيريا إلا في درجات عالية من الملوحة تبدأ من ٥- ١٥ ٪. وتوجد هذه الأنواع في مياه البحار والمحيطات، ويختلف نوعها باختلاف درجة حرارة الماء، ودرجة صفاء الماء أو عكارته والعمق ... الخ. فالأنواع الموجودة في المياه الباردة محبة للبرودة Psychrophilic وفيسيولوجياً محبة للملوحة Halophilic والأنواع الموجودة في الطبقات السطحية غالبا ملونة Pigmanted تحميها هذه الأصباغ من التأثير المميت للإشعاع الشمسي، ومنها أنواع : Achromobacter, Flavobacterium أما في الطبقات العميقة وفي القاع، فتسود أنواع من البكتيريا اللاهوائية.

(٩,٣,٤) البكتيريا الممرضة في المياه Pathogenic bacteria in water

تمثل المياه وسطاً بيئياً مناسباً تنمو فيه أنواع مختلفة من البكتيرية غير الممرضة وكذلك البكتيريا الممرضة. وتنتقل بواسطة المياه العديد من الأمراض البكتيرية، ومن أهم هذه الأمراض تلك التي تصيب القناة المعوية للإنسان، مثل مرض التيفوئيد ويسببه بكتيريا Salmonella typhi، والباراتيفوئيد ويسببه أنواع مختلفة من بكتيريا Salmonella paratyphi ، والكوليرا ويسببه Vibrio comma ، وكذلك مرض الدوستناريا ويسببها بكتيريا Shigella dysentariae ، وتصل هذه البكتيريا إلى المياه عن طريق فضلات الإنسان.

كما ذكر سابقاً أن المياه لا تخلو من وجود البكتيريا بها. لذا لابد من تنقية المياه قبل استخدامها خصوصاً مياه الشرب. وتتلخص خطوات تنقية المياه Water purification لجعلها صالحة للشرب في ثلاث عمليات. العملية الأولى تسمى الترسيب

Sedimentation حيث تتم هذه العملية في الخزانات الكبيرة للمياه. ويساعد عليها إضافة كبريتات الألمونيوم التي تتحول إلى هيدروكسيد الأمونيوم وهو مركب جيلاتيني تعلق به الشوائب بالبكتيريا الموجودة بالماء. أما العملية الثانية فهي الترشيح Filtration ويتم ذلك في مرشحات متدرجة من الرمل. والعملية الثالثة تعرف بالتطهير Disinfection وهي إضافة الكلور بتركيز معين يتراوح بين ٠,٢ – ١ مجم كلور لكل لتر ماء، ويترك الماء مدة من الزمن حتى يعتبر صالحاً للشرب بعد خلوه من البكتيريا. ويمكن فحص الماء للتأكد من خلوه من هذه الكائنات الحية الدقيقة الممرضة وغيرها بعدة طرق، Atlas (١٩٨٦) منها:

(٩,٣,٥) عد البكتيريا على الأطباق Plate counts of Bacteria

تعتبر طريقة عد البكتيريا على الأطباق خطوة مبدئية للتأكد من خلو مياه الشرب بعد تنقيتها من البكتيريا ، وفي هذه الطريقة تؤخذ عينة من المياه المراد تحليلها وتحقن في أطباق معقمة تسمى أطباق بتري، تحتوى هذه الأطباق على وسط غذائي مناسب لنمو البكتيريا وتحفظ الأطباق في حاضنة عند درجة حرارة ٣٥ درجة مئوية لمدة ٢٤ ساعة ، ثم تستخرج الأطباق وتعد المستعمرات البكتيرية فيها، ويحسب عددها في المليلتر الواحد من المياه، وتستخدم هذه الطريقة لمعرفة مدى كفاءة الخطوات المتبعة في تنقية المياه.

(٩,٣,٦) الكشف عن وجود بكتيريا القولون

Tests for the presence of coli-form bacteria

يتم الكشف عن وجود بكتيريا القولون في الماء بإجراء عدة اختيارات متتابعة تعتمد على دراسة الخصائص الفسيولوجية ومنها قدرة هذا النوع من البكتيريا على

إنتاج عاز في الوسط الذي تعيش فيه. إضافة إلى ذلك هناك المواصفات الظاهرية في الشكل الخارجي أو ما يعرف بالخصائص المورفولوجية لبكتيريا القولون.

(٩,٣,٧) استخدام الأغشية المرشحة Membrane filter technique

تتلخص هذه الطريقة في إمرار حجم معين من الماء المراد تحليله على قرص معقم من المرشح البكتيري، حيث يقوم باحتجاز الخلايا البكتيرية الموجودة بالعينة على سطحه، ثم ينقل المرشح إلى منبت بعد إضافة وسط غذائي مناسب ثم يحفظ عند درجة حرارة ٣٥ درجة مئوية حيث تنمو البكتريا إن وجدت، ومن مميزات هذه الطريقة استخدام أي حجم من الماء وسهولة نقل المرشح البكتيري من وسط غذائي إلى آخر.

(٩,٤) بكتيريولوجيا الـــهـــــواء Bacteriology of air

على الرغم من أن الهواء بيئة غير مناسبة لنمو وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة إلا أنه محمل بأنواع متباينة من الكائنات الدقيقة ، وتوجد البكتيريا في الهواء محمولة على جزيئات التراب dust، وبالإضافة إلى البكتيريا يوجد في الهواء الفطريات والخمائر ويوجد أيضا حبوب اللقاح ، ومعظم أنواع البكتيريا الموجودة بالهواء من الأنواع المترمة التي تلعب دوراً مهماً في صناعات حفظ الأغذية والألبان أما الأنواع الأخرى فتسبب تلوث للهواء.

وتنتمي معظم أنواع البكتيريا الموجودة بالهواء إلى البكتريا العصوية المكونة للجراثيم Spore-forming bacillus، مثل مجموعة B. subtiles، ونظراً لقدرة هذه البكتيريا على التجرثم فإنها تستطيع مقاومة الجفاف والظروف البيئية الأخرى، كما توجد أنواع عديدة من جنس Saroine وجنس Micrococcus وهذه بكتريا كروية مترمة

وملونة. ويطلق على الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بالهواء اسم Air-borne microorganisms، وتنتقل محمولة على جزيئات التراب أو قطرات المياه. وتتوقف كفاءة هذه الجزيئات بما تحمله من كائنات على الظروف الجوية من رطوبة وحرارة وحجم الجزيء الحامل نفسه، وكذلك طبيعة الكائن المحمول وقدرته على مقاومة الظروف البيئية المحيطة.

ويتوقف عدد الكائنات الدقيقة في الهواء على مصدر التربة فإذا كانت من أرض زراعية خصبه زادت الأعداد والأنواع، وعلى العكس إذا كانت من أرض رملية. كما يسبب العطس والكحة زيادة أعداد الكائنات الحية الدقيقة في وسط الهواء المحيط، والهواء فوق المحيطات يحتوي على أعداد ميكروبات أقل من الهواء فوق اليابسة، وفي دراسة للهواء فوق المحيط الأطلنطي على ارتفاع تسعة آلاف قدم وجدت أنواع مختلفة من البكتيريا (Ghosh, ١٩٩٠).

والتحليل البكتيريولوجي لكتلة من الهواء يبين مصدرها فالهواء الاستوائي يحتوى على نسبة عالية من البكتريا العصوية سالبة جرام والبكتيريا العصوية متعددة الأشكال موجبة جرام، ونسبة أقل من البكتريا الكروية مكونة الجراثيم، والحال عكس ذلك تماماً بالنسبة للهواء المداري، حيث يحتوى الهواء في فصل الصيف الجاف على أعداد من البكتريا أكثر منها في فصل الشتاء، وعند تحليل الهواء على ارتفاعات مختلفة فوق سطح الأرض وجدت بعض الأنواع من الكائنات الدقيقة على ارتفاع يصل إلى ٢٠٠٠٠ قدم.

(٩,٤,١) التقنيات المستخدمة في التحليل الميكروبي للهواء

تنم دراسة كمية الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بالهواء. إما بإمرار الهواء على وسط غذائي مناسب أو إمراره في ماء معقم ثم حقن كمية مناسبة من هذا الماء في سوط

غذائي مناسب للنمو، (Forbes *et. al.*, ١٩٩٨) ومن الطرق المستخدمة في هذا الصدد ما يأتي:

(٩,٤,٢) طريقة الأطباق المكشوفة Exposed plate technique

في هذه الطريقة تستخدم أطباق بتري تحتوى على وسط غذائي مناسب ، يرفع غطاء الطبق ويمرر فوقه الهواء المطلوب تحليله لعدة دقائق ثم يحفظ عند درجة حرارة مناسبة وتفحص المستعمرات الميكروبية النامية بعد ذلك، وهذه الطريقة وصفية فقط أي يمكن عن طريقها معرفة أنواع الميكروبات بالهواء وليست طريقة كمية أي لا يتم في هذه الطريقة حساب أعداد الميكروبات من حجم معين من الهواء.

(٩,٤,٣) جهاز القمع The Funnel device

تتلخص هذه الطريقة في سحب الهواء من خلال ساق قمع زجاجي عن طريق مضخة تفريغ مثبتة أعلى وحدة ا لسحب، حيث يقابل الهواء الداخل طبق بتري عند فوهة القمع يكون فيه منبت غذائي مناسب. ويمكن حساب حجم الهواء المسحوب عن طريق جهاز مانوميتر Flow meter.

(٩,٤,٤) جهاز القرص المثقوب The sieve swipler

هذا القرص عبارة عن علبة من المعدن سطحها العلوي مثقب يدخل منه تيار من الهواء المراد تحليله ميكروبياً ويمر على طبق بتري به وسط غذائي مناسب ، ثم يخرج الهواء من الجهة الأخرى ، ويمكن أيضا قياس حجم الهواء بنفس الطريقة المستخدمة في جهاز القمع.

(٩,٤,٥) طريقة المرشحات البكترية Bacterial membrane filters

وفي هذه الطريقة يمر الهواء المراد تحليله على غشاء من نوع خاص يسمح بمرور الهواء وتحتجز الكائنات الحية الدقيقة الموجودة به، ثم يوضع الغشاء فوق قرص من الورق مشبع بوسط غذائي مناسب، ثم يحضن عند درجة حرارة مناسبة ويتم بعد ذلك فحصه مجهرياً لمعرفة ما يحويه من كائنات حية دقيقة احتجزها لأن حجمها أكبر من فتحات الفلتر.

(٩,٤,٦) جهاز فحص الهواء Aeroscope

يتم في جهاز فحص الهواء إمرار الهواء في سائل من وسط غذائي مناسب أو ماء معقم، بحيث يخرج من الجهة الأخرى تاركاً ما به من كائنات دقيقة في السائل الذي يؤخذ بدوره ويحضن أو يحقن في حيوانات التجارب طبقا لنوع الفحص المطلوب. في هذا المجال ينبغي أن نفرق بين نوعين من الهواء، هما: الهواء داخل البيوت Indoor air والهواء خارج البيوت Outdoor air. وكلاهما يحتوى على العديد من الكائنات الحية الدقيقة وتختلف في كمياتها وأنواعها. ويتأثر المحتوى الميكروبي للهواء داخل البيت على درجة التهوية وعدد الأشخاص .وحالتهم الصحية...الخ . أما الهواء خارج البيت فيكون متنوعاً ويختلف من مكان إلى آخر على اليابسة أو فوق الماء.

ويمكن أن تتم تنقية الهواء في المنازل أو المستشفيات أو معامل البحوث بعدة طرق منها، ما يأتي:

(٩,٤,٦,١) الأشعة فوق البنفسجية

للأشعة فوق البنفسجية أثر كبير على البكتريا، ويجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة عند استخدامها. فينبغي مراعاة حجم المكان وقوة الأشعة وطولها وزمن التعريض وحركة الهواء في المكان ...الخ.

(٩,٤,٦,٢) استخدام الكيماويات

من أهمها الهيبوكلورات Hypochlorites والجليكولات Glycols. وتستخدم هذه الكيماويات في صورة أبخره ترش في الهواء وتؤثر على الكائنات الحية الدقيقة الموجودة به، وتعرف باسم الإيروسولات Aerosols وينبغي أن يتوفر في هذه المركبات عدة شروط لتكون صالحة للاستعمال من أهمها أن يكون أثرها مميتاً للبكتيريا ولا تؤثر في الإنسان. وأن تكون سهلة الانتشار في صورة إيروسول، وتؤثر في البكتريا في درجات الحرارة العادية والرطوبة، وفي الوقت نفسه لا تسبب تلوثاً أو إفساداً أو إتلافاً لأي من متعلقات الإنسان.

(٩,٤,٦,٣) ترشيح الهواء

يتم ترشيح الهواء باستخدام مرشحات من أغشية سليلوزية كالقطن أو ألياف زجاجية، وعند مرور الهواء عليها فإنها تحتجز ما به من أتربه وكائنات حية دقيقة عالقة، وينبغي أن يمر الهواء بمعدل معقول، وحتى لا يتلف المرشح بسرعة ينبغي أن يتكون من طبقة خارجية من ألياف زجاجية تتبعها طبقة داخلية من ألياف القطن.

(٩,٥) بكتيريولوجيا الغذاء Food Bacteriology

توجد أسباب عديدة تؤدي إلى فساد الأغذية Food spoilage وتحللها وإتلافها، فيتغير طعمها وتركيبها الكيميائي. وتشير الأبحاث والدراسات العلمية إلى أن من أهمها الأسباب الطبيعية والأسباب الميكانيكية والأسباب الكيميائية بالإضافة إلى الأسباب البيولوجية، ولا تقل أهمية أحد هذه الأسباب عن الأخرى وفيما يأتي شرح مفصل لهذه الأنواع:

obeikandl.com

(٩,٥,١) الفساد الفيزيائي Physical spoilage

يقصد بالفساد الطبيعي فساد الغذاء نتيجة تعرضه للإشعاعات المرئية من الضوء والأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء. حيث يؤثر الضوء المرئي على لون الغذاء ورائحته، وعلى الرغم من أن الأشعة فوق البنفسجية تقضي على الكائنات الحية الدقيقة بالغذاء إلا أنها تسبب فساده أحيانا، فالدهون تتأكسد وتتزنخ Rancid، ويتغير لون الطعام، ويقل محتوى الألبان من الريبوفلافين، أما الأشعة تحت الحمراء فترفع درجة حرارة الغذاء وينتج عنها فقد للماء والمواد الطيارة كما تؤثر في البروتينات الموجودة في الغذاء (Jay, ١٩٨٧).

(٩,٥,٢) الفساد الميكانيكي Mechanical spoilage

يحدث الفساد الميكانيكي للغذاء أثناء عملية الحصاد والنقل والتسويق في حالة الفواكه والخضروات. حيث تتحطم أو تهشم بعض الخضار والفواكه جراء نقلها بالمعدات والأدوات أو تحميلها أو تنزيلها على أيدي العمال. كما يعد الفساد بالتجميد عند حفظ الفواكه والخضروات من الأسباب السائدة، فقد لوحظ أنه إذا تمت عملية التجميد ببطء تتكون بلورات كبيرة من الثلج ينشأ عنها تكسر في جدر الخلايا وخروج محتوياتها وتصبح عرضة للتلوث وللفساد.

(٩,٥,٣) الفساد الكيميائي Chemical spoilage

يؤدي الفساد الكيميائي إلى تغير واضح في تركيب الغذاء وخصائصه الكيميائية وتغير في الطعم. حيث يرجع الفساد الكيميائي في الأغذية إلى استمرار نشاط الأنزيمات. وفي حالة الفواكه والخضروات كثيراً ما يحدث الفساد الكيميائي بعد عملية التسويق، حيث يؤدي نشاط الأنزيمات المؤكسدة إلى تكسير بعض الفيتامينات. وفي حالة اللحوم

يؤدي نشاط الأنزيمات المحللة للبروتين إلى فساد اللحم أما الأنزيمات المحللة للدهون فتودي إلى تكوين الأحماض الدهنية التي تتأكسد بدورها وتسبب التزنخ Rancidity.

(٩,٥,٤) الفساد البيولوجي Biological spoilage

ينتج الفساد البيولوجي للغذاء عن نشاط الكائنات الحية الدقيقة التي يتعرض لها وتنمو عليه كوسط غذائي، وتشمل هذه الكائنات الحية الدقيقة البكتيريا والخمائر والفطريات. وقد تكون هذه الكائنات الحية ممرضة أو غير ممرضه، هوائية أو غير هوائية، متجرثمة أو غير متجرثمة، محبة للحرارة أو للبرودة أو وسطيه. كل هذا يستوجب استخدام طرق خاصة ومتنوعة في حفظ الأغذية من الفساد البيولوجي.

وتختلف الظروف البيئية المناسبة لنمو البكتيريا عن الظروف المناسبة لنمو الخمائر والفطريات، ففي الوقت الذي تحتاج فيه البكتيريا إلى رطوبة عالية ووسط يميل إلى التعادل في درجة الحموضة وضغط أسموزي منخفض، تستطيع الخمائر والفطريات أن تعيش في رطوبة أقل وضغوط أسموزية مرتفعة، وكثير من الفطريات تستطيع أن تعيش في أوساط عالية الحموضة وبيئات جافة إلى حد كبير.

وتنتمي بكتيريا الغذاء إلى رتبتين رئيستين هما: رتبة Pseudomonadales ورتبة Eubacteriales. ومن البكتيريا الراقية بعضها ينتمي إلى رتبة Actinomycetales ورتبة Chlamydobacteriales.

(٩,٥,٥) طرق حفظ الغذاء

هناك طرق عديدة لحفظ الغذاء تعتمد على حسب نوع الغذاء والإمكانات المتاحة لحفظه. رغم أنه لا يمكن حفظ الغذاء من التأثير الميكروبي ولكن يمكن تقليل تأثيرها الضار بطرق الحفظ المعروفة. وعرف الإنسان منذ القدم وفي الحضارة الصينية

والهندية وقدماء المصريين وسائل وطرق بدائية لحفظ الأطعمة من الفساد وبقائها صالحة للأكل مدة أطول. حيث تعلم الإنسان قبل الميلاد عملية تجفيف اللحوم وبعض الفواكه والحبوب كوسائل سائدة لحفظ الغذاء. أما أبرز الطرق المستعملة في حفظ الغذاء فهي ما يأتي :

(٩,٥,٥,١) أولاً: الحـــرارة

تسبب الحرارة تعقيم جزئي أو كامل، وينبغي مراعاة عدم ارتفاع درجة الحرارة عن حد معين حتى لا يفقد الغذاء قيمته الغذائية، ويمكن تلخيص الخطوات التي تتبع في التعقيم بالحرارة فيما يأتي :

عملية التنظيف

ويتم ذلك باستخدام أما تيار قوي من الماء أو رذاذ من ماء مضغوط، ويتم في هذه الخطوة التخلص من البكتيريا العالقة.

عملية الغمر

حيث يتم غمر المنتج (فواكه وخضروات) في ماء دافئ، ويتم في هذه العملية التخلص من أكبر نسبة من البكتيريا العالقة في الغذاء، كما تحقق هذه الخطوة تثبيط لأنزيمات التنفس والتخلص من الغازات الناتجة من عملية التنفس.

تفريغ الهواء

ويتم ذلك بغمر المنتج داخل علب الحفظ في ماء ساخن لطرد الهواء، أو باستخدام مضخات تفريغ الهواء Vacuum pump.

قفل العبوات

تأتي عملية قفل العبوات بعد تفريغ الهواء ثم معاملة المنتج بعد تعبئته بالحرارة باستخدام جهاز التعقيم الأوتوكلاف Autoclave تحت ضغط جوي ١.٥ لمدة ربع ساعة حيث تكون درجة الحرارة حوالي ١٢٠ درجة مئوية.

التبريد

العملية الأخيرة في طريقة التعقيم بالحرارة هي عملية التبريد، وتتم بتعريض الغذاء للبرودة بسرعة، وتكون إما باستخدام الهواء البارد أو بالماء البارد.

(٩,٥,٥,٢) ثانياً: البرودة

تعد البرودة من أهم العوامل والطرق الرئيسة في حفظ الغذاء وبقاء الأطعمة صالحة للأكل لفترات طويلة دون أن تفسد. يستخدم في حفظ الغذاء بالبرودة أحدى وسيلتين، هما التبريد لدرجة أقل من درجة التجميد Chilling والتبريد لدرجة التجميد Freezing.

وفي الحالة الأولى يتم ذلك باستخدام الثلاجات العادية التي تتراوح درجة الحرارة فيها من ١-٣م° حيث تثبط البرودة نمو البكتيريا إلى حد معين، أما في الحالة الثانية فتكون درجة الحرارة (-١٨م°) ويجب الأخذ في الاعتبار أن بعض أنواع البكتيريا قد يصعب التخلص منها حتى عند درجات الحرارة المنخفضة جداً. فهناك بعض أنواع بكتيريا القولون Coli-form bacteria مثل البكتيريا *Escherichia coli* التي وجد أنها تبقى حية في درجة حرارة (-٢٣م°) لمدة تصل إلى مائة وخمسون يوما.

(٩,٥,٥,٣) ثالثاً: التجفيف

عملية التجفيف من الطرق القديمة في حفظ الغذاء التي عرفها الإنسان قديماً وحديثاً على مر التاريخ، والكثير من المواد الغذائية تحفظ في حالة جافة مثل الفواكه والخضروات والبيض واللبن والسمك ... ألخ. وينبغي التأكد من خلو الأغذية المجففة من بعض أنواع البكتيريا المسببة لتسمم الغذاء مثل *Clostridium botulinum* كما ينبغي أيضاً التأكد من خلوها من بعض أنواع البكتيريا الممرضة التي هناك خطورة على الإنسان من تناولها عن طريق الفم مثل بكتيريا *Salmonella* وبكتيريا *Shigella*.

وللقضاء على عدد أكبر من البكتيريا الممرضة في الأغذية المجففة ينبغي أن تكون درجة الحرارة في حدود ٥٠ درجة مئوية لمدة لا تتجاوز أربع ساعات وحتى يصل محتوى الماء في المادة الغذائية إلى أقل من ١٥٪.

(٩,٥,٥,٤) رابعاً: المواد الحافظة

يقصد بالمواد الحافظة تلك المواد التي تضاف على الغذاء لتثبيط نمو الكائنات الحية الدقيقة غير المرغوب فيها من البكتيريا والفطريات والخمائر. وتنقسم إلى عدة أنواع طبقاً لأثرها وتركيبها وتخصصها والصورة التي تستخدم عليها، فقد تكون في صورة أبخره أو سائل أو مواد صلبة، ويمكن تقسيم المواد الكيماوية التي تستخدم في هذا الغرض إلى ما يأتي:

مواد حافظة عضوية Organic materials

من أهمها بعض الأحماض العضوية وأملاحها مثل حَمض الخليك واللاكتيك والبروبيونيك والستريك ودخان الخشب Wood smoke والسكر والتوابل

والكحول الإثيلي. وقد يوجد بعضها في الغذاء مثل حَمض الأكساليك والبنزويك وقد تضاف بكميات معينة وقد تضاف الألدهيدات والكيتونات.

ويستخدم دخان الخشب في حفظ اللحوم والأسماك وتصل درجة حرارة الدخان إلى ٤٣-٧١م°. ويحتوى دخان الخشب على العديد من المواد الطيارة Volatiles materials ومن أهمها الألدهيدات والكيتونات والفينولات والكحولات ويطلق عليهاPyroligenous acids ولهذه المركبات تأثير مثبط ومميت على نمو البكتيريا.

مواد حافظة غير عضوية Inorganic materials

هناك العديد من المواد الحافظة غير العضوية شائعة الاستخدام في تقنية حفظ وتخزين المواد الغذائية. من أهمها كلوريد الصوديوم، وهيبوكلوريد الصوديوم، والنترات والنيتريتات، وأملاح الكبريت وحَمض البوريك وأملاحه وبعض الهالوجينات، ومن الغازات التي تستخدم في هذا المجال ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين والأوزون. ويعتبر كلوريد الصوديوم من أهم مواد الحفظ ويمكن تلخيص الدور الذي يقوم به في الآتي :

١- يرفع الضغط الأسموزي فيسبب بلزمة لخلايا الكائنات الحية الدقيقة.

٢-ينزح الماء من الغذاء ومن خلايا الكائنات الحية الدقيقة الموجودة.

٣-يتأين لبعض أيونات الكلور (Cl) الضارة للبكتيريا.

٤-يقلل من ذائبية الأكسجين ويزيد من حساسية الخلايا البكتيرية تجاه ثاني أكسيد الكربون.

٥-يقلل من نشاط الأنزيمات المحللة للبروتين.

أما أملاح الهيبوكلوريت فأنها تستعمل في تنقية الماء المستخدم في صناعة المشروبات وغسيل الفواكه والخضروات وفي عمل الثلج المستخدم في حفظ الأسماك أثناء نقلها. وتستخدم أملاح النترات والنيتريتات في حفظ اللحوم والأسماك وتقضي على البكتيريا اللا هوائية Anaerobic bacteria.

(٩,٥,٦) البكتيريا التي تسبب سمية الطعام Food-Poisoning Bacteria

يرجع فساد اللحوم البيولوجي إلى إصابتها في بادئ الأمر ببعض أنواع البكتيريا الهوائية مما يخلق بعد ذلك وسطاً ملائماً لنمو البكتيريا غير الهوائية ، وتتحلل البروتينات وتنتج روائح غير مقبولة ومن أبرز الكائنات الدقيقة التي تسبب فساد اللحوم البكتيريا العصوية وبعض أنواع الفطريات والخمائر.

أجريت دراسات عديدة على الأسماك وأثبتت أن لحوم الأسماك الطازجة خالية من البكتيريا وتتركز البكتيريا أساساً في المخاط الموجود على السطح الخارجي وفي القناة الهضمية.

ومعظم أنواع البكتيريا الموجودة في أسماك البحار Marine bacteria محبة للبرودة وتنمو في درجات حرارة تصل إلى – ٨ م° ، ولحفظ هذه الأسماك ينبغي أن تحفظ عند درجة – ١٥م° . وفي الأسماك المملحة يسود جنس Halobacterium بأنواعه وهو محب للملوحة وينمو في تركيزات ١٢٪ ملوحة على الأقل ، وهي بكتيريا عصوية سالبة جرام ، متحركة أو غير متحركة ملونة غالبا تنتج أصباغ الكاروتينات.

أثبتت البحوث والدراسات أن نسبة البيض الملوث بالبكتيريا تتراوح من ٥– ١٢٪ بعد ساعات قليلة من وضعه. ويرجع ذلك إلى سحب الهواء داخل قشرة البيض بعد وضعها من خلال الثقوب الموجودة بالقشرة (يصل عدد هذه الثقوب ٦– ٨ آلاف ثقب في البيضة الواحدة).

لذا يجب غسل البيض قبل عملية التسويق ويتكون محلول الغسيل من ماء، وحَمض كبريتيك مخفف، وهيدروكسيد الصوديوم، وهيبوكلوريت صوديوم (١٠:١)، وفورمالين، وكحول (٧٠٪)، ومنظف صناعي. كما يمكن غسل البيض قبل عملية التسويق في محلول سيليكات الصوديوم أو هيدروكسيد الكالسيوم أو زيت بارافين.

يحفظ البيض بإحدى طريقتين، إما بالتبريد Cold storage في درجة حرارة ١٨م° ويتم نزع القشرة وفصل البياض عن الصفار وتخزينه في أواني معدنية لمدة طويلة. أو بالطريقة الثانية التي تعرف بالتجفيف Drying و فيها يتم نزع القشرة وتجفيف البيضة كاملة دون فصل البياض عن الصفار.

ومن أنواع البكتيريا الهامة التي وجدت في البيض بعض أنواع بكتيريا Salmonella مثل *S. gallinarum S. thompson S. typhimurium* وتحدث إصابة البيض بهذه الأنواع البكتيرية عن طريق مبايض الدجاج أو عن طريق القشرة بعد الوضع.

يقصد بالبكتيريا المسببة لسمية الطعام هي التي تلوث الغذاء وتفرز بعض المواد الذائبة فيه والتي تعرف باسم السموم وتنتمي هذه البكتيريا إلى ثلاثة أجناس هامة هي جنس استافيلوكوكس Staphylococcus وجنس السالمونيلا Salmonella وجنس الكوليستريديوم Clostridium.

وهذه السموم أما خارجية Exotoxin أو داخلية Endotoxin ويسبب إفراز هذه السموم في القناة الهضمية للإنسان عدة أعراض منها القيء والإسهال وارتفاع درجة الحرارة. وقد يصل الأمر في حالة الإصابة بجنس الكوليستريديوم Clostridium إلى الشلل، وتلوث الطعام بهذه الجراثيم نادرة، إذ أنها توجد في التربة أساسا وتنتقل إلى الإنسان خلال الغذاء، وتموت بالحرارة عند الطهي الجيد، أما إذا قاومت الجراثيم

الحرارة في حالة الطهي غير الجيد فتنبت وتكون خلايا خضرية تفرز سمومها في الغذاء، ومما هو جدير بالذكر أيضا أن هذه السموم تتكسر بالحرارة فالتسخين الجيد للطعام يقضي على هذه السموم ومن أخطر أنواع هذا الجنس هو *Clostridium botulinum*.

(٩,٦) بكتريولوجيا الحليب ومشتقاته

Bacteriology of Milk and Milk products

يحتوي اللبن على الدهون والبروتينات والكربوهيدرات والأملاح غير العضوية والفيتامينات، ويرجع لون اللبن المميز إلى وجود صبغ الكاروتين Carotene بالإضافة إلى صبغ أخر يعرف باسم كربتوزانثين Cryptoxathine.

ويبلغ الرقم الهيدروجيني للبن الطازج حوالي ٦,٧ وتقوم بكتيريا حَمض اللاكتيك Lactic acid Bacteria الموجودة في اللبن بالمحافظة على هذا الرقم الهيدروجيني بإفراز حَمض اللاكتيك الذي يعتبر مادة حافظة تمنع نمو البكتيريا الأخرى والفطريات والخمائر، أما في اللبن المتخمر فإنه يسمح بنمو الخمائر والفطريات وأنواع أخرى عديدة من البكتيريا تسبب تحلل مكونات اللبن وتؤدي إلى فساده.

(٩,٦,١) بكتيريا حَمض اللاكتيك في اللبن

تنتمي بكتيريا حَمض اللاكتيك Lactic acid Bacteria الموجودة في اللبن إلى جنسين هامين هما جنس ستريبتوكوكس Streptococcus وجنس لاكتوبسلس Lactobacillus. ومن أهم أنواع جنس ستريبتوكوكس Streptococcus هو النوع *S. lactis* وهي بكتيريا بيضاوية الشكل توجد في سلاسل سبحية قصيرة، موجبة لصبغة جرام، وهذا النوع من البكتيريا قادر على تخمير عديد من الكربوهيدرات وانتاج حَمض اللاكتيك، فهذه البكتيريا هي المسئولة عن تخمر اللبن، وتشير الأبحاث إلى أن بكتيريا

ستريبتوكوكس لاكتس *S. lactis* لا تنمو في البيئات الغذائية التي تتجاوز درجات الحرارة فيها ٤٥ درجة مئوية (Ward, ١٩٨٩).

أما جنس لاكتوبسلس Lactobacillus فهي بكتيريا عصوية مستطيلة، موجبة لصبغة جرام لديها القدرة على تخمير العديد من الكربوهيدرات وتحويلها إلى حَمض اللاكتيك ، وتنمو بعض أنواع هذه البكتيريا عند درجات حرارة قد تصل من ٥٠-٦٥ درجة مئوية ، ونموها في الغالب يكون هوائي، ومن أهم أنواع جنس لاكتوبسلس التي توجد في الألبان ومنتجاتها النوع *L. helveticus* وكذلك النوع *L. bulgaricus* والنوع *L. casei* والنوع *L. acidophilus*.

(٩,٦,٢) درجات الحليب Grades of Milk

يحدد عدد البكتيريا الموجودة في مل واحد من الحليب درجة نقاوته أو ما يعبر عنها تجارياً مدة الصلاحية للاستخدام من عدمه، وعموما يختلف الحد المسموح به لتواجد البكتيريا في الحليب من بلد إلى آخر، فأنقى أنواع الحليب المتفق عليه Certified milk ينبغي أن لا يزيد عدد البكتيريا في المليلتر الواحد من الحليب عن ١٠,٠٠٠ خلية بكتيرية، وتتدرج أنواع الحليب بعد ذلك فهناك درجات A, B & C.

هناك تأثير واضح لدرجة الحرارة على الحليب، فالحليب الطازج يحتوي على مواد لها تأثير مميت للبكتيريا وتنكسر هذه المواد عند تسخين الحليب لدرجة حرارة ٥٣م° لمدة ٣٠ دقيقة. لذا تختلف أنواع البكتيريا الموجودة بالحليب باختلاف درجة الحرارة التي يحفظ عندها. كما توجد البكتيريا المحبة للبرودة في الحليب، حيث تنمو هذه البكتيريا في درجات حرارة تصل إلى أقل من ١٦م° ، والبعض منها ينمو في درجة حرارة الثلاجة (٥م°) مسبباً فساد الألبان وتزنخها. ويبين الجدول الآتي بعض الأنواع البكتيرية التي تنمو في الحليب ودرجات الحرارة المناسبة لنمو كل منها:

النوع البكتيري	مدى درجات الحرارة
Pseudomonas spp.	٠ — ٥ م°
Proteus spp., Micrococcus spp., Alcaligenes spp.	٥ — ١٠ م°
Streptococcus spp.	١٠ — ١٥ م°
Streptococcus lactis	١٥ — ٣٠ م°
Aerobacter aerogenes, Escherichia coli	٣٠ — ٤٠ م°
Lactobacillus spp.	٤٠ — ٥٠ م°

(٩,٦,٣) بسترة الحليب

المقصود ببسترة الحليب هو تسخينه لدرجة ٦٢م° لمدة ٣٠ دقيقة أو تسخينه لدرجه ٧٢م° لمدة ١٥ ثانية، ويتم في هذه الحالة القضاء على البكتيريا الممرضة للإنسان، وبالذات البكتيريا المسببة لمرض السل *Mycobacterium tuberculosis* فقد وجد أن تسخين الحليب لدرجة ٦٠ درجة مئوية لمدة عشر دقائق يقضي تماماً على هذه البكتيريا. وتجارياً تتم بسترة الحليب بإحدى طريقتين هما:

١- استخدام درجة حرارة منخفضة نوعاً ماً لمدة طويلة، وفيها يتم تسخين الحليب بإحاطته بالماء الساخن عند درجة حرارة ٦٢ درجة مئوية لمدة ٣٠ دقيقة.

٢- استخدام درجة حرارة مرتفعة نوعا ما لمدة قصيرة، وفيها يتم تسخين الحليب إلى درجة حرارة ٧٢م° لمدة ١٥ ثانية.

وللتأكد من كفاءة عملية بسترة الحليب يجب الكشف عن أنزيم الفوسفاتيز Phosphatase test الذي يوجد بكثرة في الحليب الطازج ويتكسر بالحرارة أثناء عملية البسترة. ويتم ذلك بإضافة محلول Disodium phenyl phosphate إلى الحليب المبستر. فإذا وجد أنزيم الفوسفاتيز يتحرر الفينول الذي يتم الكشف عنه بإضافة chloride

Dibromoquinone ليتكون Indophenol blue بلونه الأزرق، ويتم مقارنة اللون بمحاليل قياسية دائمة.

تم التعرف من خلال الدراسات والأبحاث (Baltz and Hegemann, ١٩٩٣) على العديد من أنواع البكتيريا الممرضة للإنسان والحيوان المتواجدة في الألبان ومنتجاتها.

فمن أهم الأنواع البكتيريا الممرضة التي تنمو في الألبان ومشتقاتها وتسبب أمراضاً للحيوان تلك التي تسبب مرض السل للأبقار *Mycobacterium bovis* والبكتيريا *Brucella abortus* التي تسبب الإجهاض أو سقوط الحمل abortion المتكرر في الأبقار.

أما البكتيريا الممرضة للإنسان وتعيش في الألبان ومشتقاتها فمنها البكتيريا *Mycobacterium tuberculosis* التي تسبب مرض السل وبكتيريا *Salmonella typhi* التي تسبب مرض حمى التيفوئيد وبكتيريا الباراتيفويد *Salmonella paratyphi*. إضافة إلى بكتيريا *Streptococcus pyogenes* التي تسبب التهاب الحلق وكذلك بكتيريا مرض الدوسنتاريا *Shigella dysenteriae*.

كما أنه قد يوجد في الحليب بكتيريا غير مرغوب فيها، وتنتمي البكتيريا غير المرغوب فيها في الحليب إلى عدة مجموعات من أهمها ما يأتي :

١- بكتيريا القولون Coli-form bacteria : مثل بكتيريا *Escherichia coli* وبكتيريا *Aerobacter aerogenes*. وتصل هذه الأنواع من البكتيريا إلى الحليب عن طريق تلوثه بالروث وتموت هذه البكتيريا بالبسترة.

٢- بكتيريا لزوجة الحليب Ropy milk bacteria: تسبب هذه الأنواع من البكتيريا فساد الحليب نتيجة مهاجمتها للبروتين الموجود بها ومن أهم هذه الأنواع

Alcaligenes viscolactis ودرجة الحرارة المثلى لنموها ٢٥م° والجدير بالذكر أن هذه الأنواع البكتيرية تموت بالبسترة.

٣- بكتيريا تخمر الحليب Fermented milk bacteria : تنتمي البكتيريا المسئولة عن تخمر الحليب إلى جنس الكوليستريديم Clostridium ومن أهم أنواع هذا الجنس بكتيريا *Clostridium perfringens*. وتسبب تخمر الكربوهيدات الموجودة في الحليب وتحولها إلى أحماض ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون.

٤- بكتيريا تلون الحليب Colored milk bacteria : تقوم بعض أنواع من البكتيريا الهوائية بإفراز أصباغ معينة في الحليب، فتتحول الطبقة السطحية من الحليب الذي نمت عليه هذه الأنواع من البكتيريا إلى اللون الأزرق أو الأصفر. ومن أهم هذه الأنواع بكتيريا السيدومونس *Pseudomonas syncyanea* وبكتيريا *Pseudomonas synxanthea*أما بكتيريا Serratia فتفرز أصباغ حمراء في الحليب.

(٩,٧) بكتيريولوجيا الصرف الصحي Sewage Bacteriology

مياه الصرف الصحي عبارة عن مياه التصريف الناتجة من الاستهلاك الآدمي للماء بما فيها فضلات الإنسان، وهي عبارة عن محلول مخفف من مواد عضوية وغير عضوية ذائبة أو معلقة في الماء ، ويكون الماء حوالي ٩٩,٩٪ من المجاري بينما توجد المواد العضوية المعلقة بنسبة ٠,٢- ٠,٣ ٪. وتنقسم المواد العضوية إلى مواد عضوية نيتروجينية، وأخرى غير نيتروجينية، وينتمي إلى المجموعة الأولى مركبات اليوريا والبروتينات والأمينات والأحماض الأمينية، بينما ينتمي إلى المجموعة الثانية الكربوهيدات والدهون ومشتقاتها.

تلعب الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في مياه الصرف الصحي دوراً مهماً في أكسدة المواد العضوية الموجودة بها، وتعرف كمية الأكسجين المستهلكة في عملية

الأكسدة هذه بالحاجة البيوكيمائية للأكسجين Biochemical Oxygen Demand (BOD) ويمكن تعيين ذلك في المعمل بأخذ عينة من المجاري وتخفيفها بكمية من الماء سبق تعيين كمية الأكسجين الذائب فيه ووضعها في زجاجة عند درجة ٢٠ درجة مئوية لمدة خمسة أيام. ثم يتم تعيين كمية الأكسجين التي تبقت بالعينة وبذلك يمكن حساب كمية الأكسجين المستهلكة ، وكلما زادت هذه الكمية من الأكسجين، دلت على زيادة احتواء مياه المجاري على كمية كبيرة من المواد العضوية.

ونظراً للاختلاف المستمر في تركيز مياه الصرف الصحي من يوم لآخر ومن مكان لآخر، فإنها تحتوى على أنواع عديدة من الكائنات الحية الدقيقة من فطريات وطحالب وحيوانات أولية وبكتيريا وفيروسات ويحتوى المليلتر الواحد من المجاري على ملايين البكتيريا ومنها بكتيريا القولون والبكتيريا السبحية والبكتيريا العصوية غير الهوائية المتجرثمة وكل أنواع البكتيريا الموجودة بأمعاء الإنسان، بالإضافة إلى ذلك يوجد العديد من البكتيريا المسببة للأمراض، مثل: الكوليرا والتيفوئيد والدوستاريا ... الخ، كما يوجد العديد من الفيروسات بالمجاري، منها فيروس شلل الأطفال، والالتهاب الكبدي الوبائي.

(٩,٧,١) معالجة مياه الصرف الصحي والتخلص منها

كان المتبع التخلص من مياه الصرف الصحي بضخها في مصادر المياه الطبيعية من بحار أو أنهار أو مصارف عمومية ، حيث تقوم الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بهذه المياه بعملية تكسير للمواد العضوية في مياه الصرف الصحي واستغلالها وكان ذلك نوعاً من التنقية الذاتية Self purification ، أما في الوقت الحاضر فجميع المجتمعات تفضل معاملة مياه الصرف الصحي بمعاملات خاصة قبل التخلص منها. حيث يتم في

البداية التخلص من المواد الطافية والعالقة والمواد الصلبة في مياه الصرف الصحي، بعد ذلك يضخ الأكسجين بكميات محسوبة للتخلص من المواد العضوية عن طريق زيادة الـ BOD، وفي المرحلة النهائية يتم معاملة ماء المجاري بالكلور والتخلص من المواد الصلبة (Reed, ١٩٨٢).

وبهذه الطريقة يتم التخلص من البكتيريا الممرضة في مياه الصرف الصحي مع المحافظة على مصادر المياه الطبيعية لتبقى صالحة للاستعمال. إضافة إلى المحافظة على تركيز الأكسجين في مصادر المياه الطبيعية حتى لا تقضي على صور الحياة المختلفة في الماء، بجانب المحافظة على رائحتها وطعمها ولونها. ويتوقف مدى نجاح عملية معاملة مياه الصرف الصحي على النشاط الحيوي للكائنات الحية الدقيقة الموجودة به وكفاءة عملية التهوية ومدة المعاملة، ويتم ضبط كل هذه الظروف للحصول على أحسن النتائج.

obeikandl.com