

الأغذية

تركيبها ، عوامل فسادها ، وسائل حفظها

تأليف

دكتور عبد الله حيدري

رئيس قسم الصناعات الغذائية بكلية الزراعة بجامعة قاروق الأول
دكتوراه في الفلسفة Ph. D. ، استاذية في العلوم M. Sc. ، بكالوريوس في العلوم B. Sc.
عضو الجمعية العلمية Sigma Xi وعضو الجمعية العلمية Phi Kappa Phi

الطبعة الأولى — ١٩٥١

حفظ الأغذية

يمكن تعريف حفظ الأغذية بأنه صيانتها من الفساد بمنع التغيرات غير المرغوبة التي يحتمل أن تطرأ عليها ، ولذلك كان من الضروري لدراسة وسائل حفظ الأغذية البدء بدراسة فسادها .

ولا شك أن صيانة المادة الغذائية من الفساد ما هو إلا منع عوامل الطبيعة من الاستمرار في دورتها العادية . فالطبيعة تسعى إلى تحلل النبات أو الحيوان بعد موته فتجلى المواد العضوية مواد بسيطة يمكن للنبات والحيوان الانتفاع بها ثانية ، ولولا ذلك لظل الكربون والنيتروجين على صورة مركبات معقدة لا يمكن الاستفادة منها ولأدى ذلك إلى انقراض النبات والحيوان وانعدام الحياة على وجه الأرض ، ولهذا السبب أوجدت الطبيعة سبيلا لانحلال كل جزيء عضوي قام السكان الحيواني ببنائه في كيانه . ومن ذلك يتبين أن منع الفساد إن هو إلا محاولة مضادة لقوى الطبيعة مما يجعل مهمة حفظ الأغذية صعبة معقدة . وقد كان موضوع فساد الأغذية من الموضوعات التي شغلت الإنسان لأجيال متتالية ، وقد عنى الإنسان منذ بدء الخليقة بالتفكير في وسائل لحفظ غذائه .

وقد عرف أجدادنا الأقدمون بعض ما يطرأ على الأغذية من أنواع الفساد ، واستنبطوا طرقا خاصة لحفظ الأغذية أورثونا أياها ، ولا زال البعض منها شائعا حتى اليوم . هذا على الرغم من أن بعض التغيرات التي كانت تعتبر في زمانهم طبيعية ومرغوبة أصبحت تعد في عصرنا الحالي فسادا ، فاللبن الطازج كان في وقت ما لا يعتبر غذاء صالحا إلا إذا حمض وتخثر ، أما في عصرنا الحاضر فإن ازدياد الحموضة في اللبن الطازج وميله للتخثر يعتبر نوعا من أنواع الفساد ولما كانت الموارد الغذائية في العالم محدودة فقد أصبحنا نعني بأن نحيط المادة الغذائية بكافة أنواع الوقاية ،

وأن نعتبر أى ضرر يلحق بها فيجعلها غير مرغوبة فسادا وإن كان من فعل الطيور والحشرات أو الفيران ، إذ قد يؤدي هذا الضرر إلى تلوث المادة الغذائية بالافرازات والفضلات ويعرضها لتأثير الأحياء الدقيقة ولتغيرات دائمة في مظهرها وتركيبها الكيميائي . ولما كانت نظرتنا لما يسمى غذاءا صالحا تتغير جيلا بعد جيل فقد كان من الصعب أن نضع تعريفا صحيحا للفساد . فيجب ألا يقتصر معنى فساد الأغذية على عدم صلاحيتها من الناحية الصحية ، بل ينبغي أن يشمل أى تغير يطرأ عليها فيجعلها غير مقبولة أو مستساغة ، ولذلك فإن ما يعتبر فسادا في نظر مجموعة من الناس قد يعد الصورة المفضلة للغذاء عند مجموعة أخرى ، وعلى ذلك يعتبر فساد الأغذية من وجهة نظر المستهلك تغيرا فيها من حالة مرغوبة إلى حالة غير مرغوبة . ويحدث فساد الأغذية نتيجة لتعرضها لعوامل مختلفة طبيعية وكيميائية وبيولوجية تتعاون بعضها أو كلها في إحداث تغيرات عديدة في مكونات المادة الغذائية وفي تركيبها الكيميائي ، وهذه كثيرا ما يصحبها تغيرات في الطعم أو النكهة أو اللون أو الرائحة أو القوام .

وأنواع الفساد العادية الشائعة تحدث نتيجة للعوامل البيولوجية كالأحياء الدقيقة والأنزيمات أما العوامل الكيميائية فهي عادة السبب في التغيرات التي تطرأ على المركبات الموجودة طبيعيا في المواد الغذائية كمركونات النكهة والطعم وغيرها ، ويعتبر الأكسجين الموجود في المادة الغذائية من أكثر هذه العوامل شيوعا ، كما أن التلوث المعدني للمادة الغذائية يعتبر أحد التغيرات الكيميائية التي تحدث في الأغذية ، أما العوامل الطبيعية مثل الضوء والحرارة فهي في معظم الحالات عوامل مساعدة تعمل على تنشيط هذه التغيرات .

والكي يمكننا التعرف على طبيعة التغيرات العديدة التي تطرأ على المواد الغذائية وفهم الوسائل الكفيلة بمنعها لا بد من دراسة تفصيلية لتركيب المادة الغذائية .

مقدمة

إن دراسة الأغذية وما يطرأ عليها من تغيرات مرغوبة أو غير مرغوبة يستلزم أولاً دراسة مفصلة للجانب الكيميائي منها والتركيبات التي تدخل في تركيبها وخواص هذه المركبات ، وبعد ذلك يكون من الضروري تحديد العوامل التي تؤدي إلى فساد المواد الغذائية ودراسة كل منها دراسة وافية ومعرفة التغيرات التي تحدثها في المواد الغذائية والظروف التي تشجع على حدوث هذه التغيرات ، فإذا ما انتهينا من دراسة ذلك أصبح من اليسير تحديد الوسائل التي يمكن بواسطتها صيانة الأغذية من الفساد، ثم نخلص إلى الأسس العلمية لحفظ الأغذية، تلك الأسس التي تستغل تكنولوجيا في إقامة صناعات غذائية هامة هي دعائم الصرح الاقتصادي في كثير من الدول فضلاً عن أنها تعمل على حسن توزيع المواد الغذائية بين سكان العالم .

وقد قصد المؤلف في وضع هذا المرجع إلى رسم نهج علمي لمن يرغب في دراسة هذا الموضوع ، وإلى تفسير الكثير مما يحدث للأغذية في حياتنا اليومية وكيفية فسادها وسبل حفظها .

المؤلف

١- الماء

يكون الماء الجزء الأكبر من تركيب الانسجة النباتية والحيوانية ، وهو ضرورى لحياة بروتوبلازم الخلية، ويوجد الماء في هذه الانسجة على صورتين : الماء الحر ، وهو الذى يمكن انفصاله بسهولة لعدم وجوده في حالة اتحاد ، والماء المقيد، وهو الذى تمتصه غرويات الانسجة وتتحد به. وتحتفظ البروتينات بأكبر قدر من الماء المقيد وإن كانت هناك مركبات أخرى تحتفظ بكميات كبيرة منه. والجدول الآتى يبين النسب التقريبية للماء في بعض المواد الغذائية :

جدول - ١

٪ ٨٧ - ٨٤	اللبن
٪ ٧٤ - ٧٠	البيض
٪ ٦٥ - ٦٠	لحم المواشى
٪ ٦٠ - ٥٥	لحم الضأن
٪ ٧٠ - ٥٨	لحم الطيور
٪ ٨٠ - ٧٥	الأسماك
٪ ٩٠	الخضر
٪ ٨٥	الفاكهة
٪ ١٢ - ١٠	الحبوب الجافة
٪ ١٢ - ١١	البقول الجافة

ومن الطبيعى أنه كلما زادت نسبة الماء في المادة الغذائية قلت نسبة المواد الصلبة . ويلعب الماء دورا رئيسيا في معظم العمليات الحيوية للكائن الحى . والماء عامل أساسى في كثير من التغيرات الكيميائية والبيولوجية ، فهو يرتبط بعمليات الإمتصاص والجذب السطحي والضغط الاسموزى والتأين والانحلال المائى . الخ .

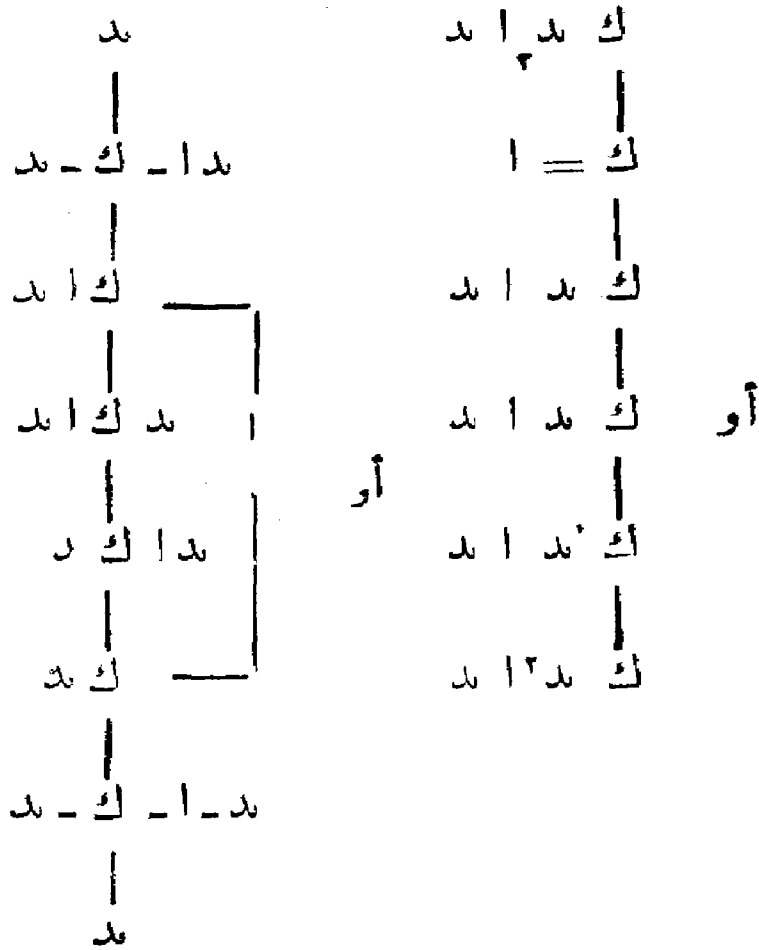
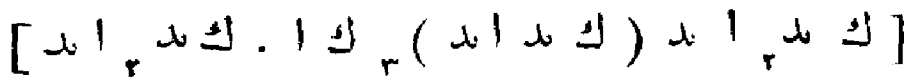
٢ - الكربوايدرات

تعتبر المملكة النباتية أغنى مصدر للكربوايدرات في الطبيعة . وهذه المركبات ، كما سبق القول ، تتكون في النبات نتيجة لعمليات التمثيل الكلورفيلي في الأوراق الخضراء للنبات ، إذ يتحد ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء مع الماء الممتص من التربة ، وبتأثير طاقة الشمس تتكون المواد الكربوايدراتية . والمادة الجافة للنبات (فيما عدا البذور الزيتية) تحتوى على مقدار من الكربوايدرات يتراوح بين ٦٠٪ و ٩٠٪ . وتتركب الكربوايدرات من عناصر رئيسية هي الكربون والايديروجين والاكسجين . ويوجد الايديروجين والاكسجين عادة في الكربوايدرات بنفس نسبة وجودهما في الماء أى بنسبة ذرتين من الايديروجين إلى ذرة من الاكسجين ، هذا وإن كان من الخطأ اعتبار كل مركب ينطبق عليه هذا الوصف مركبا كربوايدراتيا ، كما أن هناك بعض مركبات كربوايدراتية لا ينطبق عليها هذا الوصف . ويمكن وصف الكربوايدرات بأنها إما سكريات بسيطة أو مركبات تعطى سكريات بسيطة عند انحلالها مائيا . والكربوايدرات في الطبيعة كما توجد في المواد الغذائية تقسم كالآتي :

١ . أمثلة السكر Monosaccharides أو السكريات البسيطة

وتندرج جميع السكريات البسيطة تحت هذا القسم ، وهي مواد لا يمكن انحلالها مائيا إلى مركبات أبسط تركيبا . وهي تقسم تبعا لعدد ذرات الكربون في الجزيء ، فإذا احتوى الجزيء على ذرتين من الكربون يسمى ديوز Diom وإذا احتوى على ثلاث ذرات من الكربون يسمى تريوز Triose وإذا احتوى على أربع ذرات يسمى تetrose وهكذا . والجزيء في جميع السكريات البسيطة يحتوى على عدد من المجموعات لكحولية تكون متصلة بمجموعة الدهيدية أو بمجموعة كيتونية ، ويسمى

ويرمز لسكر الفركتوز (الليفولوز) أو سكر الفاكهة (ك_٦د_٦ا_٦) كالآتي :



الجلوكوز Glucose : يسمى هذا السكر أيضا بالدكستروز أو سكر العنب أو سكر النشا ، وهو يوجد في حالة حرة في جميع الفواكه تقريبا . ويوجد بكثرة في فواكه خاصة كالعنب والتين والبلح والزبيب كما يوجد أيضا بكثرة في الذرة السكرية والبصل . ويوجد على حالة متحدة في سكريات أخرى مثل السكروز واللاكتوز والمالتوز ، ويتكون هذا السكر نتيجة لإتحلال النشا النباتي والنشا الحيواني (جليكوجين) لإتحلالا مائيا تاما ، ويحتوي دم الحيوانات على قدر ضئيل من الجلوكوز .

الفركتوز Fructose : يسمى أيضا بالليفيلوز Levulose وهو منتشر في الطبيعة ويوجد بحالة حرة ، ويكون عادة مجتمعاً مع السكروز والجلوكوز . وهو يوجد بوفرة في عصير الفاكهة على الأخص ، ولذلك فهو كثيراً ما يسمى بسكر الفاكهة . وتحتوى الخضر ورحيق الأزهار والعصير الخلوى للأوراق الخضراء والسيقان على سكرى الجلوكوز والفركتوز ، ويحتوى عسل النحل على كميات متساوية من هذين السكرين (٤٠ ٪ لكل منهما) ، وهما عادة يوجدان بكميات متساوية تقريباً ، مما يدل على احتمال تكونهما نتيجة لإتحال السكروز بتأثير الإنزيم . أما في الطماطم فإن الفركتوز يمثل جميع السكر الموجود فيها على حالة حرة . وهذا السكر شديد الحلاوة تبلغ حلاوته ضعف حلاوة السكر العادى وهو يشبه في كثير من خواصه سكر الجلوكوز .

الجلالكتوز Galactose : لا يوجد هذا السكر حراً في الطبيعة ، بل يوجد متحداً بسكرات أخرى في الكثير من السكر بوايدرات ، كما أنه يدخل في تركيب الكثير من البروتينات الحيوانية .

المانوز Mannose : يوجد هذا السكر على حالة حرة في قشر البرتقال وفي البذور النباتية وفي مولاس سكر القصب ، وهو يدخل في تركيب زلال البيض وفي الكثير من البروتينات الأخرى ، وهو أكثر انتشاراً في الحالة المتحدة .

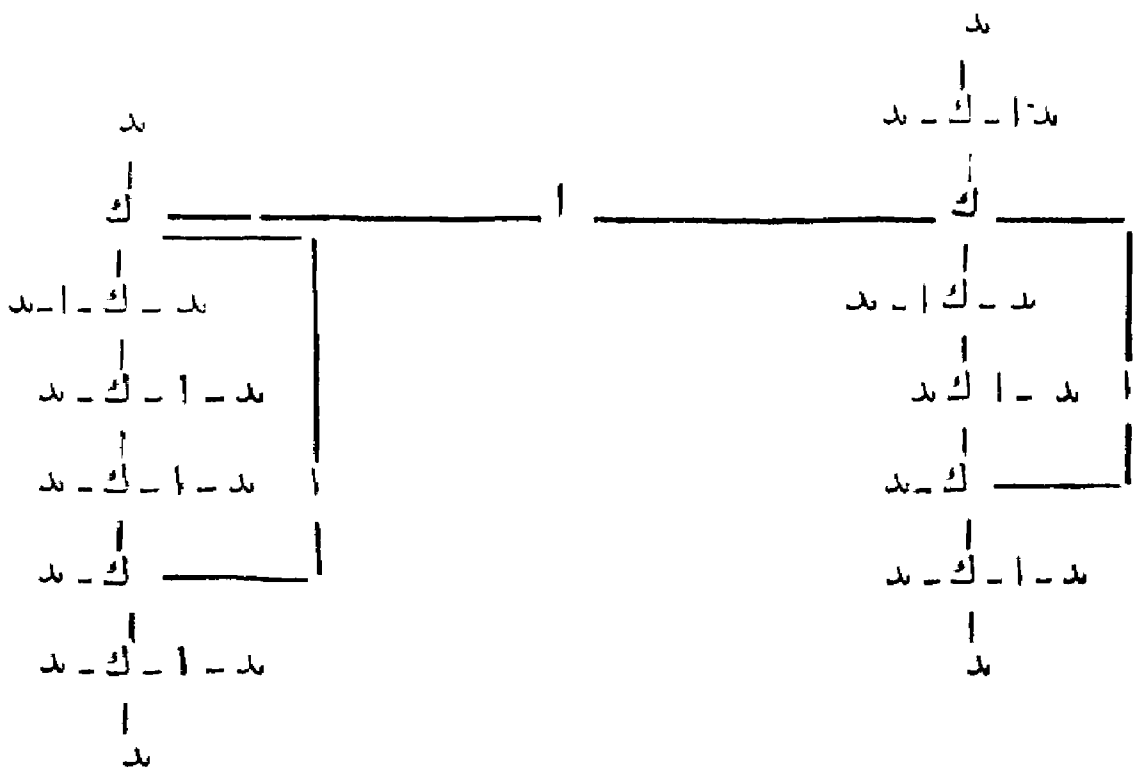
ب . ثنائية السكر ك_{١٢} ، د_{٢٢} ، ١١

هى اندريدات لأحادية السكر ، وتتكون من جزيئين من السكر البسيط أزيل منهما جزيء من الماء عند إتصالهما معاً ، وعلى ذلك فإن انحلال السكر الثنائى يستلزم إضافة جزيء من الماء حتى يمكن إنتاج السكر البسيط

منه . ويحدث هذا الانحلال المائي للسكريات الثنائية إما بتأثير الحرارة أو في وجود حمض مخفف أو بفعل إنزيمات خاصة من نوع الإنزيمات الأيدروليزية.

ك_{١٢} بد_{١١} + ك_{١٢} بد_{١٢} < ك_{١٢} بد_{١٢} + ك_{١٢} بد_{١٢}
وفي حالة السكروز يعطى < جلو كوز + فركتوز (يسمى المزيج بالسكروز المحلول)
ملتوز يعطى < جلو كوز + جلو كوز
لاكتوز يعطى < جلو كوز + جلاكتوز

السكروز : يسمى أيضا بسكر القصب أو سكر البنجر يطلق عليه عادة لفظ السكر فقط وهو يوجد مجتمعاً بالسكر أحادى التسكر مثل الجلوكوز والفركتوز في الأزهار والفواكه والجذور والبذور ، ويوجد السكروز بوفرة في قصب السكر وفي البنجر بنسبة تتراوح بين ١٦ و ٢٠ ٪ وهما على ذلك المصدر الصناعى لإنتاجه . والسكروز أكثر حلاوة من الجلوكوز ولا يمكنه أقل حلاوة من الفركتوز . ويرمز للسكروز بالآتى :



جلو كوز
جزء السكروز
فركتوز

المالتوز Maltose : ينتشر وجود هذا السكر في الأوراق والبادرات الصغيرة ، ويوجد بكثرة في البذور النابتة نتيجة لتحويل النشا إلى مالتوز بفعل إنزيم الدايستاز (الأميلاز) ، وهو ينتج كمركب وسطي أثناء هضم النشا بتأثير إنزيم التيالين أو الأميلوبسين على الجليكوجين ، وكذلك ينتج المالتوز عند تحضير المولت بإنبات الشعير ، وهو يعطى عند إنحلاله مائيا نوعا واحدا من السكر البسيط هو الجلوكوز .

اللاكتوز Lactose : يسمى سكر اللبن لأنه يوجد في لبن الحيوانات الثديية ، وتختلف نسبته بين ١.٥ و ٨ ٪ تبعاً لنوع الحيوان ، وهو يوجد في لبن البقر بنسبة ٧٥ ٪ ، وفي لبن الجاموس بنسبة ٥.٤ ٪ تقريبا . ويحضر اللاكتوز من شرش اللبن بعد ترسيب الكيزين منه ، ودرجة ذوبان هذا السكر ليست عالية .

وإذا قورنت السكريات من حيث درجة حلاوتها منسوبة إلى ١٠٠ تكون درجات الحلاوة كالآتي :

اللاكتوز	١٦	الرافينوز	٢٣	الحلاكتوز	٣٣
المالتوز	٣٣	الزيلوز	٤٠	الجلوكوز	٧٤
السكروز	١٠٠	السكر المحلول	١٣٠	الفركتوز	١٧٣

ح . السكريات ثلاثية السكر Trisaccharides : ك^{١٨} ، بد^{٣٢} ، ك^{١٦}

ومن أمثلة هذه المجموعة سكر الرافينوز Raffinose : وهو أهم سكريات هذه المجموعة ، ويوجد بكميات قليلة في بذرة القطن (بين ٢ ، ٥ ٪) وفي مولاس البنجر ، وبنسبة أقل من هذه في الشعير والقمح والحبوب الأخرى ، وعند إنحلاله مائيا يعطى جزىء فركتوز وجزىء جلوكوز وجزىء جلاكتوز .

د . المركبات عديدة السكر Polysaccharides

يمكن تقسيم المركبات عديدة السكر إلى :

١ - النشا (كبد ١٠٠) ويتكون جزئ النشا من عدد من وحدات اندريد الجلوكوز، وهذا العدد الذى يرمز له بالرمز "ن" ليس معروفا بالضبط . وهناك اعتقاد بان جزئ النشا يتكون من وحدات تتراوح بين ٢٠٠٠ و ٣٠٠٠ وحدة . وقد يصل وزن الجزئ فى بعض أنواع النشا إلى ٥٠٠٠٠ أو أكثر ، وأحيانا يحتوى جزئ النشا على حمض الفسفوريك .

وتوجد جزيئات النشا فى الطبيعة مجمعة فى صورة حبيبات تتكون كل منها من جزيئين كربوايدراتين هما الألفا أميلوز *Alpha Amylose* والبيتا أميلوز *Beta Amylose* والأول أقل ذوبانا وأصعب انحلالا فى الماء من الثانى .

ويوجد النشا بكثرة فى كافة النباتات التى تحتوى على السكلورفيل ، وهو يوجد بوفرة فى الحبوب مثل القمح والأرز والذرة والشوفان . الخ . بنسبة تتراوح بين ٦٠ و ٨٠ ٪ . وقد تحتوى البسلة والفاصولية الجافة على ٥٠ ٪ من النشا . وفى الحبوب الزيتية مثل بذرة القطن وبذرة الكتان وفول الصويا تكون الدهون هى المادة المخزنة بدلا من النشا . ويتخزن النشا فى درنات البطاطس . ويحتوى التفاح والموز قبل نضجهما على كميات كبيرة من النشا الا انه عند نضجهما يتحول النشا إلى سكر ، ويحدث عكس هذا التفاعل عند نضج الحبوب (كالذرة مثلا) . ويمتاز كل نبات بنوع حبيبات النشا التى تتكون فيه ، وقد تكون لهذه الحبيبات علامات مميزة ، فمثلا حبيبات النشا فى البطاطس تكون كبيرة وبيضاوية وتختلف عن غيرها بوجود خطوط محورية متوازية حول مركزها تسمى بالسرة ، أما حبيبات النشا فى الحبوب فتكون صغيرة كروية الشكل دون أية علامة أخرى مميزة .

والنشا عديم الذوبان في الماء البارد ، ولكنه يمتص الماء على الدرجات المرتفعة ٥٢° - ٧٢° م (حسب نوعه) وينتفخ ثم يصبح عجينة لزجة. وينحل النشا بفعل الأحماض المخففة كما ينحل بفعل الإنزيمات - الأميلازات - إلى مركبات بسيطة متنوعة . وأول تغيير يطرأ على النشا هو تحوله إلى نشاذائب ثم تكون عدد من - الديكستريانات تتحول بدورها إلى مالتوز ، فإذا كان الانحلال بتأثير الحمض كان الجلوكوز هو الناتج النهائي للانحلال، أما الانحلال الأنزيمي للنشا فينتهي بسكر المالتوز فقط .

الانحلال الحمضي :

(ك_٦ بد_{١٢} ا_{١٢}) ن + ن بد_٣ ا_٣ = ن ك_٦ بد_{١٢} ا_{١٢} جلوكوز
الإنحلال بالانزيم :

(ك_٦ بد_{١٢} ا_{١٢}) ن + ن بد_٣ ا_٣ = ن ك_٦ بد_{١٢} ا_{١٢} مالتوز
ب - الجليكوجين Glycogen : (ك_٦ بد_{١٢} ا_{١٢}) ن ويسمى أحيانا

بالنشا الحيواني ويكاد يكون المركب الكربوهيدراتي الوحيد الذي يخزن في جسم الحيوان ، وهو يوجد بكثرة في الكبد والعضلات ، ولوانه قد أمكن فصل الجليكوجين من العظام والدم والجلد وأنسجة أخرى كثيرة .

ومن المعتقد أن الجليكوجين يوجد في صورة سلاسل متفرعة تكون جزيئا كبيرا يحتوي على حوالى ٢٤٠٠ وحدة من الجلوكوز ، ومثل هذا الجزء يكون وزنه الجزيئى حوالى ٤٠٠.٠٠٠ ، والجليكوجين قابل للذوبان في الماء بسرعة ويكون معه محلولاً غروبيا .

ح - الدكستريانات Dextrins (ك_٦ بد_{١٢} ا_{١٢}) ن وهى مركبات وسطى

في انحلال النشا إلى مالتوز ، وهى تختلف عن النشا في أنها قابلة للذوبان في الماء البارد ، وتختلف عن المالتوز في أنها غير قابلة للذوبان في الكحول وهى توجد في الجذور والسوق والأوراق في كثير من النباتات ، وكذلك

تحتوى الحبوب النشوية فى طور راحتها على كمية بسيطة من الدكسترين تزيد إلى حد كبير أثناء التنبيت . وعمليات طبخ وتحميص الحبوب تؤدى إلى تكوين كميات كبيرة من الدكسترين .

٥- السيلولوز Cellulose (كـ ١٠٠) وهو أيضا يتكون من وحدات من الجلوكوز متصلة ببعضها فى شكل سلاسل ولكنه يختلف عن النشا والجليكوجين فى أن سلسلته ليست متفرعة بل مستقيمة ، ويختلف طول السلسلة باختلافا كبيرا . وهناك من يعتقد أن السلسلة الواحدة تتكون من عدد من الوحدات يتراوح بين ٢٠٠ و ١٠٠٠ وحدة من الجلوكوز بينما يعتقد البعض الآخر أنها تتكون من عدد من الوحدات يتراوح بين ١٠٠٠ و ٢٠٠٠ وحدة .

والسيلولوز هو المركب الرئيسى للجزء اللينى أو الخشبي فى النباتات وهو الذى يكسبها الصلابة ، فهو يؤدى وظيفة العظام فى الحيوان . ومن النادر وجود السيلولوز على حالة نقية غير متحدة ، فإنه يكون متحدا مع مواد أخرى مثل اللجنين والبكتين ويطلق عليه إذ ذاك اسم الهيميسيلولوز Hemicellulose وهو لا يتأثر بالإنزيمات الهضمية ولو أن انحلاله انحلالا مائيا يؤدى فى النهاية إلى سكر الجلوكوز . ويطلق على السيلولوز والهيميسيلولوز فى الأغذية اسم « الألياف » ، ولا تحتسب الألياف ضمن تقديرات الكربوهيدرات فى جداول تحاليل الأغذية ، وقد ترد فى تلك الجداول منفردة وقد لا ينص عليها .

٣ - المواد الدهنية

وهي تشمل الدهون والمواد المنتسبة إليها التي تشترك معها في صفاتها الطبيعية العامة كالملمس الدهني وعدم الذوبان في الماء الخ ، والتي يطلق عليها اسم الليبيدات Lipides ، وهي ما تقدر في المواد الغذائية تحت اسم المستخلص الأثيري . وتقسم الليبيدات إلى المجموعات الآتية :

١ - ليبيرات بسيطة : وهي استرات الأحماض الدهنية مع كحولات مختلفة وتشمل :

١ - الدهون الحقيقية - وهي استرات الأحماض الدهنية مع الجليسرول .

ب - الشموع - وهي استرات الأحماض الدهنية مع كحولات أخرى غير الجليسرول .

٢ - ليبيرات مركبة : وهي استرات الأحماض الدهنية مع كحولات أخرى ومتحدة في نفس الوقت مع مجموعات أخرى إضافية ، وتشمل :

١ - الفوسفوليبيدات - وهي دهون حدث فيها استبدال ، وتحتوى على

حمض الفسفوريك والنتروجين ومن أمثلتها الليسيثين Lecethin

ب - الجليكوليبيدات وهي مركبات دهنية تحتوى على الكربوايدرات

والنتروجين مثل الفرينوسين Phrenosin والكيراسين Kerasin

وتسمى هذه أيضا بالسيريبروسيدات . Cerebrosides

٣ - ليبيرات مشتقة : وهي مواد تنتج من انحلال مائى للمجموعات السابقة تشمل :

١ - الأحماض الدهنية للسلاسل المختلفة .

ب - الاستيرولات Sterols - وهي في معظمها كحولات ذا أوزان

جزيئية عالية توجد في الطبيعة متحدة مع الأحماض الدهنية وتذوب في مذيئات الدهون ومن أمثلتها الكوليستيرول Cholesterol .

الماء كذلك نتيجة لهذا التفاعل ، وعلى ذلك فإن جزيء الدهن عند انحلاله مائيا بفعل الأحماض أو الانزيمات يؤدي إلى انفراء الحمض الدهني المناظر وكذلك الجلسرين . ولما كانت الدهون في الطبيعة مزيجاً من الجليسيريدات فإن الانحلال المائي لها يؤدي إلى تكون عدد كبير من الأحماض الدهنية إلى جانب الجلسرين .

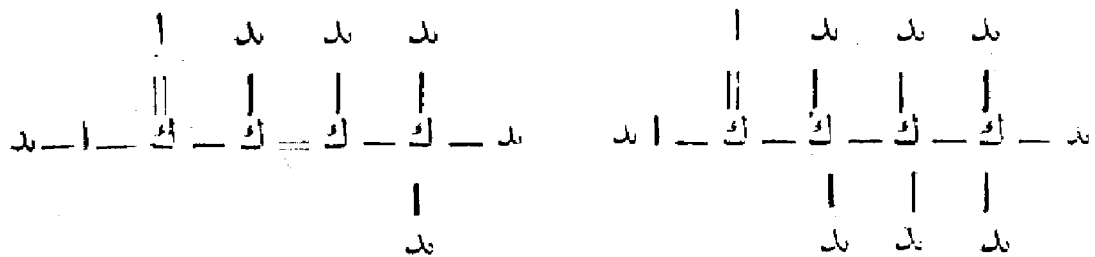
الأصماض الدهنية

يمكن إلى حد كبير فهم خواص الدهون والزيوت من دراسة الأحماض الدهنية التي تدخل في تركيبها ، والأحماض الدهنية تنقسم إلى مجموعتين :

الأحماض الدهنية المشبعة وهي الأحماض التي يحتوي الجزيء منها على كل ما يلزم من الأيدروجين الذي يستطيع الاتحاد به ، فالرمز العام لها $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$.

الأحماض الدهنية غير المشبعة وهي التي يحتوي الجزيء منها على أقل مما يلزمه من الأيدروجين ، وفيه تتصل ذرات من الكربون ببعضها برابطة مزدوجة أو أكثر .

خمض البيوتريك $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ ك $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ ك $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ ك $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ ك
أما حمض الكروتونيك $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ ك $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ ك $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ ك $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ ك فهو حمض غير مشبع



حمض الكروتونيك

حمض البيوتريك

ومن مقارنة المثليين السابقين يتضح أن حمض الكروتونيك وهو يحتوى على رابطة واحدة مزدوجة ينقص عن حمض البيوتريك بذرتين من الايدروجين. وتسمى مجموعة الأحماض الدهنية غير المشبعة، والتي تحتوى على رابطة واحدة مزدوجة بمجموعة الأوليك، ذلك أن حمض الأوليك هو أهم أحماض تلك المجموعة والرمز العام لها $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}\text{O}_2$ ك ١١ د

أما مجموعة الأحماض الدهنية غير المشبعة التي تحتوى على رابطتين مزدوجتين فتسمى بمجموعة اللينوليك ورمزها العام $\text{C}_n\text{H}_{2n-4}\text{O}_2$ ك ١٢ د أما مجموعة الأحماض الدهنية غير المشبعة التي تحتوى على ثلاث روابط زوجية فتسمى بمجموعة اللينولينيك، ورمزها العام $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}\text{O}_2$ ك ١٣ د

ونقطة الانصهار للأحماض الدهنية المشبعة أعلى منها لغير المشبعة التي تحتوى على نفس العدد من ذرات الكربون، فحمض الاستياريك $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ ك ١٤ د وهو مشبع يوجد في حالة صلبة ودرجة انصهاره 69°C ، بينما حمض الأوليك $\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$ ك ١٥ د وهو غير مشبع يكون سائلا ودرجة انصهاره 13°C . وهذه الصفات تنتقل إلى الجليسيريدات الملاحظة. والدهون في الطبيعة تجمع بين جليسيريدات مشبعة وغير مشبعة، وتفاوت نسب كل منها في الدهن فتؤثر على صفاته العامة، فالدهون الصلبة هي التي تحتوى على نسبة عالية من الجليسيريدات المشبعة ونسبة منخفضة من غير المشبعة، أما الدهون اللينة أو الزيت فهي على عكس ذلك تحتوى على نسبة عالية من الجليسيريدات غير المشبعة. ويمكن تشييع هذه الأخيرة صناعيا بجعلها تتحد مع الايدروجين في وجود عامل ملامس. وبذا تكتسب صفة الصلابة وتباع أحيانا باسم المسلي الصناعي.

جدول -- ٢ -- أهم الاحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة التي تدخل في تركيب الزيوت والدهون ومصادر كل منها :

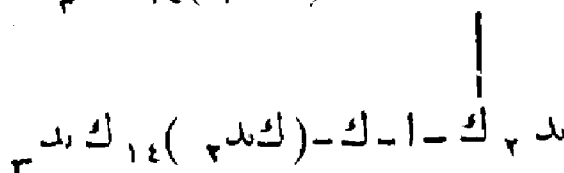
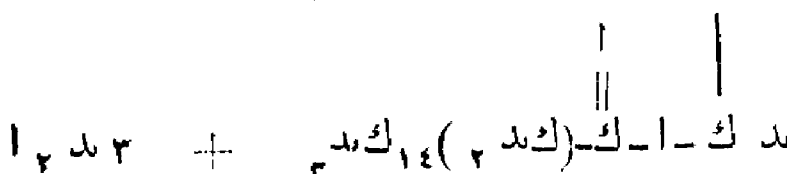
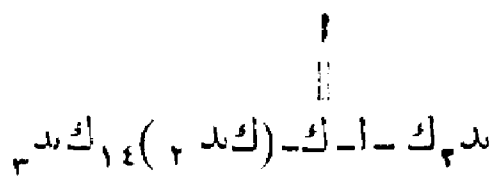
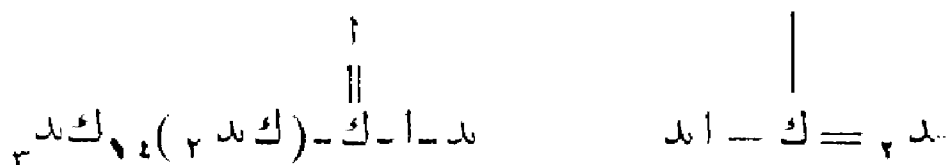
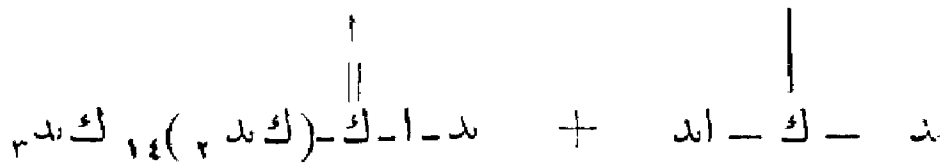
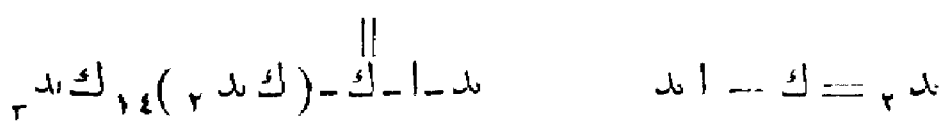
الاسم	الرمز	أهم مصادره
الاحماض الدهنية المشبعة		
حمض البيوتريك	ك ^١ ك ^٢ ن ^١ + ك ^١ ك ^١ د ^١	في الزبد
الكبريتيك	ك ^١ د ^٢ ك ^١ ك ^١ د ^١	الزبد وزيت جوز الهند وزيت النخيل
الكبريتيك	ك ^١ د ^١ ك ^١ ك ^١ د ^١	زيت جوز الهند وزيت النخيل والزبد
الكبريتيك	ك ^١ د ^١ ك ^١ ك ^١ د ^١	، ، ، ، ،
اللوريك	ك ^١ د ^١ ك ^١ ك ^١ د ^١	زيت اللوريك وزيت جوز الهند وزيت النخيل
المستيك	ك ^١ د ^١ ك ^١ ك ^١ د ^١	الزبد
البالتيك	ك ^١ د ^١ ك ^١ ك ^١ د ^١	جميع الدهون الحيوانية والنباتية وبكمثرة في دهن الخنزير
الاستاريك	ك ^١ د ^١ ك ^١ ك ^١ د ^١	الدهون النباتية والحيوانية وبكمثرة في الشحم
الاراكيديك	ك ^١ د ^١ ك ^١ ك ^١ د ^١	زيت الفول السوداني .

أهم مصادره	الرمز	الأسم
في جميع الدهون الحيوانية والنباتية	ك ١٧ د ٣٣ ك ١١ د	الأحماض الدهنية الغير مشبعة أ -- مجموعة الأوليك حمض الأوليك
في الدهون النباتية والحيوانية وخصوصا في زيت بذور القطن والاكثان ، وقد ثبتت ضروره في التغذية .	ك ١٧ د ٣١ ك ١١ د	ب -- مجموعة اللينولييك حمض اللينولييك
في الدهون النباتية والحيوانية وخصوصا في زيت بذور الاكثان ، وقد ثبتت ضروره في التغذية .	ك ١٧ د ٣٩ ك ١١ د	ج -- مجموعة اللينولينيك حمض اللينولينيك
في الملح والاكبد وصفار البيض والزبد ، وقد ثبتت أهميته في التغذية .	ك ١٩ د ٣١ ك ١١ د	د -- أحماض أخرى غير مشبعة أهمها حمض الان اكينونيك

ولما كان جزيء الجليسروول ك_٣ ند_٥ (ا ند_٣) يحتوى على ثلاث مجموعات من الايدروكسيل فانه عندما يحل أساس الحامض الدهنى محل مجموعة واحدة من الايدروكسيل فى جزيء الجليسروول فان المركب الناتج يعتبر وحيد الجليسريد ، فإذا حل محل مجموعتين من الايدروكسيل كان المركب الناتج ثنائى الجليسريد ، وإذا حل محل الثلاث مجموعات من الايدروكسيل فان الدهن الناتج يكون ثلاثى الجليسريد . فمثلا دهن ثلاثى البالميتين ك_٣ ند_٥ (ك_٥ ند_٣ ك_{١١}) يتكون عن اتحاد جزيء من الجلسرين مع ثلاثة جزيئات من حمض البالمتيك كالآتى .

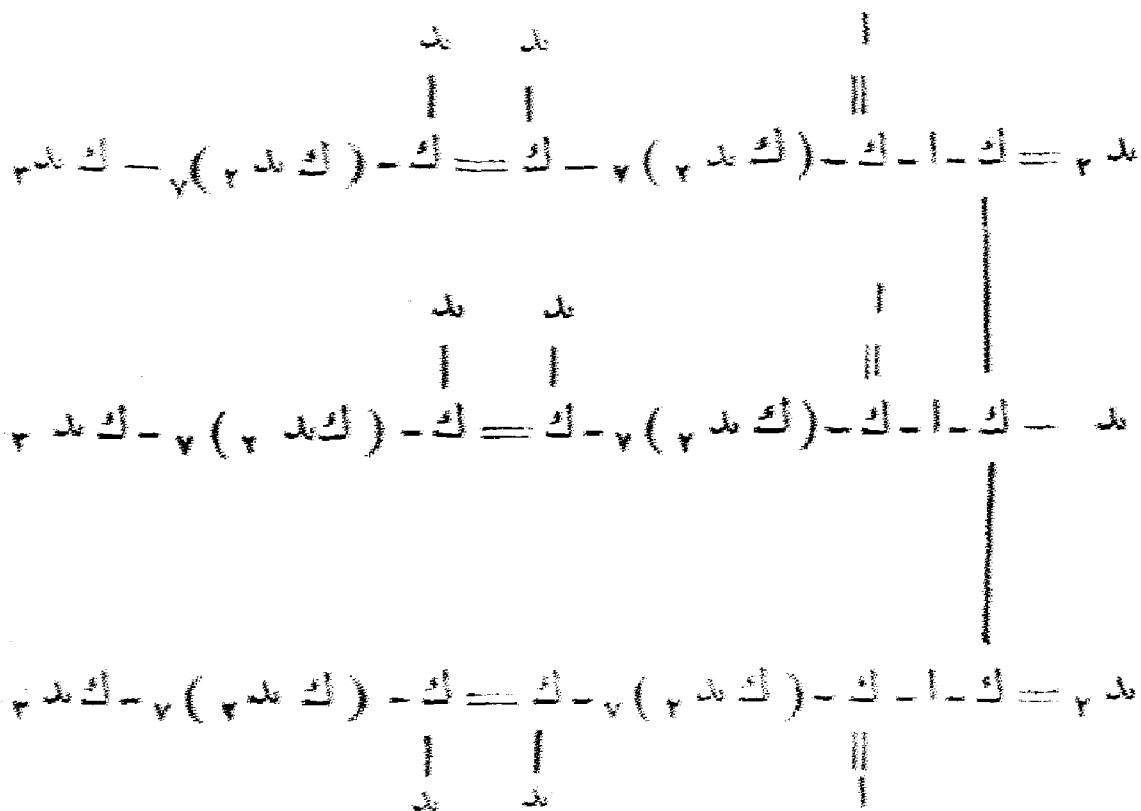
حمض البالمتيك

الجليسروول



البالميتين أو ثلاثى البالميتين

وبنفس الطريقة يتكون الاولين ك ٢ بد ٥ (ك ١٧ بد ٣٣ ك ١١) ٢
من اتحاد الجليسرول مع حمض الاوليك . وفيما يلي رسم الاولين أو ثلاث
الاولين :



وقد تكون الاساسات الحامضية فى جزىء الدهن متجانسة اى تتبع حمض دهنى واحد كما هو الحال فى ثلاثى البالميتين أو ثلاثى الاولين ، أو قد يحتوى جزىء الدهن على أكثر من نوع واحد من الاحماض الدهنية ويسمى إذ ذاك بالجليسرید المختلط ، كأن يكون ستيارو ثنائى البالميتين أو بالميتو ثنائى الاستيارين الخ ، وفى الغالب تكون معظم الدهون الطبيعية مزيجاً من جليسيريدات مختلفة .

والجدول الآتي يبين نسبة الأحماض الدهنية التي تنتج عن انحلال
الدهون الشائعة :

نسبة الأحماض الدهنية التي تنتج عن انحلال الدهون الشائعة :

جدول - ۲ -

[illegible]

الشموع Waxes

هي عبارة عن استرات أحماض دهنية عالية، إلا أنها تختلف عن الدهون في أنها تحتوي على كحولات وحيدة الإيدروكسيل وأحيانا ثنائية الإيدروكسيل بدلا من الجليسرول .

وتوجد الشموع منتشرة في الطبيعة في المواد النباتية والحيوانية . وهي توجد عادة على سطح الفاكهة كطبقة مغلفة لحمايتها من التبخر . وأهم الشموع الشائعة شمع النحل . والشموع عديمة الذوبان في الماء ، ودرجة انصهارها بين ٦٠° — ٨٠°م وهي أكثر مقاومة للتصبن من الدهون والزيوت .

الستيرولات Sterols

هي كحولات معقدة التركيب ذات أوزان جزيئية عالية توجد في الطبيعة إما منفردة ، أو متحدة مع الأحماض الدهنية على حالة استرات، أو متحدة مع الكربوايدرات على حالة جلو كسيدات . وهي توجد في أنسجة الحيوانات والنباتات .

وأهم الستيرولات المعروفة هي :

- ١ — الكوليستيرون Cholesterol — يوجد هذا المركب بوفرة في المنخ وصفار البيض وزيت كبد الحوت وفي الجزء غير المتصبن من الدهون الحيوانية ، ولهذا المركب فوائد حيوية خاصة في الجسم .
- ٢ — سيتوستيرون Sitosterol وهو يوجد في الزيوت النباتية مثل زيوت الذرة والقمح وبذرة القطن وبذرة الكتان، كما يوجد في الجزء غير المتصبن من الزيت .

٣ - الايرجوستيرول Ergosterol وهذا المركب له أهمية خاصة في التغذية حيث يؤدي تعرضه بضع ثوان للأشعة فوق البنفسجية إلى تكوين مركبات جديدة أهمها مركب الكالسيفيرول Calciferol (فيتامين D) ذو التأثير الخاص في علاج كساح العظام .

الفوسفوليبيدات Phospholipids

وتسمى أيضا بالفوسفاتيدات وهي مركبات شبيهة بالدهون وتحتوى على الفسفور والنروجين وتعطى عند انحلالها مائيا أحماضا دهنية وجليسرول وحمض فوسفوريك وقاعدة نتروجينية تسمى بالكولين Choline وهي توجد بصفة خاصة في المخ والكبد وأهم مجموعتين تحت هذا القسم هما:
١ - مجموعة الليسيثينات Lecethins وهي ذات أهمية حيوية خاصة ويعتبر صفار البيض وفول الصويا من المواد الغنية في هذه المركبات .

٢ - مجموعة السيفالينات أو الكيفالينات Cephalins or Kefalins وهي توجد مع الليسيثينات في المخ .

الجليكوليبيدات Glycolipids أو السيريريوسيدات Cerebrosides وهي مركبات توجد بكمية كبيرة في المخ ويتكون عن انحلالها جلاكتور وقاعدة نتروجينية اسمها سفنجوسين وحمض دهني .

٤ — البروتينات

البروتين هو المركب الرئيسى لبروتوبلازم الخلايا النباتية والحيوانية ، ولكل نوع من أنواع الخلايا بروتيناته الخاصة ، ومن ذلك يتبين أن البروتينات الموجودة فى الطبيعة لا بد وانها وفيرة العدد . وقد أمكن حتى الآن فصل واختبار ما يقرب من ٦٠٠ بروتين ، وأمكن دراسة حوالى ١٠٠ بروتين من البروتينات الهامة التى تحتوى عليها المواد الغذائية .

وتحتوى جميع البروتينات على الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين . ومعظم البروتينات تحتوى بالإضافة إلى ذلك على عنصر الكبريت ، والبعض منها يحتوى على عنصر الفسفور ، والقليل يكون محتويا على الحديد أو النحاس أو المنجنيز .

ويوجد معظم النيتروجين فى جزيء البروتين على صورة رابطة ببتيدية .



وتختلف نسبة العناصر الرئيسية فى البروتين

اختلافا كبيرا ، ومتوسط نسب هذه العناصر فى تركيب البروتينات كالتالى :
 ٥٣ ٪ كربون ، ٧ ٪ هيدروجين ، ٢٣ ٪ أكسجين ، ١٦ ٪ نيتروجين ، ١ ٪ كبريت . وعادة تتفاوت نسبة النيتروجين فى البروتينات المختلفة تفاوتاً كبيراً ، ففى بعض المركبات تصل نسبته إلى ١٠ ٪ كما فى الجليكوبروتينات . وقد تصل فى مركبات أخرى إلى ٣٠ ٪ كما فى البروتامينات ، ولكنها تكون فى العادة بين ١٥,٥ و ١٨ ٪ . ويعتبر الرقم المتوسط هو ١٦ ٪ ، وعلى أساسه تحسب نسبة البروتين (نسبة النيتروجين $\times 6,25$) .

تقسيم البروتينات

نظرا لكثرة البروتينات وزيادة تعقدها كان تقسيمها من الأمور

الصعبة. وهي تقسم الآن على أساس خواصها كذوبانها وتجمعها ونواتج انحلالها المائي إلى الأقسام الآتية :

١ - البروتينات البسيطة Simple Proteins : تعطى عند انحلالها

مائيا أحماضا أمينية أو مشتقاتها وتشمل هذه المجموعة :

١ - الببومينات Albumins : من أمثلتها الببومين البيض ،

ولكتالببومين اللبن ، والببومين السيرم (الدم) وليجبوميلين البسلة .

٢ - جلوبيولينات Globulins : من أمثلتها أيدستين القمح وفاصولين

الفاصوليا وليجبومين الفاصوليا والبسلة وتيوبيرين البطاطس وأماندين اللوز ومثل جلوبيولين العظام وجلوبيولين السيرم .

٣ - جلوتيلينات Glutelins : أشهر مركبات هذه المجموعة وأهمها

هو جلوتيلين القمح .

٤ - بروتامينات Protamines : من أمثلتها جليادين القمح وزاين

الذرة وهوردين الشعير .

ب - البروتينات المتصلة أو المقترنة Conjugated Proteins : هي

مواد تحتوي على جزيء البروتين متحدا مع جزيء آخر أو جزيئات أخرى وتشمل :

١ - بروتينات النواة Nucleoproteins : يتربك الجزيء في هذه

المركبات من جزيء واحد أو أكثر من البروتين متحدا مع حمض النوكلريك ومن أمثلتها حمض التريتكونوكلريك ويوجد في جنين القمح .

٢ - جليكوبروتينات Glycoproteins أو جلوكوبروتينات Glucoproteins

هى مركبات تحتوى على جزء البروتين متحدا مع مادة أو أكثر، وهى تحتوى على مجموعة كربوايدراتية خلاف حمض النوكلليك، ومن أمثلتها الميوسين الذى يوجد فى اللحم الأحمر الصغير .

٣ — فسفوبروتينات Phosphoproteins : هى مركبات يكون فيها جزء البروتين فى اتحاد عضوى مع مركبات الفسفور ومن أمثلتها كيزينوجين اللبن وأوفوفيللين صفار البيض .

٤ — هيموجلوبينات Hemoglobins : يكون جزء البروتين فيها متحدا مع الهيماتين أو مادة مشابهة، ومثال هذه المجموعة هيموجلوبين الدم .

٥ — كروموبروتينات Chromoproteins : هى بروتينات ملونة نتيجة اتحادها مع صبغات الأنسجة .

البروتينات المشتقة Derived Proteins : وهى توجد نتيجة لانحلال

البروتينات البسيطة أو المتصلة انحلالا مائيا وتنقسم إلى :

١ — مواد بروتينية أولية : وهى التى تنتج عن انحلال مائى يؤدى إلى تأثيرات بسيطة فى خواص البروتينات الأصلية . ومن أهم المركبات التى تنتج عن الانحلال فى هذه الحالة البروتيانات Proteans والميتابروتينات Metaproteins والبروتينات المتجمعة Coagulated Proteins

٢ — مواد بروتينية ثانوية — وهى التى تنتج عن استمرار انحلال جزء البروتين وتفككه إلى أجزاء مختلفة الحجم والخواص، وهى عبارة عن نواتج الانحلال الأنزيمى للبروتينات عند هضمها وتشمل :

١ — البروتيازات Proteases وهى نواتج إيدروليزية لانحلال البروتين

ب — الببتونات Peptones وهى مركبات أقل تعقيدا من سابقتها

ح — الببتيدات Peptides وهى أيضا أبسط تركيبا من الببتونات،

وهى عبارة عن مركبات اندريدية لحمضين أمينيين أو أكثر. فإذا كانت مكونة من حمضين سميت ثنائية الببتيد وقد تكون ثلاثية الببتيد أو رباعية الخ ...

أو قد تكون عديدة الببتيدات .

جدول ٤ - البروتينات الرئيسية لبعض الأغذية الشائعة (محسوبة على الحالة غير المجففة)

الاسم	البروتينات الموجودة	المجموعة التابعة له	النسبة المئوية في المادة
القمح	جليادين	الذائبة في الكحول	٣,٩١
	جلوتين	الجلوتينات	٤,١٧
	جلوبيولين	الجلوبيولينات	٠,٦٣
	لوكوسين	الالبومينات	٠,٣٦
	بروتيوز	البروتيوزات	٠,٤٣
	مشتوعات		١,١٠
اجمالي ١٠,٦٠			
الذرة	زاين	الذائبة في الكحول	٥,٠٠
	زيانين	الجلوتينات	٣,١٥
	مايسين	الجلوبيولينات	٠,٢٥
	جلوبيولين	الجلوبيولينات	٠,١٤
	بروتيوز	البروتيوزات	٠,٠٦
اجمالي ٨,٦٠			
الشعير	هوردين	الذائبة في الكحول	٤,٠٠
	هوردين	الجلوتينات	٢,٥٠
	لوكوسين	الالبومينات	٠,٣٠
	اديسين	الجلوبيولينات	
	بروتيوز	البروتيوزات	١,٩٥
اجمالي ١٠,٧٥			
الفاصوليا الجافة	فاصيلين	الجلوبيولينات	٢١,٥٠
	فاصيلين	الجلوبيولينات	٢,١١
اجمالي ٢٣,٥٠			

الاسم	البروتينات الموجودة	المجموعة التابعة له	النسبة المئوية في المادة
الارز	اوريزينين جلوبيولين	الجلوتلينات الجلوبيولينات الذائبة في الكحول	٤,٠٠ ٥,٩٠ اجمالى ٩,٩٠
البسلة	لجيوميلين لجيومين فيسلارين بروتوز غير مقدرة	الالبيومينات الجلوبيولينات الجلوبيولينات البروتوزات	٢,٠٠ ١٠,٠٠ ١,٠٠ ١١,٥٠ اجمالى ٢٤,٥٠
اللبن البقرى	كازين لاكتالبومين جلوبيولين	الفسفوروتينات الالبيومينات الجلوبيولينات	٢,٧٤ ٠,٦٠ اثار اجمالى ٣,٣٤
البيض	البيومين البيض فيتلارين	الالبيومينات الفسفوروتينات	٨,٢٠ ٥,٢٠ اجمالى ١٣,٤٠
اللحم الاحمر (لحم العجول البتلو)	ميوجين مويالبومين ميوسين جلوبيولين	الالبيومينات الالبيومينات الجلوبيولينات الجلوبيولينات	٢,٠٠ ٠,٢٠ ١٣,٦٠ ٤,٢٠ اجمالى ٢٠,٠٠

الامحاض الامينية Amino acids

وهي نواتج الانحلال النهائية للبروتين وأبسط صورة للواد البروتينية، وهي تعتبر الوحدات التي يتألف منها جزيء البروتين. وقد أمكن فصل ما يقرب من ٢٥ حمضا أمينيا أهمها ما يأتي :

١ - أحماض وحيدة الامين وحيدة الكربوكسيل

أ، احماض اليفاتية

Alanine	٢ - الازين	Glycine	١ - الجلايسين
Leucine	٤ - لوسين	Valine	٣ - فالين
Norleucine	٦ - نورلوسين	Isoleucine	٥ - ايزولوسين
Threonine	٨ - ثريونين	Serine	٧ - سيرين

ب، احماض ذات نواة عطرية

Tyrosine	١٠ - ثيروسين	Phenyl alanine	٩ - فينيل الازين
----------	--------------	----------------	------------------

ج، احماض تحتوي على الكبريت

Cystine	١٢ - سيستين	Cysteine	١١ - سيستين
		Methionine	١٣ - ميثايونين

د، احماض تحتوي على اليود

Diiodotyrosine	١٤ - ثنائي يودو ثيروسين
----------------	-------------------------

Thyroxine	١٥ - ثايروكسين
-----------	----------------

٢ - احماض وحيدة الامين ثنائية الكربوكسيل

Asparatic acid	١٦ - حمض الاسبارتيك
----------------	---------------------

Glutamic acid	١٧ - حمض الجلوتاميك
---------------	---------------------

Hydroxy glutamic acid	١٨ - حمض الایدروكسي جلوتاميك
-----------------------	------------------------------

٣ — احماض امينية قاعدية

Lysine ١٩ — لايسين

Histidine ٢٠ — هستيدين

Arginine ٢١ — ارجينين

٤ — احماض امينية غير متوافقة الحلقة Heterocyclic Amino Acids

Tryptophane ٢٢ — تربتوفان

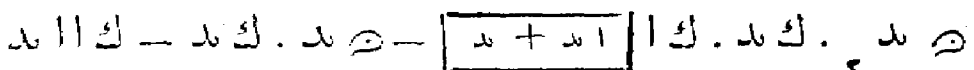
Proline ٢٣ — بولين

Hydroxy Proline ٢٤ — ايدروكسى بولين

جزء البروتين

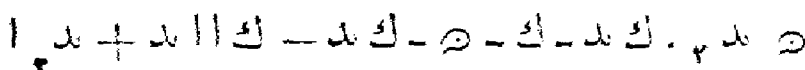
وفي الاحماض السابق ذكرها يحتوى كل حمض امينى على الاقل على مجموعة من الامين ومجموعة من الكربوكسيل . وتعطى مجموعة الامين الصفة القاعدية للحمض الامينى بينما تعطى مجموعة الكربوكسيل الخواص الحمضية . ويمكن تمثيل اتحاد حمضين امينيين لتكوين ثنائى الببتيد كالاتى :

جليسين الانين



د ا

||



Glycyl alanine جلايسيل الانين

وتسمى الرابطة كـ ١ . د بد بالرابطة الببتيدية Peptide linkage
وبلاحظ في المركب ثنائى الببتيد السابق أنه يحتوى على الأقل على مجموعة
من الأمين ومجموعة من السكر بوكسيل مما يجعل فى استطاعته أن يتحد
بحمض أمينى ثالث ليكون ثلاثى الببتيدات . وهذا الأخير يمكنه أن
يتحد بنفس الطريقة مع حمض أمينى رابع لتكوين رباعى الببتيدات
وهكذا .

وبتبادل الأحماض الإمينية مواضعها فى جزيء الببتيد يمكن إيجاد أكثر
من نوع واحد من هذا الببتيد . فمثلا يمكن الحصول من اتحاد ثلاثة أحماض
إمينية على ٢٧ مركب ثلاثى الببتيد .

فهناك احتمال حدوث اتحادات بين الخمس والعشرين حمضا إمينيا وتكوين
٦٢٥ من ثنائى الببتيد أو ١٥٦٢٥ من ثلاثى الببتيد . وهكذا يتبين أن
عدد الأحماض الإمينية فى جزيء البروتين يؤدى إلى زيادة فى احتمال
انتاج أنواع جديدة من البروتينات وزيادة فى تعقيد تركيبها ، فيزيد تبعا
لذلك الوزن الجزيئى للبروتين . وإذا أخذنا مثلا بروتينا مثل زلال البيض
فاننا نجد أنه يحتوى على ٣٠٠ أساسا إمينيا ، ويمكن من معرفة نوع هذه
الأحماض الإمينية وأوزانها الجزيئية أن نتوقع لجزيء مثل هذا البروتين
وزنا جزيئيا كبيرا للغاية . وقد قدر لزاين الذرة وزنا جزيئيا حوالى ٣٥,٠٠٠ ،
ولهيموجلوبين الدم حوالى ٦٨٠٠٠ ، وقد يصل الوزن الجزيئى لبعض
البروتينات إلى ٢٠٠,٠٠٠ .

والجدول الآتى يبين المقادير النسبية للأحماض الإمينية التى أمكن فصلها
من بعض البروتينات .

جدول — ٥ — المقادير النسبية للأحماض الأمينية التي أمكن فصلها من بعض البروتينات

الاحماض الامينية	كيرين البي	لاكتوبرو البي	أوفالوبرو البي	فستلين البعض	بيلابرو البي	جليادين القمح	جلوتادين القمح	ليجيو البسلة	أديستين	زايين الذرة
جلايسين	صفر	صفر	صفر	صفر	٢٥,٣	صفر	٠,٩	٠,٤	٣,٨	صفر
الأنين	١,٥	٢,٥	٨,٤	٠,٨	٨,٧	٢,٠	١,٧	٢,١	٣,٦	٩,٨
فالين	٧,٢	٠,٩	٠,٠	١,٩	٠,٠	٣,٤	٠,٢	٠,٠	٦,٢	١,٩
لوسين وايزولوسين	٩,٤	١٩,٤	١٥,٢	٩,٩	٧,١	٦,٦	٦,٠	٨,٠	٢٠,٠	٢٥,٠
سيرين	٠,٥	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٤	٠,٢	٠,٧	٠,٥	٠,٤	١,٠
فينيل الأنين	٣,٢	٢,٤	٥,٢	٢,٦	١,٤	٢,٤	٢,٠	٣,١	٣,١	٦,٦
تيروسين	٤,٥	٠,٩	٣,٢	٣,٤	٠,٠	١,٢	٤,٣	١,٦	٢,١	٣,٦
ستيرون	٠,٠	٠,٠	٠,٤	٠,٠	٠,٠	٠,٥	٠,٣	٠,٠	٠,٠	١,٠
ميثيلانولين	١,٤	٠,٠	٢,٥	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠
حمض اسبارايق	٤,١	١,٠	٦,١	٢,٢	٣,٤	٠,٦	٠,٩	٥,٣	٤,٥	١,٧
حمض جلوتاميك	٢١,٦	١٠,٠	٢٤,٠	١٣,٠	٥,٨	٤٣,٧	٢٣,٤	١٧,٠	١٨,٧	٢٦,٠
ايدروكسي جلوتاميك	١٠,٥	٠,٠	١,٤	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٢,٥
لايسين	٦,٠	٩,٢	٥,٠	٥,٤	٥,٩	٠,٢	١,٩	٥,٠	١٠,٦٥	٠,٠
هستين	٢,٥	٢,١	١,٤	١,٢	٠,٩	٠,٦	١,٨	٢,٤	٢,٢	٠,٨
أرجينين	٣,٨	٣,٢	٥,٤	٧,٩	٩,١	٣,٢	٤,٧	١١,٧	١٤,٢	١٥,٥
تريبتوفان	١,٧	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	١,٠	٠,٠	٠,٠	١,٥	٠,٠
برولين	٨,٠	٤,٠	٤,٣	٤,٢	١٩,٧	١٣,٢	٤,٢	٣,٢	٤,١	٠,٩
ايدروكسي بروتين	٠,٣	٠,٠	٠,٠	٠,٠	١٤,٤	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠
أمويا	١,٦	١,٣	٠,٠	١,٣	٠,٤	٥,٢	٤,٠	٢,١	٢,٣	٢,٦
الاجمالي	٨٧,٨	٥٧,٩	٧٢,٤	٥٣,٨	١٠٢,٥	٨٤,٠	٥٩,٧	٦٣,١	٨٩,٠٤	٩٤,١

٥ - الاحماض العضوية

تحتوى بعض الاغذية خصوصا الفاكهة والخضر على كميات محسوسة من الاحماض العضوية أو أملاحها الخضية . فالموالح والفراولة والبسلة والفاصوليا تحتوى على حمض الستريك بكميات متفاوتة ، إلا أن الموالح أكثرها احتواء عليه . كذلك يوجد حمض المالك بكمية كثيرة في التفاح كما يوجد في الموز والقرنبيط والعنب والكمثرى والموالح والطماطم . أما حمض الطرطريك فإنه يوجد بنسبة عالية في العنب كما يوجد في الخيار وفي البطاطس .

جدول - ٦ - يبين النسب المئوية لحمض الستريك والمالك في بعض الخضر والفاكهة

خضار	حمض ستريك %	حمض ماليك %	فاكهة	حمض ستريك %	حمض ماليك %
بامية	٠,٠٢	٠,١٢	برتقال	٠,٩٨	٠,٠٠
باذنجان	٠,٠٠	٠,١٧	تفاح	٠,٠٠	٠,٠٠
بصلة	٠,١١	٠,٠٨	تين	٠,٢٤	٠,٠٠
بصل	٠,٠٢	٠,١٧	جوافة	٠,٦٢	٠,٠٨
بطاطس	٠,٥١	٠,٠٠	جريب فروت	١,٢٣	٠,٠٠
بصلنج	٠,٠٠	٠,٢٠	خوخ بلدى	٠,٠٠	١,١٥
جزر أصفر	٠,٠٩	٠,٢٤	رمان	٤,٥٢	٠,٠٠
خرشوف	٠,١٠	٠,١٧	عنب	٠,٠٢	٠,٣١
سبانخ	٠,٠٨	٠,٠٩	فراولة	٠,٩١	٠,١٠
طماطم	٠,٢٠	٠,٢٠	كمثرى	٠,٢٤	٠,١٢
فاصوليا خضراء	٠,٠٣	٠,١٣	موز	٠,٣٠	٠,٤٠
قرنبيط	٠,٢١	٠,٢٩	مانجو	٠,٥٠	٠,٠٠
ليمون	٠,١١	٠,١٠	ليمون اثناليا	٣,٨٤	٠,٠٠
			عصير ليمون اثناليا	٦,٠٠	٠,٢٩

وعلى الرغم من أن الاحماض العضوية توجد في المواد الغذائية بنسبة ضئيلة كما يتبين من الجدول السابق، إلا أنها تلعب دورا هاما بما تحدثه من توازن بين الحموضة والقلوية في الجسم مما سيأتي شرحه. والاحماض العضوية في حالتها المتأينة تحكم النشاط البيولوجي في الخلايا الحية وتعمل على صيانة الكيان الغروي لها وهي في هذا أكثر اعتمادا على حموضتها الفعالة منها على كمية الاحماض الموجودة. وأيون الايدروجين هو المسئول عن خاصية الحموضة ولذلك كان قياس درجة تركيز أيون الايدروجين في المادة الغذائية أكثر دلالة على درجة حموضتها من تقدير الاحماض الموجودة بها باستخدام طريقة التنقيط Titration، ولما كان الماء النقي مادة متعادلة تتساوى فيها درجة تركيز أيون الايدروجين بد⁺ ودرجة تركيز أيون الايدروكسيل ابد⁻ (٠.٠٠٠٠٠٠٠١ جرام أيون لكل لتر)، فإن الماء يعتبر الحد الفاصل بين الحموضة والقلوية. إلا أن التعبير عن درجات تركيز أيون الايدروجين بأجزاء عشرية من الجرام لكل لتر يؤدي إلى صعوبة التمييز والمقارنة ويعرض للخطأ وقد توصل سورنسن Sørensen إلى استنباط طريقة مبسطة للتعبير عن قوة الحموضة باستخدام لوغاريتم مقلوب درجة تركيز أيون الايدروجين، وهو ما أصبح على التعبير عنه بالرمز pH

$$pH = -\log [H^+]$$

بمعنى أنه إذا كانت درجات تركيز أيون الايدروجين

١. ٠.١ جرام ايونات لكل لتر أى (١٠^{-١}) يكون رقم pH ١

٢. ٠.٠١ جرام ايونات لكل لتر أى (١٠^{-٢}) يكون رقم pH ٢

٣. ٠.٠٠١ جرام ايونات لكل لتر أى (١٠^{-٣}) يكون رقم pH ٣

ومن ذلك نتين أن رقم pH يزيد كلما قل تركيز أيونات الهيدروجين في المادة والعكس بالعكس ، فالمواد الشديدة الحموضة يكون رقم pH لها منخفضا ، أما المواد الضعيفة الحموضة فيكون رقم pH لها عاليا وهكذا إلى أن نصل إلى نقطة التعادل الماء النقي عند pH ٧ .

ويقع رقم pH للمواد الغذائية بين pH ٢ ، pH ٧ وقد يتعدى ذلك المجال قليلا — ورقم pH للدم بين ٧,٣ و ٧,٥ . والجدول التالي يبين أرقام pH لبعض المواد الغذائية :

جدول — ٧ — أرقام pH لبعض المواد الغذائية

رقم pH	المادة الغذائية	رقم pH	المادة الغذائية	رقم pH	المادة الغذائية
٣,٥-٣,١	فراولة	٧,٠-٦,٨	جيري	٤-٣	برتقال
٦,٠-٥,٠	فول جاف	٦,٠-٥,٠	خبز فرنجي	٦,٤-٥,٨	بصلة
٥,٤-٥,٢	كرب	٣,٤-٢,٤	خل	٣,٠-٢,٨	برقوق
٤,٠-٣,٦	كثري	٣,٦-٣,٤	خوخ	٥,٦-٥,٣	بطاطة
٥,٣-٥,٠	كوسة	٦,٥-٦,٠	دقيق أبيض	٦,٤-٦,٢	بلح
٦,٨-٦,٤	لبن بقرى	٦,٥-٦,٠	ذرة	٥,٦-٤,٩	بنجر
٧,٦-٦,٦	لبن الانسان	٣,٨-٣,٦	زيتون	٥-٤	بيرة
٥,٥-٥,٢	لفت	٥,٧-٥,١	سبانخ	٣,٣-٢,٩	تفاح
٢,٤-٢,٢	ليمون اخاليا	٦,٣-٦,١	سمك سالمون	٦,١-٥,٩	تونة
٢,٠-١,٨	بنزهر	٤,٤-٤,١	طماطم	٣,٣-٣,٠	جريب فروت
٣,٥-٣,٠	مخللات	٥,٤-٥,٠	سل-اود	٥,٢-٤,٩	جزر
٤,٠-٣,٥	مريبات	٤,٥-٣,٥	عنب	٣,٥-٣	جلى فواكه
٣,٨-٢,٨	نبيذ				

جدول ٨ — العلاقة بين درجات تركيز أيون الهيدروجين ورقم pH

جرامات أيون الهيدروجين لكل لتر من المحلول مضاعفات درجة الحوضة والقلوية بالنسبة للماء النقي	أرقام pH	لبعض المواد الشائعة
١٠٠٠٠٠٠٠٠	١٠	صفر
١٠٠٠٠٠٠	٩	١ — حمض كلورودريك
١٠٠٠٠٠	٨	٢ —
١٠٠٠٠	٧	٣ — حمض خلليك ليمون - بنجر ليمون - خوخ - جريب فورت
١٠٠٠	٦	٤ —
١٠٠	٥	٥ — طماطم - يوسفى - بيرة - مانجو بامية
١٠	٤	٦ — جزر - كرنب - كوسة - بنجر - لفت - فاصوليا خرشوف - هليون - قرنيط - - - - - بطاطه
١	٣	٧ — مانتقى سالمون - بسلة - دقيق - قمح لبن بقرى - جنبرى
١٠	٢	٨ — بلازما الدم
١٠٠	١	٩ —
١٠٠٠٠٠٠٠٠	١٣	١٣ —

ونظرا لأن هناك درجات تركيز كثيرة تقع بين كل درجتى تركيز متتاليتين فإن الجدول السابق لا يمكن أن يظهر المقارنة بين رقم pH ٦,٧ ورقم pH ٥,٢ مثلا ، والجدول الآتى يساعد في توضيح هذه المقارنة :

جدول ٩ — المكافئات التقريبية للمير في الحموضة

المكافئات التقريبية للتغير في الحموضة	مقدار التغير في رقم pH
١,٢٥ مرة	٠,١
١,٦٠ " "	٠,٢
٢,٠٠ " "	٠,٣
٢,٥٠ " "	٠,٦
٨,٠٠ " "	٠,٩
١٠,٠٠ " "	١,٠

وعلى ذلك يمكن مقارنة الحموضة بين القيمتين السابقتين كالآتى :

$$\text{الفرق في قيمة } pH = ٦,٧ - ٥,٢ = ١,٥$$

المكافئ التقريبى لفرق في رقم pH قدره ١ = ١٠ مرات

المكافئ التقريبى لفرق في رقم pH قدره ٠,٢ = ٢ مرة

المكافئ التقريبى لفرق في رقم pH قدره ٠,٢ = ١,٦ مرة

فتكون حموضة المحلول الذى يقيس pH ٥,٢ تساوى $١٠ \times ٢ \times ١,٦$

أى ٣٢ مرة قدر حموضة المحلول الذى يقيس pH ٦,٧

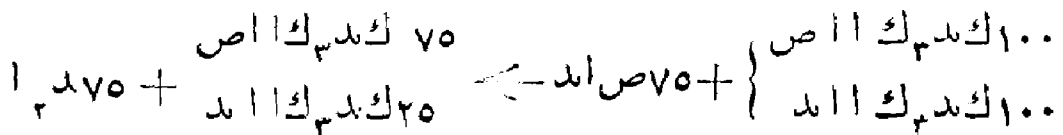
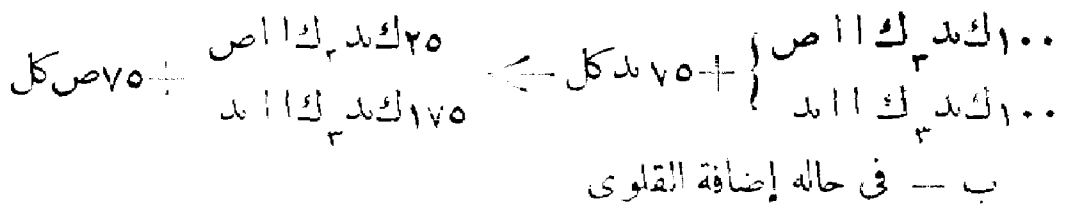
المعدلات Buffers

في معظم المحاليل البيولوجية رقم لا يتغير pH كثيرا حتى وإن ضيف إليها أحماض أو قواعد ، وذلك لاحتواء تلك المحاليل على مواد معدلة . وهذه المواد المعدلة عبارة عن مواد لها صفات تمكنها من منع أو مقاومة حدوث تغير في درجة التركيز الايونى

ويمكن تعريف المعدلات بأنها المواد التى تمنع حدوث تغيرات فجائية أو كبيرة في درجة تركيز أيون الأيدروجين للمحاليل إذا ما أضيفت

إليها أحماض قوية أو قواعد قوية ، فإضافة ١ مل من محلول $\frac{1}{10}$ بدكل إلى لتر من الماء كاف لتغيير رقم pH من ٧ إلى ٥ ، بينما لو أضيفت نفس الكمية إلى محلول يحتوى على خلاات الصوديوم وحمض خليك لآدى وجودهما إلى إعاقة تكوين أيونات الأيدروجين والكلوريد من حمض الكلورودريك ، أو بمعنى آخر فإنها يعملان كمعدلات فيؤثر حمض الكلورودريك على خلاات الصوديوم لانتاج حمض خليك ، وبذلك يزيد تركيز الحمض الأخير بعض الشيء ، وهو حمض ضعيف نسبيا لا يحدث غير زيادة طفيفة جدا في درجة تركيز أيونات الأيدروجين ، وتحدث هذه المعدلات نفس التأثير لو أضفنا إليها محلولاً من ايدروكسيد الصوديوم بدلا من حمض الكلورودريك . ويمكن تفسير فعل المعدلات كالآتي :

ا — في حالة إضافة الحمض



فإذا تحولت ٧٥٪ من خلاات الصوديوم إلى حمض خليك أو العكس نكون قد قاربنا الحد الذى تبدأ عنده سرعة التغيير في رقم pH. نتيجة لإضافة الحمض أو القلوى ، وأكثر المعدلات شيوعا هي ما كانت مزيجا من أملاح قواعد قوية ومن أحماض ضعيفة ، مثل خلاات الصوديوم مع حمض الخليك ، أو سترات البوتاسيوم مع حمض الستريك - أو الكربونات مع حمض الكربونيك ، أو الفوسفات مع حمض الفسفوريك. وقد تتكون المعدلات من أملاح القواعد الضعيفة وأحماض قوية. وتعتبر الكربونات والبيكربونات والفوسفات مع البروتينات من أهم المعدلات التى تقوم بتنظيم رقم pH في جسم الانسان .

٦ - المواد المعدنية

يقصد بالمواد المعدنية عادة العناصر غير العضوية الفلزية أو غير الفلزية - خلافاً للكربون - التي توجد في المادة الغذائية . وفي دراسة محتويات الغذاء من المادة المعدنية يذكر عادة ثمانية عناصر وهي الكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم والفوسفور والكلور والكبريت والحديد ، وهذه العناصر تقسم إلى قاعدية وحامضية ، فالصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والحديد تتبع المجموعة الأولى ، أما الفوسفور والكبريت والكلور فانها تتبع المجموعة الثانية . وقد أظهرت الابحاث أن هناك بعض العناصر النادرة مثل الكوبلت والنحاس والمنجنيز والزنك واليود بالرغم من وجودها على حالة آثار فإن لها أهمية خاصة في التغذية . وهناك بعض عناصر من هذه المجموعة لم تتحدد بعد أهميتها في التغذية وهي الألومنيوم والزرنيخ والبروم .

ويختلف مقدار العناصر غير العضوية التي يحتويها الغذاء تبعاً لنوع المادة الغذائية . ويختلف مقدارها في المواد الغذائية النباتية تبعاً لنوع التربة والسماد الخ... ويتفاوت مقدارها في رماذ المادة بين ١ ، ١٠٪ وهي أكثر وجوداً في السوق والأجزاء الورقية منها في البذور .

والاصل في المواد المعدنية للغذاء أن تكون في صورة أملاح غير عضوية مثل الكلوريد والكربونات والسلفات والفوسفات أو في صورة أملاح لاهاض عضوية مثل أملاح الطرطريك والستريك والماليك الخ... أو يكون مصدرها بعض المركبات العضوية للغذاء وعلى الاخص البروتينات التي تحتوي في أغلب الاحيان على عناصر غير عضوية متحدة مع جزئ البروتين . فهناك كما سبق أن ذكرنا أحماضاً مميزة خاصة تحتوي على الكبريت مثل السيستين والسستين والميثايونين ،

جدول — ١٠ — بعض المصادر العضوية للمواد المعدنية الهامة

العنصر	المركب		المادة التي تحتوى عليه
	الاسم	الرمز	
البوتاسيوم	الملح الحمضى لحم الطارديك	بوندك ؛ بد ؛ ا	العنب والخيار
	أملاح حمض الستريك	بو ؛ بدك ؛ بد ؛ ا	الفاكهة والخضر
	أملاح حمض المالبك	بوندك ؛ بد ؛ ا	الفاكهة والخضر
الكالسيوم	الملح الحمضى لحم الطارديك	كا (بدك ؛ بد ؛ ا)	العنب
	أملاح حمض الفايثيك	ك ؛ بد ؛ (كافوا) ؛	ردة القمح والشوفان الخ .
	كبريتات الكالسيوم	غير معروفة	اللبن
المغنسيوم	أملاح حمض الفايثيك	ك ؛ بد ؛ (مغ فوا) ؛	ردة القمح والشوفان الخ .
	الكلوروفيل	ك ؛ بد ؛ مغ ؛ ا	النباتات الخضراء
الحديد	الهيماتين	ك ؛ بد ؛ ح ؛ ا	هيموجلوبين
الكبريت	البيستين	ك ؛ بد ؛ ك ؛ ا	البروتينات
	الجلوتالينون	ك ؛ بد ؛ ك ؛ ا	أنسجة الحيوان
	الانسيولين	ك ؛ بد ؛ ك ؛ ا	هرمون يفرزه الاثنى عشر
	كلوريد الشيامين (فيتامين B)	ك ؛ بد ؛ ك ؛ ا	الخميرة
	ايزوثيوسيانات الالابل	ك ؛ بد ؛ ك ؛ ا	المستردة والبصل
	كبريتور الالابل	(ك ؛ بد ؛ ك ؛ ا)	الثوم الفجل السكرنب اللفت
الفسفور	البيثينات	ك ؛ بد ؛ فوا ؛ ا	صفار البيض الخ
	السفالينات	ك ؛ بد ؛ فوا ؛ ا	الدم
	احماض النوكلييك	ك ؛ بد ؛ فوا ؛ ا	الانسجة النووية مثل النيموسر
	بروتينات فسفورية	غير معروف	صفار البيض واللبن
	حمض الفيتيك	ك ؛ بد ؛ (فوا) ؛	ردة القمح والشوفان الخ .
	فوسفات الكرياتين	ك ؛ بد ؛ فوا ؛ ا	العضل
اليود	الثيروكين	ك ؛ بد ؛ ي ؛ ا	هرمون تفرزه الغدة الدرقية
النحاس	الهيموسيانينات	غير معروف	بروتينات التنفس للحيوانات السفلى
الزنك	أنهيدراز السكربونيك	غير معروف	خلايا الدم الحمراء

كذلك يدخل الحديد في تركيب بعض البروتينات مثل هيماتوجين صفار البيض ومثل هيموجلوبين الدم . كما انه يوجد في الاجزاء الخضراء من النبات وفي أغلفة الحبوب ، وهناك بروتينات خاصة تحتوى على الفوسفور بكميات وفيرة كأشوااع البروتينات الفسفورية (الفسفوبروتينات) مثل فيتلين صفار البيض وكيزين اللبن وتعتبر اللحوم والبقوليات مصادر غنية له ، ويوجد الفسفور أيضا على صورة متحدة في بعض الليبيدات (الفسفوليبيدات) مثل الليسيثينات والسيفالينات .

أما الكالسيوم فانه يوجد على حالة كيزينات الكالسيوم في اللبن والجبن بكميات وفيرة . ويدخل المغنيسيوم في تركيب الكلوروفيل في النبات ، والجدول رقم (٨) يبين بعض المصادر العضوية للمواد المعدنية الهامة .

وإذا استثنينا من العناصر السابقة عنصرى الصوديوم والكلور الذين نحصل عليهما دائما في صورة ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) بكميات وافية، فان باقى العناصر نتحصل عليها أساسيا من الغذاء . ويحتوى الغذاء على هذه العناصر بنسب تتغير تبعالعوامل كثيرة كالصنف والتربة والسماذ والرأى الخ... ولذلك فان الارقام التى تدل عليها التقديرات الكمية لهذه العناصر فى المواد الغذائية لا يمكن الركون اليها فى كل حالة ، ولا بد عند استخدام هذه الارقام فى التدليل على تركيب غذاء ما من الاطمئنان إلى تماثل الظروف فى كل حالة ، فمثلا عند تقدير الكالسيوم فى السكرنب نجد أن هناك فارقا كبيرا جدا بين كميته فى الجزء الأخضر وفى الجزء الأبيض منه كما أن حبوب القمح الكاملة تحتوى على كميات كبيرة من هذه العناصر تزيد كثيرا عن كمياتها فى الدقيق الأبيض لهذه الحبوب . ولذلك كان من الضرورى أن ينص فى تلك الجداول على زيادة من البيانات التى تتصل بنوع المادة الغذائية وحالتها .

والجدول التالى يبين لنا مقارنة بين القمح الكامل واللبن الحليب من حيث احتوائهما على المواد المعدنية ، كما يظهر لنا مقدار ما يحدث من فقد عند تحويل حبوب القمح الكامله إلى دقيق أبيض ، مما يجعل ردة القمح غنية فى المادة المعدنية :-

جدول - ١٢ - نسب العناصر المعدنية فى بعض المواد الغذائية

ح . %	ب . %	كل . %	فو . %	ص . %	بو . %	مغ . %	كا . %	
٠,٠٠٠٠٦	٠,٠١٧٥	١,٠٨٨	٠,٣٤٢	٠,١٠٦	٠,٠٤٠٩	٠,١٦٣	٠,٠٥٥	حبوب القمح الكاملة
٠,٠٠٠١٢	٠,١٥٥	٠,٠٧٩	٠,٠٩٦	٠,٠٥٣	٠,١٣٧	٠,٠٢١	٠,٠٢١	دقيق القمح الأبيض
٠,٠٠٠٠٤	٠,٢٤٥	٠,٠٤٢	١,٠٤٣	٠,٠٠٧	١,٠٢٥	٠,٠٤٢	٠,٠٦٥	ردة القمح
٠,٠٠٠٠٢٤	٠,٠٣١	٠,١١٤	٠,٠٨٨	٠,٠٤٧	٠,٠٢٩	٠,٠١٩	٠,١٢٣	اللبن الحليب

ويجب أن نفهم جيدا أن مجرد احتواء المادة على كميات كبيرة من بعض العناصر مثل الكالسيوم أو الحديد لا يكون كافيا للحكم على قيمتها الغذائية، فلا بد من الاطمئنان إلى أن هذه العناصر توجد فى الصورة التى يمكن للجسم الاستفادة منها . فهناك مثلا بعض الاغذية الغنية فى الكالسيوم قد تحتوى على كميات من حمض الاكساليك تمنع الجسم من الاستفادة بهذا العنصر فتكون بذلك فى حكم الاغذية الفقيرة فيه . وسيأتى الكلام عن هذه الناحية باسهاب فيما بعد .

ومن الناحية العملية تقارن المواد الغذائية من حيث احتوائها على العناصر المعدنية على أساس نسبي فتذكر عادة المصادر الممتازة أو الجيدة لكل عنصر فيها .

الكالسيوم - تعتبر الخضراوات واللبن والجبن والبقول وصفار البيض والغسل الاسود من الأغذية الغنية في الكالسيوم ، بينما تعتبر الحبوب مثل الذرة والارز والقمح وكذلك اللحم فقيرة في هذا العنصر .

الحديد - يوجد بكثرة في البسلة الجافة والفاصوليا الجافة والاوراق الخضراء وفي اللحوم وخصوصا الكبد وفي الاسماك وصفار البيض ، بينما يعتبر الدقيق والفواكه الطازجة واللبن وبيض البيض فقيرة فيه .

الفسفور - تمتاز الحبوب والبقول بغناها في هذا العنصر ، كما يوجد بوفرة في اللبن والبيض واللحوم . وتحتوى الخضراوات على ضعف ما تحتويه الفاكهة من الفسفور . وتزيد نسبته بصفة عامة في الأغذية البروتينية .

النحاس - يوجد في اللحم وخصوصا في الكبد والاسماك بنسبه عالية ، ويعتبر اللبن فقيرا في هذا العنصر .

اليود - تختلف مقدار ما تحتويه الأغذية منه تبعا لطبيعة التربة ، وأغنى أنواع الأغذية في هذا العنصر هي الأغذية البحرية كالأسماك والمحار الخ ...

الكبريت - تعتبر المواد البروتينية أغنى أنواع الأغذية في هذا العنصر ، فهو يوجد بكثرة في الجبن والبقوليات واللحم وبيض البيض

المغنسيوم - يوجد بوفرة في الخضراوات والفواكه وفي اللبن ، وهو يوجد في جزئ الكالسيوم وفيل بنسبة ٤٢ ٪ .

البوتاسيوم - هو أكثر وجودا في الأنسجة النباتية منه في الأنسجة الحيوانية وتعتبر الفواكه والخضراوات مصادر غنية فيه ، وهو يوجد في الأغذية على حالة فوسفات ومالات وسترات وطرطرات الخ

المواد الملونة الطبيعية

لل مواد الملونة أهمية خاصة بالنسبة للمواد الغذائية إذ أنها تكسبها ألواناً مميزة جذابة ، وقد تحدث لهذه المواد الملونة تغيرات غير مرغوبة نتيجة تعرضها لعوامل مختلفة طبيعية أو بيولوجية أو كيميائية ، ولذلك كان من الضروري دراستها دراسة تفصيلية وأهم المواد الملونة الرئيسية التي توجد في الطبيعة هي :

أولاً الكلوروفيلات :

هي المادة الخضراء الملونة للنباتات والتي يعتمد عليها النبات في عملية البناء المعروفة بالتثيل الضوئي ، وتوجد مادة الكلوروفيل في الخلايا على سطح البلاستيدات المسماة بالكلوروبلاستيدات حيث يمكنها امتصاص أكبر كمية من الضوء أثناء النهار .

وهناك نوعان من الكلوروفيل :

١ — ألفا كلوروفيل α - Chlorophyl ورمزه ك. ب. د. ٧٢ ا. ز. مع

٢ — بيتا كلوروفيل β - Chlorophyl ورمزه ك. ب. د. ٧٠ ا. ز. مع

وكلاهما غير متبلور أى غير مقرر الشكل « Amorphous » ، عديم الذوبان في الماء وهناك احتمال لوجودهما في الخلية على حالة غروية وعلى هذه الصورة يكون اتصالهما بما يحيطهما من سوائل الخلية . وتختلف درجة ذوبانهما في المذيبات العضوية ، كما أن لهما خاصية الأشعاع الضوئي Fluorescence ، وليس لهما خاصية حمضية ولا قاعدية .

وتحدث الفاويات انحلالاً مائياً للكلوروفيل تكون نتيجته تكون

مركبات تختلف في نوعها تبعاً لدرجة تركيز القلويات المستعملة . وتميل نواتج الانحلال في أغلب الأحيان إلى اللون البني أما القلويات المخففة جداً فإنها قد تحفظ اللون الأخضر للكوروفيل . أما الأحماض فإنها في تأثيرها على الكلوروفيل تؤدي إلى انفصال المغنسيوم وإحلال الأيدروجين محله ، ويكون نتيجة ذلك تكون مركبات تسمى فيتينات Phytins تختلف في تركيبها تبعاً لمدى انحلال جزيء الكلوروفيل ، ويصحب تأثير الأحماض حتى المخففة جداً تغيير في اللون الأخضر إلى لون زيتوني كما يحدث في التخمر اللبكتيكي عند عملية التخليل .

ويؤدي التأكسد الشديد للكلوروفيل إلى تغيير لونه إلى الأصفر الباهت ويساعد على اختفاء اللون الأخضر وجود الضوء ، وهو ما يحدث للكثير من الأوراق الخضراء وسيقان القمح إذا ما جمعت وعرضت للهواء والشمس . ولا يقتصر وجود الكلوروفيل على النباتات الخضراء بل يوجد أيضاً في ثمار الفاكهة قبل تمام نضجها ، ويختفي هذا اللون في معظم الفواكه تدريجياً كلما قربت من النضج ، وقد يستمر بقاءه في البعض الآخر . ويؤدي في الكلوروفيل إنزيم خاص يسمى بالكلوروفيللاز Chlorophyllase ويؤدي إلى انحلاله انحلالاً مائياً إلى كحول وفيتول Phytol وكلوروفيللايد chlorophyllide .

ثانياً الكاروتينويدات Carotinoids

هي مثل الكلوروفيل صبغات نباتية توجد في البلاستيدات ووظيفتها في النبات غير معروفة تماماً ، وهي عديمة الذوبان في الماء ولكنها تذوب في الدهون ومذيبات الدهون . وهي منتشرة انتشاراً واسعاً في الخضار والفاكهة ، وأهم الأمثلة عليها الكاروتين Carotene وهو الصبغة التي

تعطى الجزر لونه الأصفر. والليكوبين Lycopene وهو الصبغة التي تجعل الطماطم حمراء اللون .

١ - الكاروتين Carotene

هو احدى الصبغات الطبيعية التي توجد في الاوراق الخضراء ، وتوجد في الجزر بكميات كبيرة ، وهي تكسب الدهن الحيواني لونا ظاهرا اذا ماتغذت الحيوانات على موارد غنية فيه ، وهو يتحول داخل جسم الحيوان الى فيتامين A ، ورمز الكاروتين ك. ، يد. ، ويوجد على ثلاث صور الفا وبيتا وجاما ، وسيأتى الكلام عنها تفصيلا في موضوع الفيتامينات . والكاروتين سريع التأكسد ويؤدى تاكسده فى المواد الغذائية الى تلف فى قيمتها الغذائية كمصدر لفيتامين A وهو مركب غير مشبع ، ولذلك فإنه يكون مركبات إضافية مع اليود والبروم .

ب - الليكوبين Lycopene :

يشبه الكاروتين فى التركيب isomer ك. ، يد. ويختلف عن البيتاكاروتين B - carotene فى ان نهايتى سلسلة الكربون التى تكون الجزىء فيه مفتوحتان ، لذلك لا يعطى الليكوبين بانحلالة فى الجسم فيتامين A . ويوجد الليكوبين فى الطماطم مع الكاروتين ، الا ان الصبغة الصبغة الحمراء تطفى على اللون الاصفر للكاروتين . وتوجد هذه الصبغة ايضا فى البطيخ والمشمش والكاكي . وصبغة الليكوبين سريعة التأكسد ايضا ، ويساعد على تاكسدها فى منتجات الطماطم وجود املاح النحاس والحديد ، مما يؤدى الى تغير لونها الى اللون البنى الداكن .

ج - كاروتينويدات اخرى .

اهم هذه المجموعة الزانثوفيللات Xanthophylls وهى مركبات مشتقة

من الكاروتين والليكوبين مثل ايدروكسى وميثوكسى وكيتوالخ ... ، وتركيبها الكيميائى كـ β - كـ او كـ β - كـ وهى توجد فى الذرة عن جزىء الكاروتين أو الليكوبين بذرتين من الأكسجين ، الا ان أكسدة الكاروتين فى المعمل لا تعطى زانثوفيل .

والزانثوفيلات اكثر ذوبانا فى الكحول من الكاروتين كما تذوب فى إثير البترول وأشهر الزانثوفيلات الصبغات الآتية :

صبغة كريبتوزانثين Kryptoxanthin

ورمزها كـ β - كـ او كـ β - كـ وهى توجد فى الذرة الصبرام واليوسفى .

صبغة الكابازانثين Capaxanthin

ورمزها كـ β - كـ وهى المساءة الحمراء الملونة للفلفل الاحمر

صبغة الزيازانثين Zeaxanthin

ورمزها كـ β - كـ (ا كـ) ، وتوجد فى الذرة وفى عدد من المواد النباتية كما توجد أيضا فى صفار البيض ومن بين هذه الصبغات الثلاث ينتج فيتامين A عن انحلال الكريبتوزانثين فقط .

أنثوسيانينات Anthocyanins :

وهى الصبغات الحمراء والزرقاء والبنفسجية القابلة للذوبان فى الماء والتي توجد فى الزهور والثمار والاوراق ، ويقصر ثانى اكسيد الكبريت لونها مؤقتا فى معاملة الثمار به وقت تجفيفها أو عند إضافته للعنب فى تحضير النبيذ ، وعند التخلص من ثانى اكسيد الكبريت يعود اللون

ثانيه ، وكمية قليلة من ثنائي اكسيد الكبريت تحمي صبغات الانثوسيانين من التأكسد ومن تغير لونها الى اللون البنى

والمعاملة الحرارية لمدة طويلة تتلف لون الانثوسيانين فى عصير الفواكه المحفوظ وفى الفاكهة المحفوظة فى العلب .

ويؤدى وجود أملاح القصدير أو الحديد التى تذيبها الفواكه المحفوظة فى تفاعلها مع معدن الصفيح الى ترسيب الانثوسيانين أو تغير لونه الى الزرقة ، وتساعد هذه الصبغات بوصفها عوامل مساعدة فى التآكل المعدنى للعلب الصفيح ، وعلى ذلك فهى تساعد على إحداث الانتفاخ الايدروجينى فيها وظهور الثقوب على جدرانها .

ويكون لون هذه الصبغات أحمر فى المحاليل الحمضية القوية ، ولذلك يمكن صيانة لون البنجر بإضافة عصير الليمون ، أما فى المحاليل القلوية فيكون لون هذه الصبغات أزرق . ومع ذلك فإن اضافة القلويات الى عصير الفاكهة الاحمر تغير لونه الى الاخضر بدلا من الازرق ، ويرجع ذلك الى أثر الفلافونات وهى صبغات اخرى توجد فى نفس العصير .

وعند حدوث التأكسد فى الفاكهة او فى العصير يتغير اللون من الاحمر البنفسجى الى الاحمر الطوبى ثم يتجه نحو اللون البنى وهذا هو سبب تغير لون النبيذ إلى البنى عند قدمه .

وتوجد الانثوسيانينات على حالة جلوكوسيدات وطالما كانت على هذه الصورة فإنها تكون قابلة للذوبان فى الماء ، وهى توجد فى دور النضج لبعض الثمار كالنتفاح والبرقوق والكريز والعنب ، وعند الانحلال المائى لها ينفصل السكر (وهو فى العادة جلوكوز أو رافينوز أو جلاكتوز أو مزيج من اثنين منها) ويترك مركبا اسمه انثوسيانيدى وهو عديم الذوبان فى الماء .

الفلافونيات والفلافونويدات Flavons & Flavonols

هي مركبات صفراء او عديمة اللون منتشرة في انسجة النبات بما فيها الثمار ، وعندما تتحول الوان الازهار البيضاء الى اللون الأصفر الغامق بمعاملتها بقلوى كالأمونيا او ايدروكسيد الصوديوم يكون هذا التفاعل دليلا على وجود الفلافونيات او الفلافونولات أو أى مركب من المشتقات الفينولية ، وهي توجد في بعض الخضرا كالكرنب والبصل والقرنبيط .

الليوكرومات او الفلافينات : Flavins

هي مواد صفراء تميل الى الخضرة وتوجد في الكبد والبيض واللبن كما توجد في بعض النباتات .

التانينات Tannins

هي مركبات عضوية تمتاز بطعمها القابض Puckery ومذاقها اللاذع نوعا ، وهي تترسب باضافة بعض البروتينات مثل الجيلاتين . والتانينات هي التي تكسب النبيذ الاحمر مذاقه الخاص وتجعل مذاق البالح والكاكي قابضا ، ويقل هذا المذاق القابض بزيادة النضج او بالطبخ ، وربما كان السبب في ذلك هو حدوث التضاعف Polymerization أو اكسدة الاثنين معا . ويعطى التانين لونا اخضر أو مائلا للزرقة مع محلول مخفف من كلورور الحديد ، ولو انه لا يمكن الاعتماد على هذا التفاعل بوصفه طريقة اختبار له ، اذ ان هناك مركبات اخرى في النبات تحدث نفس التأثير . والتانينات توجد بكثرة في بذور العنب

وتذوب التانينات في الماء والكحول والاسيتون والهايدريدن وهي عديمة الذوبان في مذيبات الدهون كاللاثير والكلوفورم . وتمتاز بترسيبها للجلياتين وتحليلها للبروتينات الموجودة في الجلود عند الدباغة . والتانينات

لاذعة سريعة التأكسد وتعطى رواسب ذات ميزات خاصة اذا اضيفت اليها املاح بعض المعادن الثقيلة ، وهي فينولات عديدة الايدروكسيل ، وهو ما يفسر تفاعلها مع املاح الحديد كما انها تترسب باضافة بعض اشباه القلويات alkaloids عليها

وقد تؤدي التانينات وظيفة المادة المؤثر عليها Substrate لانزيم الاكسيداز ، فالجوز الاخضر Walnut يسود لونه بتعرضه للهواء ، وهو معظم السبب في اسوداد التفاح . ومن انواع التانينات ما يأتى .
تانين البايروجالول Pyrogallol Tannin : ويعطى لونا ازرق مع كلورور الحديدك .

تانين البيروكاتيكول Pyrocatechol Tannin : ويعطى لونا اخضر مع كلورور الحديدك ، وقد درس العلماء التانينات وقسموها عدة اقسام لا يتسع المقام هنا لدراستها بالتفصيل .

٨ - الفيتامينات

وهي مركبات عضوية توجد في المواد الغذائية بنسب متفاوتة وبكميات ضئيلة جدا . إلا أنه على الرغم من ضآلة مقدارها فقد أثبت انعلم أهميتها الحيوية في التغذية لأنها تعتبر عوامل بيولوجية مساعدة يؤدي غيابها أو عدم كفايتها في الغذاء إلى اضطراب العمليات الحيوية في الجسم أو الإصابة بأمراض غذائية خاصة .

وعندما توصل العالم كازمير فونك Casimir Funk سنة ١٩١٢ إلى استخلاص المادة الفعالة في الأرز أراد أن يعبر عن أهميتها للحياة Vita، ولما وجد أن المادة التي فصلها تحتوي على النتروجين في مجموعة الأمين Amine أطلق على هذه المادة إسم فيتامين Vitamine . إلا أن دراموند Drummond سنة ١٩٢١ لاحظ أن بعض الفيتامينات لا تحتوي على عنصر النتروجين، ولذا رأى حذف حرف e من كلمة Vitamine مراعاة للدقة في التعبير مع الاحتفاظ بالاسم القديم . ورمز لها بالحروف الابجدية A ، B ، C الخ . وقد توصل العلم في ربع القرن الأخير إلى معرفة التركيب الكيماوى لها ، وحل الإسم الكيماوى لكل فيتامين محل اسمه الرمضى .

ونظرا لأن الفيتامينات لا تنتمى جميعها لإحدى المجموعات المعروفة من المركبات العضوية فإنه كان من الصعب تعريفها على أساس تركيبها الكيماوى . فبعضها أحماض سكر Sugar acids وبعضها ستيرولات وبعضها يحتوى على عنصر النتروجين والبعض الآخر خال منه تماما . وهي تختلف في تأثيراتها النوعية كما أنها تتباين في مدى تأثيرها بالعوامل الطبيعية والكيماوية المختلفة كالحرارة والأكسجين والأحماض والقلويات وغيرها .

وأهم الفيتامينات المعروفة والتي أمكن فصلها وتمييزها حاليا هي : —

فيتامين A_1 ، A_2 - وهي يعتبر من الناحية الكيميائية كاروتين منشط، ويسمى الفيتامين أحيانا بالفيتامين المانع لمرض جفاف ملتحمه العين (الزيروفثالميا) .
مركب فيتامين B المعقد ويشمل :

فيتامين B1 ويسمى بالثيامين Thiamine أو كلوريد الثيامين ويطلق عليه أحيانا الفيتامين المضاد لالتهاب الأعصاب أو المانع للبري بري .

فيتامين B2 أو G واسمه الكيميائي الريبوفلافين Riboflavin .
حمض النيكوتينيك Nicotinic Acid أو اميد النيكوتينيك Nicotinic amide
أو النياسين Niacin ويسمى أحيانا فيتامين P.P.F أى المانع للبلاجرا
حمض البانتوثنيك Pantothenic acid أو العامل المترشح .
فيتامين B_6 واسمه الكيميائي بيريدوكسين Pyridoxine بيريدوكسين .

• البيوتين Biotin .

• حمض بارامينو البنزويك .

• الاينوسيتول .

• الكولين Choline .

• حمض الفوليك Folic acid .

فيتامين B_{12} Anti Pernicious Anemia Factor . أو الفيتامين المانع للانيميا الخبيثة .

فيتامين C واسمه الكيميائي حامض الاسكوربيك Ascorbic Acid ويسمى أحيانا بالفيتامين المضاد للاسقربوط .

فيتامين D واسمه Calciferol أو γ ديهيدرو كوليستيرول
7 . Dehydro Cholesterol ويسمى أحيانا الفيتامين المضاد للكساح

فيتامين E واسمه الفاتوكوفيرول Alpha-tocopherol ويطلق عليه أيضا اسم

الفيتامين المضاد للعقم

فيتامين K وهو عبارة عن مركبات نفثوكوينون Naphthoquinone compounds ، ويسمى مستحضره بالميناديون Menadione وهو الفيتامين الذى يتعلق بتجلط الدم .

فيتامين P واسمه الكيمائى Eriodyctiol وهو العامل الضابط للانتشار الغشائى للاوعية الدموية .

وسنقتصر فى هذا المجال على مناقشة أهم هذه الفيتامينات وتركيبها وصفاتها ومدى انتشارها فى الطبيعة .

وقد أمكن تقدير الكثير من هذه الفيتامينات فى المواد الغذائية ، واستخدمت فى ذلك طرق ضوئية أو كيميائية أو بيولوجية . وقد كان كل باحث يضع لنفسه حتى عهد ليس ببعيد وحدات قياسية خاصة به ، مما جعل مقارنة المواد الغذائية ببعضها من حيث احتوائها على الفيتامينات من الأمور الصعبة .

وقد رأى قسم التغذية بعصبة الأمم الاتفاق على توحيد وحدات القياس ، وتم الاتفاق على استخدام وحدة دولية حدد مقدار ما تساويه من الوحدات الوزنية من كل فيتامين كالاتى .

الوحدة الدولية من فيتامين A = ٠.٠٠٠٠٦ ملليجرام بيتاكاروتين

والوحدة الدولية من فيتامين B1 = ٠.٠٠٠٣ ملليجرام ثيامين

والوحدة الدولية من فيتامين C = ٠.٠٠٥ ملليجرام حمض اسكوربيك

والوحدة الدولية من فيتامين D = ٠.٠٠٠٠٠٢٥ ملليجرام كالسيوم

ولازالت تستخدم إلى جانب الوحدة الدولية حتى الآن وحدات أخرى أهمها وحدة Sherman—Berquin لقياس فيتامين B2 وهى تساوى ٠.٠٠٠٢٥ ملليجرام

وفيتامين A يذوب في الدهون ومذيباتها ولكنه لا يذوب في الماء . ولا يتأثر بالحرارة أو الخوض في القلوية ، إلا أنه حساس للضوء الذي يساعد على تأكسده في وجود الهواء .

وبعض الصبغات الغذائية تعطى عند انحلالها في الجسم (في الكبد) كميات مختلفة من فيتامين A ، وتسمى المركبات التي تعطى الفيتامين نتيجة لانحلالها بمكونات أو مقدمات الفيتامين Provitamins ، وجميعها تذوب في الدهون ، وهي توجد في أغلب الأحيان متحدة بصورة معقدة مع البروتين . وتعتبر المادة الغذائية الغنية في هذه الصبغات غنية بالفيتامين . وتعتبر الأغذية النباتية ذات اللون الأصفر والأخضر مصدرا لمكونات الفيتامين لا مصدرا للفيتامين نفسه . أما الأغذية الحيوانية كاللبن والبيض فإنها تعتبر مصدرا للفيتامين نفسه كما هي مصدر لمكوناته — وذلك لأن الحيوانات لها القدرة على تكوين هذا الفيتامين وتخزينه .

والصبغات الكثيرة الوجود في الأغذية والتي ثبت حتى الآن أنها تعطى فيتامين A عند انحلالها في الجسم هي : —

أ — الكاروتين (من مجموعة الكاروتينويدات Carotenoids) .

ب — الكريبتوزانثين (من مجموعة الزانثوفيللات)

والكاروتين هو الصبغة المسؤولة عن اللون الأصفر لبعض الأغذية مثل الجزر الأصفر ، الذي يحتوى على هذه الصبغة بكمية كبيرة وهناك صبغات أخرى تحجب اللون الأصفر في الأغذية الملونة كالخضر الخضراء والثمار ومن أمثلة هذه الصبغات صبغة الليكوبين التي تلون الطماطم باللون الأحمر وصبغة الكلوروفيل في السبانخ أو الملوخيا أو الفاكهة الخضراء .

ورمز الكاروتين ك . هـ ، وهو مركب غير مشبع ويوجد في الأغذية

على ثلاث صور وهى الفا كاروتين ، بيتا كاروتين ، جاما كاروتين . ويمتاز الجزىء فى البيتا كاروتين بأنه يحتوى على جزئين من فيتامين A بينما يحتوى على كل من الالفا كاروتين والجاما كاروتين على جزىء واحد من الفيتامين .

وكذلك يحتوى الكريبتوزانثين على جزىء واحد من فيتامين A . ويمكن فهم ذلك من مقارنة العلامة البنائية لكل منها بالعلامة البنائية للفيتامين .



ويحتوى الكويبتوزانثين على مجموعة ايدروكسيل فى جزئيه وينسب لهذه الصبغة اللون الأصفر للذرة الصفراء التى تعتبر من بين سائر الحبوب مصدرا جيدا لفيتامين A .

وتنتقل هذه الصبغات الهامة إلى الأغذية الحيوانية بتغذى الحيوانات على مواد نباتية غنية فيها مما يكسب بعض الأغذية الحيوانية اللون المصفر الباهت الذى يمكن ملاحظته فى دهن اللبن وفى صفار البيض وغيرها ، ولو ان الفيتامين التى نفسه عبارة عن مادة زيتية عديمة اللون .

ومما سبق يتبين أن هذا الفيتامين إلى جانب وفرة في زيوت كبد الأسماك فان الخضر الصفراء والفواكه الصفراء وكذلك الخضر الخضراء والكبد واللبن الكامل ومنتجاته وصفار البيض تعتبر من مصادره الغنية .

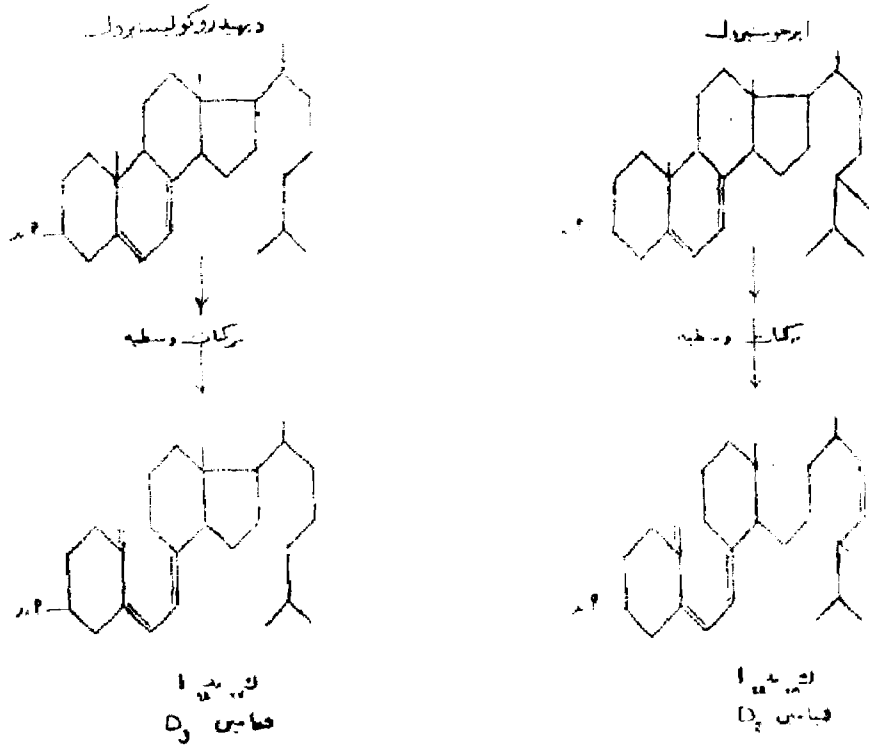
مجموعة فيتامين D

يوجد هذا الفيتامين في صورته النهائية في الحيوان فقط إلا أن مكوناته أو مقدماته Provitamins توجد في النبات والحيوان على السواء . ومن المعتقد أن هناك نحو عشرة مركبات مختلفة من فيتامين D توجد في زيت كبد الحوت ، إلا أن لاثنتين منها أهمية خاصة من الناحية العلمية وقد أمكن فصلهما في حالة نقية وهما D_2 ، D_3 (ولا يوجد فيتامين باسم D_1 لأنه تبين أن هذا الرمز كان قد أطلق خطأ على مركب إضافي لفيتامين D_2)

ويسمى فيتامين D_2 كالسيفيرول Calciferol وهو الصورة النشطة لمركب الايرجوستيرون Ergosterol الذي سبق الكلام عنه في موضوع الالبيدات والذي يعتبر مقدماً للفيتامين Provitamin . وهذه المجموعة من الفيتامينات شديدة الاحتمال للحرارة كما أنها تقاوم عملية الأكسدة ، كما أن والتفاعل الحمضي عند تأكسد الدهن يتلف التأثير البيولوجي لهذا الفيتامين .

ويسمى فيتامين D_2 في الصورة غير النقية فيوستيرون Viosterol وهو عبارة عن محلول الكالسيفيرول في الزيت ، أما فيتامين D_3 فهو الصورة المنشطة للاستيرون الحيواني ٧ - ديهيدروكوليستيرون Dehydrocholesterol - 7 وهو أيضاً المادة التي تتكون في الجلد والتي توجد في زيت كبد الأسماك . وتعتبر كل من الايرجوستيرون والديهيدروكوليستيرون من الناحية الكيميائية مشتقات بسيطة للاستيرولات إلا أنها تزيد عنها برابطة مزدوجة إضافية ، وهي لا تذوب

في الماء ولكنها تذوب في المذيبات العضوية مثل الاثير والايدروكربونات والدهون . ويمكن تنشيطها وتحويلها إلى الصورة النهائية للفيتامين بتعريضها للأشعة فوق البنفسجية ، إلا أنها قبل ان تصل إلى هذه الصورة النهائية تتحول أولاً إلى مركبات وسطية .

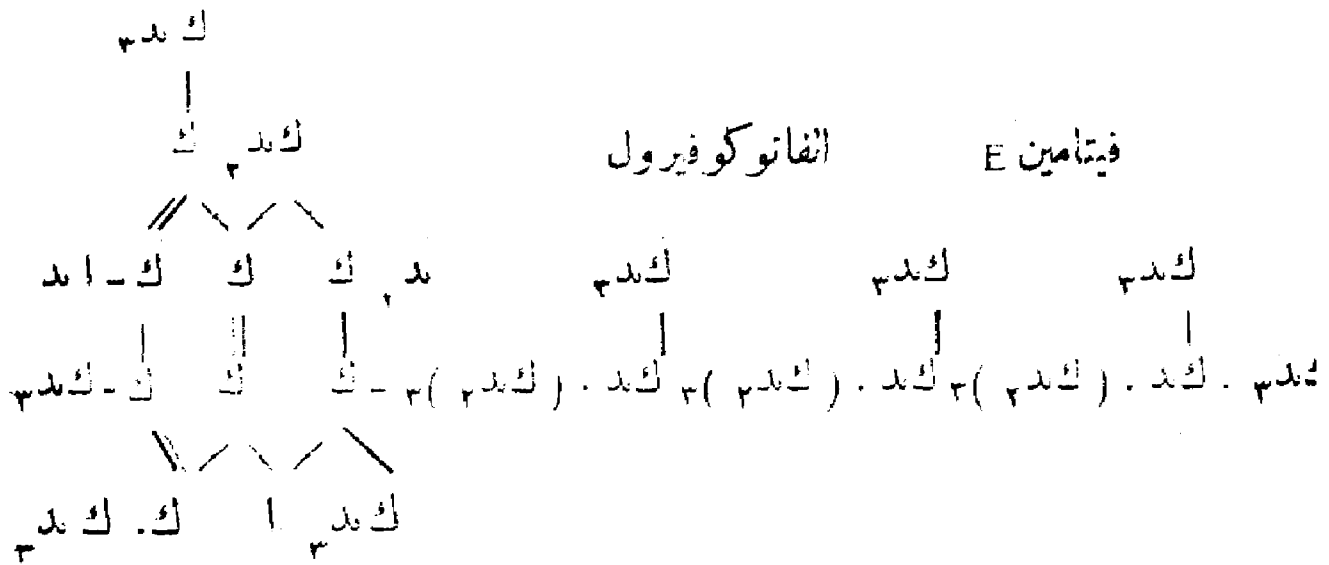


ويعتبر زيت كبد الاسماك غني بمصدر لهذا الفيتامين ومن أنواعه زيت كبد الهالبيوت وزيت كبد الحوت ، كما يوجد الفيتامين بكمية كبيرة في الزيت الموزع في جسم الاسماك مثل سمك السالمون والرنجة ويوجد أيضاً في صفار البيض وفي الزبدة .

مجموعة فيتامين E

يكاد يقتصر وجود هذه الفيتامينات على المملكة النباتية ، وقد أمكن فصل ثلاثة مركبات مختلفة لفيتامين E من مصادر طبيعية ويعتقد بوجود

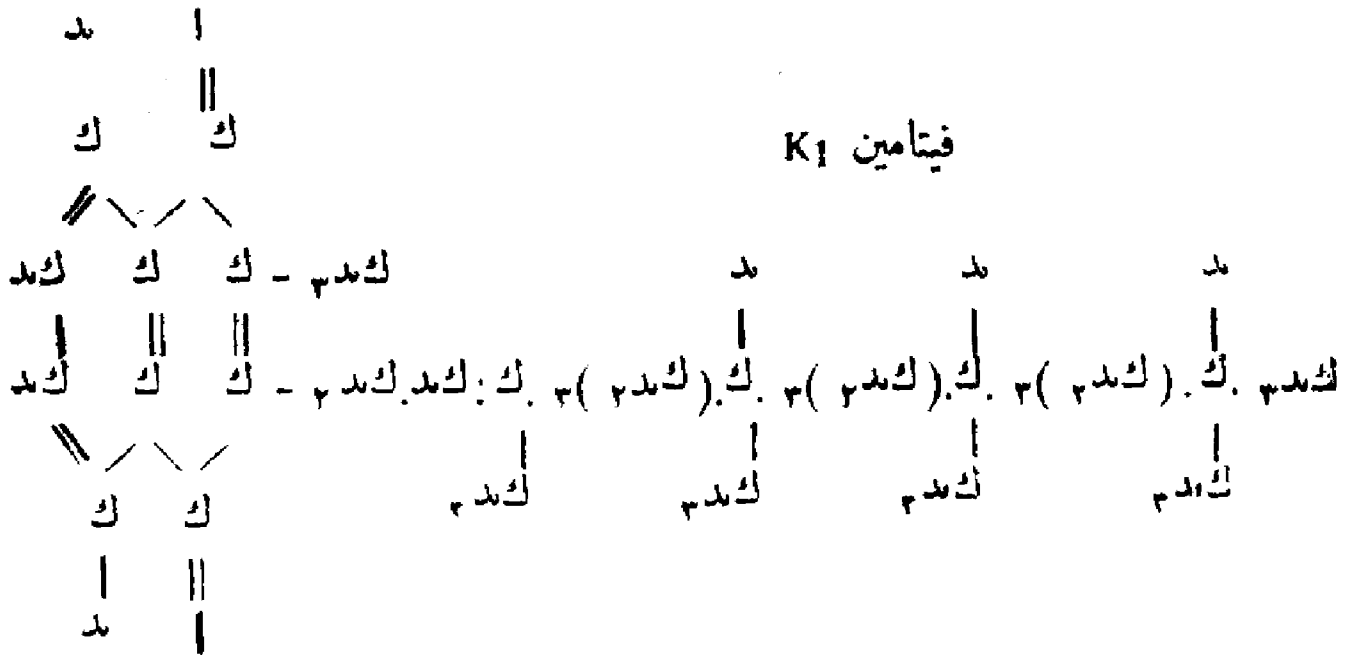
مركبات أخرى أكثر من هذه في الطبيعة . أما الفيتامينات الثلاثة فهي
 ألفا توكوفيرول ك_١ ، بيتا توكوفيرول ك_٢ ، و د_{٢٨} ، وجاما
 توكوفيرول ك_٣ ، و د_{٢٨} ، و د_{٢٨} .



وتذوب هذه الفيتامينات في مزيئات الدهون وهي عديمة الذوبان في
 الماء وتحمل الحرارة خصوصاً في غياب الأكسجين ، فيمكنها أن
 تتحمل التسخين حتى درجة ٢٠٠ م ، كما أنها لا تتأثر بالاحماض
 المعدنية حتى درجة ١٠٠ م . أما القلويات فإنها لا تتلف فيتامينات هذه
 المجموعة إلا ببطء شديد . وإن كان تأثيرها البيولوجي يتلف بالأكسدة ،
 كما يتلفها التعرض للأشعة فوق البنفسجية وإن كانت تتحمل الضوء العادي .
 ويعتبر زيت جنين القمح أغنى مصادر هذا الفيتامين ، وكذلك تحتوي
 أجنة معظم البذور على نسبة كبيرة منه . وهو يوجد أيضاً في الفول
 السوداني وفي الأوراق الخضراء وفي الجرجير والسبانخ والخس كما يوجد
 في صفار البيض وفي الزبدة .

مجموعة فيتامين K

أمكن فصل مركبين لفيتامين K من مصادر طبيعية يسمى أحدهما
 فيتامين K₁ ورمزه ك_١ ، والثاني فيتامين K₂ ورمزه ك_٢ ، و
 وهناك احتمال لوجود غيرهما .



وهذه الفيتامينات قابلة للذوبان في الدهون وفي مزياتها مثل الأثير وأثير البترول . وهي تتحمل الحرارة ولكن القلويات والأحماض القوية تتأفها، وهي تتلف كذلك بفعل العوامل المؤكسدة وبالتعرض لضوء الشمس . ويوجد فيتامين K₁ بحالة مركزة في الأنسجة الخضراء للنبات كالسبانخ كما يوجد في القرنبيط والكرنب والطماطم وتعتبر بواذر الشوفان من أغنى مصادره . وهو يوجد أيضا في زيت فول الصويا والزيوت النباتية وفي كبد الخنزير . وتعتبر الحبوب والفواكه فقيرة في هذا الفيتامين .

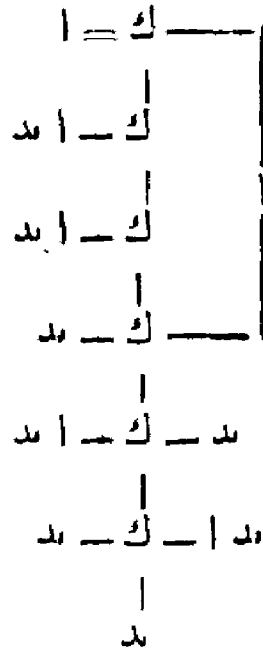
ويتكون فيتامين K نتيجة لنشاط الأحياء الدقيقة وبخاصة تلك التي تعيش في القناة الهضمية لكثير من الحيوانات الراقية ، كما يوجد في بقايا النباتات والحيوانات المتحللة وبخاصة الأسماك .

الفيتامينات القابلة للذوبان في الماء

فيتامين C أو حمض الاسكوربيك Ascorbic acid ورمزه ك_٦ د_٨ .
وهو يوجد في كل النباتات العليا بكميات محسوسة وخصوصا في

الأجزاء النامية وهو يوجد حراً على الدوام ، ولو انه يحتمل أن يوجد متحداً مع البروتين .

حمض الاسكوربيك



ويوجد هذا الفيتامين على صورة لاكتون ويعتبر حمض سكر Sugar acid وهو ذو مذاق حمضى ، سريع الذوبان فى الماء ، وهو سريع التأكسد إن وجد على حالة محلول . ويساعد على تأكسده تعرضه للهواء ووجود آثار من المعادن خصوصاً النحاس والحديد والفضة . كما أن الضوء يعتبر من العوامل المساعدة فى انلأفه . وهو ثابت فى المحاليل الحمضية ولكنه يفقد صفاته البيولوجية فى المحاليل المتعادلة أو القلوية .

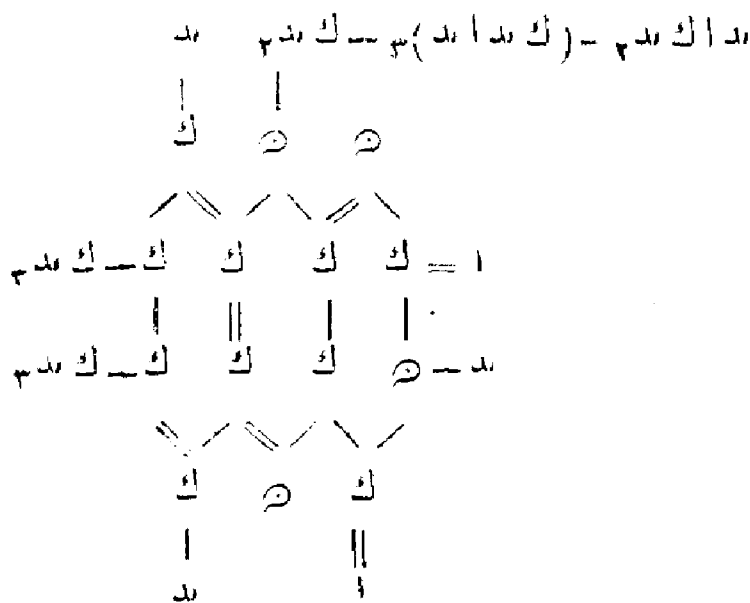
وتعتبر الموالح مثل البرتقال والليمون والجريب فروت من أغنى مصادره وكذلك الطماطم ، كما أن الخضرة الطازجة الخضراء وكذا الفاكهة تعتبر غنية فيه ، والفلفل الرومى الأحمر يحتوى منه على كميات كبيرة جداً ، أما اللبن فيعتبر فقير فيه وكذلك البيض واللحم والحبوب . وتصبح هذه الأخيرة عند أنباتها غنية فيه .

والكلاوى والمخ الخ... وتحتوى عضلات الخنزير على كمية من فيتامين B1 حوالى ثمانية أضعاف كميتها فى عضلات العجول .

ويوجد هذا الفيتامين منفرداً كما يوجد متجداً فى معقد البروتين ويوجد كذلك متجداً مع البيروفوسفات أو الفسفوبروتينات .

وهو سريع الذوبان فى الماء كما يذوب فى الأحماض وفى الكحول المخفف . وهو يتحمل الحرارة بدرجة متوسطة خصوصاً فى المحاليل الحمضية . أما إذا كان التسخين فى درجة عالية ولمدة طويلة أو كانت البيئة قلوية أو متعادلة فإن الحرارة تؤدى إلى اتلافه ، كذلك يتلف الفيتامين بالأكسدة أو الاختزال . واستعمال أملاح السلفيت أو ثانى أكسيد الكبريت فى حفظ الأغذية يؤدى إلى تلف جزء كبير من فيتامين B1 فيها ، وتعتبر خميرة البيرة أغنى مصدر لهذا الفيتامين ، وهو يوجد بكثرة فى جنين الحبوب وقشور الارز والنقل وفى لحم الخنزير وفى الخضراوات والخضراء والبقول الجافة كما يوجد فى الكبد والكلاوى وصفار البيض وفى الفواكه كالموز والتين والبلح والمango واليوسفى والبرتقال .

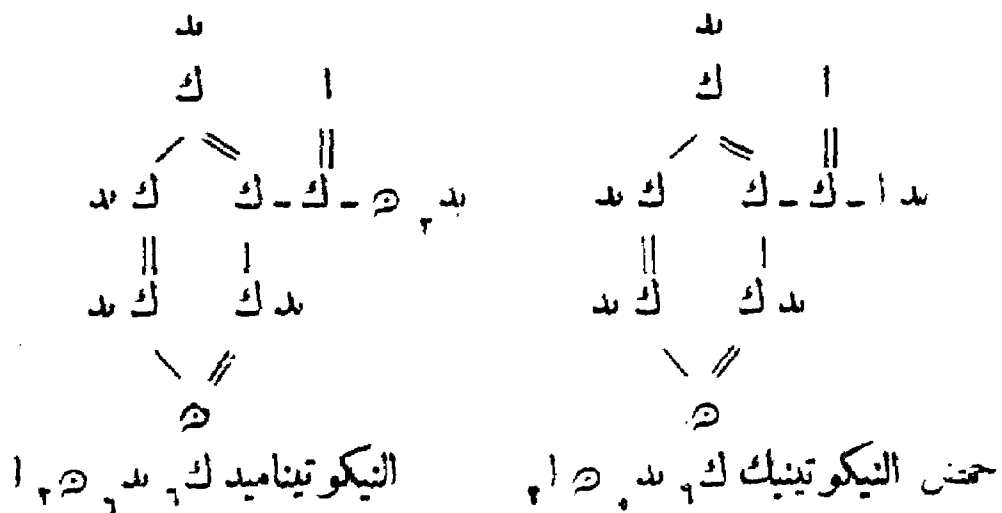
فيتامين B2 أو الريبوفلافين ورمزه ك ، ١٧ ، بد ، ٢٠ ، هـ ، ٦١



وكان يسمى فيما مضى بفيتامين B وهو عبارة عن صبغة قابلة للذوبان في الماء وهو المادة التي تجعل لون شرش اللبن وبيض شاحبا ، وهو يوجد في معظم المواد النباتية والحيوانية إلا أن نسبته في هذه المواد منخفضة جداً . وجزء الريوفلافين كما يدل عليه اسمه يتركب من جزى مسكر يتوزع (خماسى ذرات الكربون) هو الريبوز Ribose متحد مع الفلافين Flavine وهذا الفيتامين يتحمل الحرارة وتأثير الأحماض والعوامل المؤكسدة إلا أن القلوبيات والتعرض للضوء تعمل على إتلافه . وعلى الرغم من أن هذا الفيتامين قابل للذوبان في الماء إلا أنه لا يفقد منه كمية كبيرة في ماء الطبخ وقد لا تزيد الكمية المفقودة عن قدر يتراوح بين ١٠ و ٢٠ ٪ وربما كان ذلك راجعا إلى أن أغلبه في صورة متحدة مع البروتينات .

ويتكون الريوفلافين أكثر ما يتكون في الأوراق الخضراء للنباتات النامية . ولذلك كانت الخضرا الورقية مصدراً جيداً لهذا الفيتامين ، وكذلك تعتبر الخبيرة من مصادر الغنية . وفي اللحوم يحتوى الكبد على أعلى نسبة وتليه السكلى ثم لحم العضلات . ويحتوى اللبن والبيض على كميات متوسطة منه .

حمض النيكوتين أو النيكوتيناميد Nicotinic acid or Nicotinamide



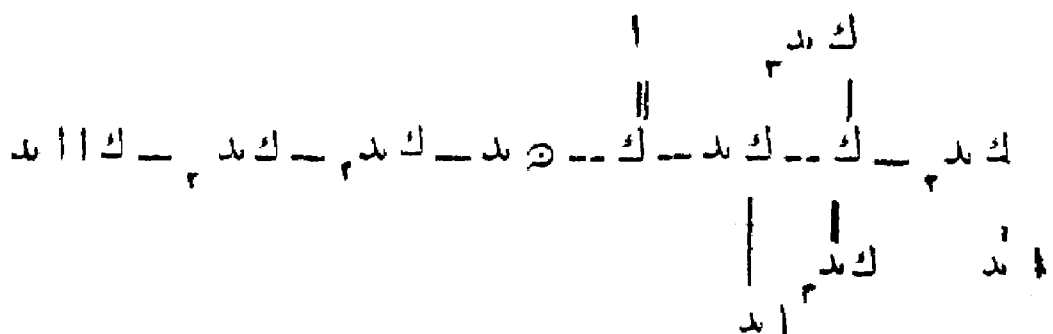
ويسمى أيضا بفيتامين . P.P. كما يسمى باسم النياسين Niacin الذى يجمع بين حرفين من كل كلمة من اسمه مع الحرفين الآخرين من كلمة فيتامين . ويبدو أن الحمض لا يوجد حرا فى الكائن الحى . ولكنه يوجد فى الأنسجة على حالة أميد Amid ، وفى مقدور الجسم الاستفادة من الحمض نفسه ، ولو أن له بعض تأثيرات سامة . وتحتوى الأغذية فعلا على النيكوتيناميد فقط الذى كان يجب أن يقتصر إطلاق اسم الفيتامين عليه .

ويذوب الفيتامين فى الكحول المخفف وفى الماء ، وهو يتحمل جدا الحرارة والضوء والأحماض والقلويات والعوامل المؤكسدة الى حد كبير ، فهو فى الواقع أكثر الفيتامينات مقاومة للتأثيرات الكيميائية .

ويعتبر الكبد والكلاوى واللحم الأحمر الصغير والخميرة مصادر جيدة لهذا الفيتامين . كما أن الحبوب الكاملة والبقول وجنين القمح تعتبر مصادرة مقبولة له .

حمض البنتوثينيك Pantothenic acid وهو مركب شبه بيتيدي رمزة

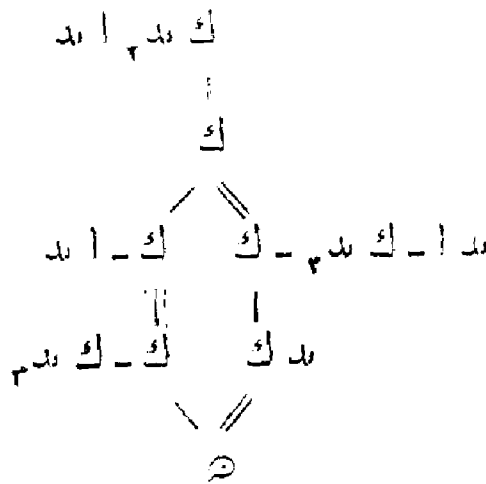
كالآتى



ويوجد هذا الحمض فى جميع أنواع الأنسجة الحيوانية كما يرجد بصفة دائمة فى البروتوبلازم وفى الأنسجة الحيوانية (وربما فى الأنسجة النباتية أيضا) .

ويكون وجود هذا الحمض حرا بنسبة قليلة جدا ولكنه يكون في معظمه متحدا مع المادة البروتينية . وهو قابل للذوبان بسرعة في الماء . ونظرا للرابطة الأמידية فإن هذا الحمض ينحل مائيا بتسخينه في محلول حمضى أو قلوى مما يؤدي إلى اتلافه تماما . أما في المحاليل المتعادلة فإن الحرارة لا تتلفه وإن سخن إلى درجة ١١٠° م لمدة طويلة . وتعتبر الخيرة والسكبد وصفار البيض وقشور الأرز مصادر غنية جدا في هذا الفيتامين ، كما أن منتجات اللبن والحبوب الكاملة ولحم العضلات والخضر الورقية والقرنبيط والبطاطا تعتبر مصادر جيدة . بينما تعتبر الفواكه وبياض البيض فقيرة فيه .

فيتامين B₆ أو البيريدوكسين Pyridoxine : ورمزه الكيميائى كـ ١١٥١



وهذا الفيتامين موزع في المملكة النباتية والحيوانية . وتحتوى الخيرة وكذا السكبد على نسب عالية منه ، وهو يوجد حرا في أنسجة النبات والحيوان بنسبة قليلة ، بينما يكون قدر منه يتراوح بين ٦٠ و ٨٠ ٪ متحدا مع البروتين أو النشا .

ويظهر من الرمز السابق مدى علاقة هذا الفيتامين بحمض النيكوتينيك

والبيريدوكسين يتحمل الحرارة وتأثير القلويات والأحماض القوية ،
ولكنه يتلف بسهولة بتأثير العوامل المؤكسدة . وأغنى مصدر لهذا
الفيتامين هو الخميرة . وهو يوجد بكثرة في الردة وفي أجنة الحبوب كما
يوجد في اللبن وفي الخضر الورقية وفي الكبد .

فيتامين H أو البيوتين Biotin ورمزه ك_١ مد_{١٦} ام_{٢٠} ك_٢

وهو يوجد بكميات قليلة

جدا في كل الحيوانات الراقية

ويبدو أنه يوجد في النبات

بنسبة أعلى . كما يوجد حرا في

الفواكه وفي الحشائش ، أما في

الحبوب والخضر فيكون جزء

منه حر والجزء الآخر في

صورة متحدة كما هو الحال في

الخميرة وفي أنسجة الحيوان مثل الكبد .

ويتصف هذا المركب بصفات الحامض العامة . وهو يذوب في الماء
والكحول ويتحمل القلويات والأحماض في درجات الحرارة العادية
وكذلك يتحمل التعرض للهواء والضوء في هذه الدرجات ولكنه يتلف في
درجات الحرارة العالية كما يتلف بتأثير العوامل المؤكسدة .

أينوسيتول Inositol ورمزه ك_٦ مد_٦ (اند)

ك_٦ مد_٦ اند

مد_٦ اند_٦ ك_٦ مد_٦ اند

ك_٦ مد_٦ اند

مد_٦ اند_٦ ك_٦ مد_٦ اند

ك_٦ مد_٦ اند

وهو غالبا يوجد في أنسجة الحيوان في

صورة متحدة مع البروتين ولو أن القليل منه

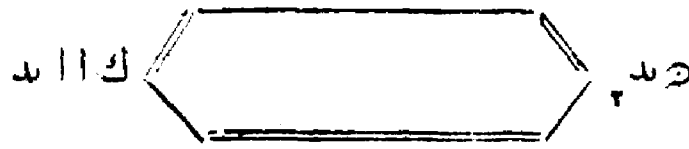
قد يوجد على حالة منفردة ، أما في النبات فإنه

يوجد على صورة هكسافوسفات تسمى

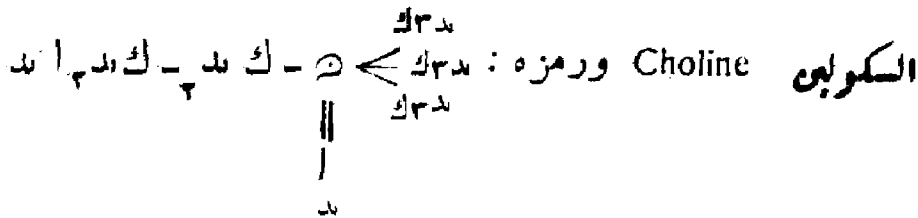
باسم حمض الفيتيك Phytic acid

وهو يوجد في الغلال وفي أوراق النباتات كما يوجد في الموالح .

بارا امينو حمض البنزويك Para Aminobenzoic acid ورمزه ك_٧ هـ_٧ ا_٧ ٥



يوجد موزعاً في النبات والحيوان ويؤدي نقصه إلى ابيضاض فراء الفار الأسود كما يؤدي إلى تأخر النمو وهو يوجد في خميرة البيرة



يوجد في كل الخلايا الحية على حاله متحدة في صورة الليسيثين ، كما يوجد منفرداً في الكثير من المواد البيولوجية ، والكولين قاعدة قوية جداً ، قابلة الذوبان في الماء تتحمل الحرارة إلى درجة الغليان إذا كانت على حالة محلول مائي مخفف ، أما القلويات الساخنة فانها تحللها .

حمض الفوليك Folic acid

وهو يعرف باسم حمض التيرويلجلوتاميك Pteroylglutamic ويوجد منتشرًا في الطبيعة خصوصاً في النباتات الورقية وكذلك في الكبد . ونظراً لوجوده بوفرة في الأوراق الخضراء فقد اشتق اسمه من كلمة Folium أى ورقة خضراء

فيتامين B₁₂

وقد أمكن فصله سنة ١٩٤٨ في صورة بلورات نقية فوجد انه يحتوى على الكوبلت والفسفور والنيتروجين إلا أنه خال من الكبريت . ويمتاز هذا الفيتامين بتحملة للحرارة العالية وان كانت تحت ضغط عال نسبياً

٩ - الطعم والرائحة والنكهة

عند الكلام عن تركيب المواد الغذائية والتغيرات التي تطرأ عليها لا بد من الكلام عن الطعم والرائحة والنكهة ، ذلك أن الكثير من التغيرات الملحوظة التي تطرأ على المواد الغذائية أثناء اعدادها وطبخها وتخزينها وحفظها تؤثر في هذه الصفات ، وكذلك يؤدي فساد الأغذية إلى تغيير واضح في طعمها ورائحتها ونكهتها نتيجة لنشاط عوامل الفساد فيها .

الطعم

والطعم أو المذاق هو ما يحسه اللسان نتيجة حاسة الذوق بوصول المادة إلى أزرار أو حلقات الذوق فيه ، ولذلك كان من المحتم أن تكون هذه المادة على حالة محلول أو أن تكون قابلة للذوبان في اللعاب . والمادة الصلبة غير القابلة للذوبان إذا وصلت إلى الفم وهو جاف تكون عديمة المذاق . ومن المسلم به أن هناك أربعة أنواع رئيسية من المذاق أو الطعم وهي: الطعم الحلو والطعم المر والطعم الملحي والطعم الحامض ، تسمى هذه أحيانا بأنواع الطعم الأولية أو البسيطة . فيكون الاحساس بالمذاق الحلو في أغلبه على طرف اللسان، بينما يكون الاحساس بالمذاق المر في مؤخرته، أما المذاق الملحي فيحس به على الطرف والجانبين ، وكذلك المذاق الحامض يحس به على جانبي اللسان . ويعتبر دايسن Dyson الحراقة مذاقا مستقلا لأنها تنبه في اللسان وفي الغشاء المخاطي للفم أزرارا أو حلقات حساسة خاصة ، والمذاقات الحامضية أو الملحية تنسب إلى تأثير أيونات المواد التي تحدث هذه الاحساسات ، أما المذاقات الحلوة والمرّة فإن المواد نفسها هي التي تحدثها وتكون هذه المواد بصفة عامة غير متأينة .

الطعم والحلو Sweet taste

هو في المواد الغذائية ينسب عادة إلى مركبات عضوية عديدة الأيدروكسيل مثل السكريات ، ولو أن هناك بعض مواد حلوة المذاق لا تنسب إلى السكريات مثل السكرين والدولسين وغيرها من المركبات الكيميائية الصناعية ذات المذاق الحلو ، ويدخل السكر الطبيعي في تركيب الكثير من المواد الغذائية ، وهو يوجد في الفواكه والخضروات والحبوب والجذور الدرنية ... الخ ، كما يوجد في قصب السكر والبنجر على حالة سكر ثنائي بينما تحتوي الفاكهة على نسب من الجلوكوز والفركتوز تكسبها الطعم الحلو الظاهر . وينسب الطعم الحلو في اللبن إلى سكر اللاكتوز ، كما أن بعض الجلوكوسيدات مثل جلوكوز العرقسوس وهو الجلسريزين يكسبه طعما حلوا . وطعم البصل والثوم في الحقيقة حلو ولو أن مركباتهما العطرية تخفي هذا الطعم .

جدول — ١٢ — للمواد المختلفة مقارنتها بالسكر

المادة	درجة الحلاوة	المادة	درجة الحلاوة
سكر	١٠٠	دكستروز (لا مائي)	٧٤
سكر محلول	٩٣	دكستروز (مائي)	٦٧
عسل نحل	٨٠-٧٠	لاكتوز	١٦
فركتوز	١١٠	مالتوز	١٦
جلسريزين	٦٠	سكرين معيارى	٥٥٠٠٠٠
عرقسوس	١٢	سكرين ذائب	٤٥٠٠٠٠
دولسين	٢٠٠٠٠٠		

الطعم المر Bitter taste

وينسب إلى مركبات عضوية مثل جلوكوسيدات وقلويات عضوية وهي بصفة عامة مرة المذاق مثل أثير مثيل الجرانول Geraniol methyl ether والكافيين Caffeine والكارفون Carvone وحشيشة الدينار والراوند والتارنجين (في الجريب فروت) والتانين الخ ، ومن الملاحظ أن تغيرات بسيطة في تركيب أى منها قد تغير الطعم المر إلى طعم حلو وبالعكس .

الطعم المالح Salty taste

ينسب الطعم المالح إلى بعض المركبات غير العضوية مثل كلوريدات الصوديوم والبوتاسيوم والليثيوم والمغنسيوم والأمونيوم وكذلك بعض البروميدات واليوديدات والسلفات والنترات وجميعها ذات طعم ملحي ينسب إلى الأنيونات ، وأشدها طعما الكلوريدات وأضعفها البروميدات واليوديدات على التوالي ، ولايدروكلوريدات بعض الأمينات مثل الميثايل أمين وثنائى إيثايل أمين Di ethyl amine طعم ملحي .

والاحساس بالملوحة يقل بارتفاع درجة الحرارة . ومن مميزات كلوريدات الصوديوم انها تضعف الطعم الحامض الظاهر للاحماض وهذا التأثير معروف على الأخص مع أحماض الطرطريك واللاكتيك والماليك ، بينما تظهر الطعم الحلو للسكر .

الطعم الحامضى Acid taste

ربما كان أيون الايدروجين هو العامل الرئيسى الذى يحدث الاحساس بالطعم الحامضى . وإن لم يكن هو العامل الوحيد للاحساس بمذاق الحمض خصوصا إذا كان حمضا عضويا أو حمض فاكهة . فعلى الرغم من أن الأحماض المعدنية لها بصفة عامة قيمة pH أكثر انخفاضا فإن مذاقها

الحامضى لا يكون مناظرا في شدته للاحماض العضوية ذات رقم pH الأعلى .

فالطعم الحامضى لا يرجع إلى رقم pH محدد ، ولكنه يرجع إلى سعة التنقيط اللازمة للمحلول ، فالنهاية الصغرى لدرجة التركيز الأيدروجينى التى يمكن للاحماض المعدنية أن تعطى عندها طعما حامضيا هي pH ٣,٤ - ٣,٥ ، بينما تكون النهاية الصغرى لرقم pH الذى يمكن عنده الاحساس بالطعم الحامضى للاحماض الضعيفة مثل الخليك والليكتيك والستريك والبيوتريك هي pH ٣,٧ - ٣,٩ . وإذا ما أجرى تعديل محاليل هذه الأحماض إلى رقم pH ٣,٩ ، فإن هذه المحاليل تعطى مذاقا حامضيا أكثر شدة من الحمض النقي على نفس الـ pH ، وعلاوة على ذلك فإن طعمها الحامضى يستمر مدة أطول ، وهذا يرجع إلى تأثيرات الأيونات فى زيادة الحموضة ، فالأملاح الحمضية ، واللاكتونات والفينولات تكسب المادة طعما حامضيا ، ويكون الإدراك الحسى للطعم الحامضى أقل على درجات الحرارة العالية ، فالشاي الساخن المضاف إليه عصير الليمون يكون طعمه الحامضى ثانويا بالنسبة لطعم السكر الموجود .

وهناك الى جانب المذاقات الأربعة الرئيسية بعض مذاقات أخرى تدرج ضمن المذاقات الشائعة ومن أهمها :

١ - الطعم اللحمى : وهو خاص بالاحساس بالطعم المميز للحم والذى يرجع إلى الاحماض الأمينية وأملاحها ، خصوصا جلوتامات الصوديوم التى تكسب اللحم طعمه اللذيذ .

ب - الطعم الحريف : وقد سبق الكلام عنه باعتباره طعما مستقلا محسوسا .

ح - الطعم المتصل After Taste : وربما كان هذا الطعم نتيجة استمرار تنبيه أزرار أو حلقات المذاق بسبب صعوبة إزالة المادة من مسام المذاق بواسطة اللعاب أو الماء.

الرائحة

أو بمعنى آخر حساسية الشم، وهي حساسية كيميائية مثل الطعم . ولكي يتأق لمادة ان تذبه الأعصاب الشمية يجب أن تتصل بها ، ويحدث ذلك عادة بذوبانها في المحاليل التي تبلل الشعيرات الشمية ، والمواد التي تذوب في الزيوت تكون أقوى رائحة من القابلة للذوبان في الماء ، أما المواد العديمة الذوبان فتكون عديمة الرائحة تماما ، ويمكن للرائحة ان تحس عن طريق الفم أيضاً كما تحس عن طريق الأنف مادامت تصل في الحالتين إلى القابلات الشمية Olfactory receptors ، ومع ذلك فإن هناك في الأنف أعصاباً أخرى تتأثر بالكيمائيات فتحدث شعوراً يمكن وصفه بأنه مهيج Irritating ، أو حريف Fungent ، أو نفاذ Penetrating ، أو حاد Sharp ، أو مبرد Cooling ، أو لاذع Acrid ، وقد ترتبط الرائحة بالطعم فتكون مائلة للحلاوة Sweetish . وحاسة الشم أقوى حساسية من حاسة المذاق ، وقد تكون الأولى أقوى من الثانية بحوالى ٢٥ ألف مرة . ونظراً لتعدد الروائح وتنوعها كان المتعذر وضعها تحت مجموعات بسيطة كما هو الحال في الطعم . ولم يمكن وضع نظرية مقبولة للعلاقة بين التركيب الكيميائي والرائحة ، وهذه هي إحدى الصعوبات التي تجعل من المتعذر تقسيم الروائح بسهولة ، ولو أنه من المعروف أن قوة الرائحة في السلسلة المتماثلة تزيد مع تزايد حجم الجزيء . حتى تصل إلى نهاية عظمى تضعف بعدها الرائحة ثانية ، فمثلاً الكحولات البسيطة تزيد فيها قوة الرائحة بزيادة الوزن الجزيئي متدرجة من كحول الميثايل إلى كحول الايزواميل Isoamyl alcohol ، ثم تضعف الرائحة بعد

ذلك في قوتها نسبياً بزيادة الوزن الجزئى ، فمثلا كحول ايزو الامايل تكون قوة رائحته حوالى ١٠.٠٠٠ مرة قدر قوة رائحة كحول الايثايل ، بينما يكاد كحول السيتايل يكون عديم الرائحة .

جدول -١٣- النهاية الصغرى للكمية من المواد المكسبة للرائحة التى يمكن تمييزها

المادة	أجزاء فى المليون	ملاحظات فى الأثر
خلاات ايزو الامايل	٧	٠٠٣٩
خلاات الايثايل	١٩٠	٠٦٨٦
حمض البيوتيريك	٢٠٤	٠٠٠٩
حمض الايزو فاليريك	٧	٠٠٢٩
ايزو فاليرات ايزو الامايل	١٠٧	٠٠١٢
ساليسيلات الميثايل	١٦٠١	٠١
زيت النعناع		٠٠٢٤
Oil of peppermint		

النكهة Flavour

إن كلمة (نكهة) كلمة شائعة الاستعمال ، إلا أنه كثيراً ما يخطئ في استعمالها . والواقع أن أنواع الطعم المختلفة عبارة عن تركيبات متميزة من أنواع بسيطة من المذاقات السابق ذكرها مع احساسات أخرى مثل الرائحة واللمس وغيرها من التى تنبه الأعصاب الخاصة بالاحساسات الشائعة ، خصوصا إحساس الألم والاحساس بفرق الحرارة واحساسات العضل ، فالطعم الدهنى اللين للزيت مثلا يرجع فى الواقع إلى الاحساس بلمسه الخاص ، كما ان النعومة الخاصة بالمثلجات القشدية (الآيس كريم Ice cream) هى احساسات يمكن الشعور بها ، وكذلك يعتبر الأثر الذى يحدثه ثانى اكسيد

الكربون الموجود في المياه الغازية (الغازوّة) التي نشربها نوعاً آخر من حاسة اللمس، والاحساس الحارق الذي ينتج عن الزنجبيل والفلفل يحدث عن تنبيه خلايا الحس العادية للفم واللسان بالإضافة إلى المذاق الحقيقي المميز لها، والتأثير الحسى المبرد للمنتول ينسب إلى تأثير قابلات الاحساس التي تشعر بالبرودة، ونكهة شراب الليمون (الليمونادة) أو شراب البرتقال (الاورانجياد) تنتج من الطعم الحلو للسكر والطعم الحمضى لحمض الستريك ودرجة الحرارة المنخفضة ورائحة الموالح، وزيادة البرودة إلى حد غير مريح قد تمنع تمييز النكهة. أما المواد الساخنة فيجب ان تكون سخونتها مناسبة أيضاً حتى تتميز أقصى نكهة لها. وعلى ذلك فإن الإدراك الحسى للنكهة يجمع عدة احساسات، ويمكن للتبسيط اعتبارها مكونة من أربعة احساسات رئيسية .

١ — طعم حقيقى، وهو ما يشعر بلذّة الطعم، وينشأ عن تأثير المادة في حواس المذاق .

٢ — رائحة أو احساس شمى Olfactory sensation

٣ — شعور أو احساس لمسى Tactile sensation

٤ — احساس بالحرارة Temperature sensation

وتعتبر النكهة بوجه عام صفة مميزة للمادة تجمع بين طعمها ورائحتها. ولما كان هناك عدد كبير من احساسات الرائحة كان لابد من وجود تباين كبير في احساسات النكهة، وكثيراً ما يعبر عن كلمة نكهة Flavour بما يوحي بأن شذى Aroma مميز، وللتدليل على أهمية التمييز بين الطعم والرائحة والنكهة نأخذ مثلاً فاليرات البنزايلى Benzyl Valerate، فإن لها طعماً حلواً ورائحة شبيهة بالورد ولكن نكهتها كنكهة التفاح .

تقسيم مواد الكساب السكرية

من الصعب عند وضع أى تقسيم لل مواد المسكبة للسكر أن تتبع طريقة بسيطة في تقسيم مركباتها ، ولو أن الطريقة الشائعة في تقسيمها هي وضع قائمة أبجدية لها ، إلا أننا نفضل تقسيمها إلى مجموعات كيميائية عضوية حتى يتيسر تفسير ما قد تطرأ عليها من تغيرات ، وعلى ذلك فيمكن تقسيمها إلى :

- ١ — أحماض اللككتيك والبيوتريك والخليك ... الخ
- ٢ — كحولات مثل اللينالون والجيرانبول والسترونيللول والترينول ... الخ
- ٣ — استرات مثل سالييلات المينائل واسيتات الترينائل ... الخ
- ٤ — الدهيدات مثل البترالدهايد والفانلين والسترال والسترونيللال ... الخ
- ٥ — كيتونات مثل الكارفون والبوليجون والفنشون ... الخ
- ٦ — أثيرات مثل الأنيشول والسافرول ... الخ
- ٧ — أيدروكربونات مثل الليمونين والديينتين ... الخ
- ٨ — أندريدات
- ٩ — لاكتونات
- ١٠ — تريينات
- ١١ — مركباتان
- ١٢ — أكسيدات وبيروكسيدات

وهذه المركبات قد تكون اليقاتية أو عضوية كما أنها قد تكون مشبعة أو غير مشبعة ، وجميع مواد السكر الموجودة طبيعيا لا توجد

على حالة بسيطة بل على حالة مخاليط معقدة ، وكثيرا ما تسودها نكهة
أحد المركبات كما يحدث في حالة الفانيلين في مستخلص الفانيليا ، ولو أن
لوجود المركبات الأخرى أثر معدل في معظم الأحيان .

ومعظم النكهة الطبيعية للمواد الغذائية المعروفة خصوصا النباتية منها
تعزى إلى مركبات عضوية بعضها متطاير Volatile والبعض الآخر غير
متطاير . وتنسب الروائح الطيارة الممتازة لبعض المواد النباتية إلى مركبات
خاصة توجد فيما يسمى بالزيوت العطرية Essential Oils ، وهي ليست
جليسيريدات كما في الزيوت والدهون المعروفة بل هي عبارة عن ايدروكربونات
أو أنيرات أو استرات أو الدهيدات ... الخ . وتكون الزيوت العطرية
في العادة عبارة عن مزيجات معقدة تحتوى على كميات محسوسة من واحد
أو أكثر من المركبات السابقة مع آثار من مركبات أخرى تكون في بعض
الحالات من القوة والأهمية بحيث تكسب الزيت العطرى الرائحة
السائدة . فمثلا في الموالح يكون ٩٠٪ من محتويات زيوتها العطرية مركبات
ايدروكربونية عديدة الرائحة نسبيا وهي التربينات Terpene التى تكون
أقل ثباتا من باقى الزيت ، وهي سريعة التأكسد بتعرضها للجو وتعطى طعما
غير مرغوب ، ولو أنها في حالتها الطبيعية تشترك مع غيرها من المركبات
في اكساب الطعم الطبيعى .

توجد زيوت الليمون والبرتقال والجريب فروت في خلايا القشرة ،
ويقدر ما تحتويه من هذا الزيت بحوالى ١٪ . وهناك بعض البذور
مثل الكراوية تعطى حوالى ٧٪ زيت ، وبتلات الورد حوالى ٢٪ .

فالنسكة الحادة اللاذعة تتميز بها العائلة الصليبية وتحتوى على الايزوثيوسيانات ، فالفجل الأحمر واللفت يحتويان على ايزوثيوسيانات فينبال الايثايل ، أما الفجل الحار Horse radish فيحتوى على ايزوثيوسيانات البيوثينايل .

وجذور عائلة الجزر وتشمل الشمرو والكرفس وغيره تكون ذات طعم حلو قوى لذيد تصاحبه زيوت عطرية يفقد الكثير منها عند الطبخ . ويحتوى البصل والثوم على مركبات كبريتية قوية . ويعتقد ان النسكة المميزة للبصل تنسب الى وجود ثنائى الكبريتورات مع آثار من الـهيد الاالايل وربما مع بعض ايزوثيوسيانات الاالايل التى يفقد جزء كبير منها عند الطبخ ، أما النسكة المميزة للثوم فتحوى على ثنائى كبريتور الاالايل البروبيل وثنائى كبريتور ثنائى الاالايل .

وجذور العرقسوس غنية فى الجلو كوسيد الحلو المذاق «جليسيرين» الذى يكون لاذعا نوعا مع بعض المرارة .

ويحتوى قلف بعض النباتات كالقرفة على مواد حلوة المذاق الى جانب زيوت عطرية ذات نسكة ظاهرة ، وتنقل نسكة الأزهار الى عسل النحل بما ينقله النحل من رحيقها .

وتحتوى بعض الأوراق الخضراء على نسكة مميزة فالكرنب والجرجير تحتوى على بعض آثار من زيوت الخردل (ايزوثيوسيانات) ، وتحتوى السبانخ والرجلة على الاكسالات مما يجعلها حامضية الطعم حادته . بينما تعتمد نسكة البقدونس والشمرو وأوراق الكرفس على الزيوت العطرية الموجودة فيها . وكذلك تحتوى البراعم الزهرية والزهور على نكهات خاصة ، فالبراعم الزهرية كما فى حالة القرنبيط تكون نكهتها مماثلة للأوراق إلا أنها أضعف منها . وتحتوى زهور البرتقال على زيوت عطرية كافية ، ولذلك يحضر منها ماء الزهر بتقطيره ، والورد يستخدم زيتة العطرى المستخرج من البتلات

في صناعة العطور كما يستخدم في تحضير ماء الورد بالتقطير .
أما الفواكه فتسكاد تكون كلها حلوة المذاق ، والكثير منها يكون حامض الطعم أيضاً لاحتوائه على أحماض عضوية كالماليك والستريك والطرطريك ، وقد يحتوى البعض منها على حمض التانيك اللاذع ، وقد تكون الفاكهة خصوصاً قبل اكتمال نضجها ذات طعم قابض لاحتوائها على التانين بنسبة عالية . وتوجد الزيوت العطرية في الطبقة الملونة من قشرة الموالح مما يكسبها النكهة الطيارة المميزة لها . وفي الكثير من الفواكه تتركز النكهة في الطبقة التي تلي القشرة مباشرة ، وتنسب النكهة في الفواكه بصفة عامة الى الزيوت العطرية وهي شديدة الحساسية سريعة التلف .
وفي معظم البذور مثل القوايل وجوزة الطيب والكرآوية وبذور الكرفس والكزبرة والفانيليا والينسون والفلفل والخردل تعتمد نكهتها على الزيوت العطرية التي تحتوى عليها .

وعادة تكون النكهة الطبيعية لحبوب البن والبقول السوداء ضعيفة ، وتكتسب نكهتها المميزة عند التحميص أما نكهة اللحم فينتجها الكثير من المعلومات عنها وهي على أى حال تعتمد على مواد أخرى بالإضافة إلى الجلوتومات . وبعض النكهة ، فيما يظهر ، تنسب إلى أحماض عضوية طيارة ، كما أن البعض منها ينسب إلى مواد نيتروجينية . ومن المعروف أن لحوم الحيوانات الكبيرة عند استخدامها في تحضير الحساء تعطى زيادة من النكهة . ويعتقد أن طبخ اللحم المحتوى على الدهن يساعد على زيادة النكهة .

وعلى الرغم من أن النكهة في الأسماك أقوى منها في اللحوم إلا أنها بصفة عامة تعتبر ضعيفة في الحالة الطازجة ولكنها تزيد شدة إن أهمل تخزينها فتصبح ذات رائحة سمكية Fishy ، نتيجة لانفراد أمين الميثايل ، وفي الاطوار الأخيرة من فسادها تعطى رائحة كريهة تنسب إلى انطلاق مركبات كبريتية طيارة .

جدول ١٤ — أهم الزيوت العطرية التي توجد في المواد الغذائية

نوع الزيت	وصف الرائحة	الطعم المميز	محتوياته الهامة
الثوم	حريف كبريتي	لاذع	ثاني كبريتورثنائي الاثيل ، مركبات كبريتية اخرى .
الكرات	حريف كبريتي	لاذع	كبريتور الفينيل ، مركبات الدهيد
البصل	حريف ومسيل للدموع	لاذع	مركبات كبريتية ، والدهيد الاثيل
الزنجبيل	حريف وله رائحة التوابل وحذى خاص	حارق	ونجرون ، سترال ، بورينول
الفلفل	حريف	حارق	تريينات كافور
حبشة الدينار	اثيرية ذات شذى خاص ولها رائحة التوابل		كاربوفلن ، ميرسين ، استرات احماض
جوزة الطيب	ليمونية تريينية	مرة	تريينات ، كحولات تريينية ، اوجينول ، ايزواوجينول استرات ، الدهيدات
القرقة (الفلف)	قرقة	حلوة	٨٥ ٪ الدهيد السناميد
الخردل	حريف مسيل للدموع	لاذع	يحتوى رئيسيا على ايزوثيوسيانات الاثيل
الرجير	حريف له رائحة الخردل	لاذع	يحتوى رئيسيا على ايزوثيوسيانات فينيل الاثيلين
الورد	له شذى زهرى		جيرانيول سترونيلال ، اوجينول كحول فينيل ايثايل
اللاوز المر	نوى الخوخ		بنزالدهيد ، حمض بروسيك ، فتريل
التفاح (القشر)	شذى التفاح		اسيتايلدهيد ، استرات الاثيل
الخوخ (القشر)	شذى الخوخ		اسيتايلدهيد ، استرات الميثايل ، لينالول الدهيد
البرجموت	خفيفة ذات شذى استرية ليمونية		خلات الليناليل
الليمون البزهر (قشر)	ليمونية		سترات ، واربعة الدهيدات أخرى ، وديبينين
ليمون اضاليا	ليمونية		٤ - ٥ ٪ سترال (٩٠ ديبينين)
البرتقال	برتقالية		استرات الاثيل ، تريينول ، الدهيد (٩٥ ٪ ديبينين)
يوسفنى	برتقالية		١ ٪ مثيل انترايلات الميثايل ، الدهيدات ، استرات ٩٥ ٪ ديبينين

تابع جدول ١٤

نوع الزيت	وصف الرائحة	الطعم والميز	محتوياته الهامة
الجريب فروت	عطرية		٣-٥ ٪ سترال ، لينالول ، استرات (٩٠ ديبيتين)
القرنفل	ذو شذى - رائحة	يحدث خدرأ (تشمبلا)	حوالي ٨٥ ٪ أوجينول
الكريز	رائحة اللونده		لينالول
الكمون	رائحة التوابل		٣٠ - ٤٠ ٪ الدهايد ، الكيومينيك
الكرفس (بذرة)	كرفسية		لاكتون ، ديبيتين
البقدونس	بين جوز الطيب والكرفس		ايول
الكر اوية	كراوية		٥٠ ٪ كرفون ، ديبيتين
الينسون	رائحة العرقسوس	حلو	٨٠ - ٩٠ ٪ اينشول ، الدهيدات
الشبت	مثل الكراوية		كارفون ، ديبيتين ، ايول الشبت
الشمر	مثل الينسون		٨٠ - ٩٠ ٪ اينشول ، فنشون
الياسمين	له شذى ليوني		خلات البنزايل ، خلالات الليناليل
الزعتر	عشبي رائحة التوابل		اندول ، كحول البنزايل الخ
النعناع	حريف مبرد نعناعي		٥٠ - ٧٠ ٪ كارفاكرون
			منشول ، منشون . استرات

الباب الثاني

تغير المادة الغذائية وفادها

فساد المادة وتغيرها : يحدث فساد المواد الغذائية نتيجة عدة عوامل

تؤدي الى إحداث تغيرات كثيرة في مظهرها ولونها ورائحتها وتركيبها الكيميائي وتشمل هذه العوامل حالة المادة الغذائية ومدى تعرضها للتلوث بالآحياء الدقيقة ومدى نشاط الانزيمات فيها ، وتشمل كذلك نوع التفاعلات الكيميائية المباشرة التي تحدث بين بعض مكوناتها والبعض الآخر أو بينها وبين مواد أخرى . ويساعد على إحداث هذه التغيرات عوامل خاصة كالحرارة ونسبة الماء وتركيب المادة الغذائية ونوع الميكروبات الملوثة لها ووجود مواد منشطة أو مثبطة لعوامل الفساد .

ما هي المادة الغذائية وطبيعتها كيميائياً : لمعظم المواد الغذائية كيان خاص بها ، والكثير من المواد النباتية منها تحميها طبقة خاصة أو قشرة صلبة نوعاً ما ، وقد تكون مغلفة في بعض الأحيان بطبقة شمعية كما في حالة الفاكهة ، أو بمادة مخاطية كما في حالة الخضر ، ويساعد هذا النوع من الوقاية الطبيعية على صيانة المواد الغذائية لفترة محدودة من الزمن . ومن المشاهد أن المواد الغذائية التي ليس لها كيان خاص تحرمها الطبيعة من هذه الوقاية وتكون أكثر تعرضاً للفساد ، وهذا هو أحد الأسباب التي تؤدي الى سماحة فساد اللبن لعدم وجود كيان محدود له مما تسمح باستمرار تلوثه .

وما دامت المادة الغذائية تحتفظ بذلك الكيان المحدود فإن محتوياتها الداخلية تبقى صعبة الاتصال بالوسط الخارجي ، وبالتالي تكون أقل تعرضاً

للفساد ، أما إذا تهشم هذا الكيان لسبب من الاسباب كأن تكون المادة الغذائية قد كسرت أو جرحت أو حطمت أثناء جمعها أو نقلها أو تخزينها ، أو أن تكون قد تعرضت لمهاجمة الفيران والطيور والحشرات وغيرها ، فإن ذلك يكون من الاسباب التي تدعو الى سرعة فسادها . ويؤدى تهشم المادة الغذائية الى زيادة السطح المعرض منها ، كما يؤدى الى تعرضها لتأثير العوامل الخارجية كالهواء والأحياء الدقيقة وغيرها ، فالفاكهة السليمة تحتفظ بحالتها مدة أطول مما لو تهشمت أو جرحت أو ثقت إذ انها فى هذه الحالة تتعرض للفساد بسرعة ، فاذا أدى هذا التلف الى تهشم جدر الخلايا فان عصيرها يتعرض للتخمر بسرعة ، وكذلك يكون اللحم المفروم أكثر تعرضا للتلف منه قبل فرمه وذلك لزيادة السطح المعرض لعوامل الفساد .

ولذلك كان من الضروري جمع المحصولات الغذائية وإعدادها وتعبئتها ونقلها وتخزينها مع حمايتها من الآفات المختلفة ومقاومتها إن وجدت ، ومراعاة الطرق الفنية فى تجهيزها وإعدادها للحفظ .

الأحياء الدقيقة : تشمل البكتريا والعفن والخمائر وتقع جميعها ضمن مجموعة الفطريات Fungi ، أو الميسيتس Mycetes . وعلى الرغم من أن دراسة الأحياء الدقيقة دراسة تفصيلية ضرورية للغاية فى دراسة حفظ الاغذية ، إلا أننا سنكتفى هنا بدراسة عامة لهذه الأحياء وصفاتها وطرق تكاثرها واطوار نموها الخ ... تمهيدا لدراسة ماتحدنه فى المواد الغذائية من تغيرات ، وبذلك يتيسر لنا فهم وسائل الحفظ .

البكتريا Bacteria : هى أحياء نباتية وحيدة الخلية ذات أشكال مختلفة كروية أو عضوية أو حلزونية ، وتتكاثر خلاياها بالانقسام . وكثيرا ما ترتب هذه الخلايا على صورة مجموعات ملتصقة ببعضها ، وهذه الظاهرة كثيرا

ما تستخدم في التمييز بينها ، فالبكتريا الكروية التي يقسمها مستوى واحد فقط توجد على شكل أزواج من الخلايا Diplococci أو على شكل سلاسل تسمى Streptococci . أما التي تنقسم في أي مستوى فإنها تكون مجموعة غير منتظمة بشكل عناقيد Clusters ، ويطلق عليها اسم Staphylococci . أما إذا حدث الانقسام في مستويين متقاطعتين بزاوية قائمة فإنه يؤدي إلى مجموعة رباعية من الخلايا الكروية، وتعتبر المجموعة في هذه الحالة Tetrads . وإذا كان الانقسام في ثلاثة مستويات تتكون مكعبات من ثمان خلايا كما يحدث في نوع البكتريا المسماة Sarsina .

أما البكتريا العضوية فتتقسم عرضيا وبذلك تقتصر صور مجموعاتها على الشكل الزوجي والسلسلي ، وتتميز بعض الخلايا العضوية وكذلك بعض الخلايا الكروية بخاصية الحركة في السوائل ، وتستعين على ذلك بالأسواط Flagellas التي تظهر متصلة بجدارها كزوائد دقيقة أنبوبية بشكل السوط . وتتميز بعض أنواع البكتريا بأن لخلاياها القدرة على احاطة نفسها بغلاف واق إذا ما وجدت في ظروف بيئية خاصة ، ويبلغ قطر الخلية الكروية بين ٠,٧٥ و ٢ ميكرون ، أما الخلية العضوية فيبلغ طولها حوالي ٣ ميكرون وعرضها بين ٠,٥ إلى ١ ميكرون .

الجراثيم : هناك لبعض البكتريا طور مقاوم يعرف بالجراثيم Spore أو اندوسبور Endospore ، تتخزن فيه القوة الكامنة للخلية الخضرية . وأغلب أنواع البكتريا التي فيها جراثيم واحدة في الخلية البكتيرية تكون من أنواع خاصة من البكتريا العضوية، وإن كان هناك بعض أنواع من البكتريا الكروية قد تكون لها القدرة على تكوين جراثيم . وتتغلف الجراثيم بغشاء سميك أو جدار جرثومي ويعتقد أن مقاومة جراثيم البكتريا للحرارة يرجع إلى الخواص العازلة لهذا الجدار الجرثومي السميك ، ولذلك تستطيع

هذه الجرثومة أن تتحمل الظروف الشديدة للبيئة ، فهي أكثر مقاومة من الخلايا الخضرية للتأثيرات المعاكسة كالحرارة والمواد المظهرة والجفاف .. الخ .
ويمكن للجراثيم أن تظل حية زمنا طويلا ، وعلى الرغم من أن الطور الجرثومي يعتبر عادة طور راحة وخمود إلا أنه لا يمكن اعتبارها معدومة النشاط كلية فقد تحدث بعض تغيرات في بيئتها المباشرة بواسطة الانزيمات (جالوى ١٩٤٦) .

التغذية : إن فهم كيفية حصول البكتيريا على غذائها وأنواع العناصر الغذائية الضرورية لها يسهل علينا فهم التغيرات التي تحدثها البكتيريا أثناء نموها في المواد الغذائية . والبكتيريا ، كباقي خلية حية ، لا بد لها لكي تنمو وتتكاثر من أن يتوفر لها مصدر للطاقة اللازمة لها ، وكذلك مواد تمكنها من بقاء مادة الخلية وتحتوى على البروتين والدهن والكربوايدرات وغير ذلك .

الانزيمات البكتيرية : وتحصل البكتيريا على غذائها من البيئة التي تعيش فيها ، وذلك بمروره خلال جدارها الخلوى المنفذ ، فإذا كانت المادة الغذائية في صورة لا تصلح لمرورها خلال هذه الجدر كان من الضروري انحلالها إلى مركبات أبسط تركيبا يمكنها أن تنفذ إلى داخل الخلية . وتحدث البكتيريا هذا الانحلال بتأثير الانزيمات التي تفرزها في البيئة Exo - Enzymes ، وقد تفرأ على تلك المواد بعد امتصاصها داخل الخلايا تغيرات انزيمية أخرى بفعل انزيمات داخلية Endo - Enzymes بغرض زيادة انحلال المواد الغذائية أو بغرض بناء المسادة الخلوية ، وسيأتى الكلام عن الانزيمات تفصيلا في الباب التالى .

وتحتاج البكتيريا في بيئتها إلى الكثير من العناصر المعدنية نظر التأثيراتها

الطبيعية الهامة ، فهي مثلاً تعمل كمواد معدلة Buffers لمنع تغيرات رقم pH للبيئة ، كما أنها تعمل على ضبط الضغط الأسموزي الذي تعتمد عليه الخلايا في عملية الامتصاص ، كما أن البكتيريا قد تحتاج إلى بعض الأملاح في غذائها لبناء البروتوبلازم . وقد تستخدم المواد المعدنية كموامل مساعدة أو لنشجيع نشاط بعض الانزيمات ، وتحتاج البكتيريا عادة إلى أيونات البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم والحديد والفوسفات والسلفات والكربونات والكلوريد ، وجميع هذه العناصر تدخل عادة في تركيب المواد الغذائية ، وكذلك تحتاج بعض الأحياء الدقيقة في نموها إلى مواد خاصة تشجع على النمو ، ويطلق عليها حديثاً اسم «فيتامينات البكتيريا» . ولبعض أنواع البكتيريا القدرة على تكوينها . فإذا فقدت البكتيريا قدرتها على تكوينها كان من الضروري وجودها في البيئة .

ويمكن تمييز البكتيريا من حيث طريقة استفادتها من المواد الغذائية إلى مجموعتين كبيرتين :

١ — بكتيريا Autotrophic : هي البكتيريا التي يمكنها بناء مادة البروتوبلازم من المركبات البسيطة غير العضوية التي تستخلص من البيئة ، فهي تستطيع تمثيل الكربون من ثاني أكسيد الكربون . كما تستطيع تمثيل النتروجين من النشادر والنترات والنتريت ، وهي تحصل على الطاقة اللازمة لنموها من تفاعلات التأكسد أو تستغل الطاقة الإشعاعية لضوء الشمس . وتشمل هذه المجموعة بكتيريا التآزت ، وهي البكتيريا ذات الأهمية الخاصة في ميكروبيولوجيا التربة وليس لها علاقة بفساد الأغذية .

٢ — بكتيريا Heterotrophic : هي التي تعتبر المواد العضوية ضرورية لها بوصفها مصدراً للكربون والطاقة ، وتشمل هذه المجموعة البكتيريا

المرضية Pathogenic ، والأنواع الرمية Saprophytic المسببة عن فساد الأغذية وعن انحلال المركبات المختلفة التي تدخل في تركيب المواد الغذائية.

البكتريا والهواء : يمكن تقسيم البكتريا من حيث حاجتها إلى أكسجين الهواء إلى الأقسام الآتية :

١ — بكتريا هوائية إجباريا Obligate Aerobes : هي التي تحتاج إلى الأكسجين الجزئى للنمو .

٢ — بكتريا غير هوائية إجباريا Obligate Anaerobes : هي التي ليس لها القدرة على الاستمرار في النمو والنشاط في وجود الأكسجين الجزئى.

٣ — بكتريا غير هوائية اختياريا Facultative anaerobes : هي التي تنمو في وجود الأكسجين الجزئى أو في غيابه على السواء .

٤ — أحياء دقيقة محبة للهواء Micro-aerophiles : تنمو تحت ضغط للأكسجين أقل مما في الهواء .

أطوار النمو والتطور للبكتريا : تسلك البكتريا في نموها وتكاثرها أربعة أطوار هي :

١ — طور الابطاء Lag phase : في هذا الطور قد لا يتزايد عدد خلايا البكتريا الموجودة فعلا أو قد تتزايد بنسبة قليلة جدا ، إلا أن بعض الخلايا البكتيرية تنمو ويكبر حجمها نوعا ، ويزيد فيها نشاط عملية التنفس وبعض العمليات الأخرى . ويتوقف طول مدة هذا الطور على عوامل كثيرة أهمها عدد الخلايا البكتيرية الموجودة وظروف البيئة ، فإذا زاد عدد الخلايا البكتيرية زيادة كبيرة ، أو كانت ظروف البيئة تلائم تكاثرها وتشجع عليه فإن طور الابطاء يكون قصيرا ، ويحدث عكس ذلك

إذا قل عدد الخلايا أو كانت ظروف البيئة غير ملائمة . وتكون البكتريا خلال هذا الطور زائدة الحساسية بالنسبة لحرارة ولجواهر الكيماوية السامة .

٢ - الطور اللوغاريتمى : هو الفترة التى يحدث فيها أسرع نمو للخلايا والى يتزايد فيها عدد البكتريا تزايدا هندسيا يمثله خط يمانى مستقيم عند تسجيل علاقة المدة بلوغاريتمات عدد الخلايا . وفى أكثر الظروف ملائمة تنقسم أسرع الخلايا نموا فى مدى ٢٠ دقيقة تقريبا ، ويتوقف طول مدة الطور اللوغاريتمى على نوع البكتريا ، كما أنها تتأثر بالحرارة وبعوامل أخرى ، وبعد أن تتم الزيادة اللوغاريتمية تستعيد الخلايا مقاومتها الطبيعية للتأثيرات الطبيعية والكيميائية المعاكسة .

٣ - طور الثبوت : بعد أن يصل عدد البكتريا فى نهاية الطور اللوغاريتمى إلى النهاية العظمى تبطؤ سرعة الانقسام تدريجيا إلى الوقت الذى يصبح فيه عدد الخلايا الناتجة عن الانقسام يكاد يكون مساويا لعدد الخلايا التى تموت ، وبذلك يبقى عدد الخلايا الحية ثابتا .

٤ - طور التناقص أو الهبوط Phase of Decline : خلال هذا الطور يتناقص عدد الخلايا الحية وتختلف سرعة التناقص باختلاف نوع البكتريا وقد تموت المزرعة بأجمعها خلال أيام قليلة ، وقد يستغرق هذا التناقص بضعة أشهر . ويزيد فى سرعة التناقص إحتواء البيئة على سكر قابل للتخمير إذ يكون للحمض الناتج عن هذا التخمير تأثير سام على البكتريا فى الأدوار الأولى من نموها . والعوامل المسئولة عن تحديد حجم المزرعة البكتيرية ليست معروفة تماما . ويعزى وقوف النمو عادة إلى أسباب كثيرة أهمها التأثيرات السمية لنواتج التمثيل . أو تكون مركبات خاصة مشبطة للنمو ، أو احتمال أن يودى التأثير الطبيعى لتراحم

البكتريا في المزرعة إلى وقوف النمو ، كما وأن نفاذ المواد الغذائية أو مصادر الطاقة من البيئة قد يؤديان إلى نفس النتيجة .

مجال الحرارة الملائم للنمو : لجميع أنواع البكتريا هناك درجة

حرارة صغرى وأخرى عظمى تنشط عندها ، وبين هاتين الدرجتين تقع الدرجة المثلى Optimum Temperature ، وهى التى تعرف عادة بأنها درجة الحرارة التى تتكاثر عندها الخلايا بأسرع ما يمكن . وليس من الضرورى أن تتماثل هذه الدرجة مع الدرجات المثلى للعمليات الأخرى التى تحدثها البكتريا كسرعه عملية التخمر مثلا .

وعادة تقسم الأحياء الدقيقة من حيث أنسب درجات الحرارة لنموها إلى ثلاث مجموعات كبيرة ، ولو أنه لا يمكن اعتبار الحدود الخاصة بكل منها حدودا ثابتة مقررة ، والواقع أنه لا يوجد حد فاصل بين كل مجموعة وأخرى .

١ — المجموعة السيكروفيلية (المحبة للبرودة) Psychrophilic Group :

وتقع تحت هذه المجموعة معظم البكتريا التى تعيش فى الماء ، وأحسن نمو للبكتريا فى هذه المجموعة يكون على درجة ٢٠ م (٦٨° ف) أو أقل ، ولو أنه يمكن لهذه الأنواع أن تنمو بسرعة على درجة صفر مئوية (٣٢° ف) وكذلك يحدث النمو على درجات قد تصل إلى - ٥ م (٢٣° ف) ، والحد الأعلى للحرارة لهذه البكتريا هو ٣٠ م ، وهذه الأنواع من البكتريا هى التى تسبب المصاعب فى مخازن التبريد .

٢ — المجموعة الميزوفيلية (المحبة للحرارة المتوسطة) Mesophilic Group :

وتقع درجة الحرارة المثلى للبكتريا فى هذه المجموعة بين ٢٥ م و ٤٠ م (٧٧° - ١٠٤° ف) ولكنها فى العادة لا تستطيع أن تنمو فى درجة ٥ م

(٤١° ف) . ويقع الحد الأعلى لحرارة النمو بين ٤٠° و ٥٥° م (١٠٤-١١٣° ف) .
ولو أن هناك بعض أنواع منها تتحمل الحرارة Thermo — Tolerent .
والبكتيريا التي تكون جراثيم من هذه المجموعة تنمو على درجة ٥٥ م
(١٣١° ف) .

٣ — المجموعة الترموفيلية (المحبة للحرارة) Thermophilic Group :
هي بكتيريا جرثومية ، ودرجة الحرارة المثلى لها ٥٥ م . (١٣١° ف) أو
ما فوقها ، والحد الأدنى للحرارة هو ما بين ٢٠ و ٢٥ م (٦٨-٧٧° ف) ،
والحد الأعلى لها هو ما بين ٧٥° و ٨٠ م (٢٦٧-١٧٦° ف) . ودرجات
الحرارة التي تتعدى هذه الحدود يكون لها تأثير ممت أو مثبت لنمو البكتيريا
والكثير من أفراد هذه المجموعة تنسب في فساد المواد الغذائية المحفوظة
كالخضر واللحوم ، وهي توجد بكثرة في التربة وفي الماء .

أمثلة: على البكتيريا التي تحدث الفساد في المواد الغذائية : يمكن
تقسيم البكتيريا التي تؤدي إلى افساد المواد الغذائية إلى مجموعتين :

١ — بكتيريا غير مرضية : وأهم الأمثلة على هذه البكتيريا مجموعة
باسيلوس كولاي Bac. Coli أو أشيريشيا كولاي Escherichia Coli .
وجميعها من بكتيريا الأمعاء ، ووجودها في الماء يعتبر دليلا على التلوث
بفضلات المجارى ، وهي توجد في المجارى والروث والتربة والهواء وهي شائعة
في تلوث اللبن . وهناك مجموعة أخرى تنسب إلى المجموعة السابقة هي باسيلوس
ايروجينس Bac. Aerogenes وهي مشتولة عن فساد الكثير من الأغذية
غير الحمضية وكذلك مجموعة الاميلوبا كتر B. Amylobacter ، وهي توجد بكثرة
في التربة وعلى سطح الجيوب ، وبعض أفراد هذه المجموعة يكون حمض
بيوتريك وحمض خليك والبعض منها يكون كحول بيوتانيل واسيتون كما

يكون اكسيد الكربون . أما باسيلوس ميزينتاريكاس Bac. Mesentericus فهي من أنواع البكتريا التي تؤدي إلى فساد المخلاتات . وكذلك تعتبر كلوستريديوم سبوروجينس Clostridium sporogenes وكلوستيريديوم بيوتريفيكام Cholstridium putrificum من أنواع البكتريا التي تسبب فساد اللحوم والأسماك ، وتعتبر بكتريا حمض اللاكتيك Lactic acid bacteria مسئولة عن الكثير من التلف الذي يلحق المواد الغذائية ، وتؤدي بكتريا حمض البيوتريك كذلك إلى بعض الفساد ، كما أن البكتريا الترموفيلية تسبب خسائر كبيرة لصناعة الأغذية المحفوظة . وقد يؤدي تلوث المواد الغذائية ببعض البكتريا السكرية إلى إحداث تغيرات غير مرغوبة ، فقد تحدث مثلا تعكيرا لعصير الفاكهة المخمر وتغيرا في طعمه .

٢ — بكتريا مرضية : هي أنواع من البكتريا تلوث المواد الغذائية وتسبب فسادها وتنقل إلى الانسان امراضا خاصة يكون البعض منها بالغ الخطورة ، ومن أمثلتها باسيلوس السل وبكتريا الدفتريا وباسيلوس التيفود وباسيلوس الدوسنتاريا وميكروب الكوليرا وبكتريا التسمم المختلفة . وسنتكلم عن أنواع البكتريا المرضية بالتفصيل فيما بعد .

أمثلة على بعض أنواع البكتريا ذات الأهمية الصناعية : على الرغم من أن البكتريا بوجه عام تعتبر من أهم العوامل المسؤولة عن تلف المواد الغذائية ، ألا أن هناك أنواعا منها تحدث في المواد الغذائية تغيرات مرغوبة ، ولذلك فهي تستخدم في كثير من الصناعات فتستعمل أساسيا في التخمرات الصناعية ، وأهم أنواع البكتريا التي تستخدم صناعيا أنواع بكتريا الخل Acetobacter مثل B. Aceti وباستوريانم B. Pastourianum وكوتزنجيانم B. Kutzinanium وزيلينوم B. Xylinum ، وتمتاز جميعها بقدرتها على تحويل كحول الايثايل إلى حمض خليك بأكسدة الأول ، وهناك كذلك

أنواع من بكتريا حمض اللكتيك Lactic Acid Bacteria تستخدم صناعيا في إحداث التخمر اللكتيكي كما يحدث في صناعة التخليل ، وهذه البكتريا تكون عادة عديمة الحركة وهي تحول السكر إلى حمض لكتيك . وهناك سلالات منها تستخدم في تحضير حمض اللكتيك صناعيا في الحبوب ، أما باسيلوس حمض اللكتيك Bacillus Lactic Acid فهي باسيلوس عضويه قصيرة تحدث التخمر اللكتيكي للبن وهي تقوم بدورها في انضاج الجبن . وهناك سلالات أخرى تنسب إليها مثل لاكتوباسيلوس بولجاريكس Lactobacillus Bulgaricus وباسيلوس اسيدوفيلس Acidopholus ، وهما يستخدمان في صناعة اللبن الزبادى كذلك تستخدم باسيلوس بيوتركس Bac. Butyrcus في تحضير حمض البيوتريك صناعيا، وهي باسيلوس غير هوائية تحمل جراثيم وهي تعمل أيضا في انضاج الجبن .

الفطائر Yeasts

هي نباتات وحيدة الخلية تتبع قسم الثالوفيتا Thallophyta وتقع تحت قسم اليومايسيتس Eumycetes أو True Fungi ، لعدم احتوائها على الكلوروفيل وتتميز خلية الخميرة باحتوائها على نواة . والفطائر منتشرة في الطبيعة وتوجد عادة على الطبقة السطحية للتربة وفي التراب وعلى سطح أوراق النبات . وهي تكاد توجد بصفة دائمة على سطح الكثير من الفواكه مثل العنب والتفاح والكمثرى وغيرها كما توجد بكثرة على سطح التربة في حدائق الفاكهة . وتركب خلية الخميرة من جدار خلوى أو غشاء منفذ يحيط بالبروتوبلازم الذى يحتوى على نواة وحبيبات مختلفة . وفي الخلايا الحديثة يكون جدار الخلية رقيقا والبروتوبلازم شفافا ، فإذا مات تقدم بها العمر تظهر في بروتوبلازم الخلايا حبيبات وفجوات ويزيد سمك الجدار الخلوى . وخلايا الخميرة ذات أشكال مختلفة وأكثرها شيوعا المستديرة والبيضية والاهليلجية Elliptical ،

وتختلف خلايا الخميرة في الحجم وقد يصل قطرها الى ٨ ميكرون وطولها الى ١٠ ميكرون . وتحتاج الخمائر إلى بعض المركبات العضوية وعلى الأخص الكبريت ورايدرات للحصول على الطاقة اللازمة لها ، وتحصل على احتياجاتها عادة في صورة سكريات والدهيدات وأملاح بعض الأحماض والجليسرول والايثانول . وعلاوة على ذلك فهي تحصل النتروجين من مصادر عدة أهمها المركبات الانحلالية للبروتين مثل الببتونات والببتيدات والأحماض الأمينية ، وكذلك من الأميدات اليوريا وأملاح الامونيوم ولا تستطيع الخميرة عادة تمثيل النترات فيما عدا أنواع قليلة مثلها نسينولا *Hansenula* . ولا بد كذلك من الحصول على العناصر المعدنية ، وهي تحصل عليها في صورة أملاح أخصها أملاح المغنسيوم والفوسفات والبوتاسيوم والكبريت والكالسيوم والكلور . وأكثر الأملاح استعمالا في تربية الخميرة هي فوسفات البوتاسيوم وسلفات المغنسيوم وفوسفات اوكلورور الكالسيوم وسلفات الأمونيوم . وفي بعض الأحيان تحتاج البيئة إلى مواد تشجع على النمو ، وتفضل الخمائر في نموها احتواء البيئة على كمية وافرة من السكريات القابلة للتمثيل والمواد الغذائية المناسبة ذات التأثير الحمضي ، ويختلف رقم pH المناسب تبعاً لنوع الخميرة ، ويتراوح رقم pH بين ٣,٥ - ٥,٥ ، ويكون رقم pH للتخميرات الصناعية في العادة ما بين ٤ و ٤,٥ . والبيئات التي تصلح لنمو الخميرة تصلح في نفس الوقت لنمو العفن ، بينما يكون من الصعب على البكتريا أن تعيش فيها نظراً لتأثيرها المثبط

انزيمات الخميرة : تفرز خلايا الخميرة عددا كبيرا من الانزيمات المسؤولة عن التغيرات المختلفة التي تطرأ على المركبات العضوية ، ويمكن اعتبار الانزيمات التي تفرزها الخميرة ثلاث مجموعات هامة هي الانزيمات التنفسية . والانزيمات المسؤولة عن انحلال السكريات إلى سكريات احادية ، ثم مجموعة الانزيمات المسؤولة عن التخمرات .

الخميرة والهواء : معظم الخمائر تؤثر في المواد الغذائية في ظروف هوائية اختيارا ، ولو أن منها ما ينشط أيضا في وجود الهواء .

النمو الحراري : تقع الدرجة المثلى لمعظم الخمائر بين ٢٥ و ٣٠ م (٧٧° - ٧٦° ف) . ويمكن للخمائر أن تحتفظ بحيويتها في درجات الحرارة المنخفضة ، إلا أن نشاطها يقف عند حوالى ١٥ درجة ف . وتهلك معظم الخمائر في درجات الحرارة الأقل من درجة غليان الماء ، ويكفى عادة لاهلاكها درجة حرارة ١٥٠ - ١٦٠ ف لمدة ٣٠ دقيقة ولو أن هناك بعض خمائر تتحمل درجات حرارة أعلى من هذه .

التكاثر : تتكاثر خلايا الخميرة إما بالتبرعم Budding ، أو الانقسام Fission أو تكوين الجراثيم .

ويحدث التكاثر بالتبرعم بظهور نتوء أو برعم في الجدار الخلوى . وهذا البرعم أو الزر يتزعم عند قاعدته ، ثم يزيد في الحجم حتى يصل في حجمه وشكله إلى حجم الخلية الأصلية وشكلها وأخيرا ينفصل عنها . وكثيرا ما تعطى الخلايا البرعمية أضرار جديدة قبل أن يحدث الانفصال فتظهر هناك مجموعة متصلة من خلايا متباينة .

أما التكاثر بالانقسام فإنه يحدث بانقسام الخلية الأصلية إلى خليتين ، وطريقة الانقسام هنا تماثل نظيرتها في انقسام البكتيريا .

ولا يحدث التجرثم بنفس السهولة التي يحدث بها في البكتيريا أو العفن . ولا بد من توفر ظروف خاصة لحدوث التجرثم مثل فقر البيئة أو وجود نواتج ذات تأثير معاكس الخ . . ، ودرجة الحرارة المناسبة للتجرثم بين ٢٥ و ٣٠ م (٧٧° - ٨٦° ف) والغرض من التجرثم هو صيانة حيوية الخمائر في الظروف غير المناسبة ، فجراثيم الخميرة أكثر تحملا للحرارة من الخلايا الخضرية ، إلى أنها أقل مقاومة للحرارة من جراثيم البكتيريا .

وكما هو الحال في العفن فإن الخمائر عند تجرثمها إما أن تعطى جراثيم تناسلية أو غير تناسلية . وتتكون الجراثيم التناسلية من اتصال خليتين متجاورتين من خلايا الخميرة واندماج نواتيهما ثم انقسامها مرة ، وفي بعض الأحيان مرات ، ثم تركز المادة السيتوبلازمية حول كل نواة جديدة ناتجة واحاطتها بجدار جرثومي . فإذا تم الاتصال بين خليتين متساويتين سمي الاتصال متماثل الجاميطات Isogamic ، أما إذا كان الاتصال بين خليتين غير متساويتين أو بين الخلية الأم وخلية البرعم سمي الاتصال غير متماثل الجاميطات Heterogamic . أما الجراثيم غير التناسلية فهي تتكون عن نواة خلية في دور الانقسام ، ولا يسبق هذه العملية اندماج أولى للخلايا أو النوايات ، ويسمى هذا النوع من الجرثوم Parthenogenetic . ومعظم خلايا الخميرة تكون جراثيم داخلية Enogenous ، ولو أن هناك أنواعا من الخميرة تكون جراثيم خارجية Exogenous .

الخمائر الحقيقية والخمائر الكاذبة : تقسم الخمائر تبعا لقدرتها على تكوين

الجراثيم إلى مجموعتين كبيرتين ، فالخمائر التي تكون جراثيم Sporogenous نسمى بالخمائر الحقيقية True yeasts ، والخمائر التي تكون جراثيم Asporogenous تسمى بالخمائر الكاذبة False yeasts or Pseudo yeasts . وتنقسم كل من الخمائر الحقيقية والخمائر الكاذبة إلى مجموعات كالآتي :

الخمائر الحقيقية وتشمل :

١ - مجموعة سكارومايسيس Saccharomyces . وتشمل هذه المجموعة عددا من الخمائر الهامة ، وهي تحدث تخمرات كحولية تختلف في قوتها . وخلايا هذه المجموعة إما مستديرة أو بيضية أو مستطيلة ، والكثير من خمائرنا ذا أهمية اقتصادية إذ يستخدم في صناعة التخمرات ، وإن كانت هذه الخمائر تعتبر كذلك في الظروف العادية مسئولة عن فساد بعض

المواد الغذائية، ومن أمثلتها خميرة النبيذ *Sacch. cerviciae* Var. *ellipsoides* التي يطلق عليها عادة *Sacch. ellipsoides*، ومثل خميرة البيرة *Sacch. cerviciae*.

٢ - مجموعة زيجوسكارومايسيس *Zygosaccharomyces* يعتبر أنها تدرج

تحت جنس *Saccharomycetes*. والخمائر هذه المجموعة القدرة على تخمير محاليل سكرية ذات درجات تركيز عالية في السكر، ومن أمثلتها *Znadsonii* *Z priorianus*

٣ - مجموعة بيشيا *Pichiu*، وخلايا هذه المجموعة بيضيه أو طويلة،

وهي لا تكون كحولا نتيجة للتخميرات التي تحدثها بل تكون استرات. وهي كذلك تكون جراثيم.

٤ - مجموعة هانسيولا *Hansenula* وهي مثل السابقة في الشكل،

وقلما تكون مستديرة، وهي أيضا لا تكون كحولا إنما تكون إسترات. وهي كذلك تكون جراثيم.

٥ - مجموعة ديبايومايسيس *Debaryomyces*، وخلاياها غالبا

مستديرة الشكل وتكون أحيانا بيضية وهي تكون جراثيم.

الخمائر الكاذبة وأهم مجموعات هذه الخمائر :

١ - مجموعة توريولا *Torula*، وهي عادة ذات خلايا كروية صغيرة

تتكاثر بالتبرعم ولا تكون جراثيم، وهي ضعيفة في نشاطها التخمرى.

٢ - مجموعة ميكودرما *Mycoderma*، وخلاياها عادة مستطيلة وتنمو

في وجود الهواء، وهي تنمو عادة في شكل غشاء على سطح السوائل. وهي تتكاثر بالتبرعم ولا تكون جراثيم.

أهم الخمائر التي تسبب فساد المواد الغذائية

سكارومايسيس سيرفيسيا (هانسن) *SaccharomycesC erviciae* Hansen

سكارومايسيس ايليبسويدس Sacc. Cerviciae Var Ellipsoides

وهما تحدثان تخمرات في الفواكه الطازجة عند تخزينها وبحولان السكر إلى كحول وثاني أكسيد كربون .

سكارومايسيس باستوريانوس Sacch. Pastorianus ، وهي تلوث

البيرة عند صنعائها، وتحدث تغيرات غير مرغوبة في الطعام ، وهي كذلك مصدر لمناعب كثيرة في هذه الصناعة ، كما أنها تسبب تلف عصير الفاكهة . وهي تخلق طعما مرأ كما تحدث تعكيرا في المواد التي تنمو عليها .

توريولا بولشريما Torula Pulcherrima ، وهي من أكثر أنواع

التوريولا شيوعا ، وهي تسبب مناعب كبيرة من صناعة التخمير الكحولي ، وتنمو في القاع وتحدث نموا ملونا . وهي توجد في التربة وعلى الفواكه .

توريولا أمارا Torula Amara ، وهي تسبب اللبن والجبن طعما مرأ .

تعتبر من أنواع Debaryomyces ، وتمتاز هذه الأنواع بأنها تستطيع مقاومة درجات التركيز العالية للملح ، ولذلك فهي تعيش في المحاليل الملحية للمخللات .

توريولا كومونيوس Torula Communis ، وهي تنمو على عصير قصب

السكر وتحدث تخمرا يؤدي إلى انحلال جز من السكر الذي يحتويه . ويمكن لهذه الخمائر أن تنمو على درجات تركيز عالية من السكر .

ميكودرما فيني Mycoderma Vini ، وهي تنمو على هيئة مسحوق دقيق

أبيض على سطح الخل وعلى سطح المحلول الملحي للمخللات . وهي تستطيع استهلاك حمض اللبكتيك المتكون بوصفه مصدرا للكربون ، وبذلك تقلل الحوضة في المخللات وتعرض للتلف .

أنواع من البيشيا والهانسنويلا Picia & Aansenula ، وهي لا تكون

كحولات من السكريات بل تكون استرات مثل خلايا الايثايل وخلات

الأميل . الخ . . ، وفي وجود الكحول تستهلكه كمصدر الكربون ، ولذلك فهي تسبب فساد المشروبات الروحية ، وإذا نمت على سوائل تكون أغشية مجمدة كما يحدث في المخلات .

الوظيفة الاقتصادية للخمائر :

على الرغم من أن الخمائر مسؤولة عن التلف الذي يحدث للكثير من المواد الغذائية بسبب ما تحدثه من تخمرات للفاكهة الطازجة ومنتجاتها ، إلا أن هناك الكثير من أنواع الخمائر أصبحت تلعب دورا هاما في الكثير من الصناعات ، خصوصا في التخمرات الصناعية ، علاوة على أنه تحضر منها أحيانا الخميرة الجافة التي تعتبر مصدرا هاما لفيتامين B .

وأهم الخمائر التي تستخدم في الصناعة هي :

سكارومايسيس ايليبسويدس *Saccharomyces Cerviciae*
Varellipsoides ، ويطلق عليها أحيانا اسم خميرة النبيذ لأنها تستخدم بصفة رئيسية في صناعة النبيذ . هي توجد على العنب وفي التربة وفي الكروم ولها القدرة على تحمل نسب عالية من الكحول في البيئة . وتستخدم أيضا في صناعة الكحول وفي تحضير عصير الفاكهة المتخمر .

سكارومايسيس سيرفيسي (هانسن) *Sacch. Cerviciae Hansen*
وهي تسمى بخميرة البيرة أيضا تقوم بالتخمير الكحولي في صناعة البيرة وكذلك تستخدم في صناعة الخبز .

العفن . Moulds

ويعتبر العفن والخمائر فطريات حقيقية *True Fungi* ، وتوجد جراثيم العفن منتشرة في الهواء ، وهو ينمو على الخبز واللحوم والفاكهة والمرطبات

وغيرها . وهو في الواقع ينمو على كل المواد الغذائية الرطبة ، ولو أنه يتميز بإمكان نموه على مواد تصل نسبة الرطوبة فيها بين ٢ و ٥ ٪ مادامت هناك رطوبة في الهواء المحيط بها ، وهو لذلك يفضل الهواء الساكن لأنه يسمح برطوبة نسبية أعلى . ويتركب العفن من خيوط أنبوية ذات حجم ميكروسكوبي تسمى بالخيوط الميسيلية أو بالهايفاء Hyphae ويمكن رؤيتها بالعين المجردة ، وهي كثيرة التفرع والتشابك وتكون هيكلًا عنكبوتي الشكل يعرف بالميسيليوم Mycelium . وهناك نوعان من الهايفات نوع ذو حواجز Septate تظهر فيه الهايفاء مقسمة بواسطة حواجز إلى عدد من الخلايا يحتوي كل منها على نواة أو أكثر ، ونوع ثان عديم الحواجز تظهر فيه الهايفاء بشكل أنبوبة ممتدة عديدة النواة . ويحدث إمتداد الهايفاء أو نمو الميسيليوم عن نمو طرفي Apical ، أو عن انقسام في خلايا الهايفاء ، نمو بزيادة الخلايا Intercalary Growth ، ويحتاج العفن في نموه إلى المواد العضوية وعلى الأخص الكربوايدرات كمصدر للطاقة ، والبعض القليل من أنواع العفن يحتاج إلى عنصر النتروجين ويتحصل عليه عادة من أملاح الأمونيوم أو النترات أو من البروتينات أو الليوتينات أو الأحماض الأمينية أو اليوريا ، وإلى جانب ذلك يحتاج العفن إلى العناصر المعدنية كالسيوم والفسفور والكبريت والمغنسيوم ، ويحتاج في بعض الحالات إلى الحديد . ويمكن للعفن أن ينمو على أفقر المواد في العناصر الغذائية ، ولذلك فهو ينمو أيضا على الأقمشة والورق وغيرها . وهو يفضل البيئة الحمضية نوعا ، ولذلك فإن الفواكه تكون أكثر عرضة للتلف بفعل العفن ، والظلام أكثر مناسبة لنموه من الضوء . والعفن الهوائي يحتاج إلى أكسجين ولذلك فإنه ينمو على سطح المواد الغذائية ، وإن كان في مقدوره أن ينمو إلى حد أقل في ظروف يكون الأكسجين فيها قليلا

ويحصل العفن على ما يلزمه من عناصر غذائية من البيئة التي يعيش فيها فهو يؤثر على الكربوهيدرات والبروتين والدهن بفعل الانزيمات التي يفرزها . وهو أقدر من البكتريا على احداث الانحلال في الدهون .

التكاثر :

يتكاثر العفن عادة بواسطة الجراثيم ، وهي عبارة أجسام دقيقة لا يزيد قطرها عن بضعة ميكرونات ، ويتكون من الميسيليوم الواحد عدد هائل من الجراثيم . وتعتبر عملية التجزئ في العفن عملية تكاثر حقيقية ، إذ أن كل جرثومة يمكنها أن تعطي نموا جديدا بواسطة ابراز أمبوبة جرثومية أو أكثر تمتد وتتفرع لتكون ميسيليوما جديدا يحمل جراثيم جديدة . ويمكن أن تتم هذه الدورة الكاملة في الظروف المناسبة في مدة تتراوح بين ٢٤ و ٤٨ ساعة . وفي معظم الأحيان يعتمد تمييز أنواع العفن على أنواع التكاثر الجرثومي الذي يحدث . وهناك نوعان من التكاثر الجرثومي ، الأول تناسلي Sexual وفيه تسبق عملية تكون الجراثيم على الدوام انقسام في خليتين منفصلتين من الخلايا ، الهايفات ، مع انقسام نواتيهما ، والنوع الثاني غير تناسلي لا يحدث فيه انقسام أولى للخلايا وإنما تتكون الجراثيم في أطراف الهايفات المخصبة . وفي بعض أنواع العفن تتكون الجراثيم غير التناسلية بحالة مفردة أو في مجاميع نتيجة لتبرعم الهايفات المخصبة أو تجزئتها ، ومثل هذه الجراثيم يطلق عليها اسم كونيديا Conidia ، كما يطلق على الهايفات التي تحملها اسم حامل الكونيديا Conidiophore . ويمكن أيضا لأنواع العفن عديدة الحواجز Non-septate أن تكون جراثيم غير تناسلية داخل كيس جرثومي Sporangium ، وتسمى مثل هذه الجراثيم Sporangiospores ويطلق على الهايفات التي تحملها اسم حامل الأكياس الجرثومية Xporangiophore إلا أنه لا يمكن مطلقا لأنواع العفن ذات الحواجز Septate أن تكون

هذه الأكياس الجرثومية ، وفي بعض أنواع العفن تتكسر الهايفات إلى أجزاء صغيرة يعتبر كل منها جرثومة إذ تكون له القدرة على إحداث نمو جديد ، وتسمى هذه الأجزاء بالاوثيريديا Oidia ، وهناك كذلك نوع من الجراثيم يطلق عليها اسم Zygosporos ، وهي ذات جدر سميك تكون نتيجة لاتصال هافيتين طرفيتين من مستعمرتين مختلفتين ، وهذا هو ما يفسر اعتبار هذه الجراثيم تناسلية . وهناك عدا هذه من الجراثيم التناسلية نوع آخر يطلق عليه Ascospores ، وتتميز الجراثيم بأنها تتكون في كيس خاص Ascus . وأهم هذه الجراثيم من ناحية حفظ الأغذية هي جراثيم العفن المسماه Byssoclamys fulva ، وهي التي تفسد الفاكهة المحفوظة . ولما كانت جرثومة العفن تعتبر طوراً من أطوار الراحة في دورة الحياة فإن الجراثيم تتميز بمقاومتها للظروف المعاكسة ، فهي أكثر تحملاً للحرارة والبرودة وكذلك للتعامل بالمطهرات ، وهي أكثر تحملاً للحرارة الجافة منها للحرارة الرطبة ، وقد تتصل الهايفات في بعض أنواع العفن لتتكون كتلاً أو كرات متصلبة تسمى Sclerotia ، وتكون أكثر مقاومة للظروف المعاكسة .

مجال الحموضة :

تفضل أنواع العفن بيئة حمضية نوعاً للحصول على أسرع تكاثر ويختلف رقم pH المناسب تبعاً لنوع العفن ، إلا أنه بصفة عامة يكون أقل منه للبكتيريا ، ومع ذلك فإن الكثير من الأنواع يمكنها أن تستمر في النمو مع تغير رقم pH ، فالعفن Rhizopus Nigricans ، مثلاً يمكنه أن ينمو بين pH ٢,٢ و pH ٩,٦ ، فمجال الحموضة الذي يسمح بنمو أنواع العفن مجال متسع .

مجال الحرارة :

تختلف الدرجة المثلى للنمو تبعاً لنوع العفن ، وأنسب درجات الحرارة

تنمو العفن بصفة عامة يكون بين ١٥ و ٢٠ درجة م ° ٧٧ - ٨٦ ° ف ، ،
وليس من الضروري أن تكون الدرجة المثلى لتكوين الميسيليوم هي أنسب
الدرجات للأغراض الأخرى كتكوين الجراثيم التناسلية مثلا . وهناك
بعض أنواع الأسبرجيلس يمكنها النمو على درجة ٥٠ م ° ١٢٢ ف ، ،
ولو أن الدرجة المثلى للنمو ولتكوين الجراثيم هي ٤٠ م ° ١٠٤ ف ، ، كما
أن بعض أنواع الميوكر *Mucor* تنمو على درجة ٥٥ م ° ١٣١ ف ، ،
وانواع عفن الخبز يناسب نموها درجة حرارة بين ٣٢ و ٣٨ م ° ٩٠ - ١٠٠ ف ، .
ويمكن لبعض أنواع العفن ان تنمو في درجات الحرارة المنخفضة ، فقد
وجد أن البعض منها يمكنه ان ينمو على درجة ٦ م ° ٢١ ف ، ، إلا أن
نموها يقف عند درجة ١٥ ف . وجراثيم العفن أكثر مقاومة للحرارة من
جراثيم الخميرة ، إلا انها اقل مقاومة للحرارة من جراثيم البكتريا . وفي
اغلب الأحيان تكفي لاهلاكها درجة حرارة ٦٥ م ° ١٤٩ ف ، لمدة ٣٠
دقيقة فيما عدا العفن المسمى *Byssoclamys fulva* ، فإن جراثيمه تتحمل
حرارة ٨٧ و ٨٨ ° ، ١٨٨,٦ و ١٩٠,٤ ° ف ، لمدة نصف ساعة .
ومجموعة الجراثيم المتصلبة *Sclerotia* تكون أكثر مقاومة للحرارة ، وقد
قدر ان مثل هذه الجراثيم لبعض انواع الميسيليوم تحتاج إلى ٥ ساعات على
درجة ٨٥ م ° ١٨٥ ف ، لاهلاكها .

أهم أنواع العفن التي تتحلل بمحفظ الأغذية تتبع المجموعات الآتية :

١ - مجموعة ميوكر *Mucor* ، وهي أكثر أنواع العفن شيوعا ، وأهم
خواص أفراد هذه المجموعة تكوينها لخيوط تحت سطح البيئة تساعد على
تقوية الهايفات الهوائية التي تحمل أكياس الجراثيم في نهايتها ، ولون هذه
الجراثيم أسود . والميسيليوم في هذه المجموعة عديم الحواجز ، وأشهر
أنواع هذه المجموعة *Mucor rouxii*, *Rhizopus nigricans*, *Mucor Mucido*.

٢ — مجموعة أسبرجيلس *Aspergillus* ، وهذه المجموعة شائعة في الطبيعة وهي فاتها المخصبة رقيقة ، إلا أنها تتضخم عند الأطراف بشكل مراوة Club يسمى كل منها *Basidium* ، وحول هذه تتكون تتوءات تسمى *Sterigmato* تنتهى عند أطرافها السلسلة من الكونيديا .

٣ — مجموعة البنسيليوم *Penecillium* ، وهذه المجموعة تشبه مجموعة ميوكر *Mucor* فى أن أفرادها تكون أكياس جراثيم محمولة على حوامل جرثومية *Sporangiophores* متفرعة تنتهى أيضا بأكياس ، وتوجد معظم أفراد هذه المجموعة على الأغذية ، والميسيليوم من النوع ذى الحواجز 'Septate' لونه أخضر يميل إلى الزرقة ، وأهم أنواعه *P. glaucum*, *P. digitatum* *P. italicum* ، *P. roqueforti* .

٤ — مجموعة الأوتيديوم *Oidium* ، ويتميز العفن فى هذه المجموعة بأنه ليس له شكل محدد فكل خيط من خيوط الميسيليوم له القدرة على ان ينفصل إلى وحدات أو ثديا *Oidia* تناظر الجرثومة أو الكونيديوم ، وتكون الأوتيديا فى العادة مستطيلة ومستديرة الأركان ولها مميزات الجراثيم . وبعض أنواع هذه المجموعة ينمو على اللحوم المجمدة ، وأهم أنواع هذه المجموعة *Oidium lactis* .

٥ — مجموعة بوتريتس *Botrytis* ، وتمتاز أفراد هذه المجموعة بأن جراثيمها تتكون من مجموعات على شكل عناقيد . وهو عفن طفيلى ، وأهم أنواع هذه المجموعة *Botrytis cinerea* .

٦ — مجموعة مونيليا *Monilia* وأنواع العفن فى هذه المجموعة شبيهة بالآخاز من نواحي كثيرة ، فهي مكونة من خلايا طويلة متبرعمة تتكون فى نهايتها خلايا شبيهة بالخيرة . وهذه الخلايا تتكاثر فى المحاليل السكرية بالتبرعم وهي تحدث تخمرا كحوليا ، وهي تخمر عصير القصب ، وأهم أنواعها *m. fusca*, *monilia candida*, *m. nigra* .

٧ — مجموعة التانريا *Alternaria* ، وتتميز بأن لها جرثومة أو كونيديا ، وهذه الجراثيم عديدة الخلايا وتكون في العادة داكنة اللون وتوجد على شكل سلاسل .

أهم أنواع العفن التي تسبب فساد المواد الغذائية :

١ — *Mucor mucedo* ، وهو كثير الانتشار في الطبيعة ويوجد بكثرة في المنتجات الغذائية الفاسدة حيث يكسبها لونا أسود .

٢ رايزوبس نيجريكانس *Rhizopus nigricans* ، وهو العفن الأسود الذي يظهر على الأغذية النشوية مثل الخبز القديم المخزن في مكان رطب ، وقد ظهر أنه يؤدي إلى انلاف الفراولة وفواكه أخرى .

٣ — بنيسيليوم جلوكم *Penicillium glaucum* ، وهو يمتاز باكساب المادة طعم العفن ورائحته الكريهة . ويكون في أول نموه أبيض اللون ثم يتغير لونه تدريجيا إلى الأزرق أو الأخضر ، وجراثيمه أو كونيدياته مستديرة الشكل ، وحامل الكونيديا متفرع في الجزء العلوي فقط . وجميع الخضر والفاكهة الطازجة تحمل جراثيم هذا الفطر على سطحها . وهو ينمو على كافة المواد الغذائية المعرضة للهواء ويفضل المواد المحتوية على السكر مثل الفواكه أو عصيرها والمربيات الخ . . ، كما يفضل البينات الحمضية على القاعدية أو المتعادلة .

٤ — بنيسيليوم أيتاليك *P. italicum* ، وهو يسبب تعفن الموالح .

٥ — بنيسيليوم ديجيتاتم *P. digitatum* ، وهو يسبب تعفن الموالح أيضا .

٦ — اسبرجيلس نيجر *Aspergillus niger* ، وهو نوع كثير الانتشار في الطبيعة ويؤدي إلى فساد المواد الغذائية ، وهو أشد إتلافا للمواد الغنية بالسكر والإحماض العضوية . وهو ينمو أولا بشكل زغب قطني ، وبعد

تكون الكونيديا يصبح لون العفن أبيض . وهو لا يكسب المواد التي ينمو عليها طعما أو رائحة غير مقبولة ، ويوجد بكثرة على الفواكه والخضر وكثير ما ينمو على الجيلي والمربيات والمرملاد وكذلك على الشراب .

٧ — *اسبرجيلس جلوكس* . *Aspergillus glaucus* ، وهو يحدث تلفاً شديداً للحبوب خصوصا الشعير أثناء عملية المولت ، كما ينمو على الجيلي والفواكه المحفوظة .

٨ — *أوتيدوم لكتس* *Oidium lactis* ، وهو منتشر في الطبيعة ويوجد في اللبن الحامض ، وينمو على شكل طبقة قطيفية . وهو ينمو كذلك في الأغذية التي تحتوى على حمض لكتيك مثل المحللات والجبن والزبد وقد يحدث تغيرات بروتينية غير مرغوبة .

٩ — *بوتريتس سينيريا* *Botrytis cinerea* ، وهو يحدث تلفا للفراولة ويتحمل درجات البرودة في الثلاجات . وقد ينمو على العنب فتتخرق خيوط الميسيليوم المنتشرة وتتغذى على العصير ولكنها لا تغير طعمه وإنما تحدث جفافا في الثمرة .

١٠ — *مونيليا كانديدا* *Monilia candida* ، وهو ينمو على العاكة ويخمر الدكتوروز والليفولوز والمالتوز والسكروروز .

الاهمية الاقتصادية لبعض أنواع العفن :

على الرغم من أن الكثير من الفطريات تسبب فسادا للمواد الغذائية فإن البعض منها يستخدم لاحداث تغيرات مرغوبة أو لصناعة منتجات خاصة . ومن أهم أنواع العفن التي تستخدم صناعيا ما يلي :

١ — *Penecillium roqueforti* ، وهو يستخدم في صناعة الجبن الروكفور ، وينمو داخل الجبن وينتجها ويكسبها اللون والطعم المعروفين .

- ٢ — *Penecillium camemberti* ، بنسيليوم كامبرتاى ، وهو الذى ينمو على سطح الجبن المكائبير ويستخدم فى انتاجها وإكسابها الطعم المميز .
- ٣ — أنواع من البنسيليوم تستخدم فى تحضير الانزيمات البكتينية التى تستخدم فى الترويق الانزيمى لعصير الفواكه .
- ٤ — أنواع من البنسيليوم تستخدم حديثا فى تحضير مستحضرات البنسلين التى تعالج بها الكثير من الأمراض .
- ٥ — أنواع من الأسبرجيلس تستخدم فى بعض البلاد لتحضير بعض المشروبات الكحولية . ففي اليابان يستخدم العفن أسبرجيلس أوريزى *Asporgillus oryzae* ، لتحضير الشراب المسمى بالساكى Saki من الأرز .
- ٦ — بعض أنواع ميوكرا تستخدم فى تحضير الكحول من الحبوب . وفى الصين يستخدم العفن *Mucor rouxii* فى تحضير شراب كحولى من الأرز .

الباب الثالث

الانزيمات

يمكن تعريف الانزيمات بأنها مواد عضوية مساعدة حساسة للحرارة تفرزها الخلايا الحية، ولها القدرة على احداث تأثيراتها مستقلة عن هذه الخلايا، وهى إما أن تفرز خارج الخلية *Exoenzymes* أو داخلها *Endoenzymes* ، وهى توجد فى الخلايا على حالة غروية. وقد أمكن فصل الكثير من الانزيمات على حالة بلورية والاستدلال على تركيبها الكيمافى . وجميع الانزيمات التى فصلت ثبت أنها بروتينات والكثير منها بروتينات متصلة . وهى فى الانسان ترتبط بكثير من العمليات الحيوية كالهضم والنشيل الخ

والنظرية السائدة هي أن الانزيمات تحدث تأثيراتها باتحادها مع المواد المؤثر عليها Substrates لتكون مركبا وسطيا غير ثابت ينحل بدوره فيعطى النواتج النهائية وينفرد الانزيم ثانية .

التسمية والتقسيم:

تقسم الانزيمات عادة تبعا لنوع التغير الكيميائي الذي تحدثه ، وأكثر الانزيمات انتشارا هي التي تحدث الانحلال المائي والأكسدة . وعادة ينتهى اسم الانزيم بالمقطع آز ase ، أما المقطع الأول من الاسم فيعبر عن المادة المؤثر عليها فيطلق اسم الملتاز Maltase مثلا على الانزيم الذى يحلل سكر المالتوز ، والتيروسيناز على الانزيم الذى يحلل التيروسين . وللأسف لم يتبع نظام التسمية هذا الا بعد أن تمت تسمية بعض الانزيمات الشائعة .

نوعية الانزيم:

وعلى الرغم من أن التسمية الحديثة للانزيمات كان الغرض منها التبدليل على علاقة الانزيم بالمادة المؤثر عليها والتي اشتق اسمه منها ، فانها تؤدي في نفس الوقت إلى التعبير عن نوعية الانزيم بصفة عامة ، إذ لوحظ أن الانزيمات المحللة للدهون ليس لها تأثير على الكربوهيدرات أو البروتينات وأن الانزيمات الخاصة بالآخيرة لا تؤثر على الأولى . الا أنه قد تبين أن نوعية الانزيم تعتمد في أغلب الأحيان على نوع الرابطة الكيميائية الموجودة وليس على نوع كل مركب من المركبات . فمثلا إنزيم التربسين Trypsine يستطيع هضم أنواع متعددة من البروتين ، متباينة في التركيب وفي حجم الجزيء ، بينما نجد أن إنزيم الإمالسين Emulsin الذى يحدث انحلالا مائيا لكثير الببتاجلو كوسيدات B-Glucosides لا يحدث تأثيرا على مشابهاها الألفا جلو كوسيدات A-Glucosides وهناك اتجاه نحو تمييز نوعية الانزيم على وجهين : نوعية مطلقة Absolute Specificity وهي التي فيها يؤثر الانزيم على نوع واحد من الرباط

الكيميائي ونوعية نسبية Relative Specificity ويقصد بها أن الانزيم رغم تأثيره التفضيلي على مادة خاصة أو رباط كيميائي خاص فإنه يؤثر أيضا بنسبة أقل على مواد أخرى أو رباطات كيميائية ذات قرابه نسبية . ويظهر أن معظم الإنزيمات تتبع هذا القسم فقد اتجه الزاى إلى تقسيم الإنزيمات المحللة لاسترات الاحماض الدهنية إلى استراتازات Esterases وليبازات Lipases ، فمجموعة الاستراتازات تظهر ميلا أو تفضيلا للأفراد السفلى من سلسلة الاحماض الاليفاتية مع تناقص تأثيرها تدريجيا كلما اتجهت نحو الأفراد العليا ، ومجموعة الليبازات تظهر تفضيلا للأفراد العليا مع تناقص تأثيرها كلما اتجهت نحو الأفراد السفلى .

نشاط الإنزيمات

للإنزيمات القدرة على إحداث تغييرات كبيرة باستخدام كميات ضئيلة جدا منها ، فهي مثلا تهضم من المواد الغذائية قدر وزنها من ٥٠٠.٠٠٠ إلى ٤ مليون مرة ، ويضعف تأثير الإنزيم كلما تجمعت نواتج الانحلال وهو ما يفسر أثرها في حدوث التفاعلات العكسية .

هناك بعض إنزيمات تفرز في صورة غير فعالة يطلق على كل منها اسم الزيموجين Zymogen ، ولكل زيموجين مركب خاص أو أيون خاص يؤدي وجوده إلى تحول الزيموجين إلى إنزيم فعال ، فمثلا الببسينوجين Pepsinogen وهو الصورة غير الفعالة للإنزيم الببسين ، ينشط ببطء تحت تأثير أيونات الأيدروجين لحض الكلورودريك ، ولكن نشاطه يزيد بفعل إنزيم الببسين نفسه وهو تنشيط ذاتى Autocatalytic وكذلك التريبسينوجين Trypsinogen ولو أنه ينشط ذاتيا بواسطة التريبسين إلا أن هناك سبيلا آخر لتنشيطه وذلك بتأثير إنزيم الانتروكيناز Entrokinase الذى تفرزه أغشية الأمعاء .

مرافقات الإنزيم Co-enzymes هناك بعض تحضيرات إنزيمية يمكن فصلها بطريقة الانتشار الغشائى Dialysis إلى جزئين ، أحدهما يمر خلال

الغشاء ، ومن صفاته أنه لا يتأثر بالحرارة ، والثاني لا يمر خلال الغشاء وهذا يتميز بأن الحرارة تؤثر فيه . وكل جزء منهما يكون غير فعال في حالته المنفردة فاذا مزج الإثنان استردت المادة نشاطها الانزيمى . ويطلق على الجزء القابل للانتشار إذا كان مركبا عضويا اسم مرافق الانزيم Coenzyme ، ومرافقات الانزيم ذات أهمية حيوية خاصة في عمليات التأكسد الانزيمية ، وهي تعمل ، حاملات للايدروجين ، وتمتاز بقدرتها على أن تختزل وتتأكسد على التوالي بالاتحاد بالايديروجين أو بفقده . وأهمها مرافقا الانزيم Co-enzyme 1, Co-enzyme 11. وهي تحتوى على سكر الريبوز متحداً مع الأدينين Adenine وأמיד حمض النيكوتينيك ، الفيتامين المانع للبلاجرا . وهناك علاوة على المرافقات السابق ذكرها عدد آخر من المرافقات مثل الجلوتاثيون ونوكليوتيدات الفلافين التى تحتوى على الريبوفلافين متحدا مع البروتين وحمض الفوسفوريك ، وهي تسمى أحيانا بالانزيمات الصفراء . وكذلك يعمل حمض الاسكوربيك مع الجلوتاثيون مرافقا للانزيم.

الحرارة ونشاط الانزيمات : في حدود معينة تزيد سرعة التأثير الانزيمى كثيرا بزيادة الحرارة حتى تصل إلى الدرجة المثلى ، وبعد ذلك تقل سرعة التفاعل بزيادة درجة الحرارة حتى تصل إلى درجة الحرارة التى يقف عندها نشاطه تماما إذ يصبح الانزيم غير فعال . وتتأثر درجة الحرارة المثلى بعوامل مختلفة مثل درجة تركيز الانزيم والمادة المؤثر عليها ومثل درجة التركيز الايدروجينى بوجه خاص ، ولذلك كان لابد عند إيجاد درجة الحرارة المثلى لآى انزيم من تحديد رقم pH ودرجة تركيز الانزيم والمادة المؤثر عليها . وتقع الدرجة المثلى لمعظم الانزيمات عادة بين ٤٠° و ٥٠° م ، ولو أن عددا منها تقع درجة حرارته المثلى قريبة من ٦٠° م . وأنسب درجة حرارة لنشاط انزيمات الهضم والتمثيل فى الانسان هي درجة حرارة الجسم .

ويضعف نشاط الانزيمات عادة فوق درجة ٥٠م حتى يقف نهائيا بالنسبة لمعظم الانزيمات في المحاليل عند قيمة pH المثلى وفي غياب المادة المؤثر عليها تكون درجة حرارة تثيبتها إذا ما سخنت لمدة ٥ دقائق هي بين ٧٠° - ٨٠° م. وكلما زادت درجة الحرارة كلما زادت سرعة الاتلاف للانزيم. والانزيمات في حالتها الجافة أكثر مقاومة للحرارة منها في المحاليل. وقد وجد أن البعض منها أمكنه، وهو في الحالة الجافة، تحمل درجة حرارة بين ١٠٠° و ١٢٠° م لمدة طويلة. ودرجات الحرارة المنخفضة تحد من نشاط الانزيم، إلا أن وقوف نشاط الانزيمات تماما يستلزم خفض درجة الحرارة إلى حد كبير. وهناك بعض الانزيمات مثل تلك التي توجد في الخضر يمكنها أن تحدث تغيرات غير مرغوبة في الرائحة والنكهة عند تجميد هذه الخضر، ولذلك يجري سلق هذه الخضر قبل تجميدها.

مجال الحموضة : يتحدد نشاط الانزيمات بمجال حموضة خاص. وتقرب درجة الحموضة المثلى لها من نقطة التعادل، وانزيم الببسين يكاد يكون الانزيم الوحيد الذي يشذ عن هذه القاعدة العامة فهو أكثر نشاطا في البيئة الحمضية بين pH ١,٥ و pH ٢,٥ تقريبا.

جدول - ١٥ - أرقام pH المثلى لبعض الانزيمات الهامة :

نوع الانزيم	رقم pH	نوع الانزيم	رقم pH
الببسين (المعدة)	١,٥ - ٢,٥	بايبي	٥ - ٧,٢
انفرتاز Asp. Niger	٢,٥ - ٣,٥	فوسفاتاز ، البذور ،	٦,٥
الببسين (المولت)	٣,٧ - ٤,٢	ملتانز ، الخميرة ،	٦,٦
بيروكسيداز (الجنذور)	٥	اميلاز ، اللعاب ، البنكرياس ،	٦ - ٧
انيولاز	٣,٨	اليلاز ، امعاء الثدييات ،	٧
دكستونياز	٤	بروتياز (البكتيريا)	٦ - ٧,٢

تابع جدول - ١٥ -

رقم pH	نوع الانزيم	رقم pH	نوع الانزيم
٦,٥	فوسفاتاز (البذور)	٤-٤,٥	ببسين (الخميرة)
٨ - ٦,٥	تيروسيناز (البطاطس)	٤ - ٥	انفرتاز (البطاطس)
٨,٥ - ٦,٧	انزيمات بروتيينية (الخميرة)	٤,٣	بكتاز (الفواكه)
٩,٥ - ٦,٣	كاتلاز (الكبد)	٤,٤ - ٤,١	جلوكوسيداز
٧	كاتلاز (الخضر)	٥ - ٤,٦	انفرتاز (الخميرة)
٧	بكتاز (الفاكهة)	٦,٥ - ٤,٥	زيماز (الخميرة)
٧	لكتاز (الخميرة)	٤,٨	كربوكسيلاز (الخميرة)
٧,٩ - ٧,٢	يورياز (فول الصويا)	٥ - ٤,٧	ليباز (بذرة الخروع)
١٠ - ٧	أكسيداتاز وبيروكسيداتاز	٦	ليباز (معدة الانسان)
٩ - ٧,٢	ليباز (البكتريا)	٥,٩	بروتياز Asp. Orizza
٨,٣	ليباز (الكبد)	٥,٥ - ٥,٤	فيتاز (النبات)
١٠ - ٨	ترسين (البنكرياس)	٥,٨	انزيمات بروتيينية (المولت)
٩	ديبيدروجيناز اللكتيك	٥,٥	فوسفاتاز (اسبر جيلس)
٩	ديبيدورجيناز السكينيك	٥,٦	فوسفاتاز (المولت)
٩,٢ - ٩	فوسفاتاز (انسجة الثدييات)	٦,١	ملتاز (أمعاء الانسان)
		٧,٢ - ٦	بروتياز (البكتريا)

وللانزيمات المقدرة على احداث تغييرات كبيرة حتى مع استعمال

كميات ضئيلة منها ، فهي تهضم من المواد الغذائية قدر وزنها من ٥٠٠,٠٠٠

إلى ٤ مليون مرة . ويضعف تأثير الانزيم كلما تجمعت نواتج الانحلال

وهو ما يفسر حدوث التفاعلات العكسية بتأثير الانزيمات . وتنقسم

الانزيمات بصفة عامة إلى مجموعتين كبيرتين هما :

١ — الانزيمات الايدروليبتيية (المحللة مائيا) : تدخل معظم انزيمات الهضم والانزيمات المحللة المواد الغذائية تحت هذه المجموعة وتشمل الانزيمات الايدروليبتيية المجموعات الانزيمية الآتية :

١ — الكربوايدرازات Carbohydrases ، وتشمل الانزيمات التي تؤثر على المركبات الكربوايدراتية في كافة الكائنات الحية ، ومن أمثلتها A. glucosidase .

١ — المالتاز Maltase : يوجد في الأمعاء الدقيقة وفي الخميرة والعفن وفي المولت ، وهو يوجد في عادة في انزيم الاميلاز ، وهو يحول الالفاجلو كوسيدات أو الملتوز إلى جلوكوز .

٢ — البيتاجلو كوسيداز B. glucosidase : يوجد في العائلة الوردية ويحتوى الكثير من البذور على هذا الانزيم ، وهو يوجد بكثرة في اللوز كما أنه يوجد في الخميرة وفي الفطر والبكتريا ، وهو يؤثر على B. glucosides فينفصل منها الجلوكوز .

٣ — اللاكتاز Lactase : يؤثر على السكر اللكتوز ويعطى الجلاكتوز والجلوكوز ويوجد في الكبد والطحال وكذلك يوجد في اللوز والخميرة .
٤ — السكروز Saccharase : يوجد في النباتات وفي الاحياء الدقيقة وعلى الأخص في الخميرة وفي العصير المعوى ، وهو يحلل السكروز تحليلًا مائيا إلى جلوكوز وفركتوز .

٥ — انزيمات الاميلاز أو الدايسزاز Amylases : توجد في جميع النباتات تقريبا وفي الحيوانات والاحياء الدقيقة ، وتوجد على الأخص في البذور النشوية خصوصا بعد الانبات ، كما توجد بكمية وفيرة في الفطريات

وتوجد أيضا في اللعاب . وفي البنكرياس في الحيوانات الراقية وفي النباتات يحول الاميلاز النشا المخزون إلى حالة يمكن انتقالها وتمثيلها وهي الملتوز ، والحيوانات تستخدم الاميلاز في عملية الهضم .

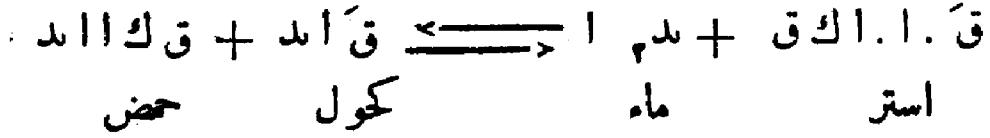
٦ - سيلولاز cellulase : تفرزه أنواع من البكتريا والعفن . ويمكن لبعض أنواع البكتريا المحبة للحرارة إفرازه .

٧ - انيولاز Inulase : انزيم يحلل الانيولين وبعض عديدة السكريات ، تفرزه بعض الفطريات مثل *P. glaucum*, *Aspergillus niger*.
٨ - البروتوبكتناز : هو الانزيم الذي يحدث التعفن في السكتان ويؤدي إلى انحلال البروتوبكتين إلى البكتين القابل للذوبان ، ويفرزه كثير من الفطريات والبكتريا ، وهو يوجد في الخضر والفواكه وهو العامل الأول في عملية التليين ، الليونة ، Softening التي تحدث للفاكهة أثناء النضج .

٩ - البكتناز : يفرزه الكثير من العفن والبكتريا ، وهو يؤثر على البكتين القابل للذوبان وعلى بكتات الكالسيوم وعلى حمض البكتيك ، ويكون من أثر ذلك نواتج انحلال منها حمض الجالاكتيورونيك galacturonic acid ومواد أخرى . وهو يستعمل صناعيا في ترويق عصير الفاكهة ، ويحضر صناعيا من العفن ، وهو يوجد كأحد الانزيمات البكتينية في الفواكه .

٢ - الاسترازات Esterases : يشمل الانزيمات التي تؤثر على المركبات العضوية المسماة بالاسترات والتي تتكون في الاصل من اتحاد كحول مع حمض عضوي وهي تشمل الدهون . وعند انحلال الاسترات انحلالا مائيا ينفرد الكحول والحمض العضوي ، وتشمل هذه المجموعة بعض

انزيمات الهضم كما تشمل بعض الانزيمات التي توجد في العضلات والدم .
وهي انزيمات تعمل على حدوث التفاعل العكسي الآتي :



ومن أمثلتها :

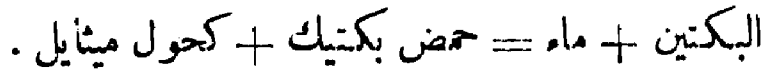
١ - استاراز الكبد واستاراز العضلات : يوجد في جسم الإنسان .
وفي أنسجة بعض الحيوانات .

٢ - كلوروفيللاز : يوجد في الأنسجة النباتية التي تحتوي على الكلوروفيل .

٣ - لياز المعدة : لهضم الدهون ، وكذلك لياز البنكرياس .

ولياز في النبات : كما في بذرة الخروع .

٤ - البكتياز : ويحدث تأثيره على البكتين كالاتي :



٥ - فوسفاتاز : يوجد في جميع الخلايا الحية تقريبا خصوصا في

العظام وكريات الدم الحمراء والبيضاء وبلازما الدم والكبد

والكلى والخلايا المبطنة للأمعاء ، ويوجد كذلك في البول وردة

الأرز ، كما يفرزه الفطر والخميرة .

٦ - التاناز : يؤثر على التانينات ويوجد في كثير من أنواع الفطر

مثل *P. Glaucum* ، *Asper. niger* وفي الثمار . وهو يحلل الاسترات
تحليلا مائيا .

٣ - الاميدازات *Amidases* : تشمل الانزيمات التي تتولى انحلال

الاحماص الأمينية واليوريا .

ومن أمثلتها :

١ - الأرجيناز Arginase : هو انزيم يفرزه الجسم من الحيوانات الثديية ، وهو يوجد أيضا في الكلى والحالب Sploen ، أما في النبات فهو يوجد في بعض البذور ، وهو يحلل الحمض الأميني أرجنين إلى أورنثين ويوريا Ornithine .

٢ - الاسبارجيناز Asparginase : يوجد في البكتريا والخميرة والعفن كما يوجد في الشعير وغيرها من الحبوب وكذلك يوجد في الأمعاء والكبد . وهو يؤثر على الاسبارجين ويكون حمض اسبارتيك وأمونيا .

٣ - اسبارتانز Aspartase : يوجد منتشرا في النباتات وفي بعض أنواع البكتريا والخمائر ، وهو يحول حمض الاسبارتيك إلى أمونيا وحمض فيوماريك Fumaric .

٤ - يورياز Urease : يوجد في أنواع كثيرة من البكتريا والعفن وفي كثير من النباتات الراقية وخصوصا الفاصوليا وفول الصويا ، وكذلك يوجد في الانسان وفي بعض الحيوانات . وهو يؤثر على اليوريا ويكون كربونات أمونيوم Amm. carbonate ، وهذه قد تتحول بدورها إلى أملاح أمونيوم وحمض كربونيك . ويلعب الانزيم الذي يفرزه البكتريا دورا هاما في دورة الازوت .

٥ - أديناز Adinase : يؤثر على ادينين .

٦ - جواناز Guanase : يؤثر على جوانين .

وهذان الاخيران يوجدان في الكبد ويعطيان أمونيا وزانثين وهيبوزانثين .

٤ — الانزيمات البروتيو ليتية Protolytic Enzymes : في الانزيمات

التي تلعب الدور الرئيسى في هضم بروتين الغذاء وهى تؤدي إلى انحلال البروتينات كما يؤثر على نواتج انحلالها الوسطية مثل البروتينوزات والبيتونات وعديدة الببتيدات ، وتشتمل الانزيمات البروتيو ليتية على مجموعات مميزة من الانزيمات مثل .

١ — الببتيدازات Peptidases : تؤثر على الببتيدات المختلفة . وتشمل

هذه المجموعة انزيمات خاصة يقوم كل منها بنصيبه في تجزئة الببتيدات المختلفة من كربوكس ببتيدية أو أمينو ببتيدية أو ثنائية الببتيدات أو عديدة الببتيدات وتنتهى بها الأحماض الأمينية .

٢ — البروتينازات Proteinases : تشمل هذه المجموعة الانزيمات

التي تؤثر على البروتينات وتحولها إلى مركبات بروتينية أبسط تركيباً مثل عديدة الببتيدات ومن أمثلتها :

١ - . الببسين ، وهو يوجد بصفة عامة في العصير المعوى للحيوانات الثديية والطيور والزواحف والسمك وهو يؤثر على البروتين ، وتتكون نواتج انحلاله أساسياً من بروتينوزات وبيتونات وكميات قليلة من الأحماض الأمينية .

ب - الرنين Rennin ، هو الانزيم الذى يحبه اللبن ، وهو يوجد في المعدة الرابعة للعجول الصغيرة ، ويؤثر الرنين على كيزين اللبن ويحوله إلى باراكيزين Paracasein ، وعند تجبن اللبن يتحول الباراكيزين في وجود أيونات الكالسيوم إلى خثرة من باراكيزينات الكالسيوم .

ح - . التربسين Trypsin ، وهو يوجد في العصير البنكرياسى بعد دخوله إلى الأمعاء الدقيقة ، ويؤدي انزيم الانتروكيناز الذى تفرزه

الامعاء إلى تنشيط التربسين ، وهو يساعد على انحلال رابطة الببتيد في البروتين وعلى الأخص البروتينات المنحلة جزئيا ، وينتج عن ذلك مركبات عديدة الببتيد وأحماض أمينية .

د - كيموترپسين Chymotrypsin ، وهو يوجد في البنكرياس والعصير البنكرياسي ، وفي الامعاء الدقيقة بعد أن يمتزج عصير البنكرياس بالانزيم الايتروكيناز Entrokinase الذي ينشط التربسين ، وهذا يؤثر بدوره على الكيموترپسينوجين Chymotrypsinogen ، وهذا الانزيم يساعد على الانحلال المائي لعدد من البروتينات ولنواتج هضمها بالبپسين وذلك بمساعدة البپسين ويعطى عديدة الببتيدات وأحماض أمينية .

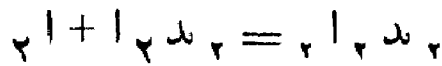
هـ - الباباين Papein ، ويوجد هذا الانزيم في العصير اللبني للباباز ، كما توجد انزيمات مماثلة له في Sap. ، العصير الخلوي ، لشجرة التين وفي الأناناس والقمح وبعض أنواع الفاصوليا . ويحل معظم البروتينات والكثير من البروتيازات والببتونات انحلالا مائيا ويعطى مركبات عديدة الببتيدات . وهناك انزيمات أخرى نباتية مثل الفيسين وهو يوجد في العصير اللبني في شجرة التين ، ومثل البروميلين وهو يوجد في الأناناس ، وهناك انزيمات مماثلة له في حبوب القمح المنبتة وفي فاصوليا اللبنا .

٣ - انزيمات تنفسية Respiratory : وهي تشمل الانزيمات المؤكسدة Oxidising Enzymes ، وهذه الانزيمات ذات أهمية خاصة من الناحية الحيوية لعلاقتها بالتنفس الهوائي أو غير الهوائي للكائنات الحية ، فالتأكسد إما أن يستلزم الحصول على الاكسجين الخارجي وينظره في الجسم عملية التنفس أو قد يحدث التأكسد دون حاجة إلى الاكسجين الخارجي كما يحدث في الأحياء الدقيقة وهو ما نعتبره عادة بالتخمير . وتتم عمليات التأكسد بطرق مختلفة فتحدث عن الاتحاد بالاكسجين أو عن سلب

الايدروجين أو عن فقد اليكترونات، وتشمل الانزيمات المؤكسدة المجموعات الانزيمية الرئيسية الآتية إلى جانب أنواع أخرى من الانزيمات .

- ١ - اكسيداتازات Oxidases ، وهذه الانزيمات تؤدي إلى تأكسد المواد بواسطة اكسجين الجو ، وتنقسم الاكسيداتازات عادة إلى :
- ١ - اكسيداتازات حديدية وهي التي تحتوي على الحديد الذي تعتمد عليه في خواصها ، وتشمل هذه المجموعة .

الكاتالاز Catalase - وهو يوجد في الكبد وفي كافة الكائنات الحية وفي الاحياء الدقيقة فيما عدا بعض أنواع منها . وعلى الرغم من أن هذا الانزيم ليس انزيمًا مؤكسداً إلا أنه يوضع تحت مجموعة الانزيمات المؤكسدة لأنه يشابهها في الناحية الكيميائية ولأن تأثيره يرتبط عن قرب بعملية التأكسد الفسيولوجية . والتأثير الوحيد لهذا الانزيم هو تحليل H_2O_2 لتكوين الماء والاكسجين الغازي

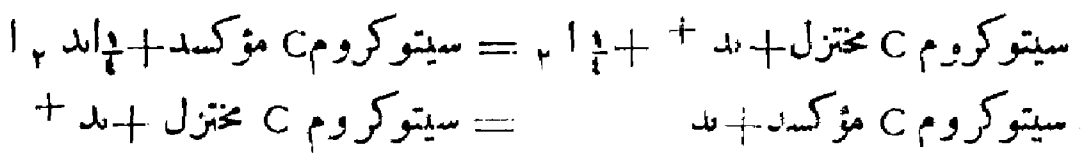


ويعتبر هذا الانزيم من أقوى الانزيمات المعروفة تأثيراً ، فالجزء الواحد منه يستطيع أن يحلل ٥ مليون جزء من H_2O_2 في دقيقة واحدة في درجة الصفر المئوي .

البيروكسيداز Peroxidase - وهو يكاد يوجد في جميع خلايا النبات ، وأعلى درجة تركيزه وجدت في العصير الخلوي لشجرة التين . وهناك شك فيما يتصل بوجود هذا الانزيم وتوزيعه في أنسجة الحيوان وذلك لاحتواء هذه الأنسجة على مواد تستجيب لاختبار البيروكسيداز وعلى الأخص الهيموجلوبين والسيتوكروم ، ويوجد البيروكسيداز في اللبن ، وهو يساعد على تأكسد عدد كبير من الفينولات والامينات العطرية وذلك في وجود

فوق اكسيد الايدروجين ، فهو يؤثر على البيروجاللول Pyrogallol والجوابا كول Guaiacol والكانيكول Catechol والايديروكونيون Hydroquinone وغيرها . وتختلف نواتج تأثيره تبعا للمادة المؤثر عليها . وهذا الانزيم أقل حساسية للحرارة العالية من كثير من الانزيمات ويثبط نشاطه حمض الايدروسيانيك وكبريتور الايدروجين واكسيد النتريك وكذلك الثيوربا Thiourea ، وتستخدم هذه الأخيرة صناعيا في منع تلون الخضر والفاكهة بالتأكسد .

الثيردوبيروكسيداز - وهو يوجد في الكريات البيضاء leucocytes بتركيز ١٪ ، كما تشمل مادة سيتوكروم C وهي تعمل كرافق انزيم . اكسيداز السيتوكروم - وهو يوجد في كافة صور الحياة . وهناك أدلة كثيرة على احتواء هذا الانزيم على الحديد ، ويعتقد أنه يساعد على تأكسد الفينولات والامينات الخ ... بطريقة غير مباشرة ، وذلك بأكسدة سيتوكروم C المختزل ، وهذا يؤكسد بدوره الفينولات أو الامينات كما هو واضح من المعادلة .



ويحتاج هذا الانزيم إلى الاكسجين الغازي لكي يحدث تأثيره ، وهو لا يكون بد_٢ ، وهو يلعب دورا كبيرا في معظم عمليات التأكسد البيولوجية الهوائية .

ب - اكسيدازات نحاسية ، وهي تشمل الكثير من الانزيمات المؤكسدة النباتية مثل التيروسيناز Tyrosinase وهو يوجد في النباتات وفي العفن ، وتعتبر البطاطس وأبصال الداليا وردة القمح غنية بهذا الانزيم . وهو يؤثر

على الفينول والكاتيكول والتيروسين ، ويحتاج في تأثيره إلى الأكسجين العازي ، وهو لا يكون بد H_2O ، وهو يؤكسد التيروسين إلى هالوكروم Hallochrome وهي صبغة حمراء تتأكسد ذاتيا بدورها لتكون الصبغة السوداء غير القابلة للذوبان المسماة بالميلانين Melanin . وتشتمل الأكسيدات النحاسية كذلك على اللكاز Laccase وهو يوجد في اللاتيكس Latex لشجرة اللالك Lac وكذلك في عدد من النباتات والفطريات وفي البطاطس وبنجر السكر والتفاح والكرنب ، وهو يؤكسد الفينولات إلى أرثووبارا كيتونات ، ويحتاج إلى الأكسجين في تأثيره . وكذلك تشتمل الأكسيدات النحاسية على انزيم الارثوفينولاز ، وهو انزيم يوجد في البطاطا ، وهو يؤكسد الارثوفينولات كما يؤكسد الكاوتيكول وكريسول O-cresol .

ح - أكسيداز حمض الاسكوربيك - ويوجد في عدة أصناف من القرع Squach وفي الخيار والموز والخس والفاصوليا والسبانخ . وهو يؤكسد حمض الاسكوربيك 1-acorbic acid وذلك في وجود الأكسجين ، فيتحد بمجموعتين من الايدروكسيل ويكون Dehydroascorbic acid ، وفي هذا التفاعل لا يتكون بد H_2O ، ويمكن اختزال ديهيدرو حمض الاسكوربيك ثانية بكبريتور الايدروجين .

٢ - انزيمات مزيلة للايدروجين «ديهيدروجينازات Dehydrogenases» .

وتؤثر هذه الانزيمات على مركبات خاصة وتزيل الايدروجين وبذلك تؤدي إلى تأكسدها . ويمكن لبعض هذه الانزيمات نقل الايدروجين مباشرة الى اكسجين غازي وتعتبر غير هوائية ، وبعضها الآخر يعمل على نقل الايدروجين إلى صبغة الميلانين الزرقاء أو إلى مستقبل للايدروجين Acceptor وهذه المجموعة من الانزيمات يكون تأثيرها مطردا بحيث تحدث سلسلة من التفاعلات تؤدي إلى تكون الماء في النهاية .

ويمكن تقسيم هذه المجموعات إلى الاقسام الثلاثة الآتية :

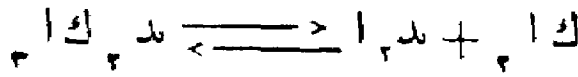
- ١ - انزيمات يحتاج نشاطها إلى Co-enzyme 2, Co-enzyme 1
- ٢ - انزيمات تحمل اليكترونات إلى السيتوكروم
- ٣ - الانزيمات الصفراء

ومن أمثلة القسم الأول - ديهيدروجيناز الكحول Alcohol Dehydrogenase ، وهو يوجد في الخميرة والبكتريا . ويحتمل وجود انزيم مماثل له في النباتات الراقية ، كما أن هناك مماثله في الحيوانات . وهناك Malic dehydrogenase وهو يؤثر على حمض المالميك وينتج حمض اوكسالحيك ، و Lactic dehydrogenase وهو يؤثر على حمض اللاكتيك وينتج حمض بيروفيك و Succinic dehydrogenase وهو يؤثر على حمض السكسفيك ويكزن حمض الفيوماريك Fumaric ، يوجد هذا الانزيم في النبات والحيوانات والاحياء الدقيقة ويحدث عملية التأكسد بشرط وجود مستقبل للايدروجين ويدخل في نظام تفاعله وجود سيتوكروم Cytochrome C الذي يعمل في صورته المؤكسدة والمختزلة ، ومن المحتمل أن له اتصالا بعملية التنفس في الخلايا الحيوانية والنباتية .

٣ - فسفوريلازات Phosphorylases ، وتشبه هذه المجموعة من الانزيمات في تفاعلها الانزيمات الايدروليبتيه في أنها بدلا من أن تساعد على تفاعل المادة مع الماء تؤدي إلى تفاعل المادة مع مركب فوسفاتي ، ويطلق على هذه العملية أحيانا Phosphorolysis . ومن أهم انزيمات هذه المجموعة فسفوريلاز الألفا جلوكوسان وهو منتشر في الحيوانات والنباتات والاحياء الدقيقة ، ويعمل الفوسفوريلاز الحيواني على تكوين النشا في الحيوان كما يعمل على انحلاله .

٤ - انزيمات مزيلة للسكر بوكسيل Dicarboxylases وديكربوكسيلازات ،

وتشمل هذه المجموعة انهدراز السكر بونيك Carbonic anhydrase ، وهو انزيم تنفسى هام يساعد على تكوين وتحليل حمض الكربونيك .



وهو منتشر فى جسم الحيوان ، إلا أنه يوجد بكثرة فى كريات الدم الحمراء وهو بروتين محتو على الزنك .

هـ — امينازات ناقلة Transaminases ، وهى انزيمات تساعد على انتقال مجموعة الأمينو من بعض الأحماض الأمينية إلى الأحماض الألفا كيتونية . ويسود هذا التفاعل بين الأحماض الثنائية الكربوكسيل وتكون نتيجته $K_2 + H_2O \rightleftharpoons 2K^+ + 2OH^-$ أحماض كيتونية وأحماض أمينية .

الباب الرابع

الاحياء الدقيقة

وما تحدثه من تغيرات

تحدث الاحياء الدقيقة بنموها وتكاثرها فى المواد الغذائية عدة تغيرات فى تركيبها الكيماى . وهى فى نموها وتكاثرها تحلل الكثير من المواد العضوية بتأثير ما تفرزه من انزيمات متنوعة ، وهى تحلل هذه المركبات بغرض الحصول على الطاقة والغذاء اللازمين لبقائها ونموها . ولا شك أن الجزء الأكبر مما تحلله من هذه المركبات هو لصد حاجتها من الطاقة . وتحتوى المواد الغذائية نباتية كانت أو حيوانية على الكربوايدرات والبروتينات والدهون والمواد المعدنية والفيتامينات . والاحياء الدقيقة فى ميلها إلى المركبات العضوية الثلاثة الأولى تفضل الكربوايدرات

فالبروتينات ثم الليديدات ، بل أنها تفاضل بين بعض المركبات الكربوايدراتية وبعضها الآخر .

١ - - ففي السكريات تفاضل بينها بهذا الترتيب :

أحادية السكريا ، الارابينوز والدكستروز والليفيلوز والمانوز ،
ثنائية السكريات ، المالتوز والسكروز ، ثم ثلاثية السكريات ، الرافينوز
والمليزيتوز ، .

ب - الكحولات - ثلاثية الاديروكسيل ، كالجليسرول ، فسداسية
الاييدوكسيل ، كالسوزيتول والمانيتول ، .

ج - مركبات مثل أحماض الطرطريك والسكسنيك والبنزويك
والكحولات البسيطة كالإيثايل والبروبايل والأحماض الدهنية مثل الخليك
والبرويونيك . ولما كانت الطاقة هي المعول عليه بالنسبة للأحياء الدقيقة
فإن قيمة المركبات العضوية بالنسبة لها بوصفها مصدرا غذائيا يعتمد
اعتمادا أساسيا على حرارة الاحتراق لهذا المركبات ، ولذلك كان أفضل ذرات
الكربون بالنسبة لها في المركب العضوى ما كان مرتبطا بالأيديروجين
في صورة ك د هـ . وتقل قيمتها نوعا إذا كانت في صورة ك د ، ثم تقل
عن ذلك إذا كانت في صورة ك د ا د ، وتصبح عديمة القيمة إذا كانت في
صورة ك ا ا ك ن ، ولذلك فإن ذرة الكربون في اليوريا وفي حمض
الأكساليك وفي مركبات السيانونوجين لا يمكن للبكتريا الاستفادة منها
باعتبارها مصدرا للكربون . وهناك بعض حالات يمكن فيها للبكتريا أن
تهاجم السكر والبروتينات معا . وعلى الرغم من أن هذه المقدرة المزدوجة
فإن عمليات انحلال البروتين تتعطل في وجود السكر ، فالكربوايدرات
تتماز بتأثيرها الواقى للبروتين Protein Sparing Action . وعلى ذلك

فإن نوع التغير الذى يطرأ على المواد الغذائية يختلف تبعاً لمقدار ما تحتويه من المواد العضوية عامة ومن الكربوايدرات أو الدهن أو البروتين خاصة، ويختلف التغير كذلك تبعاً لنوع هذه المواد .

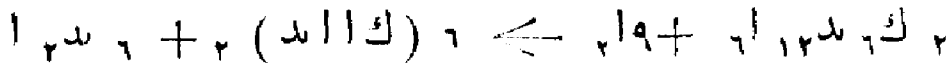
تأثير الأحياء الدقيقة فى المواد الكربوايدراتية : تحدث الأحياء الدقيقة فى الأغذية الغنية فى الكربوايدرات تخمر سريعة للجزء القابل للذوبان منها خصوصاً السكريات .

١ — تخمر السكريات : يختلف نوع التخمر تبعاً لنوع الأحياء الدقيقة وظروف البيئة .

فى وجود الهواء يمكن للكثير من البكتيريا وللعظم أنواع العفن وللقليل من الخماثر أن تحدث تأكسداً تاماً للسكر الدكستروز لتعطى ثانى أكسيد الكربون وماء .



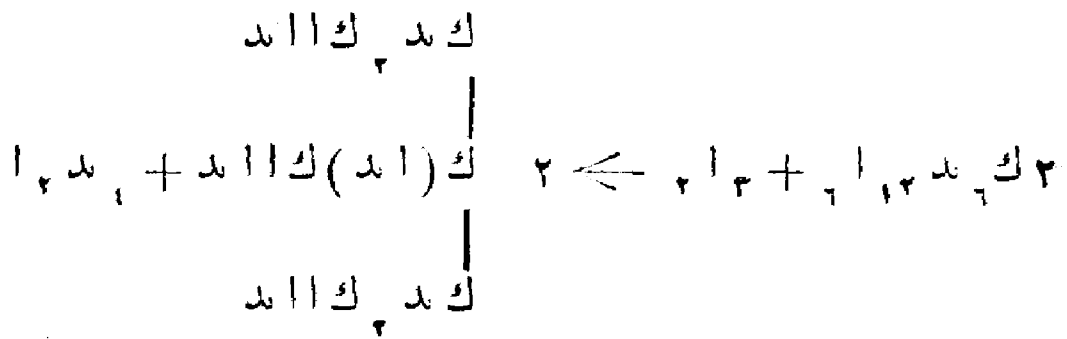
وقد يكون التأكسد جزئياً وهو الأكثر شيوعاً ، وكثيراً ما تستخدم هذه الخاصية صناعياً ، فالعفن اسبرجيلس نيجر *Aspergillus Niger* ، مثلاً إذا وجد فى محلول سكرى فإنه يمكنه أن يخمر السكر إلى حمض اكساليك



إلا أنه إذا سمح للعفن بالاستمرار فى تأثيره فى البيئة فإنه يعود فيؤكسد الحمض الناتج إلى ثانى أكسيد كربون وماء .



وتستخدم هذه الخاصية لبعض أنواع العفن صناعياً كما فى تحضير حمض الستريك من تخمر السكر بفعل بعض سلالات من مجموعة اسبرجيلس نيجر *Aspergillus niger* .



ومن الأمثلة الشائعة على هذه الأنواع من التخمر التخمر الخليكي للسوائل الكحولية كما يحدث في فساد النبيذ مثلا، وتأكسد حمض اللسكتيك بفصل الميكودرما الخ ..

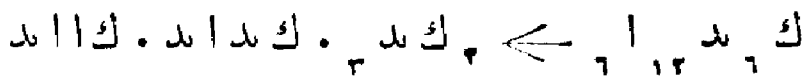
في الظروف غير الهوائية تحدث عدة تخمرات أخرى تختلف في نوعها وفي نتائجها تبعاً لنوع الأحياء الدقيقة المناسبة، ومن أهم هذه التخمرات ما يأتي:

١ - التخمر الكحولي - يحدث نتيجة لتخمر السكر بفعل الكثير من أنواع الخمائر الحقيقية والبرية وقد ينتج القليل من الكحول عن بعض أنواع البكتريا والعفن . والعمليات الحيوية التي تحدث أثناء التخمر الكحولي عمليات معقدة ، إلا أن المعادلة الآتية يمكن أن تفسر تكون الناتج الإضافي الرئيسي



٢ - التخمر اللبني - يحدث نتيجة لتخمر السكر بفعل أنواع من البكتريا غير الهوائية، وهو من أهم أنواع التخمر التي تحدث في المواد الغذائية ، والأحياء الدقيقة التي تسبب هذا النوع من التخمر منتشرة في الطبيعة، وتوجد على كافة مواد الغذاء مثل الخضروات والفاكهة واللحوم ومنتجات الألبان. ولهذه الأنواع من البكتريا القدرة على مقاومة الظروف المعاكسة، وفي نفس الوقت تصبح البيئة شديدة الحموضة إلى حد يمنع نمو الأحياء الدقيقة

الأخرى كالأنواع البروتيو ليتية ، ويستفاد من هذه الخاصة في صناعة المخللات التي يعزى حفظها إلى حمض اللكتيك المتكون ، فإذا كانت كمية السكر الموجودة أصلا في المادة الغذائية منخفضة جدا فلا يمكن حفظ المادة بواسطة التخمر ، وتصبح البيئة صالحة لنمو الأحياء البروتيو ليتية التي تحدث انحلالا بروتيو ليتيا Proteolytic في المادة فتؤدي إلى فسادها . وتمتاز بكتريا حمض اللكتيك عن باقي مجموعات البكتريا في أنها تحول السكريات إلى حمض لكتيك دون مركبات أخرى . وهناك من بين أفراد هذه المجموعة أوعا تلعب دورا هاما في عملية صناعة المخللات Pickling مثل لاکتوباسیلوکیو کومیرس *lactobacillus cucumeris* ، كما أن هناك منها ما يوجد في اللبن ومنتجاته مثل ستربتو کوکاس لاکتس *Streptococcus lactis* ولاکتوباسیلوس بولجاریکوس *L. bulgaricus* ولاکتوباسیلوس کیزای *L. casei* ، وعلى الرغم من أن العملية الحيوية التي تؤدي إلى تكوين حمض اللكتيك من السكر عملية معقدة إلا أنه يمكن للتبسيط التعبير عن هذا النوع من التخمر بالمعادلة الآتية



٣ -- تخمرات منتجة للغازات — وتشمل :

١ -- تخمر لاكتيكي غازي - ويكون مصحوبا بتكون غازات خاصة

ونواتج إضافية أخرى ، وهذا النوع من التخمرات شائع في فساد الأغذية ، وهو يحدث عن أنواع مختلفة من البكتريا ويعتبر هذا النوع من التخمرات من الأنواع غير المرغوبة . وأهم الغازات التي تنتج عن هذا التخمر هي ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين . وتعتبر بكتريا القولون من الأنواع الشائعة في إحداث هذا النوع من التخمر الغازي إذا ما توفرت المواد المعدنية في الغذاء ، وأهم أفراد هذه المجموعة *Escherichia Coli* لايشياکولای

إلى تغيرات أخرى تؤدي إلى فسادها ، فبعض البكتريا التي يمكنها تمثيل النشأ كمصدر للطاقة لا يقتصر مفعولها على إحداث انحلال مائي للنشأ ، بل يتعدى ذلك إلى تحويل نواتج الانحلال إلى صمغ تحمي هذه البكتريا نفسها ضد الحموضة الناتجة .

تأثير الاحياء الدقيقة في البروتينات : تعتبر التغيرات التي تحدث للبروتينات المواد الغذائية نتيجة لتور الاحياء الدقيقة أسوء أثرا من تلك التي تحدث من انحلال السكر بوايدرات . والتغيرات التي تحدث للبروتينات تكون أكثر تعقدا مع تزايد نواتج الانحلال وتباينها ، ففي الأدوار الأولى للانحلال يحدث تجزء للبروتين إلى عديدة الببتيدات وبيتونات وأحماض أمينية ، ويتبع ذلك إندام الأحماض الأمينية أو تخمرها حيث تستطيع بعض الاحياء الدقيقة إزالة مجموعات السكر بوكسيل وتحويل هذه الأحماض إلى أمينات بعضها له أثر سمي ضعيف . وقد ساد الاعتقاد لسنين عديدة أن التسمم الغذائي يمكن حدوثه بفعل هذه الأمينات التي كان يطلق عليها إلى عهد قريب اسم « التومينات Ptomaines » . وعلى الرغم من أن احتواء المواد الغذائية على الأمينات المنفردة يعتبر دليلا على فسادها فقد أظهر البحث خطأ نظرية التسمم بالتومينات ، واندثر هذا الاصطلاح وأصبح استعماله دليلا على الجهل وقلة الدراية . وقد يحدث نتيجة لمهاجمة الاحياء الدقيقة للأحماض الأمينية انطلاق النشادر منها وإنفراد أحماض عضوية أو كحول أو ايدروكربونات . وقد تتخمر هذه بدورها فتنتج مركبات أبسط تركيبا مثل الأحماض العضوية البسيطة والكحولات وبعض الغازات مثل ثاني اكسيد الكربون والايروجين . ويطلق على عملية انطلاق الامونيا من الأحماض الأمينية ومركباتها اسم عملية النشدر Ammonification ، وقد يزيد نشاط هذه العملية في الأدوار الأخيرة من الانحلال البروتولي .

ويصحب عملية انحلال البروتينات Putrifaction عادة تكون مواد كريهة الرائحة مثل كبريتور الايدروجين مما لا يترك مجالاً للشك في حدوث تغير غير مرغوب في المادة الغذائية . ونواتج انحلال البروتينات تشمل مجموعة كبيرة من المركبات نذكر منها عديدة الببتيدات وبروتيازات وبيتونات وأحماض أمينية وأحماض اليقاتية وأحماض عطرية والدهيدات وكتونات ومركبات مخلفة تحتوي على الاندول والفينولات والمركبتانات وكبريتور الايدروجين وأمونيا وإيدروجين وثاني اكسيد الكربون وغاز الميثان .

التغيرات التي تطرأ على الدهون : على الرغم من أن الدهون تكون عادة أقل تعرضاً للانحلال بفعل الأحياء الدقيقة من الكربوايدرات والبروتينات إلا أن هناك حالات كثيرة تنحلل فيها الدهون . وتحتوي بعض أنواع هذه الأحياء الدقيقة على انزيمات محللة للدهون تؤدي إلى تكون أحماض دهنية وجليسول ، وهذه قد يحدث لها تخمر بنفس الطريقة التي تحدث للكربوايدرات . وتعتبر الفطريات « العفن » أكثر مقدرة على إحداث هذا التأثير من البكتريا ، ولذلك فإن الأغذية التي يلاحظ نمو الفطريات عليها يكون من المتوقع انحلال الدهن فيها ، فإذا كان هذا الانحلال غير مرغوب فيه بالنسبة للمستهلك اعتبرت هذه الأغذية فاسدة . وقد يحدث الترخ للدهون عن تأثير ميكروبي فيحدث انحلال في شطر الحامض الدهني للدهن مع إنتاج أحماض دهنية قصيرة السلسلة والدهيدات وكتونات وبروكسيميدات . ويصحب ذلك حدوث تغيرات في الرائحة والطعم تجعل الغذاء غير مرغوب . وتشمل نواتج انحلال الدهون أعراضاً دهنية وجليسول وأحماض اليقاتية والدهيدات وكتونات وكحولات وثاني اكسيد الكربون وايدروجين وغاز الميثان .

تغيرات تنشأ عن مركبات جديدة تكونها الأحياء الدقيقة بطرق تركيبية

بالإضافة إلى التغيرات الأساسية السابق ذكرها فإن الأحياء الدقيقة قد تحدث تغيرات أخرى تؤدي إلى فساد الأغذية . فبعض الأحياء الدقيقة لها القدرة على تكوين مركبات جديدة بطريقة تركيبية Synthetic يؤدي وجودها إلى تغيير غير مرغوب في النكهة والرائحة واللون بها . فالكثير من التغيرات التي تحدث لطعام منتجات اللبن تكون نتيجة مركبات تكونها البكتيريا نفسها ، وقد يكون من أثر نمو بعض الأحياء الدقيقة تكون مركبات ذات لون خاص يميز قد يكون أحمر أو أصفر أو أزرق الخ وكثيرا ما تكون هذه الألوان نتيجة لنمو بعض أنواع العفن في اللبن والجبن كذلك قد تكون بعض أنواع البكتيريا في داخل الغذاء التي تلوثه مواد سامة ، فيصبح في عداد المواد الفاسدة ، فمثلا بكتيريا التسمم المسماة كلارستيريديوم بوتشلاينم تكون توكسينا خاصا إذا وجدت في المواد الغذائية

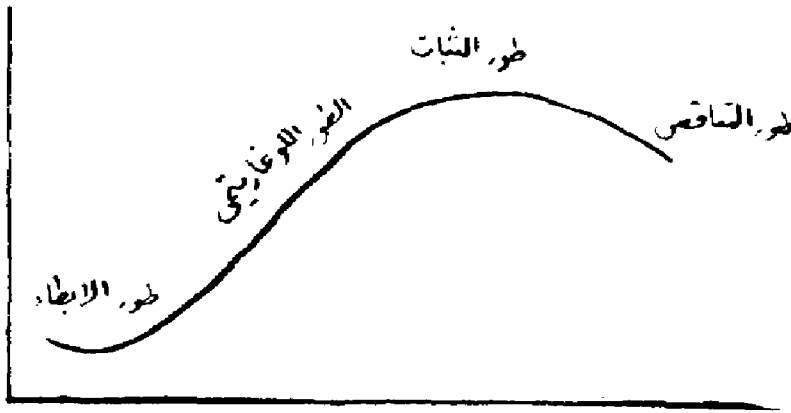
العوامل التي ترتبط بالفساد الميكروبيولوجي للأغذية : تختلف

ظروف الوسط التي تساعد على الفساد وتتداخل مع بعضها ، وعلى الرغم من أن كل عامل منها له أثره في فساد الغذاء إلا أنها تعمل جميعها مشتركة وأهم هذه العوامل هي :

١ - مدى التلوث الأولي : تتوقف سرعة فساد المواد الغذائية في

معظم الأحيان على مدى التلوث الأولي لها ، فالغذاء الذي يحتوي على عدد قليل من الميكروبات يمكن بقاءه دون فساد مدة أطول من الغذاء الذي زاد تلوثه . فمن المشاهد أن اللبن الذي يباع في السوق مثلا وهو يتعرض أثناء حليبه وإنتاجه وتسويقه إلى التلوث الزائد يتم تخثره بسرعة أكبر من اللبن النظيف الذي يراعى في إنتاجه كافة الاحتياطات لتقليل عدد

البكتريا فيه . ومعظم المواد الغذائية تتصل عن قرب أو عن بعد بالتربة التي تنتجها ، وهذه التربة تستكثظ بالملايين من الاحياء . ويمكن تفسير علاقة مدى التلوث بسرعة الفساد إذا ما درسنا منحني النمو للبكتريا مثلا وهو الذي يظهر شكله العام في الرسم التالي .



وهذا الرسم يبين هذه العلاقة ، فإذا بدأنا بمادة غذائية تعرضت إلى التلوث بعدد من الاحياء الدقيقة فإن طور الابطاء وهو طور عدم التزايد تقتصر مدته كلما زاد عدد الاحياء الملوثة وتطول مدته كلما قل عددها ، أى أن المادة تبقى طويلا دون أن يتزايد عدد الاحياء فيها ، وبمعنى آخر تطول مدة حفظها . ويؤثر في طور الابطاء عوامل أخرى كثيرة منها قوة نشاط الميكروب أو سابق عهده ، فإذا كانت الاحياء التي تلوث المادة الغذائية قد انتقلت إليها من بيئة نامية نشطة قصر طور الابطاء ونشطت الاحياء بسرعة لاحداث الفساد في المادة الغذائية ويحدث نقيض ذلك إذا كان مصدر الميكروب بيئة خاملة أو غير نشطة ، وهذا يفسر خطورة مصادر التلوث النشطة في مصانع الاغذية حين تبقى بقايا المواد والمخاليل في الاواني أو في الشقوق أو بين أجزاء الآلات الخ وكذلك تؤثر عوامل الوسط المختلفة في طور الابطاء ، فدرجة حرارة البيئة عامل من العوامل الهامة سيأتى الكلام عنها تفصيلا . وتركيب البيئة ووجود الكيمايات الحافظة فيها

وكل ما يجعل البيئة أقل أو أكثر ملائمة لنمو الأحياء الدقيقة يؤثر في طور الإبطاء ، وبالتالي في سرعة فساد المادة أو في طول مدة حفظها .

٢ - نوع الميكروب الملوث : هناك تغيرات خاصة يتوقف حدوثها على تلوث المادة الغذائية بأنواع خاصة من الميكروبات مثل التلوث *Escherichia Coli* وباشيريشيا كولاي وهو يؤدي إلى تخمر لكتيكي غازي للبن ، بينما نلاحظ أن اللبن النظيف عندما يحمض لا يتكون فيه غاز وتسبب حموضته عن نمو *Bac. Mesentericus* ، كما أن تلوث الأغذية ببكتريا ثرموفيلية أثناء حفظها في العلب الصفيح أو قبل ذلك يؤدي إلى فسادها وتخمرها إذا ما خزنت على درجات حرارة مرتفعة نسبياً ، وقد يكون هذا الفساد مصحوباً أو غير مصحوب بانتفاخ ، كذلك قد يؤدي نوع الميكروب الملوث إلى جعل المادة الغذائية سامة إذا وجد سبيله إليها .

٣ - درجة الحرارة : تعتبر درجة الحرارة من العوامل الهامة في تشجيع الأحياء الدقيقة على النمو والتكاثر خصوصاً إذا وقعت هذه الدرجة في المجال الحراري الملائم مما يؤدي بالمادة الغذائية إلى الفساد ، ويقصر طور الإبطاء عادة عند درجة الحرارة المثلى لنمو الميكروبات وتطول مدته كلما ابتعدنا عن هذه الدرجة في أى الاتجاهين ، وكل ارتفاع في درجة الحرارة قدره ١٠ درجات مئوية ، يؤدي إلى زيادة سرعة التكاثر إلى الضعف تقريباً . وكلما ارتفعت درجة الحرارة المثلى لنمو الميكروب كلما كانت سرعة التكاثر أعلى نسبياً في تلك الدرجة ، فالبكتريا الثرموفيلية أسرع تكاثراً في درجة حرارتها المثلى من البكتريا الكريوفيلية في الدرجة المثلى لها ، وهذا ما يفسر أهمية تخزين المواد الغذائية في مواد التبريد . ويتوقف نوع الانحلال الذى يحدث للمادة الغذائية في درجة حرارة ما على نوع الميكروبات الغالبة وكذلك على تركيب المادة الغذائية ، وتعتبر درجات الحرارة فوق

٢٥° م مناسبة لنمو معظم أنواع الخمائر والعفن وكذلك البكتريا الميزوفيلية ، أما البكتريا الثرموفيلية ، المحبة للحرارة ، فإنها لا تستطيع أن تنمو في درجة حرارة الغرفة العادية ٢٠° - ٢٥° م ، وهي تحتاج في نموها إلى درجة حرارة مرتفعة نسبيا ، حوالي ٥٥° م ، أو أعلى . أما البكتريا الكاربوفيلية ، المحبة للبرودة ، فإنها تفضل في نموها درجات الحرارة المنخفضة ٢٠° م أو أقل ، ويمكنها أن تنمو في درجة الصفر . وعلى ذلك فاللبن إذا ما خزن على درجات الحرارة العادية يحمض دون أن يكتسب طعما أو رائحة غير مرغوبة ، أما إذا خزن على درجات منخفضة أقل من ٢٠° م ونشطت فيه الميكروبات الكاربوفيلية البرونيوليتية لأدى ذلك إلى تحلل البروتينات بدلا من الكاربوايدرات والسكر ، واكتسب اللبن طعما ورائحة كريهتين دون أن يحمض .

٤ - مدة التخزين : مدة التخزين هي المدة التي تحدّد مدى التغير الذي يطرأ على المادة الغذائية نتيجة لنمو الأحياء الدقيقة فيها وتكاثرها ، فكلما طالت مدة التخزين في درجات حرارة مثالية للتكاثر كلما أتيحت الفرصة لزيادة في المادة الغذائية نتيجة لزيادة عدد الميكروبات وزيادة نشاطها ، فعمليات التخمر التي تحدثها هذه الأحياء في المادة تحتاج لتمامها إلى المدة الكافية لانحلال السكر بوايدرات التي تحتويها ، ويقل أثر مدة التخزين تدريجيا كلما انخفضت درجة الحرارة إلى الحد الذي يضعف نشاط الميكروبات أو يوقفه تماما .

٥ - وجود الأكسجين : سبق أن أوضحنا أن وجود الأكسجين أو غيابه يعتبر عاملا هاما في فساد الأغذية ، وأن هناك أنواعا من الأحياء تكون هوائية إجباريا بينما البعض الآخر ينمو في غياب الهواء ، وقد فسرنا في كلامنا عن تخمر السكر بوايدرات أهمية الأكسجين في عمليات التخمر وأثره في نوع الميكروبات النامية وفي ناتجيات التخمر ، وضررنا مثلا على

ذلك التخمر الخلى الذى يستخدم فيه الاكسجين فى أكسدة كحول الايثايل وتمتاز بكتريا حمض الخليك بامكانها النمو فى وجود نسب عالية من الكحول لا تسمح بنمو أنواع أخرى البكتريا . ويمكن توفر الاكسجين فى البيئة للأحياء الدقيقة الهوائية اجباريا أو اختياريا فى استخدامه بسهولة فى إطلاق الطاقة اللازمة لنموها وتكاثرها ، وفى هذه الظروف الهوائية تحدث البكتريا انحلالا للكثير من المركبات العضوية ، وتصبح البيئة أكثر صلاحية لنمو الأحياء غير الهوائية ، وهذه تحدث بدورها انحلالات فى المواد الغذائية تتباين نتائجها تباينا كبيرا . وأكثر حالات فساد الاغذية شيوعا تسبب عن انحلال البروتينات ، وفى هذه الحالة تتميز بمنتجات ذات رائحة كريهة وكثيرا ما يطلق على هذه العملية اسم « النتن » Putrifaction . والخائر رغم أنها توجد فى الطبيعة على السطوح الخارجية للكثير من الفاكهة إلا أن أغلبها غير هوائية اختياريا ، أما أنواع العفن فإنها هوائية تحتاج إلى الاكسجين .

٦ — ثانى أكسيد الكربون : على الرغم من الأدلة التى تؤيد تأثير نمو البكتريا بوجود ك_٢ الذى يحدث من نموها ونشاطها إلا أن الابحاث الحديثة تذهب إلى أن هذا الغاز ليس له بالذات تأثير سام على البكتريا ، ويمكن تفسير تأثيره بأحد عاملين ، فقد يرجع إلى خفض رقم pH للبيئة بزيادة حموضتها ، أو قد ينسب إلى إزالته للأكسجين وحلوله مكانه وبذلك يجعل الوسط غير ملائم للبكتريا الهوائية إجباريا وكذلك للفطريات . ويستفاد من هذه الخاصية الأخيرة فى مخازن التبريد الخاصة باللحوم حيث يطلق فيها ك_٢ بنسبة خاصة ليحميها من التلف بفعل هذه الميكروبات . وهناك أنواع من البكتريا لا تنمو إلا فى وجود ثانى أكسيد الكربون مثل مجموعة بروسيللا Brucella . كما أن الخناثر تسبب الكثير من التلف الذى يحدث للياه الغازية ، الغازوزة ، رغم احتوائها على ثانى أكسيد الكربون

٧ — نسبة الرطوبة : تعتبر نسبة الرطوبة في المادة الغذائية من أهم العوامل التي ترتبط بفساد الأغذية خصوصا من الناحية الميكروبيولوجية. ويعتبر الماء ضروريا جدا لنمو البكتيريا والخمائر ، فعلاوة على أن هذه الأحياء تحصل على غذائها في حالة ذائبة ، فإن الكثير من عمليات الانحلال التي تحدثها هي نوع من عمليات الانحلال المائي التي يعتبر الماء جزءا منها. وتحتاج البكتيريا والخميرة إلى نسبة كبيرة من الرطوبة ، وليس هناك حد ثابت لمقدار الرطوبة الواجب توفرها في المادة الغذائية لوقايتها من الفساد إذ أن نسبة الرطوبة ترتبط بعوامل أخرى مثل حموضة البيئة ونسبة ما تحتويه من المركبات العضوية ومقدار الأملاح الموجودة بها ونوعها وغير ذلك من عوامل الوسط ، وفي وجود الأملاح يزيد الحد الأدنى للرطوبة الذي يسمح بنمو البكتيريا .

ومن المعروف أن الحبوب لا تتعرض للفساد البكتريولوجي إذا كانت نسبة الرطوبة فيها ١٥ ٪ أو أقل . واللحوم المقددة يقف نمو البكتيريا فيها إلى ما بين ١٨ و ٢٠ ٪ . والأغذية المجففة بصفة عامة لاخوف عليها من الفساد البكتريولوجي إذا كانت نسبة الرطوبة فيها بين ١٠ و ١٥ ٪ ، وإن كانت هذه النسبة من الرطوبة قد لا تكفي لحماية المادة الغذائية من أنواع أخرى من الفساد ، إذ أن هذه النسبة من الرطوبة تسمح بنشاط الانزيمات كما تسمح بحدوث عمليات تأكسد تؤدي إلى تلف المادة وسيأتي شرح هذا تفصيلا . أما العفن فيمكنه أن ينمو على مواد ثقيل في نسبة رطوبتها عن تلك التي تسمح بنمو البكتيريا ، وتعتبر أنواع الاسبرجيلس والبنيسليوم من أكثر الأنواع مقاومة لانخفاض الرطوبة ، فهو ينمو عند نسبة من الرطوبة بين ٢ ٪ و ٥ ٪ . وفي معظم الأحيان ينمو على المواد الجافة إذا ما كانت هناك رطوبة كافية في الهواء المحيط بتلك المواد ، ولذلك كان من الضروري لمنع

نمو العفن التحكم في رطوبة الهواء المحيط بالمادة الغذائية . ولما كانت رطوبة الهواء تقل بزيادة سرعته كانت عملية التهوية ضرورية لمنع نمو العفن وكان لابد كذلك من ضمان جفاف الهواء المحيط بالمواد الغذائية الجافة في وجودها داخل العبوات . ويجرى تخفيض الرطوبة في المادة الغذائية إما بالطرق الشائعة وهي إزالة الماء كما في عمليات التجفيف أو التركيز فتتخفض نسبة الماء فيها ، وإما بإضافة مواد لها كما في التملح أو بإضافة السكر .

٨ — الحموضة : يمكن للبكتريا بصفة عامة أن تنمو على درجات حموضة تختلف بين pH ٤.٥ و pH ١٠ . والبكتريا السكروليتية Saccharolytic ، المحللة للسكريايدات ، تكون في العادة أكثر احتمالا للحموضة من البكتريا البروتيتية ، المحللة للبروتين ، فهذه الأخيرة لا يمكنها أن تنمو عند قيم pH أقل من ٥.٥ . ولا يقتصر تأثيرها على رقم pH بل إن نوع الحمض الموجود له أثر في نشاطها ، فعند قيم pH العالية يكون لوجود الأحماض العضوية مثل الستريك والخليك والبريونيك تأثير مشبط على الأحماض غير العضوية . ومن المشاهد أن أى تأثير يؤدي إلى تقليل مقدار الجزء المتأين من الحمض العضوى دون أن يؤثر في درجة تركيزه يجعل هذا الحمض أكثر سمية والعكس وبالعكس . وتختلف المواد الغذائية في درجة حموضتها فالفواكه الزيتون تختلف قيمة pH لها بين ٢.٥ و ٤.٥ تقريباً ، والخضراوات الطماطم تختلف قيم pH لها بين ٤.٩ و ٦.٣ ، أما اللحوم فيكون رقم pH لها حوالى ٧.٢ بعد الذبح ثم تتغير تدريجياً فتصبح بعد ٤٨ ساعة تقريباً حوالى ٥.٧ وتثبت عند pH ٦ تقريباً في خلال أسبوع . وتنشط الخمائر والعفن في وسط أكثر حموضة من الوسط المناسب للبكتريا . فالعفن والخمائر تنمو بنشاط في الفواكه وعصيرها ، pH بين ٣.٥ و ٥.٥ ، فنجد عصير الفاكهة يتخمر تخمراً كحولياً بفعل الخميرة ، كما نجد العفن ينمو

على الفاكهة ومربياتها . ولنوع الحمض . أثره في تحديد نوع العفن الذي ينمو
وأحماض المالك والطرطريك والستريك تشجع نمو العفن المسمى أو إسبورا
لاكتس *Oospora Lactis* . ومعظم أنواع البكتريا لا تنشط في البيئة الزائدة
الحموضة ولا يستثنى من ذلك غير أنواع قليلة أهمها بكتريا الخل
اسيتوباكترا سيتاى *Acetobacter Aceti* وبعض أنواع البكتريا التي تنمو
في النبيذ وتغير رقم pH للغذاء أو زيادة حموضته لا يقتصر تأثيرها
على نمو الميكروبات بل يؤثر أيضا على حساسيتها للحرارة وعلى نشاطها
البيولوجى بصفة عامة .

٥ - السكر : سبق أن أوضحنا أثر إحتواء المادة على السكر بوايدرات
في نوع التغيرات التي تطرأ على المواد الغذائية . كما أوضحنا كيف
تفاضل الأحياء الدقيقة بين المركبات السكر بوايدراتية ، وبيننا علاقة السكر
بأنواع التخمر المختلفة التي تطرأ على المواد الغذائية . وعلاوة على ذلك فإن
درجات التردد العالية من السكر تؤثر في مقدرة الأحياء الدقيقة على النمو .
ولكى يمكن منع النمو الميكرونى لابد من استعمال محاليل سكرية ذات تركيز
عالية حوالى ١٥ ٪ أو أكثر ، ويستفاد من هذه الخاصية في حفظ المربيات
والجيلى واللبن المكثف المحلى ، بل إنه عند استعمال هذه الدرجات العالية
من التركيز يمكن لبعض سلالات الخمائر والفطر وبعض البكتريا المنتجة
للصمغ أن تنمو . وقد وجد أن المحاليل السكرية المتساوية في درجة التركيز
يزيد الضغط الاسموزى لها كلما صغر الوزن الجزيئى . وقد درس اريكسون
وفابيان سنة ١٩٤٣ *Erickson & Fabian* التأثير الحافظ للسكريات المختلفة
فوجدوا أنه من حيث تأثيرها بالنسبة للبكتريا يكون الفركتوز فالدكسروز
فالسكروز فاللاكتوز أكثرها تأثيرا . وقد وجد تاركوفيلوزوليفين

Tarkow, Fellers, Levine أن الجلو كوزله أثر تثبيطي بالنسبة للخمائر والعفن من السكروز في نفس درجة التركيز . ومعنى هذا أن شراب الفاكهة الذى يحدث فيه تحول لجزء كبير من السكر ، السكروز ، المضاف يكون أقل تعرضا لنمو العفن منه لو لم يحدث هذا التحول .

١٠ — ملح الطعام من المعروف أنه كما أن للأحياء الدقيقة حساسيتها بالنسبة للحموضة فإن لها حساسية بالنسبة للأملاح ، وتختلف هذه الحساسية تبعاً لتركيز الملح ويعتبر ملح الطعام من أهم الأملاح التى تلعب دوراً هاماً فى حفظ الأغذية وإن كان تأثيره لا يزال غير معروف بالضبط ، ولا يمكن إرجاع السبب بأكمله إلى التأثير الاسموزى وحده فإن هناك أملاحاً أخرى خلاف ملح الطعام ليس لها نفس الأثر المثبط على نمو الأحياء الدقيقة حتى عند استعمالها فى درجات تركيز مرتفعة ، فهو من هذه الناحية ذو تأثير نوعى وتتوقف درجة تركيز الملح الضرورية لمنع نمو الأحياء الدقيقة على عدة عوامل تشمل نسبة الماء ونوع الميكروب والملوث ورقم pH والحرارة ومقدار البروتين فى البيئة وكذلك نوع المواد المثبطة الموجودة فى البيئة . وعند استعمال ملح الطعام فى درجات تركيز عالية يطول طور الإبطاء للبكتريا ، أما فى درجات التركيز المنخفضة فهو يشجع نموها . وتختلف أنواع الأحياء الدقيقة فى مدى تحملها للملح ، والبكتريا المرضية أكثر تأثراً بالمحاليل الملحية المركزة . وقد أثبت تانر وايفانز Tanner & Evans أنه فى الإمكان مثلاً منع نمو كلوستريديوم بوتشلاينم *Cl. botulinum* فى محاليل درجة تركيزها بين ٦,٥ و ١٢ ٪ تبعاً لنوع البيئة . أما الخميرة فيمكنها أن تنمو على درجات تركيز عالية خصوصاً الخميرة التى تسكون الغشاء السطحي ، فقد أثبت مارك وبونار Mark & Bonar ، ١٩٣٩ ، إمكان نموها فى محاليل درجة تركيزها ٢٤ ٪ ملحاً . ومثل هذه الخمائر تنمو على سطح المحلات . وكذلك يمكن

لبعض أنواع العفن أن تنمو على مثل هذه الدرجات العالية من التركيز، ويقول تانر Tanner بإمكان نمو العفن في وجود نسب من الملاح تزيد عن ٢٠٪ . ويلعب الملاح دورا هاما في صناعة التخليل فهو يسمح بنمو وتكاثر بكتريا حمض اللاكتيك التي تحول السكر إلى حامض اللاكتيك وهذا بدوره يمنع نمو البكتريا البروتيو ليتية ، المحللة للبروتين ، والبكتريا البكتوليتية ، المحللة للبكتين ، .

١١ — احتواء البيئة على مواد منشطة للنمو : من المعروف أن أيونات

بعض المعادن مثل الصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم والباريوم والرصاص والزنك إذا وجدت في البيئة بنسب ضئيلة فإنها تنشط الأحياء الدقيقة، وإذا ما زادت نسبتها في البيئة فإنها تؤدي إلى عكس النتيجة فتثبط النشاط . كذلك وجد أن بعض الأحماض الأمينية إذا وجدت في بيئة بعض أنواع البكتريا تؤدي إلى تنشيط نموها . وقد سبق أن أوضحنا الدور الهام الذي يلعبه ملح الطعام في الدرجات المنخفضة من التركيز . وقد ظهر للعلماء حديثا أن هناك مواد توجد طبيعيا في الأنسجة النباتية والحيوانية لها تأثير إضافي على النمو . ويطلق الآن على المواد اسم عوامل النمو الإضافية Accessory Growth Factors وهي مواد عضوية لو أضيفت بكميات ضئيلة إلى البيئة التي تحتوي على مصادر الكربون والنيتروجين والمواد المعدنية فإنها تساعد على نمو الميكروبات . وقد ظهر أن هذه المواد تتبع معقد فيتامين B₁₂ ولبعض أنواع البكتريا القدرة على تكوين هذه المواد بطريقة تركيبية والبعض الآخر خاو من هذه القدرة . وهذه البكتريا الأخيرة تحتاج إلى هذه الفيتامينات لكي تتم داخل خلاياها عمليات الأكسدة الحيوية . ويحتاج الكثير من بكتريا حمض اللاكتيك التي تسبب فساد المواد الغذائية وكذلك بكتريا القولون Coli إلى هذه الفيتامينات ، وكذلك يمكن لبعض أنواع الخميرة أن تنمو في بيئات

خالية من هذه الفيتامينات وليس للبعض الآخر القدرة على تخمير الفيتامينات اللازمة له .

١٢ - احتواء البيئة على مواد مشبعة للنمو : هناك الكثير من المواد يؤدي وجودها في البيئة إلى تثبيط نشاط الاحياء الدقيقة أو إيقاف نموها أو هلاكها . وكثيرا ما تؤدي نواتج الانحلال التي تنتج عن نشاط بعض أنواع الاحياء الدقيقة خصوصا عندما يزيد تركيزها في البيئة إلى الإضرار بهذه الاحياء وتثبيط نموها وتكاثرها ، كما يحدث عند زيادة نسبة الحمض أو الكحول الناتج الخ ...

١ - الأملاح والأحماض : سبق أن أوضحنا تأثير ملح الطعام في درجات التركيز العالية ، كما ذكرنا أن زيادة تركيز أيونات بعض العناصر المعدنية يؤدي إلى تثبيط النشاط ، وكذلك يكون تأثير الأحماض العضوية إذا وجدت في المواد الغذائية مشبعا بالنسبة لبعض الاحياء الدقيقة . وبعض الأملاح المنتجة للكسجين يؤدي وجودها في البيئة إلى تثبيط الاحياء غير الهوائية وتستخدم أملاح النترات والنترت معا في تمثيل اللحوم بنسبة ٢ ٪ أو أقل من الأولى ، و ٠.٢ ٪ أو أقل من الثانية ، وذلك لمنع البكتريا غير الهوائية من احداث النتن Putrifaction فيها .

ب - التوابل كذلك يؤدي وجود بعض التوابل في المواد الغذائية إلى تثبيط نشاط الاحياء الدقيقة فيها ، ويرجع هذا التأثير في معظم الحالات إلى الزيوت العطرية التي توجد في هذه المواد وهناك إتفاق في الرأي بين معظم الباحثين على أن القرنفل والقرفة والخردل يكون تأثيرها في الحفظ أكثر من غيرها من التوابل أو الأعشاب العطرية . وقد وجد أن الزيوت المتطايرة للخردل ذات تأثير في الحفظ أكبر من الزيوت العضوية المستخرجة من باقي التوابل . وقد توصل Plum & Fabien سنة ١٩٤٣ إلى ترتيب بعض المركبات

الكيميائية المستولة عن الحفظ في هذه التوابل فوجد أن أشدها تأثيرا هما ايروثيوسيانات الألايل والكارفاكول Carvacol ثم يليها الدهيد السيناميك وخلات السيناميل Cinnamyl Acetate ثم اثير الاوجينول المشلى Eygenol Methyl Ether واليوكاليبتول .

ح - المواد الكيميائية الحافظة : تؤدي المواد الحافظة الكيميائية Chemical Preservatives إذا أضيفت إلى المواد الغذائية إلى تثبيط نمو الاحياء الدقيقة منها . ويختلف تأثيرها تبعا لنوع المادة ودرجة تركيزها ولأنواع الاحياء الملوثة . وأهم المواد الكيميائية الحافظة التي تستخدم في الصناعة هي حمض الكبريتوز وأملاح السلفيت وحمض البنزويك وأملاح البنزوات خصوصا بنزوات الصوديوم التي تستخدم في عصير الفاكهة وشرابها والساليسيلات وحمض البريونيك وأملاح برويونات الصوديوم والكالسيوم التي تستخدم في صناعة الخبز لمنع نمو العفن الخ وسيقأت الكلام عن هذه المواد . وبعض هذه المواد يكون متطايرا على درجة حرارة الغرفة ، علاوة على إمكانه النفاذ إلى داخل العبوات والأكياس ، ومن أمثلة أكسيد الأيثيلين وأكسيد البروبلين وبروميد الميثايل .

الباب الخامس

الانزيمات التي تحتويها المادة الغذائية طبيعيا

وما تحدثه من تغيرات

لاشك أن فساد الأغذية بفعل الاحياء الدقيقة يعزى إلى تأثير الانزيمات التي تفرزها ، وقد سبق دراسة التغيرات التي تحدث عن نمو هذه الاحياء ، وعلى ذلك فسنتقصر في كلامنا هنا عن التغيرات التي تحدثها

الانزيمات الموجودة طبيعياً في المادة الغذائية . والكثير من هذه الانزيمات تبدأ نشاطها بمجرد فصل المادة الغذائية النباتية عن عائلها ، أو عقب ذبح الحيوان مباشرة ، فتحدث بذلك تغيرات كثيرة قد يعتبر البعض منها مرغوباً في ظروف معينة بينما يعتبر البعض الآخر فساداً في ظروف أخرى فتحول النشا إلى سكر بفعل الانزيمات الديستازية يعتبر في انضاج التفاح مثلاً عملية مرغوبة ، أما إذا حدثت هذه العملية عند تخزين البطاطس فأصبحت حلوة ولينة فإن هذا التغير يعتبر فساداً . والمواد النباتية تستمر خلاياها في الحياة حتى بعد فصلها عن عائلها ، وهي تحتاج في ذلك إلى قدر من الطاقة تتحصل عليه نتيجة عمليات التنفس التي تحدث بفعل إنزيمات خاصة تسمى إنزيمات التنفس Respiratory Enzymes ، وقد تحدث عمليات التنفس هذه في وجود الهواء فيسمى التنفس هوائياً Aerobio ، كما أنها قد تحدث في غياب الهواء ويسمى التنفس أذ ذاك تنفساً غير هوائى Anaerobic . وفي التنفس الهوائى يستخدم أكسجين الهواء في عملية التأكسد وينتج عنها ثنائي أكسيد الكربون كما ينتج عنها حرارة قد تؤدي إلى عمليات إنحلالية إضافية في المواد الغذائية مما يسرع في فسادها .

ك ١٢٠ بد ١٠٠ + ١٦ - ٦ ك ٢ + ٦ بد ١ - ٦٧٧,٢ سعراً

وليس معنى غياب غاز الأكسجين في جميع الحالات وقوف عمليات التنفس فالتفاح والكثيرى وخلاياها تنفس في وجود الأكسجين يمكنها أن تستمر في الحياة لمدة طويلة في جو من الأيدروجين ، وينتج عنها ثنائي أكسيد الكربون مما يؤدي حدوث عملية التنفس غير الهوائى . وهذه الأخيرة تناظر عملية التخمر التي تحدثها بعض الأحياء الدقيقة كالخميرة مثلاً . ومقدرة التنفس غير الهوائى على إنتاج الطاقة ضعيفة إذا قورنت بها في التنفس الهوائى ، ففي عملية التنفس الهوائى يعطى جزئ الجلو كوز مقداراً من الطاقة

يوازي ٢٥ مرة قدر ما يعطيه في حالة التنفس غير الهوائى ، ولذلك كان اعتماد الخلايا على التنفس غير الهوائى كمصدر للطاقة أكثر اتلافا للهادة ، علاوة على أن تجمع ناتجاته يكون له أثره السام على البروتوبلازم . وهناك اعتقاد بوجود علاقة دائمة بين النوعين من التنفس فى الخلايا النباتية الحية ، وأن التنفس غير الهوائى يسبق التنفس الهوائى . والاول يحدث بفعل انزيم الغريماز الذى يؤثر على السكر بطريقة معقدة ليكون مركبات وسطية تتأكسد فى وجود الهواء بفضل إنزيمات التأكسد والاختزال ، وعملية التأكسد هذه عملية معقدة إلا أنها تنتهى بإنتاج ثاى أكسيد الكربون والماء ، أما إذا لم يوجد الهواء فان عملية التنفس غير الهوائى تستمر لتنتج مواد أخرى يناظر بعضها الكحول الذى يتكون عن عملية التخمر كما تنتج إلى جانب ذلك ثاى أكسيد الكربون . ومعظم الانزيمات النباتية إنزيمات داخلية Endoenzymes ، أو بمعنى آخر تؤدي عملها داخل الخلايا ، وتتوزع الانزيمات فى أجزاء النبات أو أنسجته المختلفة بطريقة غير متساوية ، ولو أنه لا توجد خلية حية تخلو من بعض الانزيمات أو على الأقل من المواد المسئولة عن هذه الانزيمات مثل الزيموجينات Zymogens ، وأغنى أجزاء النبات فى الانزيمات هى البذور . وفى أغلب الأحيان توجد الانزيمات والمادة المؤثرة عليها Substrate فى نفس الخلية ، وقد توجد الانزيمات فى بعض الأنسجة فى خلايا ملامسة للخلايا المحتوية على المواد التى تؤثر عليها ، فمثلا فى اللوز المر لا يوجد الانزيم والمادة المؤثر عليها فى نفس الخلايا ، ولذلك فان هرس البذور يؤدي إلى اتصال الاثنين مما يسبب الانحلال المائى للمجلايكوسيد Glycoside الموجود . ومعظم التغيرات التى تحدثها الانزيمات فى المادة الغذائية يكون إما من نوع عمليات الانحلال المائى أو من نوع

عمليات التأكسد ، واذلك فان الانزيمات الايدرو ليتية .والانزيمات المؤكسدة تلعب دورا هاما في الفساد الانزيمى لل مواد الغذائية .

انحلال الكربوهيدرات : في الظروف الملائمة تحلل إنزيمات الاميلازات أو الدياستازات النشا في الحبوب النشوية إلى دكستريانات ، وهذه تتحلل بدورها إلى الملتوز الذى يعتبر في هذه الحالة الناتج النهائى لعملية الانحلال ، وتحتوى الحبوب كالقمح والشعير قبل انباتها على كميات مقبولة من انزيم بيتا اميلاز B- amylase ، أما انزيم الالفاميلاز A-amylase ، فلا يظهر نشاطه وقت الانبات . ويستمر إلبتا أميلاز في نشاطه حتى يصل إلى نهاية عظمى بعد أيام قليلة، بينما يسير نشاط الـ A-amylase ببطء ، ثم يزداد نوعا خلال فترة الإنبات ولكن بعد أن تنشط الأنزيمات البروتيو ليتية . وفي انحلال السكريات يكون لنوعية الانزيم أهمية خاصة ، فالسكر ازن عند تحليله لسكر الرافينوز يفصل الفركتوز عن المليونوز ، ولذلك كثيرا ما يطلق على هذا الانزيم في النبات اسم الفركتوسيداز B. h. fructosidase لتأثيره على رابطة الفركتوسيد فيفصل سكر الفركتوز، أما إذا حدث انحلال الرافينوز تحت تأثير الامالسين Emulsin فان الجزىء يتحلل إلى جلاكتوز وسكروز . وتحتوى بعض الخناز خصوصا خناز القاع على انزيمين محللين للسكر وهما الملبياز Melibiase والسكراز . واذلك فان هذه الخناز تحلل سكر الرافينوز إلى فركتوز وجلوكوز وجلاكتوز . والانحلال الإنزيمى لثنائية السكريات يكون عادة أسرع وأتم انحلالها من في وجود الحمض ، وينحل سكر اللاكتوز مائيا بفعل انزيم اللاكتوز ، ولكنه لا ينحل بفعل المالتاز أو السكراز أو الدياستاز . ويختلف اللاكتوز عن السكريات الأخرى في إمكان تخمره بسرعة في عمليات التخمر اللاكتيكي والبيوتريكي . والسكروز ينحل كما سبق بفعل إنزيم السكراز إلى الفركتوز

والجلوكوز ، ويحدث هذا التحلل للسكر أيضا في بعض عمليات النضج ، فهو يحدث عند عملية الانضاج الصناعى للبلح مثلا . أما المالتوز فيتحلل بفعل انزيم المالتوز إلى سكر الجلوكوز فقط .

وقد تنحل بعض الجلايكوسيدات بفعل الانزيمات فيحدث لها انحلال مائى يكون نتيجة انفصال السكر عن المركب غير السكرى المتحد بها والذي يختلف تبعا لنوع الجلوكوسيد. ومن أمثلة الجلايكوسيدات Glycosidases التي توجد في الفواكه والخضراوات إنزيم Amigdaline الموجود في اللوز والمر ، وإنزيم الأبيين Apinin الذى يوجد في البقدونس والكرفس . ويعتبر انحلال المواد البكتينية ذا أهمية خاصة في صناعة الأغذية ، فالبكتين الذى يوجد طبيعيا في الفاكهة له أهمية خاصة في صناعة الجيلي ، ولذلك لابد من العمل على منع انحلاله بإنزيميا في أنواع الفاكهة التى تستخدم في صناعة الجيلي والمربيات . وفي عصير الفاكهة يعمل البكتين على إكساب العصير خاصية غروية تساعد على انتشار الجزيئات الدقيقة الصلبة وبقائها عالقة في العصير ، وهذه الخاصية قد يكون من الضروري وقايتها في بعض أنواع العصير مثل عصير البرتقال والجريب فروت وعصير الطماطم وغير ذلك ، إذ يعتبر حدوث الترويق فيها أمرا غير مرغوب وإن كانت هذه الخاصية نفسها تستغل صناعيا في ترويق بعض أنواع العصير إما بتأثير الإنزيمات الموجودة طبيعيا أو بإضافة مستحضرات إنزيمية لإحداث هذا الترويق قبل إجراء عملية الترشيح عليها ، فبعض أنواع العصير يكون من الضروري تحضيرها على حالة رائقة شفافة مثل عصير التفاح وعصير الرمان وبعض أنواع عصير العنب وغيرها . فأنزيم البروتوبكتيناز كثيرا ما يردى نشاطه في الفواكه إلى انحلال أنسجتها نتيجة لتأثيره على مادة البروتوبكتين مما يؤدى إلى إيونة الفاكهة كما يحدث في التفاح والكمثرى والخوخ وفي بعض الخضراوات كالطماطم

أما انزيم البكتاز Pectinase فإنه يحلل البكتين وحمض البكتيك وبكتات الكالسيوم انحلالا مائيا يؤدي الى انقسام روابط وحدات حمض الجللاكتيورونيك وإفصال مواد محتزلة كثيرة، وتشمل نواتج الانحلال سكريات محتزلة وكحول ميثايل ومواد أخرى. وفي عملية الانحلال المائي هذه تضعف لزوجة المحاليل البكتينية مما يؤدي إلى إذابة الجيلي وبما يحدث ترويقا لها، وانزيم البكتاز أو البكتين ميثوكسيلاز هو من نوع الاسترازات وهو يفصل مجموعات الميثوكسيل - - - - - ك - - - - - من جزيء البكتين فيؤدي إلى تكون حمض البكتيك وكحول الميثايل - ويوجد هذا الانزيم طبيعيا في المولت وفي اللوز والبطاطس وقشر البرتقال وفي عصير الطماطم، ويكون من تأثير نشاط هذا الانزيم زيادة الحموضة نتيجة لزيادة مجموعات الكربوكسيل الحرة.

أنزيم البروتين : ويؤدي نشاط الانزيمات البروتينية إلى عمليات انحلال كثيرة معقدة، وفي العادة يكون جنين البذور غنيا نسبيا في الانزيمات البروتينية، وهذه الانزيمات ذات أهمية خاصة في صناعة البيرة من الشعير بحيث تحول البروتين إلى حالة صالحة لاستخدام الخميرة. ويؤدي نشاط البروتيازات في العجين إلى سيولته ومنع الرغيف من الانتفاخ، وفي العادة تتحسن صفات الدقيق بتخزينه إذ يؤدي تأكسده إلى تثبيط نشاط هذه الانزيمات، ويطرأ على اللحم من وقت ذبح الحيوان هضم ذاتي متدرج يحدث بفعل انزيمات ذاتية المفعول مثل الكابتين والليباز والنوكليازات وغيرها مما يوجد في الأنسجة. والانحلال الذاتي رغم أنه يقلل نوعا من النكهة الأصلية للحم إلا أنه يحسن صفات الطبخ له فهو يؤدي إلى ليونة الأنسجة، وقد وجد أن التخزين البارد للحوم لمدة محدودة يكسبها هذه الصفة، وفي نفس الوقت يحميها من الفساد. وهناك بعض الانزيمات

المستخرجة من الفواكه لها القدرة على تليين أنسجة اللحم ، وأهم هذه الانزيمات انزيم البابين الذى يستخرج من فاكهة الباباز وانزيم البروميلين Bromelin المستخرج من الأناناس وانزيم الفيسين الذى يوجد فى عصارة التين . وهذه الانزيمات البروتيو ليتية أصبحت تستخدم صناعيا ، خصوصا عصير الأناناس فى تليين المصارين المستخدمة فى صناعة منتجات اللحوم . ويرتفع نشاط هذه الانزيمات أثناء عملية الطبخ فى درجات الحرارة المرتفعة . ويعزى الكثير من الفساد الذى يطرأ على البيض عند تخزينه إلى الانزيمات التى تحتوىها ، خصوصا الانزيمات البروتيو ليتية التى تؤثر على الأغشية المحيطة بالصفار فتضعفها ، ويؤدى ذلك إلى زيادة نسبة البياض السميك بالنسبة للبياض الرقيق . وفى اللبن قد تحدث عمليات انحلال ذاتية بفعل الانزيمات ، وفى اللبن الحالى من الميكروبات وغير المسخن قد يحدث للكيزين فيه انحلال ذاتى بواسطة الانزيمات البروتيو ليتية ، ويعتبر مثل هذا النوع من التغير فسادا ، وتحتوى المنفحة التى تستخدم فى صناعة الجبن على عدد من الانزيمات البروتيو ليتية المحملة للبروتين ، وتلعب الانزيمات المؤكسدة دورا هاما فى تأكسد الطعم واللون والنكهة للمادة الغذائية علاوة على ما تحدثه من تلف للقيمة الغذائية .

انحلال الدهون : ويحدث الانحلال فى الدهون بفعل انزيمات ليبوليتية ، ويزيد نشاط هذه الانزيمات عند تفتيت الخلايا إذ يزيد اتصال الانزيمات بالمواد التى تؤثر عليها ، وكثيرا ما ينسب فساد اللحوم إلى تحلل الدهون فيها ، كما أن الزيوت والدهون قد تترنخ فى البذور النباتية . وتعتبر زيادة نسبة الأحماض الدهنية فى المواد الغذائية المخزنة دليلا على انحلال الدهن فيها .

التأكسد بفعل الانزيمات : تؤدى إنزيمات التنفس ، كما سبق القول ، إلى تأكسد فى المادة الغذائية . وقد يكون من المرغوب فيه فى ظروف خاصة

العمل على تنشيط إنزيمات التنفس ، كما هو الحال في عمليات الإنضاج الصناعي للفاكهة التي يؤدي نشاطها إلى أحداث تغييرات سريعة في الفاكهة مماثلة لما يحدث أثناء نضجها على الأشجار ، وفي هذه العملية تجمع الفاكهة عادة وهي خضراء . وقد يحدث التنفس غير الهوائى في بعض الفواكه اللحمية ، فقد تكون القشرة في بعضها مثلا غير منفذة نسبيا للاكسجين كما في حالة العنب . ويحدث التنفس غير الهوائى ، بصفة عامة في حالة نضج ثمار السكاكى اليابانى ، ويمكن لبعض الثمار التي تتنفس تنفسا هوائيا إذا ما خزنت في جو من الأيدروجين أو النتروجين أن تتنفس تنفسا غير هوائى . وإستمرار نشاط الإنزيمات التنفسية بعد النضج يساعد على انحلال المادة الغذائية وسرعة فسادها ، ويستدعى حفظ هذه المواد من الفساد التحكم في سرعة تنفسها بوسائل خاصة كخفض درجة الحرارة أو التخزين في جو محتو على كميات من ثانى اكسيد الكربون وغير ذلك . والتغيرات في لون الفاكهة وفي منتجاتها التي تحدث نتيجة لزيادة النضج أو لإتلاف كيانها قد تحدث عن تأكسد الصبغات النباتية أو مكوناتها بفعل الإنزيمات ، ولو أن بعض هذه التغيرات قد لا تكون إنزيمية مطلقا ، وتسبب الإنزيمات المؤكسدة متاعب كثيرة في صناعة حفظ الأغذية التي تستلزم ضرورة صيانة لونها الطبيعي . ويصحب تأكسد اللون عادة تغير في النكهة والرائحة . وهناك أنواع كثيرة من الإنزيمات المؤكسدة توجد في خلايا النبات وتختلف في صفاتها وفي أنواع المواد التي تؤثر عليها تبعا لنوع المادة وطبيعة أنسجتها . وهناك عدد من الفطريات الخاصة بعمليات التأكسد التي تحدث في هذه الأنسجة ، إلا أنه من المعروف بصفة عامة أن أهم الإنزيمات من هذه الناحية في الفاكهة هي الأكسيدات ، وفي أنسجة الحيوان يكون أهمها ، المزيللة للأيدروجين الدهيدروجينازات . وفي جميع هذه الحالات تساعد الإنزيمات المؤكسدة

على تأكسد بعض محتويات المادة الغذائية وعلى الأخص الصبغات بأكسجين الهواء ، أو بالاستعانة بفوق أكسيد الأيدروجين أو غيره من المواد التي يمكنها أن تعطي الأكسجين Donators . فمثلا في وجود H_2 ، يمكن لإنزيم البيروكسداز أن يساعد على تأكسد عدد من الفينولات والأمينات العطرية ، وهو كذلك يؤدي إلى تأكسد البيروجاللول والجواياكول والإيدروكينون والكاتيكول والكريسول والتيروسين وغيرها . ويعتبر إنزيم التيروسيناز ، وهو نوع من الإنزيمات المؤكسدة النحاسية الذي يوجد بكثرة في البطاطس وردة القمح وفي الكثير من النباتات من أنواع الفينولات وله القدرة على أكسدة الفينولات والكاتيكول والكريسول والتيروسين . وتتحول النواتج بعد ذلك إلى مركبات أخرى فمثلا مادة الهالوكروم Hallochrome الحمراء التي تنتج عن تأكسد التيروسين تتحول بالتأكسد إلى صبغة سوداء تسمى بالميلانين . ويحتاج إنزيم التيروسيناز إلى الأكسجين الغازي لكي يحدث تأثيره ، وليس له القدرة على إنتاج H_2 ، ومن المعتقد أن اللون الأسمر الذي يحدث نتيجة لتأكسد أنسجة الكثير من الفواكه يعزى إلى تأكسد ثاينينات الكاتيكول ، وقد تتأكسد بعض الفلافانولات والفلافونات بواسطة الإنزيمات المؤكسدة إلى مواد بنية اللون وإنزيم الأارثوفينولاز Ortho phenolase الذي يوجد في البطاطا يساعد على تأكسد الأارثوفينولات ، وهذا يؤكسد أيضا الكاتيكول والكريسول O. cresol ، ولكنه لا يؤثر على التيروسين ، وإنزيم اللاكاز Laccase الذي يوجد في البطاطس وبنجر السكر وفي التفاح والكرنب يؤكسد الفينولات إلى أرثو وبارا كينونات ، ويحتاج إلى الأكسجين في نشاطه . وإنزيم الفوسفاتاز الذي يوجد في كافة الخلايا الحية والذي يلعب دورا هاما

في عملية تمثيل الكربوايدرات له أهمية خاصة في اللبن ، إذ يوجد بحالة نشطة في اللبن غير المعامل بالحرارة ، أما في اللبن المبستر فيقف نشاطه ، ولذلك يعتبر اختبار الفوسفاتاز في اللبن اختبارا لبسترته .

التلف الانزيمى الفيتامينات : أثبتت الأبحاث الحديثة لسمنر وسمنر B & Sumner ، ز. Sumner عام ١٩٤٠ وكذلك أبحاث Tauber. H. عام ١٩٤٠ وسمنر R T. Sumner عام ١٩٤٢ وأبحاث سترين Strain أن هناك انزيم مؤكسدا للدهون غير المشبعة Unsaturated fat oxidase وهو الانزيم الذى يوجد بكثرة في فول الصويا له القدرة على أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة ، الأوليك والريسينولينيك واللينوليفيك وجلسريداتها ويجعلها تمتص الأكسجين بسرعة . وعلاوة على ذلك فإن السكروتينويدات وكلوروفيلات «أ» و «ب» تتأكسد إلى مواد عديمة اللون تحت تأثير هذا الانزيم وبطريقة غير مباشرة في وجود زيوت غير مشبعة . وقد وجد سترين Strain أن هذا الأكسيداز يوجد في عدد كبير من البقوليات ، ويطلق على الانزيم اسم ليپوكسيداز Lipoxidase . وكذلك يتعرض حمض الاسكوربيك في بعض المواد الغذائية للتلف بتأثير إنزيم أكسيداز حمض الاسكوربيك ، كما يتأكسد أيضا بفعل الفينولازات والبيروكسيدازات ، مما يؤدي إلى تحوله إلى حمض ديهيدرواسكوربيك . ونظرا لاثـر هذه الإنزيمات في الفاكهة والخضـر المعدة للحفظ فإنه من الضروري تثبيط نشاطها بإحدى الطرق كاستعمال كـ ب ا هـ أو استخدام مواد مانعة للتأكسد Antioxidants ، أما في الخضـر فيجرى عادة نشاط هذه الإنزيمات باستخدام الحرارة في عملية السلق Blanching .

العوامل التي ترتبط بالفساد الإنزيمى للأغذية

تتأثر الإنزيمات بعوامل الفساد بنفس الطريقة تقريبا التي تتأثر بها الاحياء الدقيقة وأهم العوامل التي تساعد على نشاط الإنزيمات وإسراع التغيرات غير المرغوبة التي تطرأ عليها :

١ - درجة تركيز الإنزيم : تتناسب سرعة التفاعل عادة مع درجة تركيز الإنزيم بفرض وجود المادة المؤثر عليها بكمية وافرة ، وتزيد بسرعة مطردة بزيادة تركيز الإنزيم ، فتتضاعف سرعة التفاعل بتضاعف كمية الإنزيم ، ولو أن هناك بعض إنزيمات تستثنى من هذه القاعدة مثل الببسين والتربسين . وتختلف درجة تركيز الإنزيم في المادة الغذائية تبعاً لعوامل كثيرة كنوع المادة الغذائية ، وطبيعتها ودرجة نضجها الخ . وقد سبق أن أوضحنا أن بعض أنواع الفاكهة تكون غنية في إنزيمات معينة بينما تكون فقيرة في إنزيمات أخرى .

جدول - ١٦ - المقدار التقريبي لإنزيم البيروكسيداز في بعض المواد النباتية :

المادة النباتية	وحدات بيروكسيداز لكل كيلو جرام	المادة النباتية	وحدات بيروكسيداز لكل كيلو جرام
الفجل الحار	٤٠٣	الفجل الأحمر	٣٠
اللفت	١١٠	البنجر	١١
البطاطس	٣٦	البصل	٣
البطاطا	٣٠	فول الصويا	٢

وما يقال عن البيروكسيداز يصدق أيضا على الإنزيمات البكتوليائية أو الليبوليتية أو السكاووليتية . فمدى التغير الذي يحدث عن نشاط الإنزيمات يعتمد على درجة تركيز الإنزيم في المادة الغذائية ومدى ملائمة الظروف لهذا النشاط .

٢ — نوع الإنزيم: «نوعية الإنزيم، من الطبيعي أن يتوقف التغير الذي يحدث في المادة الغذائية على نوع الإنزيم الموجود». وقد سبق أن تكلمنا عن نوعية الإنزيم سواء كانت نوعية مطلقة أو نوعية نسبية، فالبيسين لا يمكن أن يؤثر على الكربوهيدرات أو الدهون، والاميلاز يحلل النشا والدكسترين فقط، بل أن الألفا جلو كوسيداز يؤثر على الألفا جلو كوسيدات فقط ولا يؤثر على البيتا جلو كوسيدات. فنوعية الإنزيم ذات أهمية خاصة في تحديد نوع التغيرات التي تحدث عن نشاط الإنزيمات إذا تهيأت الظروف المناسبة للنشاط، فالطماطم ينحل فيها البكتين انزيميا لاحتوائها على انزيم البكتاز والبكتين ميتوكسيلاز، بكمية وافرة.

٣ — درجة تركيز المادة المؤثر عليها: لاشك أن زيادة تركيز المادة التي يؤثر عليها الإنزيم عامل رئيسي في مدى التغير الذي يطرأ على المادة الغذائية. وفي درجات التركيز المنخفضة نسبيا تزيد سرعة التفاعل عادة كلما زادت درجة تركيز المادة المؤثر عليها، وتستمر سرعة التفاعل في الزيادة إلى حد معين تقل بعده نسبيا مع زيادة درجة التركيز. وقد لوحظت هذه الظاهرة بصفة خاصة في الانزيمات الأيدروليزية، فقد وجد مثلا أن سكر الزخيرة يمكن أن يسرع أثرا في انحلال السكر في المحلول السكري عند درجة تركيز قريبة من ٥ ٪، ثم تبطء سرعة التفاعل بعد ذلك، ويعزى هذا البطء في التفاعل عادة إلى تناقص نسبة الماء في المحاليل. أما إذا تغيرت درجة تركيز المادة دون إحداث تأثير محسوس في نسبة الماء مع ثبات كافة العوامل الأخرى، فإن السرعة الأصلية للتلاصق تتزايد في بادئ الأمر نسبيا مع زيادة تركيز المادة المؤثر عليها حتى تصل إلى نهاية عظمى يثبت عندها نشاط الإنزيم أو يتناقص نشاطه بزيادة المادة المؤثر عليها. وقد اتجه الاهتمام أخيرا بموضوع تركيب المادة الغذائية وعلاقته بالإنزيمات الموجودة فيها طبيعيا، فقد أمكن

مثلا إيجاد صنف من الخوخ خال من تانينات الكاتيكول، وبذلك لاتتأكسد أنسجة هذا الصنف وتسمر لونها عند تعرضها للهواء أثناء عمليات الحفظ كما يحدث في باقى الاصناف رغم احتوائه على الاكسيدات المسؤولة عن مثل هذا التأكسد .

٤ — درجة الحرارة : للإنزيمات درجات حرارة مثلى لنشاطها ، كما أن لها حدا حراريا لتثبيط هذا النشاط ، وتناسب سرعة التفاعل الذى يحدثه الإنزيم مع درجة الحرارة فى حدود خاصة . ويتبع التفاعل المعادلة الآتية :

$$\text{معامل الحرارة} = \frac{\text{سرعة على درجة } (10 + 10)}{\text{السرعة على درجة } 10}$$

أى أنه عند زيادة درجة الحرارة بمقدار ١٠ درجات مئوية فإن سرعة التفاعل تصل إلى الضعف ، وبمعنى آخر يصبح معامل الحرارة ٢ ، وتتراوح قيمة هذا المعامل فى العادة بين ١,٤ و ٢ ، وذلك لأن إرتفاع درجة الحرارة يؤدى فى وقت ما إلى الحد من نشاط الإنزيم لما للحرارة العالية من تأثير متلف على الإنزيمات . ونقطة التوازن التى يحدث عندها أن يتساوى التأثير المتزايد للحرارة فى سرعة التفاعل مع تأثيرها المتلف على الإنزيم تسمى بدرجة الحرارة المثلى ، وعند هذه الدرجة يكون معامل الحرارة ١ ، ونقطة التوازن هذه لا تكون ثابتة بل تتغير تبعاً لمدة استمرار التفاعل وتبعاً للشوائب الموجودة فى المحلول الإنزيمى ، وهى تكون فى العادة بين ٤٠ و ٥٠°م للإنزيمات الحيوانية وبين ٥٠ و ٦٠°م للإنزيمات النباتية . ومعظم الإنزيمات ، كما سبق أن ذكرنا ، تهلك على درجة ٨٠°م ، وهذه الصفة تميزها عن العوامل الملامسة الأخرى ، وهى تستمر فى نشاطها على درجات منخفضة . وعلى الرغم من أنه قد يقف نشاطها فى درجة حرارة تحت الصفر إلا أنها لاتفقد حيويتها .

هـ — احتواء البيئة على مواد ذات تأثير منشط : هناك بعض مواد يؤدي اضافتها أو وجودها في المواد الغذائية إلى تنشيط التغيرات التي تحدثها الإنزيمات. ومن الناحية العملية تقسم هذه المواد إلى المجموعات الآتية:

١ — مرافقات الإنزيم Coenzymes ، وقد سبق الكلام عنها ، وهي مقاومة للحرارة ولها صفة النوعية بالنسبة للإنزيم الذي تعمل معه في الطبيعة

ب — كينازات Kinases وهي المواد التي تساعد على تنشيط إنزيمات غير نشطة أو زيموجينات Zymogens وتحولها إلى إنزيمات فعالة .

ح — منشطات Activators ويطلق هذا اللفظ على المواد التي يكون لها تأثير منتج في نشاط الإنزيم . ويدخل تحت هذه المجموعة بعض المعادن الثقيلة وبعض مركبات معدنية معقدة . فأملاح المعادن الثقيلة تسرع من عمليات التأكسد لسراخ البطاطس بفصل الثيوسيناز وتكوين صبغة الميلانين السوداء ، ويحتاج الكلوروفيللاز في نشاطه إلى أملاح غير عضوية ، وتساعد المعادن الثقيلة على تنشيط الإنزيمات البروتينية خاصة وهناك بعض المركبات العضوية يكون لها تأثير منشط على بعض الإنزيمات فالفستين والجلوتاثيون ينشطان إنزيم البابين كما ينشطه حمض الأيدروسيانيك وكبريتور الأيدروجين ، ويساعد المغنسيوم والمنجنيز في تنشيط حالات خاصة من التخمر الكحولي والمكثبي . وكذلك لأملاح المغنسيوم تأثير منشط على الأرجيناز ، وبعض الأيونات تكون ذات تأثير منشط فالكاتيونات الأحادية والثنائية الكفاءة تنشط إنزيم البكتاز ، وأيون المغنسيوم يساعد على تنشيط الفوسفاتاز وبعضها تنشطه أملاح معدنية ثنائية الكفاءة ، والكلوريدات واليوديدات تزيد في نشاط الاميلاز في القمح ، ودايستاز المولت ينشط في وجود أملاح كلوريدات المنجنيز والزنك ، وقد يحتاج

الامر لتنشيط بعض الانزيمات إضافة مواد تتحد مع السموم الموجودة في البيئة والتي تمنع نشاط الانزيم . وكذلك تعمل بعض الغازات مثل غاز الايثلين على تنشيط إنزيمات التنفس وتستخدم هذه الخاصية في عمليات الانضاج الصناعي للفاكهة .

٦ - إحتواء البيئة على مواد ذات تأثير مثبط للانزيمات : قد تحتوي

المواد الغذائية طبيعيا على مواد تمنع نشاط الانزيمات ، وقد أمكن كوتنر Kunitz عام ١٩٤٥ فصل بروتين (جلوبيولين) في فول الصويا له تأثير مانع لنشاط إنزيم التربسين، وهناك اعتقاد بأن بياض البيض يحتوى أيضا على مادة مانعة لنشاط التربسين فيه . وقد تؤدي بعض نواتج الانحلال الانزيمى نفسها الى ابطاء تأثير الانزيم وابقافه . وهناك كثير من المواد يؤدي وجودها أو إضافتها إلى البيئة إلى تثبيط نشاط الانزيمات فيها ، فأيونات المعادن الثقيلة مثلا وعلى الاخص الفضة والزنك والنحاس يؤدي وجودها إلى ايقاف النشاط لكثير من الانزيمات إذ أنها سامة لمعظمها . فمثلا البيتا جلوكوسيداز لا يتأثر بحمض الايدروسيانيك أو كبريتور الايدروجين أو الجلو تائيون، ولكن أيونات الفضة والنحاسيك والزنك يثبط نشاطه كما تثبط نشاط انزيم السكراز . أما البيروكسيداز والكاتالاز فانها ليست نوعا خاصا لأيونات هذه المعادن ، وحمض الايدروسيانيك يثبط نشاط الكاتالاز والتيروسيناز واكسيداز حمض الاسكوربيك . وكذلك قد يؤدي وجود بعض المواد المؤكسدة إلى تثبيط بعض الانزيمات، فالمواد المؤكسدة التي تستخدم في قصر لون الدقيق تؤدي إلى تثبيط نشاط البروتيانازات فيه . والمواد المؤكسدة تشمل الكثير من المواد المظهرة . وبعض الالدهيدات مثل الفورمالدهيد لها تأثير مثبط على الانزيمات . وكبريتور الايدروجين يثبط نشاط البعض منها مثل الكاتالاز . ويوقف نشاط اليورياز

في محاليل الأحماض والقلويات القوية وكذلك في وجود المعادن الثقيلة والهاالوجينات وغيرها . وبعض الأملاح مثل ملح الطعام يؤدي إلى إعاقة النشاط السريع للانزيمات البروتينية .

٧ — نسبة الرطوبة : معظم عمليات النشاط الانزيمي تحتاج إلى كميات كبيرة من الماء خصوصا التغيرات التي تعتمد على عمليات الانحلال المائي . وتحتاج عمليات التخمير الكحولي والخليكي واللاكتيكي في الصناعة إلى كميات هائلة من الماء . وعلى الرغم من أهمية الماء لنشاط الانزيمات إلا أنها يمكنها أن تنشط في مستوى من الرطوبة أقل من اللازم لنشاط الأحياء الدقيقة ، ولذلك فهي قد تحدث تلفا للوادالغذائية المجففة إذا لم يكن قد تم تثبيت الانزيمات فيها قبل تجفيفها .

٨ — الحوضة : تأثير الحوضة الفعالة يماثل تأثير الحرارة في نشاط الانزيمات ، وتغيير رقم pH يؤثر على نشاط الانزيم إما تأثيرا عكسيا أو غير عكسي . ودرجة حساسية الانزيمات للحموضة تختلف اختلافا كبيرا ، فتحت رقم pH ٢ يمتنع نشاط سكراز الخميرة بينما يكون إنزيم الببسين في أقصى نشاط له بين pH ١½ و ٢½ . وهناك عدد قليل جدا من الانزيمات يمكنها تحمل أرقام pH قريبة من pH ١ أو أعلى من pH ١١ . وقد سبق أن أوضحنا أن لكل إنزيم رقم pH أمثل يقوم عنده بأحداث أكبر تأثير ، إلا أنه يجب مراعاة أن هذا الرقم الأمثل يتأثر بعوامل كثيرة مثل الحرارة ودرجة تركيز المادة المؤثر عليها ونقاوة الانزيم وطبيعة المادة المعقدة الموجودة الخ ، ولهذا الأسباب يكون من الحالات النص على مجال للحموضة الفعالة المثالية للانزيم الواحد .

٩ — مدة التخزين : لاشك أن مدى التغير الذي يطرأ على المادة الغذائية نتيجة لنشاط الانزيمات يتوقف على طول مدة هذا النشاط ، فالفاكهة

داخل المخازن تعمل فيها إنزيمات تنفسية تؤدي إلى انحلال مستمر في بعض مركباتها ، ولذلك فـكثيرا ما تحدد مدد التخزين لبعض المواد الغذائية كالخضر والفاكهة والبيض... الخ .

البَابُ السَّادِسُ

التفاعلات الكيميائية البحتة

وما تحدثه من تغيرات

يحدث الكثير من التغيرات التي تطرأ على المواد الغذائية نتيجة لتفاعلات كيميائية بحتة بين المكونات الطبيعية لها أو نتيجة لتفاعل المادة الغذائية مع بعض المواد المضافة إليها أو مع المعادن الملوثة لها وغير ذلك . وتساعد على حدوثها عوامل طبيعية خاصة كالحرارة والضوء والتعرض للهواء وغير ذلك . وفي معظم الحالات يصحب هذه التغيرات تغيرات في اللون أو الطعم أو الرائحة ، وقد يكون لها تأثير متلف على القيمة الغذائية . ويطرأ الكثير من التغيرات على التركيب الكيميائي للمادة الغذائية أثناء إعدادها أو طبخها أو حفظها ، كما يحدث في الانحلال المائي للمواد النشوية أو السكريات تحت تأثير الحرارة أو الأحماض ، أو كما يحدث في تجمع البروتين بالحرارة أو انحلاله مائيا أثناء الطبخ الخ .. إلا أن كثيرا من هذه التغيرات يعتبر عوامل غير مرغوبة ، بل إنها تؤدي في كثير من الأحيان إلى فساد الغذاء وعدم صلاحيته للاستهلاك وأهم أنواع التفاعلات الكيميائية التي تؤدي إلى فساد المواد الغذائية هي عمليات التأكسد ، فترنخ الزيوت والدهون يتسبب في أكثر الحالات عن تأكسدها وتكون أحماض دهنية قصيرة السلسلة والدهيدات وكينونات

وبيروكسيدات ، وقد يكون لبعض نواتج التأكسد أثر سام . وقد تؤدي عملية التزنخ هذه إلى إتلاف بعض الفيتامينات الذائبة في الدهون مثل فيتامين A ، والتزنخ يحدث للمواد الزيتية مثل النفل واللبن واللبن المجفف وغيرها كما يحدث للزيوت والدهون ، وهو يؤدي إلى إكساب المادة الغذائية طعماً ورائحة زنخة غير مقبولة ، ويزيد في سرعة التزنخ تعرض المادة الغذائية للهواء والضوء والحرارة والرطوبة ووجود المواد الملامسة مثل معدن النحاس . وصبغة الكاروتين في المواد الغذائية سريعة التأكسد وهي مركب غير مشبع يؤدي تأكسدها إلى تلف لون المادة الغذائية ، وكذلك تتأكسد صبغة الليكوبين التي توجد في الطماطم بسرعة خصوصاً في وجود أملاح النحاس والحديد ، وتتحول إلى مادة بنية اللون غير مقبولة . وتتأكسد الأنتوسيانينات في عصير الفاكهة فيتغير لونها ، وتتأكسد صبغة الكلوروفيل ويتغير لونها إلى الأصفر الشاحب أثناء عمليات النضج ، وكثيراً ما يتحول لون النبيذ إلى لون بني نتيجة لتأكسد هذه الصبغات ، وكذلك تتأكسد التانينات بسرعة في المادة الغذائية . ويكتسب سطح اللحم لونا أحمر داكنا نتيجة لإتحاد الأكسجين بصبغة الهيموجلوبين لتكوين الأوكس هيموجلوبين ، ويؤدي التأكسد في المواد الغذائية إلى إتلاف الكثير من الفيتامينات فيها ، ويساعد من سرعة التأكسد ارتفاع الحرارة أو التعرض للضوء أو وجود آثار من المعادن في البيئة . وفيتامين A وإن كان لا يتأثر بالحرارة أو الحموضة أو القلوية إلا أنه يتأكسد ، وهو حساس للضوء الذي يزيد سرعة تأكسده . وفيتامين B₁ يتحمل الحرارة بدرجة متوسطة خصوصاً في المحاليل الحمضية ، ولكن الحرارة تتلفه في البيئة القلوية كما تتلفه عمليات التأكسد والاختزال ، فثاني أكسيد الكربون يتلف المقدار الكبير منه . أما فيتامين B₂ فيتلفه الضوء والقلويات ، وهو يتحمل الحرارة وتأثير الأحماض والعوامل المؤكسدة . وفيتامين C سريع التأكسد جداً حين يتعرض للهواء ،

ويزيد سرعة تأكسده وجود آثار من المعادن خصوصاً النحاس والحديد والفضة ، كما أن الضوء من العوامل التي تساعد على إتلافه ، ويزيد من سرعة تلفه وجوده في بيئة قلوية . وبعض المواد المسكبة للنكهة قد يؤدي تأكسدها إلى تلف النكهة المميزة لها ، كما يحدث للترينينات Terpinenes . وبعض الزيوت العطرية سريعة التطاير مما يؤدي إلى فقد جزء كبير منها عند معاملة المادة الغذائية بالحرارة . وقد يؤدي وجود الأحماض في البيئة إلى تغيرات خاصة ، فبالأحماض في تأثيرها على الكلوروفيل تؤدي إلى تغير اللون الأخضر إلى لون زيتوني نتيجة تحول الكلوروفيل إلى فيثينات ، كما تؤدي وجود الأحماض في المادة الغذائية إلى أكسابها خاصية إذابة بعض المعادن نتيجة ملامستها للأواني المعدنية أو المصفاة أو أجزاء الآلات وتكون أملاح هذه المعادن . ويؤدي مثل هذا التلوث المعدني إلى أكساب المادة الغذائية طعم المعدن الملوث . ويؤدي تلوث المادة الغذائية بأملاح النحاس والحديد وقد سبق بيان ذلك ، إلى إسرار عمليات التأكسد للون والطعم . وتلف بعض الفيتامينات وتلوث المادة الغذائية بأملاح الزنك والرصاص أو الكاديوم أو الزرنيخ يجعلها ذات أثر سام .

العوامل التي تساعد على الفساد الكيميائي :

هناك عوامل معروفة لها أثرها في إسرار التفاعلات الكيميائية بصفة عامة ، ونظراً لاختلاف تركيب المواد الغذائية وما قد تتطلبه عمليات إعدادها أو طبخها أو تكريرها من تعرضها لعوامل خارجية كثيرة فإن أنواع التغيرات التي تطرأ عليها ومدى تلك التغيرات يختلف اختلافاً كبيراً ، وأهم العوامل التي تساعد على حدوث التفاعلات الرئيسية هي :

١ — الحرارة . تزيد سرعة التفاعل الكيميائي زيادة كبيرة بارتفاع درجة

الحرارة . وهي تزيد إلى الضعف أو الثلاثة أضعاف بزيادة الحرارة بمقدار ١٠° مئوية باستمرار دون الوصول إلى نقطة تثييط حرارى ، كما هو الحال عند نشاط الاحياء الدقيقة أو الانزيمات . والحرارة عامل رئيسى فى إسراع التفاعلات المختلفة من تأكسد وإنحلال وتطاير الزيوت العطرية بالإضافة إلى أثرها الطبيعى فى الإذابة .

٢ — الهواء : نظرا لأن الكثير من التفاعلات الكيميائية التى تحدث للمواد الغذائية هى من نوع عمليات التأكسد فإن تعرض المادة الغذائية للهواء يساعد على تأكسدها بأكسجين الهواء كما هو الحال فى تزنج الزيوت والدهون أو فى تأكسد الصبغات أو تلف الفيتامينات .

٣ — إحتواء المادة الغذائية على مواد مؤكسدة : يؤدى وجود البيروكسيدات حتى ولو بكميات بسيطة إلى تشجيع عمليات التأكسد . وبمجرد بدء التأكسد يتكون قدر زائد من هذه البيروكسيدات مما يساعد على جعل هذا التأثير ذاتيا .

٤ — الاملاح : يؤدى وجود بعض الاملاح إلى تنشيط التفاعلات الكيميائية . وقد سبق أن ذكرنا أن وجود آثار من المعادن يؤدى الى إسراع عمليات التأكسد إذ أنها تعمل بوصفها عوامل ملامسة ، وقد يتفاعل البعض منها مباشرة مع مكونات المادة الغذائية أو يحدث ترسيبها لها ، بينما تعمل الملامسات السالبة الشحنة عملا مضادا للتأكسد .

٥ — الاحماض : يؤدى وجود الأحماض الى المساعدة على انحلال بعض المركبات انحلالا مائيا ، والوسط الحمضى يقي فيتامينات كثيرة من التأكسد السريع . ويساعد وجود الاحماض على تفاعل المادة الغذائية مع المعادن التى تصنع منها الاوانى والآلات .

٦ — نسبة الرطوبة : يؤدي وجود الماء في المادة الغذائية إلى اسراع عمليات التفاعل المختلفة . والمواد التي تزيد فيها نسبة الماء تكون عادة أكثر عرضة لحدوث التفاعلات الكيميائية من المواد الجافة أو التي تقل فيها نسبة الماء .

٧ — الضوء : هو ، كما سبق القول ، من العوامل التي تساعد على اسراع حدوث الكثير من التفاعلات الكيميائية ، فهو يساعد على تأكسد الصبغات ، كما أنه يساعد على تأكسد بعض الفيتامينات .

٨ — مدة التخزين : شأنها شأن الانزيمات ، لها أثرها في مدى التغيرات التي تطرأ نتيجة لحدوث التفاعلات الكيميائية ، فالفاكهة المحفوظة في العلب يتوقف مدى تأثيرها على معدن العلب الصفيح على مدة التخزين ، إلى جانب نسبة الحموضة ودرجة حرارة التخزين . وفي صلصة الطماطم المعبأة في علب الصفيح تزيد نسبة القصدير الذائب بزيادة فترة التخزين .

الباب السابع

المواد الغذائية وعلاقتها بالصحة

إن علاقة الغذاء بالصحة العامة من الامور المسلم بها ، فعلى الرغم من أهمية الغذاء للسكان الحى في سد حاجاته المختلفة للطاقة والنمو والتثيل وغير ذلك فإن للغذاء خطورته من حيث نقل الكثير من الامراض المعدية أو احداث حالات التسمم الغذائى قد تودى بحياة الانسان ، وبالإضافة إلى ذلك فإن فساد الاغذية بانحلالها أو بحدوث تغيرات غير مرغوبة فيها يؤدي إلى تقليل قيمتها الغذائية أو إتلاف الكثير من عناصر الغذاء

الضرورية فيها . ولذلك كان موضوع إنتاج الاغذية من الموضوعات الخطيرة سواء من ناحية كفاية الغذاء لافراد الشعب كمية ونوعا ، أو من ناحية ما يهدد هذه الاغذية من عوامل تؤدي إلى فسادها ، وما يمكن توفيره من وسائل لضمان حفظها . ومن المشاهد أن البلاد التي تقدمت في هذا الميدان ارتفع فيها المستوى الغذائي والصحي وقلت فيها نسبة الامراض والوفيات وزادت فيها كفاءة الفرد بوصفه عضوا عاملا في المجتمع .

الغذاء والتغذية : ليس المجال هنا مجال دراسة علم التغذية تفصيلا ، إلا أنه لا بد من الإشارة إلى أهمية التركيب الكيميائي للمواد الغذائية في سد حاجات الجسم المختلفة . ويمكن تحديد الوظائف الرئيسية للغذاء في الجسم فيما يأتي :

١ — يمد الجسم بالمواد اللازمة للبناء وصيانة أنسجة الجسم ، فيؤدي النمو إلى زيادة الطلب على المواد الغذائية . ويعتبر البروتين المادة الهامة في بناء الانسجة ولو أنه قد يكون متحدا ببعض المواد المعدنية كالحديد في هيموجلوبين الدم . وكذلك يدخل الكالسيوم والفوسفور في تركيب الهيكل العظمي والاسنان ، كما أن الماء وإن كان لا يعتبر مادة غذائية إلا أنه مادة بنائية لا يمكن الاستغناء عنها إذ أنه يكون ثلثي وزن الجسم . وتزيد حاجة الجسم إلى المواد البنائية في أحوال نموه ، إلا أن حاجته لها لا تنقطع لضرورتها في صيانة أنسجته طوال فترة حياته .

٢ — يمد الجسم بالمواد الضرورية لتنظيم العمليات الحيوية فيه أو بالمواد التي يمكن أن يحضر منها ما يلزمه من منظمات ، والمواد المعدنية والفيتامينات أهمية خاصة في تنظيم هذه العمليات ، فالمواد المعدنية تأثير خاص في حساسية الاعصاب ومرونة العضلات ، ويرتبط بعضها بنشاط بعض الغدد ، والفيتامينات

ذات أثر خطير في نمو الجسم وفي تنظيم الكثير من العمليات البيولوجية .
ويلعب الماء دورا هاما في تنظيم درجة حرارة الجسم ، وهو يكسب المحاليل
قوة الاذابة التي تتصل بتبادل المواد الممثلة في الجسم . ويقوم الماء وكذلك
المادة المعدنية بوظائف حيوية أخرى تتعلق بالضغط الاسموزي ودرجة
تركيز أيون الايدوجين في الانسجة .

٣ — يمد الجسم بمواد تنبعث منها عند تأكسها الطاقة اللازمة لنشاطه
وتعتبر المواد الكربوايدراتية والمواد الدهنية وكذلك بروتينات الغذاء
مصادر لسد حاجة الجسم من الطاقة . وهذه المواد تمثل في مجموعها أكبر
جزء من المادة الصلبة في الغذاء ، وعند تمثيلها في الجسم قد تتأكسد في
خلاياه فتنتقل منها الطاقة .

المواد الغذائية ونقلها امروى الأمراض

قد تلوث المواد الغذائية بأنواع خاصة من الطفيليات أو من الأحياء
الدقيقة فتصيب الإنسان بأمراض خطيرة . وهي تنتقل إلى المواد الغذائية
بطرق عديدة مثل الهواء والبراز والمتخلفات أو ماء المجارى ... الخ .
ويساعد على تلوثها عدم توفر وسائل النظافة في إنتاجها وتداولها وصناعتها ،
وكذلك عدم توفر العادات الصحية نتيجة للجهل أو للفقر أو لها معا .
وكثيرا ما تنتقل العدوى إلى الغذاء عن طريق الإنسان نفسه ، فقد تنتقل
بواسطة إفرازاته ، ومن الناس من سبق أن أصيبوا ببعض الأمراض
المعدية فاصبحوا حاملين للبكتروب Carriers ، كما قد تنتقل العدوى بفعل
بعض الحيوانات وخصوصا الفيران التي تلوث المواد الغذائية أثناء قيامها
برحلاتها الليلية بحثا عن غذائها ببرازها وإفرازاتها وشعرها . وهناك إعتقاد
بأنها قد تسبب تفشى عدوى بعض الأوبئة والأمراض أو تحدث حالات خاصة

من التسمم . وقد وجد أن الفيران تلعب دورا كبيرا في انتقال مرض التراكينا إذا كانت تعيش قريبة من زرائب الخنازير . قد أصبحت قوانين المراقبة الغذائية في بعض البلاد تطبق على أساس أن وجود مخلفات هذه الحيوانات دليل على عدم ملاءمة الغذاء للصحة العامة وعلى ضرورة مصادرتها . ومن أخطر العوامل التي تنقل ميكروبات الأمراض إلى المواد الغذائية في مصر الذبابة المنزلية التي تتكاثر بسرعة فائقة وتكثر عادة في الصيف وتعيش يرقاتها في السماد البلدى والمواد العضوية التالفة وفي القمامة والروث ، فهي تنقل من المواد الغذائية وإليها ميكروبات الكثير من الأمراض المعدية مثل التيفويد والدسنتاريا والكوليرا وغيرها .

الطفيليات : أهم الطفيليات التي تنتقل إلى الإنسان عن طريق المواد الغذائية هي :

١ — مجموعة الحيوانات وحيدة الخلية ، البروتوزوا ، : وأهمها من ناحية تلوث الاغذية في مصر الجنس المعروف باسم *الدوسنتريا الاميبية* . *Entamoeba histolytica* التي تعيش داخل الامعاء الغليظة والتي يسبب طورها الحوصلى نقل العدوى ، إذ أنها تفرز مع المواد البرازية ومنها تلوث المواد الغذائية .

٢ — مجموعة الديدان : وأهم هذه المجموعة :

أ — ديدان الاسكارس *Ascaris* : والإصابة بها في مصر شائعة عن طريق الديدان بعد فقس البيض وينقل البيض من التربة ويلوث الخضراوات وتحترق الديدان حائط الامعاء ثم تنتقل إلى الكبد ثم إلى القلب وتصل أخيرا إلى الرئة .
ب — الديدان الشريطية *Taenia* : هناك نوعان منها نوع يوجد في لحم الخنزير المصاب ويسمى *Taenia solium* ، ونوع ثان يوجد في لحم البقر

المصاب *Taenia saginata* . ويصاب الإنسان بالدور البالغ من هذه الديدان عن طريق أكل اللحم الملوث غير المطبوخ المحتوى على البيض الذى يمر فى براز الشخص المصاب .

ح — التراكيينا *Trachinella spiralis* : هى نوع من نوع الديدان العضلية وتنتقل عن طريق لحم الخنازير ، وتنتقل العدوى عن الطور الحوصلى ، وتذوب هذه الحوصلات عند وصولها الى المعدة . ويبدأ الطفيل دورة حياته فى الإنسان وينتهى بالعضل .

وأهم أنواع البكتريا المرضية التى تنتقل الى الإنسان عن طريق المواد الغذائية هى :

١ — باسيلوس السل - ومنه النوع الرئوى الخاّص بالإنسان ويعرف الميكروب باسم *Mycrobacterium tuberculosis hominis* وهو ينتقل الى الإنسان وبعض أنواع الفيران عن طريق بصاق المصاب أو لعابه ، وقد يكون الغذاء واسطة لنقل الميكروب . وهناك النوع الحيوانى *Bovine* ، وهو يصيب الإنسان كما يصيب الخنازير والطيور وبعض أنواع الفيران ، وينتقل هذا الميكروب إلى اللبن من الماشية المصابة بالسل والابقار أكثر تعرضا للإصابة بهذا المرض ، وهى مسؤولة عن انتشاره خصوصا بين الاطفال نتيجة لإستعمال اللبن بدون غلى أو تعقيم . ومن حسن الحظ ان ميكروب السل يموت اذا تعرض للجفاف ، كما أنه لا يحتاج الى درجات حرارة عالية لقتله ، فدرجة ١٤٠ ف ٦٠ م ، كافية لقتله اذا سخن لمدة ٣٠ دقيقة ، كما أن غلى اللبن ليضع ثوان كاف للقضاء عليه .

٢ — بكتريوم دفتريا *Corynebacterium diphtheriae* : تعتبر الدفتريا أحد الأمراض الخطيرة الشائعة بين الاطفال ، ويعتبر اللبن بيئة صالحة لنمو هذه البكتريا ، وهى تموت بسرعة على درجة حرارة ١٤٠ ف

٦٠٠ م ، ولذلك فإن غلى اللبن يقتلها ، ويعمل الذباب على نقل الميكروب .

٣ — ميكروسيرا كوليرا ، ويسمى الميكروب *Vibrio comma* : وهو مرض سريع الانتشار على صورة وباء ، وينتقل عن طريق افرازات المصاب . ويساعد الذباب على نقل الميكروب وتلويثه للواد الغذائية ، وهذا الميكروب سريع التأثير بالحرارة مثل ميكروب الدفريا .

٤ — باسيلوس التيفود ، ويسمى الميكروب *Eberthella typhosa* : هذا الميكروب ينتشر عن طريق المواد الغذائية الملوثة خصوصا اللبن والأصداق والمياه الملوثة بمياه المجارى أو بواسطة حامل الميكروب . ويمكن للميكروب أن يعيش مدة طويلة في الأغذية غير الحمضية . ويصيب هذا المرض الانسان فقط ، ويسكن القناة الهضمية ، ويعتبر اللبن من أنسب البيئات لنموه وانتشاره . وعملية التجمد ليست كافية لقتل كافة ميكروبات التيفود ، ولذلك فكثر ما تحدث الإصابة عن طريق الثلج المصنوع من مياه ملوثة والمثلجات المصنوعة من لبن ملوث غير معقم . ويمكن للميكروب أن ينتقل عن طريق الخضر الطازجة التي تتعرض للتلوث لقربها من سطح الأرض والميكروب سريع التلف بالحرارة ، وتعقيم اللبن كاف لقتله .

٥ — باسيلوس الدوسنتاريا *Bacillus dysentrae* : هو مرض سريع الانتشار في البلاد الحارة والمعتدلة ، وقد تؤدي الإصابة به الى الوفاة . ويساعد على انتشاره عدم توفر العادات الصحية وعدم كفاية المرافق الصحية . ويصيب هذا الميكروب الامعاء ، وهو ينتقل في معظم الاحيان عن طريق المواد الغذائية الملوثة ويصيب الأطفال والبالغين ، إلا أن الميكروب سريع التأثير بالحرارة يهلك بتسخين المادة الغذائية على درجة ١٤٠ ف ٦٠٠ م ، لمدة عشرين دقيقة .

٦ — التهاب الزور العفن Septic Sore Throat : ستربتو كوكس

ايبديمكس *Striptococcus Epidemicus* ، وهذا الميكروب يحدث اختقانا والتهابا في الزور ، وينتقل الميكروب من الضرع الى اللبن ، ثم يصيب الإنسان عن طريق اللبن إذا لم يجر تعقيمه .

٧ — الحمى القرمزية Scarlet Fever : تنفشر هي الأخرى عن طريق

اللبن ويتسبب فيها ميكروب *Striptococcus Scarletinae* .

٨ — الحمى المتقطعة Undulent Fever : وتنتقل عن طريق لبن المعز

ويسمى الميكروب الذي يسبب هذا المرض *Brucella Meletensis or abortis* ويموت بالتعقيم ، وهو الذي يحدث مرض الاجهاض المعدى في المواشى .

التسمم الغذائي

كان الاعتقاد السائد فيما مضى أن التسمم الغذائي مرجعه مركبات خاصة سامة تنتج عن الانحلال البكتريولوجى للبروتينات ، وكانت هذه المركبات تسمى إذ ذاك بالتومينات . وكان هناك أيضا اتجاه لربط التسمم الغذائي بالنتن *Putrifaction* . وعلى الرغم من أنه قد يكون لبعض الأمينات التي تنتج عن انحلال البروتينات تأثير سمي ضعيف ، إلا أنه قبل تكون مثل هذه المركبات في المادة الغذائية تكون قد وصلت إلى حالة من النتن تجعل النفس تعافها . وقد دال العلم حديثا على فساد نظرية التومينات ، وليس هناك دليل أبسط على فسادها من كون الأحياء الدقيقة التي كان يظن أنها مسئولة عما سمي بالتسمم التوميني توجد في القناة الهضمية ، وربما كانت في تأثيرها على البروتينات تنتج داخل القناة الهضمية نفس النواتج ، كما أن هناك بعض الأغذية تحدث فيها انحلالات كثيرة للبروتين بفعل الأحياء الدقيقة ومع ذلك تبقى صالحة للأكل .

ويمكن تقسيم أكثر حالات التسمم الغذائي شيوعاً إلى الأقسام الآتية :

١ — أنواع خاصة من النباتات والحيوانات تكون سامة. فبعض أنواع

عش الغراب سامة بطبيعتها ، كما أنه في بعض النباتات قد تكون نسبة حمض الأكساليك عالية إلى حد إحداث التسمم ، وكذلك قد يكون بلح البحر ساماً في فترة معينة من السنة الخ .

٢ — السميات الكيميائية : قد توجد السميات في المواد الغذائية عن طريق

وسائل عدة من أهمها تلوث هذه المواد عن طريق المعادن التي تصنع منها أدوات الطبخ الرخيصة ، فقد ينتقل الكاديوم والأتيمون إلى الأغذية عن هذا الطريق ، وقد ينتقل الرصاص إلى المواد الغذائية عن استعمال عبوات معدنية استبدل فيها القصدير بالرصاص Terneplate ، كما قد تصل بعض السميات الكيميائية إلى المواد الغذائية في مواد الرش أو التعفير التي تستخدم في مقاومة الآفات ،

٣ — التأثير السمي للمعادن : عند مناقشتنا للتأثير السمي للمعادن الملوثة

المادة الغذائية يجب التمييز بين الأثر السمي للمعدن من الناحية العلمية البحتة وبين ما يمكن أن يعتبر في عرف القوانين الغذائية ضاراً بالصحة ، بل إنه لا يوجد حد فاصل بين ما يسمى بالتأثير السمي وبين ما يعتبر على وجه التحقيق غير ضار بالصحة . وطالما أن ما يجري على حيوانات التجارب من اختبارات في هذا المجال لا يمكن تطبيقه على الإنسان فإنه من الصعب وضع حدود لما يمكن أن يصل إلى جسم الفرد من المعدن أو أملاحه قبل أن تحدث أثرها السمي .

ويجب ألا يفوتنا أن بعض تلك المواد على الرغم من أنها قد تبدو غير

سليمة إذا ما كانت الكميات التي تصل منها إلى جسم الإنسان في كل مرة ضئيلة إلا أنها قد تؤثر بمضى الوقت على العمليات الحية التي تحدث في الجسم ، ومن هنا كان وضع القوانين الغذائية على أساس حماية الفرد من الأثر الضار

لأى مادة يشتبه في خطرها على الناحية الصحية . وفي تحديد النهاية العظمى لما يمكن أن تحتويه المواد الغذائية من معدن ما يجب أن يراعى القدر الموجود منه طبيعياً في كل مادة غذائية ، مع السماح بقدر إضافي يعبر عن أقل ما يمكن أن يصل إلى المادة الغذائية من هذا المعدن في ظروف الإنتاج والصناعة إذا ماروعى في إنتاجها وصناعتها منتهى الدقة والحيلة ، وعلى ذلك فالقدر الذى يحدده القانون لمعدن ما فى مادة غذائية ما يختلف عما يحدده لنفس المعدن بالنسبة لمادة غذائية أخرى . وأهم المعادن التى تلوث المواد الغذائية وتعتبر سمية التأثير هى النحاس والرصاص والزرنيخ والزنك والانتيمون والكادميوم والنيكل والقصدير . وقد يكون التأثير السمي لبعض هذه المعادن شديداً فتحدث أعراضاً ظاهرة كتهيج أغشية المعدة والغثيان والمغص والقيء والأنيميا أحياناً . ويختلف النسم بالمعادن عن النسم الميكروبيولوجي في أن الأول تزول أعراضه عادة بسرعة بعد القيء ولا يحتاج إلى فترة التفريخ التى هى من خصائص النسم البكتريولوجي .

النحاس

أملاح النحاس ذات تأثير قابض ومهيج للمعدة . ولو أن القدر منه الذى يعتبر ساماً لم يحدد بعد تماماً ، وقد وجد أن تأثيره القابض على حالة سلفات يحدث إذا ما أعطى للإنسان مقدار منه يتراوح بين ١٦ و ٣٢ ملليجراماً . أما تأثيره المهيج للمعدة فيحدث بفعل كمية بين ٨٠ و ١٦٠ ملليجراماً . وهو يمتص في الدم ، وزيادة امتصاصه فيه تؤدي إلى انحلال كريات الدم . وقد كانت سلفات النحاس تستخدم في تثبيت اللون الأخضر للمواد الغذائية ، إلا أن القوانين الغذائية قد حرمت استخدامها إطلاقاً ، وذلك للشبهة القوية في أثرها السمي والخوف من أن يؤدي احتمال تجمعها في الجسم بعض الوقت إلى أخطار كامنة .

وقد أثبتت الكثير من التجارب التي أجريت على الحيوانات باستخدام كميات كبيرة من أملاح النحاس أثره السام وخطره على الصحة والحياة ، إلا أن هذه الكميات لا يمكن من الناحية العملية أن توجد في غذاء الإنسان . وهو يمنع نمو البكتيريا ، وربما أدى وجوده الى إيقاف نشاط البكتيريا المعوية . ونظراً لأن معدن النحاس يذوب في الأحماض العضوية التي تحتويها المواد الغذائية ، ونظراً للتأثير الضار الذي تحدثه أملاح النحاس على الصفات المرغوبة للمواد الغذائية وخصوصاً التأثير المتلف على فيتامين C في المادة الغذائية فقد بدأت مصانع الأغذية في استبدال الآلات والأوعية والمواسير النحاسية واستخدام معادن أخرى مقاومة للتأثير الإذابي للمادة الغذائية لانه تحدث تلفاً للمواد الغذائية ، وكذلك روعي ضرورة إزالة آثار مواد الرش أو التعفير العالقة بالمادة الغذائية . وأهم المواد التي يوجد فيها النحاس بمقادير عالية نسبياً هي الخضار والفاكهة الطازجة والمحفوظة وكذلك المربيات والمرطبات والجللاتين .

الرصاص

يعتبر الرصاص من أشد المعادن سمية إذا وجد في المواد الغذائية . والتأثير السمي للرصاص هو تأثير تحصيلي Cumulative ، لما يتجمع من الكميات التي يتكرر وصولها للجسم والتي يعتبر كل منها على حدة ضئيل الاثر على الصحة . ولم يعرف حتى الآن أنه عنصر ضروري في تركيب خلية حية .

ويصل الرصاص إلى المواد الغذائية إما عن طريق الآثار منه التي توجد في التربة أو عن استعمال المعدن نفسه أو السبائك التي تستخدم في صناعة الأواني والآلات التي تلامس الغذاء أثناء إنتاجه . فالأواني التي تستخدم

فيها بطانة من الرصاص والعبوات التي تصنع من ألواح Terne plate ، والوصلات الملحومة ومواسير الرصاص والبريات أو المواد المكسبة للبلعة قد تسبب كلها أو بعضها تلوثا للمادة الغذائية . وكذلك إذا استخدمت زرينخات الرصاص التي تستخدم في مقاومة الحشرات فإن بقاياها تبقى على الخضار والفاكهة . وحدوث التسمم بوصول الرصاص إلى مجرى الدم يتميز باحداث أنيميا . وينقل الدم الرصاص إلى الأنسجة المختلفة في الجسم فتحدث لها اتلافات . وقد يفرز البعض منه خارجا أو يتخزن في الهيكل العظمي . ومعظم حالات التسمم بالرصاص عن طريق الأغذية في السنين الأخيرة كان متسببا عن المياه والبيرة والسيدر ، وفي حالات قليلة من تلويثه لأغذية أخرى . وعلاوة على تأثيره السام فإنه يتحد مع كثير من مكونات المادة الغذائية مثل نواتج انحلال البروتينات ومثال ذلك القواعد العضوية وحمض الفيتيك والبكتين وتتكون من ذلك مركبات غير صالحة للامتصاص .

الزنك

هناك حالات في التسمم تحدث عن تلوث المواد الغذائية بنسب عالية من الزنك والأعراض الشائعة تقتصر على القيء ، ولكن لم تحدث حالات تسمم في الانسان تزيد في شدتها إلى حد ظهور أعراض أخرى . وأملاح الزنك ذات تأثير مهبج البعدة ويوجد الزنك طبيعيا في العادة في المادة الغذائية بما يوازي أربعة أضعاف قدر النحاس الموجود فيها ، ولذلك فإن القدر الذي تسمح به القوانين الغذائية لهذا المعدن حوالى أربعة أضعافه . وينتقل الزنك إلى المواد الغذائية عن طريق الأواني الحديدية المخلفة وأجزاء الآلات .

القصدير

يوجد القصدير على حالة آثار في التربة كما توجد آثار منه طبيعيا في أنسجة النبات والحيوان . ولم تعرف له وظيفة بيولوجية . ويعزى أكثر ما يوجد منه في الأغذية إلى ما يذوب معه من الطبقة المبطنة للصفائح عند استعماله في حفظ الأغذية . وعلى الرغم من أن القصدير يوضع ضمن المعادن ذات التأثير السام إلا أنه من الصعب التعرف على حالات يحدث فيها تسمم حاد أو متواصل ينسب للقصدير وحده عن طريق الأغذية المحفوظة في العلب ، ومع ذلك فليس معنى النتائج السالبة أن المعدن ليس له تأثير سام فربما كانت طريقة دراسة أثره في الجسم لازالت لم تكتشف بعد .

الزرنينخ

هو معدن ذو أثر سمى شديد ، ويقصد بالزرنينخ هنا ثالث أكسيد الزرنينخ أو أكسيد الزرنينخوز . وعلى الرغم من وجود الزرنينخ في الدم فلا يعرف له أثر في العمليات البيولوجية في الجسم . وأكثر كمية توجد في الجسم تكون في الشعر والظافر ، فيحتوى الشعر على ما بين ٠,٣ و ٠,٧ جزءاً في المليون والظافر على ما بين ١,٥ و ٤ جزءاً في المليون ، وتزيد نسبته فيها إذا زاد القدر من الزرنينخ الداخل للجسم ، وتستخدم هذه الظاهرة في التدليل على حالات التسمم بالزرنينخ . والزرنينخ الموجود طبيعيا في الجسم قد يكون مصدره الأسماك أو إستنشاق التراب ودخان الفحم . والنهية الصغرى من أكسيد الزرنينخوز اللازمة لتسمم الانسان تتراوح بين ٠,٠٦ و ٠,١٨ جراما أو حوالى ما يتراوح بين ٠,٨ و ٢,٤ ملليجراما لكل جرام من وزن الجسم . وتستخدم زرنينخات الرصاص بكثرة في رش الفواكه لمقاومة الحشرات . ويبقى جزء في هذه المواد عالقا باسطح الثمار ولذلك كان لابد من غسلها قبل عرضها للاستهلاك ، وقد تنتقل الزرنينخات

من الفاكة الى منتجاتها فهي توجد في السيدر وفي النيذ . وقد تستعمل الزرنيخات في تعفير الحضر ، ويزيد نسبة الزرنيخ عادة في التربة حيث تستخدم الزرنيخات في الرش والتعفير وبذلك قد تلوث التربة مواد غذائية أخرى وترفع نسبة الزرنيخ فيها .

الانتيمون

يصل الانتيمون إلى الأغذية عن طريق :

(١) الأوعية المطلية بالمينا . (٢) اللحم والورق المفضض الذي يحتوى على الانتيمون . (٣) حلقات الكاوتشوك وأنايب الكاوتشوك . (٤) مركبات الانتيمون التي تستخدم كمهسكات للحشرات .

وأولها أهمها ، وتتوقف سمية مركبات الانتيمون على قابليتها للذوبان وعلى حالتها من حيث التأكسد ، أى تتوقف على ما إذا كانت ثلاثية الكفاءة أو رباعيتها . وثالث أكسيد الانتيمون الذي يستخدم في صناعة المينا لا يمتص في القناة الهضمية لعدم قابليته للذوبان . وفي صناعة المينا يتحول ثالث وخامس أكسيد الانتيمون إلى مينا انتيمونات الصوديوم . ولا يذوب الانتيمون في أحماض الغذاء إلا إذا تعرت الطبقة اللامعة للمينا التي تحمى أكسيد الانتيمون ، وكلما كانت المينا من النوع اللين كلما ساعد ذلك على سرعة تدهمها . وقد حدثت في الأوعية ذات الشفة الملفوفة Seams حالات من التسمم بالانتيمون نتيجة استعمالها في خزن الليمونادة . ويستخدم الانتيمون في السيكة التي تصنع منها الأوراق المعدنية القصديرية التي تستخدم في لف الجبن وبذلك تكتسب تلك الصفائح مقاومة للتأكسد وتساعد على اللف . وقد يظهر الانتيمون كصبغة بيضاء أو بنية اللون على سطح الجبن من تأكسد وذوبان الصفائح القصديرية ، وكذلك قد تحتوى

سبيكة اللحام على الالتييمون فيكون ذلك سبيلا إلى وصوله إلى الغذاء، ويوجد خماسي سلفيد الالتييمون كأحد مكونات أنابيب وحلقات الكاوتشوك . وقد وجد أن البيرة والنبيذ وغيرها قد ينتقل إليها الالتييمون عن هذا الطريق ولو أن المقدار الذي يصل إلى تلك المواد يكون ضئيلا .

الالومنيوم

أملاح الالومنيوم ذات أثر قابض وهي تشبه أملاح الحديد في هذا المجال . وفي الكلام عن أثر تلوث المادة الغذائية بهذا المعدن على الناحية الصحية يجب دراسة تأثيرها من ناحيتين :

أولاً : امتصاص الالومنيوم في مجرى الدم واحتمال تأثيره على الدم وعلى باقي الأعضاء ، وقد وجد أن الالومنيوم يمتص من القناة الهضمية بصعوبة ، وهو أصعب امتصاصاً من الحديد ، والكميات التي تصل منه إلى الدم ضئيلة جداً . ولم تظهر أعراض سمية نتيجة لامتصاصه ، إلا أن هذا لا يمنع من ضرورة مراعاة الاحتياط لعدم تلوث الغذاء بزيادة من هذا المعدن .

ثانياً . التأثير الوضعي لأملاح الالومنيوم على الجدر المبطنة للمعدة والامعاء واحتمال أثر ذلك على الهضم . ولا يمكن البت برأى قاطع في أثر أملاح الالومنيوم على الهضم على الرغم من أن هناك ما يؤيد أثر زيادة أملاح الالومنيوم الذاتية على عملية الهضم والامتصاص . وقد حرمت القوانين الغذائية استخدام مسحوق الخبز الالومنيومي مثل سلفات الالومنيوم والصوديوم تفادياً لما قد يحدثه من أثر . ونظراً لأن الالومنيوم لا يحدث تأثيرات غير مرغوبة في صفات المواد الغذائية ونظراً لسهولة استخدامها في صناعات الاواني والادوات ونظراً لخفة وزنه فقد انتشر

استخدامه في الصناعة انتشارا كبيرا . وهو لا يتأثر بالماء المقطر ساخنا أو باردا ، إلا أن الماء العسر يتفاعل معه قليلا وقد يتكون أيديروكسيد الألومنيوم فيعكر الماء . وحمض المسكنيك ليس له غير تأثير ضعيف ، أما الفاكهة اخصية فإنها تذيب ما بين ٩ و ١٢ جزء من المليون . وشورية الضأن المحتوية على الخضر تذيب ٦ أجزاء في المليون ، وإذا بقيت لمدة ٢٤ ساعة ترتفع الكمية إلى ١٠ جزء في المليون . ويزداد التفاعل مع الألومنيوم في وجود القلويات الضعيفة عنه في وجود الأحماض العضوية ، ولذلك فإن طبخ الخضر في أوان من الألومنيوم مع إضافة بيكربونات الصوديوم قد يذيب قدرا من الألومنيوم يصل إلى ٩٠ جزء في المليون .

النيكل

تصل أملاح النيكل إلى الأغذية في أغلب الحالات نتيجة تفاعلها مع جدر الأواني المصنوعة من هذا المعدن . والتأثير السعى لهذا المعدن يناظر تأثير النحاس والزنك ، وفي الإنسان قد يحدث استخدام سلفات هذا المعدن بنسبة تتراوح بين ٢ و ٥ جرام وتحتوى على ما بين ٣١ و ٦٧ ملليجرام نيكل ، حالات التسمم ، إلا أن تفاعل أحماض الغذاء مع النيكل قد لا تكون نتيجته إحداث تأثير مشابه للسلفات . وقد أوجد كنت وماك كانس Kent & Mc. Cance سنة ١٩٤١ في تجربة على شخصين عادييين يحصل كل منهما على مقدار من النيكل يتراوح بين ٠.٣ و ٠.٥ ملليجرام يوميا أن ثلثي هذه الكمية تفقد في البول والثلث في البراز مما يؤيد أن الجسم لا يحتفظ بهذا المعدن . ومن النادر وجود النيكل في الأغذية بالقدر الذي يوجد به الزنك مثلا ، وهو أكثر مقاومة للتأكسد والتفاعل من الزنك . وعلى الرغم من أن الزنك يذوب بسرعة أكبر من الحديد المحلقل في محاليل الأحماض إلا أن النيكل لا يذوب إلا بصعوبة .

الكادميوم

هو أحد المعادن التي تستخدم في طلاء الأواني أو الأدوات المصنوعة بالكادميوم . وبمضي الوقت ينتشر الكادميوم في الطبقة المصنوعة خلال الحديد مكونا طبقة من سبيكة الكادميوم والحديد . والكادميوم هو أحد المعادن ذات التأثير السمي الشديد ، وقد ينتقل الكادميوم إلى الغذاء عن طريق هذا الطلاء كما قد تنتقل أملاح الكادميوم إلى الغذاء عن طريق مواد اللحام ومبيدات الحشرات . وتحدث أملاح الكادميوم بمجرد وصولها للعدة آلاما شديدة حادة مصحوبة بقيء واسهال . وتشبه في تأثيرها أملاح الزنك . إلا أن الأولى أشد مفعولا ، ولو أن العلاج من حالة التسمم هذه يكون سريعا إذ يطرد الكادميوم خارج الجسم مع القيء .

الكروميوم

قد تصل آثار ضئيلة من الكروميوم إلى الغذاء عن طريق الأوعية أو الأدوات المصنوعة من سبائك محتوية على الكروميوم أو مطلية به ، إلا أن مثل هذه الأوعية والأدوات تكون بصفة عامة شديدة المقاومة للتفاعل . والطلاء بالكروميوم لا يعيش طويلا إذا ما استخدم في أدوات الطبخ ويكون معرضا للتقشر .

٣- التسمم الغذائي البكتريولوجي : وهو أهم أنواع التسمم جميعها

وأكثرها شيوعا ، ويحدث التسمم في هذه الحالة عن إنتاج البكتريا لمادة سامة Toxin في الغذاء ، ومثال ذلك حالات التسمم البوتشوليني Botulism والتسمم stafylococcal Staphilococcus . وهناك حالات يطلق عليها اسم تسمم غذائي وهي في الحقيقة إصابات ، كما في حالات الإصابة بالسالمونيلا Salmonella عن طريق الأغذية الملوثة .

النسم البوتشوليني : يحدث عند استهلاك الغذاء الذى نمت فيه البكتريا المسماة *Clostridium botulinum* والذى يحتوى على التوكسين والإفرازات السامة ، ولا يمكن للميكروب أن يحدث النسم فى حالة غياب التوكسين ، وهو ميكروب غير هوائى إجبارياً يوجد فى التربة ، وقد أمكن عزله من تربة الكثير من البلاد . والتوكسين المتكون توكسين خارجى يمكن إتلافه بالحرارة على درجة ٨٠° م لبضع دقائق . ويكون الميكروب جراثيم ذات مقاومة شديدة للحرارة العالية فوق ١٠٠° م ، وهذا هو السبب الذى من أجله روعى ضرورة تعقيم المواد الغذائية التى يزيد رقم pH فيها عن ٤.٥ على درجات حرارة عالية فوق درجة ١٠٠° م ، اذ قد وجد أن الميكروب فى أغلب الحالات لا يمكنه أن ينمو فى درجات حموضة أعلى من ذلك . والرأى السائد أن المعاملات الحرارية التى تقتل جراثيم ميكروب البوتشوليني تقتل هذا الميكروب وتوكسينه ، وتقتل مقاومة الميكروب للحرارة فى وجود الأحماض فى المادة الغذائية ، وهذا هو ما يفسر ظهور حالات النسم البوتشوليني فى الحضر المحفوظة فى العلب أو اللحوم المتبلية أو السمك المدخن أو المجفف ، وفى العادة يصحب تلفها تكون غاز وانحلالها وتزنخها . وفى أغلب الحالات يؤدى هذا النسم إلى الوفاة بعد أن يؤثر على المركز العصبي وتكون الوفاة عادة نتيجة تعذر التنفس . وتبدأ الأعراض عادة بعد ٢٤ ساعة من تناول الغذاء بالغثيان ثم القيء وقد يحدث إسهال ، وفى الأدوار الأخيرة من المرض يكون الإمساك أكثر حدوثاً ، وفى الحالات الخطيرة منه قد يقضى على المريض بعد أيام يتراوح عددها بين ٦ و٣٠ . وفى الحالات غير الخطيرة يكون الشفاء بطيئاً ، وليس هناك من علاج غير استعمال مواد مضادة للتوكسين Antitoxin قبل ظهور الأعراض ، ويؤدى التوكسين إلى تسمم الكثير من الحيوانات والطيور .

التسمم بالاستافيلوكوكس : يحدث ، شأنه في ذلك شأن سابقه ، عن السموم ، التوكسينات ، التي تتكون داخل الغذاء بفعل الميكروب ، وهذا الميكروب لا يكون جراثيم . وهذا التسمم هو أكثر أنواع التسمم شيوعا ولكنه ليس خطيرا . ومن النادر أن يسلم الفرد من الإصابة بهذا النوع من التسمم مرة على الأقل في حياته . وميكروب هذا التسمم كثير الانتشار فهو يوجد عند كثير من الأفراد على الجلد وفي الأنف والحلق .

والبكتيريا عبارة عن خلايا كروية توجد على شكل عناقيد أو توجد ثنائية أو على شكل سلاسل قصيرة ، ولا تسكون جراثيم . وهي أكثر مقاومة للحرارة من أنواع أخرى كثيرة من البكتيريا المتجرمة . والتوكسين خارجي مقاوم للحرارة ، ودرجة الغليان العادية لا تكفي لإبطال مفعوله ، ولو أن هناك أنواع تنتج مواد مضادة للتوكسين Antitoxin .

وتحدث أكثر الإصابات شيوعا من تناول الفطائر المحشوة والمعاجين القشدية مثل الجاتو والفطائر المزخرفة بالقشدة ، وتحدث كذلك عن طريق بعض منتجات الألبان والمراد التي يدخل الزبد أو البيض في صناعتها كالمايونيز وماشابهه ، وعادة تكون قد مضت مدة على هذه المواد مخزنة على درجة الحرارة العادية .

وتظهر أعراض هذا النوع من التسمم بعد ساعات قليلة تتراوح بين ٦ و٣ ساعات من تعاطي الغذاء وأكثر الأعراض شيوعا الضعف والغثان والمغص والتقيء والإسهال ويتم الشفاء منه بعد أيام قليلة .

التسمم بالاستريبتوكوكس

وجدد ذلك Dack سنة ١٩٤٤ أن هناك حالات يحدث فيها التسمم الغذائي من الاستريبتوكوكس خصوصا النوع ألفا Alpha الذي يشار إليه بعض الأحيان

بالنوع الأخضر وهو يكون سلاسل ولا يكون جراثيم وهو أيضا غير مقاوم للحرارة إذ تموت معظم أنواعه على درجة ١٤٠ ف (٦٠°م) لمدة نصف ساعة. والميكروبات غير هوائية اختباريا. وهي توجد بصفة رئيسية في الأنف والزور والفم والأمعاء وتكون في العادة غير ضارة إلا أن هناك أنواعا منها تسبب أمراضا، ويرجع ذلك Dack أربع حالات من التسمم إلى هذه الميكروبات. وقد شملت الأعراض القيء والغثيان والمغص الخ... وجميعها أعراض حقيقية إذا قورنت بالأنواع الأخرى من التسمم.

التسمم بأنواع أخرى من الأحياء الدقيقة :

بالإضافة إلى المجموعة الميكروبية السابقة هناك بعض ميكروبات أخرى تكون في العادة غير مرضية وقد أظهر البحث أنها قد تكون سببا في إحداث حالات خاصة من التسمم، وأهم هذه الميكروبات اشيريشيا كولاي *Escherichia coli* وأنواع من البروتياس *Proteus* وبعض أنواع من كلوكا أيروجنس *Coloacae aerogenes* وكذلك ذكرت أنواع من العفن ضمن الأحياء التي تسبب بعض حالات التسمم. ويعتقد ذلك Dack سنة ١٩٤٧ أن مثل هذه الحالات قد تحدث عن زيادة هائلة في عدد الميكروبات الملوثة للمادة الغذائية، وربما كان إسهال الصيف الذي يودى بحياة الكثير من الأطفال في مصر يرجع إلى التلوث الميكروبي الزائد لما يتناولونه من غذاء. وبما يؤيد ذلك أن معظم حالات الإسهال الخطيرة تصيب الأطفال الذين يغذون تغذية صناعية وبعد غذاؤهم دون مراعاة للاشتراطات الصحية.

الاصابة بالسالمونيلا .

الميكروبات لا تفرز أنزيم خارجي، ولذلك فإن الميكروب نفسه يكون مسئولاً عن الإصابة. وتشمل مجموعة السالمونيلا عددا كبيرا من الأنواع متقاربة الشبه وهي ليست بـكثيرا بروتوليتية إلا أنه يمكن تقسيمها إلى مجموعتين متباينتين.

المجموعة الأولى . وهي تحدث مرضاً في الإنسان شبيهاً بحمى التيفود ،
وتحت هذه المجموعة يوجد النوع *Salmonella paratyphi* والنوع
Salmonella schottmulleri وهما يصيبان الإنسان ويسببان نزلات معوية وحمى .
المجموعة الثانية : وهي تحدث مرضاً في الحيوان تماثل أعراضه في
الحيوان أعراض حمى التيفود في الإنسان . وتنتقل إلى الإنسان نتيجة أكل
لحوم الحيوانات المصابة ، فإذا وصل إلى جسم الإنسان عدد من هذه البكتيريا
فقد يصاب بنزلات معوية مع أعراض الغثيان والقيء والمغص والإسهال ،
ويصحب هذا كله حمى مرتفعة . وتحت هذه المجموعة يندرج النوعان
Salmonella enteritidis و *Salmonella aertrycke* .

وتظهر الأعراض في مدة تتراوح بين بضع ساعات وعدة أيام ، وتستمر
الحالة المرضية مدة أطول من حالة التسمم بالاستافيلوكوكس ، ونسبة الوفاة
بهذه الإصابة قليلة ١٠٪ أو أقل ، وطريقة الوقاية من هذا المرض المعوي
هي ضمان التفطيش الدقيق في السلخانات وإعدام لحوم الحيوانات التي
كانت مصابة بهذه العدوى عند الذبح وكذلك تعقيم السكاكين والأدوات التي
استعملت في ذبح أو تقطيع حيوانات مصابة ومنع الذباب من نقل العدوى .
وقد أمكن كذلك عزل بعض أنواع السالمونيلا المسببة للنزلات المعدية
في الإنسان من براز القوارض مثل الفيران والجردان . وقد كان هناك
الكثير من التعارض في الآراء بين الباحثين عن العامل المسئول عن التسمم
بالسالمونيلا . وقد استعرض ذلك Duck سنة ١٩٤٣ أرام الباحثين واستخلص
أن معظم الاحتمال يتجه نحو اعتبار التأثير السام الذي تحدثه السالمونيلا هو
نتيجة الميكروب نفسه

الباب الثامن

وسائل منع الفساد

يتبين من مناقشة أنواع التغيرات المختلفة التي تطرأ على المواد الغذائية نتيجة لنمو الأحياء الدقيقة فيها أو لنشاط الأنزيمات التي توجد فيها طبيعياً بل وتلك التي تحدث عن تفاعلات كيميائية بحتة ، ويتبين كذلك من دراسة العوامل المختلفة التي تساعد على حدوثها أنه يمكن حصر الوسائل الهامة لمنع فساد المواد الغذائية في الآتي :

(١) التحكم في الظروف الخارجية التي تحيط بالمادة الغذائية :

١ - صيانة كيان المادة الغذائية : وأهم ما يتبع في هذا السبيل :

مراعاة الأصول الفنية في جمع المحصولات الغذائية وإعدادها وتعبئتها ونقلها وتخزينها ، فيراعى مثلاً عند جميع ثمار الفاكهة عدم نزعها بعنف أو جرحها أو إسقاطها على أرض صلبة مما يؤدي إلى تهشيمها أو يراعى كذلك اتخاذ كافة الاحتياطات في تعبئتها ونقلها وعرضها للبيع ، وكذلك في تداولها في السوق أو داخل المصانع التي تتولى حفظها أو صناعة منتجاتها ، ويجب العناية أيضاً بجمع الخضر واتباع الاجراءات الكافية بتعبئتها ونقلها وتخزينها واختبار العبوات المناسبة لكل نوع منها والتي تكفل سلامتها .

حماية المواد الغذائية من الآفات المختلفة سواء أكان ذلك أثناء وجودها في الحقل أو في المخازن ، واتباع أحداث الأساليب في مقاومة هذه الآفات ، مع ضرورة العناية بتصميم المخازن المناسبة التي تضمن صيانة المادة الغذائية من وصول الفيران أو تسرب الحشرات إليها ، وينبغي كذلك مراعاة

التهوية اللازمة وخلق جدران المخازن وأرضيتها وسقوفها من الشقوق التي تسمح لليرقات بغزل شرائقها داخلها أو للصراصير وغيرها من الحشرات بالاختفاء فيها .

ويجب مراعاة العناية بهذه المخازن وخدمات نظافتها وتطهيرها ، وعدم تخزين مواد مصابة بداخلها أو وضع الأكياس المستعملة الفارغة التي يحتمل تلوثها ببعض الحشرات .

ويجب مقاومة الحشرات التي تصيب المواد الغذائية بمجرد ظهور الإصابة ، واستعمال مواد المقاومة التي تناسبها والتي لا تضر بالمواد الغذائية أو تجعلها غير صالحة للاستهلاك .

ب — حماية المادة الغذائية من التلوث :

١ — التلوث الميكروبيولوجي : لما كان لعدد الميكروبات الملوثة للمادة الغذائية أثره الفعال في سرعة فسادها فقد كان من الضروري في إنتاج المواد الغذائية مراعاة أقصى قواعد النظافة بحيث يكون عدد الميكروبات فيها أقل ما يمكن .

ففي إنتاج اللبن الحليب يجب مراعاة نظافة الحيوان ومكان الحليب ونظافة الحلاب وأواني الحليب وكافة ما يستخدم في نقل اللبن وتداوله وتوزيعه ، ويجب كذلك أن تراعى نفس الدقة في صناعة منتجات الألبان ، أما في حالة الخضار فيجب توجيه عناية خاصة إلى نظافتها نظرا لقرتها من التربة ومن مصادر التلوث بصفة عامة ، ولذلك يجب العناية بغسلها غسلا جيدا بماء نقي وإزالة ما يكون قد علق بها من أوساخ وأتربة . وعلى الرغم من ذلك فإن الكثير من المزارعين يلجأون إلى غسلها بمياه الترع أو بالمياه الراكدة مما يؤدي إلى زيادة تلوثها أو حملها للأمراض ، ولا بد كذلك من نظافة الحاكمة وغسلها ، وغسل الفاكهة المعدة للسوق عادة بمواد مطهرة .

وكذلك يجب مراعاة نظافة البيض وعدم التصاق الأتربة والقاذورات بسطحه وكذلك نظافة عبواته وأماكن تخزينه .

وفي إعداد اللحوم يجب اتباع كافة الاشتراطات الصحية وعدم تلوث لحم الحيوان عند ذبحه ، وينبغي كذلك مراعاة فحص اللحوم والكشف عليها طيبا وإعدام الأجزاء المصابة ، كما يجب التأكد من نظافة الأدوات المستعملة في الذبح .

ولا يمكن الكلام على النظافة دون توجيه النظر إلى أهمية نظافة الأشخاص الذين يتولون انتاج المواد الغذائية أو تعبئتها أو نقلها لتسويقها أو صناعة منتجاتها ، وينبغي كذلك التحقق من خلوهم من الأمراض أو إمكان نقلهم للأمراض المعدية Carriers . ولا بد من الاطمئنان إلى نظافة الأدوات والآلات التي تستخدم في إعداد المواد الغذائية أو صناعة منتجاتها ، وإلى توفر المرافق الصحية في مصانع الأغذية وإلى وسائل التخلص من مخلفات هذه المصانع ، وكذلك يجب توفير كافة الوسائل التي تحمي المواد الغذائية من التعرض للذباب أو الأتربة التي تحمل إليها الكثير من الميكروبات .

وبصفة عامة يجب مراعاة نظافة المادة الخام أثناء إنتاجها وتداولها ونقلها وتخزينها وضمان نظافة العبوات وأماكن التعبئة والتخزين والبيع الخ . كما يجب العناية بمصادر المياه المستعملة في الغسيل وبكميتها والاطمئنان إلى كفاءة الوسائل المستخدمة في عملية الغسيل وإلى استخدام مواد النظافة والمواد المطهرة كلما احتاج الأمر .

كما قد يستخدم البخار الحى أو الماء المغلى في عمليات الغسيل في مصانع الأغذية لإهلاك الميكروبات وتلجأ بعض المصانع إلى استخدام الأشعة فوق البنفسجية لهذا الغرض .

٢ - التلوث المعدني

تعرض المواد الغذائية أثناء انتاجها أو تعبئتها أو نقلها أو شحنها أو حفظها للتلوث بأنواع مختلفة من المعادن نتيجة اتصال المادة الغذائية بالآلات والأدوات والآلات والعبوات ومواد اللف ، أو نتيجة لاستخدام مياه تحتوي على شوائب معدنية أو نتيجة لاضافة مواد كيميائية تحتوي على هذه المعادن . وعلى الرغم من أن هذه المعادن توجد في المادة الغذائية على حالة طبيعية ، وعلى الرغم مما لكثير منها من أهمية خاصة في التغذية فإن لبعض المعادن الملوثة إذا ما زادت نسبتها في المادة الغذائية تأثيرا سميما كما سبق أن ذكرنا . وقد توجد المعادن في المواد الغذائية الجافة كالحبوب والدقيق والمساحيق المختلفة في صورة قطع معدنية صلبة كالسامير والسلك وغيرها ، ولا يخفى خطر هذه الأخيرة على الصحة ، ولذلك يراعى في عمليات التنقية إزالة تلك المعادن بطرق مختلفة . ولا تقتصر اضرار التلوث المعدني على ذلك فإن المعادن إذا ما لوثت المادة الغذائية تأثيرات أخرى تضر بصفاتها المرغوبة ، فإن البعض منها إذا وجد في المادة الغذائية ولو بنسبة ضئيلة يؤدي إلى اضرار الطعم أو اللون أو الفيتامينات ، أو يؤدي إلى تزنخ طعم الزيوت والدهون . وتعمل المعادن في تأثيراتها هذه عمل العوامل الملامسة أو المساعدة على حدوث التفاعلات الكيميائية غير المرغوبة . كما أن وجود البعض من هذه المعادن يساعد على تنشيط انزيمات تحدث تغيرات غير مرغوبة في المادة الغذائية . كما أن وجود بعض المعادن يساعد على تنشيط أحياء دقيقة مرغوبة وعلى تكاثر هذه الأحياء . ويتوقف القدر من المعادن الذي يصل إلى المادة الغذائية على عوامل كثيرة تساعد بعضها أو كلها على زيادة التلوث المعدني للمادة ، وأهم هذه العوامل هي :

١٠. تركيب المادة الغذائية من حيث احتوائها على الماء والأحماض

والمواد التي تتفاعل مع المعادن . ٢٥ ، نوع المعادن التي تلامس المادة الغذائية أثناء العمليات المختلفة . ٣٥ ، مدة ملاسة المادة الغذائية لهذه المعادن . ٤٥ ، مقدار التقلب والتحريك الذي يجرى للمادة الغذائية في الأواني المعدنية أو الآلات . ٥٥ ، وجود عوامل مؤكسدة أو مدى التعرض للهواء . ٦٥ ، درجة الحرارة . ٧٥ ، نوع المواد الكيميائية المضافة للمواد الغذائية وتركيبها . ٨٥ ، مدى نقاوة الماء المستعمل وخلوه من الشوائب المعدنية .

٢ - إزالة الأحياء الدقيقة بالترشيح الدقيق : Ultrafiltration

وتعتبر هذه العملية مناظرة لعمليات التعقيم ، وكثيرا ما يطلق على الطريقة المتبعة اسم « طريقة التعقيم بالترشيح » . ويمكن إزالة الأحياء الدقيقة من بعض المواد الغذائية مثل عصير الفواكه والبيرة والنيذ بترشيحها بمرشحات خاصة بعد ترويقها ، وتسمى عملية الترشيح هذه بالترشيح الدقيق ، ويستعمل في هذه الطريقة غشاء مرشح أو أقراص دقيقة المسام صنعت بطريقة خاصة من الاسبستوس والسليولوز لها خاصية الامتصاص Absorption ، وهي تحجز الأحياء الدقيقة وتحول بينها وبين أن تنفذ مع المادة المرشحة . وإذا استخدمت هذه الأغشية مرة فلا يمكن أن يعاد استخدامها . وتستخدم شمعات بيركفيلد Berkfeld Candles ، لترشيح الأحياء الدقيقة وإزالتها . ولا بد من إجراء عمليات الترويق على عصير الفاكهة ثم ترشيحه بطرق الترشيح العادية قبل أن يرشح بطريقة الترشيح الدقيق . وقد أمكن استخدام هذه الطريقة صناعيا في عصير الفاكهة وعصير العنب .

٣ - استخدام درجات الحرارة العالية : للحرارة العالية أثرها

المعروف في إهلاك الأحياء الدقيقة كليا أو جزئيا وكذلك في تلافى الانزيمات

في المادة الغذائية . فهي كما سبق أن ذكرنا ، تؤدي إلى تثبيط نشاط الاحياء الدقيقة وإهلاك الكثير منها ، وتتوقف درجة الحرارة اللازمة لذلك على نوع الاحياء الدقيقة ومدى مقاومتها للحرارة ومدى تلوث البيئة ، كما تتوقف على مدة التسخين وعلى عوامل أخرى كثيرة مثل حموضة البيئة وتركيبها الكيميائي ومدى انتقال الحرارة فيها ، وغير ذلك . ولعل يمكن إهلاك كافة الاحياء الدقيقة في أية مادة غذائية لا بد من التحقق من إهلاك جراثيمها أيضا لان هذه الجراثيم تكون بصفة عامة أكثر مقاومة للحرارة وفي هذه الحالة تسمى المادة عقيم Sterile ، وجراثيم البكتيريا تكون عادة أكثر مقاومة للحرارة من جراثيم الخيرة ، وتؤدي زيادة نسبة السكر في البيئة خصوصاً في درجات التركيز العالية إلى المقاومة الحرارية للأحياء الدقيقة ولجراثيمها بنوع خاص .

الطابع : وفي طبخ الأغذية يتم إهلاك الكثير من الاحياء الدقيقة فيها .

الغلي : مجرد غلي المادة الغذائية لا يمكن اعتباره من الناحية الصحية

كافياً لتعقيمها أو لقتل الاحياء الدقيقة غير المرغوبة أو المرضية فيها ، لان تأثير الحرارة هنا يتوقف على عوامل عديدة أهمها درجة الحرارة في مركز الكتلة الغذائية وتتوقف كذلك على حموضة البيئة .

التعقيم : وفي الصناعة يكون الغرض من المعاملة بالحرارة قتل

الميكروبات المسببة عن فساد المادة الغذائية مع ضمان قتل الميكروبات المرضية ، وقد اصطلح على هذه المعاملة الحرارية تجوذا باسم « التعقيم » ، ولو أنه لا يمكن اعتبارها عملية تعقيم بمعناها العلمي . وقد يستلزم الامر معاملة المادة الغذائية على درجات حرارة أعلى كثيراً من درجة ١٠٠ م ٢١٢٠ ف ، كما يحدث عند حفظ الخضار واللحوم والأسماك في العلب

الصفائح اذ يجرى تعقيمها على درجة بين ٢٤٠ و ٢٥٠ ف ، وذلك لأن مثل هذه الأغذية تعتبر من مجموعة الأغذية غير الحضية . وهذه المعاملة الحرارية ضرورية لقتل البكتريا المتجرئة خصوصا ميكروبات التسمم وعلى الأخص *Clostridium Botulinum* ، أما المواد الغذائية الحضية مثل الفواكه ومنتجات الطماطم فقد وجد عند حفظها في العلب الصفائح أو في العبوات الزجاجية المحكمة الإغلاق أن درجة غليان الماء كافية لاهلاك معظم الاحياء الدقيقة غير المرغوبة . وفي صناعة حفظ الاغذية في العلب الصفائح أصبح يطلق على المعاملة الحرارية المادة الغذائية اصطلاح الطبخ *Processing* ، وهي تؤدي أيضا مدى معنى التعقيم كما هو معروف من الناحية الصناعية وتؤدي وظيفته أيضا . ولما كانت درجة غليان الماء كافية لإتلاف الانزيمات التي توجد في المادة الغذائية فإن عمليات الطبخ والتعقيم تتضمن إيقاف النشاط الانزيمى في المادة الغذائية . ولا بد من مراعاة ألا تؤدي المعاملة الحرارية الى إتلاف الطعم أو اللون أو النكهة أو القوام وأن يراعى في مدة الطبخ أو التعقيم صيانة الصفات المرغوبة للمادة الغذائية إلى جانب اهلاك الاحياء الدقيقة وإتلاف الإنزيمات فيها .

البسترة : وهناك بعض مواد غذائية لا يمكن اجراء تعقيمها دون أحداث تغير في طعمها ونكهتها الطبيعيين . وأحسن مثال على ذلك اللبن ولذلك كان من الضروري أن يراعى في معاملة حرارية أن يجرى تسخينها فقط الى الحد الذى يهلك الميكروبات المرضية المحتمل وجودها . وتسمى هذه العملية بالبسترة *Pasteurization* ، وهي تنسب الى العالم الفرنسى الشهير باستور *Pasteur* . ولما كانت الميكروبات المرضية تهلك عادة في درجات حرارة أقل نوعا من درجة الغليان العادية ، فليس من المتوقع أن تؤدي عملية البسترة الى اهلاك كافة الاحياء الملوثة . ومن هنا تظهر أهمية حماية

اللبن من التلوث من وقت انتاجه لحين بسترته ، فإهلاك كافة الاحياء الدقيقة المتجترمة وغير المتجترمة في اللبن يستلزم تعقيمه تعقيا كليا على درجة حرارة بين ٢٤٥ و ٢٤١ ف ١١٥ - ١١٨ م ، لمدة ١ ساعة أو درجة ٢٢١ ف ١٠٥ م ، لمدة ساعة ، ولذلك فإنه كثيرا ما يطلق على عملية البسترة اسم التعقيم الجزئي . وعملية غلي اللبن في الأوعية المكشوفة كما تجرى في المنازل علاوة على أنها تسلب اللبن طعما مطبوخا فإنها لا تعطي الضمان الكافي على سلامة اللبن من الناحية الصحية ، لأن الغشاء الذي يتكون على سطح اللبن في هذه الحالة قد يمكن حماية بعض الميكروبات المرضية من تأثير الحرارة العالية ، ولذلك كان من الضروري قلب اللبن أثناء غليه حتى تكون الحرارة موزعة في كافة اجزائه مع ضرورة سرعة تبريده بعد ذلك . ولما كان رقم pH الطبيعي للبن هو بين ٦.٣ و ٦.٧ ، فهو يعتبر من الأغذية غير الحمضية ، ولذلك لا تمنع عملية الغلي أو البسترة تلوثه مرة أخرى . وهناك طريقتان شائعتان في تعقيم اللبن ، أحدهما تسمى بالطريقة السريعة وفيها يسخن اللبن على درجة ١٩٠ ف لمدة لا تقل عن ١٥ ثانية ، والطريقة الثانية تسمى بالطريقة البطيئة وفيها يسخن اللبن على درجة هي بين ١٤٣ و ١٤٥ ف لمدة لا تقل عن ٣٠ دقيقة وفي كلتا الحالتين يبرد اللبن إلى درجة حرارة حوالى ٥٠ ف . وهذه المعاملة الحرارية ولو أنها قد لا تحسن من قوة الحفظ بالنسبة للبن إلا أنها أوضح أثرا وأكثر فائدة في حفظ مشروبات عصير الفاكهة أو المشروبات الكحولية لكون هذه المنتجات بطبيعتها لا تناسب نمو الاحياء الدقيقة لمخوضتها أو لوجود الكحول فيها ، ولذلك فإن عملية البسترة تؤدي في هذه المواد إلى قتل معظم الاحياء الدقيقة فيها ، فمن المعروف أن اختائر المختلفة تهلك بتسخينها لبضعة دقائق على درجة بين ١٤٠ و ١٥٠ ف ، وجراثيم العفن المقاومة للحرارة قد

تحتاج إلى ٢٠ دقيقة على درجة ١٧٥ ف ، وخميرة النبيذ تحتاج إلى درجة بين ١٥٠ و ١٦٠ ف لاهلاكها . وعلى الرغم من حموضة عصير الطماطم إلا أن احتمال تلوثه ببيكتريا متجربة قد يستلزم تسخينه إلى درجة ١٩٠ ف لبضع دقائق ، ولذلك تفضل البسترة العالية لعصير الطماطم . ومعظم الانزيمات التي توجد في عصير الفاكهة يقف نشاطها عند معاملتها بالبسترة . وتفضل البسترة العالية لعصير الموالح أيضا لان الانزيمات البكتينية الموجودة فيه والمسئولة عن إحداث عمليات الزويق غير المرغوبة فيها تقاوم درجات الحرارة المنخفضة ، أما درجات البسترة العالية بين ١٨٥ و ١٩٠ ف فإنها تثبط نشاطها ، إلا أنه يجب أن يراعى في المعاملة الحرارية لكل مادة غذائية اختيار الطريقة المناسبة التي تحقق الأغراض المطلوبة منها . وكثيرا ما تعامل بعض المواد الغذائية بطريقة التحميص Roasting التي تتبع مع النقل ومع الحبوب مثل البن والبقول السوداني وبعض الحبوب الزيتية . وعلى الرغم من أن الغرض الاساسى من هذه المعاملة هو إكسابها نكهة مرغوبة إلا أن درجة الحرارة أثناء هذه المعاملة تكون عالية إلى الحد الذي يتلف الانزيمات كما أنه يهلك كل الاحياء الملوثة لها أو على الأقل جزء منها . وفي الطرق الصناعية المختلفة لحفظ الاغذية كثيرا ما نلجأ إلى المعاملة الحرارية لغرض من الأغراض إلى جانب استخدامها في عمليات التعقيم الصناعي بغرض اهلاك الاحياء الدقيقة والانزيمات فيها . فالحرارة مثلا تستخدم أحيانا في عمليات الغسيل كما تستخدم في بعض عمليات التقشير ، وفي الخضر تستخدم الحرارة عند سلقها Blanching لتثبيط نشاط الانزيمات فيها أو عند عمليات الطبخ المختلفة التي تؤدي إلى تليين الأنسجة المختلفة أو في صناعة المربيات والجيلي وغيرها أو في تجفيف الخضر والفاكهة بغرض إزالة الماء منها أو في عمليات التركيز أو التكشف بالحرارة لإزالة الماء أيضا . وفي جميع هذه الحالات يكون للحرارة تأثير

قليل أو كثير في إهلاك عدد من الأحياء الدقيقة أو تثبيط نشاط بعض الانزيمات . وتستخدم الحرارة العالية في مصانع الأغذية لاهلاك الأحياء الدقيقة التي يمكن أن تلوث أى جزء من اجزائه . ويستخدم الماء المغلي أو البخار الحى فى صيانة حالة النظافة التامة وفى تعقيم الأدوات والأوعية والمبوات الخ .

٤ - استخدام درجات الحرارة المنخفضة ، والتبريد ،

ويؤدى خفض درجة حرارة المواد الغذائية بصفة عامة إلى إبطاء نمو الأحياء الدقيقة أو الى إيقافه ، وفى المواد الغذائية الطازجة يؤدى خفض درجة الحرارة إلى تثبيط نشاط الانزيمات التى تحدث الانحلال الذاتى فيها أو الى إبطاء عمل هذه الانزيمات ، علاوة على أن التفاعلات الكيميائية البحتة تضعف سرعتها ، وقد تقف تماما عند تبريد المواد الغذائية تبريدا كافيا . ويعتبر التبريد من أنسب وسائل حفظ الأغذية لمدد قصيرة ، وقد شاع استخدام هذه الوسيلة فى نقل المواد الغذائية وشحنها ، ولذلك فإن لعملية التبريد فضل كبير فى تقليل مقدار العادم من المواد الغذائية السريعة التلف كاللحوم والأسماك والبيض والخضر . ولازال الثلج يستخدم بكثرة فى دوليب الثلج ، التلاجات العادية ، لصيانة اللحوم فى محلات الجزارة . كما أنه يضاف عادة الى الأسماك بعد صيدها لحمايتها من التلف . وقد أمكن استخدام الثلج الجاف ، وهو الحالة الصلبة لغاز ثانى أكسيد الكربون ، بدلا من الثلج فى كثير من الحالات . ويتقدم صناعة التبريد حلت التلاجات الكهربائية تدريجيا فى المنازل محل التلاجات العادية واثبتت أهميتها فى حفظ المواد الغذائية . فالبرودة تعتبر إحدى الوسائل الناجحة لمنع فساد الأغذية ، وكثيرا ما تستخدم وسائل النقل المبردة فى نقل الكميات الهائلة من الخضر والفاكهة الطازجة لمسافات بعيدة . والكثير من هذه المواد اذا ما خزنت

في درجات حرارة بين ٣٢ و ٣٨ ف يمكن حفظها من التلف لمدة مناسبة
قد تصل إلى عدة أسابيع لأن نمو البكتريا على هذه الدرجات من الحرارة
يكون بطيئاً . وتختلف مدة الحفظ تبعاً لنوع الغذاء فاللبن مثلاً لا يمكن
حفظه لنفس المدة التي تحفظ فيها اللحم وإن كانت في استطاعة البكتريا
السيكرو فيلية المحبة للبرودة ان تنمو على هذه الدرجات من الحرارة . وأهم
أنواع الأحياء الدقيقة التي يمكنها أن تنمو على درجات الحرارة المنخفضة
هي أنواع من البكتريا تتبع الاجناس أكر وموبا كتر *Achromobacter*
وفلافوباكثيريوم *Favobacterium* وسيدوموناس *Pseudomonas*
وميكروكوكس *Micrococcus* ، ومن الخمائر *Torulopsis* ،
وأنواع من العفن من اجناس البنسيليوم والكلا دوسيدويوم وميوكر
mucor-cladosporium وثامنيديوم *Thamnidium* ، ولذلك لا يمكن اعتبار
عملية التبريد فوق درجات التجمد كافية لحفظ المادة الغذائية إلى الابد ، فما
دامت هناك رطوبة حرة في المادة الغذائية فإنه من الممكن أن يحدث فيها
الفساد ولو ببطء ، وأقل حد يتمتع عنده نمو الأحياء الدقيقة لا تحسده
الحرارة وحدها . ويأتي تلوث المواد الغذائية من الخارج بينما تعمل
الانزيمات الطبيعية من الداخل ويمكن ابطاء كل منهما في درجات الحرارة
المنخفضة . فالبكتريا والخمائر والعفن يكون نموها عند درجة ٣٢ ف
أبطأ منه عند درجات حرارة الغرفة العادية ، والانزيمات على الرغم من
أنها تستمر في نشاطها على درجة ٣٢ ف إلا أن سرعة نشاطها عند هذه
الدرجة تكون أقل كثيراً منها في درجة ٧٠ ف مثلاً ، كما أن التأكسد
والانحلال انما في المادة الغذائية يكون حدوثها أقل نسبياً عند درجات
حراره التبريد ، وعلاوة على ذلك فإن تبخر الماء من المادة الغذائية
يحفظها أقل حدوثاً عند التبريد منه في الدرجات العادية ، فكلاً انخفضت

درجة الحرارة كلما زاد أثر ذلك في إبطاء التغيرات التي تحدث في الغذاء .
وعادة يقف الانحلال البكتريولوجي كما تبطؤ التغيرات الانزيمية بشكل
واضح في درجات حرارة تحت صفر فهرنهايت . ويحتاج ابقاف التغيرات
الانزيمية والكيميائية بصفة عامة إلى درجات حرارة أكثر انخفاضا ، وقد
يستلزم الامر تخفيضها الى -٤٠ ف أو أقل .

وتبعاً لأبحاث هينس Haines تكون درجات الحرارة المحددة لنمو مجموعة
الاحياء السيكر وفيلية بما فيها البكتريا والخميرة والعفن بين -٥ م و -١٠ م
٢٣-١٤ ف ، وربما كانت -٧ م ، ١٩٠٤ ف ، تقريبا ، هذا وان كان
من غير الممكن تحديد الحد الأدنى الذي يمكن أن تنمو عنده الاحياء الدقيقة
عن طريق الحرارة وحدها إذ أن مقدار الماء الذي يتجمد في المادة يعتبر
عاملا هاما للغاية ، فحيثما يتكون الثلج يقف نمو البكتريا بينما يسود البيئة
العفن والخمائر لانها أقدر على تحمل الضغط الاسموزي العالي الذي ينشأ
عن تركيز المواد الذائبة Solutes نتيجة انفصال الماء على حالة ثلج ، ولهذا
السبب يحدث نمو البكتريا في البيئة الزائدة البرودة في الدرجات المنخفضة
من الحرارة أكثر مما يحدث في البيئة المتجمدة . وقد أوضح Jensen عام ١٩٤٥
ان البكتريا قد تنمو في البيئة الزائدة البرودة عند درجة -٧ م ، ١٩٠٤ ف ،
بينما تكون درجة الحرارة المحددة لنموها في البيئة المتجمدة من -٣
إلى -٤ م تقريبا أي من ٢٧-٢٥ ف ، . وتموت معظم الميكروبات
نتيجة لعملية التجميد . ويتوقف أثر التجميد في تخفيض عدد الميكروبات
الحية على درجة الحرارة وطبيعة المادة المؤثر عليها ونوع الميكروب وعوامل
أخرى . ولم تتفق آراء الباحثين جميعا على بيان أسباب موت البكتريا نتيجة
لعملية التجميد ، فمنهم من يرى أن موتها يكون نتيجة إتلاف ميكانيكي للخلايا
بفعل البلورات الثلج التي تكون داخل الخلايا أو خارجها ، ومنهم من يعتقد

ان موتها هو من أثر التغير الذى يطرأ على بروتينات خلايا هذه الاحياء ،
ولكن أغلبهم قد اكتشفوا أن موت البكتريا بالتبريد لا يزيد بانخفاض درجة
الحراره ، فقد وجد هينس Haines أن موت البكتريا يكون أسرع في
درجة مـ ١- إلى مـ ٤٠- ٢٣° فـ ، منه في درجة مـ ٢٠- ٤٠° فـ ،
كما لاحظ ما كفارلين Mc Farlane سنة ١٩٤١ نفس التأثير على البكتريا
والخائر إذ كان موتها أسرع في درجة مـ ١٠- ١٤° فـ ، منه في درجة مـ ٢٠-
٤٠° فـ ، ، وقد سجل جنسن Jensen أن إنلاف البكتريا يزيد كثيرا في
اللحم المجمد المخزن في درجة مـ ٤٠- ٢٤° فـ ، عنه في درجة مـ ٢٠-
٢٢° فـ .

والاحياء الدقيقة بصفة عامة تقاوم الحرارة المنخفضة بشكل واضح ،
وحتى الانواع المرضية التى لا يمكن اعتبارها تحت أى ظروف
سيكروفيليه تعيش في هذه الدرجات المنخفضة لمدة طويلة ، فقد وجد
سمارت Smart سنة ١٩٣٤ أن الكثير من أنواع البكتريا وأنواع عدة من
الفن والخائر قد ظلت حية لمدة ٣ سنوات في فراولة مجمدة . كما اكتشف
ما كلسكى Mc. Cleskey وكريستوفر Christopher سنة ١٩٤١ أثناء
دراستهما على البكتريا المرضية في الفراولة المجمدة بالطريقة السريعة
مـ ١٨- ، صفر فـ ، أن ابرثيلا تايفوسا Eberthella typhosa بقيت
حية لمدة ستة أشهر ، وأن استافيلوكوكس اوريوس Staphylococcus aureus
استمرت لمدة خمسة اشهر ، وان أنواع السالمونيلا استمرت لمدة شهر .
وقد بين والاس وبارك Wallace & Park ان التبريد الصحيح على درجات
أقل من مـ ١٠- ٥° فـ ، يمنع بكتريا التسمم كلوستريديوم بوتشولايتم ،
من تكوين التوكسينات لمدة طويلة ، وانه إذا تم التبريد بعد تكوين
التوكسين فإن درجة الحرارة المنخفضة لا تلتف هذا التوكسين فإنه لا يتلف

حتى عند تخزين المادة الغذائية سنة على درجة - ١٦ إلى - ٣٠ م ، وكذلك وجد تانر ووالاس Tanner & Wallace أن جراثيم هذا الميكروب تتحمل التجميد على درجة - ١٦ م ، ٣٠ ف ، لمدة ١٤ شهرا . ولما كان إيقاف نشاط الانزيمات يتطلب خفض درجات الحرارة خفضا أكبر مما يمكن أن يتحقق على صناعيا خصوصا وأن بعض المواد الغذائية قد تتعرض للتلف على درجات الحرارة الزائدة الانخفاض فإنه يجري إيقاف نشاط الانزيمات في الكثير من الخضراوات بمعاملتها بالساق Blanching قبل تجميدها . وتختلف درجات الحرارة التي تستخدم في التبريد عادة تبعا لطبيعة المادة الغذائية . ومدى تلوثها . ونوع الميكروبات الملوثة ومدة الحفظ المرغوبة وغير ذلك من العوامل ، فبعض المواد يجري تبريدها على درجة حرارة بين ٠ و ٤٠ ف و ٤٠ و ٥٠ م ، مثل البيض واللبن لأنها تتلف أو تتغير صفاتها بالتجميد ، وفي أغلب الأحيان تستخدم درجات حرارة تقع بين درجات حرارة صفر ف و - ١٨ م ، و ٧ م و ٤٥ ف ، وتستخدم هذه الدرجات في حفظ الزبدة واللحوم والدجاج والكثير من المواد المجمدة .

هـ — استخدام الأشعة فوق البنفسجية

كثير في السنوات الأخيرة استخدم الأشعة فوق البنفسجية في معاملة المواد الغذائية . وقد ظهرت أهميتها على الأخص في عملية تنشيط مقدمات فيتامين D الموجود بحالة طبيعية في المواد الغذائية ، وفي جلد الإنسان وقد وجد أن لهذه الأشعة أثرا مهلكا على الأحياء الدقيقة . ونظرا لأن هذه الأشعة ليس لها القدرة على اختراق المواد الغذائية فإن أثرها يكاد يقتصر على إهلاك الأحياء الملوثة لسطح المادة الغذائية وتختلف حساسية هذه الأحياء تبعا لطول الموجات الضوئية ولطول مدة التعريض . إلى جانب عوامل أخرى كالحرارة ودرجة تركيز أيون الأندروجين وعهد الأحياء

الملوثة بالنسبة لوحدة السطح . وعلى الرغم من أن بعض أنواع العفن قد يمكنها مقاومة تأثير هذه الأشعة إلا أن أغلب أنواعه تهلك عند تعريضها لها . ولهذا السبب أصبحت هذه الأشعة تستخدم بنجاح في صناعة الخبز والفطائر وفي انضاج الجبن ولفه العبوات وفي تنقية هواء المصانع وخصوصا مصانع الغازوزة ، وعلى الرغم من تأثير هذه الأشعة المهلك على البكتريا الملوثة لاسطح اللحوم وتأثيرها في تليين الانسجة فإنها تحدث في اللحوم بعض تغيرات غير مرغوبة اذ يؤدي استخدام الأشعة الى تكون غاز الاوزون الذى يحدث ترنخا للدهون لتأكسدها ، كما أنه يحدث تغيرا غير مرغوب في اللون . ويؤدي استخدام هذه الأشعة في عصر الفاكهة الى اتلاف فيتامين C بالأكسدة والى اكسابه طعما محروقا .

٦ — جعل بيئة المادة الغذائية غير مناسبة لحدوث التغيرات المختلفة التى تنشأ عن نشاط الاحياء الدقيقة أو الانزيمات أو عن التفاعلات الكيميائية البحتة . وتستخدم في ذلك وسائل مختلفة في الصناعة أهمها الآتى :

١ — خفض الرطوبة من المادة الغذائية أو إزالتها : ترجع سرعة العطب في معظم المواد الغذائية الى احتوائها على نسبة كبيرة من الماء ، فالفواكه والخضر الورقية واللحوم والكثير من منتجات الالبان أسرع تعرضا للتلف من المحاصيل الجذرية ومن الحبوب ، ولذلك يجب العمل على تقليل هذا الماء أو ازالته معظمه حتى يمكن صيانة المادة الغذائية من الفساد وحتى يمكن حفظها لمدة أطول . ولا يمكن للاحياء الدقيقة تحمل غياب الماء لمدة غير محدودة فهي على الرغم من أنها تستطيع تحمل مثل هذه الظروف لمدة طويلة إلا أنها تموت في النهاية . ولما كان في استطاعة أنواع العفن أن تنمو على الأغذية الجافة فإنه كان لا بد لضمان حفظ المادة الغذائية من تخفيض نسبة الرطوبة فيها الى حد يقل عن أقل مستوى يسمح بنمو العفن ، وليس المهم

في هذه الحالة نسبة الرطوبة الكلية في المادة الغذائية بل ان المهم هو مقدار الرطوبة التي يمكن للعفن الاستفادة منها ، فمنتجات الحبوب على الرغم من احتوائها على نسبة منخفضة من الرطوبة الا أنها تتعرض للفساد لوجود الماء فيها بحالة تمكن العفن من النمو عليها . وفي حالات كثيرة ينمو العفن على المادة الغذائية بتأثير الرطوبة النسبية للهواء في حالة توازنه مع المادة التي يحيطها . وتكون الأغذية في العادة أقل تعرضا للعفن عندما تقل الرطوبة النسبية عن ٧٤٪ . وهناك اعتقاد بأن المادة الغذائية يمكن حفظها بتخفيض نسبة الماء فيها الى الحد الذي يجعل نسبة المواد الصلبة الذائبة تصل الى ٧٠٪ أو يجعل الضغط الاسموزي في المادة الغذائية مساويا لما يحدثه محلول سكري درجة تركيزه ٧٠٪ أو يزيد عنه . وفي حفظ المواد الغذائية كثيرا ما نلجأ إلى خفض نسبة الماء إلى الحد الذي لا يسمح بنمو الأحياء الدقيقة ولا يشجع نشاط الإنزيمات أو التفاعلات الكيميائية ، وإن كان في مقدور الإنزيمات أن تحدث بعض التغيرات في الطعم واللون كما سبق القول . ولذلك جرت العادة على تثبيط نشاط الإنزيمات في المادة الغذائية عند إعدادها للتجفيف إما بسلقها في الماء أو تعريضها لغاز ثاني أكسيد الكبريت . ويجرى خفض نسبة الماء في المادة الغذائية صناعيا بطرق مختلفة أهمها الآتي :

١ - تبخير الماء باستخدام الحرارة : ويتم هذا بنفس الطريقة التي تتبع في عمليات التركيز Concentration والتكثيف Evaporation والتجفيف Drying, or dehydration التي تتبع في الصناعات الغذائية المختلفة كحالات صناعة المركبات Concentrates ، وهي تستخدم في تحضير مركبات عصير الفواكه وفي صناعة الصلصة .. الخ . والألبان المكثفة Condensed milk أو المبخرة Evaporated milk وفي صناعة تخفيف الحضر أو الفاكهة أو اللحوم أو صناعة مسحوق الألبان .. الخ . وقد تجرى عمليات تبخير الماء

تحت الضغط الجوى المعتاد أو تحت الفراغ تبعا لطبيعة المادة الغذائية ومدى حساسيتها للحرارة .

٢ — إزالة الماء بواسطة التجميد Freezing : تستخدم هذه الوسيلة في تحضير مركبات من عصير الفاكهة بتجميده الى الدرجة التي يمكن عندها فصل الماء منها في صورة ثلج .

٣ — تخفيض نسبة الماء بإضافة السكر الى المادة الغذائية : وقد سبق أن أوضحنا ان رفع نسبة السكر في المادة الغذائية عند اضافته اليها واذا مته يؤدي الى خفض نسبة الرطوبة الى الحد الذي يؤدي الى ابطاء نمو الأحياء الدقيقة فيها . واستخدام درجات من التركيز للسكر تقل عن ٧٠ ٪ لا يمنع نمو الخمائر ونشاطها ، ولذلك كان من الضروري عند صناعة شراب الفاكهة الطبيعي الذي تصل نسبة السكر النهائي فيه الى ما بين ٥٥ ٪ و ٦٠ ٪ من استخدام المواد الحافظة أو استخدام الحرارة لضمان حفظه . أما في الفاكهة المسكرة التي ترتفع فيها نسبة السكر الى درجات عالية فإن نمو الأحياء الدقيقة عليها يكون بعيد الاحتمال جدا .

٤ — إزالة الماء من المادة الغذائية بفعل الثلج : في تمليح الأسماك والسردين واللحوم يؤدي استخدام الملح الجاف الى هروب الماء من الأنسجة الى الخارج بفعل الضغط الاسموزي وانتقال الملح الى الداخل . ويؤدي التأثير المزدوج للملح بما يحدثه من أثر تخفيفي الى جانب زيادة تركيز الملح في الأنسجة الى منع نمو البكتيريا كما يؤدي الى ابطاء أو تثبيط نشاط الانزيمات ، هذا وإن كان هناك كما سبق القول بعض الأحياء الدقيقة تتحمل درجات التركيز العالية للملح .

ب — إضافة مواد لها تأثير حافظة على المادة الغذائية : هناك الكثير

من المواد يؤدي اضافتها الى المادة الغذائية الى ابطاء نمو الاحياء الدقيقة فيها أو الى اعاقته أو ايقافه ، أو تؤدي الى تثبيط نشاط الانزيمات أو الى منع حدوث بعض التفاعلات الكيميائية فيها . ولمنع حدوث تغييرات غير مرغوبة في المادة الغذائية كثيرا ما تلجأ الى استخدام وسائل خاصة للتحكم في بيئة المادة الغذائية لجعلها غير ملائمة لحدوث تلك التغييرات .

١ - تعديل الحموضة - اضافة الاحماض العضوية : تؤدي الحموضة الزائدة الى منع نمو الاحياء الدقيقة وقد يكون مرجع ذلك ، كما سبق القول الى درجة تركيز أيون الابدروجين أو الى سمية الجزء غير المتأين من الجزيء أو الى الأيونات نفسها . ففي الاحماض المعدنية يرجع التأثير السام Toxic الى درجة تركيز أيون الابدروجين ، أما في الاحماض العضوية فإن تأثيرها السام على الاحياء الدقيقة لا يكون متناسبا مع درجة التأين ولكنه ينسب رئيسيا إلى الجزء غير المتأين في الجزيء . أو الأيونات . ويكون مدى تأثير الحماض والعفن بالحموضة العالية أقل كثيرا من تأثير البكتيريا ، فمعظم أنواع البكتيريا يكون رقم pH الأمثل لها قريبا من منطقة التعادل وليس لها القدرة على النمو تحت $pH ٥,٥$ ، مثل مجموعات *Lactobacillus* و *Clostridium butyricum* فإنها يمكنها أن تنمو جيدا في الحموضة الطفيفة عند مجال $pH ٥$ و $pH ٦$ فإنه يمكنها أيضا أن تتحمل $pH ٢$ أو أقل . وأهم الاحماض التي تستخدم في حفظ الأغذية صناعيا هي أحماض الخلليك واللاكتيك والستريك . وتختلف هذه الاحماض ، كما سبق أن ذكرنا ، في مقدرتها على منع نمو البكتيريا والخمائر والعفن . وقد وجد فايان ووادسورث Fabian & Wadsworth أن حمض الخلليك يكون أكثر مناسبة لحفظ المخلاتات من حمض اللاكتيك . وقد أجريت عدة تجارب لدراسة تأثير الاحماض في وجود مواد أخرى

كالسكر أو الملح في البيئة ، وفي وجود الحمض يمكن مثلاً تخفيف تركيز الملح بمقدار ٣٠٪ والسكر بمقدار ٢٠٪ مع بقاء تأثيرهما المضاد للأحياء الدقيقة ، ويستخدم حمض البرويونيك وأملأه صناعياً في مقاومة التعفن للمواد الغذائية .

٢ - إضافة السكر أو الملح أو التوابل :

السكر : كثيراً ما يستخدم السكر في صناعة حفظ الأغذية . وعلى الرغم من أثره في اكساب الطعم الحلو أو زيادته فإن للسكر أثره في صيانة بعض المواد الغذائية من الفساد خصوصاً إذا ما استخدم في درجات تركيز عالية . ويستخدم السكر في صناعة الفواكه المنسكرة Candied glazed fruits ويكون له أثر تخفيفي ظاهر في هذه العملية ، ويستخدم كذلك في حفظ الفاكهة في العلب الصفائح في درجات تركيز تتفاوت بين ١٠٪ و ٥٥٪ ، ويستخدم أيضاً في صناعة المربيات والمرملاد والجيلي وشراب الفاكهة ويؤدي ارتفاع نسبة السكر في هذه المواد الغذائية إلى جانب ما تحتويه الفاكهة من الأحماض العضوية بالإضافة إلى تأثير الحرارة إلى إمكان حفظ تلك المواد من أن يتطرق إليها التلف . وعلى الرغم من أثر السكر في حفظ المادة الغذائية فإن وجوده في المواد التي يحتاج حفظها إلى معاملة حرارية يؤدي إلى حماية الأحياء الدقيقة من تأثير الحرارة المهلك لها . أو بمعنى آخر يزيد من مقاومة الأحياء الدقيقة لتأثير الحرارة وقد أوضح والاس وتانر Wallace & Tanner سنة ١٩٣١ أن وجود نسب من السكر بين ١٠ و ١٥ و ٥٠٪ يكون العفن أكثر مقاومة للحرارة ، وكذلك دلت أبحاث براون وهيس وبنيامين Brown, Hayes & Benjamin سنة ١٩٤١ على أن كل زيادة في نسبة تركيز السكر بين ١٥ و ٧٠٪ يتبعها زيادة في مقاومة البكتيريا للحرارة ، أما في المحاليل السكرية المخففة في

فإن الاثر يكون ضئيلا . وقد أصبح من المعروف ان زيادة اللزوجة في المحاليل المركزة التي تزيد درجة تركيز السكر فيها عن ٥٠٪ تؤدي الى النقص في سرعة انتقال الحرارة فيها ، ويكون هذا النقص أكثر وضوحا في المحاليل التي تقع درجة تركيز السكر فيها بين ٦٠ و ٧٠٪ .

الملح — يستخدم الملح في صناعة حفظ الأغذية على حالة ملح الطعام . كلوريد الصوديوم ، وعلى الرغم من أثره في إظهار طعم المادة الغذائية الحقيقي أو إسائها طعما ملحيا فإن له أهمية خاصة بوصفه عاملا من عوامل الحفظ . وقد سبق أن فسرنا تأثيراته بالنسبة لنشاط الأحياء الدقيقة والعوامل التي ترتبط بهذا التأثير ، وأوضحنا كيف أنه يحدد في نطاق مجال تركيزه نوع الأحياء الدقيقة التي يمكنها النمو في المواد الغذائية . وكذلك يؤدي استخدامه الى إعاقه سرعة نشاط الانزيمات البروتينية ، وهو يضاف الى كثير من المواد الغذائية كالزبد والجبن ، كما أنه يستخدم بصفة رئيسية في صناعة المخملات مثل الخیار والكرنب والقرنبيط والبصل والزيتون ... الخ ، وهو يستخدم بالنسبة التي تسمح بنشاط بكتريا حمض اللاكتيك نشاطا يتيح لها سرعة تكوين حمض اللاكتيك في البيئة ، مما يجعل من المعتذر نمو البكتريا البروتيو ليتية والبكتوليتية . ويستخدم ملح الطعام بكثرة في تمليح الأسماك وخصوصا في صناعة السردين المملح والسماك المملح ، الفسيخ ، كما يستخدم في صناعة اللحوم المجففة . ويستخدم ملح الطعام في المحاليل التي تضاف للأغذية المحفوظة في العلب الصفائح ، إلا أن نسبة الملح المستعملة يكون تأثيرها في إبطاء انتقال الحرارة ضئيلا إلى حد يمكن إهماله .

التوابل — سبق أن أوضحنا أن هناك بعض أنواع من التوابل ذات تأثير مضاد في نمو الأحياء الدقيقة وتكاثرها . وهناك مواد في الكرنب

والبصل واللفت تعتبر سامة بالنسبة لاشيريشيا كولاي *Escherichia coli* وباسيلوس سائلس *Bac. subtilis* وهناك إعتقاد بأن بعض التوابل مثل القرنفل والزعر والكمثرى تعتمد في تأثيرها الحافظ على احتوائها على مواد ذات تأثير بيولوجي مضاد Antibiotic : وقد أوجد فايان وكرهل وليتل Fadian, Krehl & Little ١٩٣٩ أن هناك تباينا كبيرا في مقاومة الأنواع المختلفة من الأحياء الدقيقة بالنسبة لكل صنف من أصناف التوابل ، وأن مقاومة كل نوع من أنواع الميكروبات تختلف بالنسبة لأصناف التوابل المختلفة ، وقد وجدوا أن مسحوق القرقة والقرنفل من بين التوابل المختلفة لها أثر مانع بالنسبة لنشاط البكتيريا حتى في درجات التركيز المنخفضة ، وأن لمسحوق البهارات Atspices أثر مانع في درجة تركيز ١٪ فما فوق ، أما مساحيق المستردة وجوزة الطيب والراجيل فإنها ذات أثر مانع في درجة تركيز ٥٪ فما فوق ، وزيوت التوابل أقوى تأثيرا من مساحيقها أو من حبوبها الكاملة ، وقد وجد ويب وتانر Webb & Tannsr سنة ١٩٤٥ أن زيوت المستردة والقرقة والقرنفس والبهارات في درجات تركيز ٠.٠١٪ تؤخر نمو الخميرة بل وتوقفه في كثير من الحالات . وكذلك يعتبر زيت الشمر والليمون والبصل مواد مضادة للبكتيريا . وتستخدم التوابل عادة بغرض إكساب الطعم ، وقد يكون استعمالها بكميات قليلة جدا مما يجعل أثرها في الحفظ ضئيلا أو معدوما . وأكثر استعمال التوابل في صناعة المخللات وفي صناعة اللحوم المتبلة وكذلك في صناعة أنواع الصلصات الحريفة .

٢ - إضافة الكيماويات الحافظة :

هي مواد كيماوية تستعمل بغرض حفظ المادة الغذائية من الفساد .

وقد حرمت قوانين الدول المختلفة استخدام الكثير من الكيماويات الحافظة ذات التأثير الضار بالصحة أو التي يكون استخدامها بفرض إخفاء عيب أو تلف معين في المادة الغذائية . وقد يصرح باستخدام مادة كيماوية ما في حفظ إحدى المواد الغذائية بينما يحرم استخدامها في حفظ مادة أخرى إذا كان الغرض من استعمالها هو ستر عيوبها أو إخفاء فسادها ، فأملاح السلفيت مثلا تبيح القوانين استخدامها في حفظ الفاكهة أو عصيرها إلا أن إضافتها إلى اللحم المفروم تعتبر وسيلة غير مشروعة للتخلص من رائحة اللحم الفاسد كما تعتبر طريقة من طرق التزوير باكتساب مثل هذا اللحم اللون الأحمر المميز للحجم الطازج . وكذلك الحال في مواد الرش والتعفير التي تستخدم في وقاية المحصولات والخضر والفاكهة في الحقول والبساتين ، فإنه لا يمكن السماح باستخدامها في حفظ المواد الغذائية كما لا يمكن السماح ببقاء هذه المواد السامة لاصقة بالمواد الغذائية التي تعرض للاستهلاك المباشر . وتحتّم الكثير من القوانين الغذائية عند استخدام مواد كيماوية في حفظ الأغذية ضرورة النص عليها وإثباتها على البطاقة التي تحمل اسم الصنف .

ويمكن تقسيم الكيماويات الحافظة إلى الأقسام الآتية :

١ — مواد كيماوية تؤثر على الأحياء الدقيقة أو الجراثيم : وهذه

تشمل مجموعة من المركبات تقتصر في الكلام على ما شاع استعماله صناعيا منها وأباحته القوانين الغذائية استعماله .

١ — حمض البنزويك وأملاح البنزوات : يستخدم حمض البنزويك

كـ بنزوات الصوديوم وبنزوات

الأمونيوم وغيرها في حفظ الأغذية ، وينسب التأثير الفعال لأملاح البنزوات الى حمض البنزويك التي يتكون عنها ، ولذلك كان من الضروري في استخدام الأملاح من توفر البيئة الحمضية والا كانت عديدة المفعول . ويرجع السبب في شيوع استخدام الأملاح الى سهولة ذوبانها في الماء اذا قورنت بالحمض ، فقدرتها على الذوبان في الماء تعادل قدرة الحمض ١٨٠ مرة . ومن المعروف أنه في عصير الفاكهة ذي الحموضة المرتفعة يمكن استخدام بنزوات الصوديوم بنسبة ٠,١ ٪ ١٠٠٠ جزء في المليون ، أما في الضعيفة الحموضة فإن استخدام البنزوات بنسبة ٠,٢ ٪ قد لا يكفي لحفظها . فحموضة البيئة تعتبر ضرورية جداً لإحداث التأثير الحافظ للبنزوات التي يبلغ أثرها في تعطيل نمو الخميرة وتكاثرها أقصاه عند رقم pH ٢ ، ويجب ألا تزيد هذه القيمة عن pH ٥,٥ ، بأي حال . وقد دلت الأبحاث على أن الجزء غير المتأين من حمض البنزويك والساليسليك هو الجزء ذو الأثر المطهر ، أما أيونات البنزوات والساليسيلات نفسها فأنها تكاد لا تؤثر على الخميرة . وحمض البنزويك يكون أشد تأثيراً على الخميرة منه على العفن ويبدو أن جزءاً صغيراً من حمض البنزويك الذي يضاف الى المادة هو الذي يؤثر في الحفظ بينما يتحد جزء كبير منه بالبروتينات الموجودة في العصير ولذلك فإن اشباع ميل هذه البروتينات للأحماض بإضافة الأخير يزيد من التأثير الحافظ للبنزويك . ويكسب حمض البنزويك المادة الغذائية طعماً حارقاً غير مرغوب ، ولذلك فيفضل استعماله في حفظ شراب الفاكهة الذي يستخدم بعد تخفيفه في صناعة المرطبات والغازوزة . وليس للبنزوات تأثير على نشاط الانزيمات ، وليس لها اثر في صيانة اللون أو في منع

منع تأكسد فيتامين C في العصير . وإذا خزن الشراب المحفوظ بإضافة البنزوات في خزانات تسمح بتعرض سطحه للهواء فإن وجود البنزوات لا يمنع نمو العفن على السطح . ويمكن استخدام حمض البنزويك في تحضير الثلج المظهر لأن حمض البنزويك يكون مع الماء مزيج Eutectic . وهذا المزيج يتجمد عند درجة ٣١,٩ ف ، ويحتوى على حوالى ٠,١٦ من حمض البنزويك الذى يكون موزعاً متجانساً في الثلج الناتج ، ويمكن استخدام هذا الثلج في حفظ الأسماك . وقد أظهر البحث أن إدخال مجموعات في جزيء حمض البنزويك عن طريق الاستبدال يكون من نتيجته إيجاد مركبات استبدالية تزيد في تأثيرها الحافظ عن الحمض الأصيل ، ومن أمثلة هذه المركبات استرات حمض بارا ايدروكسى البنزويك واسترات حمض الفانيليك ، وهى مركبات لازالت تحت البحث من حيث صلاحيتها للاستعمال تجارياً .

٢ - ثنائى أكسيد الكبريت وأملاح السلفيت : يستخدم ثنائى أكسيد الكبريت وأملاح السلفيت والميناييسلفيت رئيسياً في حفظ الفاكهة والخضر الحمضية ويستخدم غاز ثنائى أكسيد الكبريت بكثرة في تبييض « قصرلون » العسل الأسود وفي تطهير براميل النبيذ ، كما يستخدم في اعداد الفاكهة للتجفيف ، وتسمى هذه العملية بالمكبرتة Sulfering . وتستخدم أملاح السلفيت بكثرة في انجلترا في حفظ عصير الفاكهة وفي حفظ لبها بغرض تخزينها لصناعة المربات والجيلي وفي معاملة بعض أنواع الخضر قبل تجفيفها وهى تستخدم دائماً في صناعة النبيذ وشراب الموات . وقد تمزج أملاحها بمواد حافظة أخرى كالبنزوات مثلاً وأملاح السلفيت تكون أشد أثراً

في البيئة الحمضية ، كما أن حمض الكبريتوز غير المتأين يكون نشطا باعتباره مادة مطهرة عندما يوجد في محلول حمضى وقد وجد جيليسبي Gillespy سنة ١٩٤٦ في دراسته على جراثيم العفن *B. fulva* أن القدر من كب ٢١ اللازم لمنع انبات الجراثيم ولقتلها عند رقم pH ٣ هو عشر أجزاء في المليون ، بينما يكون القدر اللازم منه عند رقم pH ٥ هو ٢٤٠ جزءا في المليون. أما أيون السلفيت كب ٢١ فليس له تأثير ، أما أيون السلفيت الحمضية مذكب فإنه يمنع نمو الخيرة . وحمض الكبريتوز أشد في تأثيره السمي على العفن وعلى بكتريا الخل منه على الخائر ، وهو بذلك يختلف عن حمض البنزويك الذى يكون أشد في تأثيره السمي على الخائر منه على العفن أو بكتريا الخل . وحمض الكبريتوز في تأثيره على الخائر فعل تفضيلى فهو أكثر سمية بالنسبة للخمائر البرية مثل سكاروميسيس ايبكيولايس *S. epiculatus* التى تتلف النيدز منه على خمائر النيدز سكاروميسيس اليبسويدس *S. ellipsoides* ، ولهذا السبب انتشر استخدامه في ضبط التخمرات الكحولية حيث يسمح بنشاط خمائر النيدز دون الخائر البرية . وفي استخدام ثاني اكسيد الكبريت في حفظ الفواكه ومنتجاتها يبقى جزء كبير منه في صورة « متحدة » ، وتقل قدرته على الاتحاد بزيادة نسبة الحمض فيها . وتختلف السكريات من حيث قوة ميلها الى الاتحاد بحمض الكبريتوز ، وأكثرها ميلا لهذا الاتحاد هي الالدوزات ثم الكيتوزات ، كما أن السنتوزات أكثر ميلا للاتحاد به من الهكسوزات ، وهذه بدورها أكثر ميلا للاتحاد به من ثنائية التسكير . والسكروز النقي الخالى من اى سكر محلول لا يظهر ميلا للاتحاد بحمض الكبريتوز . وحمض الكبريتوز المقدرة على الاتحاد بالديكستريانات وبالسليوز والبروتينات واللجنين ، ولكنه لا يتحد مع

حمض الستريك او المالك او التانيك او الجلسرين النقي او الكحول او البكتين . وتكاد تجمع الآراء على أن حمض الكبريتوز على الصورة المتحدة في المواد الغذائية ليس له تأثير حافظ ، وإنما الجزء منه الذى يبقى حرا في المادة هو الذى يؤثر في حفظها ، ويمكن التخلص من هذا الجزء الحر بالتسخين .

وقد وجد أن مقدار كـ ب ٢ ا الحر يقل بزيادة نسبة الكستروز ، ولذلك فإن إضافة هذا السكر وكذلك إضافة مواد أخرى يضعف من التأثير الحافظ لحمض الكبريتوز ، وعلى ذلك فإن مركبات عصير الموالح التى تحتفظ بإضافة السليفت تحتوى على نسبة اقل من حمض الكبريتوز الحر وذلك لزيادة تركيز المواد المثبتة لحمض الكبريتوز فيها ، أى المواد التى لها القدرة على الاتحاد به كالكستروز مثلا . وعلى ذلك فإن المقدار الكلى لحمض الكبريتوز المتحد الذى يوجد في المادة الغذائية مهما كانت كميته يكون ذا تأثير ضعيف أو غير محسوس ، فقد وجد كروز Cruess سنة ١٩٤٨ ان التأثير الحافظ لمقدار ٦٠٠٠ جزء من المليون من كـ ب ٢ ا المتجمد يكون اقل سمية من ٥٠ جزء في المليون من كـ ب ٢ ا الحر وكثيرا ما تحدث التخمرات في انواع مركبات عصير الفاكهة لإنخفاض نسبة الكبريتوز الحر فيها ، وربما استلزم الأمر في هذه الحالة وجود حوالى ٥٠٠ جزء في المليون من حمض الكبريتوز الحر ، وقد لا يتحقق هذا خصوصا في مركبات عصير البرتقال والجريب فروت إلا إذا كان المقدار الكلى لثاني اكسيد الكبريت يتراوح بين ٢٠٠٠ و ٢٥٠٠ جزء في المليون . وقد وجد ان استخدام ثاني اكسيد الكبريت في المحلول الملحي الذى يضاف إلى الاسماك له أثر حافظ ولو أنه يحدث فيها رائحة غير مقبولة عند

صحيحها . وإلى جانب تأثير ثاني أكسيد الكبريت على الأحياء الدقيقة فإن له تأثيره على بعض الانزيمات ، فهو يعطل نشاط الانزيمات البكتيرية . وكذلك بعض الانزيمات المؤكسدة ، وهو إلى جانب ذلك يعمل كعامل مختزل ويحوّل بذلك يقي المواد الغذائية من التأكسد مما يساعد على حماية لونها بل إنه يقصره نوعاً . كما أنه يساعد على حماية فيتامين C من التأكسد وإن كان يتلف إذا في بعض الأغذية المجففة .

٣ - مواد مانعة لنمو العفن :

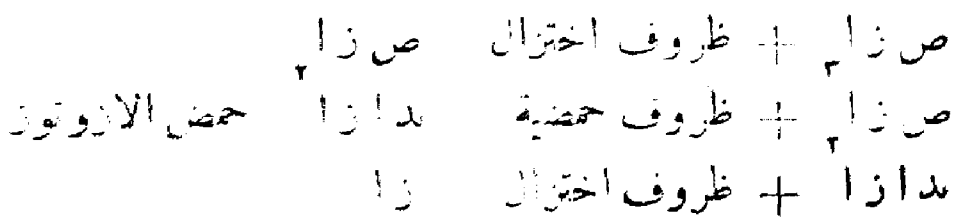
١ - الأحماض الدهنية : تعتبر معظم الأحماض الدهنية التي تحتوي على ذرات كربون بين ١٠ و ١٤ مثل البروبيونيك والبيوتريك والفاليريك والكابرويك والايثانثيك والسكريليك والبلاجونيك والكبريك والهنديكانويك واللدوريك والبريديكانويك والمريسينك مواد فعالة في منع نمو العفن . ووجود السلاسل المتفرعة في جزيء الحمض من تأثيره الفعال بينما يؤدي وجود الروابط المزدوجة إلى زيادة الأثر الفعال للحمض فمثلاً حمض الكريثونيك أشد مفعولاً من حمض البيوتريك . وحمض البيوتريك والفاليريك على الرغم من أثرهما في منع نمو الفطر إلا أن لهما رائحة غير مقبولة .

ب - حمض البروبيونيك وأملاح البروتينات : يعتبر حمض البروبيونيك وأملاحه من أكثر المواد شيوعاً في منع الفطر وفي منع لزوجة الخبز الخيطية Rope ، كما تستخدم لنفس الغرض في صناعة الفطائر . ودرجة الحرارة التي يخزن عليها الخبز ذات تأثير كبير في نمو العفن . ونستخدم بروبيونات الكالسيوم والصوديوم على الصورة الجافة مع المواد الغذائية الحارة وملح بروبيونات الصوديوم سريع الذوبان في الماء ، ولذلك فإنه يمكن استخدامه في الأغذية السائلة . وقد زاد استعمال البروبيونات في صناعة الجبن حمايتها من العفن ، وفي بعض الحالات تغمس الجبن قبل تعبئتها في

العبوات في محلول ١٠ بروجيونات الكالسيوم ، ثم تنشر على درجة حرارة ٥٠ ف أو أقل . وفي الجبن الطري يمكن استعمال ١٥ ٪ من بروجيونات الصوديوم أو الكالسيوم . ويمكن أيضا استخدام البروجيونات في معالجة العبوات والسدادات أو الأغذية وكذلك ورق الفلر بغمسها في محلول هذه البروجيونات . وقد أمكن استخدام ورق لف مغموس في المواد المطهرة «impregnated» للبرتقال والليمون لحمايتها من نمو بعض أنواع العفن ، وقد أمكن استخدام أرثوفينيل الفينول O, phenyl phenol بنسبة ٤٤ ٪ أو أكثر ، وكذلك أمكن استخدام ورق لف مغموس في مركبات الزئبق العضوية .

ح - جلايكول البروبلين Propylene Glycol كيميائي كبدائي كبدائي اند ويمكن استعماله أيضا كعزل للعفن . وهناك اعتقاد بأن له أثرا مهلكا على البكتيريا أيضا ، وبالإمكان استعماله برشة على حالة رذاذ دقيق في المخازن والتلاجات وما يماثلها ، وهو بذلك يمنع تقليل التلوث الذي تتعرض له الأغذية .

٤ - مواد مؤكسدة : كثيرًا ما تستخدم المواد المؤكسدة في حفظ الأغذية ، وذلك باصاقها للمواد الغذائية بنسب خاصة . فأملاح النترات والنيتريت ، كما ذكرنا ، تستخدم في حفظ اللحوم عند صناعة اللحوم المتبلية بقصد تثبيت اللون ومنع نمو البكتيريا غير الهوائية التي تحدث اللون وهذه المركبات تنشطها إنزيمات لأنواع بكتيرية خاصة وظروف حمضية مناسبة تساعد جميعها على إحداث هذا التأثير . ويمكن تفسير عملية تثبيت اللون في اللحوم المتبلية كالآتي



ز ا : الهيموجلوبين ، ز ا ب : مركبات كيميائية الأورثو وبيروكسيدات ،

وعلى ذلك فإن نتريت الصوديوم تعتبر المصدر المكون لأكسيد
الازوتيك ، وهو الذى يتولى تثبيت اللون بالاتحاد مع هيموجلوبين
الأنسجة . وتهيأ ظروف الإختزال بنشاط البكتريا فى وجود السكر الذى
يضاف ضمن مواد التسيل . ويتكون عن نشاط هذه البكتريا مواد
محتولة غير معروفة هى المسئولة عن إحداث الإختزال . وأنسب ظروف
الحموضة المطلوبة تقع بين pH ٥,٥ و pH ٦,٤ . وتحت هذه الظروف
تتحلل نتريت الصوديوم بسهولة نسبيا لتعطى أكسيد الازوتيك . وقد
أوضح تار Tarr سنة ١٩٤٠ أن الثلج المجروش الذى يحتوى على ما بين
٠,٥٪ و ١,٠٪ نتريت صوديوم أنه أكثر مفعولا فى مقاومة فساد بعض
الأسماك عند إضافته لها عن الثلج العادى أو الثلج المحتوى على حمض بتريك
وربما كان السبب فى شدة تأثير النتريت هو سرعة ذوبانها وبالتالي سرعة
نفوذها فى أنسجة السمك . وقد وجد أن تأثير النتريت على السمك يختلف
بالنسبة لنوعه ، ومحتوى الطعام المحلول المالحى الذى يحتوى على ما بين
٠,٥ و ٢,٠٪ من نتريت الصوديوم أو البوتاسيوم يكون أشد مفعولا
من الذى يحتوى على البنزوات فى حفظ شرائح السمك الطازج أو المدخن
بفسه فى هذه المحاليل ، وهناك الكثير من البيروكسيدات تستخدم فى
الصناعة كمواد مبيضة وقاصرة للون ، للدقيق ويستخدم بعض هذه المجموعة
باعتبارها مواد حافظة ، فأكسيدات النتروجين والكلور وكوريدالنتروسيل
وثلاثى كلوريد النتروجين وغيرها ذات تأثير فعال فى عمليات التبييض ،
وبعض هذه المواد ذو تأثير مهلك للجراثيم .

وكان فوق أكسيد الأيدروجين يستعمل فى وقت من الأوقات فى
حفظ اللبن ومنتجاته وقد ذكر تار Tarr إمكان استعماله فى تضير الثلج
المطهر Antiseptic Ice لاستخدامه فى حفظ الأسماك أثناء تجميد . وكذلك

يمكن استخدام الأوزون وهو مؤكسد قوى في تحضير الثلج المطهر لحفظ السمك . ويستخدم الأوزون أيضا في اهلاك البكتريا التي توجد في الهواء وفي اهلاك جراثيم العفن في مصانع الأغذية . وكذلك يستخدم محلول هيبوكلوريد الصوديوم في غسيل الكثير من الفواكه لمنع نمو العفن عليها ، كما أن اضافة هذا الملح أو غيره من الأملاح التي لها القدرة على اطلاق الكلور إلى المثالج الذي يستخدم في نقل الأسماك .

٥ - مواد حافظة متطايرة Volatile : هناك مواد حافظة متطايرة على

درجة حرارة الغرفة العادية يمكنها النفاذ داخل العبوات ولها القدرة على قتل الأحياء الدقيقة فتحفظ الغذاء دون أن يبقى لها فيه أثر . ومن هذه المركبات أكسيد الاثيلين وأكسيد البروبيلين وبروميد الميثايل . وعند استخدام هذه المواد تمزج بالماء أو الكحول أو ثاني كلوريد الاثيلين أو جلايكول البروبيلين . وقد اختبرت طريقة الحفظ هذه مع القرصيا برفع نسبة الماء فيها إلى ٢٩ ٪ ، وذلك بغمسها في ماء مغلي ثم تصفيتها وتركها لتبرد ، مدة من الزمن ثم وضعها في أكياس من السيلوفان يتم لحامها بالحرارة بعد أن يوضع داخل العبوة قطعة من الكرتون مشبعة بمحلول من أكسيد الاثيلين في الماء بدرجة تركيز تقدر بحوالى ١ : ٢ أو ١ : ٣ . وقد وجد أن هذه النسبة تمنع العفن كله بعد شهرين من التخزين . وقد أجريت تجارب مشابهة على أنواع السجق ويشترط في مادة التلف التي تستخدم في هذه الطريقة أن تكون منفذة للغاز ولو انها تكون غير منفذة للأحياء الدقيقة ، وهذه المواد رغم تأثيرها على الأحياء الدقيقة قد وجد أنها عديمة التأثير على الإنزيمات كما أنها لا تمنع تلف المادة بالتأكسد .

٦ - مواد ذات تأثير بيولوجى مضاد Antibiotics : لقد فتحت

البحوث الطبية عن أثر المواد ذات التأثير البيولوجى المضاد مثل البنسيلين

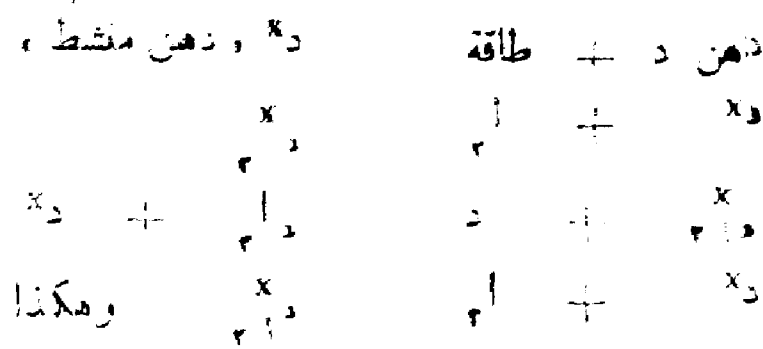
بالنسبة لكثير من أنواع البكتريا المرضية مجال البحث في إمكان استخدام هذه المواد في حفظ الأغذية . وقد أمكن حتى الآن تحضير الكثير من هذه المواد ، فإلى جانب البنسيلين يوجد الجراميسيدين Gramicidin والبيوكيانين Pyocyanine والتيروسيدين Tyrocidin والاستربتومايسين ، وهي جميعا منتشرة في الطبيعة ولها القدرة في درجات تركيز ضئيلة على منع نمو البكتريا . وهناك ، كما ذكرنا ، مواد في الكرنب والبصل واللفت تكون سامة بالنسبة لاشيريشيا كواي E. Coli وباسيلوس سائلس B. Subtilis وقد ثبت أن زيوت بعض التوابل مثل القرفة والفتنة والبهارات والقرنفل ، وربما بعض التوابل مثل القرنفل والزعرور والكزبرة ينسب تأثيرها الحافظ إلى احتوائها على مواد مضادة بيولوجيا .

٧ — مواد حافظة أخرى : إلى عهد ليس ببعيد كانت تستعمل أيضا في حفظ الأغذية مركبات ذات تأثير مهلك على البكتريا مثل الفورمالدهيد وحمض الساليسليك وحمض الفورميك وحمض الأرتوكلوروبنزيك الماراكلوروبنزيك وبعض الفينولات . وفي وقت ما كان استعمال الفورمالدهيد شائعا في حفظ اللبن واللحم . وكان حمض الساليسليك شائعا في صناعة المربيات والجيلي لمنع نمو العفن ، كما أن البورات وحمض البوريك كانت شائعة الاستعمال في اللبن والزبدة والقشدة وفي حفظ السمك ، إلا أن القوانين الغذائية قد حرمت في السنين الأخيرة استعمال الكثير من هذه الكيماويات . وحديثا استخدمت مركبات الأمونيوم Quarternary Ammonium Compounds بكثرة بوصفها مواد غسيل مطهرة Detergents نظرا لامتيازها بالنشاط السطحي ، وهناك اتجاه إلى استخدامها في حفظ الأغذية .

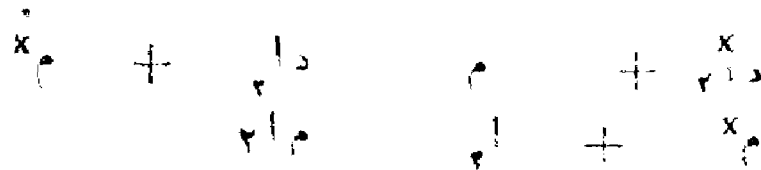
ب — مواد مانعة للتأكسد Antioxidants : هناك بعض المواد الكيماوية

تضاف الى المادة الغذائية بغرض حمايتها من التأكسد ، وأكثر إستعمال هذه المواد يكون في صناعة الزيوت ، وكذلك في حماية الحضر والفاكهة من تأكسد لونها عند التجفيف .

١ - في الزيوت - أكثر أنواع الفساد شيوعا في الزيت هو التزنخ . وهو يحدث لزيوت الأكل كما يحدث في المواد الغذائية الغنية في الزيت مثل عجينة الفول السوداني وشرائح البطاطس المقلية وأنواع الثقل وحبوب اللين ومنتجات اللبن الجافة ودقيق القمح الكامل والبسكويت . وهذا النوع من الفساد لا تمنعه عمليات التجفيف أو التجميد أو التخمر أو الحفظ بالتسخين وقد يمكن منع حدوثه داخل عبوات الصفيح بخلخلة الهواء وتعبئة المادة تحت الفراغ . ويحدث التزنخ إما عن عمليات تأكسد أو عمليات إيدوليتية أو إنحلال كيتوني ، إلا أن التزنخ في كثير من الأحيان يحدث عن تأكسد المادة مع تكون فوق أكسيدات عند الرابطة الزوجية لجزء الدهن ، ثم يلي ذلك تجزء الجزء المتكوّن الدهيدات و كيتونات وأحماض ذات أوزان جزئية صغيرة ، ويمكن إحداث هذا التأثير وزيادة سرعته بفعل الهواء والضوء والحرارة والرطوبة ، وكذلك في وجود عوامل ملامسة مثل معدن النحاس . والفساد بالأكسدة يتلامس ذاتيا Autocalalytic ، وربما كانت نظريات التفاعلات المسلسلة أقرب إلى تفسير حالة التأكسد في الزيوت ودور المواد المانعة للتأكسد في حفظها ، ففي غياب المواد المانعة للتأكسد تتحد الجزيئات المنشطة من الدهن بالأكسجين لإنتاج البيروكسيدات المنشطة ، وهذه بدورها تنقل طاقتها المنشطة للتأكسد الى جزيئات أخرى في الدهن فتنشطها ويصبح في إمكانها الاتحاد بالأكسجين وهكذا .



أما في وجود المادة المانعة للتأكسد م ، فإن بعض فوق الأكسيد المنشط يزال من السلسلة بانتقال الطاقة منه إلى المادة المانعة للتأكسد بدلا من إنتقالها إلى الحزنيات . ولما كانت جزئيات المادة المانعة للتأكسد ليس لها المقدرة على نقل الطاقة المنشطة إلى الدهن فانها عادة تتأكسد بدورها إلى جزئيات غير نشطة ، وبذلك لا يوجد مجال لإنتقال الطاقة إلى جزئيات الدهن الأخرى .



وبالطبع تقل كفاءة المادة المانعة للتأكسد إذا ما أضيفت الدهون بعد تكون البيروكسيدات فيها ، لأن الأولى تضاف عادة بقدر ضئيل ، فإذا ازدادت نسبة البيروكسيدات فإن هذه تعمل على أكسدة المادة المانعة للتأكسد . والمواد المانعة قد تكون مركبات فينولية Phenolic ، وهناك منها عدد وفير يمكن استخدامه في مواد الأكل مثل مركبات الأرتور والبارا أيدركسي بنزين التي تشمل الكاتيكول Catechol والإيدروكينون hydroquinone والبيروجالول pyrogallol التي تكون ذات تأثير في منع التأكسد عند إضافتها لبعض الزيوت . ولما كانت سهولة التأكسد وكذلك سرعته تعتمد إلى حد كبير على مقدار ما يحتويه جزيء الزيت من رابطات مزدوجة نشطة فإن عملية التشبيع بالإيدروجين تقل الزيت نسبيا ، خصوصا

وأنها تزيد من كفاءة المواد المانعة للتأكسد الموجودة طبيعياً فيه ، وربما كان ذلك عن طريق إختزال الكينون Quinone إلى إيدروكينون Hydroquinone ، وفي وجود أكثر من مادة واحدة مانعة للتأكسد يزيد التأثير كثيراً في مجموع تأثيرات هذه المواد .

٢ - في الخضرة والفواكه : إن إسمرار أو قون أنسجة الخضرة والفواكه باللون البنى عند قطعها أو تحريكها يمثل إحدى الصعوبات الخطيرة التي تصادف حفظ الأغذية ، ومعروف أن بعض الفواكه مثل التفاح والحوخ والكمثرى والمشمش .. الخ يسمر لونها وهي طازجة نتيجة لعملية تأكسد تحدث في أنسجتها ينشطها الأكسجين ، وربما بعض عوامل أخرى توجد في الفواكه ، وتسبب عمليات التأكسد هذه صعوبات كبيرة في عمليات حفظ الفواكه . وقد وجد أن الثوريبا Thiocarbamide يمكنها إيقاف التأكسد في الخضرة والفواكه إذا غمست هذه المادة في محلول درجة تركيزه ٠.٥ ٪ ثم غسلت قبل حفظها . باحدى طرق الحفظ ، وعلى الرغم من أن الثوريبا ليست سامة إلا أن الأبحاث الأخيرة أثبتت أن لها بعض التأثير على الغدة الدرقية . ويمكن إستخدام حمض الأسكوربيك مادة مانعة للتأكسد ، وقد أصبح يستخدم في وقاية الفواكه المجزأة والمعدة للتجميد من إسوداد لونها . ويستخدم عادة الى جانب حمض الاسكوربيك ascorbic acid ، حمض الايزواسكوربيك diisoascorbic acid وحمض الجلوكو اسكوربيك d. gluco ascorbic acid ، وقد تستغل خاصية الأكسدة بالتفضيل لحماية حمض الاسكوربيك الموجود طبيعياً في المادة باستخدام مادة مانعة للتأكسد أسرع قابلية للأكسدة ، فمثلاً حمض الايزواسكوربيك d. isoascorbic يستخدم على أنه مادة مانعة للتأكسد حمض الاسكوربيك ascorbic 1 في عصر الفواكه ، ويعمل ثنائي أكسيد

الكبريت باعتباره مانعا للاكسدة ، ولكونه سريع الانحلال بالأكسجين فإنه يكون شديد الأثر في منع تأكسد اللون الطبيعي للفاكهة إلى جانب ما يحدثه من قصر للون صبغات الأثوسيانينات ، وكذلك فإن كبا يمنع تأكسد فيتامين C في عصير الفاكهة ، وهو يحمي المادة الغذائية ضد التأكسد بأنواعه ولو أنه يتلف فيتامين B₁ .

ح — مواد كيميائية لمعادلة الحموضة أو لتبادل الكاتيونات : كثيراً ما يتطلب الحال تخفيض مقدار الحموضة في بعض المواد الغذائية سواء قصر من ذلك إلى الحد من حموضة طعمها أو إلى حماية المادة الغذائية من التلف ، وكثيراً ما تستخدم بيكر بونات الصوديوم في تقليل حموضة عصير الناضج أو تقليل حموضة اللبن أم القشدة ، وتستخدم بيكر بونات الصوديوم أو البوتاسيوم أيضاً في صناعة الشيكولاتة . وفي الواقع أن كل الأملاح الناتجة من اتحاد الأحماض الضعيفة مع القواعد القوية تكون أكثر صلاحية لمعادلة الحموضة في المواد الغذائية . ومن بين تلك المواد يمكن ذكر الجينات Algenate الصوديوم وكيزينات الصوديوم والبيكتات القلوية . واستخدام مثل هذه المواد لتقليل نسبة الحموضة في القشدة الحامضة هو تحسين لقوة الحفظ في الزبد الناتج وحماية له من نكهة غير مرغوبة ، إلا أن استخدام هذه المواد لا ينظر إليه بعين الرضى إذا كان استخدامها بغرض تسير استهلاك لبن غير صالح أو للتمويه . ويستخدم الحبر في تقليل الحموضة في عصير قصب السكر عند الترويق ، وكذلك تستخدم بيكر بونات الصودا . وقد أمكن استخدام مزيج من لاكتات الكالسيوم القاعدية ولاكتات الكالسيوم الحمضية والسيورفوسفات في معادلة حموضة اللبن ، ويطلق على هذا المزيج اسم لاكتوفوسفات . وهناك مواد أخرى تستعمل كمنظمات لتوازن الملح Salt balance adjuster ولتبادل الكاتيونات cation exchange

فقد أثبت ويلستاتر Willstatter أن صيانة اللون الأخضر للكلوروفيل ومشتقانه ترتبط ارتباطاً مباشراً ببقاء عنصر المغنيسيوم في الصبغة النباتية ومن المعروف أن هذه الصبغة الخضراء الطبيعية يفتح لونها ويصبح زيتونياً عند معاملة الخضر الخضراء بالحرارة أثناء حفظها في العلب الصفائح . ويعتبر بلير Blair وإيرس Ayres سنة ١٩٤٣ ، أن الخطوة الأولى في انحلال الكلوروفيل أثناء المعاملة الحرارية هو فقد عنصر المغنيسيوم في الصبغة تحت تأثير العصير الخلوي الخاضع للخلايا .

ك.ه. بد ٧٣ اه. ز. مع + د ٢٢ ^x	ك.ه. بد ٧٣ اه. ز. مع + د ٢٢ ^{xx}
كلوروفيل Chlorophyll	فيوفيتين Pheophytin

ولذلك فإن إيجاد وسط قلوي هو أكثر الوسائل شيوعاً في صيانة اللون الأخضر ، وإن هذه البيئة القلوية قد تؤثر على بعض الفيتامينات . وقد وصل بلير Blair وإيرس Ayres إلى صيانة اللون الأخضر في البسلة المحفوظة بالاحتفاظ بما يوازي ٦٠ ٪ من مغنيسيوم المادة الخضراء ، وذلك ، أولاً ، بغمس البسلة تحت درجة حرارة الغرفة في محلول ٢ ٪ ١٩٠٠ س ، كربونات الصوديوم لمدة تتراوح بين ٣٠ و ٦٠ دقيقة ، ثانياً ، سلق البسلة Blanch في محلول ٠.١ ٪ أيدروكسيد الكالسيوم ، ٠.٠٥ ٪ س ، و ، ثالثاً ، ضخ البسلة ، وتعقيمها ، في محلول ملح وسكر يحتوي على ما بين ٠.٢ و ٠.٢٥ ٪ س معلق من أيدروكسيد المغنيسيوم ، وقد كان من تأثير هذه المعاملة حماية الكلوروفيل من الانحلال الإيدروليتي . وقد أمكن بهذه المعاملة رفع رقم pH إلى ٨ في أول خطوة ثم بقاء هذا الرقم ثابتاً خلال السلق والتعقيم ، وكذلك أمكن استخدام نظرية تبادل الكاتيونات في صناعة اللبن ذي الخثرة الناعمة Soft-curd milk . وذلك بتحميض اللبن بإضافة حمض الستريك ثم إمراؤه في مرشح زيوليت Zeolite

وبذلك يزال منه ٢٠٪ من الكالسيوم مع تغير طفيف في مقدار الفسفور والأملاح الأخرى فيه . وهذا اللين سهل الهضم في المعدة ، وهو يحتوى أربعة أضعاف الكالسيوم في لبن الأم .

د — مواد مثبتة للقوام : وتستخدم بعض المواد السكرائية لحفظ قوام المادة الغذائية أو لإكسابها قواما ثابتا يساعد على حفظ صفات مرغوبة فيها أو لمنع حدوث تغيرات غير مرغوبة فيها ، ومن هنا اعتبرت هذه المواد ضمن المواد الحافظة . وبعض هذه المواد قد تؤدي في نفس الوقت وظيفة معادلة الحموضة أو تقليلها ، وقد يعتبر بعضها الآخر مواد مشحنة Thickeners . ويمكن تقسيم المواد المثبتة للقوام إلى ست مجموعات كالآتي :

١ — مواد مثبتة لقوام المستحلبات : إن الصفة الغروية لبعض المواد الغذائية التي تجهز في الصناعة على صورة مستحلبات كثيرا ما تحتاج في صيانتها وفي تثبيتها إلى إضافة مواد كيميائية خاصة ، ففي المستحلبات الزيتية في الماء ، تؤدي المواد المثبتة إلى تخفيض التوتر بين سطوح المنتجات الغذائية في نظام ثلاثي المكونات وبذلك تزيد في ثبات هذا القوام ، وتستخدم هذه الخاصية في تحضير المايونيز صناعيا وبذلك يكتسب قواما ثابتا يقاوم التأثيرات المختلفة مثل الاهتزاز واختلاف درجات الحرارة التي تتعرض لها هذه المنتجات عند نقلها وتداولها . ومن بين المواد التي تستخدم في تثبيت القوام صفار البيض والليسيثين والفسفوليبيدات والجلاتين والصمغ النباتية . وقد أمكن تحضير مركبات كيميائية خاصة تستخدم لهذا الغرض منها إثرات السليلوز Cellulose Ethers التي تعتبر أيضا مواد مشحنة للقوام Thickeners . الخ .

٢ - مواد مثبتة لقوام المنتجات المجمدة مثل الثلجات التمشدية ice-cream وما يماثلها : وهذه المواد يتأثر قوامها بالتغير الذي يطرأ على حجم البلورات الثلج فيها نتيجة لتذبذب درجات الحرارة أثناء تخزينها فتتصغر بعض البلورات الدقيقة الحجم ويزداد حجم البلورات الكبيرة. وتستخدم المواد المثبتة في صناعة الثلجات التمشدية لضمان إكتساب هذه المواد القوام الجيد أو لصيانة حالة التخزين فيها مع منع الإنكماش ، وكذلك يستفاد منها في تيسير قبول المادة لدخول الهواء فيها ولحسن توزيعه . وأهم المواد التي تستخدم لهذا الغرض الجيلاتين والجينات الصوديوم والأجار ، كما يستخدم صفار البيض وأنواع من الصمغ وكذلك البكتين .

٣ - مواد مثبتة لقوام الجبن المطبوخ بالحرارة Processed cheese - تستخدم المواد المثبتة في صناعة الجبن المطبوخ وذلك للمساعدة في إنتاج كتلة متجانسة لها ذات منس وقوام مرغوب . ويطلق على هذه المواد اسم المواد المستحلبة Emulsifiers أو Plasticisers ، وأهم المواد التي تستخدم لهذا الغرض سترات الصوديوم وطرطرات البوتاسيوم وفوسفات ثنائي الصوديوم وكيزينات الصوديوم ، وجميعها قلبية التأثير . وفي الحالات التي يكون فيها من المرغوب ضبط رقم pH يكون من المسموح به استخدام أملاح ارتواوميتا فوسفات حمضية ، أو عديدة الفوسفات الحمضية أو استخدام حمض ستريك ثنائي القاعدية أو استخدام حمض الستريك نفسه ، وتستخدم لاكتات الكالسيوم أحيانا وهي تفضل لاكتات الصوديوم والبوتاسيوم . وهناك مواد كيميائية تحضر بطريقة صناعية قد بدأ يزداد استعمالها كمثبتات للقوام في الصناعة مثل الإسترات الدهنية للكحولات عديدة الأيدروكسيد كالمانيتول والسوربيتول ، وتسمى هذه المركبات بالكابلانات Alkylates ، جمع الكابلات .

٤ - مواد مثبتة للمواد العالقة : تستخدم هذه المواد لمنع أو إعاقة ترسب المواد الموجودة في حالة عالقة في المواد الغذائية . أو لعاقة هذه المواد . فقد تكون الصفة المرغوبة في بعض أنواع عصير الفاكهة هي استمرار تعكرها وعدم حدوث الترويق فيها . وقد سبق أن بينا الدور الذي تلعبه المواد البكتينية في إكساب العصير هذه الخاصية ، وأوضحنا كيف تؤثر الانزيمات البكتينية في إحلال البكتين وإحداث الترويق ، فيحتوى عصير البرتقال وعصير الجريب فروت مثلاً على إنزيمات بكتينية تحدث هذا الإحلال ، وكذلك يحتوى عصير الطماطم على إنزيم بكتناز أو بكتين ميثوكسلاز يحول البكتين إلى حمض البكتيك الذى ليست له الصفات الغروية للبكتين ، ولذلك فإن إهلاك الانزيمات في هذه المواد يعتبر ضرورياً للاحتفاظ بالقوام المرغوب لها . وقد أمكن إضافة البكتين في بعض الحالات لتحسين قوام بعض المنتجات ، وفي بعض الأحيان يلجأ إلى عملية التجنيس Homogenization لتحسين قوام عصير الطماطم ، وفي صناعة منتجات اللبن المضاف إليها الشكولاته أو السكاكو تضاف إليها عادة مواد مثل دقيق التايوكا أو الجينات الصوديوم لمنع انفصال الدهن أو لعاقته ومنع ترسب المواد الصلبة .

٥ - مواد مثبتة لقوام المرببات والجيلي وغيرها : يعتبر البكتين من أهم مكونات الجيلي في تلك المنتجات . وقد تكون كمية البكتين الموجودة طبيعياً في الفاكهة أو العصير كافية لتكوين الجيلي . وقد يستلزم الأمر إضافة البكتين . وقد انتشر أخيراً استخدام البكتينات التى تزال منها مجموعات المينوكسيل Demethoxylated Pectins ، فقد أدى التوسع في دراسة البكتين وإمكان صناعة بكتينات قليلة المينوكسيل إلى زيادة استعمال مثل هذه البكتينات في مواد غذائية أخرى خلاف المرببات والجيلي . وقد أصبحت كلمة بكتين تطلق على أحماض البكتينيك Pictinic acid التى تعتبر

حسب التسمية التي اتفق عليها سنة ١٩٤٣ أنها أحماض عديدة الجلاكتيورونيك
Polygalacturonic Acids تحتوي على ما يزيد عن قدر مهمل من مجموعات
استر الميثيل ، وأحماض البكتينيك هذه يمكنها أن تكون جل Gels مع
السكر والنخض في درجات تركيز مناسبة أو مع بعض أيونات معدنية
، أيونات الكالسيوم ، بصفة أساسية إذا ما كانت كمية الميثوكسيل في تلك
الأحماض منخفضة بالقدر الكافي . فلفظ بكتين يطلق على أحماض
البكتينيك القابلة للذوبان في الماء التي يتفاوت فيها مقدار الميثيل ودرجة
التعادل ، والتي لها القدرة على تكوين جل على رقم pH خاص ودرجة
تركيز من السكر خاصة . أما أحماض البكتينيك Pectic acid فهي عبارة
عن أحماض عديدة الجلاكتيورونيك خالية تقريبا من مجموعة استر الميثيل
وتحضر البكتينات قليلة الميثوكسيل أو أحماض البكتينيك بواسطة ثلاث
طرق رئيسية تعتمد على اجراء تصبن جزئي ويكون ذلك ، أولا ،
باستعمال القلوي وثانيا ، باستعمال الحمض ، ثالثا ، باستخدام إنزيم الاستراز .
وتماسك البكتينات ، إحداثها للجيل ، في الجيلي يختلف تبعا لمدى إزالة
الميثوكسيل منها ، والبكتينات قليلة الميثوكسيل تماسك بسرعة في العادة
وكذلك تماسك البكتينات العالية في الميثوكسيل بسرعة ، أما البكتينات
التي تحتوي على الميثوكسيل بنسب متوسطة فإنها بطيئة التماسك ، وللبكتينات
قليلة الميثوكسيل المقدرة على احداث جل ، تماسك قوى ناعم مرغوب فيه
دون التعرض لأن تكون مطاوعة أو عجينية ، وهي تحتاج إلى وقت قصير
لإعدادها ولتماسكها دون حاجة لتبريدها صناعيا ، ويمكن استخدامها في
تحضير جل ، مع اللبن أو الخضضر أو منتجات المفاكهة في درجات تركيز
سكرية منخفضة ، وقد أصبحت البكتينات قليلة الميثوكسيل بسبب تلك
الميزات تنافس الجيلاتين والدشا في صناعة منتجات خاصة .

٦ - مواد مثبتة للرغوة : في بعض المنتجات الغذائية تعتبر الرغوة أحد الصفات المرغوبة ، والرغوة مثل المستحلبات يمكن اعتبارها نظم ثلاثية المكونات حيث يكون الغاز هو الحالة المنتشرة والمواد ذات السطح النشط مثل الأحماض العضوية ذات السلسلة الطويلة وألاحها والسكريات والكحولات والاسترات لها القدرة على تكوين الرغوة ، إلا أنه من الضروري وجود مادة مثبتة لزيادة ثبات تلك الرغوة . وتتولى مادة السابونين سواء أكانت هي الموجودة طبيعيا أو هي المضافة إلى المادة الغذائية تثبيت الرغوة فيها ، وتحتوى القشدة التى تحتوى على نسبة من الدهن تزيد عن ٣٠ ٪ مكونات لها القدرة على إحداث رغوة ثابتة نسبيا ، وتستغل هذه الميزة فى تحضير القشدة المنتفخة أو كريمة شانديه ، بواسطة ضرب الهواء فى القشدة وفى صناعة المنتجات القشدية يكون للهواء المثبتة ولبعض المكونات الطبيعية خاصية صيانة الهواء داخلها ، وفى الفطائر يعمل البيض عمل المادة المثبتة لهذه الصفة .

هـ - مواد مصلبة للقوام Firming Agents : لوحظ فى الطماطم الطازجة وهى تحتوى مثل باقى الفاكهة اللحمية مكونات بكتينية عديمة الذوبان نسبيا أن هذه المواد البكتينية تكوّن دجل ، Gels قويا حول الأنسجة اللينة للطماطم وبذلك يسان هيكلا ويكتسب صلابة محسوسة أما إذا إنهدم كيان الخلايا فإن هذه المكونات البكتينية تلامس الانزيمات الموجودة فتتحول إلى حمض بكتنيك فتضعف صلابة الأنسجة نتيجة لهذا التأثير وينهار هيكل الثمار . وقد وجد أن إضافة أملاح الكالسيوم إلى الطماطم عند حفظها فى العلب الصفيح يساعد على تكوين دجل من بكتات الكالسيوم تدعم الأنسجة وتحمى الطماطم من اللينة . وقد وجد أن أنسب أملاح الكالسيوم فى هذه العملية هو كلوريد الكالسيوم اللامائي

الثقى ، مع مراعاة عدم زيادة نسبته فى الناتج النهائى من الطماطم المحفوظة عن ٠.٧٪ من وزنها ، وإلا أكسب الطماطم طعما ملحيا مرا وجعل أنسجتها متجلدة مطاطية . وقد وجد أيضا أن أنسب املاح الكالسيوم مع الفراولة هى كربونات الكالسيوم وتليها فوسفات احادى الكالسيوم ، ويستخدم الشب وسلفات والالومنيوم والبوتاسيوم فى بعض الأحيان مواد مصلبه فى صناعة المخللات المعقمة ، او اكساب المخللات اللينة صلابة مقبولة إلا ان طعم الشب يكسب المخللات ايضا طعما لاذعا ومذاقا قابضا .

و - مواد مرطبة أو مانعة للجفاف : من المعروف أن الخبز وأنواع البسكويت ومنتجات الحبوب المجزة تفقد بمرور الوقت جزءا من رطوبتها ويتغير طعمها بمرور الزمن ، فكثيرا مانحكم على الخبز من مذاقه بأنه قديم أو بايت Stale ، ، وقد أصبح فى الإمكان إستخدام مواد تساعد على بقاء الرطوبة ومنع ظهور الطعم الذى ينسب إلى جفاف المادة الغذائية ، ومركبات البرويونات التى سبق الإشارة إليها بوصفها مادة مانعة لنمو العفن تقوم فى نفس الوقت بمنع الطعم القديم ، الذى ينتج عن فقد الرطوبة ، وهناك مواد مرطبة ذات خاصية ايجروسكوبية يمكن إضافتها للمواد الغذائية مثل الخبز والبسكويت وخلافها تمنع فقد الرطوبة منها ، ومن بين تلك المواد الجلسرين وجلايكول البروبلين والسوربتول D-sorbitol أو مزيج منها Propylene Glycol ، وربما كانت أحسن الطرق لمنع هذا الطعم القديم ، فى الأغذية هو خفض درجات الحرارة أو زيادتها حسب ما تستدعيه الحالة .

ح - تشجيع تكوين مواد فى البيئة ذات تأثير حافظ

الفهمين - سبق أن أوضحنا أثر الأحماض العضوية فى حفظ المادة

الغذائية . ولما كانت هذه الأحماض قد تتكون فى المادة الغذائية نتيجة

لتخميرات مرغوبة فإن توفير الظروف الملائمة لنشاط تلك التخمرات يكون خير السبل الى حفظ مثل هذه المواد الغذائية . وفي هذه التخمرات تتولى الأحياء الدقيقة التأثير على السكريات الذائبة وتحولها الى أحماض عضوية تؤدي زيادة نسبتها في البيئة الى منع نمو الأحياء الانحلالية غير المرغوبة وكذلك الميكروبات المرضية . وأهم أنواع المتخميرات التي تستخدم صناعيا هي التخمر اللبكتيكي والتخمر الخلي ، أما الأول فتعتمد عليه صناعات كثيرة مثل صناعة الزبد والجبن واللبن الزبادي ، وكذلك صناعة المخللات ، أما التخمر الخلي فهو الذي يستخدم صناعيا في صناعة الخل من المحاليل الكحولية الناتجة من عصير الفاكهة أو من محاليل سكرية أو نواتج الانحلال المائي للنشا . والسكى تتم عمليات التخمر هذه بنجاح لا بد من مراعاة استخدام درجات الحرارة المناسبة للتخمر ، ومن مراعاة أنسب درجات التركيز للمحلول الملحي أو السكري ، وضمان نشاط أنواع بكتيريا التخمر ومناسبة الظروف لها من حيث الهواء وتركيب البيئة ... الخ .
ولسرعة التخمر أهمية خاصة في صيانة المواد المتخمرة من التلف ، ولذلك كان من الضروري مراقبة عمليات التخمر مراقبة دقيقة .

التدخين : — تجرى عملية التدخين للحوم والأسماك بعد تبيلها أو تمليحها ، ويكون ذلك بتعريض هذه المواد لدخان نشارة الخشب . وتفضل عادة أنواع الأخشاب الصلبة مثل أخشاب الأرو والدردار Elm واسان العصفور Ash والبتولا Birsh والحيقور Hicokry والعرعر Juniper Bush والغوب أو الاسفندان maple والموجانا والجوز ، أما الأخشاب الطرية المتصمغة فإنها تكون غير صالحة لأنها تحتوى على مواد متطايرة تعطي الأغذية نكهة غير مرغوبة . وتعلق اللحوم عادة في حجرات خاصة للتدخين فوق نشارة بطيئة الاحتراق مختنقة بالدخان . أو يجرى الحرق في

إحدى الحجرات ويمرر الدخان بتحريكه خلال ممرات خاصة إلى حجرات أخرى تحتوى على المواد الغذائية . وعلى الرغم من أن التأثير التجفيف للحرارة أثناء عملية التدخين عامل هام فى حفظ هذه الأغذية وفى إكسابها النكهة المرغوبة إلا أن للدخان نفسه ، كما أوضح جنسن Jensen سنة ١٩٤٣ ، تأثير حافظ على تلك المواد بما يحتوى عليه من مركبات كيميائية تتدخل أسطح اللحوم والأسماك أثناء تدخينها كالألدهيدات والفينولات والأحماض الاليفاتية وهى مواد ذات تأثير سام أو مهلك بالنسبة للكثير من البكتريا غير المتجربة ، إلا أن تأثير هذه المواد على العفن لا يكون محسوسا مما قد يعرض اللحوم أو الأسماك المدخنة للعفن ، وهذا هو السبب الذى من أجله يجب مراعاة حماية أسطحها من نمو العفن ، وفى بعض الأحيان يجرى لف مثل هذه الأغذية عند شحنها للمناطق الحارة فى طبقات سميكة من الورق ثم تغمس فى الأسفلت .

الانضاج الصناعى : فى عملية الانضاج الصناعى للفاكهة يجرى فيها طبيعيا تنشيط الإنزيمات التى تحدث الكثير من التغيرات فيها سواء من حيث تليين أنسجتها أو تغيير لونها واكتسابها للون النضج الطبيعى وكذلك من حيث تغير فى تركيبها الكيميائى من حيث السكريات والأحماض . وجميع هذه التغيرات مرغوبة لإكساب المادة الغذائية الصفات التى تتطلبها استهلاكها وقد وجد أن غاز الايثلين له القدرة على هدم الكلوروفل الذى يخفى اللون الطبيعى لحالة النضج . وهذا الغاز هو أيضا إحدى نواتج عملية التنفس اعظم الانسجة النباتية ، وهذا هو ما يفسر تأثير وجود الفاكهة الناضجة على غير الناضجة إذا وجد معا . ولا يبيح القانون استخدام هذا الغاز فى الانضاج الصناعى للثمار غير البالغة أو غير مكتملة النمو ، وهو يستخدم فى الانضاج بنسبة جزء من الايثلين إلى ١٠٠٠ جزء من الهواء . وتجرى أكثر عمليات

الإنتاج الصناعي على ثمار الموز والمواخ والطاطم ، كما تجرى أيضا على ثمار التفاح والكمثرى والماناس وثمار المناطق الاستوائية . وكذلك يستخدم الأيتلين في تبيض الكرفس وقد ثبت أخيراً إمكان استخدام مستحضرات تعمل كهرمونات نباتية لإحداث تأثيرات النضج وتغير اللون ولا زالت هذه المواد في دور التجربة .

و - إزالة بعض مواد يساعد وجودها في المادة الغذائية على إحداث تغييرات فيها غير مرغوبة :

أدت دراسة العوامل المستولة عن فساد المواد الغذائية إلى محاولة التحكم في هذه العوامل بكل وسيلة ممكنة بفرض حفظ المواد الغذائية أطول مدة ممكنة . وقد أصبح في الإمكان تنقية المادة الغذائية أو تكريرها صناعياً فتصبح أقل عرضة للفساد ، بل إنها قد تكتسب مظهراً أكثر جاذبية وألذ طعماً ، وإن كان ذلك يتم أحياناً على حساب نقص قيمتها الغذائية . ويمكن كما سبق القول ، تنقية المادة الغذائية بإزالة الأحياء الملونة لها بواسطة عملية الترشيح الدقيق . وقد يستلزم الأمر لمنع حالات التأكسد في بعض الأغذية إزالة الهواء منها ، فعصير الفاكهة تجرى عليه عملية إزالة الهواء منه Deaeration بأجهزة خاصة ، مما يساعد على صيانة لونه وحماية فيتامين C فيه ، وكذلك الحال في اللبن الكامل المحفف فإن الهواء يخلخل عند تعبئته في ثعلب الصفيح منعاً لتزنخ الدهن فيه ، وفي عمليات التكرير التي تجرى عند صناعة الكثير من المنتجات الغذائية يتم فصل بعض المواد التي يؤدي وجودها إلى إحداث تغييرات غير مرغوبة ، فلا بد مثلاً من إزالة الجنين من الحبوب التي تستخدم في تحضير الدقيق حتى لا يتعرض هذا الدقيق للتلف لأن جنين الحبوب يحتوي على نسبة عالية من الزيت مما يجعله سريع التلف ، وفي تكرير زيوت الأكل لا بد من التخلص من الأحماض الدهنية الحرة ومن

الماء وكذلك من الشوائب المختلفة غير الزيتية كالصمغ والفوسفاتيدات . الخ ، وكذلك يجرى إزالة الرائحة غير المقبولة التي تنسب إلى مواد متطايرة يمكنها التخلص منها ، وفي صناعة المسلى يكون من الضروري التخلص من الماء والبروتين والأملاح الموجودة في الزبدة . وبعض أنواع العصير لا بد من ترويقها عند تحضيرها في الصناعة ، وفي صناعة الجيلي لا بد من ترويق عصير الفاكهة وفصل الأجزاء العالقة فيه ، ولا بد كذلك من فصل طرطرات البوتاسيوم الحمضية في عصير العنب وكذلك من النبيذ ويتم ذلك في الصناعة بالتبريد أو بالتجميد .