الأغذية

تركيبها، عوامل فسادها، وسائل حفظها

تأليف

دكتور عبد الله صيدقي

رئيس قسم الصناعات الغذائية بكلية الزراعة بجامعة فاروق الأول

دكتوراه في الفلسفة Ph. D. ، أستاذية في العلوم M. Sc. ، بكالوريوس في العلوم B. Sc.

عضو الجمعية العلمية Sigma Xi وعضو الجمعية العلمية Phi Kappa Phi

الطبعة الأولى — ١٩٥١

obeikandl.com

obeikandl.com

حفظ الأغـــذية

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

ولا شك أن صيانة المادة الغذائية من الفساد ما هو إلا منع عوامل الطبيعة من الاستمرار فى دورتها العادية . فالطبيعة تسعى إلى تحلل النبات أو الحيوان بعد موته فتحيل المواد العضوية مواد بسيطة يمكن للنبات والحيوان الانتفاع بهـا ثانية ، ولولا ذلك لظل الكربون والأزوت على صورة مركبات معقدة لا يمكن الاستفادة منها ولأدى ذلك إلى انقراض النبات والحيوان وانعدام الحياة على وجه الأرض ، ولهـــذا السبب أوجدت الطبيعة سبيلا لانحلال كل جزئ عضوى قام الكائن الحى ببنائه فى 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 التى شغلت الإنسان لأجيال متتالية ، وقد عنى الإنسان منذ بدء الخليقة بالتفكير فى وسائل لحفظ غذائه .

و قد 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 التى كانت تعتبر فى زمانهم طبيعية ومرغوبة أصبحت تعد فى عصرنا الحالى فسادا ، فاللبن الطازج كان فى وقت ما لا يعتبر غذاء صالحا إلا إذا حمض وتخثر ، أما فى عصرنا الحاضر فإن ازدياد الحموضة فى اللبن الطازج وميله للتخثر يعتبر نوعا من أنواع الفساد ولما كانت الموارد الغـــذائية فى العالم محدودة فقد أصبحنا نعنى بأن نحيط المادة الغـــذائية بكافة انواع الوقاية ،

وأن نعتبر أى ضرر يلحق بها فيجعلها غير مرغوبة فسادا وإن كان من فعل الطيور والحشرات أو الفيران ، إذ قد يؤدى هذا الضرر إلى تلوث المادة الغذائية بالافرازات والفضلات ويعرضها لتأثير الأحياء الدقيقة ولتغيرات دائمة فى مظهرها وتركيبها الكيمائى . 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 ينبغى أن يشمل أى تغيير يطرأ عليها فيجعلها غير مقبولة أو مستساغة ، ولذلك فإن ما يعتبر فسادا فى نظر مجموعة من الناس قد يعد الصورة المفضلة للغذاء عند مجموعة أخرى ، وعلى ذلك يعتبر فساد الأغذية من وجهة نظر المستهلك تغييرا فيها من حالة مرغوبة إلى حالة غير مرغوبة . ويحدث فساد الأغذية نتيجة لتعرضها لعوامل مختلفة طبيعية وكيمائية وبيولوجية تتعاون بعضها أو كلها فى إحداث تغيرات عديدة فى مكونات المادة الغذائية وفى تركيبها الكيمائى ، وهذه كثيرا ما يصحبها تغييرات فى الطعم أو النكهة أو اللون أو الرائحة أو القوام .

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

ولكى يمكننا التعرف على طبيعة التغيرات العديدة التى تطرأ على المواد الغذائية وفهم الوسائل الكفيلة بمنعها لابد من دراسة تفصيلية لتركيب المادة الغذائية .

مقدمة

إن دراسة الأغذية وما يطرأ عليها من تغيرات مرغوبة أو غير مرغوبة يستلزم أولا دراسة مفصلة للجانب الكيمائى منها وللمركبات التى تدخل فى تركيبها ولخواص هذه المركبات ، وبعد ذلك يكون من الضرورى تحديد العوامل التى تؤدى إلى فساد المواد الغذائيه ودراسة كل منها دراسة وافية ومعرفة التغيرات التى تحدثها فى المواد الغذائية والظروف التى تشجع على حدوث هـذه التغيرات ، فإذا ما انتهينا من دراسة ذلك أصبح من اليسير تحديد الوسائل التى يمكن بواسطتها صيانة الأغذية من الفساد، ثم نخلص إلى الأسس العلمية لحفظ الأغذية، تلك الاسس التى تستغل تكنولوجيا فى إقامة صناعات غذائية هامة هى دعائم الصرح الاقتصادى فى كثير من الدول فضلا عن أنها تعمل على حسن توزيع المواد الغذائية بين سكان العالم .

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

المؤلف

obeikandl.com

١ ـ المـــاء

يكون الماء الجزء الأكبر من تركيب الانسجة النباتية والحيوانية ، وهو ضرورى لحياة بروتوبلازم الخلية، ويوجد الماء فى هذه الانسجة على صورتين : الماء الحر ، وهو الذى يمكن انفصاله بسهولة لعدم وجوده فى 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 فى بعض المواد الغذائية :

جدول — ١

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

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

٢ ـ الكربوايدرات

تعتبر المملكة النباتية أغنى مصدر للكربوايدرات فى الطبيعة . وهذه المركبات ، كما سبق القول، تتكون فى النبات نتيجة لعمليات التمثيل الكلوروفيلى فى الأوراق الخضراء للنبات، إذ يتحد ثانى اكسيد الكربون الموجود فى 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 هى الكربون والايدروجين والاكسجين . ويوجد الايدروجين والاكسجين عادة فى الكربوايدرات بنفس نسبة وجودهما فى الماء أى بنسبة ذرتين من الايدروجين إلى ذرة من الاكسجين ، هذا وإن كان من الخطأ إعتبار 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 إنحلالها مائيا . والكربوايدرات فى الطبيعة كما توجد فى المواد الغذائية تقسم كالآتى :

١ . أحاديات السكر Monosaccharides أو السكريات البسيطة

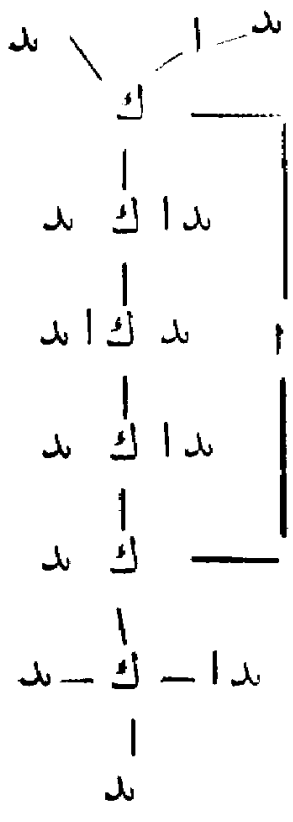
وتندرج جميع السكريات البسيطة تحت هذا القسم ، وهى مواد لايمكن إنحلالها مائيا إلى مركبات أبسط تركيبا. وهى تقسم تبعا لعدد ذرات الكربون فى الجزىء ، فاذا احتوى الجزىء على ذرتين من الكربون يسمى ديوز Diose وإذا إحتوى على ثلاث ذرات من الكربون يسمى تريوز Triose وإذا إحتوى على أربع ذرات يسمى تتروز Tetrose وهكذا .

والجزىء فى جميع السكريات البسيطة يحتوى على عدد من المجموعات الكحولية تكون متصلة بمجموعة الدهيدية أو بمجموعة كيتونية ، ويسمى

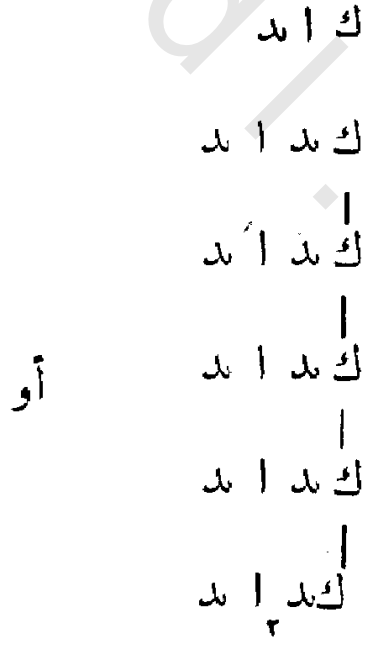
السكر فى الحالة الأولى الدوز Aldose وفى الحالة الثانية كيتوز Ketose. ولا يوجد سكر الديوز فى الطبيعة ، أما سكر التريوز فيتكون بوصفه مركبا وسطياهاما أثناء عملية تمثيل الكربوايدرات فى الحيوانات وفى الأحياء الدقيقة . وتوجد البنتوزات Pentoses والهكسوزات Hexoses بكثرة فى المواد الحيوانية والنباتية ، إلا أن الأولى منها توجد عادة فى المواد النباتية على صورة اندريدات تسمى بالبنتوزانات Pentosans ومن امثلتها الزيلان وهو يوجد فى الخشب والقش والأوراق والبذور والمواد الصمغية الخ .

وتعتبر الهكسوزات أو السكريات سداسية ذرات الكربون ك$_{٦}$ يد$_{١٢}$ ا$_{٦}$ أهم السكريات البسيطة وأكثرها وجودا فى المواد الغذائية . وتشمل هذه المجموعة الألدوزات والكيتوزات . ومن أمثلة الألدوزات الجلوكوز والجلاكتوز والمانوز ، أما الكيتوزات فيمثلها فى هذه المجموعة الفركتوز ، ويرمز لسكر الدكستروز (ك$_{٦}$ يد$_{١٢}$ ا$_{٦}$) كالآتى :

[ك يد$_{٢}$ ا يد (ك يد ا يد)$_{٤}$ ك ا يد]



أو



ويرمز لسكر الفركتوز (الليفيولوز) أو سكر الفاكهة (ك$_{٦}$ يد$_{١٢}$ ا$_{٦}$) كالآتى :

[ك يد$_{٢}$ ا يد (ك يد ا يد)$_{٣}$ ك ا . ك يد$_{٢}$ ا يد]

الجلوكوز Glucose : يسمى هذا السكر أيضا بالدكستروز أو سكر العنب أو سكر النشا ، وهو يوجد فى حالة حرة فى جميع الفواكه تقريبا . ويوجد بكثرة فى فواكه خاصة كالعنب والتين والبلح والزبيب كما يوجد أيضا بكثرة فى الذرة السكرية والبصل . ويوجد على حالة متحدة فى سكريات أخرى مثل السكروز واللاكتوز والمالتوز ، ويتكوّن هذا السكر نتيجة لإنحلال النشا النباتى والنشا الحيوانى (جليكوجين) إنحلالا مائيا تاما ، ويحتوى دم الحيوانات على قدر ضئيل من الجلوكوز .

الفركتوز Fructose : يسمى أيضـــا بالليفيولوز Levulose وهو منتشر فى الطبيعة ويوجد بحالة حرة ، ويكون عادة مجتمعا مع السكروز والجلوكوز . وهو يوجد بوفرة فى عصير الفاكهة على الأخص ، ولذلك فهو كثيرا مايسمى بسكر الفاكهة . وتحتوى الخضر ورحيق الأزهار والعصير الحلوى للأوراق الخضراء والسيقان على سكرىّ الجلوكوز والفركتوز ، ويحتوى عسل النحل على كميات متساوية من هذين السكرين (٤٠٪ لكل منهما) ، وهما عادة يوجدان بكميات متساوية تقريبا ، مما يدل على إحتمال تكونهما نتيجة لإنحلال السكروز بتأثير الإنزيم . أما فى الطماطم فإن الفركتوز يمثل جميع السكر الموجود فيها على حالة حرة . وهذا السكر شديد الحلاوة تبلغ حلاوته ضعف حلاوة السكر العادى وهو يشبه فى كثير من خواصه سكر الجلوكوز .

الجلاكتوز Galactose : لا يوجد هذا السكر حرا فى الطبيعة ، بل يوجد متحدا بسكريات أخرى فى الكثير من الكربوايدرات ، كما أنه يدخل فى تركيب الكثير من البروتينات الحيوانية .

المانوز Mannose : يوجد هـــذا السكر على حالة حرة فى قشر البرتقال وفى البذور النباتية وفى مولاس سكر القصب ، وهو يدخل فى تركيب زلال البيض وفى الكثير من البروتينات الأخرى ، وهو أكثر انتشارا فى الحالة المتحدة .

ب . ثنائية السكر $ك_{١٢}يد_{١١}ا_{٢٢}$

هى انهيدرات لأحادية السكر ، وتتكون من جزيئين من السكر البسيط أزيل منهما جزىء من الماء عند إتصالهما معا ، وعلى ذلك فإن إنحلال السكر الثنائى يستلزم إضافة جزىء من الماء حتى يمكن إنتاج السكر البسيط

منه . ويحدث هذا الإنحلال المائى للسكريات الثنائية إما بتأثير الحرارة أو فى وجود حمض مخفف أو بفعل إنزيمات خاصة من نوع الإنزيمات الايدرولية.

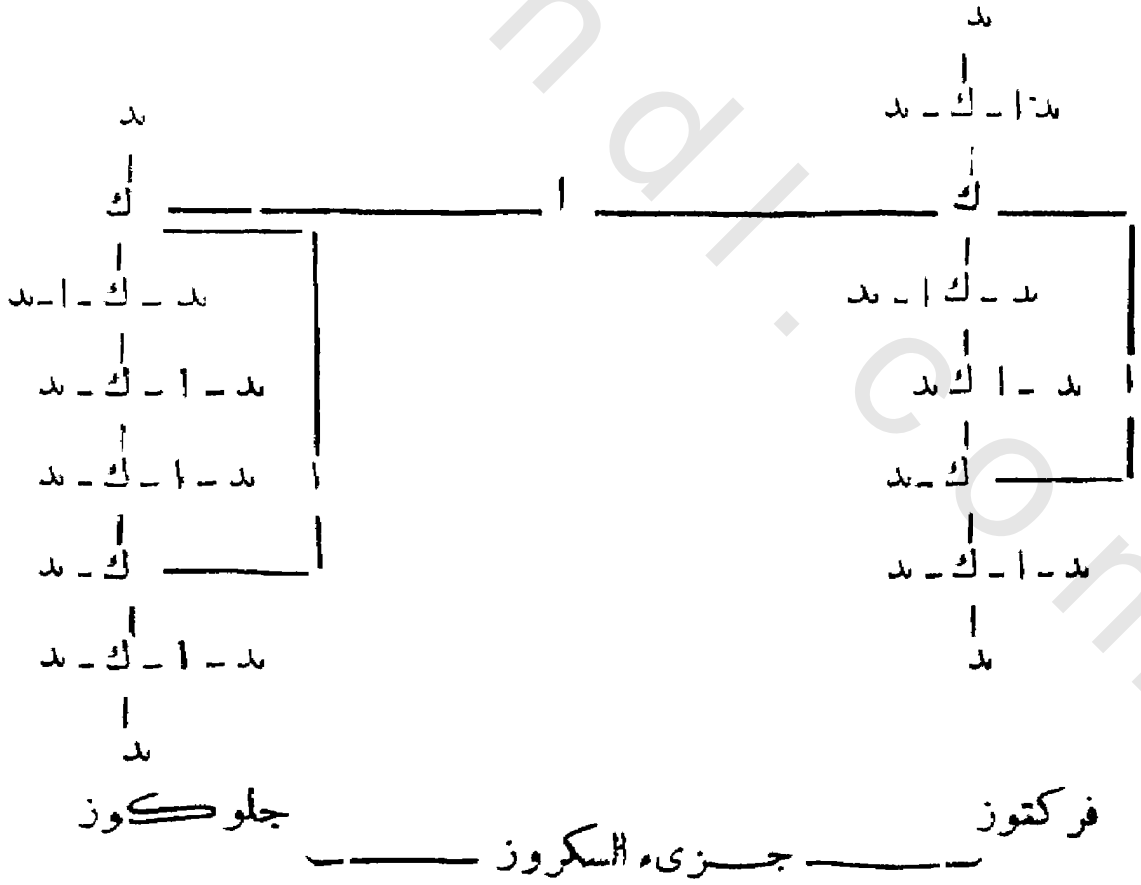
ك يد ا ٦ ١٢ ١١ + يد ا ٦ ١٢ ٦ ← ك يد ا ٦ ١٢ ٦ + ك يد ا ٦ ١٢ ٦

وفى حالة السكروز يعطى ← جلوكوز + فركتوز (يسمى المزيج بالسكر المحول)

ملتوز يعطى ← جلوكوز + جلوكوز

لاكتوز يعطى ← جلوكوز + جلاكتوز

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



المالتوز Maltose : ينتشر وجود هذا السكر فى الأوراق والبادرات الصغيرة ، ويوجد بكثرة فى البذور النابتة نتيجة لتحول النشا إلى مالتوز بفعل إنزيم الدايستاز (الأميلاز) ، وهو ينتج كمركب وسطى 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 فى لبن الحيوانات الثديية ، وتختلف نسبته بين ١,٥ و ٨ ٪ تبعا لنوع الحيوان ، وهو يوجد فى لبن البقر بنسبة ٤,٧٥ ٪ وفى 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 كالآتى :

اللاكتوز	١٦	الرافينوز	٢٣	الجلاكتوز	٣٢
المالتوز	٣٣	الزيلوز	٤٠	الجلوكوز	٧٤
السكروز	١٠٠	السكر المحلول	١٢٠	الفركتوز	١٧٣

حـ . **السكريات ثلاثية السكر** Trisaccharides : $ك_{١٨}يد_{٣٢}ا_{١٦}$

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

د . **المركبات عديدة السكر** Polysaccharides

يمكن تقسيم المركبات عديدة السكر إلى :

١ ــ النشا (ك ٦ هـ ١٠ ا ٥)ن ويتكون جزىء النشا من عدد من وحدات اندريد الجلوكوز، وهذا العدد الذى يرمز له بالرمز "ن" ليس معروفا بالضبط. وهناك اعتقاد بان جزىء النشا يتكون من وحدات تتراوح بين ٢٠٠٠ و ٣٠٠٠ وحدة. وقد يصل وزن الجزىء فى بعض أنواع النشا إلى ٥٠٠٠٠٠ أو أكثر، وأحيانا يحتوى جزىء النشا على حمض الفسفوريك.

وتوجد جزيئات النشا فى الطبيعة مجتمعة فى صورة حبيبات تتكون كل منها من جزيئين كربوايدراتيين هما الألفا أميلوز Alpha Amylose والبيتا أميلوز Beta Amylose والأول أقل ذوبانا وأصعب إنحلالا 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 فى 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 — الاميلازات — إلى مركبات بسيطة متنوعة . وأول تغيير يطرأ على النشا هو تحوله إلى نشاذائب ثم تكوّن عدد من الدكسترينات تتحول بدورها إلى مالتوز ، فاذا كان الإنحلال بتأثير الحمض كان الجلوكوز هو الناتج النهائى للإنحلال، أما الإنحلال الأنزيمى للنشا فينتهى بسكر المالتوز فقط .

الانحلال الحمضى :

$$(ك_{٦} يد_{١٠} ا_{٥})ن + ن يد_{٢} ا = ن\ ك_{٦} يد_{١٢} ا_{٦}$$ جلوكوز

الإنحلال بالانزيم :

$$(ك_{٦} يد_{١٠} ا_{٥})ن + \frac{ن}{٣} يد_{٢} ا = \frac{ن}{٣}\ ك_{١٢} يد_{٢٢} ا_{١١}$$ مالتوز

ب ـ الجليكوجين Glycogen : $(ك_{٦} يد_{١٠} ا_{٥})ن$ ويسمى أحيانا بالنشا الحيوانى ويكاد يكون المركب الكربوايدراتى الوحيد الذى يخزن فى جسم الحيوان ، وهو يوجد بكثرة فى الكبد والعضلات، ولو انه قد أمكن فصل الجليكوجين من العظام والدم والجلد وأنسجة أخرى كثيرة .

ومن المعتقد أن الجليكوجين يوجد فى صورة سلاسل متفرعة تكوّن جزيئا كبيرا يحتوى على حوالى ٢٤٠٠ وحدة من الجلوكوز ، ومثل هذا الجزىء يكون وزنه الجزيئى حوالى ٤٠٠ر٠٠٠ ، والجليكوجين قابل للذوبان فى الماء بسرعة ويكوّن معه محلولا غرويا .

حـ ـ الدكسترينات Dextrins $(ك_{٦} يد_{١٠} ا_{٥})ن$ وهى مركبات وسطى فى إنحلال النشا إلى مالتوز ، ، وهى تختلف عن النشا فى أنها قابلة للذوبان فى الماء البارد ، وتختلف عن المالتوز فى أنها غير قابلة للذوبان فى الكحول وهى توجد فى الجذور والسوق والأوراق فى 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 .

د — السليلوز Cellulose ($ك_{٦}يد_{١٠}ا_{٥}$)ن وهو أيضا يتكون من وحدات من الجلوكوز متصلة ببعضها فى شكل سلاسل ولكنه يختلف عن النشا والجليكوجين فى أن سلاسله ليست متفرعة بل مستقيمة ، ويختلف طول السلسلة إختلافا كبيرا . وهناك من يعتقد أن السلسلة الواحدة تتكون من عدد من الوحدات يتراوح بين ١٠٠و٢٠٠ وحدة من الجلوكوز بينما يعتقد البعض الآخر أنها تتكون من عدد من الوحدات يتراوح بين ١٠٠٠و٢٠٠٠ وحدة .

والسليولوز هو المركب الرئيسى للجزء الليفى أو الخشبى فى النباتات وهو الذى يكسبها الصلابة ، فهو يؤدى وظيفة العظام فى الحيوان . ومن النادر وجود السليولوز على حالة نقية غير متحدة ، فإنه يكون متحدا مع مواد أخرى مثل اللجنين والبكتين ويطلق عليه إذ ذاك إسم الهيميسيلوز Hemicellulose وهو لا يتأثر بالانزيمات الهضمية ولو أن انحلاله انحلالا مائيا يؤدى فى النهاية إلى سكر الجلوكوز. ويطلق على السليلوز والهميسليلوز فى الأغذية اسم ,, الألياف ،، . ولا تحتسب الألياف ضمن تقديرات الكربوايدرات فى جداول تحاليل الأغذية ، وقد ترد فى تلك الجداول منفردة وقد لا ينص عليها .

٣ ــ المواد الدهنية

وهى تشمل الدهون والمواد المنتسبة إليها التى تشترك معها فى صفاتها الطبيعية العامة كالملمس الدهنى وعدم الذوبان فى الماء الخ ، والتى يطلق عليها اسم الليبيدات Lipides ، وهى ماتقدر فى المواد الغذائية تحت اسم المستخلص الأثيرى . وتقسم الليبيدات إلى المجموعات الآتية :

١ ــ **ليبيدات بسيطة** : وهى استرات الأحماض الدهنية مع كحولات مختلفة وتشمل :

ا ــ الدهون الحقيقية ـ وهى استرات الأحماض الدهنية مع الجليسرول.

ب ــ الشموع ـ وهى استرات الأحماض الدهنية مع كحولات أخرى غير الجليسرول .

٢ ــ **ليبيدات مركبة** : وهى استرات الأحماض الدهنية مع كحولات أخرى ومتحدة فى نفس الوقت مع مجموعات أخرى أضافية ، وتشمل :

ا ــ الفسفوليبيدات ـ وهى دهون حدث فيها استبدال ، وتحتوى على حمض الفسفوريك والنتروجين ومن أمثلتها الليسيثين Lecethin

ب ــ الجليكوليبيدات وهى مركبات دهنية تحتوى على الكربوايدرات والنتروجين مثل الفرينوسين Phrenosin والكيراسين Kerasin وتسمى هذه أيضا بالسيربروسيدات . Cerebrosides

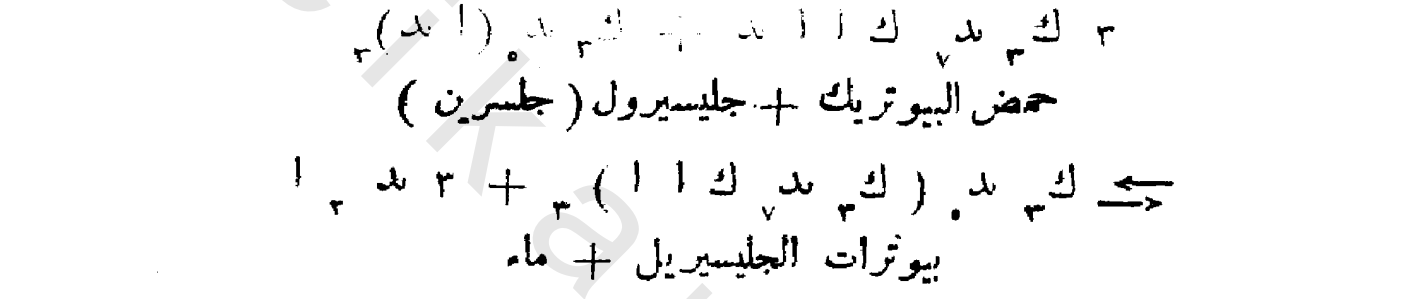
٣ ــ **ليبيدات مشتقة** : وهى مواد تنتج من انحلال مائى للمجموعات السابقة تشمل :

ا ــ الأحماض الدهنية للسلاسل المختلفة .

ب ــ الاستيرولات Sterols ـ وهى فى معظمها كحولات ذات أوزان جزيئية عالية توجد فى الطبيعة متحدة مع الأحماض الدهنية وتذوب فى مذيبات الدهون ومن أمثلتها الكوليستيرول Cholesterol.

الدهون الحقيقية True Fats

توجد الدهون فى الطبيعة بوفرة فى المواد النباتية والحيوانية مثل بذرة القطن والفول السودانى وجوز الهند والسمسم وفى الزيتون واللبن والزبد والجبن واللحم ، وتعتبر الدهون استرات للكحول الثلاثى الايدارت المسمى بالجليسيرول (الجلسرين) مع الأحماض الدهنية ، ويطلق على هذه الاسترات اسم الجليسريدات .



حمض البيوتريك + جليسيرول (جلسرين)

بيوترات الجليسيريل + ماء

ويتكون الدهن فى الطبيعة من مزيج من جليسيريدات متباينة بنسب مختلفة ، ومن أمثلة الجليسيريدات الشائعة البيوترين والكبروين والكبريلين والكبرين والمرستين والبالمتين والاستيارين الخ ...

ويستعمل لفظ دهن ولفظ زيت للتمييز بين الدهون الصلبة والسائلة فإذا كانت المادة صلبة على درجة ٢٠°م سميت دهنا ، أما إذا بقيت سائلة على هذه الدرجة سميت زيتا . ويعتبر الأولان من أهم الجليسريدات التى توجد بكمية وفيرة فى زيت الزيتون فيكسبه صفة السيولة ، علاوة على احتوائه على جزء بسيط من كل من البالمتين والاستيارين ، بينما يحتوى الدهن الحيوانى على زيادة من البالمتين والاستيارين وقلة من الاوليين . اما دهن اللبن فانه مزيج من مجموعة الدهون التى تبدأ بالبيوترين وتنتهى بالاستيارين — علاوة على احتوائه على الاوليين بنسبة كبيرة .

ويتكون جزىء الدهن عن اتحاد الحمض الدهنى مع الجليسيرول ، ويتكون

الماء كذلك نتيجة لهذا التفاعل ، وعلى ذلك فان جزىء الدهن عند انحلاله مائيا بفعل الأحماض أو الانزيمات يؤدى إلى انفراد الحمض الدهنى المناظر وكذلك الجلسرين . ولما كانت الدهون فى الطبيعة مزيجا من الجليسيريدات فإن الانحلال المائى لها يؤدى إلى تكوّن عدد كبير من الاحماض الدهنية إلى جانب الجلسرين .

الأحماض الدهنية

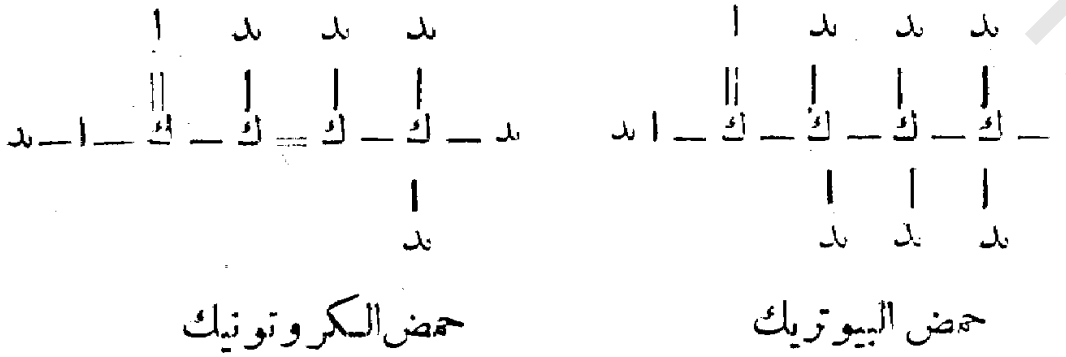
يمكن إلى حد كبير فهم خواص الدهون والزيوت من دراسة الاحماض الدهنية التى تدخل فى تركيبها ، والاحماض الدهنية تنقسم إلى مجموعتين :

الاحماض الدهنية المشبعة وهى الاحماض التى يحتوى الجزىء منها على كل مايلزم من الأيدروجين الذى يستطيع الاتحاد به ، فالرمز العام لها ك$_{ن}$ ىد$_{٢ن+١}$ ك ا ا ىد .

الاحماض الدهنية غير المشبعة وهى التى يحتوى الجزىء منها على أقل مما يلزمه من الايدروجين ، وفيه تتصل ذرات من الكربون ببعضها برابطة مزدوجة أو أكثر .

فحمض البيوتريك ك$_{٣}$ ىد$_{٧}$ ك ا ا ىد حمض مشبع .

أما حمض الكروتونيك ك$_{٣}$ ىد$_{٥}$ ك ا ا ىد فهو حمض غير مشبع



حمض البيوتريك

حمض الكروتونيك

ومن مقارنة المثلين السابقين يتضح أن حمض الكروتونيك وهو يحتوى على رابطة واحدة مزدوجة ينقص عن حمض البيوتريك بذرتين من الايدروجين. وتسمى بمجموعة الأحماض الدهنية غير المشبعة ،والتى تحتوى على رابطة واحدة مزدوجة بمجموعة الاوليك، ذلك أن حمض الاوليك هو أهم أحماض تلك المجموعة والرمز العام لها كن بد٢ن-١ ك ا ا بد

أما بمجموعة الاحماض الدهنية غير المشبعة التى تحتوى على رابطتين مزدوجتين فتسمى بمجموعة اللينولييك ورمزها العام كن بد٢ن-٣ ك ا ا بد

أما بمجموعة الاحماض الدهنية غير المشبعة التى تحتوى على ثلاث روابط زوجية فتسمى بمجموعة اللينولينيك، ورمزها العام كن بد٢ن-٥ ك ا ا بد

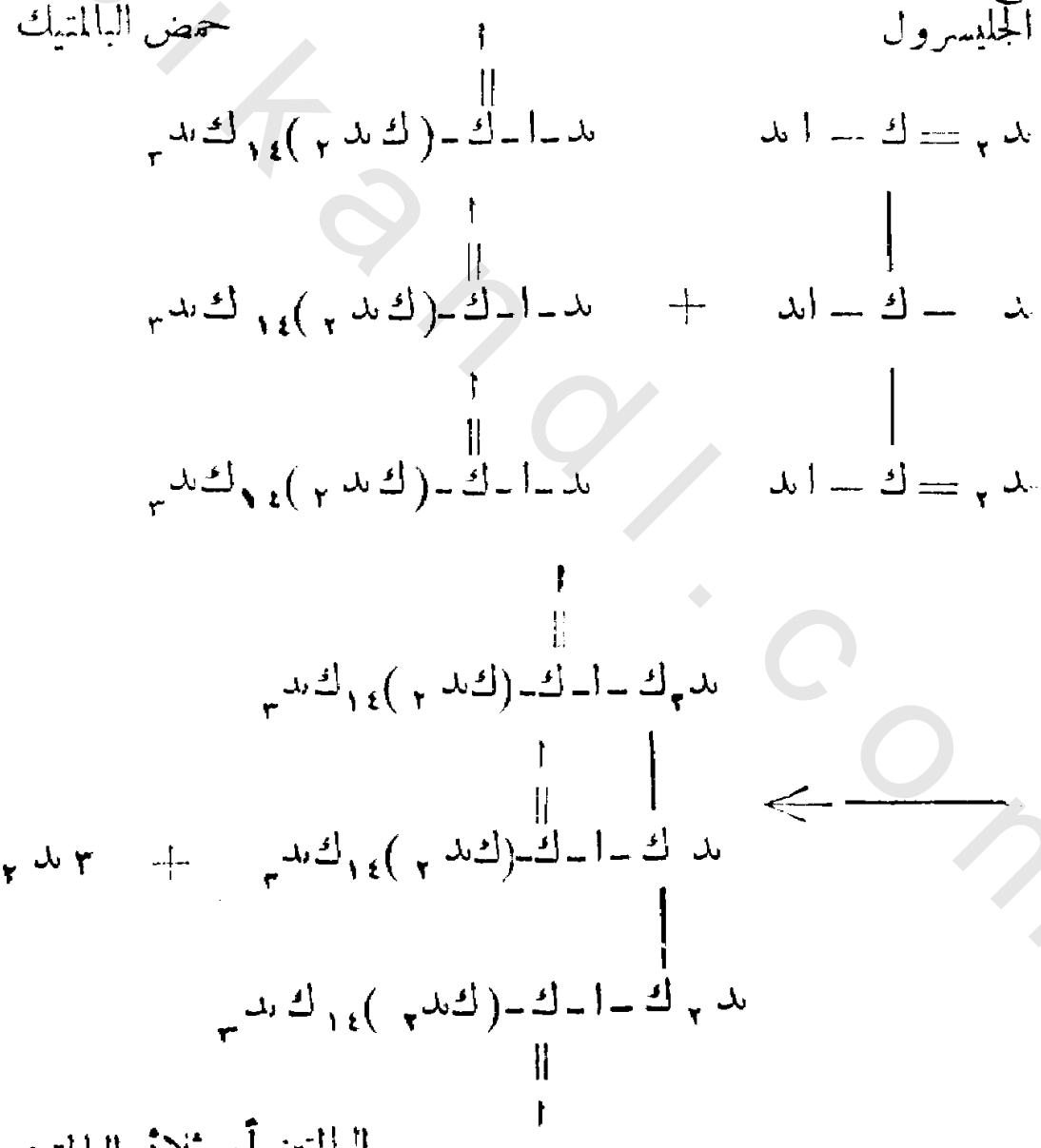
ونقطة الانصهار للاحماض الدهنية المشبعة أعلى منها لغير المشبعة التى تحتوى على نفس العـــدد من ذرات الكربون ، فحمض الاستياريك ك١٧ بد٣٥ ك ا ا بد وهو مشبع يوجد فى حالة صلبة ودرجة انصهاره ٧٠م° ، بينما حمض الاوليك ك١٧ بد ٣٣ ك ا ا بد وهو غير مشبع يكون سائلا ودرجة انصهاره ١٤° م . وهذه الصفات تنتقل إلى الجليسيريدات المناظرة . والدهون فى الطبيعة تجمع بين جليسيريدات مشبعة وغير مشبعة، وتتفاوت نسب كل منها فى الدهن فتؤثر على صفاته العامة ،فالدهون الصلبة هى التى تحتوى على نسبة عالية من الجليسيريدات المشبعه ونسبة منخفضة من غير المشبعة ، أما الدهون اللينة أو الزيت فهى على عكس ذلك تحتوى على نسبة عالية من الجليسيريدات غير المشبعة . ويمكن تشبيع هذه الأخيرة صناعيا بجعلها تتحد مع الايدروجين فى وجود عامل ملامس. وبذا تكتسب صفة الصلابة وتباع أحيانا باسم المسلى الصناعى .

جدول — ٢ — أهم الاحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة التى تدخل فى تركيب الزيوت والدهون ومصادر كل منها :

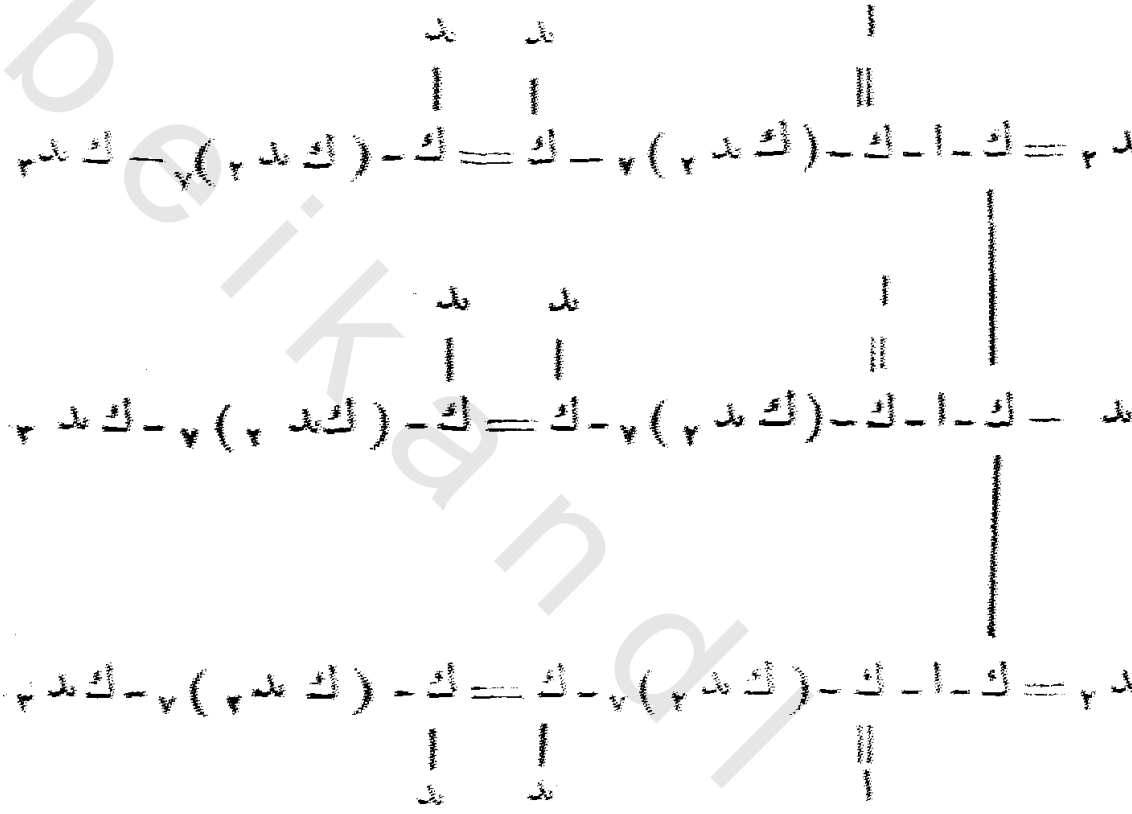
الاسم	الرمز	أهم مصادره
الاحماض الدهنية المشبعة		
حمض البيوتريك	ك$_{٤}$ ند$_{٧}$ ك$_{١١}$ ند	فى الزبدة
« الكبرويك	ك$_{٥}$ ند$_{١١}$ ك$_{١١}$ ند	« الزبدة وزيت جوز الهند وزيت النخيل
« الكبريليك	ك$_{٧}$ ند$_{١٥}$ ك$_{١١}$ ند	« زيت جوز الهند وزيت النخيل والزبدة
« الكبريك	ك$_{٩}$ ند$_{١٩}$ ك$_{١١}$ ند	« « « « « « «
« اللوريك	ك$_{١١}$ ند$_{٢٣}$ ك$_{١١}$ ند	« زيت اللوريك وزيت جوز الهند وزيت النخيل
« المرستيك	ك$_{١٣}$ ند$_{٢٧}$ ك$_{١١}$ ند	« الزبدة
« البالمتيك	ك$_{١٥}$ ند$_{٣١}$ ك$_{١١}$ ند	« جميع الدهون الحيوانية والنباتية وبكثرة فى دهن الخنزير
« الاستياريك	ك$_{١٧}$ ند$_{٣٥}$ ك$_{١١}$ ند	« الدهون النباتية والحيوانية وبكثرة فى الشحم
« الاراكيديك	ك$_{١٩}$ ند$_{٣٩}$ ك$_{١١}$ ند	« زيت الفول السودانى .
	ك ن ند$_{٢ن+١}$ ك$_{١١}$ ند	

الاسم	الرمز	أهم مصادره
الاحماض الدهنية الغير مشبعة	ك ن ١د٢ن-١ ك ١١ ١د	
ا ـ مجموعة الاوليك حمض الاوليك	ك ١٧ ١د ٣٣ ك ١١ ١د	فى جميع الدهون الحيوانية والنباتية
ب ـ مجموعة اللينولييك حمض اللينولييك	ك ن ١د ٢ن ـ ٣ ك ١١ ١د ك ١٧ ١د ٣١ ك ١١ ١د	فى الدهون النباتية والحيوانية وخصوصا فى زيت بذر القطن والكتان ، وقد ثبتت ضرورته فى التغذية .
حـ ـ مجموعه اللينولينيك حمض اللينولينيك	ك ن ١د٢ن-٥ ك ١١ ١د ك ١٧ ١د ٢٩ ك ١١ ١د	فى الدهون النباتية والحيوانية وخصوصا فى زيت بذر الكتان ، وقد ثبتت ضرورته فى التغذية .
د ـ أحماض أخرى غير مشبعة أهمها حمض الاراكيدونيك	ك ١٩ ١د ٣١ ك ١١ ١د	فى المخ والكبد وصفار البيض والزبدة ، وقد ثبتت أهميته فى التغذية .

ولما كان جزىء الجليسرول ك٣ ند٥ (ا ند)٣ يحتوى على ثلاث مجموعات من الايدروكسيل فانه عندما يحل أساس الحامض الدهنى محل مجموعة واحدة من الايدروكسيل فى جزىء الجليسرول فان المركب الناتج يعتبر وحيد الجليسريد ، فإذا حل محل مجموعتين من الايدروكسيد كان المركب الناتج ثنائى الجلسريد، وإذا حل محل الثلاث مجموعات من الايدروكسيل فان الدهن الناتج يكون ثلاثى الجلسريد . فمثلا دهن ثلاثى البالمتين ك٣ ند٥ (ك١٥ ند٣١ ك ا ا)٣ يتكون عن اتحاد جزىء من الجلسرين مع ثلاثة جزيئات من حمض البالمتيك كالآتى .



وبنفس الطريقة يتكون الاوليين ك ٢ بد ٥ (ك ١٢ بد ٣٣ ك ١١)٣ من اتحاد الجليسرول مع حمض الاوليك . وفيما يلى رمز الاوليين أو ثلاثى الاوليين :



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

والجدول الآتى يبين نسبة الأحماض الدهنية التى تنتج عن انحلال الدهون الشائعة :

جدول — ٣ — نسبة الأحماض الدهنية التى تنتج عن انحلال الدهون الشائعة :

الحمض الدهنى		النسبة المئوية للحمض الدهنى بالنسبة للأحماض الدهنية الكلية								
		دهن الزبدة	دهن الخنزير	دهن البقر	زيت الزيتون	زيت بذرة القطن	زيت القول السودانى	زيت جوز الهند	زيت بذر الكتان	زيت فول الصويا	زيت الذرة
البيوتريك	Butyric	٤،٦									
الكبرويك	Caproic	١،٨						٠،٥			
الكبريليك	Caprylic	١،٣						٨،٦			
الكبريك	Capric	١،٣						٦،٣			
الوريك	Lauric	٥						٤٥			
المرستيك	Myristic	١٧،٧	٠،٧	٢،٧		٠،٣		١٨			
الباليتيك	Palmitic	١٦	٢٥،٢	٢٧	٦	٢١	٦،٣	٨،٨	١٠	٩،٤	٧،٨
الاستياريك	Stearic	٣،٧	١٢،٨	٢٣،٩	٤	٢	٤،٩	٢،١		٤،١	٣،٥
الاراكيديك	Arachidic			٠،٨		٠،٦	٣،٣				٠،٤
الاوليك	Oleic	٤٨	٥٤،٢	٤٠،٧	٨٣	٢٨،٦	٦٠،٦	٦،٦	١١	٢٨،٥	٤٦،٣
اللينوليك	Linoleic		٧،١	١،٨	٧	٤٧،٢	٢١،٦	١،٧	٣٥،٦	٥٥	٤١،٨
اللينولينك	Linolinic								٤٣،٤	٣	
الليجنوسيريك	Lignoceric					٢،٦					٠،٢
أحماض متنوعة		٠،٤									
أحماض غير مقدرة		٢،		٣،١		٠،٣	٠،٧	٢،٤			
اجمالى		١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠

Openkanal.com

الشموع Waxes

هى عبارة عن استرات أحماض دهنية عالية ، إلا أنها تختلف عن الدهون فى أنها تحتوى على كحولات وحيدة الإيدروكسيل وأحيانا ثنائية الإيدروكسيل بدلا من الجليسرول .

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

الستيرولات Sterols

هى كحولات معقدة التركيب ذات أوزان جزيئية عالية توجد فى الطبيعة إما منفردة ، أو متحدة مع الأحماض الدهنية على حالة استرات ، أو متحدة مع الكربوايدارت على حالة جلوكسيدات . وهى توجد فى أنسجة الحيوانات والنباتات .

وأهم الستيرولات المعروفة هى :

١ — الكوليستيرول Cholesterol — يوجد هذا المركب بوفرة فى المخ وصفار البيض وزيت كبد الحوت وفى الجزء غير المتصبن من الدهون الحيوانية ، ولهذا المركب فوائد حيوية خاصة فى الجسم .

٢ — السيتوستيرول Sitosterol وهو يوجد فى الزيوت النباتية مثل زيوت الذرة والقمح وبذرة القطن وبذرة الكتان ، كما يوجد فى الجزء غير المتصبن من الزيت .

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

الفسفوليبيدات Phospholipids

وتسمى أيضا بالفوسفاتيدات وهى مركبات شبيهة بالدهون وتحتوى على الفسفور والنتروجين وتعطى عند انحلالها مائيا أحماضا دهنية وجليسرول وحمض فوسفوريك وقاعدة نتروجينية تسمى بالكولين Choline وهى توجد بصفة خاصة فى المخ والكبد وأهم مجموعتين تحت هذا القسم هما:

١ — مجموعة الليسيثينات Lecethins وهى ذات أهمية حيوية خاصة ويعتبر صفار البيض وفول الصويا من المواد الغنية فى هذه المركبات .

٢ — مجموعة السيفالينات أو الكيفالينات Cephalins or Kefalins وهى توجد مع الليسيثينات فى المخ .

الجليكوليبيدات Glycolipids أو السيريبروسيدات Cerebrosides

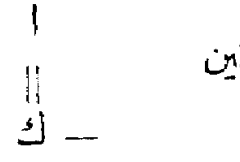
وهى مركبات توجد بكمية كبيرة فى المخ ويتكون عن انحلالها جلاكتوز وقاعدة نتروجينية اسمها سفنجوسين وحمض دهنى .

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 لابد 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 والأيدروجين والأكسجين والنتروجين. ومعظم البروتينات تحتوى بالاضافة إلى ذلك على عنصر الكبريت ، والبعض منها يحتوى على عنصر الفسفور ، والقليل يكون محتويا على الحديد أو النحاس أو المنجنيز .

ويوجد معظم النتروجين فى جزىء البروتين على صورة رابطة ببتيدية .



وتختلف نسبة العناصر الرئيسية فى البروتين اختلافا كبيرا ، ومتوسط نسب هذه العناصر فى تركيب البروتينات كالآتى : ٥٣ ٪ كربون ، ٧ ٪ ايدروجين ، ٢٣ ٪ اكسجين ، ١٦ ٪ نتروجين ، ١ ٪ كبريت . وعادة تتفاوت نسبة النتروجين فى البروتينات المختلفة تفاوتا كبيرا ، 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 النتروجين × ٦,٢٥) .

تقسيم البروتينات

نظرا لكثرة البروتينات وزيادة تعقدها كان تقسيمها من الأمور

الصعبة. وهى تقسم الآن على أساس خواصها كذوبانها وتجمعها ونواتج انحلالها المائى إلى الأقسام الآتية :

ا — **البروتينات البسيطة** Simple Proteins : تعطى عند انحلالها مائيا أحماضا أمينية أو مشتقاتها وتشمل هذه المجموعة :

١ — البيومينات Albumins : من أمثلتها البيومين البيض، ولكتالبيومين اللبن ، والبيومين السيرم (الدم) وليجيوميلين البسلة .

٢ — جلوبيولينات Globulins : من أمثلتها أبديستين القمح وفاصولين الفاصوليا ولجيومين الفاصوليا والبسلة وتيوبرين البطاطس وأماندين اللوز ومثل جلوبيولين العظام وجلوبيولين السيرم .

٣ — جلوتيلينات Glutelins : أشهر مركبات هذه المجموعة وأهمها هو جلوتينين القمح .

٤ — بروتامينات Protamines : من أمثلتها جليادين القمح وزاين الذرة وهوردين الشعير .

ب — **البروتينات المتصلة أو المقترنة** Conjugated Proteins : هى مواد تحتوى على جزىء البروتين متحدا مع جزىء آخر أو جزيئات أخرى وتشمل :

١ — بروتينات النواة Nucleoprteins : يتركب الجزىء فى هذه المركبات من جزىء واحد أو أكثر من البروتين متحدا مع حمض النوكليك ومن أمثلتها حمض التريتيكونوكليك ويوجد فى جنين القمح .

٢ — جليكوبروتينات Glycoproteins أو جلوكوبروتينات Glucoproteins

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

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

٤ — هيموجلوبينات Hemoglobins : يكون جزىء البروتين فيها متحدا مع الهيمانين 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 جزىء البروتين وتفككه إلى أجزاء مختلفة الحجم والخواص ، وهى عبارة عن نواتج الانحلال الأنزيمى للبروتينات عند هضمها وتشمل :

ا — البروتيوزات Proteoses وهى نواتج إيدروليتية لانحلال البروتين

ب — الببتونات Peptones وهى مركبات أقل تعقيداً من سابقتها

حـ — 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 رباعيته الخ ... أو قد تكون عديدة الببتيدات .

جدول ٤ — البروتينات الرئيسية لبعض الاغذية الشائعة (محسوبة على الحالة غير المجففة)

الاسم	البروتينات الموجودة	المجموعة التابعة له	النسبة المئوية فى المادة
القمح	جليادين	الذائبة فى الكحول	٣,٩١
	جلوتنين	الجلوتلينات	٤,١٧
	جلوبيولين	الجلوبيولينات	٠,٦٣
	لوكوسين	الالبيومينات	٠,٣٦
	بروتيوز	البروتيوزات	٠,٤٣
	متنوعات		١,١٠
		اجمالى	١٠,٦٠
الذرة	زاين	الذائبة فى الكحول	٥,٠٠
	زيانين	الجلوتلينات	٣,١٥
	مايسين	الجلوبيولينات	٠,٢٥
	جلوبيولين	الجلوبيولينات	٠,١٤
	بروتيوز	البروتيوزات	٠,٠٦
		اجمالى	٨,٦٠
الشعير	هوردين	الذائبة فى الكحول	٤,٠٠
	هوردنين	الجلوتلينات	٤,٥٠
	لوكوسين	الالبيومينات	٠,٣٠
	اديستين	الجلوبيولينات	١,٩٥
	بروتيوز	البروتيوزات	
		اجمالى	١٠,٧٥
الفاصوليا	فاصيولين	الجلوبيولينات	٢١,٥٠
الجافة	فاصيلين	الجلوبيولينات	٢,١١
		إجمالى	٢٣,٥٠

obeikandl.com

الاسم	البروتينات الموجودة	المجموعة التابعة له	النسبة المئوية فى المادة
الارز	اوريزينين	الجلوتلينات	٤,٠٠
	جلوبيولين	الجلوبيولينات الذائبة فى الكحول	٥,٩٠
			اجمالى ٩,٩٠
البسلة	لجيوميلين	الالبيومينات	٢,٠٠
	لجيومين	الجلوبيولينات	١٠,٠٠
	فيسللين	الجلوبيولينات	
	بروتيوز	البروتيوزات	١,٠٠
	غير مقدرة		١١,٥٠
			اجمالى ٢٤,٥٠
اللبن البقرى	كازين	الفسفوبروتينات	٢,٧٤
	لاكتالبيومين	الالبيومينات	٠,٦٠
	جلوبيولين	الجلوبيولينات	اثار
			اجمالى ٣,٣٤
البيض	البيومين البيض	الالبيومينات	٨,٢٠
	فيتللين	الفسفوبروتينات	٥,٢٠
			اجمالى ١٣,٤٠
اللحم الأحمر (لحم العجول البتللو)	ميوجين	الالبيومينات	٢,٠٠
	موبالبيومين	الالبيومينات	٠,٢٠
	ميوسين	الجلوبيولينات	١٣,٦٠
	جلوبيولين	الجلوبيولينات	٤,٢٠
			اجمالى ٢٠,٠٠

الاحماض الامينية Amino acids

وهى نواتج الانحلال النهائية للبروتين وأبسط صورة للمواد البروتينية، وهى تعتبر الوحدات التى يتألف منها جزىء البروتين. وقد أمكن فصل ما يقرب من ٢٥ حمضا أمينيا أهمها ما يأتى :

١ — أحماض وحيدة الامين وحيدة الكربوكسيل

« ا » احماض اليفاتية

١ - الجلايسين Glycine ٢ - الانين Alanine

٣ - فالين Valine ٤ - لوسين Leucine

٥ - ايزولوسين Isoleucine ٦ - نورلوسين Norleucine

٧ - سيرين Serine ٨ - ثريونين Threonine

« ب » احماض ذات نواة عطرية

٩ - فينيل الانين Phenyl alanine ١٠ - تيروسين Tyrosine

« ج » احماض تحتوى على الكبريت

١١ - سستئين Cysteine ١٢ - سستين Cystine

١٣ - ميثايونين Methionine

« د » احماض تحتوى على اليود

١٤ - ثنائى يودو تيروسين Diiodotyrosine

١٥ - ثايروكسين Thyroxine

٢ — احماض وحيدة الامين ثنائية الكربوكسيل

١٦ - حمض الاسبارتيك Asparatic acid

١٧ - حمض الجلوتاميك Glutamic acid

١٨ - حمض الايدروكسى جلوتاميك Hydroxy glutamic acid

٣ – احماض امينية قاعدية

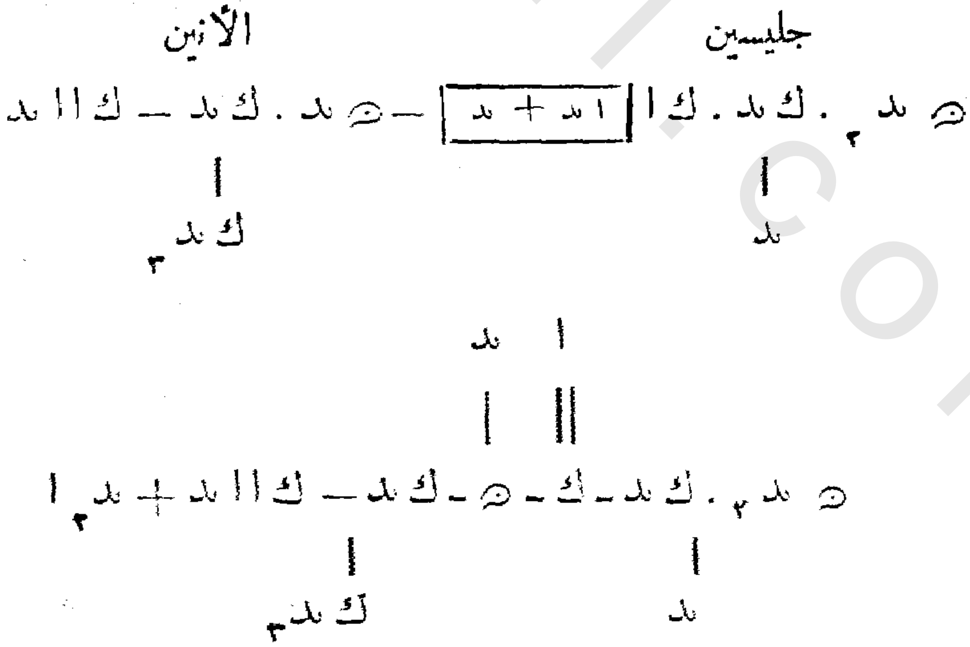
١٩ – لايسين	Lysine
٢٠ – هستيدين	Histidine
٢١ – ارجينين	Arginine

٤ – احماض امينية غير متوافقة الحلقة Heterocyclic Amino Acids

٢٢ – تربتوفان	Tryptophane
٢٣ – برولين	Proline
٢٤ – ايدروكسى برولين	Hydroxy Proline

جزىء البروتين

وفى الأحماض السابق ذكرها يحتوى كل حمض أمينى على الأقل على مجموعة من الأمين ومجموعة من الكربوكسيل . وتعطى مجموعة الأمين الصفة القاعدية للحمض الأمينى بينما تعطى مجموعة الكربوكسيل الخواص الحمضية . ويمكن تمثيل اتحاد حمضين أمينيين لتكوين ثنائى الببتيد كالآتى :



Glycyl alanine جلايسيل الانين

obeikandl.com

وتسمى الرابطة ك ا . ﴿ ـد بالرابطة الببتيـــدية Peptide linkage ويلاحظ فى المركب ثنائى الببتيد السابق أنه يحتوى على الأقل على مجموعة من الأمين ومجموعة من الكربوكسيل مما يجعل فى استطاعته أن يتحد بحمض أمينى ثالث ليكون ثلاثى الببتيدات . وهذا الأخير يمكنه أن يتحـــد بنفس الطريقة مع حمض أمينى رابع لتكوين رباعى الببتيدات وهكذا .

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

فهنالك إحتمال لحدوث اتحادات بين الخمس والعشرين حمضا أمينيا وتكوين ٦٢٥ من ثنائى الببتيد أو ١٥٦٢٥ من ثلاثى الببتيد . وهكذا يتبين أن عدد الأحماض الأمينية فى جزىء 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 أمينيا ، ويمكن من معرفة نوع هذه الأحماض الأمينية وأوزانها الجزيئية أن نتوقع لجزىء مثل هذا البروتين وزنا جزيئيا كبيراً للغاية . وقد قدر لزايين الذرة وزنا جزيئيا حوالى ٣٥,٠٠٠ ، وهيموجلوبين الدم حوالى ٦٨٠٠٠ ، وقد يصل الوزن الجزيئى لبعض البروتينات إلى ٢٠٠٠٠٠٠

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

جدول — ٥ — المقادير النسبية للأحماض الأمينية التى أمكن فصلها من بعض البروتي

الأحماض الأمينية	كيزين اللبن	لاكتالبومين اللبن	اوفالبومين البيض	فيتلين البيض	جليادين	جلوتينين القمح	جليادين القمح	ليجومين البسلة	أدبستين	زاين الذرة	
جلايسين	صفر	صفر	صفر	صفر	٢٥,٣	٠,٩	صفر	٠,٤	٣,٨	صفر	ه
الأنين	١,٥	٢,٥	٨,٤	٠,٨	٨,٧	١,٧	٢,٠	٢,١	٣,٦	٩,٨	٠
فالين	٧,٢	٠,٩	٠,٠	١,٩	٠,٠	٠,٢	٣,٤	٠,٠	٦,٢	١,٩	٠
لوسين وايزولوسين	٩,٤	١٩,٤	١٥,٢	٩,٩	٧,١	٦,٠	٦,٦	٨,٠	٢٠,٠	٢٥,٠	٠
سيرين	٠,٥	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٤	٠,٧	٠,٢	٠,٥	٠,٤	١,٠	١
فينيل الأنين	٣,٢	٢,٤	٥,٢	٢,٦	١,٤	٢,٠	٢,٤	٣,١	٣,١	٦,٦	٢
تيروسين	٤,٥	٠,٩	٣,٢	٣,٤	٠,٠	٤,٣	١,٢	١,٦	٢,١	٣,٦	٠
سستين	٠,٠	٠,٠	٠,٤	٠,٠	٠,٠	٠,٠٣	٠,٥	٠,٠	١,٠	١,٠	٢
ميثايونين	١,٤	٠,٠	٢,٥	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	؟	؟	٠
حمض اسبارتيك	٤,١	١,٠	٦,١	٢,٢	٣,٤	٠,٩	٠,٦	٥,٣	٤,٥	١,٧	٤
حمض جلوتاميك	٢١,٦	١٠,٠	٢٤,٠	١٣,٠	٥,٨	٢٣,٤	٤٣,٧	١٧,٠	١٨,٧	٢٦,٠	٧
« ايدروكسى جلوتاميك	٠,٥	٠,٠	١,٤	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٢,٥	٠
لايسين	٦,٠	٩,٢	٥,٠	٥,٤	٥,٩	١,٩	٠,٢	٥,٠	١,٦٥	٠,٠	١
هستدين	٢,٥	٢,١	١,٤	١,٢	٠,٩	١,٨	٠,٦	٢,٤	٢,٢	٠,٨	٦
أرجنين	٣,٨	٣,٢	٥,٤	٧,٩	٩,١	٤,٧	٣,٢	١١,٧	١٤,٢	١,٥٥	٣
تريبتوفان	١,٧	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	١,٠	٠,٠	١,٥	٠,٠	٠
برولين	٨,٠	٤,٠	٤,٣	٤,٢	١٩,٧	٤,٢	١٣,٢	٣,٢	٤,١	٠,٩	٣
ايدروكسى برولين	٠,٣	٠,٠	٠,٠	٠,٠	١٤,٤	٠,٠	٠,٠	٠,٠	؟	؟	٠
أمونيا	١,٦	١,٣	٠,٠	١,٣	٠,٤	٤,٠	٥,٢	٢,١	٢,٣	٣,٦	٠
الاجمالى	٨٧,٨	٥٧,٩	٧٢,٤	٥٣,٨	١٠٢,٥	٥٩,٧	٨٤,٠	٦٣,١	٨٩,٤	٩٤,١	٦٨

٥ — الاحماض العضوية

تحتوى بعض الأغذية خصوصا الفاكهة والخضر على كميات محسوسة من الاحماض العضوية أو أملاحها الحمضية . فالموالح والفراولة والبسلة والفاصوليا تحتوى على حمض الستريك بكميات متفاوتة ، إلا أن الموالح أكثرها احتواء عليه . كذلك يوجد حمض الماليك بكثرة فى التفاح كما يوجد فى الموز والقرنبيط والعنب والكمثرى والموالح والطماطم . اما حمض الطرطريك فانه يوجد بنسبة عالية فى العنب كما يوجد فى الخيار وفى البطاطس .

جدول — ٦ — يبين النسب المئوية لحمضى الستريك والماليك فى بعض الخضر والفاكهة

خضار	حمض ستريك ٪	حمض ماليك ٪	فاكهة	حمض ستريك ٪	حمض ماليك ٪
بامية	٠,٠٠٢	٠,١٢	برتقال	٠,٩٨	اثار
باذنجان	٠,٠٠٠	٠,١٧	تفاح	٠,٠٠٠	٠,٥—٠,٧٥
بسلة	٠,١١	٠,٠٨	تين	٠,٣٤	٠,٠٠٠
بصل	٠,٠٠٢	٠,١٧	جوافة	٠,٦٢	٠,٠٠٨
بطاطس	٠,٠٥١	٠,٠٠٠	جريب فروت	١,٣٣	٠,٠٠٠
بطيخ	٠,٠٠٠	٠,٣٠	خوخ بلدى	٠,٠٠٠	١,١٥
جزر أصفر	٠,٠٩	٠,٢٤	رمان	٤,٥٢	٠,٠٠٠
خرشوف	٠,١٠	٠,١٧	عنب	٠,٠٠٢	٠,٣١
سبانخ	٠,٠٠٨	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	٠,٠٠٠
كنبون	٠,١١	٠,١٠	ليمون اضاليا	٣,٨٤	٠,٠٠٠
			عصير ليمون اضاليا	٦,٠٠	٠,٢٩

obeikandl.com

وعلى الرغم من أن الاحماض العضوية توجد فى المواد الغذائية بنسبة ضئيلة كما يتبين من الجدول السابق ، إلا أنها تلعب دورا هاما بما تحدثه من توازن بين الحموضة والقلوية فى الجسم مما سيأتى شرحه . والاحماض العضوية فى حالتها المتأينة تحكم النشاط البيولوجى فى الخلايا الحية وتعمل على صيانة الكيان الغروى لها وهى فى 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 فى المادة الغذائية أكثر دلالة على درجة حموضتها من تقدير الاحماض الموجودة بها باستخدام طريقة التنقيط Titration ، ولما كان الماء النقى مادة متعادلة تتساوى فيها درجة تركيز أيون الايدروجين $ايد^+$ ودرجة تركيز أيون الايدروكسيل $ايد^-$ (١٠٠٠٠٠٠٠ جرام أيون لكل لتر)، فإن الماء يعتبر الحد الفاصل بين الحموضة والقلوية . إلا أن التعبير عن درجات تركيز أيون الايدروجين باجزاء عشرية من الجرام لكل لتر يؤدى إلى صعوبة التمييز والمقارنة ويعرض للخطأ وقد توصل سورنسن Sörensen إلى استنباط طريقة مبسطة للتعبير عن قوة الحموضة باستخدام لوغاريتم مقلوب درجة تركيز أيون الايدروجين ، وهو ما أصطلح على التعبير عنه بالرمز pH

$$pH = \text{لو} \frac{1}{[ايد^+]}$$

بمعنى أنه إذا كانت درجات تركيز ايون الايدروجين

٠,١ جرام ايونات لكل لتر أى ($١٠^{-١}$) يكون رقم pH ١

٠,٠١ جرام ايونات لكل لتر أى ($١٠^{-٢}$) يكون رقم pH ٢

٠,٠٠٠١ جرام ايونات لكل لتر أى ($١٠^{-٤}$) يكون رقم pH ٤

ومن ذلك نتبين أن رقم pH يزيد كلما قل تركيز أيونات الايدروجين فى 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 النقى 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 التالى يبين أرقام pH لبعض المواد الغذائية :

جدول — ٧ — أرقام pH لبعض المواد الغذائية

المادة الغذائية	رقم pH	المادة الغذائية	رقم pH	المادة الغذائية	رقم pH
برتقال	٣-٤	جبرى	٦,٨-٧,٠	فراولة	٣,١-٣,٥
بسلة	٥,٨-٦,٤	خبز افرنجى	٥,٠-٦,٠	فول جاف	٥,٠-٦,٠
برقوق	٢,٨-٣,٠	خل	٢,٤-٣,٤	كرنب	٥,٢-٥,٤
بطاطة	٥,٣-٥,٦	خوخ	٣,٤-٣,٦	كمثرى	٣,٦-٤,٠
بلح	٦,٢-٦,٤	دقيق أبيض	٦,٠-٦,٥	كوسة	٥,٠-٥,٣
بنجر	٤,٩-٥,٦	ذرة	٦,٠-٦,٥	لبن بقرى	٦,٤-٦,٨
بيرة	٤-٥	زيتون	٣,٦-٣,٨	لبن الانسان	٦,٦-٧,٦
تفاح	٢,٩-٣,٣	سبانخ	٥,١-٥,٧	لفت	٥,٢-٥,٥
تونة	٥,٩-٦,١	سمك سالمون	٦,١-٦,٣	ليمون اضاليا	٢,٢-٢,٤
جريب فروت	٣,٠-٣,٣	طماطم	٤,١-٤,٤	« بنزهير	١,٨-٢,٠
جزر	٤,٩-٥,٢	عسل اسود	٥,٠-٥,٤	مخللات	٣,٠-٣,٥
جلى فواكه	٣-٣,٥	عنب	٣,٥-٤,٥	مربيات	٣,٥-٤,٠
				نبيذ	٢,٨-٣,٨

جدول ٨ — العلاقه بين درجات تركيز أيون الايدروجين ورقم pH

جرامات أيون الايدروجين لكل لتر من المحلول		مضاعفات درجة الحموضة والقلوية بالنسبة للماء النقى	pH	ارقام pH لبعض المواد الشائعه
١	—	١٠,٠٠٠,٠٠٠	صفر	
٠,١	أى ١٠ — ١	١,٠٠٠,٠٠٠	١	$\frac{\text{س}}{١٠}$ حمض كلورودريك
٠,٠٠١	١٠ — ٢	١٠٠,٠٠٠	٢	ليمون بنزهير ليمون إضاليا - جريب فورت
٠,٠٠٠١	١٠ — ٣	١٠,٠٠٠	٣	$\frac{\text{س}}{١٠٠}$ حمض خليك تفاح - فراولة - خوخ - حلى - عسل أسود مربه فحكبة - برتقال - كمثرى - عنب
٠,٠٠٠٠١	١٠ — ٤	١٠٠٠	٤	طماطم - يوسفى - بيرة - مانجو
٠,٠٠٠٠٠١	١٠ — ٥	١٠٠	٥	بامية جزر - كرنب - كوسة - بنجر - لفت - فاصوليا خرشوف - هليون - قرنبيط - بانخ - بطاطه
٠,٠٠٠٠٠٠١	١٠ — ٦	١٠	٦	سالمون - بسلة - دقيق - قمح لبن بقرى - جنبرى
٠,٠٠٠٠٠٠٠١	١٠ — ٧	١	٧ ماءنقى	بلازما الدم
٠,٠٠٠٠٠٠٠٠١	١٠ — ٨	١٠	٨	
٠,٠٠٠٠٠٠٠٠٠١	١٠ — ٩	١٠٠	٩	
		وهكذا		
٠,٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠١	١٠ — ١٣	١٠,٠٠٠,٠٠٠	١٣	$\frac{\text{س}}{١٠}$ ص ا د

openkandil.com

ونظرا لأن هنـاك درجات تركيز كثيرة تقع بين كل درجتى تركيز متتاليتين فان الجدول السابق لا يمكن ان يظهر المقارنة بين رقم pH ٦،٧ ورقم pH ٥،٢ مثلا ، والجدول الآتى يساعد فى توضيح هذه المقارنة :

جدول ٩ — المكافئات التقريبية للتغير فى الحموضة

مقدار التغير فى رقم pH	المكافئات التقريبية للتغير فى الحموضة
٠،١	١،٢٥ مرة
٠،٢	١،٦٠ »
٠،٣	٢،٠٠ »
٠،٦	٤،٠٠ »
٠،٩	٨،٠٠ »
١،٠	١٠،٠٠ »

وعلى ذلك يمكن مقارنة الحموضة بين القيمتين السابقتين كالآتى :

الفرق فى قيمة pH ٦،٧ — ٥،٢ = ١،٥

المكافىء التقريبى لفرق فى رقم pH قدره ١ = ١٠ مرات

المكافىء التقريبى لفرق فى رقم pH قدره ٠،٣ = ٢ مرة

المكافىء التقريبى لفرق فى رقم pH قدره ٠،٢ = ١،٦ مرة

فتكون حموضة المحلول الذى يقيس pH ٥،٢ تساوى ١٠ × ٢ × ١،٦ أى ٣٢ مرة قدر حموضة المحلول الذى يقيس pH ٦،٧

المعدلات Buffers

فى معظم المحاليل البيولوجية رقم pH لا يتغير 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 تغيير فى درجة التركيز الايونى

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

إليها أحماض قوية أو قواعد قوية ، فاضافة ١ مل من محلول $\frac{ن}{١٠}$ بدكل إلى لتر من الماء كاف لتغيير رقم pH من ٧ إلى ٥ ، بينما لو أضيفت نفس الكمية إلى محلول يحتوى على خلات الصوديوم وحمض خليك لأدى وجودهما إلى إعاقة تكوين أيونات الأيدروجين والكلوريد من حمض الكلورودريك ، أو بمعنى آخر فانهما يعملان كمعدلات فيؤثر حمض الكلورودريك على خلات الصوديوم لانتاج حمض خليك ، وبذلك يزيد تركيز الحمض الأخير بعض الشيء، وهو حمض ضعيف نسبيا لا يحدث غير زيادة طفيفة جدا فى درجة تركيز أيونات الايدروجين ، وتحدث هذه المعدلات نفس التأثير لو أضفنا إليها محلولا من ايدروكسيد الصوديوم بدلا من حمض الكلورودريك .
ويمكن تفسير فعل المعدلات كالآتى :

ا — فى حالة إضافة الحمض

١٠٠ك بد$_{٣}$ك ا ا ص + ٧٥ بدكل ⟶ ٢٥ك بد$_{٣}$ك ا ا ص + ٧٥ ص كل
١٠٠ك بد$_{٣}$ك ا ا بد ⟶ ١٧٥ك بد$_{٣}$ك ا ا بد

ب — فى حاله إضافة القلوى

١٠٠ك بد$_{٣}$ك ا ا ص + ٧٥ ص ا بد ⟶ ٧٥ ك بد$_{٣}$ك ا ا ص + ٧٥ بد$_{٣}$ ا
١٠٠ك بد$_{٣}$ك ا ا بد ⟶ ٢٥ك بد$_{٣}$ك ا ا بد

فإذا تحولت ٧٥٪ من خلات الصوديوم إلى حمض خليك أو العكس نكون قد قاربنا الحد الذى تبدأ عنده سرعة التغيير فى رقم pH نتيجة لاضافة الحمض أو القلوى ، وأكثر المعدلات شيوعا هى ما كانت مزيجا من أملاح قواعد قوية ومن أحماض ضعيفة ، مثل خلات الصوديوم مع حمض الخليك ، أو سترات البوتاسيوم مع حمض الستريك ـ 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 فى جسم الانسان .

٦ ـ المواد المعدنية

يقصد بالمواد المعدنية عادة العناصر غير العضوية الفلزية أو غير الفلزية ـ خلاف الكربون ـ التى توجد فى المادة الغذائية . وفى دراسة محتويات الغذاء من المادة المعدنية يذكر عادة ثمانية عناصر وهى 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 أثار فإن لها أهمية خاصة فى التغذية . وهناك بعض عناصر من هذه المجموعة لم تتحدد بعد اهميتها فى التغذية وهى الالومنيوم والزرنيخ والبروم .

ويختلف مقدار العناصر غير العضوية التى يحتويها الغذاء تبعا لنوع المادة الغذائية . ويختلف مقدارها فى المواد الغذائية النباتية تبعا لنوع التربة والسماد الخ... ويتفاوت مقدارها فى رماد المادة بين ١ ، ١٠٪ وهى أكثر وجودا فى السوق والأجزاء الورقية منها فى البذور .

والاصل فى المواد المعدنية للغذاء أن تكون فى صورة أملاح غير عضوية مثل الكلوريد والكربونات والسلفات والفوسفات أو فى صورة أملاح لاحماض عضوية مثل أملاح الطرطريك والستريك والماليك ألخ ... أو يكون مصدرها بعض المركبات العضوية للغذاء وعلى الاخص البروتينات التى تحتوى فى أغلب الاحيان على عناصر غير عضوية متحدة مع جزىء البروتين . فهناك كما سبق أن ذكرنا أحماضا أمينية خاصة تحتوى على الكبريت مثل السيستين والسستئين والميثايونين ،

جدول — ١٠ — بعض المصادر العضوية للمواد المعدنية الهامة

العنصر	المركب		المادة التى تحتوى عليه
	الاسم	الرمز	
البوتاسيوم	الملح الحمضى لحمض الطرطريك	بوبدك٤ بد٤ ا٦	العنب والخيار
	أملاح حمض الستريك	بو٣ بد٦ك بد٥ ا٧	الفاكهة والخضر
	أملاح حمض الماليك	بوبدك٤ بد٤ ا٥	الفاكهة والخضر
الكالسيوم	الملح الحمضى لحمض الطرطريك	كا (بدك٤ بد٤ ا٦)٢	العنب
	أملاح حمض الفايتيك	ك٦ بد٦ (كافوا٤)٦	ردة القمح والشوفان الخ .
	كربونات الكالسيوم	غير معروفة	اللبن
المغنسيوم	أملاح حمض الفايتيك	ك٦ بد٦ (مغ فوا٤)٦	ردة القمح والشوفان الخ .
	الكلوروفيل	ك٥٥ بد١٢ ح٤ مغ٤	النباتات الخضراء
الحديد	الهيماتين	ك٣٤ بد٣٣ ح٤ ح١	هيموجلوبين
الكبريت	السيستين	ك٦ بد١٢ ح٢ كب٢ ا٤	البروتينات
	الجلوتاثيون	ك١٠ بد١٧ ح٣ كب ا٦	أنسجة الحيوان
	الانسيولين	(ك٤٥ بد٦٩ ح١١ كب١٤ ا١٤ ن)ن	هرمون يفرزه الانثى عشر
	كلوريد الثيامين ((فيتامين B))	ك١٢ بد١٧ ح٤ كب كل	الخميرة
	ايزوثيوسيانات الالايل	ك٣ بد٥ ح كب	المستاردة والبصل
	كبريتور الالايل	(ك٣ بد٥)٢ كب	الثوم الفجل الكرنب اللفت
الفسفور	الليسيثينات	ك٤٤ بد٨٨ ح فوا٩	صفار البيض الخ
	السفالينات	ك٤١ بد٨٠ ح فوا٨	الدم
	أحماض النوكليك	ك٣٩ بد٤٠ ح٥ فوا٢٦	الانسجة النوية مثل النيموسر
	بروتينات فسفورية	غير معروف	صفار البيض واللبن
	حمض الفيتيك	ك٦ بد٦ (بد٢ فوا٤)٦	ردة القمح والشوفان الخ..
	فوسفات الكرياتين	ك٤ بد١٠ ح٣ فوا٥	العضل
اليود	الثيروكسين	ك١٠ بد١١ ى٤ ا٤ ح٢	هرمون تفرزه الغدة الدرقية
النحاس	الهيموسيانينات	غير معروف	بروتينات التنفس للحيوانات السفلى
الزنك	أنهيدراز الكربونيك	غير معروف	خلايا الدم الحمراء

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

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

وإذا استثنينا من العناصر السابقة عنصرى الصوديوم والكلور اللذين نحصل عليهما دائما فى صورة ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) بكميات وافية ، فان باقى العناصر نحصل عليها أساسيا من الغذاء . ويحتوى الغذاء على هذه العناصر بنسب تتغير تبعا لعوامل كثيرة كالصنف والتربة والسماد والرى ألخ... ولذلك فان الارقام التى تدل عليها التقديرات الكمية لهذه العناصر فى المواد الغذائية لايمكن الركون اليها فى كل حالة ، ولابد عند استخدام هذه الارقام فى التدليل على تركيب غذاء ما من الاطمئنان إلى تماثل الظروف فى كل حالة ، فمثلا عند تقدير الكالسيوم فى الكرنب 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 : ـ

جدول — ١١ — نسب العناصر المعدنية فى بعض المواد الغذائية

	كا ٪	مغ ٪	بو ٪	ص ٪	فو ٪	كل ٪	ﺤ ٪	ح ٪
حبوب القمح الكاملة	٠,٠٥٥	٠,١٦٣	٠,٤٠٩	٠,١٠٦	٠,٣٤٢	١,٨٨	٠,١٧٥	٠,٠٠٠٦
دقيق القمح الأبيض	٠,٠٢١	٠,٠٢١	٠,١٣٧	٠,٠٥٣	٠,٠٩٦	٠,٠٧٩	٠,١٥٥	٠,٠٠١٢
ردة القمح	٠,٠٦٥	٠,٤٢٠	١,٢٥٠	٠,٠٠٧	١,٤٣٠	٠,٠٤٢	٠,٢٤٥	٠,٠٠٠٤
اللبن الحليب	٠,١٢٣	٠,٠١٩	٠,٢٩٠	٠,٠٤٧	٠,٠٨٨	٠,١١٤	٠,٠٣١	٠,٠٠٠٢٤

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 ، فلابد 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 الأغذية الفقيرة فيه . وسيأتى الكلام عن هذه الناحية باسهاب فيما بعد .

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

الكالسيوم ـ تعتبر الخضر واللبن والجبن والبقول وصفار البيض والعسل الاسود من الأغذية الغنية فى الكالسيوم ، بينما تعتبر الحبوب مثل الذرة والارز والقمح وكذلك اللحم فقيرة فى هذا العنصر .

الحديد ـ يوجد بكثرة فى البسلة الجافة والفاصوليا الجافة والاوراق الخضراء وفى اللحوم وخصوصا الكبد وفى الاسماك وصفار البيض، بينما يعتبر الدقيق والفواكه الطازجة واللبن وبياض البيض فقيرة فيه .

الفسفور ـ تمتاز الحبوب والبقول بغناها فى هذا العنصر، كما يوجد بوفرة فى اللبن والبيض واللحوم . وتحتوى الخضر على ضعف ماتحتويه الفاكهة من الفسفور وتزيد نسبته بصفة عامة فى الأغذية البروتينية .

النحاس ـ يوجد فى اللحم وخصوصا فى الكبد والاسماك بنسبه عالية، ويعتبر اللبن فقيرا فى هذا العنصر .

اليود ـ تختلف مقدار ماتحتويه الأغذية منه تبعا لطبيعة التربة . وأغنى أنواع الأغذية فى هذا العنصر هى الاغذية البحرية كالأسماك والمحار الخ ...

الكبريت ـ تعتبر المواد البروتينية أغنى أنواع الاغذيـة فى هذا العنصر، فهو يوجد بكثرة فى الجبن والبقوليات واللحم وبياض البيض

المغنسيوم ـ يوجد بوفرة فى الخضر والفواكه وفى اللبن، وهو يوجد فى جزىء الكلوروفيل بنسبة ٢ ٪ .

البوتاسيوم ـ هو أكثر وجودا فى الانسجة النباتية منه فى الأنسجة الحيوانية وتعتبر الفواكه والخضر مصادر غنية فيه، وهو يوجد فى الاغذية على حالة فوسفات ومالات وسترات وطرطرات الخ .....

المواد الملونة الطبيعية

للمواد الملونة أهمية خاصة بالنسبة للمواد الغذائية إذ أنها تكسبها ألوانا مميزة جذابة ، وقد تحدث لهذه المواد الملونة تغييرات غير مرغوبة نتيجة تعرضها لعوامل مختلفة طبيعية أو بيولوجيه أو كيماوية ، ولذلك كان من الضرورى دراستها دراسة تفصيلية وأهم المواد الملونة الرئيسية التى توجد فى الطبيعة هى :

أولا الكلوروفيلات :

هى المادة الخضراء الملونة للنباتات والتى يعتمد عليها النبات فى عملية البناء المعروفة بالتمثيل الضوئى ، وتوجد مادة الكلوروفيل فى الخلايا على سطح البلاستيدات المسماه بالكلوروبلاستيدات حيث يمكنها امتصاص أكبر كمية من الضوء أثناء النهار .

وهناك نوعان من الكلوروفيل :

١ — ألفا كلوروفيل a - Chlorophyl ورمزه ك$_{٥٥}$ يد$_{٧٢}$ ا$_{٥}$ ز$_{٤}$ مغ

٢ — بيتا كلوروفيل b - Chlorophyl ورمزه ك$_{٥٥}$ يد$_{٧٠}$ ا$_{٦}$ ز$_{٤}$ مغ

وكلاهما غير متبلور أى غير مقرر الشكل « Amorphous » ، عديم الذوبان فى الماء وهناك احتمال لوجودهما فى الخلية على حالة غروية وعلى هذه الصورة يكون اتصالها بما يحيطها من سوائل الخلية . وتختلف درجة ذوبانها فى المذيبات العضوية ، كما أن لها خاصية الأشعاع الضوئى Fluorescence ، وليس لها خاصية حمضية ولا قاعدية .

وتحدث القلويات انحلالا مائيا للكلوروفيل تكون نتيجته تكوين

مركبات تختلف فى نوعها تبعا لدرجة تركيز القلويات المستعملة . وتميل نواتج الانحلال فى أغلب الأحيان إلى اللون البنى أما القلويات المخففة جدا فانها قد تحفظ اللون الأخضر للكلوروفيل . أما الأحماض فإنها فى تأثيرها على الكلوروفيل تؤدى إلى انفصال المغنسيوم وإحلال الايدروجين محله ، ويكون نتيجة ذلك تكون مركبات تسمى فيتينات Phytins تختلف فى تركيبها تبعا لمدى انحلال جزىء الكلوروفيل ، ويصحب تأثير الاحماض حتى المخففه جدا تغيير فى اللون الاخضر إلى لون زيتونى كما يحدث فى التخمر اللكتيكى عند عملية التخليل .

ويؤدى التأكسد الشديد للكلوروفيل إلى تغيير لونه إلى الاصفر الباهت ويساعد على اختفاء اللون الاخضر وجود الضوء ،وهو ما يحدث للكثير من الأوراق الخضراء وسيقان القمح إذا ماجمعت وعرضت للهواء والشمس.

ولا يقتصر وجود الكلوروفيل على النباتات الخضراء بل يوجد أيضا فى ثمار الفاكهه قبل تمام نضجها ، ويختفى هذا اللون فى معظم الفواكه تدريجيا كلما قربت من النضج ، وقد يستمر بقاؤه فى البعض الآخر .ويؤثر فى الكلوروفيل انزيم خاص يسمى بالكلوروفيللاز Chlorophyllase ويؤدى إلى انحلاله انحلالا مائيا إلى كحول وفيتول Phytol وكلوروفيللايد chlorophyllide .

ثانيا الكاروتينويدات Carotinoids

هى مثل الكلوروفيل صبغات نباتية توجد فى البلاستيدات ووظيفتها فى النبات غير معروفة تماما ، وهى عديمة الذوبان فى الماء ولكنها تذوب فى الدهون ومذيبات الدهون . وهى منتشرة انتشارا واسعا فى الخضر والفاكهة ، وأهم الامثلة عليها الكاروتين Carotene وهو الصبغه التى

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

ا — الكاروتين Carotene

هو احدى الصبغات الطبيعيه التى توجد فى الاوراق الخضراء ، وتوجد فى الجزر بكميات كبيرة ، وهى تكسب الدهن الحيوانى لونا ظاهرا اذا ماتغذت الحيوانات على موارد غنية فيـــه ، وهو يتحول داخل جسم الحيوان الى فيتامين A ، ورمز الكاروتين ك٤٠ يد٥٦ ، ويوجد على ثلاث صور الفا وبيتا وجاما ، وسيأتى الكلام عنها تفصيلا فى موضوع الفيتامينات . والكاروتين سريع التأكسد ويؤدى تاكسده فى المواد الغذائيـة 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 ك٤٠ يد٥٦ ويختلف عن البيتاكاروتين B - carotene فى ان نهايتى سلسلة الكربون التى تكون الجزىء فيـــه مفتوحتان ، لذلك لا يعطى الليكوبين بانحلاله فى الجسم فيتامين A . ويوجد الليكوبين فى الطماطم مع الكاروتين ، الا ان الصبغة الصبغة الحمراء تطغى على اللون الاصفر للكاروتين . وتوجد هذه الصبغة ايضا فى البطيخ والمشمش والكاكى . وصبغة الليكوبين سريعة التأكسد ايضا ، ويساعد على تاكسدها فى منتجات الطماطم وجود املاح النحاس والحديد ، مما يؤدى الى تغير لونها الى اللون البنى الداكن .

حـ — كاروتينويدات اخرى .

اهم هذه المجموعة الزانثوفيللات Xanthophylls وهى مركبات مشتقة

من الكاروتين واللیکوبین مثل ایدروکسی وميثوكسي وكيتوالخ ... ، وتركيبها الكيماني ك٤٠ يد٥٦ ا٢ فجزيء الزانثوفيل كما يظهر من هذا الرمز يزيد عن جزيء الكاروتين أو الليكوبين بذرتين من الأكسجين ، الا ان أكسدة الكاروتين فى المعمل لا تعطى زانثوفيل .

والزانثوفيللات اكثر ذوبانا فى الكحول من الكاروتين كما تذوب فى إثير البترول وأشهر الزانثوفيللات الصبغات الآتية :

صبغة كريبتوزانثين Kryptoxanthin

ورمزها ك٤٠ يد٥٥ ا يد او ك٤٠ يد٥٦ ا وهى توجد فى الذرة الصفراء واليوسفى .

صبغة الكابازانثين Capaxanthin

ورمزها ك٤٠ يد٥٤ ا٤ وهى المادة الحمراء الملونة للفلفل الاحمر

صبغة الزيازانثين Zeaxanthin

ورمزها ك٤٠ يد٥٦ (ا يد)٢ ، 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 .

الأنثوسيانينات Anthocyanins :

وهى الصبغات الحمراء والزرقاء والبنفسجية القابلة للذوبان فى الماء والتى 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 ثانى اكسيد الكبريت تحمى صبغات الانثوسيانين من التأكسد ومن تغير لونها الى اللون البنى

والمعاملة الحرارية لمـــدة 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 هـــذه 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 باضافة عصير الليمون . أما فى المحاليل القلوية فيكون لون هذه الصبغات ازرق . ومع ذلك فان 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 كالتفاح 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 انثوسيانيدين وهو عديم الذوبان فى الماء .

الفلافونات والفلافونولات Flavons & Flavonols

هى مركبات صفراء او عديمة اللون منتشرة فى 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 الفلافونات او الفلافونولات أو أى مركب من المشتقات الفينولية ، وهى توجد فى بعض الخضر كالكرنب والبصل والقرنبيط .

الليوكرومات او الفلافينات : Flavins

هى مواد صفراء تميل الى الخضرة وتوجد فى الكبد والبيض واللبن كما توجد فى بعض النباتات .

التانينات Tannins

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

وتذوب التانينات فى الماء والكحول والاسيتون والبايريدين وهى عديمة الذوبان فى مذيبات الدهون كالاثير والكلوفورم . وتمتاز بترسيبها للجيلاتين وتحليلها للبروتينات الموجودة فى الجلود عند الدباغة . والتانينات

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

وقد تؤدى التانينات وظيفة المادة المؤثر عليها Substrate لانزيم الاكسيداز . فالجوز الاخضر Walnut يسود لونه بتعرضه للهواء ، وهو معظم السبب فى اسوداد التفاح . ومن انواع التانينات مايأتى .

تانين البايروجالول Pyrogallol Tannin : ويعطى لونا ازرق مع كلورور الحديديك .

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

٨ ـ الفيتامينات

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

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

ونظرا لأن الفيتامينات لاتنتمى 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 . وهى تختلف فى تأثيراتها النوعية كما أنها تتباين فى مدى تأثرها بالعوامل الطبيعية والكيماوية المختلفة كالحرارة والأكسجين والأحماض والقلويات وغيرها .

وأهم الفيتامينات المعروفة والتى أمكن فصلها وتمييزها حاليا هى : —

فيتامين A_1 ، A_2 - وهى يعتبر من الناحية الكيماوية كاروتين منشط، ويسمى الفيتامين أحيانا بالفيتامين المانع لمرض جفاف ملتحمة العين (الزيروفثالميا) .

مركب فيتامين B المعقد ويشمل :

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

فيتامين B2 أو G واسمه الكيميائى الريبوفلافين Riboflavin .

حمض النيكوتينيك Nicotinic Acid أواميد 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 الكيميائى 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 الكيميائى حامض الاسكوربيك Ascorbic Acid ويسمى أحيانا بالفيتامين المضاد للاسقربوط .

فيتامين D واسمه Calciferol أو ٧ 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 كيمائية 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 كالآتى .

الوحدة الدولية من فيتامين A = ٠,٠٠٠٦ ملليجرام بيتا كاروتين

والوحدة الدولية من فيتامين B1 = ٠,٠٠٣ ملليجرام ثيامين

والوحدة الدولية من فيتامين C = ٠,٠٠٥ ملليجرام حمض اسكوربيك

والوحدة الدولية من فيتامين D = ٠,٠٠٠٠٢٥ ملليجرام كالسيفيرول

ولا زالت تستخدم إلى جانب الوحدة الدولية حتى الآن وحدات أخرى أهمها وحدة Sherman—Borquin لقياس فيتامين B2 وهى تساوى ٠,٠٠٠٢٥ ملليجرام

ريبوفلافين ، ويمكن تقسيم الفيتامينات الهامة بالنسبة لخاصية ذوبانها إلى مجموعتين رئيسيتين هما :

ا — الفيتامينات القابلة للذوبان فى الدهون .

وهى فيتامين A وفيتامين D وفيتامين E وفيتامين K

ب — الفيتامينات القابلة للذوبان فى الماء

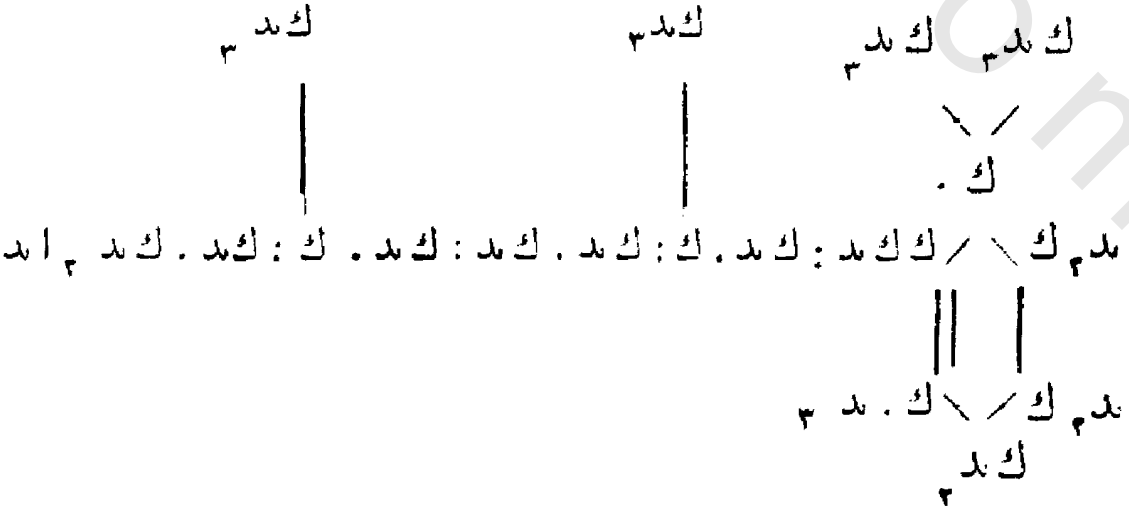
وهى فتامين B_1 وفيتامين B_2 وحمض النيكوتينيك وحمض البانتوثنيك والبايريدوكسين وغيرها وكذلك فيتامين C وفيتامين P

الفيتامينات القابلة للذوبان فى الدهون

فيتامين A

وهو لا يوجد فى هذه الصورة النهائية إلا فى الكائنات الحيوانية ويوجد بوفرة فى زيوت الأسماك وخاصه فى أكبادها فى الجزء من الزيت غير القابل للتصبن ويوجد بكثرة فى الزبدة وفى صفار البيض والكبد . وتنص المراجع الحديثة على وجود أنواع من فيتامين A مثل A_1 ؟ A_2 الخ ويقال إن فيتامين A_2 الذى يوجد فى كبد بعض أسماك المياه العذبة يكون ذا نشاط زائد .

والرمز الكيميائى لفيتامين A كالآتى :



وفيتامين A يذوب فى الدهون ومذيباتها ولكنه لا يذوب فى الماء . ولا يتأثر بالحرارة أوالحموضة أو القلوية ،إلا انه حساس للضوء الذى يساعد على تأكسده فى وجود الهواء .

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

والصبغات الكثيرة الوجود فى الأغذية والتى ثبت حتى الآن أنها تعطى فيتامين A عند انحلالها فى الجسم هى :—

ا — الكاروتين (من مجموعة الكاروتينويدات Carotenoids) .

ب — الكريبتوزانثين (من مجموعة الزانثوفيللات)

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

ورمز الكاروتين ك. ٤٠ ه٥٦ ،وهو مركب غير مشبع ويوجد فى الأغذية

على ثلاث صور وهى الفا كاروتين ، بيتا كاروتين ، جاما كاروتين . ويمتاز الجزىء فى البيتا كاروتين بأنه يحتوى على جزيئين 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 جزيئه 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 الاغذية الحيوانية اللون المصفر الباهت الذى يمكن ملاحظته فى دهن اللبن وفى صفار البيض وغيرها ، ولو ان الفيتامين النقى نفسه عبارة عن مادة زيتية عديمة اللون .

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

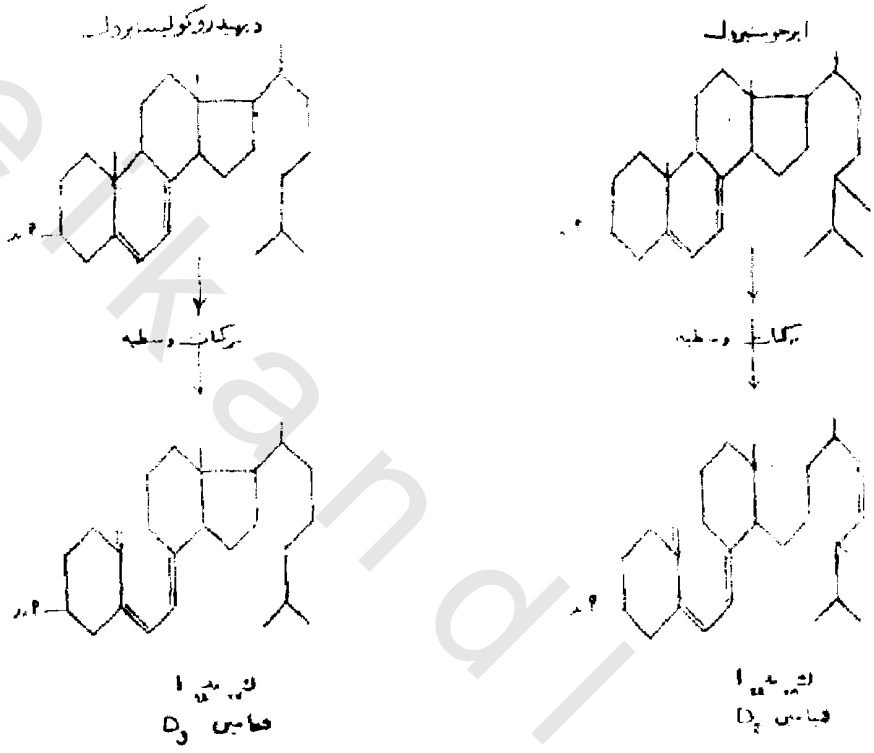
مجموعة فيتامين D

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

ويسمى فيتامين D_2 كالسيفيرول Calciferol وهو الصورة النشطة لمركب الايرجوستيرول Ergosterol الذى سبق الكلام عنه فى موضوع الليبيدات والذى يعتبر مقدما للفيتامين Provitamin . وهذه المجموعة من الفيتامينات شديدة الاحتمال للحرارة كما انها تقاوم عملية الاكسدة ، كما ان والتفاعل الحمضى عند تأكسد الدهن يتلف التأثير البيولوجى لهذا الفيتامين .

ويسمى فيتامين D_2 فى الصورة غير النقية فيوستيرول Viosterol وهو عبارة عن محلول الكالسيفيرول فى الزيت ، أما فيتامين D_3 فهو الصورة المنشطة للاستيرول الحيوانى ٧ - ديهيدروكوليستيرول 7 — Dehydrocholesterol وهو أيضا المادة التى تتكون فى الجلد والتى توجد فى زيت كبد الاسماك . وتعتبر كل من الايرجوستيرول والديهيدروكوليسترول من الناحية الكيماوية مشتقات بسيطة للاستيرولات إلا انها تزيد عنها برابطة مزدوجة إضافية ، وهى لا تذوب

فى الماء ولكنها تذوب فى 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 أولا إلى مركبات وسطية .

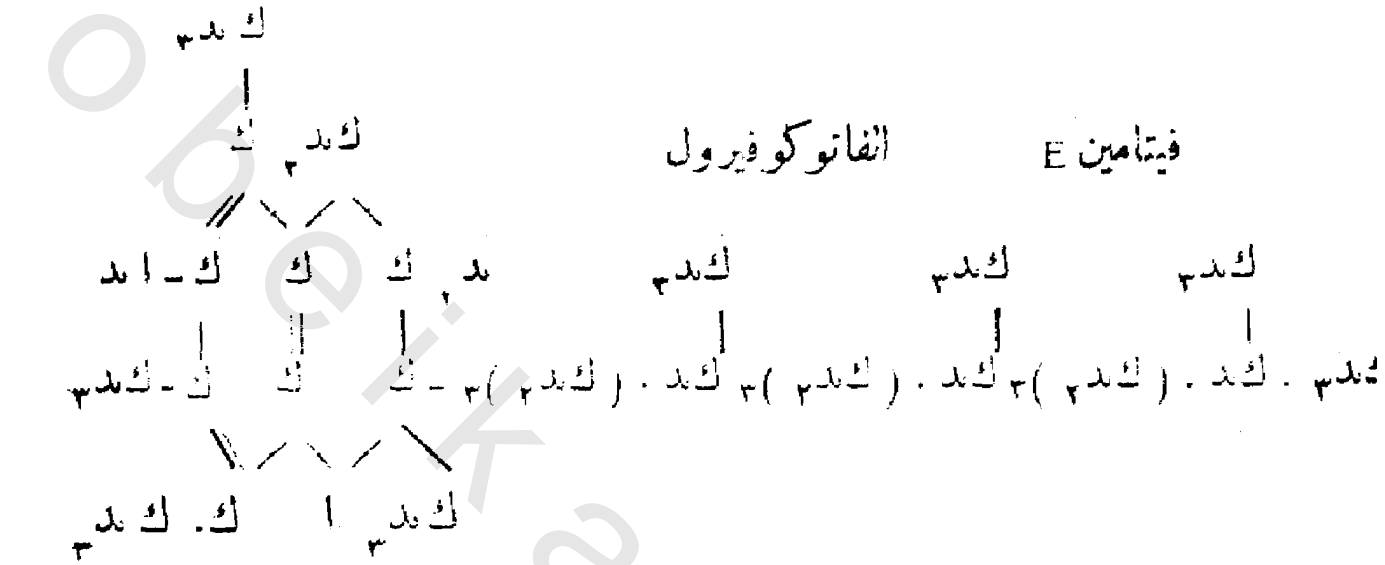


ويعتبر زيت كبد الاسماك اغنى مصدر لهذا الفيتامين ومن أنواعه زيت كبد الهاليبوت وزيت كبد الحوت ، كما يوجد الفيتامين بكمية كبيرة فى الزيت الموزع فى جسم الاسماك مثل سمك السالمون والرنجة ويوجد أيضا فى صفار البيض وفى الزبدة .

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 فى الطبيعة . أما الفيتامينات الثلاثة فهى ألفا توكوفيرول $ك_{٢٩}$ $يد_{٥٠}$ $ا_{٢}$ وبيتا توكوفيرول $ك_{٢٨}$ $د_{٤٨}$ $ا_{٢}$ وجاما توكوفيرول $ك_{٢٨}$ $يد_{٤٨}$ $ا_{٢}$



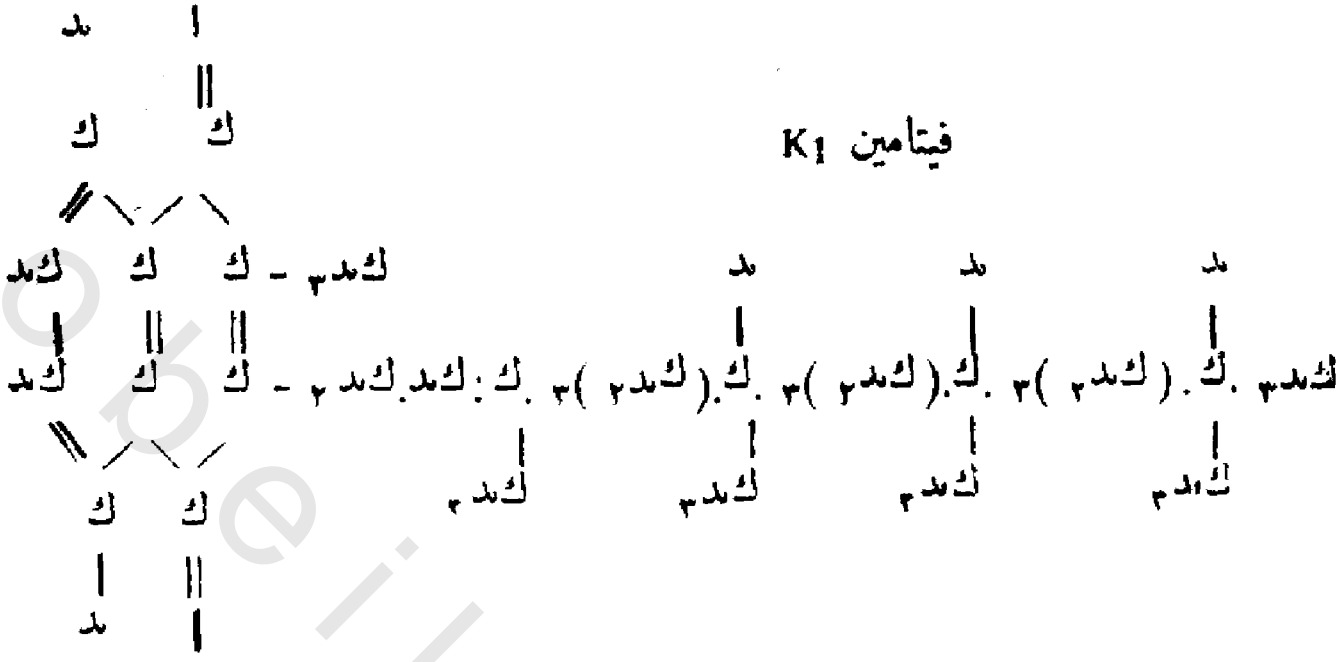
وتذوب هذه الفيتامينات فى مذيبات الدهون وهى عديمة الذوبان فى الماء وتتحمل الحرارة خصوصا فى غياب الاكسجين ، فيمكنها أن تتحمل التسخين حتى درجة ٢٠٠ م ، كما أنها لاتتأثر بالأحماض المعدنية حتى درجة ١٠٠ م . أما القلويات فانها لاتتلف فيتامينات هذه المجموعة إلا ببط شديد . وإن كان تأثيرها البيولوجى يتلف بالأكسدة. كما يتلفها التعرض للأشعة فوق البنفسجية وإن كانت تتحمل الضوء العادى .

ويعتبر زيت جنين القمح أغنى مصادر هذا الفيتامين . وكذلك تحتوى أجنة معظم البذور على نسبة كبيرة منه . وهو يوجد أيضا فى الفول السودانى وفى الأوراق الخضراء وفى الجرجير والسبانخ والحس كما يوجد فى صفار البيض وفى الزبدة .

مجموعة فيتامين K

أمكن فصل مركبين لفيتامين K من مصادر طبيعية يسمى أحداهما فيتامين K1 ورمزه $ك_{٣١}$ $يد_{٤٦}$ $ا_{٢}$ والثانى فيتامين K2 ورمزه $ك_{٤١}$ $يد_{٥٦}$ $ا_{٢}$ وهناك احتمال لوجود غيرهما .

فيتامين K_1



وهـذه الفيتامينات قابلة للذوبان فى الدهون وفى مذيباتهـا مثل الأثير وأثير البترول . وهى تتحمل الحرارة ولـكن القلويات والأحماض القوية تتلفها، وهى تتلف كذلك بفعل العوامل المؤكسدة وبالتعرض لضوء الشمس .

ويوجد فيتامين K_1 بحالة مركزة فى الأنسجة الخضراء للنبات كالسبانخ كما يوجد فى القرنبيط والـكرنب والطماطم وتعتبر بوادر الشوفان من أغنى مصادره . وهو يوجـد أيضا فى زيت فول الصويا والزيوت النباتية وفى كبد الخنزير . وتعتبر الحبوب والفواكه فقيرة فى هذا الفيتامين .

ويتـكون فيتامين K نتيجة لنشاط الأحياء الدقيقة وبخاصة تلك التى تعيش فى القناة الهضمية لـكثير من الحيوانات الراقية ، كما يوجد فى بقايا النباتات والحيوانات المتحللة وبخاصة الاسماك .

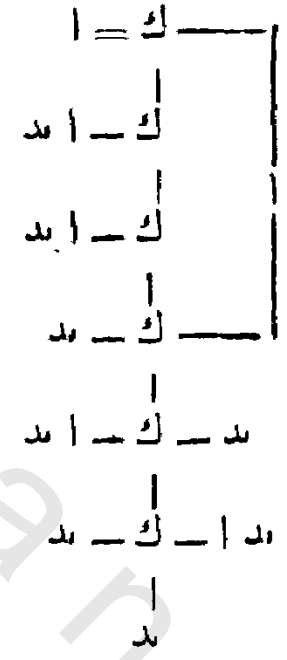
الفيتامينات القابلة للذوبان فى الماء

فيتامين C أو حمض الاسكوربيك Ascorbic acid ورمزه $ك_{٦}هـ_{٨}ا_{٦}$.

وهو يوجد فى كل النباتات العليا بكميات محسوسـة وخصوصا فى

الأجزاء النامية وهو يوجد حرا على الدوام ، ولو انه يحتمل أن يوجد متحدا مع البروتين .

حمض الاسكوربيك

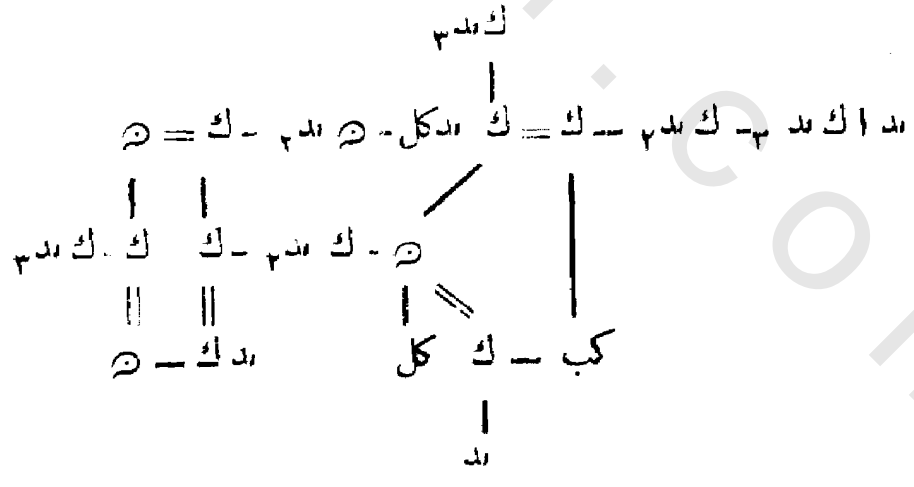


ويوجد هذا الفيتامين على صـــورة لاكتون ويعتبر حمض سكر Sugar acid وهو ذو مذاق حمضى ، سريع الذوبان فى الماء ، وهو سريع التأكسد إن وجد على حالة محلول . و يساعد على تأكسده تعرضه للهواء ووجود أثار من المعادن خصوصا النحاس والحديد والفضة . كما أن الضوء يعتبر من العوامل المساعدة فى اتلافه . وهو ثابت فى المحاليل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

وتعتبر الموالح مثل البرتقال والليمون والجريب فروت من أغنى مصادره وكذلك الطماطم ، كما أن الخضر 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 .

فيتامين P ويسمى أيضـــا ايريودكتيول Eriodyctiol كما يسمى أحيانا سترين Citrin . وهـذا الفيتامين على ما يظهر مزيج من اثنين من الجلوكوسيدات هما صبغتى الهسبريدين Hesperidin والاريودكتين Eriodyctin وهو يوجد فى الأنسجة متحدا مع البروتين . ونظرا لأن هذه الصبغات توجد فى النبات وفى الفاكهة ، فإن أهم مصادر هذا الفيتامين نباتية . وهو قابل للذوبان فى المـاء .

فيتامين B_1 أو الثيـامين أو كلوريد أو أيدركلوريد الثيامين ورمزه ك$_{١٢}$ يد$_{١٧}$ ن$_{٤}$ كب كل . يد كل ويوجدهذا الفيتامين منتشرا فى المملكة النباتية . فمعظم الأوراق تحتوى على حوالى ٢٥ وحـــدة دولية منه فى كل ١٠٠ جم . ويزيد تركيزه فى البذور خصوصا فى الأغلفة النخالية وفى الجنين، فهو يوجد فى الردة وفى أغلفة الأرز كما يوجد بنسب قليلة فى أنسجة الحيوان ، إلا أن هنـــاك بعض أجزاء تزيد نسبته فيها مثل القلب والكبد



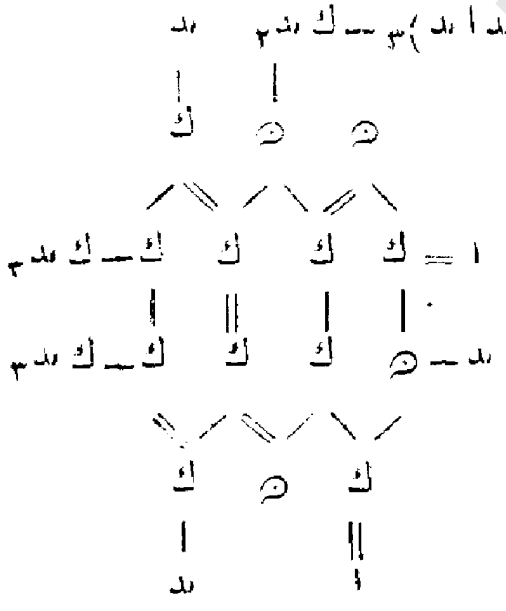
أيدروكلوريد الثيامين Thiamin Hydrochloride

والكلاوى والمخ الخ ... وتحتوى عضلات الخنزير على كمية من فيتامين B_1 حوالى ثمانية أضعاف كميتها فى عضلات العجول .

ويوجد هـــذا الفيتامين منفرداً كما يوجد متحدا فى معقد البروتين ويوجد كذلك متحدا مع البيروفوسفات أو الفسفوبروتينات .

وهو سريع الذوبان فى الماء كما يذوب فى الأحماض وفى الكحول المخفف . وهو يتحمل الحرارة بدرجة متوســـطة خصوصا 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 أوالاختزال . واستعمال أملاح السلفيت أو ثانى أكسيد الكبريت فى حفظ الأغذية يؤدى إلى تلف جزء كبير من فيتامين B_1 فيها . وتعتبر خميرة البيرة أغنى مصدر لهذا الفيتامين ، وهو يوجد بكثرة فى جنين الحبوب وقشور الارز والنقل وفى لحم الخنزير وفى الخضر الخضراء والبقول الجافة كما يوجـد فى الكبد والكلاوى وصفار البيض وفى الفواكه كالموز والتين والبلح والمانجو واليوسفى والبرتقال .

فيتامين B_2 أو الريبوفلافين ورمزه ك ١٧ يد ٢٠ ى ٤ ا ٦

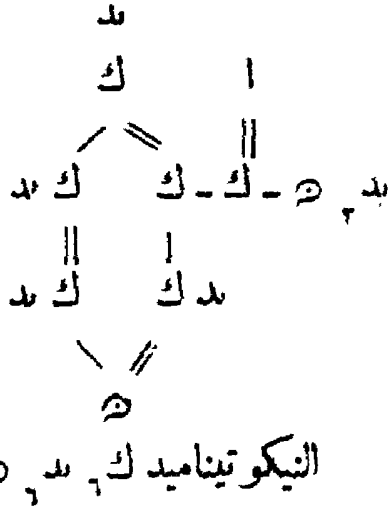


وكان يسمى فيما مضى بفيتامين G وهو عبارة عن صبغة قابلة للذوبان فى الماء وهو المادة التى تجعل لون شرش اللبن وبياض البيض شاحبا ، وهو يوجد فى معظم المواد النباتية والحيوانية إلا أن نسبته فى هذه المواد منخفضة جداً . وجزىء الريبوفلافين كما يدل عليه اسمه يتركب من جزىء سكر يتوز (خماسى ذرات الكربون) هو الريبوز Ribose متحدا مع الفلافين Flavine

وهذا الفيتامين يتحمل الحرارة وتأثير الأحماض والعوامل المؤكسدة إلا أن القلويات والتعرض للضوء تعمل على إتلافه . وعلى الرغم من أن هذا الفيتامين قابل للذوبان فى الماء إلا أنه لا يفقد منه كمية كبيرة فى ماء الطبخ وقد لا تزيد الكمية المفقودة عن قدر يتراوح بين ١٠ و ٢٠ ٪ وربما كان ذلك راجعا إلى أن أغلبه فى صورة متحدة مع البروتينات .

ويتكون الريبوفلافين أكثر ما يتكون فى الأوراق الخضراء للنباتات النامية . ولذلك كانت الخضر الورقية مصدراً جيداً لهذا الفيتامين ، وكذلك تعتبر الخميرة من مصـــادره الغنية . وفى اللحوم يحتوى الكبد على أعلى نسبة وتليه الكلى ثم لحم العضـــلات . ويحتوى اللبن والبيض على كميات متوسطة منه .

حمض النيكوتينيك أو النيكوتيناميد Nicotinic acid or Nicotinamide

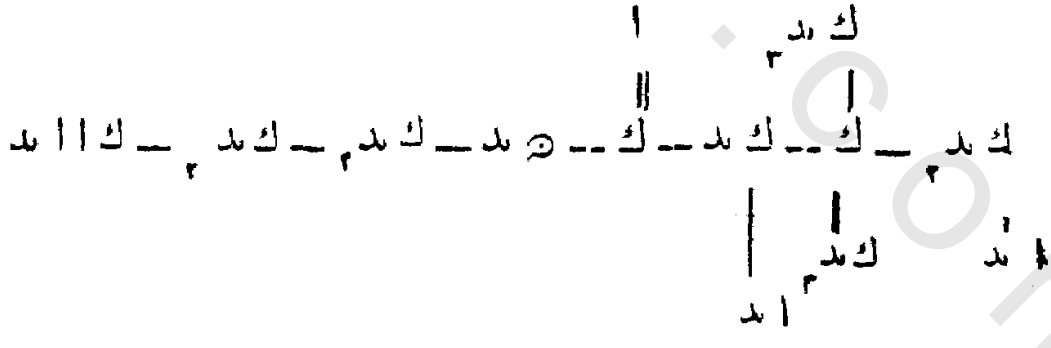


ويسمى أيضا بفيتامين . P.P. كما يسمى باسم النياسين Niacin الذى يجمع بين حرفين من كل كلمة من اسمه مع الحرفين الأخيرين من كلمة فيتامين . ويبدو أن الحمض لا يوجد حرا فى الكائن الحى . ولكنه يوجد فى الأنسجة على حالة أميد Amid ، وفى مقدور الجسم الاستفادة من الحمض نفسه ، ولو أن له بعض تأثيرات سامة . وتحتوى الأغذية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

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

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

حمض البنتوثنيك Pantothenic acid وهو مركب شبه ببتيدى رمزة كالآتى

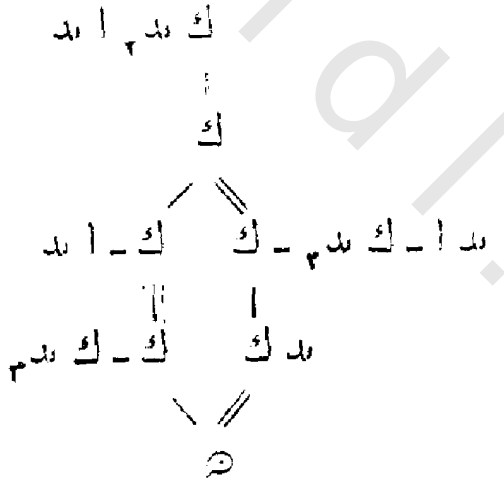


ويوجد هذا الحمض فى جميع أنواع الأنسجة الحيوانية كما يوجد بصفة دائمـــة فى البروتوبلازم وفى الأنسجة الحيوانية (وربما فى الأنسجة النباتية أيضا) .

ويكون وجود هذا الحمض حرا بنسبة قليلة جدا ولكنه يكون فى معظمه متحدا مع المادة البروتينية . وهو قابل للذوبان بسرعة فى الماء . ونظرا للرابطة الأميدية فإن هـــذا الحمض يتحلل مائيا بتسخينه فى محلول حمضى أو قلوى مما يؤدى إلى اتلافه تماما . أما فى المحاليل المتعادلة فإن الحرارة لاتتلفه وإن سخن إلى درجة ١١٠° م لمدة طويلة .

وتعتبر الخميرة والكبد وصفار البيض وقشور الأرز مصادر غنية جدا فى هـــذا الفيتامين ، كما أن منتجات اللبن والحبوب الكاملة ولحم العضلات والخضر الورقية والقرنبيط والبطاطا تعتبر مصادر جيدة . بينما تعتبر الفواكه وبياض البيض فقيرة فيه .

فيتامين B_6 أو اليريدوكسين Pyridoxine : ورمزه الكيمائى $ك_٨ يد_{١١} ن_٢ ا_٣$

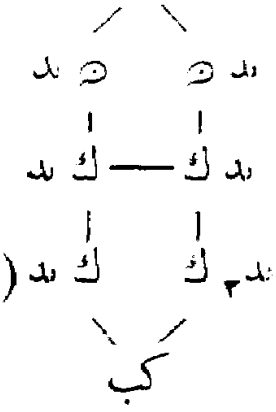


وهـذا الفيتامين موزع فى المملكة النباتية والحيوانية . وتحتوى الخميرة وكذا الكبد على نسب عالية منه ، وهو يوجد حرا فى أنسجة النبـات والحيوان بنســبة قليلة ، بينما يكون قدر منه يتراوح بين ٦٠ و ٨٠ ٪ متحدا مع البروتين أو النشا .

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 لهـذا الفيتامين هو الخميرة . وهو يوجد بكثرة فى الردة وفى أجنة الحبوب كما يوجد فى اللبن وفى الخضر الورقية وفى الكبد .

فيتامين H أو البيوتين Biotin ورمزه ك$_{١٠}$ يد$_{١٦}$ ا$_{٢}$ ن$_{٢}$ كب

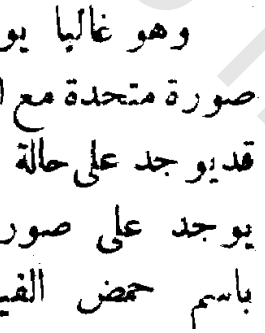


وهو يوجد بكميات قليلة جدا فى كل الحيوانات الراقية ويبدو أنه يوجد فى النبات بنسبة أعلى . كما يوجد حرا فى الفواكه وفى الحشائش ، أما فى الحبوب والخضر فيكون جزء منه حر والجزء الآخر فى صورة متحدة كما هو الحال فى الخميرة وفى أنسجة الحيوان مثل الكبد.

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

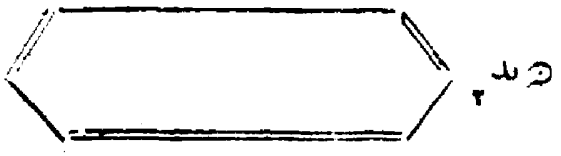
أينوسيتول Inositol ورمزه ك$_{٦}$ يد$_{١٢}$ (ا يد)$_{٦}$

وهو غاليا يوجد فى أنسجة الحيوان فى صورة متحدة مع البروتين ولو أن القليل منه قد يوجد على حالة منفردة ، أما فى النبات فإنه يوجد على صورة هكسافوسفات تسمى باسم حمض الفيتيك Phytic acid



وهو يوجد فى الغلال وفى أوراق النباتات كما يوجد فى الموالح .

بارا امينو حمض البنزويك Para Aminobenzoic acid ورمزه $ك_{٧}بد_{٧}ا_{٢}ن$



يوجد موزعا فى النبات والحيوان ويؤدى نقصه إلى ابيضاض فراء الفار الأسود كما يؤدى إلى تأخر النمو وهو يوجد فى خميرة البيرة

الكولين Choline ورمزه : $ن(بد_{٣}ك)_{٣}(بد_{٣}ك)(بد_{٢}ك بد_{٢}ا بد)$

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

حمض الفوليك Folic acid

وهو يعرف باسم حمض التيرويلجلوتاميك Pteroylglutamic ويوجد منتشرا فى الطبيعة خصوصا فى النباتات الورقية وكذلك فى الكبد . ونظرا لوجوده بوفرة فى الأوراق الخضراء فقد اشتق اسمه من كلمة Folium أى ورقة خضراء

فيتامين B_{12}

وقد أمكن فصله سنة ١٩٤٨ فى صورة بللورات نقية فوجد انه يحتوى على الكوبلت والفسفور والنتروجين إلا أنه خال من الكبريت . ويمتاز هذا الفيتامين بتحمله للحرارة العالية وان كانت تحت ضغط عال نسبياً

٩ — الطعم والرائحة والنكهة

عند الكلام عن تركيب المواد الغذائية والتغيرات التى تطرأ عليها لابد من الكلام عن الطعم والرائحة والنكهة ، ذلك أن الكثير من التغيرات الملحوظة التى تطرأ على المواد الغـــذائية أثناء اعدادها وطبخها وتخزينها وحفظها تؤثر فى هذه الصفات ، وكذلك يؤدى فساد الأغذية إلى تغير واضح فى طعمها ورائحتها ونكهتها نتيجة لنشاط عوامل الفساد فيها .

الطعم

والطعم أو المذاق هو ما يحسه اللسان نتيجة حاسة الذوق بوصول المادة إلى أزرار أو حلمات التذوق فيه ، ولذلك كان من المحتم أن تكون هذه المادة على حالة محلول أو أن تكون قابلة للذوبان فى 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 وهى: الطعم الحلو والطعم المر والطعم الملحى والطعم الحامض ، تسمى هذه احيانا بأنواع الطعم الاولية أو البسيطة . فيكون الاحساس بالمذاق الحلو فى أغلبه على طرف اللسان، بينما يكون الاحساس بالمذاق المر فى مؤخرته. أما المذاق الملحى فيحس به على الطرف والجانبين . وكذلك المذاق الحامض يحس به على جانبى اللسان . ويعتبر دايسن Dyson الحراقة مذاقا مستقلا لانها تنبه فى اللسان وفى الغشاء المخاطى للفم أزرارا أو حلمات حساسة خاصـــة ، والمذاقات الحامضية أو الملحية تنسب إلى تأثير أيونات المواد التى تحدث هذه الاحساسات ، أما المذاقات الحلوة والمرة فإن المواد نفسها هى التى تحدثها وتكون هذه المواد بصفة عامة غير متأينة .

الطعم والحلو Sweet taste

هو فى المواد الغذائية ينسب عادة إلى مركبات عضوية عديدة الايدروكسيل مثل السكريات ، ولو أن هناك بعض مواد حلوة المذاق لا تنتسب إلى السكريات مثل السكارين والدولسين وغيرها من المركبات الكيمائية الصناعية ذات المذاق الحلو ، ويدخل السكر الطبيعى فى تركيب الكثير من المواد الغذائية ، وهو يوجد فى الفواكه والخضر والبذور والجذور الدرنية ... الخ ، كما يوجد فى قصب السكر والبنجر على حالة سكر ثنائى بينما تحتوى الفاكهة على نسب من الجلوكوز والفركتوز تكسبها الطعم الحلو الظاهر . وينسب الطعم الحلو فى اللبن إلى سكر اللاكتوز ، كما أن بعض الجلوكوسيدات مثل جلوكوز العرقسوس وهو الجلسريزين يكسبه طعما حلوا . وطعم البصل والثوم فى الحقيقة حلو ولو أن مركباتهما العطرية تخفى هذا الطعم .

جدول — ١٢ — للمواد المختلفة بمقارنتها بالسكروز

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

الطعم المر Bitter taste

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

الطعم الملحى Salty taste

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

والاحساس بالملوحة يقل بارتفاع درجة الحرارة . ومن مميزات كلوريدات الصوديوم انها تضعف الطعم الحامض الظاهر للاحماض وهذا التأثير معروف على الأخص مع أحماض الطرطريك واللكتيك 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 فى 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 الايدروجينى التى يمكن للاحماض المعدنية أن تعطى عندها طعما حامضيا هى pH ٣,٤—٣,٥ ، بينما تكون النهاية الصغرى لرقم pH الذى يمكن عنده الاحساس بالطعم الحامضى للاحماض الضعيفة مثل الخليك واللبكتيك والستريك والبيوتريك هى pH ٣,٧ — ٣,٩ . وإذا ماأجرى تعديل محاليل هذه الأحماض إلى رقم pH ٣,٩ ، فإن هذه المحاليل تعطى مذاقا حامضيا أكثر شدة من الحمض النقى على نفس الـ pH ، وعلاوة على ذلك فإن طعمها الحامضى يستمر مدة أطول ، وهذا يرجع إلى تأثيرات الانيونات فى زيادة الحموضة ، فالأملاح الحمضية ، واللاكتونات والفينولات تكسب المادة طعما حامضيا ، ويكون الإدراك الحسى للطعم الحامضى أقل على درجات الحرارة العالية . فالشاى الساخن المضاف اليه 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 :

ا — 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 .

حـ — الطعم المتصل After Taste : وربما كان هـذا الطعم نتيجة استمرار تنبيه أزرار أو حلمات المذاق بسبب صعوبة إزالة المادة من مسام المذاق بواسطه اللعاب أو الماء.

الرائحة

أو بمعنى آخر حساسية الشم ،وهى حساسية كيميائية مثل الطعم . ولكى يتأتى لمادة ان تنبه الأعصاب الشمية يجب أن تتصل بها ، ويحدث ذلك عادة بذوبانها فى المحاليل التى تبلل الشعيرات الشمية . والمواد التى تذوب فى الزيوت تكون أقوى رائحة من القابلة للذوبان فى الماء ، أما المواد العديمة الذوبان فتكون عديمة الرائحة تماما ، ويمكن للرائحة ان تحس عن طريق الفم أيضاً كما تحس عن طريق الأنف مادامت تصل فى الحالتين إلى القابلات الشمية Olfactory receptors ، ومع ذلك فان هناك فى الأنف أعصابا أخرى تتأثر بالكيمائيات فتحدث شعورا يمكن وصفه بأنه مهيج Irritating ، أو حريف Pungent ، 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 . ونظرا لتعدد الروائح وتنوعها كان المتعذر وضعها تحت مجموعات بسيطة كما هو الحال فى الطعم . ولم يمكن وضع نظرية مقبولة للعلاقة بين التركيب الكيمائى والرائحة ، وهذه هى إحدى الصعوبات التى تجعل من المتعذر تقسيم الروائح بسهولة ، ولو أنه من المعروف أن قوة الرائحة فى السلسلة المتماثلة تزيد مع تزايد حجم الجزىء حتى تصل إلى نهاية عظمى تضعف بعدها الرائحة ثانية ، فمثلا الكحولات البسيطة تزيد فيها قوة الرائحة بزيادة الوزن الجزيئى متدرجة من كحول الميثايل إلى كحول الايزواميل Isoamyl alcohol ، ثم تضعف الرائحة بعد

ذلك فى قوتها نسبياً بزيادة الوزن الجزيئى ، فمثلا كحول ايزو الامايل تكون قوة رائحته حوالى ١٠٠٠٠٠ 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

المـــادة		أجزاء فى المليون	بالجرامات فى اللتر
خلات ايزو الامايل	Isoamyle acetate	٧	٠٠٣٩
خلات الايثايل	Ethyl acetate	١٩٠	٠٦٨٦
حمض البيوتيريك	Butyric acid	٢٠٤	٠٠٠٩
حمض الايزوفاليريك	Isovaleric acid	٧	٠٠٢٩
ايزوفاليرات ايزو الامايل	Isoamyle isovalerate	١٠٧	٠٠١٢
ساليسيلات الميثايل	Methyl salicylate	١٦٠١	١
زيت النعناع	Oil of peppermint		٠٠٢٤

النكهة Flavour

إن كلمة (نكهة) كلمة شائعة الاستعمال ، إلا أنه كثيرا ما يخطىء فى استعمالها . والواقع أن أنواع الطعم المختلفة عبارة عن تركيبات ممتزجة 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 بملمسه 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 فى المياه الغازية (الغازوزة) التى نشربها نوعا آخر من حاسة اللمس، والاحساس الحارق الذى ينتج عن الزنجبيل والفلفل يحدث عن تنبيه خلايا الحس العادية للفم واللسان بالإضافة إلى المذاق الحقيقى المميز لها، والتأثير الحسى المبرد للمنتول ينسب إلى تأثر قابلات الاحساس التى تشعر بالبرودة ، ونكهة شراب الليمون (الليموناده) أو شراب البرتقال (الاورانجياد) تنتج من الطعم الحلو للسكر والطعم الحمضى لحمض الستريك ودرجة الحرارة المنخفضة ورائحة المواد ، وزيادة البرودة إلى حد غير مريح قد تمنع تمييز النكهة . أما المواد الساخنة فيجب ان تكون سخونتها مناسبة أيضا حتى تتميز أقصى نكهة لها . وعلى ذلك فإن الادراك الحسى للنكهة يجمع عدة احساسات ، ويمكن للتبسيط اعتبارها مكونة من أربعة احساسات رئيسية .

١ — طعم حقيقى، وهو مايشعر بلذة الطعم ، وينشأ عن تأثير المادة فى حواس المذاق .

٢ — رائحة أو احساس شمى Olfactory sensation

٣ — شعور أو إحساس 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 فى احساسات النكهة ، وكثيرا ما يعبر عن كلمة نكهة Flavour بما يوحى بأن شذى Aroma مميز ، وللتدليل على أهمية التمييز بين الطعم والرائحة والنكهة نأخذ مثلا فاليرات البنزايل Benzyl Valerate ، فإن لها طعما حلوا ورائحة شبيهة بالورد ولكن نكهتها كنكهة التفاح .

تقسيم مواد اكتساب النكهة

من الصعب عند وضع أى تقسيم للمواد المكسبة للنكهة أن نتبع طريقة بسيطة فى تقسيم مركباتها ، ولو أن الطريقة الشائعة فى تقسيمها هى وضع قائمة أبجدية لها ، إلا أننا نفضل تقسيمها إلى مجموعات كيمائية عضوية حتى يتيسر تفسير ماقد تطرأ عليها من تغيرات ، وعلى ذلك فيمكن تقسيمها إلى :

١ — أحماض اللكتيك والبيوتريك والخليك ... الخ
٢ — كحولات مثل الليناالون والجيرانيول والسترونيللول والتربينول ... الخ
٣ — استرات مثل ساليسيلات الميثايل واسيتات التربينايل ... الخ
٤ — الدهيدات مثل البترالدهايد والفانلين والسترال والسيترونيللال ... الخ
٥ — كيتونات مثل الكارفون والبوليجون والفنشون ... الخ
٦ — أثيرات مثل الأنيثول والسافرول ... الخ
٧ — ايدروكربونات مثل الليمونين والديبنتين ... الخ
٨ — أندريدات
٩ — لاكتونات
١٠ — تربينات
١١ — مركبتانات
١٢ — أكسيدات وبيروكسيدات

وهذه المركبات قد تكون اليفاتية أوعضوية كما أنها قد تكون مشبعة أو غير مشبعة ، وجميع مواد النكهة الموجودة طبيعيا لا توجد

على حالة بسيطة بل على حالة مخاليط معقـــدة ، وكثيرا ما تسودها نكهة أحـــد المركبات كما يحدث فى حالة الفانللين فى مستخلص الفانيليا ، ولو أن لوجود المركبات الأخرى أثر معدل فى 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 ، وهى ليست جليسيريدات كما فى الزيوت والدهون المعروفة بل هى عبارة عن ايدروكربونات أو أثيرات أو استرات أو الدهيدات ... الخ . وتكون الزيوت العطرية فى العادة عبارة عن مزيجات معقدة تحتوى على كميات محسوسة من واحد أو أكثر من المركبات السابقة مع آثار من مركبات أخرى تكون فى بعض الحالات من القوة والأهمية بحيث تكسب الزيت العطرى الرائحة السائدة . فمثلا فى الموالح يكون ٩٠٪ من محتويات زيوتها العطرية مركبات ايدروكربونية عديمة الرائحة نسبيا وهى التربينات Terpense التى تكون أقل ثباتا من باقى الزيت ، وهى سريعة التأكسد بتعرضها للجو وتعطى طعما غير مرغوب ، ولو أنها فى حالتها الطبيعية تشترك مع غيرها من المركبات فى اكساب الطعم الطبيعى .

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

فالنكهة الحادة اللاذعة تتميز بها العائلة الصليبية وتحتوى على الايزوثيوسيانات ، فالفجل الأحمر واللفت يحتويان على ايزوثيوسيانات فينايل الايثايل ،أماالفجل الحارHorse raddishفيحتوى على ايزوثيوسيانات البيوتينايل .

وجذور عائلةالجزر وتشملالشمر والكرفس وغيره تكون ذاتطعم حلو قوى لذيذ تصاحبه زيوت عطرية يفقد الكثير منها عند الطبخ .

ويحتوى البصل والثوم على مركبات كبريتية قوية . ويعتقد ان النكهة المميزة للبصل تنسب الى وجود ثنائى الكبريتورات مع آثار من الدهيد الالايل وربما مع بعضايزوثيوسيانات الالايل التى يفقد جزء كبير منها عند الطبخ ، أما النكهة المميزة للثوم فتحتوى على ثانى كبريتور الايل البروبيل وثانى كبريتور ثنائى الالايل .

وجذور العرقسوس غنية فى الجلوكوسيد الحلو المذاق «جليسيريزين» الذى يكون لاذعا نوعا مع بعض المرارة .

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

وتحتوى بعضالأوراق الخضراء على نكهة مميزة فالكرنب والجرجير تحتوى على بعض آثار من زيوت الخردل (ايزوثيوسيانات) ، وتحتوى السبانخ والرجلة على الاكسالات مما يجعلها حامضية الطعم حادته . بينما تعتمد نكهة البقدونس والشمر وأوراقالكرفس علىالزيوت العطرية الموجودة فيها . وكذلك تحتوى البراعمالزهرية والزهور علىنكهاتخاصة،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 زيته العطرى المستخرج من البتلات

فى صناعة العطور كما يستخدم فى تحضير ماء الورد بالتقطير .

أما الفواكه فتكاد تكون كلها حلوة المذاق ، والكثير منها يكون حامضى الطعم أيضاً لاحتوائه على أحماض عضوية كالماليك والستريك والطرطريك ، وقد يحتوى البعض منها على حمض التانيك اللاذع ، وقد تكون الفاكهة خصوصا قبل اكتمال نضجها ذات طعم قابض لاحتوائها على التانين بنسبة عالية . وتوجد الزيوت العطرية فى الطبقة الملونة من قشرة الموالح مما يكسبها النكهة الطيارة المميزة لها . وفى الكثير من الفواكه تتركز النكهة فى الطبقة التى تلى القشرة مباشرة ، وتنسب النكهة فى الفواكه بصفة عامة الى الزيوت العطرية وهى شديدة الحساسية سريعة التلف .

وفى معظم البذور مثل التوابل وجوزة الطيب والكراوية وبذور الكرفس والكزبرة والفانيليا واليانسون والفلفل والخردل تعتمد نكهتها على الزيوت العطرية التى تحتوى عليها .

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

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

جدول ١٤ — أهم الزيوت العطرية التى توجد فى المواد الغذائية

نوع الزيت	وصف الرائحة	الطعم المميز	محتوياته الهامة
الثوم	حريف كبريتى	لاذع	ثانى كبريتور ثنائى الالايل . مركبات كبريتية اخرى .
الكرات	حريف كبريتى	لاذع	كبريتور الفينايل ، مركبات الدهيد
البصل	حريف ومسيل للدموع	لاذع	مركبات كبريتية ، والدهيد الالايل
الزنجبيل	حريف وله رائحة التوابل وشذى خاص	حارق	ونجرون ، سترال ، بوزينول
الفلفل	حريف	حارق	تربينات كافور
حشيشة الدينار	اثيرية ذات شذى خاص ولها رائحة التوابل		كاريوفللين ، ميرسين ، استرات احماض
جوزة الطيب	ليمونية تربينية	مرة	تربينات ، كحولات تربينية ، اوجينول ، ايزواوجينول استرات . الدهيدات
القرفة (القلف)	قرفة	حلوة	٨٥ ٪ الدهيد السناميد
الخردل	حريف مسيل للدموع	لاذع	يحتوى رئيسيا على ايزوثيوسيانات الالايل
الجرجير	حريف له رائحة الخردل	لاذع	يحتوى رئيسيا على ايزوثيوسيانات فينيل الاثيلين
الورد	له شذى زهرى		جيرانيول سترونيلال ، اوجينول كحول فينيل ايثايل
اللوز المر	نوى الخوخ		بنزالدهيد . حمض بروسيك ، فنزيل
التفاح (القشر)	شذى التفاح		اسيتايلدهيد ، استرات الامايل
الخوخ (القشر)	شذى الخوخ		استيالدهيد ، استرات الميثايل ، لينالول الدهيد
البرجموت	خفيفة ذات شذى استرية ليمونية		خلات الليناليل
الليمون البزهير (قشر)	ليمونية		سترات ، واربعة الدهيدات أخرى ، وديبنتين
ليمون اضاليا	ليمونية		٤ - ٥ ٪ سترال (٩٠ ديبنتين)
البرتقال	برتقالية		استرات الليناليل ، تربينول ، الدهيد (٩٥ ٪ ديبنتين)
يوسفندى	برتقالية		١ ٪ . مثيل انثرانيلات الميثايل ، الدهيدات ، استرات ٩٥ ٪ . ديبنتين

تابع جدول ١٤

نوع الزيت	وصف الرائحة	الطعم المميز	محتوياته الهامة
اجريب فروت	عطرية		٣ - ٥ ٪ سترال ، لينالول، استرات (٩٠ ديبنتين)
القرنفل	ذو شذى - رائحة توابل - حريف	يحدث خدراً (تنميلا)	حوالى ٨٥ ٪ أوجينول
الكريز	رائحة اللوتده		لينالول
الكمون	رائحة التوابل		٣٠ - ٤٠ ٪ الدهايد ، الكيومينيك
الكرفس (بذره)	كرفسية		لاكتون ، ديبنتين
البقدونس	بين جوز الطيب والكرفس		ابيول
الكراوية	كراوية		٥٠ ٪ كرفون ، ديبنتين
الينسون	رائحة العرقسوس	حلو	٨٠ - ٩٠ ٪ انيثول ، الدهيدات
الشبت	مثل الكراوية		كارفون ، ديبنتين ، ابيول الشبت
الشمر	مثل الينسون		٨٠ - ٩٠ ٪ انيثول ، فنشون
الياسمين	له شذى ليونى		خلات البنزايل ، خلات الليناليل اندول ، كحول البنزايل الخ
الزعتر	عشبى رائحة التوابل		٥٠ - ٧٠ كارفاكرول
النعناع	حريف مبرد نعناعى		منثول ، منثون ، استرات

الباب الثانى

تغير الماده الغذائية وفادها

فساد المادة وتغيرها : يحدث فساد المواد الغذائية نتيجة عدة عوامل تؤدى الى إحداث تغيرات كثيرة فى مظهرها ولونها ورائحتها وتركيبها الكيمائى وتشمل هذه العوامل حالة المادة الغذائية ومدى تعرضها للتلوث بالأحياء الدقيقة ومدى نشاط الانزيمات فيها ، وتشمل كذلك نوع التفاعلات الكيمائية المباشرة التى 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 .

حالة المادة الغذائية وطبيعة كيانها : لمعظم المواد الغذائية كيان خاص بها ، والكثير من المواد النباتية منها تحميها طبقة خاصة أو قشرة صلبة نوعا ما ، وقد تكون مغلفة فى بعض الاحيان بطبقة شمعية كما فى حالة الفاكهة ، او بمادة مخاطية كما فى حالة الخضر ، ويساعد هذا النوع من الوقاية الطبيعية على صيانة المواد الغذائية لفترة محدودة من الزمن . ومن المشاهد أن المواد الغذائية التى ليس لها كيان خاص تحرمها الطبيعة من هذه الوقاية وتكون أكثر تعرضا للفساد ، وهذا هو إحد الأسباب التى تؤدى الى سماحة فساد اللبن لعدم وجود كيان محدود له مما تسمح باستمرار ثلوثه .

وما دامت المادة الغذائية تحتفظ بذلك الكيان المحدود فإن محتوياتها الداخلية تبقى صعبة الاتصال بالوسط الخارجى ، وبالتالى تكون أقل تعرضا

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 الأسباب التى 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 ثقبت إذ انها فى هـــذه 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 الضرورى جمع المحصولات الغذائية وإعدادها وتعبئتها ونقلها وتخزينها مع حمايتها من الآفات المختلفـة ومقاومتها إن وجدت ، ومراعاة الطرق الفنية فى تجهيزها وإعدادها للحفظ .

الاحياء الدقيقة : تشمل البكتريا والعفن والخائر 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 الاحياء وصفاتها وطرق تكاثرها واطوار نموها الخ ... تمهيدا لدراسة ماتحدثه 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 ماتترتب هذه الخلايا على صورة مجموعات ملتصقة ببعضها ، وهـذه الظاهرة كثيرا

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

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

الجراثيم : هناك لبعض البكتريا طور مقاوم يعرف بالجرثومة Spore أو الاندوسبور Endospore ، تتخزن فيه القوة الكامنة للخلية الخضرية . وأغلب أنواع البكتريا التى فيها جرثومة واحدة فى الخلية البكترية تكون من أنواع خاصة من البكتريا العضوية، وان كان هناك بعض أنواع من البكتريا الكروية قد تكون لها القدرة على تكوين جراثيم . وتتغلف الجراثيم بغشاء سميك أو جدار جرثومى ويعتقد أن مقاومة جراثيم البكتريا للحرارة يرجع إلى الخواص العازلة لهذا الجدار الجرثومى السميك ، ولذلك تستطيع

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

التغذية : إن فهم كيفية حصول البكتريا على غذائها وأنواع العناصر الغذائية الضرورية لها يسهل علينا فهم التغييرات التى تحدثها البكتريا أثناء نموها فى المواد الغذائية . والبكتريا ، كأى خلية حية ، لابد لها لكى 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 البكتريا على غذائها من البيئة التى تعيش فيها ، وذلك بمروره خلال جدارها الخلوى المنفذ ، فإذا كانت المادة الغذائية فى صورة لاتصلح لمرورها خلال هذه الجدر كان من الضرورى انحلالها إلى مركبات أبسط تركيبا يمكنها أن تنفذ إلى داخل الخلية . وتحدث البكتريا هذا الانحلال بتأثير الانزيمات التى تفرزها فى البيئة Exo - Enzymes ، وقد تطرأ على تلك المواد بعد امتصاصها داخل الخلايا تغيرات انزيمية أخرى بفعل انزيمات داخلية Endo - Enzymes بغرض زيادة انحلال المواد الغذائية أو بغرض بناء المادة الخلوية ، وسيأتى الكلام عن الانزيمات تفصيلا فى الباب التالى .

وتحتاج البكتريا فى بيئتها إلى الكثير من العناصر المعدنية نظرا لتأثيراتها

الطبيعية الهامة ، فهى مثلا تعمل كمواد معدلة Buffers لمنع تغيرات رقم pH للبيئة ، كما أنها تعمل على ضبط الضغط الأسموزى الذى تعتمد عليه الخلايا فى عملية الامتصاص ، كما أن البكتريا قد تحتاج إلى بعض الأملاح فى غذائها لبناء البروتوبلازم . وقد تستخدم المواد المعدنية كعوامل مساعدة أو لتشجيع نشاط بعض الانزيمات ، وتحتاج البكتريا عادة إلى أيونات البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم والحديد والفوسفات والسلفات والكربونات والكلوريد ، وجميع هذه العناصر تدخل عادة فى تركيب المواد الغذائية ، وكذلك تحتاج بعض الأحياء الدقيقة فى نموها إلى مواد خاصة تشجع على النمو ، ويطلق عليها حديثا إسم « فيتامينات البكتريا » ولبعض أنواع البكتريا القدرة على تكوينها . فإذا فقدت البكتريا قدرتها على تكوينها كان من الضرورى وجودها فى البيئة .

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

١ — بكتريا Autotrophic : هى البكتريا التى يمكنها بناء مادة البروتوبلازم من المركبات البسيطة غير العضوية التى تستخلص من البيئة ، فهى تستطيع تمثيل الكربون من ثانى أكسيد الكربون . كما تستطيع تمثيل النتروجين من النشادر والنترات والنتريت ، وهى تحصل على الطاقة اللازمة لنموها من تفاعلات التأكسد أو تستغل الطاقة الإشعاعية لضوء الشمس . وتشمل هذه المجموعة بكتريا التأزت ، وهى البكتريا ذات الأهمية الخاصة فى ميكروبيولوجيا التربة وليس لها علاقة بفساد الأغذية .

٢ — بكتريا Heterotrophic : هى التى تعتبر المواد العضوية ضرورية لها بوصفها مصدراً للكربون والطاقة ، وتشمل هذه المجموعة البكتريا

المرضية Pathogenic ، والأنواع الرمية Saprophytic المسئولة عن فساد الأغذية وعن إنحلال المركبات المختلفة التى تدخل فى تركيب الموادالغذائية.

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

١ — بكتريا هوائية إجباريا Obligate Aerobes : هى التى تحتاج إلى الاكسجين الجزيئى للنمو .

٢ — بكتريا غير هوائية إجباريا Obligate Anaerobes : هى التى ليس لها القدرة على الاستمرار فى النمو والنشاط فى وجود الاكسجين الجزيئى.

٣ — بكتريا غير هوائية اختياريا Facultative anaerobes : هى التى تنمو فى وجود الاكسجين الجزيئى أو فى غيابه على السواء .

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

أطوار النمو والتكاثر للبكتريا : تسلك البكتريا فى نموها وتكاثرها أربعة أطوار هى :

١ — طور الابطاء Lag phase : فى هذا الطور قدلا يتزايدعددخلايا البكتريا الموجودة فعلا أو قد تتزايد بنسبة قليلة جدا ، إلا أن بعض الخلايا البكتيرية تنمو ويكبر حجمها نوعا ، ويزيد فيها نشاط عمليةالتنفس وبعض العمليات الأخرى . ويتوقف طول مدة هذا الطور على عوامل كثيرة أهمها عدد الخلايا البكتيرية الموجودة وظروف البيئة ، فإذا زاد عـــدد 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 للحرارة وللجواهر الكيمائية السامة .

٢ — الطور اللوغاريتمى : هو الفترة التى يحدث فيها أسرع نمو للخلايا والتى يتزايد فيها عدد البكتريا تزايدا هندسيا يمثله خط بيانى 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 والكيمائية 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 للتخمر إذ يكون للحمض الناتج عن هذا التخمر 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 مثبطة للنمو ، أو أحتمال أن يؤدى التأثير الطبيعى لتزاحم

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

مجال الحرارة الملائمة للنمو : لجميع أنواع البكتريا هناك درجة حرارة صغرى وأخرى عظمى تنشط عندها . وبين هاتين الدرجتين تقع الدرجه 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 ٤٥° م (١٠٤° - ١١٣° ف) ولو أن هناك بعض أنواع منها تتحمل الحرارة Thermo — Tolerent ، والبكتريا التى تكون جراثيم من هذه المجموعة تنمو على درجة ٥٥م (١٣١° ف) .

٣ — المجموعة الثرموفلية (المحبة للحرارة) Thermophilic Group : هى بكتريا جرثومية ، ودرجة الحرارة المثلى لها ٥٥م . (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 التى تتعدى هذه الحدود يكون لها تأثير ممیت أو مثبط لنمو البكتريا والكثير من أفراد هذه المجموعة تتسبب فى فساد المواد الغذائية المحفوظة كالخضر واللحوم ، وهى توجد بكثرة فى التربة وفى الماء .

أمثلة على البكتريا التى تحدث الفساد فى المواد الغذائية : يمكن تقسيم البكتريا التى تؤدى إلى افساد المواد الغذائية إلى مجموعتين :

١ — بكتريا غير مرضية : وأهم الأمثلة على هـــذه البكتريا مجموعة باسيلوس كولاى Bac. Coli أو أشيريشيا كولاى Escherichia Coli ، وجميعها من بكتريا الأمعاء ، ووجودها فى الماء يعتبر دليلا على التلوث بفضلات المجارى ، وهى توجد فى المجارى والروث والتربة والهواء وهى شائعة فى تلوث اللبن . وهناك مجموعة أخرى تنتسب إلى المجموعة السابقة هى باسيلوس ايروجينس Bac. Aerogenes وهى مسئولة عن فساد الكثير من الأغذية غير الحمضية وكذلك مجموعة الاميلو باكتر B. Amylobacter ، وهى توجد بكثرة فى التربة وعلى سطح الحبوب ، وبعض أفراد هذه المجموعة يكون حمض بيوتريك وحمض خليك والبعض منها يكون كحول بيوتايل واسيتون كما

يكون اكسيد الكربون . أما باسيلوس ميزينتاريكاس Bac. Mesentaricus فهى من أنواع البكتريا التى تؤدى إلى فساد المخللات . وكذلك تعتبر كلوستريديوم سبوروجينس Clostridium sporogenes وكلوستريديوم بيوتريفيكام Cholstridium putrificum من أنواع البكتريا التى تسبب فساد اللحوم والاسماك ، وتعتبر بكتريا حمض اللكتيك Lactic acid bacteria مسئولة عن الكثير من التلف الذى يلحق المواد الغذائية ، وتؤدى بكتريا حمض البيوتريك كذلك الى بعض الفساد ، كما أن البكتريا الثرموفيلية تسبب خسائر كبيرة لصناعة الأغذية المحفوظة . وقد يؤدى تلوث المواد الغذائية ببعض البكتريا الكروية إلى إحداث تغيرات غير مرغوبة ، فقد تحدث مثلا تعكيرا لعصير الفاكهة المخمر وتغيرا فى طعمه .

٢ — بكتريا مرضية : هى أنواع من البكتريا تلوث المواد الغذائية وتسبب فسادها وتنقل الى 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 انواع البكتريا ذات الأهمية الصناعية : على الرغم من أن البكتريا بوجه عام تعتبر من أهم العوامل المسئولة عن تلف المواد الغذائية ، ألا أن هناك أنواعا منها تحدث فى المواد الغذائية تغييرات مرغوبة ، ولذلك فهى تستخدم فى كثير من الصناعات فتستعمل أساسيا فى التخمرات الصناعية ، وأهم انواع البكتريا التى تستخدم صناعيا أنواع بكتريا الخل Acetobacter مثل B. Aceti وباستوريانم B. Pastourianum وكوتزنجيانم B. Kutzingianum 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 فى إحداث التخمر اللكتيكى كما يحدث فى صناعة التخليل ، وهذه البكتريا تكون عادة عديمة الحركة وهى تحول السكر إلى حمض لكتيك . وهناك سلالات منها تستخدم فى تحضير حمض اللكتيك صناعيا فى الحبوب ، أما باسيلوس حمض اللكتيك Bacillus Lactic Acid فهى باسيلوس عضويه قصيرة تحدث التخمر اللكتيكى للبن وهى تقوم بدورهام فى انضاج الجبن . وهناك سلالات أخرى تنتسب اليها مثل لاكتوباسيلوس بولجاريس Lactobacillus Bulgaricus وباسيلوس اسيدوفيلس Acidopholus ، وهما يستخدمان فى صناعة اللبن الزبادى كذلك تستخدم باسيلوس بيوتركس Bac. Butyricus فى تحضير حمض البيوتريك صناعيا، وهى باسيلوس غير هوائية تحمل جراثيم وهى تعمل أيضا فى انضاج الجبن .

الخمائر Yeasts

هى 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 . والخمائر منتشرة فى الطبيعة وتوجد عادة على الطبقة السطحية للتربة وفى التراب وعلى سطح أوراق النبات. وهى تكاد توجد بصفة دائمة على سطح الكثير من الفواكه مثل العنب والتفاح والكمثرى وغيرها كما توجد بكثرة على سطح التربة فى حدائق الفاكهة. وتتركب خلية الخميرة من جدار خلوى أو غشاء منفذ يحيط بالبروتوبلازم الذى يحتوى على نواة وحبيبات مختلفة . وفى الخلايا الحديثة يكون جدار الخلية رقيقا والبروتوبلازم شفافا ، فاذا ماتقدم بها العمر تظهر فى بروتوبلازم الخلايا حبيبات وفجوات ويزيد سمك الجدار الخلوى . وخلايا الخميرة ذات أشكال مختلفة واكثرها شيوعا المستديرة والبيضية والاهليلجية Elliptical،

وتختلف خلايا الخميرة فى الحجم وقد يصل قطرها الى ٨ميكرون وطولها الى ١٠ميكرون . وتحتاج الخمائر إلى بعض المركبات العضوية وعلى الأخص الكربوايدرات للحصول على الطاقة اللازمة لها ، وتحصل على احتياجاتها عادة فى صورة سكريات والدهيدات واملاح بعض الاحماض والجليسرول والايثانول . وعلاوة على ذلك فهى تحصل النتروجين من مصادر عدة أهمها المركبات الانحلالية للبروتين مثل الببتونات والببتيدات والأحماض الأمينية ، وكذلك من الاميدات اليوريا واملاح الامونيوم ولا تستطيع الخميرة عادة تمثيل النترات فيما عدا أنواع قليلة مثل ها نسينولا Hansenula . ولابد كذلك من الحصول على العناصر المعدنية ، وهى تحصل عليها فى صورة أملاح أخصها أملاح المغنسيوم والفوسفات والبوتاسيوم والكبريت والكالسيوم والكلور وأكثر الأملاح استعمالا فى تربية الخميرة هى فوسفات البوتاسيوم وسلفات المغنسيوم وفوسفات اوكلورور الكالسيوم وسلفات الأمينوم . وفى بعض الاحيان تحتاج البيئة إلى مواد تشجع على النمو ، وتفضل الخمائر فى نموها احتواء البيئة على كمية وافرة من السكريات القابلة للتمثيل والمواد الغذائية المناسبة ذات التأثير الحمضى ، ويختلف رقم pH المناسب تبعا لنوع الخميرة ، ويتراوح رقم pH بين ٥,٣ — ٥,٥ ، ويكون رقم pH للتخمرات الصناعية فى العادة مابين ٤ و ٤,٥ . والبيئات التى تصلح لنمو الخميرة تصلح فى نفس الوقت لنمو العفن ، بينما يكون من الصعب على البكتريا أن تعيش فيها نظرا لتأثيرها المثبط

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

الخميرة والهواء : معظم الخمائر تؤثر فى المواد الغذائية فى ظروف هوائية اختيارا ، ولو أن منها ماينشط أيضا فى وجود الهواء.

المجال الحرارى للنمو: تقع الدرجة المثلى لمعظم الخمائر بين ٢٥ و ٣٠ م (٧٧ — ٧٦ ف) . ويمكن للخمائر أن تحتفظ بحيويتها فى درجات الحرارة المنخفضة ، إلا أن نشاطها يقف عند حوالى ١٥ درجة ف . وتهلك معظم الخمائر فى 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 فى الجدار الخلوى. وهذا البرعم أو الزر يتزم عند قاعدته ، ثم يزيد فى الحجم حتى يصل فى حجمه وشكله إلى حجم الخلية الأصلية وشكلها واخيرا ينفصل عنها . وكثيرا ماتعطى الخلايا البرعمية أزرار جديدة قبل أن يحدث الانفصال فتظهر هناك مجموعة متصلة من خلايا متباينة .

أما التكاثر بالانقسام فانه يحدث بانقسام الخلية الاصلية الى خليتين، وطريقة الانقسام هنا تماثل نظيرتها فى انقسام البكتريا .

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

وكما هو الحال فى العفن فان 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 ، وفى بعض الاحيان مرات ، ثم تركز المادة السيتوبلازمية حول كل نواة جديدة ناتجة واحاطتها بجدار جرثومى . فاذا تم الاتصال بين خليتين متساويتين سمى الاتصال متماثل الجاميطات Isogamic، أما إذا كان الاتصال بين خليتين غير متساويتين أو بين الخلية الأم وخلية البرعم سمى الإتصال غير متماثل الجاميطات Heterogamic. أما الجراثيم غير التناسلية فهى تتكون عن نواة خلية فى دور الانقسام ، ولا يسبق هذه العملية اندماج أولى للخلايا أو النوايات ، ويسمى هذا النوع من الجرثم 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 التى تكون جراثيم Sporogenous تسمى بالخمائر الحقيقية True yeasts ، والخمائر التى تكون جراثيم Asporogenous تسمى بالخمائر الكاذبة False yeasts or Pseudo yeasts . وتتقسم كل من الخمائر الحقيقية والخمائر الكاذبة إلى مجموعات كالآتى :

الخمائر الحقيقية وتشمل :

١ — مجموعة سكارومايسيس Saccharomyces ، وتشمل هذه المجموعة عددا من الخمائر الهامة ، وهى تحدث تخمرات كحولية تختلف فى قوتها . وخلايا هذه المجموعة إما مستديرة أو بيضية أو مستطيلة ، والكثير من خمائرها ذا أهمية اقتصادية إذ يستخدم فى صناعة التخمرات ، و إن كانت هذه الخمائر تعتبر كذلك فى 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 ـ مجموعة زيجوسكارومايسيس Zygosaccharomyces يعتبر أنها تندرج تحت جنس Saccharomgces . ولخائر 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 للتخمرات التي تحدثها بل تكون استرات . وهي كذلك تكون جراثيم .

٤ — مجموعة هانسينولا 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 .

الخائر الكاذبة وأهم مجموعات هذه الخائر :

١ — مجموعة توريولا Torula ، وهي عادة ذات خلايا كروية صغيرة تتكاثر بالتبرعم ولا تكون جراثيم ، وهي ضعيفة في نشاطها التخمري .

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 الخائر التي تسبب فساد المواد الغذائية

سكارومايسيس سيرفيسيا (هانسن) SaccharomycesC erviciae Hansen

سكارومايسيس ايلليبسويدس Sacc. Cerviciae Var Ellipsoides

وهما تحدثان تخمرات فى الفواكة الطازجة عند تخزينها ويحولان السكر إلى كحول وثانى أكسيد كربون .

سكارومايسيس باستوريانس Sacch. Pastorianus ، وهى تلوث البيرة عند صناعتها، وتحدث تغيرات غير مرغوبة فى الطعم ، وهى كذلك مصدر لمتاعب كثيرة فى هذه الصناعة ، كما أنها تسبب تلف عصير الفاكهة . وهى تخلق طعما مرا كما تحدث تعكيرا فى المواد التى تنمو عليها .

توريولا بولشريما Torula Pulcherrima ، وهى من أكثر أنواع التوريولا شيوعا ، وهى تسبب متاعب كبيرة من صناعة التخمر الكحولى، وتنمو فى القاع وتحدث نموا ملونا . وهى توجد فى التربة وعلى الفواكه.

توريولا أمارا Torula Amara ، وهى تكسب اللبن والجبن طعما مرا. تعتبر من أنواع Debaryomyces، وتمتاز هذه الأنواع بأنها تستطيع مقاومة درجات التركيز العالية للملح، ولذلك فهى تعيش فى المحاليل الملحية للمخللات.

توريولا كومبونس Torula Communis ، وهى تنمو على عصير قصب السكر وتحدث تخمرا يؤدى إلى انحلال جزء من السكر الذى يحتويه. ويمكن لهذه الخائر أن تنمو على درجات تركيز عالية من السكر .

ميكودرمافينى Mycoderm Vini ، وهى تنمو على هيئة مسحوق دقيق أبيض على سطح الخل وعلى سطح المحلول الملحى المخللات . وهى تستطيع استهلاك حمض اللكتيك المتكون بوصفه مصدرا للكربون ،وبذلك تقل الحموضة فى المخللات وتتعرض للتلف .

أنواع من البيشيا والهانسنيولا Pecia & Aansenula ، وهى لا تكون كحولات من السكريات بل تكون استرات مثل خلايا الايثايل وخلات

الأمايل . الخ .. ، وفى وجود الكحول تستهلكه كمصدر الكربون ، ولذلك فهى تسبب فساد المشروبات الروحية ، وإذا نمت على سوائل تكون أغشية مجعدة كما يحدث فى المخللات .

الأهمية الاقتصادية للخمائر :

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

وأهم الخمائر التى تستخدم فى الصناعة هى :

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

سكارومايسيس سيرفيسي (هانسن) Sacch. Cerviciae Hunsen وهى تسمى بخميرة البيرة أيضا تقوم بالتخمر الكحولى فى صناعة البيرة وكذلك تستخدم فى صناعة الخبز .

العفن Moulds

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

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

ويحصل العفن على مايلزمه من عناصر غذائية من البيئة التى يعيش فيها فهو يؤثر على الكربوايدات والبروتين والدهن بفعل الانزيمات التى يفرزها . وهو أقدر من البكتريا على احداث الانحلال فى الدهون .

التكاثر :

يتكاثر العفن عادة بواسطة الجراثيم ، وهى عبارة أجسام دقيقة لايزيد قطرها عن بضع ميكرونات ، ويتكون من الميسيليوم الواحد عدد هائل من الجراثيم . وتعتبر عملية التجرثم فى العفن عملية تكاثر حقيقية ، إذ أن كل جرثومة يمكنها أن تعطى نموا جديدا بواسطة ابراز أمبوبة جرثومية أو أكثر تمتد وتتفرع لتكون ميسيليوما جديداً يحمل جراثيم جديدة . ويمكن أن تتم هذه الدورة الكاملة فى الظروف المناسبة فى مدة تتراوح بين ٢٤ و ٤٨ ساعة . وفى معظم الأحيان يعتمد تمييز أنواع العفن على أنواع التكاثر الجرثومى الذى يحدث . وهناك نوعان من التكاثر الجرثومى ، الأول تناسلى Sexual وفيه تسبق عملية تكون الجراثيم على الدوام انقسام فى خليتين منفصلتين من الخلايا ، الهايفا ، مع انقسام نواتيهما ، والنوع الثانى غير تناسلى لايحدث فيه انقسام أولى للخلايا وإنما تتكون الجراثيم فى أطراف الهايفا المخصبة . وفى بعض أنواع العفن تتكون الجراثيم غير التناسلية بحالة مفردة أو فى مجاميع نتيجة لتبرعم الهايفا المخصبة أو تجزئتها ، ومثل هذه الجراثيم يطلق عليها اسم كونيديا Conidia ، كما يطلق على الهايفا التى تحملها اسم حامل الكونيديا Conidiophore . ويمكن أيضا لأنواع العفن عديمة الحواجز Non-septate أن تكون جراثيم غير تناسلية داخل كيس جرثومى Sporangium، وتسمى مثل هذه الجراثيم Sporangiospores ويطلق على الهايفا التى تحملها اسم حامل الأكياس الجرثومية Xporangiophore إلا أنه لايمكن مطلقا لانواع العفن ذات الحواجز Septate أن تكون

هـــذه الأكياس الجرثومية ، وفى بعض أنواع العفن تتكسر الهايفا إلى أجزاء صغيرة يعتبر كل منها جرثومة إذ تكون له القدرة على إحداث نمو جديد ، وتسمى هـذه الاجزاء بالاوئيديا Oidia ، وهناك كذلك نوع من الجراثيم يطلق عليها اسم Zygospores ، وهى ذات جدر سميكة تتكون نتيجة لاتصال هافيتين طرفيتين من مستعمرتين مختلفتين ، وهذا هو مايفسر اعتبار هذه الجراثيم تناسلية . وهناك عدا هذه من الجراثيم التناسلية نوع آخر يطلق عليه Ascospores ، وتتميز الجراثيم بأنها تتكون فى كيس خاص Ascus . وأهم هذه الجراثيم من ناحية حفظ الاغـــذية هى جراثيم العفن المسماه Byssoclamys fulva ، وهى التى تفسد الفـاكهة المحفوظة . ولما كانت جرثومة العفن تعتبر طورا من أطوار الراحة فى دورة الحياه فإن الجراثيم تتميز بمقاومتها للظروف المعاكسة ، فهى أكثر تحملا للحرارة والبرودة وكذلك للمعاملة بالمطهرات ، وهى أكثر تحملا للحرارة الجـافة منها للحرارة الرطبة ، وقد تتصل الهايفات فى بعض أنواع العفن لتكـون كتلا أو كرات متصلبة تسمى Sclerotia ، وتكون أكثر مقاومة للظروف المعاكسة.

مجال الحموضة :

تفضل أنواع العفن بيـــئة حمضية نوعا للحصول على أسرع تكاثر ويختلف رقم pH المناسب تبعـا لنوع التعفن ، إلا أنه بصفة عامة يكون أقل منه للبكتريا ، ومع ذلك فإن الكثير من الأنواع يمكنها أن تستمر فى النمو مع تغيير رقم pH ، فالعفن Rhizopus Nigricans ، مثلا يمكنه أن ينمو بين pH ٢,٢ و pH ٩,٦ ، فمجال الحموضة الذى يسمح بنمو أنواع العفن مجال متسع .

مجال الحرارة :

تختلف الدرجة المثلى للنمو تبعا لنوع العفن ، وأنسب درجات الحرارة

لنمو العفن بصفة عامة يكون بين ١٥ و ٣٠ درجة م « ٧٧° — ٨٦° ف »، وليس من الضرورى أن تكون الدرجة المثلى لتكوين الميسليوم هى 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 هى 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 فى 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 . وفى اغلب الأحيان تكفى لاهلاكها درجة حرارة ٦٥ م « ١٤٩° ف » لمدة ٣٠ دقيقة فيما عدا العفن المسمى Byssoclamys fulva ، فإن جراثيمه تتحمل حرارة « بين 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 الميسليوم تحتاج إلى ٥ ساعات على درجة ٨٥ م « ١٨٥° ف » لاهلاكها .

أهم أنواع العفن التى تتصل بحفظ الأغذية تتبع المجموعات الآتية :

١ — مجموعة ميوكر Mucor ، وهى أكثر أنواع العفن شيوعا ، وأهم خواص أفراد هذه المجموعة تكوينها لخيوط تحت سطح البيئة تساعد على تقوية الهايفات الهوائية التى تحمل أكياس الجراثيم فى نهايتها ، ولون هذه الجراثيم أسود . والميسليوم فى هذه المجموعة عديم الحواجز ، وأشهر أنواع هذه المجموعة Mucor rouxii, Rhizopus nigricans, Mucor Mucido .

٢ — مجموعة اسبرجيللس Aspergillus ، وهـــذه المجموعة شائعة فى الطبيعة وهيفاتها المخصبة رقيقة ، إلا أنها تتضخم عند الأطراف بشكل هراوة Club يسمى كل منها Basidium ، وحول هذه تتكون نتوءات تسمى Sterigmdto 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 الأوئيديوم Oidium ، ويتميز العفن فى هـذه المجموعة بأنه ليس له شكل محدد فكل خيط من خيـوط الميسيليوم له القدرة على ان ينفصل إلى وحـــدات اوئيديا Oidia تناظر الجرثومة أوالكونيديوم ، وتكون الاوئيديا فى العادة مستطيلة ومستديرة الأركان ولها ميزات 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 مونيلا Monila وأنواع العفن فى هذه المجموعة شبيهة بالخمائر من نواحى كثيرة ، فهى مكونة من خلايا طويلة متبرعمة تتكون فى نهايتها خلايا شبيهة بالخميرة . وهذه الخلايا تتكاثر فى المحاليل السكرية بالتبرعم وهى تحدث تخمرا كحوليا ، وهى تخمر عصـــير القصب ، وأهم أنواعها m. fusca, monilia candida, m. nigra .

٧ — مجموعة التاتريا Alternaria ، وتتميز بأن لها جراثومة أوكونيديا ، وهذه الجراثيم عديدة الخلايا وتكون فى العادة داكنة اللون وتوجد على شكل سلاسل .

أهم أنواع العفن التى تسبب فساد المواد الغذائية :

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

٢ رايزوبس نيجريكانس Rhizopus nigricans ، وهو العفن الأسود الذى يظهر على الأغذية النشوية مثل الخبز القديم المخزن فى مكان رطب ، وقد ظهر أنه يؤدى إلى اتلاف الفراولة وفواكه أخرى .

٣ — بنيسيليوم جلوكم Penecillium glaucum ، وهو يمتاز باكساب الماده طعم العفن ورائحته الكريهة . ويكون فى أول نموه أبيض اللون ثم يتغير لونه تدريجيا إلى الأزرق أو الأخضر ، وجراثيمه أوكونيدياته مستديرة الشكل ، وحامل الكونيديا متفرع فى الجزء العلوى 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 البيئات الحمضية على القاعدية أو المتعادلة .

٤ — بنيسيليوم أيتاليكم P. italicum ، وهو يسبب تعفن الموالح .

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

٦ — اسبرجيللس نيجر Aspergillus nigor ، وهو نوع كثير الانتشار فى الطبيعة ويؤدى إلى فساد المواد الغذائية ، وهو أشد إتلافا للمواد الغنية بالسكر والإحماض العضوية . وهو ينمو أولا بشكل زغب قطنى ، وبعد

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

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

٨ — أوئيديوم لاكتس Oidium lactis ، وهو منتشر فى الطبيعة ويوجد فى اللبن الحامضى ، وينمو على شكل طبقة قطيفية . وهو ينمو كذلك فى الأغذية التى تحتوى على حمض لكتيك مثل المخللات والجبن والزبد وقد يحدث تغييرات بروتيوليتية غير مرغوبة .

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

١٠ — مونيليا كانديدا Monilia candida ، وهو ينمو على الفاكهة ويخمر الدكستروز والليفيولوز والمالتوز والسكروز .

الأهمية الاقتصادية لبعض أنواع العفن :

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

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

٢ — Penecillium camemberti ، بنسيليوم كامبرتاى ، وهو الذى ينمو على سطح الجبن الكامبير ويستخدم فى انتاجها وإكسابها الطعم المميز .

٣ — أنواع من البنيسيليوم تستخدم فى تحضير الانزيمات البكتينية التى تستخدم فى الترويق الانزيمى لعصير الفواكه .

٤ — أنواع من البنيسيليرم تستخدم حديثا فى تحضير مستحضرات البنسلين التى تعالج بها الكثير من الأمراض .

٥ — أنواع من الأسبرجيللس تستخدم فى بعض البلاد لتحضير بعض المشروبات الكحولية . فى اليابان يستخدم العفن أسبرجيللس أوريزى Asporgillus oryzae ، لتحضير الشراب المسمى بالساكى Saki من الأرز .

٦ — بعض أنواع ميوكر 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 أما 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 الكيمائى . وجميع الانزيمات التى فصلت ثبت أنها بروتينات والكثير منها بروتينات متصلة . وهى فى الانسان ترتبط بكثير من العمليات الحيوية كالهضم والتمثيل الخ .....

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

التسمية والتقسيم:

تقسم الانزيمات عادة تبعا لنوع التغير الكيمائى الذى تحدثه ، وأكثر الانزيمات انتشارا هى التى تحدث الانحلال المائى والاكسدة . وعادة ينتهى اسم الانزيم بالمقطع آز ase ، أما المقطع الأول من الاسم فيعبر عن المادة المؤثر عليها فيطلق اسم الملتـــاز Maltase مثلا على الانزيم الذى يحلل سكر المالتوز ، والتيروسيناز على الانزيم الذى يحلل التيروسين . وللاسف 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 التدليل على علاقة الانزيم بالمادة المؤثر عليهـا والتى أشتق أسمه منها ، فانهـا تؤدى فى نفس الوقت إلى التعبير عن نوعية الانزيم بصفة عامة ، إذ لوحظ أن الانزيمات المحللة للدهون ليس لها تاثير على الكربوايدرات أو البروتينات وأن الانزيمات الخاصة بالاخيرة لاتؤثر على الأولى . الا أنه قد تبين أن نوعية الانزيم تعتمد فى أغلب الاحيان على نوع الرابطة الكيمائية الموجودة وليس على نوع كل مركب من المركبات . فمثلا إنزيم التربسين Trypsine يستطيع هضم أنواع متعددة من البروتين ، متباينة فى التركيب وفى حجم الجزىء ، بينما نجد أن إنزيم الإمالسين Emulsin الذى يحدث انحلالا مائيا لكثير البيتاجلوكوسيدات B-Glucosides لايحدث تأثيرا على مشابهاتها الالفاجلوكوسيدات A-Glucosides

وهناك اتجاه نحو تمييز نوعيـــة الانزيم على وجهين : نوعية مطلقة Absolute Specificity وهى التى فيها يؤثر الانزيم على نوع واحد من الرباط

الكيميائى ونوعية نسبية Relative Specificity ويقصدبها أن الانزيم رغم تأثيره التفضيلى على مادة خاصة أو رباط كيمائى خاص فانه يؤثر أيضا بنسبة أقل على مواد أخرى أو رابطات كيماوية ذات قرابه نسبية . ويظهر أن معظم الإنزيمات تتبع هـذا القسم فقـد اتجه الرأى إلى تقسيم الانزيمات المحللة لاسترات الاحماض الدهنية إلى استرازات Esterases وليبازات Lipases ، فمجموعة الاسترازات تظهر ميلا أو تفضيلا للافراد السفلى من سلسلة الاحماض الاليفاتية مع تناقص تأثيرها تدريجيا كلما اتجهت نحو الافراد العليا ، ومجموعة الليبازات تظهر تفضيلا للافراد العليا مع تناقص تاثيرها كلما اتجهت نحو الافراد السفلى .

نشاط الانزيمات

للانزيمات القدرة على إحداث تغييرات كبيرة باستخدام كميات ضئيلة جدا منها ، فهى مثلا تهضم من المواد الغذائية قدر وزنها من ٥٠٠ر٠٠٠ إلى ٤ مليون مرة ، ويضعف تأثير الانزيم كلما تجمعت نواتج الانحلال وهو ما يفسر أثرها فى حدوث التفاعلات العكسية .

هناك بعض انزيمات تفرز فى صورة غير فعالة يطلق على كل منها اسم الزيموجين Zymogen ، ولكل زيموجين مركب خاص أو أيون خاص يؤدى وجوده إلى تحول الزيموجين إلى انزيم فعال ، فمثلا البيسينوجين Pepsinogen ، وهو الصورة غير الفعالة لانزيم البيسين ، ينشط ببطء تحت تأثير أيونات الايدروجين لحمض الكلوروديك ، ولكن نشاطه يزيد بفعل انزيم البيسين نفسه وهو تنشيط ذاتى Autocatalytic وكذلك التريبسينوجين Trypsinogen ولو أنه ينشط ذاتيا بواسطة التربسين الا أن هناك سبيلا آخر لتنشيطه وذلك بتأثير انزيم الانتروكيناز Entrokinase الذى تفرزه اغشية الأمعاء .

مرافقات الانزيم Co-enzymes هناك بعض تحضيرات انزيمية يمكن فصلها بطريقة الانتشار الغشائى Dialysis إلى جزئين ، احدهما يمر خلال

الغشاء ، ومن صفاته أنه لا يتأثر بالحرارة ، والثانى لا يمر خلال الغشاء وهذا يتميز بأن الحرارة تؤثر فيه . وكل جزء منهما يكون غير فعال فى حالته المنفردة فاذامزج الإثنان استردت المادة نشاطها الانزيمى . ويطلق على الجزء القابل للانتشار إذا كان مركبا عضويا اسم مرافق الانزيم Coenzyme، ومرافقات الانزيم ذات أهمية حيوية خاصة فى عمليات التأكسد الانزيمية ، وهى تعمل « حاملات للايدروجين » وتمتاز بقدرتها على أن تختزل وتتأكسد على التوالى بالاتحاد بالايدروجين أو بفقده . وأهمها مرافقا الانزيم Co-enzyme 1, Co-enzyme 11. ، وهى تحتوى على سكر الريبوز متحداً مع الأدنين Adenine وأميد 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، وهى تسمى أحيانا بالانزيمات الصفراء . وكذلك يعمل حمض الاسكوربيك مع الجلوتاثيون مرافقا للانزيم.

الحرارة ونشاط الانزيمات : فى 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 ايجاد درجة الحرارة المثلى لأى 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 هى درجة حرارة الجسم .

ويضعف نشاط الانزيمات عادة فوق درجة ٥٠م حتى يقف نهائيا بالنسبة لمعظم الانزيمات فى المحاليل عند قيمة pH المثلى وفى غياب المادة المؤثر عليها تكون درجة حرارة تثبيطها إذا ماسخنت لمدة ٥ دقائق هى بين ٧٠° - ٨٠ م، وكلما زادت درجة الحرارة كلما زادت سرعة الاتلاف للانزيم. والانزيمات فى حالتها الجافة أكثر مقاومة للحرارة منها فى المحاليل. وقد وجد أن البعض منها أمكنه، وهو فى الحالة الجافة، تحمل درجة حرارة بين ١٠٠° و ١٢٠° م لمدد 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 التى توجد فى الخضر يمكنها أن تحدث تغيرات غير مرغوبة فى الرائحة والنكهة عند تجميد هذه الخضر، ولذلك يجرى 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 الذى يشذ عن هذه القاعدة العامة فهو أكثر نشاطا فى 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	بابين	٥ - ٧,٢
انفرتاز Asp. Niger	٢,٥ - ٣,٥	فوسفاتاز «البذور»	٦,٥
الببسن (المولت)	٣,٧ - ٤,٢	ملتاز «الخميرة»	٦,٦
بيروكسيداز (الجذور)	٥	اميلاز «اللعاب والبنكرياس»	٦ - ٧
انيولاز	٣,٨	االيلاز «امعاء الثدييات»	٧
دكستونياز	٤	بروتياز (البكتريا)	٦ - ٧,٢

تابع جدول — ١٥ —

نـــوع الانزيم	رقم pH	نـــوع الانزيم	رقم pH
ببسين (الخميرة)	٤ - ٤,٥	فوسفاتاز (البذور)	٦,٥
انفرتاز (البطاطس)	٤ - ٥	تيروسيناز (البطاطس)	٦,٥ - ٨
بكتاز (الفواكه)	٤,٣	انزيمات بروتيليتية (الخميرة)	٦,٧ - ٨,٥
جلوكوسيداز	٤,١ - ٤,٤	كاتلاز (الكبد)	٦,٣ - ٩,٥
انفرتاز (الخميرة)	٤,٦ - ٥	كاتلاز (الخضر)	٧
زيماز (الخميرة)	٤,٥ - ٦,٥	بكتاز (الفاكهة)	٧
كربوكسيلاز (الخميرة)	٤,٨	لكتاز (الخميرة)	٧
لياز (بذرة الخروع)	٤,٧ - ٥	يورياز (فول الصويا)	٧,٢ - ٧,٩
لياز (معدة الانسان)	٦	أكسيدازات وبيروكسيدازات	٧ - ١٠
بروتياز Asp. Orizza	٥,٩	لياز (البكتريا)	٧,٢ - ٩
فيتاز (النبات)	٥,٤ - ٥,٥	لياز (الكبد)	٨,٣
انزيمات بروتيلية (المولت)	٥,٨	تربسين (البنكرياس)	٨ - ١٠
فوسفاتاز (اسبرجيلس)	٥,٥	ديهيدروجيناز اللكتيك	٩
فوسفاتاز (المولت)	٥,٦	ديهيدورجيناز السكنيك	٩
ملتاز (أمعاء الانسان)	٦,١	فوسفاتاز (انسجة الدرنيات)	٩ - ٩,٢
بروتياز (البكتريا)	٦ - ٧,٢		

وللانزيمات المقدرة على احداث تغييرات كبيرة حتى مع استعمال كميات ضئيلة منها ، فهى 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 ــ الانزيمات الايدروليتية (المحللة مائيا) : تدخل معظم انزيمات الهضم والانزيمات المحللة المواد الغذائية تحت هـــذه المجموعة وتشمل الانزيمات الايدروليتية المجموعات الانزيمية الآتية :

١ ــ الكربوايدرازات Carbohydrases ، وتشمل الانزيمات التى تؤثر على المركبات الكربوايدرانية فى كافة الكائنات الحية ، ومن أمثلتها A. glucosidase .

١ ــ المتالتاز Maltase : يوجـــد فى الأمعاء الدقيقة وفى الخميرة والعفن وفى المولت ، وهو يوجد فى عادة فى انزيم الاميلاز ، وهو يحول الالفاجلوكوسيدات أوالملتوز إلى جلوكوز .

٢ ــ البيتاجلوكوسيداز B. glucosidase : يوجـد فى العائلة الوردية ويحتوى الكثير من البذور على هذا الانزيم ، وهو يوجد بكثره فى اللوز كما أنه يوجدفى الخميرة وفى الفطر والبكتريا ، وهو يؤثر على B. glucosi des فينفصل منها الجلوكوز .

٣ ــ اللكتاز Lactase : يؤثر على السكر اللكتوز ويعطى الجلاكتوز والجلوكوز ويوجد فى الكبد والطحال وكذلك يوجد فى اللوز والخميرة .

٤ ــ السكروز Saccharase : يوجـد فى النباتات وفى الاحياء الدقيقة وعلى الأخص فى الخميرة وفى العصير المعوى ، وهو يحلل السكروز تحليلا مائيا إلى جلوكوز وفركتوز .

٥ ــ انزيمات الاميلاز أو الدايستاز Amylases : توجـــد فى جميع النباتات تقريبا وفى الحيوانات والاحياء الدقيقة ، وتوجد على الاخص فى البذور النشوية خصوصا بعد الانبات ، كما توجد بكمية وفيرة فى الفطريات

وتوجد أيضا فى اللعاب .وفى البنكرياس فى الحيوانات الراقية وفى النباتات يحول الاميلاز النشا المخزون إلى حالة يمكن انتقالها وتمثيلها وهى الملتوز ، والحيوانات تستخدم الاميلاز فى عملية الهضم .

٦ — سيليولاز 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 — البروتوبكتاز : هو الانزيم الذى يحدث التعفن فى الكتان ويؤدى إلى انحلال البروتوبكتين إلى البكتين القابل للذوبان ، ويفرزه كثير من الفطريات والبكتريا ، وهو يوجد فى الخضر والفواكه وهو العامل الأول فى عملية التليين « الليونة » Softening التى 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 الجلاكتيورونيك galacturonic acid ومواد أخرى . وهو يستعمل صناعيا فى ترويق عصير الفاكهة ، ويحضر صناعيا من العفن ، وهو يوجد كأحد الانزيمات البكتينية فى الفواكه .

٢ — الاسترازات Esterases : يشمل الانزيمات التى تؤثر على المركبات العضوية المسماة بالاسترات والتى تتكون فى الاصل من اتحاد كحول مع حمض عضوى وهى تشمل الدهون .وعند انحلال الاسترات انحلالا مائيا ينفرد الكحول والحمض العضوى ، وتشمل هذه المجموعة بعض

انزيمات الهضم كما تشمل بعض الانزيمات التى توجد فى العضلات والدم . وهى انزيمات تعمل على حدوث التفاعل العكسى الآتى :

قَ . ا . اك ق + بدم ⟵⟶ قَ اند + ق ك ا اند .
استر ماء كحول حمض

ومن أمثلتها :

١ — استاراز الكبد واستاراز العضلات : يوجد فى جسم الإنسان . وفى أنسجة بعض الحيوانات .

٢ — كلوروفيللاز: يوجد فى الأنسجة النباتية التى تحتوى على الكلوروفيل .

٣ — ليباز المعدة : لهضم الدهون ، وكذلك ليباز البنكرياس .

وليباز فى النبات : كما فى بذرة الخروع .

٤ — البكتاز : ويحدث تأثيره على البكتين كالآتى :

البكتين + ماء = حمض بكتيك + كحول ميثايل .

٥ — فوسفاتاز : يوجد فى جميع الخلايا الحية تقريبا خصوصا فى العظام وكريات الدم الحمراء والبيضاء وبلازما الدم والكبد والكلى والخلايا المبطنة للامعاء ، ويوجد كذلك فى البول وردة الأرز ، كما يفرزه الفطر والخميرة .

٦ — التاناز : يؤثر على التانينات ويوجد فى كثير من أنواع الفطر مثل Asper. niger ، P. Glaucum وفى الثمار . وهو يحلل الاسترات تحليلا مائيا .

٣ — الاميدازات Amidases : تشمل الانزيمات التى تتولى انحلال الأحماض الأمينية واليوريا .

ومن أمثلتها :

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

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

٣ — اسبارتاز Aspartase : يوجد منتشرا فى النباتات وفى بعض أنواع البكتريا والخائر ، وهو يحول حمض الاسبارتيك إلى أمونيا وحمض فيوماريك Fumaric .

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

٥ — أدينياز Adinase : يؤثر على ادنين.

٦ — جوانياز Ouanase : يؤثر على جوانين .

وهذان الأخيران يوجدان فى الكبد ويعطيان أمونيا وزانثين وهيبوزانثين .

٤ — الانزيمات البروتيوليتية Protiolytic Enzymes : فى الانزيمات التى تلعب الدور الرئيسى فى هضم بروتين الغذاء وهى تؤدى إلى انحلال البروتينات كما يؤثر على نواتج انحلالها الوسطية مثل البروتيوزات والبيتونات وعديدة الببتيدات ، وتشتمل الانزيمات البروتيوليتية على مجموعات مميزة من الانزيمات مثل .

١ — الببتيدازات Peptidases : تؤثر على الببتيدات المختلفة . وتشمل هـــذه المجموعة انزيمات خاصة يقوم كل منها بنصيبه فى تجزئة الببتيدات المختلفة من كربوكس ببتيدية أو أمينو ببتيدية أو ثنائية الببتيدات أو عديدة الببتيدات وتنتهى بها الأحماض الأمينية .

٢ — البروتينـازات Proteinases : تشمل هذه المجموعة الانزيمات التى تؤثر على البروتينات وتحولها إلى مركبات بروتينية أبسط تركيبا مثل عديدة الببتيدات ومن أمثلتها :

ا — الببسين ، وهو يوجد بصفة عامة فى العصير المعوى للحيوانات الثديية والطيور والزواحف والسمك وهو يؤثر على البروتين ، وتتكون نواتج انحلاله أساسيا من بروتيوزات وببتونات وكميات قليلة من الأحماض الأمينية .

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

حـ — التربسين Trypsin ، وهو يوجد فى العصير البنكرياسى بعد دخوله إلى الامعـــاء الدقيقة ، ويؤدى انزيم الانتروكيناز الذى تفرزه

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

و ــ كيموتربسين Chymotrypsin ، وهو يوجـــد فى البنكرياس والعصير البنكرياسى ، وفى الامعاء الدقيقة بعد أن يمتزج عصير البنكرياس بانزيم الانتروكيناز Entrokinase الذى ينشط التربسين ، وهذا يؤثر بدوره على الكيموتربسينوجين Chymotrypsinogen ، وهذا الانزيم يساعد على الانحلال المائى لعدد من البروتينات ولنواتج هضمها بالببسين وذلك بمساعدة الببسين ويعطى عديدة الببتيدات وأحماض أمينية .

هـ ــ البابايين Papein ، ويوجد هذا الانزيم فى العصير اللبنى للباباز ، كما توجد انزيمات مماثلة له فى الـSap ، العصير الحلوى ، لشجرة التين وفى الأناناس والقمح وبعض أنواع الفاصوليا . ويحل معظم البروتينات والكثير من البروتيوزات والببتونات انحلالا مائيا ويعطى مركبات عديدة الببتيدات .

وهناك انزيمات أخرى نباتية مثل الفيسين وهو يوجد فى العصير اللبنى فى شجرة التين ، ومثل البروميلين وهو يوجد فى الأناناس ، وهناك انزيمات مماثلة له فى حبوب القمح المنبتة وفى فاصوليا الليما .

٣ ــ انزيمات تنفسية Respiratory : وهى تشمل الانزيمات المؤكسدة Oxidising Enzymes ، وهذه الانزيمات ذات أهمية خاصة من الناحية الحيوية لعلاقتها بالتنفس الهوائى أو غير الهوائى للكائنات الحية ، فالتأكسد إما أن يستلزم الحصول على الاكسجين الخارجى ويناظره فى الجسم عملية التنفس أو قد يحدث التأكسد دون حاجة إلى الاكسجين الخارجى كما يحدث فى الأحياء الدقيقة وهو ما نعبر عنه عادة بالتخمر . وتتم عمليات التأكسد بطرق مختلفة فتحدث عن الاتحـــاد بالاكسجين أو عن سلب

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

١ ـ اكسيدازات Oxidases ، وهذه الانزيمات تؤدى إلى تأكسد المواد بواسطة اكسجين الجو ، وتنقسم الاكسيدازات عادة إلى :

ا ـ اكسيدازات حديدية وهى التى تحتوى على الحديد الذى تعتمد عليه فى خواصها ، وتشمل هذه المجموعة .

الكاتلاز Catalase ـ وهو يوجد فى الكبد وفى كافة الكائنات الحية وفى الاحياء الدقيقة فيما عدا بعض أنواع منها . وعلى الرغم من أن هذا الانزيم ليس انزيما مؤكسدا إلا أنه يوضع تحت مجموعة الانزيمات المؤكسدة لأنه يشابهها فى الناحية الكيمائية ولأن تأثيره يرتبط عن قرب بعملية التأكسد الفسيولوجية . والتأثير الوحيد لهذا الانزيم هو تحليل بد٢ ا٢ لتكوين الماء والاكسجين الغازى

$$٢\ بد_{٢}\ ا_{٢} = ٢\ بد_{٢}\ ا + ا_{٢}$$

ويعتبر هذا الانزيم من أقوى الانزيمات المعروفة تأثيرا ، فالجزىء الواحد منه يستطيع أن يحلل ٥ مليون جزىء من بد٢ ا٢ فى دقيقة واحدة فى درجة الصفر المئوى .

البيروكسيداز Peroxidase ـ وهو يكاد يوجد فى جميع خلايا النبات ، وأعلى درجة تركيزله وجدت فى العصير الحلوى لشجرة التين . وهناك شك فيما يتصل بوجود هذا الانزيم وتوزعه فى أنسجة الحيوان وذلك لاحتواء هذه الانسجة على مواد تستجيب لاختبار البيروكسيداز وعلى الأخص الهموجلوبين والسيتوكروم ، ويوجد البيروكسيداز فى اللبن ، وهو يساعد على تأكسد عدد كبير من الفينولات والامينات العطرية وذلك فى وجود

فوق اكسيد الايدروجين ، فهو يؤثر على البيروجاللول Pyrogallol والجواياكول Guaiacol والكاتيكول Cateckol والايدروكونيون 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 الثيوريا Thiourea ، وتستخدم هذه الأخيرة صناعيا فى منع تلون الخضر والفاكهة بالتأكسد .

الفيردوبيروكسيداز - وهو يوجد فى الكريات البيضاء leucocytes بتركيز ١٪ ، كما تشمل مادة سيتوكروم C وهى تعمل كرافق انزيم .

اكسيداز السيتوكروم - وهو يوجد فى 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 .

سيتوكروم C مختزل + بد + $\frac{1}{2}$ ا$_2$ = سيتوكروم C مؤكسد + بد ا$_2$

سيتوكروم C مؤكسد + بد = سيتوكروم C مختزل + بد +

ويحتاج هذا الانزيم إلى الاكسجين الغازى لكى يحدث تأثيره ، وهو لا يكون بد ا$_2$ ، وهو يلعب دورا كبيرا فى معظم عمليات التأكسد البيولوجية الهوائية .

ب - اكسيدازات نحاسية ، وهى تشمل الكثير من الانزيمات المؤكسدة النباتية مثل التيروسناز Tyrosinase وهو يوجد فى النباتات وفى العفن ، وتعتبر البطاطس وأبصال الداليا وردة القمح غنية بهذا الانزيم . وهو يؤثر

على الفينول والكاتيكول والتيروسين ، ويحتاج فى تأثيره إلى الاكسجين العازى ، وهو لا يكون بد ٢ ا ٢ ، وهو يؤكسد التيروسين إلى هالوكروم Hallochrome وهى صبغة حمراء تتأكسد ذاتيا بدورها لتكون الصبغة السوداء غير القابلة للذوبان المسماة بالميلانين Melanin. وتشتمل الاكسيدازات النحاسية كذلك على اللكاز Laccase وهو يوجد فى اللاتيكس Latex لشجرة اللاك Lac وكذلك فى عدد من النباتات والفطريات وفى البطاطس وبنجر السكر والتفاح والكرنب، وهو يؤكسد الفينولات إلى أرثوو باراكيتونات ، ويحتاج إلى الاكسجين فى تأثيره . وكذلك تشتمل الاكسيدازات النحاسية على انزيم الارثوفينولاز ، وهو انزيم يوجد فى البطاطا ، وهو يؤكسد الارثوفينولات كما يؤكسد الكاوتيكول وكريسول O—cresol .

حـ — اكسيداز حمض الاسكوربيك - ويوجد فى عدة أصناف من القرع Squach وفى الخيار والموز والخس والفاصوليا والسبانخ . وهو يؤكسد حمض الاسكوربيك 1—acorbic acid وذلك فى وجود الاكسجين ، فيتحد بمجموعتين من الايدروكسيل ويكون Dehydroascorbic acid، وفى هذا التفاعل لا يتكون بد ٢ ا ٢ ، ويمكن اختزال ديهيدروحمض الاسكوربيك ثانية بكبريتور الايدروجين .

٢ — انزيمات مزيلة للايدروجين «ديهدروجينيزات Dehydrogenases ».

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

ويمكن تقسيم هذه المجموعات إلى الاقسام الثلاثة الآتية :

١ ـ انزيمات يحتاج نشاطها إلى Co—ensyme 2, Co—enzyme 1

٢ ـ انزيمات تحمل اليكترونات إلى السيتوكروم

٣ ـ الانزيمات الصفراء

ومن أمثـــلة القسم الأول ـ ديهدروجيناز الكحول Alchohol Dehydrogenase ، وهو يوجد فى الخميرة والبكتريا . ويحتمل وجود انزيم مماثل له فى النباتات الراقية ، كما أن هناك مماثلا له فى الحيوانات. وهناك Malic dehydrogenase وهو يؤثر على حمض الماليك وينتج حمض اوكسالخيك، و Lactic dehydrogenase وهو يؤثر على حمض اللاكتيك وينتج حمض بيروفيك و Succinic dohydrogenase وهو يؤثر على حمض السكسفيك ويكون حمض الفيوماريك Fumaric ، يوجد هذا الانزيم فى النبات والحيوانات والاحياء الدقيقة ويحدث عملية التأكسد بشرط وجود مستقبل للايدروجين ويدخل فى نظام تفاعله وجود سيتوكروم Cytochrome C ، C الذى يعمل فى صورته المؤكسدة والمختزلة، ومن المحتمل أن له اتصالا بعملية التنفس فى الخلايا الحيوانية والنباتية .

٣ ـــ فسفوريلازات Phosphorylases ، وتشبه هـــذه المجموعة من الانزيمات فى تفاعلها الانزيمات الايدروليتية فى أنها بدلا من أن تساعد على تفاعل المادة مع الماء تؤدى إلى تفاعل المادة مع مركب فوسفاتى ، ويطلق على هذه العملية أحيانا Phosphorolysis . ومن أهم انزيمات هذه المجموعة فوسفوريلاز الألفا جلوكوسان وهـــو منتشر فى الحيوانات والنباتات والاحياء الدقيقة ، ويعمل الفوسفوريلاز الحيوانى على تكوين النشا فى الحيوان كما يعمل على انحلاله .

٤ ـــ انزيمات مزيلة للكربوكسيل Dicarboxylases ، ديكربوكسيلازات،

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

$$ك ا_{٢} + بد_{٢} ا \rightleftharpoons بد_{٢} ك ا_{٣}$$

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

٥ ــ امينازات ناقلة Transaminases ، وهى انزيمات تساعد على انتقال مجموعة الأمينو من بعض الأحماض الأمينية إلى الاحماض الالفاكيتونية . ويسود هذا التفاعل بين الاحماض الثنائية الكربوكسيل وتتكون نتيجته ك ا_{٢} بد_{٢} ا احماض كيتونية وأحماض أمينية .

الباب الرابع

الأحياء الدقيقة

وما تحدثه من تغييرات

تحدث الأحياء الدقيقة بنموها وتكاثرها فى المواد الغذائية عدة تغييرات فى تركيبها الكيمائى . 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 لسد حاجتها من الطاقة . وتحتوى المواد الغذائية نباتية كانت أو حيوانية على الكربوايدرات والبروتينات والدهون والمواد المعدنية والفيتامينات . والأحياء الدقيقة فى ميلها إلى المركبات العضوية الثلاثة الأولى تفضل الكربويدرات

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

ا — فى السكريات تفاضل بينها بهذا الترتيب :

أحادية السكريا ، الارابينوز والدكستروز والليفيولوز والمانوز ، فثنائية السكريات ، المالتوز والسكروز ، ثم ثلاثية السكريات ، الرافينوز والملزيتوز » .

ب — الكحولات ـ ثلاثية الاديدروكسيل ، كالجليسرول ، فسداسية الايدوكسيل ، كالسوزيتول والمانيتول » .

حـ — مركبات مثل أحماض الطرطريك والسكسنيك والبنزويك والكحولات البسيطة كالايثايل والبروبايل والأحماض الدهنية مثل الخليك والبروبيونيك . ولما كانت الطاقة هى 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 فى المركب العضوى ما كان مرتبطا بالأيدروجين فى صورة ك بد م . وتقل قيمتها نوعا إذا كانت فى صورة ك بد ، ثم تقل عن ذلك إذا كانت فى صورة ك بد ا بد ، وتصبح عديمة القيمة إذا كانت فى صورة ك ا ا ك ن ، ولذلك فإن ذرة الكربون فى اليوريا وفى حمض الاكساليك وفى مركبات السيانوجين 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 فى وجود السكر ، فالكربوايدرات تمتاز بتأثيرها الواقى للبروتين Protein Sparing Action . وعلى ذلك

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

تأثير الأحياء الدقيقة فى المواد الكربوايدراتية : تحدث الأحياء الدقيقة فى الأغذية الغنية فى الكربوايدرات تخمرا سريعا للجزء القابل للذوبان منها خصوصا السكريات .

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

فى وجود الهواء يمكن للكثير من البكتريا ولمعظم أنواع العفن وللقليل من الخمائر أن تحدث تأكسدا تاما لسكر الدكستروز لتعطى ثانى أكسيد الكربون وماء .

$$ك_٦ يد_{١٢} ا_٦ + ٦ ا_٢ \rightarrow ٦ ك ا_٢ + ٦ يد_٢ ا$$

وقد يكون التأكسد جزئيا وهو الأكثر شيوعا ، وكثيرا ما تستخدم هذه الخاصية صناعيا ، فالعفن اسبرجيللس نيجر Aspergillus Niger ، مثلا إذا وجد فى محلول سكرى فإنه يمكنه أن يخمر السكر إلى حمض اكساليك

$$٢ ك_٦ يد_{١٢} ا_٦ + ٩ ا_٢ \rightarrow ٦ (ك ا ا يد)_٢ + ٦ يد_٢ ا$$

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

$$٢ (ك ا ا يد)_٢ + ا_٢ \rightarrow ٤ ك ا_٢ + ٢ يد_٢ ا$$

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

$$٢\,ك_{٦}\,بد_{١٢}\,ا_{٦} + ٣\,ا_{٢} \rightleftharpoons ٢ \begin{cases} ك\,بد_{٢}\,ك\,ا\,ا\,بد \\ ك\,(ا\,بد)\,ك\,ا\,ا\,بد + بد_{٤}\,ا_{٢} \\ ك\,بد_{٢}\,ك\,ا\,ا\,بد \end{cases}$$

ومن الأمثلة الشائعة على هـــذه الأنواع من التخمر التخمر الخليكى للسوائل الكحولية كما يحدث فى فساد النبيذ مثلا ،وتأكسد حمض اللكتيك بفصل الميكودرما الخ ..

فى الظروف غير الهوائية تحدث عدةتخمرات أخرى تختلف فى نوعها وفى نتائجها تبعا لنوع الاحياء الدقيقة المناسبة،ومن أهم هذه التخمرات ما يأتى:

١ ــ التخمر الكحولى ـ يحدث نتيجة لتخمر السكر بفعل الكثير من أنواع الخمائر الحقيقية والبرية وقد ينتج القليل من الكحول عن بعض أنواع البكتريا والعفن . والعمليات الحيوية التى تحـــدث أثناء التخمر الكحولى عمليات معقدة ، إلا أن المعادلة الآتية يمكن أن تفسر تكوين الناتج الإضافى الرئيسى

$$ك_{٦}\,بد_{١٢}\,ا_{٦} \rightleftharpoons ٢\,ك_{٢}\,بد_{٥}\,ا\,بد + ٢\,ك\,ا_{٣}$$

٢ ــ التخمر اللتيكى ـ يحدث نتيجة لتخمر السكر بفعل أنواع من البكتريا غير الهوائية، وهو من أهم أنواع التخمر التى تحدث فى المـــواد الغذائية ، والأحياء الدقيقة التى تسبب هذا النوع من التخمر منتشرة فى الطبيعة، وتوجد على كافة مواد الغذاء مثل الخضر والفاكهة واللحوم ومنتجات الالبان. ولهذه الأنواع من البكتريا القدرة على مقاومة الظروف المعاكسة، وفى نفس الوقت تصبح البيئة شديدة الحموضة إلى حد يمنع نمو الاحياء الدقيقة

الأخرى كالأنواع البروتيوليتية ، ويستفاد من هذه الخاصة فى صناعة المخللات التى يعزى حفظها إلى حمض اللكتيك المتكون ، فاذا كانت كمية السكر الموجودة أصلا فى المادة الغذائية منخفضة جدا فلا يمكن حفظ المادة بواسطة التخمر ، وتصبح البيئة صالحة لنمو الاحياء البروتيوليتية التى تحدث انحلالا بروتيوليتيا Proteolytic فى المادة فتؤدى إلى فسادها . وتمتاز بكتريا حمض اللكتيك عن باقى مجموعات البكتريا فى أنها تحول السكريات إلى حمض لكتيك دون مركبات أخرى . وهناك من بين افراد هذه المجموعة أنواعا تلعب دورا هاما فى عملية صناعة المخللات Pickling مثل لاكتوباسيلوكيوكوميرس lactobacillus cucumeris ، كما أن هناك منها ما يوجد فى اللبن ومنتجاته مثل ستربتوكوكاس لاكتس Streptococcus lactis ولاكتو باسيلوس بولجاريكوس L. bulgaricus ولاكتوباسيلوس كيزاى L. casei ، وعلى الرغم من أن العملية الحيوية التى تؤدى إلى تكوين حمض اللكتيك من السكر عملية معقدة إلا أنه يمكن للتبسيط التعبير عن هذا النوع من التخمر بالمعادلة الآتية

$$\text{ك}_{٦}\text{يد}_{١٢}\text{ا}_{٦} \longrightarrow ٢\,\text{ك يد}_{٣}\text{ا يد} + \text{ك يد ا يد} + \text{ك ا ا يد}$$

٣ — تخمرات منتجة للغازات — وتشمل :

١ — تخمر لاكتيكى غازى — ويكون مصحوبا بتكون غازات خاصة ونواتج إضافية أخرى ، وهذا النوع من التخمرات شائع فى فساد الاغذية ، وهو يحدث عن أنواع مختلفة من البكتريا ويعتبر هذا النوع من التخمرات من الأنواع غير المرغوبة . وأهم الغازات التى تنتج عن هذا التخمر هى ثانى اكسيد الكربون والايدروجين . وتعتبر بكتريا القولون من الأنواع الشائعة فى إحداث هذا النوع من التخمر الغازى إذا ماتوفرت المواد المعدنية فى الغذاء ، وأهم افرازهذه المجموعة اشيريشيا كولاى Escherichia Coli

وايروباكتر ايروجينس Aeropacter aerogenes ويمكن تمثيل نواتج هذا التخمر بالمعادلة الآتية

$$_{٢}ك_{٦}يد_{١٢}ا_{٦} + يد_{٢}ا \longrightarrow ك_{٣}يد_{٣}ك يد_{٣}ك يد_{٣}ا يد . ك_{٣}ا يد + ك_{٣}يد_{٣}ك_{٣}ا يد + ك_{٢}يد_{٥}ا يد + ك_{٣}ا_{٢} + يد_{٢}$$

ب — تخمر بيوتريكى — وهو تخمر ينشأ عن أنواع من البكتريا غير هوائية ، وهو نوع من أنواع التخمر غير المرغوبة فى الأغذية لأنه ينتج طعما غير مرغوب . وأنواع البكتريا المرضية المحدثة للتسمم الغذائى كلوستريديم بوتشلينوم Cl. botulinum تحدث هذا النوع من التخمر فى نموها فى المواد الغذائية وهى تنتج التوكسين السام نتيجة نموها فى تلك المواد . والتخمر البيوتريكى عملية معقدة للغاية ويحدث على الاقل فى ثلاث مراحل مختلفة . ويتكون إلى جانب حمض البيوتريك ايدروجين ثانى اكسيدكربون وحمض خليك وفى بعض الحالات تتكون كحولات الايثايل والبيوثايل ، ويمكن التعبير عن آخر مرحلة للتخمر كالآتى

$$ك_{٦}يد_{١٢}ا_{٦} \longrightarrow ك يد_{٣}ك يد_{٣} . ك يد_{٣} + ك ا يد + يد_{٢} + يد_{٢} + ك_{٢}ا_{٣}$$

النشا : وقد تهاجم الاحياء الدقيقة أنواعا أخرى من الكربوايدرات خلاف السكر ، فالكثير من الأنواع المحللة للسكريات تنتج انزيم الدايستاز مما ييسر عليها استخدام النشا . ومن الطبيعى أن ينحل النشا أولا بفعل الدايستاز ليكون السكر الذى يتخمر ليعطى الحمض وأن تكون عملية تكوّن الحمض فى هذه الحالة أبطأ منها فى حالة التخمر المباشرة للسكر ، فإذا كان افراز الانزيم بطيئا أصبحت كمية الحمض ضئيلة بحيث تسمح بنمو الاحياء البروتيوليتية ، وهذا ما يفسر ماجرت عليه العادة من فساد الاغذية الغنية بالنشا الفقيرة فى السكر عند تحليلها . وقد تتعرض الأغذية النشوية

إلى تغيرات أخرى تؤدى إلى فسادها ، فبعض البكتريا التى يمكنها تمثيل النشا كمصدر للطاقة لايقتصر مفعولها على إحداث إنحلال مائى للنشا ، بل يتعدى ذلك إلى تحويل نواتج الانحلال إلى صموغ تحمى هـــذه البكتريا نفسها ضد الحموضة الناتجة .

تأثير الاحياء الدقيقة فى البروتينات : تعتبر التغيرات التى تحدث لبروتينات المواد الغذائية نتيجة لنمو الاحياء الدقيقة أسوء أثرا من تلك التى تحدث من انحلال الكربوايدرات . والتغيرات التى تحدث للبروتينات تكون أكثر تعقدا مع تزايدنواتج الانحلال وتباينها ، فى الأدوار الأولى للانحلال يحدث تجزء للبروتين إلى عديدة الببتيدات وببتونات وأحماض أمينية ، ويتبع ذلك إنهدام الأحماض الأمينية أو تخمرها حيث تستطيع بعض الأحياء الدقيقة إزالة مجموعات الكربوكسيل وتحويل هذه الأحماض إلى أمينات بعضها له أثر سمى ضعيف . وقد ساد الاعتقاد لسنين عديدة أن التسمم الغذائى يمكن حدوثه بفعل هذه الأمينات التى 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 إستعماله دليلا على الجهل وقلة الدراية . وقد يحدث نتيجة لمهاجمة الأحياء الدقيقة للأحماض الأمينية إنطلاق 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 ثانى اكسيد الكربون والايدروجين . ويطلق على عملية انطلاق الامونيا من الأحماض الأمينية ومركباتها إسم عملية النشدرة Ammonification ، وقد يزيد نشاط هذه العملية فى الأدوار الأخيرة من الإنحلال البروتيوليتى .

ويصحب عملية انحلال البروتينات Putrifaction عادة تكوّن مواد كريهة الرائحة مثل كبريتور الايدروجين مما لا يترك مجالا للشك فى حدوث تغير غير مرغوب فى المادة الغذائية . ونواتج إنحلال البروتينات تشمل مجموعة كبيرة من المركبات نذكر منها عديدة الببتيدات وبروتيازات وببتونات وأحماض أمينية وأحماض اليفاتية وأحماض عطرية والدهيدات وكيتونات ومركبات مختلفة تحتوى على الاندول والفينولات والمركبتانات وكبريتور الايدروجين وأمونيا وإيدروجين وثانى اكسيد الكربون وغاز الميثان .

التغيرات التى تطرأ على الدهون : على الرغم من أن الدهون تكون عادة أقل تعرضا للانحلال بفعل الأحياء الدقيقة من الكربوايدرات والبروتينات إلا أن هناك حالات كثيرة تنحلل فيها الدهون . وتحتوى بعض أنواع هذه الاحياء الدقيقة على انزيمات محللة للدهون تؤدى إلى تكون أحماض دهنية وجليسرول، وهذه قد يحدث لها تخمر بنفس الطريقة التى تحدث للكربوايدرات . وتعتبر الفطريات « العفن » اكثر مقدرة على إحداث هـذا التأثير من البكتريا ، ولذلك فان الاغذية التى يلاحظ نمو الفطريات عليها يكون من المتوقع انحلال الدهن فيها ،فإذا كان هذا الانحلال غير مرغوب فيه بالنسبة للمستهلك اعتبرت هذه الاغذية فاسدة . وقد يحدث الترنخ للدهون عن تأثير ميكروبى فيحدث انحلال فى شطر الحامض الدهنى للدهن مع انتاج أحماض دهنية قصيرة السلسلة والدهيدات وكيتونات وبيروكسيدات . ويصحب ذلك حدوث تغيرات فى الرائحة والطعم تجعل الغذاء غير مرغوب . وتشمل نواتج انحلال الدهون أعراضا دهنية وجليسرول وأحماضا اليفاتية والدهيدات وكيتونات وكحولات وثانى اكسيد الكربون وايدروجين وغاز الميثان .

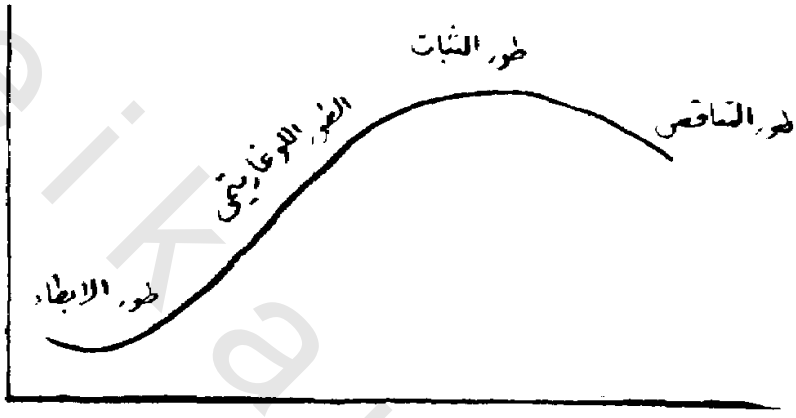
تغيرات تنشأ عن مركبات مدبرة تكونها الأحياء الدقيقة بطرق تركيبية

بالاضافة إلى التغيرات الاساسية السابق ذكرها فإن الاحياء الدقيقة قد تحدث تغييرات أخرى تؤدى إلى فساد الاغذية . فبعض الاحياء الدقيقة لها القدرة على تكوين مركبات جديدة بطريقة تركيبية Synthetic يؤدى وجودها إلى تغيير غير مرغوب فى النكهة والرائحة واللون بها . فالكثير من التغيرات التى تحدث لطعم منتجات اللبن تكون نتيجة مركبات تكونها البكتريا نفسها ، وقد يكون من أثر نمو بعض الأحياء الدقيقة تكون مركبات ذات لون خاص مميز قد يكون أحمر أو أصفر أو أزرق الخ ..... وكثيرا ما تكون هذه الألوان نتيجة نمو بعض أنواع العفن فى اللبن والجبن كذلك قد تكون بعض أنواع البكتريا فى داخل الغذاء التى تلوثه مواد سامة ، فيصبح فى عداد المواد الفاسدة ، فمثلا بكتريا النسيم المسماة كارستيريديوم بوتشلاينم تكون توكسناخاصا إذا وجدت فى المواد الغذائية

العوامل التى ترتبط بالفساد الميكروبيولوجى للأغذية : تختلف ظروف الوسط التى تساعد على الفساد وتتداخل مع بعضها ، وعلى الرغم من أن كل عامل منها له أثره فى فساد الغذاء إلا أنها تعمل جميعها مشتركة وأهم هذه العوامل هى :

١ — مدى التلوث الأولى : تتوقف سرعة فساد المواد الغذائية فى معظم الأحيان على مدى التلوث الاولى لها ، فالغذاء الذى يحتوى على عدد قليل من الميكروبات يمكن بقاءه دون فساد مدة أطول من الغذاء الذى زاد تلوثه . فمن المشاهد أن اللبن الذى يباع فى السوق مثلا وهو يتعرض أثناء حليبه وانتاجه وتسويقه إلى التلوث الزائد يتم تخثره بسرعة أكبر من اللبن النظيف الذى يراعى فى انتاجه كافة الاحتياطات لتقليل عدد

اليكتريا فيه . ومعظم المواد الغذائية تتصل عن قرب أوعن بعد بالتربة التى تنتجها ، وهذه التربة تكتظ بالملايين من الاحياء . ويمكن تفسير علاقة مدى التلوث بسرعة الفساد إذا مادرسنا منحنى النمو للبكتريا مثلا وهو الذى يظهر شكله العام فى الرسم التالى .



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

وكل ما يجعل البيئة أقل أو أكثر ملائمة لنمو الأحياء الدقيقة يؤثر فى طور الابطاء ، وبالتالى فى سرعة فساد المادة أو فى طول مدة حفظها .

٢ — نوع الميكروب الملوث : هناك تغيرات خاصة يتوقف حدوثها على تلوث المادة الغذائية بأنواع خاصة من الميكروبات مثل التلوث باشيريشيا كولاى Esherichia Coli وهو يؤدى إلى تخمر لكتيكى غازى للبن ، بينما نلاحظ أن اللبن النظيف عندما يحمض لا يتكون فيه غاز وتتسبب حموضته عن نمو Bac. Mesentericus ، كما أن تلوث الأغذية بيكتريا ثرموفيلية أثناء حفظها فى العلب الصفيح أو قبل ذلك يؤدى إلى فسادها وتخمرها إذا ماخزنت على درجات حرارة مرتفعة نسبيا ، وقد يكون هذا الفساد مصحوبا أو غير مصحوب بانتفاخ ، كذلك قد يؤدى نوع الميكروب الملوث إلى جعل المادة الغذائية سامة إذا وجد سبيله اليها .

٣ — درجة الحرارة : تعتبر درجة الحرارة من العوامل الهامة فى تشجيع الأحياء الدقيقة على النمو والتكاثر خصوصاً إذا وقعت هذه الدرجة فى المجال الحرارى الملائم مما يؤدى بالمادة الغذائية إلى الفساد ، ويقصر طور الإبطاء عادة عند درجة الحرارة المثلى لنمو الميكروبات وتطول مدته كلما ابتعدنا عن هذه الدرجة فى أى الاتجاهين ، وكل ارتفاع فى درجة الحرارة قدره ١٠ درجات مئوية ، يؤدى إلى زيادة سرعة التكاثر إلى الضعف تقريبا . وكلما ارتفعت درجة الحرارة المثلى لنمو الميكروب كلما كانت سرعة التكاثر أعلى نسبيا فى تلك الدرجة ، فالبكتريا الثرموفيلية أسرع تكاثراً فى درجة حرارتها المثلى من البكتريا الكريوفيلية فى الدرجة المثلى لها ، وهذا مايفسر أهمية تخزين المواد الغذائية فى مواد التبريد . ويتوقف نوع الانحلال الذى يحدث للمادة الغذائية فى 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 الثرموفيليه ، المحبة للحرارة ، فإنها لاتستطيع أن تنمو فى درجة حرارة الغرفة العادية ، ٢٠° - ٢٥°م ، وهى تحتاج فى نموها إلى درجة حرارة مرتفعة نسبيا ، حوالى ٥٥°م ، أو أعلى . أما البكتريا السكروفيليه ، المحبة للبرودة ، فإنها تفضل فى نموها درجات الحرارة المنخفضة ٢٠°م أو أقل ، ويمكنها أن تنمو فى درجة الصفر . وعلى ذلك فاللبن إذا ماخزن 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 السكروفيلية البروتيوليتية لأدى ذلك إلى تحلل البروتينات بدلا من السكروايدرات والسكر ، واكتسب اللبن طعما ورائحة كريهتين دون أن يحمض .

٤ — مدة التخزين : مدة التخزين هى المدة التى تحدد مدى التغير الذى يطرأ على المادة الغذائية نتيجة لنمو الأحياء الدقيقة فيها وتكاثرها ، فكلما طالت مدة التخزين فى درجات حرارة مثالية للتكاثر كلما أتيحت الفرصة لزيادة فى المادة الغذائية نتيجة لزيادة عدد الميكروبات وزيادة نشاطها ، فعمليات التخمر التى تحدثها هذه الأحياء فى المادة تحتاج لتمامها إلى المدة الكافية لانحلال السكروايدرات التى تحتويها ، ويقل أثر مدة التخزين تدريجيا كلما انخفضت درجة الحرارة إلى الحد الذى يضعف نشاط الميكروبات أو يوقفه تماما .

٥ — وجود الأكسجين : سبق أن أوضحنا أن وجود الأكسجين أو غيابه يعتبر عاملا هاما فى فساد الاغذية ، وأن هناك أنواعا من الاحياء تكون هوائية اجباريا بينما البعض الآخر ينمو فى غياب الهواء ، وقد فسرنا فى كلامنا عن تخمر السكروايدرات أهمية الاكسجين فى عمليات التخمر وأثره فى نوع الميكروبات النامية وفى ناتجات التخمر ، وضربنا 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 لاتسمح 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 ناتجاتها تباينا كبيرا . وأكثر حالات فساد الاغذية شيوعا تتسبب عن انحلال البروتينات ، وفى هذه الحالة تتميز بناتجات ذات رائحة كريهة وكثيرا مايطلق على هذه العملية إسم « النتن » Putrifaction . والخمائر رغم أنها توجد فى الطبيعة على السطوح الخارجية للكثير من الفاكهة إلا أن أغلبها غير هوائى اختياريا ، أما أنواع العفن فإنها هوائية تحتاج إلى الاكسجين.

٦ — ثانى أكسيد الكربون : على الرغم من الادلة التى تؤيد تأثر نمو البكتريا بوجود CO_2 الذى يحد 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 CO_2 بنسبة خاصة ليحميها من التلف بفعل هذه الميكروبات.

وهناك أنواع من البكتريا لاتنمو إلا فى وجود ثانى أكسيد الكربون مثل مجموعة بروسيللا Brucella . كما أن الخمائر تسبب الكثير من التلف الذى يحدث للمياه الغازية «الغازوزة» رغم احتوائها على ثانى أكسيد الكربون

٧ — نسبة الرطوبة : تعتبر نسبة الرطوبة فى المادة الغذائية من أهم العوامل التى ترتبط بفساد الأغذية خصوصا من الناحية الميكروبيولوجية. ويعتبر الماء ضروريا جدا لنمو البكتريا والخمائر ، فعلاوة على أن هذه الأحياء تحصل على غذائها فى حالة ذائبة ، فإن الكثير من عمليات الانحلال التى تحدثها هى نوع من عمليات الانحلال المائى التى يعتبر الماء جزءا منها. وتحتاج البكتريا والخميرة إلى نسبة كبيرة من الرطوبة ، وليس هناك حد ثابت لمقدار الرطوبة الواجب توفرها فى 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 ، وفى وجود الأملاح يزيد الحد الأدنى للرطوبة الذى يسمح بنمو البكتريا .

ومن المعروف أن الحبوب لا تتعرض للفساد البكتريولوجى إذا كانت نسبة الرطوبة فيها ١٥ ٪ أو أقل . واللحوم المقددة يقف نمو البكتريا فيها إلى ما بين ١٨ و ٢٠ ٪ . والأغذية المجففة بصفة عامة لا خوف عليها من الفساد البكتريولوجى إذا كانت نسبة الرطوبة فيها بين ١٠ و ١٥ ٪ ، وإن كانت هذه النسبة من الرطوبة قد لا تكفى لحماية المادة الغذائية من أنواع أخرى من الفساد ، إذ أن هذه النسبة من الرطوبة تسمح بنشاط الانزيمات كما تسمح بحدوث عمليات تأكسد تؤدى إلى تلف المادة وسيأتى شرح هذا تفصيلا . أما العفن فيمكنه أن ينمو على مواد تقل فى نسبة رطوبتها عن تلك التى تسمح بنمو البكتريا ، وتعتبر أنواع الاسبرجيللس والبنسيليوم من أكثر الانواع مقاومة لانخفاض الرطوبة . فهو ينمو عند نسبة من الرطوبة بين ٢ ٪ و ٥ ٪ . وفى معظم الاحيان ينمو على المواد الجافة إذا ما كانت هناك رطوبة كافية فى الهواء المحيط بتلك المواد . ولذلك كان من الضرورى لمنع

نمو العفن التحكم فى 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 فى وجودها داخل العبوات . ويجرى تخفيض الرطوبة فى المادة الغذائية إما بالطرق الشائعة وهى إزالة الماء كما فى عمليات التجفيف أو التركيز فتنخفض نسبة الماء فيها ، وإما بإضافة مواد لها كما فى التمليح أو بإضافة السكر .

٨ — الحموضة : يمكن للبكتريا بصفة عامة أن تنمو على درجات حموضة تختلف بين pH ٤،٥ و pH ١٠. والبكتريا السكارولية Saccharolytic ، المحللة للكربوايدرات ، تكون فى العادة اكثر احتمالا للحموضة من البكتريا البروتيوليتية ، المحللة للبروتين ، فهذه الأخيرة لا يمكنها أن تنمو عند قيم pH أقل من ٥،٥ . ولا يقتصر تأثرها على رقم pH بل إن نوع الحمض الموجود له أثر فى نشاطها ، فعند قيم pH العالية يكون لوجود الأحماض العضوية مثل الستريك والخليك والبربيونيك تأثير مثبط على الأحماض غير العضوية . ومن المشاهد أن أى تأثير يؤدى إلى تقليل مقدار الجزء المتأين من الحمض العضوى دون أن يؤثر فى درجة تركيزه يجعل هذا الحمض أكثر سمية والعكس وبالعكس . وتختلف المواد الغذائية فى درجة حموضتها فالفواكه فيما عدا الزيتون تختلف قيمة pH لها بين ٢،٥ و ٤،٥ تقريبا ، والخضر فيما عدا الطماطم تختلف قيم pH لها بين ٤،٩ و ٦،٣ ، أما اللحوم فيكون رقم pH لها حوالى ٧،٢ بعد الذبح ثم تتغير تدريجيا فتصبح بعد ٤٨ ساعة تقريبا حوالى ٥،٧ وتثبت عند pH ٦ تقريبا فى خلال أسبوع . وتنشط الخمائر والعفن فى وسط أكثر حموضة من الوسط المناسب للبكتريا . فالعفن والخمائر تنمو بنشاط فى الفواكه وعصيرها ، pH بين ٣،٥ و ٥،٥ ، فنجد عصير الفاكهة يتخمر تخمرا كحوليا بفعل الخميرة ، كما نجد العفن ينمو

على الفاكهة ومربياتها . ولنوع الحمض أثره فى تحديد نوع العفن الذى ينمو وأحماض الماليك والطرطريك والستريك تشجع نمو العفن المسمى اواوسبورا لاكتس Oospora Lactis . ومعظم أنواع البكتريا لا تنشط فى البيئة الزائدة الحموضة ولا يستثنى من ذلك غير أنواع قليلة أهمها بكتريا الخل اسيتوباكتر اسيتاى Acetobacter Aceti وبعض أنواع البكتريا التى تنمو فى 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 .

٩ — السكر : سبق أن أوضحنا أثر إحتواء المادة على الكربوايدرات فى نوع التغييرات التى تطرأ على المواد الغذائية . كما أوضحنا كيف تفاضل الأحياء الدقيقة بين المركبات الكربوايدراتية ، وبينا علاقة السكر بأنواع التخمر المختلفة التى تطرأ على المواد الغذائية . وعلاوة على ذلك فإن درجات التركيز العالية من السكر تؤثر فى مقدرة الأحياء الدقيقة على النمو . ولكى يمكن منع النمو الميكروبى لابد من استعمال محاليل سكرية ذات تركيز عالية حوالى ١٥٪ أو أكثر ، ويستفاد من هذه الخاصية فى حفظ المربيات والجيلى واللبن المكثف المحلى ، بل إنه عند استعمال هذه الدرجات العالية من التركيز يمكن لبعض سلالات الخمائر والفطر ولبعض البكتريا المنتجة للصموغ أن تنمو . وقد وجد أن المحاليل السكرية المتساوية فى درجة التركيز يزيد الضغط الاسموزى لها كلما صغر الوزن الجزيئى . وقد درس اريكسون وفابيان سنة ١٩٤٣ Erickson & Fabian التأثير الحافظ للسكريات المختلفة فوجدا أنه من حيث تأثيرها بالنسبة للبكتريا يكون الفركتوز فالدكستروز فالسكروز فاللاكتوز أكثرها تأثيرا . وقد وجد تاركو وفيللوزوليفين

أن الجلوكوز له أثر تثبيطى بالنسبة للخمائر والعفن Tarkow, Fellers, Levine من السكروز فى 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 الدقيقه حساسيتها بالنسبة للحموضة فان لها حساسية بالنسبة للاملاح ، وتختلف هذه الحساسية تبعا لتركيز الملح ويعتبر ملح الطعام من أهم الاملاح التى تلعب دورا هاما فى حفظ الاغذية وإن كان تأثيره لايزال غير معروف بالضبط ، ولا يمكن إرجاع السبب بأكمله إلى التأثير الاسموزى وحده فان هناك أملاحا أخرى خلاف ملح الطعام ليس لها نفس الأثر المثبط على نمو الاحياء الدقيقة حتى عند استعمالها فى درجات تركيز مرتفعة ، فهو من هذه الناحية ذو تأثير نوعى وتتوقف درجة تركيز الملح الضرورية لمنع نمو الاحياء الدقيقة على عـــدة عوامل تشمل نسبة الماء ونوع الميكروب الملوث ورقم $_pH$ والحرارة ومقدار البروتين فى البيئة وكذلك نوع المواد المثبطة الموجودة فى البيئة . وعنـد استعمال ملح الطعام فى درجات تركيز عالية يطول طور الابطاء للبكتريا ، أما فى درجات التركيز المنخفضة فهو يشجع نموها . وتختلف أنواع الاحياء الدقيقة فى مدى تحملها الملح ، والبكتريا المرضية أكثر تأثرا بالمحاليل الملحية المركزة . وقد أثبت تانر وايفانز Tanner & Evans أنه فى الإمكان مثلا منع نمو كلوستريد بوم بوتشلاينم Cl. botulinum فى محاليل درجة تركيزها بين ٦,٥ و١٢ ٪ تبعا لنوع البيئة . أما الخميرة فيمكنها أن تنمو على درجات تركيز عالية خصوصا الخميرة التى تكون الغشاء السطحى ، فقد أثبت مارك وبونار Mark & Bonar ، ١٩٣٩ إمكان نموها فى محاليل درجة تركيزهـا ٢٤ ٪ ملحا . ومثل هذه الخمائر تنمو على سطح المخللات . وكذلك يمكن

لبعض أنواع العفن أن تنمو على مثل هذه الدرجات العالية من التركيز، ويقول تانر Tanner بامكان نمو العفن فى وجود نسب من الملح تزيد عن ٢٠٪ . ويلعب الملح دورا هاما فى صناعة التخليل فهو يسمح بنمو وتكاثر بكتريا حمض اللكتيك التى تحول السكر إلى حامض لكتيك وهذا بدوره يمنع نمو البكتريا البروتيوليتية « المحللة للبروتين » والبكتريا البكتوليتية « المحللة للبكتين » .

١١ — احتواء البيئة على موادمنشطة للنمو : من المعروف أن أيونات بعض المعادن مثل الصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم والباريوم والرصاص والزئبق إذا وجدت فى البيئة بنسب ضئيلة فانها تنشط الاحياء الدقيقة، وإذا مازادت نسبتها فى البيئة فأنها تؤدى إلى عكس النتيجة فتثبط النشاط . كذلك وجد أن بعض الاحماض الامينية إذا وجدت فى بيئة بعض أنواع البكتريا تؤدى إلى تنشيط نموها . وقد سبق أن أوضحنا الدور الهام الذى يلعبه ملح الطعام فى الدرجات المنخفضة من التركيز . وقد ظهر للعلماء حديثا أن هناك مواد توجد طبيعيا فى الأنسجة النباتية والحيوانية لها تأثير إضافى على النمو . ويطلق الآن على المواد اسم عوامل النمو الاضافية Accessory Growth Factors وهى مواد عضوية لو أضيفت بكميات ضئيلة إلى البيئة التى تحتوى على مصادر الكربون والنتروجين والمواد المعدنية فإنها تساعد على نمو الميكروبات . وقد ظهر أن هذه المواد تتبع معقد فيتامين B ولبعض أنواع البكتريا القدرة على تكوين هذه المواد بطريقة تركيبية والبعض الآخر خلو من هـــذه القدرة . وهذه البكتريا الأخيرة تحتاج إلى هذه الفيتامينات لكى تتم داخل خلاياها عمليات الاكسدة الحيوية . ويحتاج الكثير من بكتريا حمض اللكتيك التى تسبب فساد المواد الغذائية وكذلك بكتريا القولون Coli إلى هذه الفيتامينات ، وكذلك يمكن لبعض أنواع الخميرة أن تنمو فى بيئات

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

١٢ — احتواء البيئة على مواد مثبطة للنمو : هناك الكثير من المواد يؤدى وجودها فى البيئة إلى تثبيط نشاط الأحياء الدقيقة أو إيقاف نموها أو هلاكها . وكثيرا ماتؤدى نواتج الانحلال التى تنتج عن نشاط بعض أنواع الاحياء الدقيقة خصوصا عندما يزيد تركيزها فى البيئة إلى الإضرار بهذه الاحياء وتثبيط نموها وتكاثرها ، كما يحدث عند زيادة نسبة الحمض أو الكحول الناتج الخ ...

ا ـــ الأملاح والأحماض : سبق أن أوضحنا تأثير ملح الطعام فى درجات التركيز العالية ، كما ذكرنا أن زيادة تركيز أيونات بعض العناصر المعدنية يؤدى إلى تثبيط النشاط ، وكذلك يكون تأثير الأحماض العضوية إذا وجدت فى المواد الغذائية مثبطا بالنسبة لبعض الاحياء الدقيقة . وبعض الأملاح المنتجة للاكسجين يؤدى وجودها فى البيئة إلى تثبيط الاحياء غير الهوائية وتستخدم أملاح النترات والنتريت معا فى تتبيل اللحوم بنسبة ٢ , ٪ أو أقل من الأولى ، و٠,٠٢ ٪ أو أقل من الثانية ، وذلك لمنع البكتريا غير الهوائية من احداث النتن Putrifaction فيها .

ب ـــ التوابل كذلك يؤدى وجود بعض التوابل فى المواد الغذائية إلى تثبيط نشاط الاحياء الدقيقة فيها ، ويرجع هذا التاثير فى معظم الحالات إلى الزيوت العطرية التى توجد فى هذه المواد وهناك إتفاق فى الرأى بين معظم الباحثين على أن القرنفل والقرفة والخردل يكون تاثيرها فى الحفظ أكثر من غيرها من التوابل أو الأعشاب العطرية . وقد وجد أن الزيوت المتطايرة للخردل ذات تاثير فى الحفظ أكبر من الزيوت العضوية المستخرجة من باقى التوابل . وقد توصل Plum & Fabien سنة ١٩٤٣ إلى ترتيب بعض المركبات

الكيمائية المسئولة عن الحفظ فى هذه التوابل فوجد أن أشدها تاثيرا هما ايروثيوسيانات الألايل والكارفاكول Carvacol ثم يليهاالدهيد السينامك وخلات السينناميل Cinnamyl Acetate ثم اثير الاوجينول المثيلى Eygenol Methyl Ether واليوكاليبتول .

حـ ــ المواد الكيماوية الحافظة : تؤدى المـــواد الحافظة الكيمائية Chemical Prescrvatives إذا أضيفت إلى المواد الغذائية إلى تثبيط نمو الاحياء الدقيقة منها . ويختلف تأثيرهاتبعا لنوع المادة ودرجة تركيزهـا ولأنواع الاحياء الملوثة . وأهم المواد الكيمائية الحافظة التى تستخدم فى الصناعة هى حمض الكبريتوز وأملاح السلفيت وحمض البنزويك وأملاح البنزوات خصوصا بنزوات الصوديوم التى تستخدم فى عصير الفاكهـــة وشرابها والساليسيلات وحمض البربيونيك وأملاح بروبيونات الصوديوم والكالسيوم التى تستخدم فى صناعة الخبز لمنع نمو العفن الخ وسيأتى الكلام عن هذه المواد . وبعض هذه المواد يكون متطايرا على درجـــة حرارة الغرفة ، علاوة على إمكانه النفاذ إلى داخل العبوات والأكياس ،ومن أمثلة أكسيد الأيثيلين وأكسيد البروبلين وبروميد الميثايل .

الباب الخامس

الانزيمات التى تحتويها المادة الغذائية طبيعيا

وما تحدثه من تغييرات

لاشك أن فساد الأغـــذية بفعل الأحياء الدقيقة يعزى إلى تأثير الانزيمات التى تفرزها ، وقدسبق دراسة التغييرات التى تحدث عن نمو هذه الأحياء ، وعلى ذلك فسنقتصر فى كلامنا هنا عن التغييرات التى تحدثها

الانزيمات الموجودة طبيعيا فى المادة الغذائية . والكثير من هذه الانزيمات تبدأ نشاطها بمجرد فصل المادة الغذائية النباتيه عن عائلها ، أو عقب ذبح الحيوان مباشرة ، فتحدث بذلك تغييرات كثيرة قد يعتبر البعض منها مرغوبا فى ظروف معينة بينما يعتبر البعض الآخر فسادا فى ظروف أخرى فتحول النشا إلى سكر بفعل الانزيمات الديستازية يعتبر فى انضاج التفاح مثلا عملية مرغوبة ، أما إذا حدثت هـــذه العملية عند تخزين البطاطس فأصبحت حلوة ولينة فإن هـذا التغير يعتبر فسادا . والمواد النباتية تستمر خلاياها فى الحياة حتى بعد فصلها عن عائلها ، وهى تحتاج فى ذلك إلى قدر من الطاقة تتحصل عليه نتيجة عمليـات التنفس التى تحدث بفعل إنزيمـات خاصة تسمى إنزيمات التنفس Respiraiory Enzymes ، وقـــد تحدث عمليات التنفس هذه فى وجود الهواء فيسمى التنفس هوائيا Aerobio ، كما أنهـا قد تحدث فى غياب الهواب ويسمى التنفس أذ ذاك تنفسا غير هوائى Anaerobic . وفى التنفس الهوائى يستخدم أكسجين الهواء فى عملية التأكسد وينتج عنها ثانى أكسيد الكربون كما ينتج عنها حرارة قد تؤدى إلى عمليات إنحلالية إضافية فى المواد الغذائية مما يسرع فى فسادها .

$$ك_{٦} بد_{١٢} ا_{٦} + ٦ ا \rightarrow ٦ ك ا_{٢} + ٦ بد_{٢} ا + ٦٧٧,٢ \text{ سعراً}$$

وليس معنى غيـاب غاز الأكسجين فى جميع الحالات وقوف عمليـات التنفس فالتفاح والكمثرى وخلاياها تتنفس فى وجود الأكسجين يمكنها أن تستمر فى الحياة لمدة طويلة فى جو من الأيدروجين ، وينتج عنها ثانى أكسيد الكربون مما يؤيد حدوث عملية التنفس غير الهوائى . وهذه الأخيرة تناظر عملية التخمر التى تحدثها بعض الاحياء الدقيقة كالخميرة مثلا . ومقدرة التنفس غير الهوائى على انتاج الطاقة ضـــعيفة إذا قورنت بها فى التنفس الهوائى ، ففى عملية التنفس الهوائى يعطى جزىء الجلوكوز مقدارا من الطاقة

يوازى ٢٥ مرة قدر مايعطيه فى حالة التنفس غير الهوائى ، ولذلك كان إعتماد الخلايا على التنفس غير الهوائى كمصدر للطاقة أكثر اتلافا للمادة ، علاوة على أن تجمع ناتجاته يكون له أثرة السام على البروتوبلازم . وهناك إعتقاد بوجود علاقة دائمة بين النوعين من التنفس فى الخلايا النباتية الحية، وأن التنفس غـــير 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 بانتاج ثانى 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 ثانى أكسيد الكربون . ومعظم الانزيمات النباتية إنزيمات داخلية Endoenzymes ، أو بمعنى أخر تؤدى 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 الاحيان توجد الانزيمات والمادة المؤثرة عليها Substrate فى نفس الخلية . وقد توجد الانزيمات فى بعض الانسجة فى خلايا ملاصقة للخلايا المحتوية على المواد التى تؤثر عليها ، فمثلا فى اللوز المر لا يوجد الانزيم والمادة المؤثر عليها فى نفس الخلايا، ولذلك فان هرس البذور يؤدى إلى اتصال الاثنين مما يسبب الانحلال المائى للجلايكوسيد Glycoside الموجود . ومعظم التغيرات التى تحدثها الانزيمات فى المادة الغذائية يكون إما من نوع عمليات الانحلال المائى أو من نوع

عمليات التأكسد ، ولذلك فان الانزيمات الايدروليتية. والانزيمات المؤكسدة تلعب دورا هاما فى الفساد الانزيمى للمواد الغذائية .

انحلال الكربوهيدرات : فى الظروف الملائمة تحلل إنزيمات الاميلازات أو الدياستازات النشا فى الحبوب النشوية إلى دكسترينات ، وهذه تتحلل بدورها إلى الملتوز الذى يعتبر فى هذه الحالة الناتج النهائى لعملية الانحلال ، وتحتوى الحبوب كالقمح والشعير قبل انباتها على كميات مقبولة من انزيم بيتا اميلاز B-amylase ، أما انزيم الالفا أميلاز A-amylase ، فلا يظهر نشاطه وقت الانبات . ويستمر إلبيتا أميلاز فى 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 البروتيوليتية . وفى انحلال السكريات يكون لنوعية الانزيم أهمية خاصة ، فالسكراز عند تحليله لسكر الرافينوز يفصل الفركتوز عن المليبيوز ، ولذلك كثيرا ما يطلق على هذا الانزيم فى النبات اسم الفركتوسيداز B. li. 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 الخمائر خصوصا خمائر القاع على انزيمين محللين للسكر وهما الملبياز Melibiase والسكراز . ولذلك فان هذه الخمائر تحلل سكر الرافينوز إلى فركتوز وجلوكوز وجلاكتوز . والإنحلال الإنزيمى لثنائية السكريات يكون عادة أسرع وأتم انحلالها من فى وجود الحمض ، وينحل سكر اللاكتوز مائيا بفعل انزيم اللاكتوز ، ولكنه لاينحل بفعل المالتاز أو السكراز أو الدياستاز . ويختلف اللاكتوز عن السكريات الأخرى فى إمكان تخمره بسرعة فى عمليات التخمر اللكتيكى والبيوتريكى . والسكروز ينحل كما سبق بفعل إنزيم السكاراز إلى الفركتوز

والجلوكوز ، ويحدث هذا التحلل للسكر أيضا فى 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 إنحلال مائى يكون نتيجته إنفصال السكر عن المركب غير السكرى المتحد بها والذى يختلف تبعا لنوع الجلوكوسيد . ومن أمثلة الجلايكوسيدات Glycosidases التى توجد فى الفواكه والخضر إنزيم Amigdalin الموجود فى اللوز والمر ، وإنزيم الأبيين Apiin الذى يوجد فى البقدونس والكرفس . ويعتبر إنحلال المواد البكتينية ذا أهمية خاصة فى صناعة الأغذية ، فالبكتين الذى يوجد طبيعيا فى الفاكهة له أهمية خاصة فى صناعة الجيلى ، ولذلك لابد من العمل على منع إنحلاله إنزيميا فى أنواع الفاكهة التى تستخدم فى صناعة الجيلى والمربيات . وفى عصير الفاكهة يعمل البكتين على إكساب العصير خاصية غروية تساعد على انتشار الجزيئات الدقيقة الصلبة وبقائها عالقة فى العصير ، وهذه الخاصية قد يكون من الضرورى وقايتها فى 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 فى ترويق بعض أنواع العصير إما بتأثير الإنزيمات الموجودة طبيعيا أو بإضافة مستحضرات إنزيمية لإحداث هذا الترويق قبل اجراء عملية الترشيح عليها ، فبعض أنواع العصير يكون من الضرورى تحضيرها على حالة رائقة شفافة مثل عصير التفاح وعصير الرمان وبعض أنواع عصير العنب وغيرها . فانزيم البروتوبكتيناز كثيرا ما يؤدى نشاطه فى الفواكه الى انحلال أنسجتها نتيجة لتأثيره على مادة البروتوبكتين مما يؤدى الى ليونة الفاكهة كما يحدث فى التفاح والكمثرى والخوخ وفى بعض الخضر كالطماطم

أما انزيم البكتناز Pectinase فإنه يحلل البكتين وحمض البكتيك وبكتات الكالسيوم انحلالا مائيا يؤدى الى انقسام روابط وحـــدات حمض الجلاكتيورونيك وإنفصال مواد مختزلة كثيرة ، وتشمل نواتج الإنحلال سكريات مختزلة وكحول مثيايل ومواد أخرى . وفى عملية الانحلال المائى هذه تضعف لزوجة المحاليل البكتينية مما يؤدى إلى إذابة الجيلى ومما يحدث ترويقا لها ،وانزيم البكتاز أوالبكتين ميثوكسيلاز هومن نوع الاستيرازات وهو يفصل مجموعات الميثوكسيل ـ ا ـ ك يد ٣ ، من جزىء البكتين فيؤدى إلى تكون حمض البكتيك وكحول الميثايل . ويوجد هذا الانزيم طبيعيا فى المولت وفى اللوز والبطاطس وقشر البرتقال وفى عصير الطماطم ، ويكون من تأثير نشاط هذا الانزيم زيادة الحموضة نتيجة لزيادة مجموعات الكربوكسيل الحرة .

انحلال البروتين : ويؤدى نشاط الانزيمات البروتيولينية إلى عمليات إنحلال كثيرة معقدة ، وفى العادة يكون جنين البذور غنيا نسبيا فى الانزيمات البروتيولينية،وهذه الانزيمات ذات أهمية خاصة فى صناعة البيرة من الشعير بحيث تحول البروتين إلى حالة صالحة لاستخدام الخميرة . ويؤدى نشـاط البروتيانازات فى العجين إلى سيولته ومنع الرغيف من الانتفاخ . وفى العادة تتحسن صفات الدقيق بتخزينه إذ يؤدى تأكسده إلى تثبيط نشاط هذه الانزيمات ، ويطرأ على اللحم من وقت ذبح الحيوان هضم ذاتى متدرج يحدث بفعل انزيمات ذاتية المفعول مثل الكاثبين والليباز والنوكليازات وغيرها مما يوجد فى الانسجة . والإنحلال الذاتى رغم أنه يقلل نوعا من النكهة الأصلية للحم إلا أنه يحسن صفات الطبخ له فهو يؤدى إلى ليونة الأنسجة ، وقد وجد أن التخزين البارد للحوم لمدة محدودة يكسبها هـذه الصفة ، وفى نفس الوقت يحميها من الفساد . وهنـاك بعض الانزيمات

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

انحلال الدهون : ويحدث الإنحلال فى الدهون بفعل انزيمات ليبوليتية، ويزيد نشاط هـذه الإنزيمات عند تفتيت الخلايا إذ يزيد إتصال الإنزيمات 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 المختزنة دليلا على إنحلال 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 فى عمليات الإنضاج الصناعى للفاكهة التى يؤدى نشاطها إلى احداث تغيرات سريعة فى الفاكهة مماثلة لما يحدث أثناء نضجها على الأشجار ، وفى هذه العملية تجمع الفاكهة عادة وهى خضراء . وقد يحدث التنفس غير الهوائى فى بعض الفواكه اللحمية ، فقد تكون القشرة فى بعضها مثلا غير منفذة نسبيا للاكسجين كما فى حالة العنب . ويحدث التنفس غير الهوائى بصفة عامة فى حالة نضج ثمار الكاكى اليابانى ، ويمكن لبعض الثمار التى تتنفس تنفسا هوائيا إذا ماخزنت فى جو من الأيدروجين أو النتروجين أن تتنفس تنفسا غير هوائى . وإستمرار نشاط الإنزيمات التنفسية بعد النضج يساعد على إنحلال المادة الغذائية وسرعة فسادها ، ويستدعى حفظ هذه المواد من الفساد التحكم فى سرعة تنفسها بوسائل خاصة كخفض درجة الحرارة أو التخزين فى جو محتو على كميات من ثانى اكسيد الكربون وغير ذلك . والتغيرات فى لون الفاكهة وفى منتجاتها التى 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 فى صناعة حفظ الأغذية التى تستلزم ضرورة صيانة لونها الطبيعى . ويصحب تأكسد اللون عادة تغير فى النكهة والرائحة . وهناك أنواع كثيرة من الإنزيمات المؤكسدة توجد فى خلايا النبات وتختلف فى صفاتها وفى أنواع المواد التى تؤثر عليها تبعا لنوع المادة وطبيعة أنسجتها . وهناك عدد من الفطريات الخاصة بعمليات التأكسد التى تحدث فى هذه الأنسجة ، إلا أنه من المعروف بصفة عامة أن أهم الإنزيمات من هذه الناحية فى الفاكهة هى الأكسيدازات ، وفى أنسجة الحيوان يكون أهمها « المزيلة للايدروجين الديهيدروجينازات . وفى جميع هذه الحالات تساعد الأنزيمات المؤكسدة

على تأكسد بعض محتويات المادة الغذائية وعلى الأخص الصبغات بأكسجين الهواء، أو بالاستعانة بفوق أكسيد الأيدروجين أو غيره من المواد التى يمكنها أن تعطى الاكسجين Donators . فمثلا فى وجود $بد_{٢}ا_{٢}$ يمكن لإنزيم البيروكسداز أن يساعد على تأكسد عدد من الفينولات والأمينات العطرية، وهو كذلك يؤدى إلى تأكسد البيروجاللول والجوياكول والإيدروكينون والكاتيكول والكريسول والتيروسين وغيرها. ويعتبر انزيم التيروسيناز، وهو نوع من الإنزيمات المؤكسدة النحاسية الذى يوجد بكثرة فى البطاطس وردة القمح وفى الكثير من النباتات من أنواع الفينولازات وله القدرة على أكسدة الفينولات والكاتيكول والكريسول والتيروسين. وتتحول النواتج بعد ذلك إلى مركبات أخرى فمثلا مادة الهالوكروم Hallochrome الحمراء التى تنتج عن تأكسد التيروسين تتحول بالتأكسد إلى صبغة سوداء تسمى بالميلانين. ويحتاج إنزيم التيروسيناز إلى الأكسجين الغازى لكى يحدث تأثيره، وليس له القدرة على إنتاج $بد_{٢}ا_{٢}$ ومن المعتقد أن اللون الأسمر الذى يحدث نتيجة لتأكسد أنسجة الكثير من الفواكه يعزى إلى تأكسد ثانيات الكاتيكول، وقد تتأكسد بعض الفلافانولات والفلافونات بواسطة الإنزيمات المؤكسدة إلى مواد بنية اللون وإنزيم الأرثوفينولاز Ortho phenolase الذى يوجد فى البطاطا يساعد على تأكسد الأرثوفينولات، وهذا يؤكسد أيضا الكاتيكول والكريسول O. cresol ، ولكنه لا يؤثر على التيروسين. وانزيم اللاكاز Laccase الذى يوجد فى البطاطس وبنجر السكر وفى التفاح والكرنب يؤكسد الفينولات إلى أرثو وباراكينونات، ويحتاج إلى الاكسجين فى نشاطه. وإنزيم الفوسفاتاز الذى يوجد فى كافة الخلايا الحية والذى يلعب دورا هاما

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

التلف الانزيمى للفيتامينات : أثبتت الأبحاث الحديثة لسمنر وسمنر Sumner .j .B & Sumner عام ١٩٤٠ وكذلك أبحاث Tauber. H. عام ١٩٤٠ وسمنر Summer R T. عام ١٩٤٢ وأبحاث سترين Strain أن هناك انزيما مؤكسدا للدهون غير المشبعة Unsaturated fat oxidase وهو الانزيم الذى يوجد بكثرة فى فول الصويا له القدرة على أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة ، الأوليك واللينولينيك واللينوليفيك وجلسريداتها ، ويجعلها تمتص الاكسجين بسرعة . وعلاوة على ذلك فإن الكاروتينويدات وكلوروفيللات «ا» و«ب» تتأكسد إلى مواد عديمة اللون تحت تأثير هذا الانزيم وبطريقة غير مباشرة فى وجود زيوت غير مشبعة . وقد وجد سترين Strain ان هذا الاكسيداز يوجد فى عدد كبير من البقوليات ، ويطلق على الانزيم اسم ليبوكسيداز Lipoxidase . وكذلك يتعرض حمض الاسكوربيك فى بعض المواد الغذائية للتلف بتأثير إنزيم اكسيداز حمض الاسكوربيك . كما يتأكسد أيضا بفعل الفينولازات والبيروكسيدازات ، مما يؤدى إلى تحوله إلى حمض ديهيدرواسكوربيك . ونظرا لأثر هذه الإنزيمات فى الفاكهة والخضر المعدة للحفظ فإنه من الضرورى تثبيط نشاطها بإحدى الطرق كاستعمال كب ا ٢ أو استخدام مواد مانعة للتأكسد Antioxidants ، أما فى الخضر فيجرى عادة نشاط هذه الإنزيمات باستخدام الحرارة فى عملية السلق Blanching .

العوامل التى ترتبط بالفساد الانزيمى للأغذية

تتأثر الانزيمات بعوامل الفساد بنفس الطريقة تقريبا التى تتأثر بها الاحياء الدقيقة وأهم العوامل التى تساعد على نشاط الانزيمات وإسراع التغيرات غير المرغوبة التى 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 انزيمات تستثنى من هذه القاعدة مثل البيبسين والترسين . وتختلف درجة تركيز الإنزيم فى المادة الغذائية تبعا لعوامل كثيرة كنوع المادة الغذائية ، وطبيعتها ودرجة نضجها الخ . وقد سبق أن أوضحنا أن بعض أنواع الفاكهة تكون غنية فى انزيمات معينة بينما تكون فقيرة فى انزيمات أخرى .

جدول - ١٦ - المقدار التقريبى لانزيم البيروكسيداز فى 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 البكتوليتية أو الليبوليتية أو السكاووليتية . فمدى التغير الذى يحدث عن نشاط الإنزيمات يعتمد على درجة تركيز الإنزيم فى المادة الغذائية ومدى ملائمة الظروف لهذا النشاط .

٢ — نوع الانزيم: «نوعية الأنزيم» من الطبيعى أن يتوقف التغير الذى يحدث فى 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 الكربوايدرات أو الدهون، والأميلاز يحلل النشا والدكسترين فقط ، بل أن الألفاجلوكوسيداز يؤثر على الألفاجلوكسيدات فقط ولا يؤثر على البيتاجلوكسيدات . فنوعية الإنزيم ذات أهمية خاصة فى تحديد نوع التغيرات التى تحدث عن نشاط الإنزيمات إذا تهيأت الظروف المناسبة للنشاط ، فالطماطم ينحل فيها البكتين انزيميا لاحتوائها على انزيم البكتاز « البكتين ميتوكسيلاز » بكمية وافرة .

٣ — درجة تركيز المادة المؤثر عليها : لاشك أن زيادة تركيز المادة التى يؤثر عليها الإنزيم عامل رئيسى فى مدى التغير الذى يطرأ على المادة الغذائية . وفى درجات التركيز المنخفضة نسبيا تزيد سرعة التفاعل عادة كلما زادت درجة تركيز المادة المؤثر عليها ، وتستمر سرعة التفاعل فى الزيادة إلى حد معين تقل بعده نسبيا مع زيادة درجة التركيز . وقد لوحظت هذه الظاهرة بصفة خاصة فى الانزيمات الأيدروليتية ، فقد وجد مثلا أن سكراز الخميرة يكون أسرع أثرا فى انحلال السكر فى المحلول السكرى عند درجة تركيز قريبة من ٥٪ ، ثم تبطء سرعة التفاعل بعد ذلك ، ويعزى هذا البطء فى التفاعل عادة إلى تناقص نسبة الماء فى المحاليل . أما إذا تغيرت درجة تركيز المادة دون إحداث تأثير محسوس فى نسبة الماء مع ثبات كافة العوامل الأخرى ، فإن السرعة الأصلية للتلامس تتزايد فى بادىء الامر 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 لموضوع 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 فى باقى الاصناف رغم احتوائه على الاكسيدازات المسئولة عن مثل هذا التأكسد .

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

$$\text{معامل الحرارة} = \frac{\text{سرعة على درجة } (٠^\circ + ١٠^\circ)}{\text{سرعة على درجة } ٠^\circ}$$

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 و٢ ، وذلك لأن إرتفاع درجة الحرارة يؤدى فى وقت ما إلى الحد من نشاط الانزيم 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 ١,٠ ، ونقطة التوازن هذه لا تكون ثابتة بل تتغير تبعا لمدة استمرار التفاعل وتبعا للشوائب الموجودة فى المحلول الإنزيمى ، وهى تكون فى العادة بين ٤٠° و٥٠° م للإنزيمات الحيوانية وبين ٥٠° و٦٠° للانزيمات النباتية . ومعظم الانزيمات ، 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 .

٥ — احتواء البيئة على مواد ذات تأثير منشط : هناك بعض مواد يؤدى اضافتها أو وجودها فى المواد الغذائية إلى تنشيط التغييرات التى تحدثها الإنزيمات. ومن الناحية العملية تقسم هذه المواد إلى المجموعات الآتية:

ا — مرافقات الإنزيم Coenzymes ، وقد سبق الكلام عنها ، وهى مقاومة للحرارة ولها صفة النوعية بالنسبة للإنزيم الذى تعمل معه فى الطبيعة

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

ح — منشطات Activators ويطلق هذا اللفظ على المواد التى يكون لها تأثير منتج فى نشاط الانزيم . ويدخل تحت هذه المجموعة بعض المعادن الثقيلة وبعض مركبات معدنية معقدة . فأملاح المعادن الثقيلة تسرع من عمليات التأكسد لشرائح البطاطس بفصل الثيروسيناز وتكوين صبغة الميلانين السوداء ، ويحتاج الكلوروفيللاز فى نشاطه إلى أملاح غير عضوية ، وتساعد المعادن الثقيلة على تنشيط الانزيمات البروتيوليتية خاصة وهناك بعض المركبات العضوية يكون لها تأثير منشط على بعض الانزيمات فالسستين والجلوتاثيون ينشطان إنزيم البابايين كما ينشطه حمض الأيدروسيانيك وكبريتور الأيدروجين ، ويساعد المغنسيوم والمنجنيز فى تنشيط حالات خاصة من التخمر الكحولى واللكتيكى . وكذلك لأملاح المغنسيوم تأثير منشط على الارجيناز ، 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 فى نشاط الاميلاز فى القمح ، ودايستاز المولت ينشط فى وجود أملاح كلوريدات المنجنيز والزنك ، وقد يحتاج

الامر لتنشيط بعض الانزيمات إضافة مواد تتحد مع السموم الموجودة فى البيئة والتى تمنع نشـــاط الانزيم . وكذلك تعمل بعض الغازات مثل غاز الايثلين على تنشيط إنزيمات التنفس وتستخدم هـذه الخاصية فى عمليات الانضاج الصناعى للفاكهة .

٦ — إحتواء البيئة على مواد ذات تأثير مثبط للانزيمات : قد تحتوى المواد الغذائية طبيعيا على مواد تمنع نشاط الانزيمات ، وقد أمكن كونتز Kunitz عام ١٩٤٥ فصل بروتين (جلوبيولين) فى فول الصويا له تأثير مانع لنشاط إنزيم التربسين ،وهناك اعتقاد بأن بياض البيض يحتوى أيضا على مادة مانعة لنشاط التربسين فيه . وقـــد تؤدى بعض نواتج الانحلال الانزيمى نفسها الى ابطاء تأثير الانزيم وايقافه وهناك كثير من المواد يؤدى وجودها أو إضافتها إلى البيئة إلى تثبيط نشاط الانزيمات فيها ، فأيونات المعادن الثقيلة مثلا وعلى الاخص الفضة والزئبق والنحاس يؤدى وجودها إلى ايقاف النشاط للكثير من الانزيمات إذ أنها سامة لمعظمها . فمثلا البيتاجلوكوسيداز لا يتأثر بحمض الايدروسيانيك أو كبريتور الايدروجين أو الجلوتاثيون ، ولكن أيونات الفضة والنحاسيك والزئبقيك تثبط نشاطه كما تثبط نشاط انزيم السكراز . أما البيروكسيداز والكاتالاز فانها ليست نوعا خاصا لايونات هـذه المعادن . وحمض الايدروسيانيك يثبط نشاط الكاتالاز والتيروسيناز واكسيداز حمض الاسكوربيك . وكذلك قد يؤدى وجود بعض المواد المؤكسدة إلى تثبيط بعض الانزيمات ، فالمواد المؤكسدة التى تستخدم فى قصر لون الدقيق تؤدى إلى تثبيط نشاط البروتيانازات فيه . والمواد المؤكسدة تشمل الكثير من المواد المطهرة . وبعض الألدهيدات مثل الفورمالدهيد لها تأثير مثبط على الانزيمات . وكبريتور الايدروجين يثبط نشاط البعض منها مثل الكاتالاز . ويقف نشاط اليوريز

فى محاليل الأحماض والقلويات القوية وكذلك فى وجود المعادن الثقيلة والهالوجينات وغيرها . وبعض الأملاح مثل ملح الطعام يؤدى إلى إعاقة النشاط السريع للانزيمات البروتيوليتية .

٧ — نسبة الرطوبة : معظم عمليات النشاط الانزيمى تحتاج إلى كميات كبيرة من الماء خصوصا التغيرات التى تعتمد على عمليات الانحلال المائى . وتحتاج عمليات التخمر الكحولى والخليكى واللكتيكى فى الصناعة إلى كميات هائلة من الماء . وعلى الرغم من أهمية الماء لنشاط الانزيمات إلا أنها يمكنها أن تنشط فى مستوى من الرطوبة أقل من اللازم لنشاط الأحياء الدقيقة ، ولذلك فهى قد تحدث تلفا للمواد الغذائية المجففة إذا لم يكن قد تم تثبيط الانزيمات فيها قبل تجفيفها .

٨ — الحموضة : تأثير الحموضة الفعالة يماثل تأثير الحرارة فى نشاط الانزيمات ، وتغيير رقم pH يؤثر على نشاط الانزيم إما تأثيرا عكسيا أو غير عكسى . ودرجة حساسية الانزيمات للحموضة تختلف اختلافا كبيراً ، فتحت رقم pH ٣ يمتنع نشاط سكراز الخميرة بينما يكون إنزيم البيسين فى 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 باحداث 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 ، ولهذه الأسباب يكون من الحالات النص على مجال للحموضة الفعالة المثالية للانزيم الواحد .

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

داخل المخازن تعمل فيها إنزيمات تنفسية تؤدى إلى انحلال مستمر فى بعض مركباتها ، ولذلك فكثيرا ماتحدد مدد التخزين لبعض المواد الغذائية كالخضر والفاكهة والبيض ...الخ .

الباب السادس

التفاعلات الكيمائية البحتة

وما تحدثه من تغييرات

يحدث الكثير من التغيرات التى تطرأ على المواد الغذائية نتيجة لتفاعلات كيمائية بحتة بين المكونات الطبيعية لها أو نتيجة لتفاعل المادة الغذائية مع بعض المواد المضافة اليها أو مع المعادن الملوثة لها وغير ذلك . وتساعد على حدوثها عوامل طبيعية خاصة كالحرارة والضوء والتعرض للهواء وغير ذلك . وفى معظم الحالات يصحب هذه التغيرات تغيرات فى اللون أو الطعم أو الرائحة، وقد يكون لها تأثير متلف على القيمة الغذائية . ويطرأ الكثير من التغيرات على التركيب الكيمائى للمادة الغذائية أثناء إعدادها أو طبخها أو حفظها ، كما يحدث فى الإنحلال المائى للمواد النشوية أو السكريات تحت تأثير الحرارة أو الأحماض ، أو كما يحدث فى تجمع البروتين بالحرارة أو انحلاله مائيا أثناء الطبخ الخ .. إلا أن كثيرا من هذه التغيرات يعتبر عوامل غير مرغوبة، بل انها تؤدى فى كثير من الأحيان إلى فساد الغذاء وعدم صلاحيته للاستهلاك

وأهم أنواع التفاعلات الكيمائية التى تؤدى إلى فساد المواد الغذائية هى عمليات التأكسد ، فترنخ الزيوت والدهون يتسبب فى أكثر الحالات عن تأكسدها وتكون أحماض دهنية قصيرة السلسلة والدهيدات وكينونات

وبيروكسيدات ، وقد يكون لبعض نواتج التأكسد أثر سام . وقد تؤدى عملية التزنخ هـــذه إلى إتلاف بعض الفيتامينات الذائبة فى الدهون مثل فيتامين A ، والتزنخ يحدث للمواد الزيتية مثل النقل والبن واللبن المجفف وغيرها كما يحدث للزيوت والدهون ،وهو يؤدى إلى إكساب المادةالغذائية طعما ورائحة زنخة غير مقبولة ، ويزيد فى سرعة التزنخ تعرض المادةالغذائية للهواء والضوء والحرارة والرطوبة ووجود المواد الملامسة مثل معدن النحاس . وصبغة الكاروتين فى المواد الغذائية سريعة التأكسد وهى مركب غير مشبع يؤدى تأكسدها إلى تلف لون المادة الغذائية ، وكذلك تتأكسد صبغة الليكوبين التى توجـــد فى الطماطم بسرعة خصوصا فى وجود أملاح النحاس والحـــديد ، وتتحول إلى مادة بنية اللون غير مقبولة . وتتأكسد الأنثوسيانات فى عصير الفاكهة فيتغير لونها ، وتتأكسد صبغة الكلوروفيل ويتغير لونها إلى الاصفر الشاحب أثناء عمليات النضج، وكثيرا ما يتحول لون التبيذ إلى لون بنى نتيجة لتأكسد هـذه الصبغات ، وكذلك تتأكسد التانينات بسرعة فى المادة الغـذائية . ويكتسب سطح اللحم لونا أحمر داكنا نتيجةلإتحاد الاكسجين بصبغة الهيموجلوبين لتكوين الأوكس هيموجلوبين ، ويؤدى التأكسد فى المواد الغـذائية إلى إتلاف الكثير من الفيتامينات فيها ، ويساعد من سرعة التأكسد إرتفاع الحرارة أو التعرض للضوء أو وجود آثار من المعادن فى البيئة . وفيتامين A وإن كان لايتأثر بالحرارة أو الحموضة أو القلوية الا أنه يتأكسد ، وهو حساس للضوءالذى يزيد سرعة تأكسده .وفيتامين B_1 يتحملالحرارةبدرجةمتوسطةخصوصا فى المحاليل الحمضية ، ولكن الحرارة تتلفه فى البيئة القلوية كما تتلفه عمليات التأكسد والاختزال ، فثانى اكسيدالكربون يتلف المقدارالكبيرمنه . أما فيتامين B_2 فيتلفه الضوء والقلويات، وهو يتحمل الحرارة وتأثيرالأحماض والعوامل المؤكسدة . وفيتامين C سريع التأكسد جدا حين يتعرض للهواء،

ويزيد سرعة تأكسده وجود آثار من المعادن خصوصا النحاس والحديد والفضة ، كما أن الضوء من العوامل التى تساعد على إتلافه ،ويزيد من سرعة تلفه وجـــوده فى بيئة قلوية . وبعض المواد المكسبة للنكهة قد يؤدى تأكسدها إلى تلف النكهة المميزة لها ، كما يحدث للتربينات Terpines . وبعض الزيوت العطرية سريعة التطاير مما يؤدى إلى فقد جزء كبير منها عند معاملة المادة الغذائية بالحرارة . وقد يؤدى وجود الأحماض فى البيئة الى تغيرات خاصة، فالاحماض فى تأثيرها على الكلوروفيل تؤدى إلى تغير اللون الاخضر إلى لون زيتونى نتيجة تحول الكلوروفيل إلى فينينات ، كما تؤدى وجود الاحماض فى المادة الغذائيه إلى اكسابها خاصية إذابة بعض المعادن نتيجة ملامستها الأوانى المعدنية أو المصفاة أو اجزاء الآلات وتكون أملاح هذه المعادن . ويؤدى مثل هذا التلوث المعدنى إلى إكساب المادة الغذائية طعم المعدن الملوث . ويؤدى تلوث المادة الغذائية بأملاح النحاس والحديد وقد سبق بيان ذلك ، إلى إسراع عمليات التأكسدللون والطعم . وتلف بعض الفيتامينات وتلوث المادة الغذائية بأملاح الزنك والرصاص أو الكاديبوم أو الزرنيخ يجعلها ذات أثر سام .

العوامل التى تساعد على الفساد الكيميائى :

هناك عوامل معروفة لها أثرها فى إسراع التفاعلات الكيمائية بصفة عامة ،ونظرا لإختلاف تركيب المواد الغذائية وماقد تتطلبه عمليات اعدادها أو طبخها أو تكريرها من تعرضها لعوامل خارجية كثيرة فإن أنواع التغيرات التى تطرأ عليها ومدى تلك التغيرات يختلف إختلافا كبيرا ، وأهم العوامل التى تساعد على حدوث التفاعلات الرئيسية هى :

١ — الحرارة . تزيد سرعة التفاعل الكيمائى زيادة كبيرة بإرتفاع درجة

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

٢ — الهواء : نظرا لأن الكثير من التفاعلات الكيمائية التى تحدث للمواد الغذائية هى من نوع عمليات التأكسد فإن تعرض المادة الغذائية للهواء يساعد على تأكسدها بأكسجين الهواء كما هو الحال فى تزنخ 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 الكيمائية . 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 ترسيبا لها ، بينما تعمل الملامسات السالبة الشحنة عملا مضادا للتأكسد .

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

٦ — نسبة الرطوبة : يؤدى وجود الماء فى المادة الغذائية إلى اسراع عمليات التفاعل المختلفة . والمواد التى تزيد فيها نسبة الماء تكون عادة أكثر عرضة لحدوث التفاعلات الكيمائية من المواد الجافة أو التى تقل فيها نسبة الماء .

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

٨ — مدة التخزين : شأنها شأن الانزيمات ، لها أثرها فى مدى التغيرات التى تطرأ نتيجة لحدوث التفاعلات الكيمائية ، فالفاكهة المحفوظة فى العلب يتوقف مدى تأثيرها على معدن العلب الصفيح على مدة التخزين ، إلى جانب نسبة الحموضة ودرجة حرارة التخزين . وفى صلصة الطماطم المعبأة فى 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 للكائن الحى فى سد حاجاته المختلفة للطاقة والنمو والتمثيل وغير ذلك فإن للغـــذاء خطورته من حيث نقل الكثير من الامراض المعدية أو احداث حالات التسمم الغذائى قد تودى بحياة الانسان ، وبالاضافة إلى ذلك فإن فساد الاغـــذية بانحلالها أو بحدوث تغيرات غير مرغوبة فيها يؤدى 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 مايهدد هذه الأغذية من عوامل تؤدى إلى فسادها ، وما يمكن توفيره من وسائل لضمان حفظها . ومن المشاهد أن البلاد التى تقدمت فى هذا الميدان ارتفع فيها المستوى الغذائى والصحى وقلت فيها نسبة الامراض والوفيات وزادت فيها كفاءة الفرد بوصفه عضوا عاملا فى المجتمع .

الغذاء والتغذية : ليس المجال هنا مجال دراسة علم التغذية تفصيلا ، إلا أنه لابد من الاشارة إلى أهمية التركيب الكيمائى للمواد الغذائية فى سد حاجات الجسم المختلفة . ويمكن تحديد الوظائف الرئيسية للغذاء فى الجسم فيما يأتى :

١ — يمد الجسم بالمواد اللازمة للبناء ولصيانة أنسجة الجسم ، فيؤدى النمو إلى زيادة الطلب على المواد الغذائية . ويعتبر البروتين المادة الهامة فى بناء الانسجة ولو أنه قد يكون متحدا ببعض المواد المعدنية كالحديد فى هيموجلوبين الدم . وكذلك يدخل الكالسيول والفوسفور فى تركيب الهيكل العظمى والاسنان ، كما أن الماء وإن كان لايعتبر مادة غذائية إلا أنه مادة بنائية لايمكن الاستغناء عنها إذ أنه يكوّن ثلثى وزن الجسم . وتزيد حاجة الجسم إلى المواد البنائية فى أدوار نموه ، إلا أن حاجته لها لاتنقطع لضرورتها فى صيانة أنسجته طوال فترة حياته .

٢ — يمد الجسم بالمواد الضرورية لتنظيم العمليات الحيوية فيه أو بالمواد التى يمكن أن يحضر منها مايلزمه من منظمات ، والمواد المعدنية والفيتامينات أهميه خاصة فى تنظيم هذه العمليات ، فللمواد المعدنية تأثير خاص فى حساسية الاعصاب ومرونة العضلات ، ويرتبط بعضها بنشاط بعض الغدد ، والفيتامينات

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

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

المواد الغذائية ونقلها لعدوى الأمراض

قد تتلوث المواد الغذائية بأنواع خاصة من الطفيليات أو من الأحياء الدقيقة فتصيب الإنسان بأمراض خطيرة . وهى تنتقل إلى المواد الغذائية بطرق عـــديدة مثل الهواء والبراز والمتخلفات أو ماء المجارى ... الخ . ويساعد على تلوثها عدم توفر وسائل النظافة فى انتاجها وتداولها وصناعتها ، وكذلك عدم توفر العـادات الصحية نتيجة للجهل أو للفقر أو لها معا . وكثيرا ما تنتقل العدوى إلى الغذاء عن طريق الانسان نفسه ، فقد تنتقل بواسطه افرازاته ، ومن الناس من سبق أن أصيبوا ببعض الأمراض المعدية فاصبحو حاملين للميكروب Carriers ، كما قد تنتقل العدوى بفعل بعض الحيوانات وخصوصا الفيران التى تلوث المواد الغـذائية 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 وجـــد أن الفيران تلعب دورا كبيرا فى انتقال مرض التراكينا إذا كانت تعيش قريبة من زرائب الخنازير . قد أصبحت قوانين المراقبة الغذائية فى بعض البلاد تطبق على أساس أن وجود مخلفات هذه الحيوانات دليل على عدم ملاءمة الغذاء للصحة العامة وعلى ضرورة مصادرته. ومن أخطر العوامل التى تنقل مكروبات الأمراض إلى المواد الغذائية فى مصر الذبابة المنزلية التى تتكاثر بسرعة فائقة وتكثر عاده فى الصيف وتعيش يرقاتها فى السماد البلدى والمواد العضوية التالفة وفى القمامة والروث ، فهى تنقل من المواد الغذائية وإليها مكروبات الكثير من الأمراض المعدية مثل التيفوئيد والدسنطاريا والكوليرا وغيرها .

الطفيليات : أهم الطفيليات التى تنتقل الى الإنسان عن طريق المواد الغذائية هى :

١ — مجموعة الحيوانات وحيدة الخلية « البروتوزوا » : وأهمها من ناحية تلوث الاغذية فى مصر الجنس المعروف باسم الدوستريا الاميبية . Entamoeba histolytica التى تعيش داخل الامعـــاء الغليظة والتى يسبب طورها الحوصلى نقل العدوى ، إذ أنها تفرز مع المواد البرازية ومنها تتلوث المواد الغذائية .

٢ — مجموعة الديدان : واهم هذه المجموعة :

ا — ديدان الاسكارس Ascaris : والاصابة بها فى مصر شائعة عن طريق الديدان بعد فقس البيض ويتنقل البيض من التربة ويلوث الخضر الطازجة وتخترق الديدان حائط الامعاء ثم تنتقل الى الكبد ثم الى القلب وتصل أخيرا إلى الرئة.

ب — الديدان الشريطية Taenia : هناك نوعان منها نوع يوجد فى لحم الخنزير المصاب ويسمى Taenia solium ، ونوع ثان يوجد فى لحم البقر

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

حـ — التراكينا 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 الخاص 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 الماشيه المصابة بالسل والابقار أكثر تعرضا للاصابة بهذا المرض ، وهى مسئولة عن انتشاره خصوصا بين الاطفال نتيجة لإستعمال اللبن بدون غلى أو تعقيم . ومن حسن الحظ ان ميكروب السل يموت اذا تعرض للجفاف ، كما أنه لايحتاج الى درجات حرارة عالية لقتله ، فدرجة ١٤٠ ف ، ٦٠ م ، كافية لقتله اذا سخن لمدة ٣٠ دقيقة ، كما أن غلى اللبن لبضع ثوان كاف للقضاء عليه .

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

« ٦٠°م » ولذلك فإن غلى اللبن يقتلها . ويعمل الذباب على نقل الميكروب .

٣ — ميكروسبيرا كوليرا ، ويسمى الميكروب Vibrio comma : وهو مرض سريع الانتشار على صورة وباء ، وينتقل عن طريق افرازات المصاب . ويساعد الذباب على نقل الميكروب وتلويثه للمواد الغذائية ، وهذا الميكروب سريع التأثر بالحرارة مثل ميكروب الدفتريا .

٤ — باسيلوس التيفود ، ويسمى الميكروب Eberthella typhosa: هذا الميكروب ينتشر عن طريق المواد الغـــذائية الملوثة خصوصا اللبن والأصداف والمياه الملوثة بمياه المجارى أو بواسطة حاملى الميكروب . ويمكن الميكروب أن يعيش مدة طويلة فى 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 فكثيرا ما تحدث الاصابة عن طريق الثلج المصنوع من مياه ملوثة والمثلجات المصنوعة من لبن ملوث غير معقم . ويمكن الميكروب أن ينتقل عن طريق الخضر الطازجة التى تتعرض للتلوث لقربها من سطح الأرض والميكروب سريع التلف بالحرارة ، وتعقيم اللبن كاف لقتله .

٥ — باسيلوس الدوسنتاريا Bacillus dysentrae : هو مرض سريع الانتشار فى البلاد الحارة والمعتدلة ، وقد تؤدى الاصابة به الى الوفاة . ويساعد على انتشاره عدم توفر العادات الصحية وعدم كفاية المرافق الصحية . ويصيب هـذا الميكروب الامعاء ، وهو ينتقل فى معظم الاحيان عن طريق المواد الغـذائية الملوثة ويصيب الأطفال والبـالغين ، إلا أن الميـكروب سريع التأثر بالحرارة يهلك بتسخين المادة الغـذائية على درجة ١٤٠ ف « ٦٠°م » لمدة عشرين دقيقة .

٦ — التهاب الزور العفن Septic Sore Throat : ستربتو كوكس ابيدمكس Striptococcus Epidemicus ، وهذا الميكروب يحدث احتقانا والتهابا فى الزور ، وينتقل الميكروب من الضرع الى اللبن ، ثم يصيب الإنسان عن طريق اللبن إذا لم يجر تعقيمه .

٧ — الحمى القرمزية Scarlet Fever : تنتشر هى الأخرى عن طريق اللبن ويتسبب فيها ميكروب Striptococus Scarletinae .

٨ — الحمى المتقطعة Undulent Fever : وتنتقل عن طريق لبن المعز ويسمى الميكروب الذى يسبب هذا المرض Brucella Meletensis or abortis ويموت بالتعقيم ، وهو الذى يحدث مرض الاجهاض المعدى فى المواشى.

التسمم الغذائى

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

ويمكن تقسيم أكثر حالات التسمم الغذائى شيوعا إلى الاقسام الآتية :

١ — أنواع خاصة من النباتات والحيوانات تكون سامة. فبعض أنواع عش الغراب سامة بطبيعتها ، كما أنه فى بعض النباتات قد تكون نسبة حمض الاكساليك عالية إلى حد إحداث التسمم ، وكذلك قد يكون بلح البحر ساما فى فترة معينة من السنة الخ .

٢ — السميات الكيمائية : قد توجد السميات فى المواد الغذائية عن طريق وسائل عدة من أهمها تلوث هذه المواد عن طريق المعادن التى تصنع منها أدوات الطبخ الرخيصة ، فقد ينتقل الكادميوم والأنتيمون 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 الكيمائية إلى المواد الغذائية فى مواد الرش أو التعفير التى تستخدم فى مقاومة الآفات ،

٣ — التأثير السمى للمعادن : عند مناقشتنا للتأثير السمى للمعادن الملوثة للمادة الغذائية يجب التمييز بين الأثر السمى للمعدن من الناحية العلمية البحتة وبين مايمكن أن يعتبر فى عرف القوانين الغذائية ضارا بالصحة ، بل إنه لا يوجد حد فاصل بين مايسمى بالتأثير السمى وبين مايعتبر على وجه التحقيق غير ضار بالصحة . وطالما أن مايجرى على حيوانات التجارب من اختبارات فى هذا المجال لايمكن تطبيقه على الانسان فإنه من الصعب وضع حدود لما يمكن أن يصل إلى جسم الفرد من المعدن أو أملاحه قبل أن تحدث أثرها السمى .

ويجب ألا يفوتنا أن بعض تلك المواد على الرغم من أنها قد تبدو غير سليمة إذا ما كانت الكميات التى تصل منها إلى جسم الانسان فى كل مرة ضئيلة إلا أنها قد تؤثر بمضى الوقت على العمليات الحية التى تحدث فى الجسم ، ومن هنا كان وضع القوانين الغذائية على أساس حماية الفرد من الأثر الضار

لأى مادة يشتبه فى خطرها على الناحية الصحية . وفى تحديد النهاية العظمى لما يمكن أن تحتويه المواد الغذائية من معدن مايجب أن يراعى القدر الموجود منه طبيعيا فى كل مادة غذائية ، مع السماح بقدر إضافى يعبر عن أقل مايمكن أن يصل إلى المادة الغذائية من هذا المعدن فى ظروف الانتاج والصناعة إذا ماروعى فى إنتاجها وصناعتها منتهى الدقة والحيطة ، وعلى ذلك فالقدر الذى يحدده القانون لمعدن مافى مادة غذائية مايختلف عما يحدده لنفس المعدن بالنسبة لمادة غذائية أخرى . وأهم المعادن التى تلوث المواد الغذائية وتعتبر سمية التأثير هى النحاس والرصاص والزرنيخ والزنك والأنتيمون والكادميوم والنيكل والقصدير . وقد يكون التأثير السمى لبعض هذه المعادن شديداً فتحدث أعراضا ظاهرة كتهيج أغشية المعدة والغثيان والمغص والقيء والأنيميا أحيانا . ويختلف التسمم بالمعادن عن التسمم الميكروبيولوجى فى أن الاول تزول أعراضه عادة بسرعة بعد القيء ولا يحتاج إلى فترة التفريخ التى هى من خصائص التسمم البكتريولوجى .

النحاس

أملاح النحاس ذات تأثير قابض ومهيج للمعدة . ولو أن القدر منه الذى يعتبر سما لم يحدد بعد تماما ، وقد وجد أن تأثيره القابض على حالة سلفات يحدث إذا ما أعطى للإنسان مقدار منه يتراوح بين ١٦ و ٣٢ ملليجراما . أما تأثيره المهيج للمعدة فيحدث بفعل كمية بين ٨٠ و ١٦٠ ملليجراما . وهو يمتص فى الدم ، وزيادة امتصاصه فيه تؤدى إلى انحلال كريات الدم . وقد كانت سلفات النحاس تستخدم فى تثبيت اللون الاخضر للمواد الغذائية ، إلا أن القوانين الغذائية قد حرمت استخدامها إطلاقا ، وذلك للشبهة القوية فى أثرها السمى والخوف من أن يؤدى إحتمال تجمعها فى الجسم بعض الوقت الى أخطار كامنة .

وقد أثبتت الكثير من التجارب التى أجريت على الحيوانات باستخدام كميات كبيرة من أملاح النحاس أثره السام وخطره على الصحة والحياة ، الا أن هذه الكميات لايمكن من الناحية العملية أن توجد فى غذاء الانسان. وهو يمنع نمو البكتريا ، وربما أدى وجوده الى ايقاف نشاط البكتريا المعوية . ونظراً لأن معدن النحاس يذوب فى الاحماض العضوية التى تحتويها المواد الغذائية ، ونظراً للتأثير الضار الذى تحدثه أملاح النحاس على الصفات المرغوبة للمواد الغذائية وخصوصا التأثير المتلف على فيتامين C فى المادة الغذائية فقد بدأت مصانع الاغذية فى استبدال الآلات والاوعية والمواسير النحاسية واستخدام معادن أخرى مقاومة للتأثير الإذابى للمادة الغذائية لاتحدث تلفا للمواد الغذائية ، وكذلك روعى ضرورة ازالة آثار مواد الرش أو التعفير العالقة بالمادة الغذائية . وأهم المواد التى يوجد فيها النحاس بمقادير عالية نسبيا هى الخضر والفاكهة الطازجة والمحفوظة وكذلك المربيات والمرطبات والجلاتين .

الرصاص

يعتبر الرصاص من أشد المعادن سمية إذا وجـــد فى المواد الغذائية . والتأثير السمى للرصاص هو تأثير تحصيلى Cumulative، لما يتجمع من الكميات التى يتكرر وصولها للجسم والتى يعتبر كل منها على حدة ضئيل الاثر على الصحة . ولم يعرف حتى الآن أنه عنصر ضرورى فى تركيب خلية حية .

ويصل الرصاص إلى المواد الغذائية إما عن طريق الآثار منه التى توجد فى التربة أو عن استعمال المعدن نفسه أو السبائك التى تستخدم فى صناعة الأوانى والآلات التى تلامس الغذاء أثناء انتاجه . فالأوانى التى تستخدم

فيها بطانة من الرصـــاص والعيوات التى تصنع من ألواح Terne plate ، والوصلات الملحومة ومواسير الرصاص والبريات أو المواد المكسبة للمعة قد تسبب كلها أو بعضها تلوثا للمادة الغذائية . وكذلك إذا استخدمت زرنيخات الرصاص التى تستخدم فى مقاومة الحشرات فإن بقاياها تبقى على الخضر والفاكهة . وحدوث التسمم بوصول الرصاص إلى مجرى الدم يتميز باحداث أنيميا . وينقل الدم الرصـــاص إلى الأنسجة المختلفة فى الجسم فتحدث لها اتلافا . وقد يفرز البعض منه خارجا أو يتخزن فى الهيكل العظمى . ومعظم حالات التسمم بالرصاص عن طريق الأغذية فى السنين الأخيرة كان متسببا عن المياه والبيرة والسيدر ، وفى 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 فى التسمم تحدث عن تلوث المواد الغذائية بنسب عالية من الزنك والأعراض الشائعة تقتصر على القىء ، ولكن لم تحدث حالات تسمم فى الانسان تزيد فى شدتها إلى حد ظهور أعراض أخرى . وأملاح الزنك ذات تأثير مهيج للمعدة ويوجـــد الزنك طبيعيا فى العادة فى المادة الغذائية بما يوازى أربعة أضعاف قدر النحاس الموجود فيها ، ولذلك فإن القدر الذى تسمح به القوانين الغـذائية لهذا المعدن حوالى أربعة أضعافه . وينتقل الزنك إلى المواد الغـــذائية عن طريق الأوانى الحديدية المجلفنة وأجزاء الآلات .

القصدير

يوجد القصـــدير على حالة آثار فى التربة كما توجد آثار منه طبيعيا فى أنسجة النبات والحيوان . ولم تعرف له وظيفة بيولوجية . ويعزى أكثر ما يوجد منه فى الأغذية إلى ما يذوب معه من الطبقة المبطنة للصفيح عند استعماله فى 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 متأصل ينسب للقصدير وحده عن طريق الأغذية المحفوظة فى العلب ، ومع ذلك فليس معنى النتائج السالبة أن المعدن ليس له تأثير سام فربما كانت طريقة دراسة أثره فى الجسم لازالت لم تكتشف بعد .

الزرنيخ

هو معدن ذو أثر سمى شديد ، ويقصد بالزرنيخ هنا ثالث اكسيد الزرنيخ أو اكسيد الزرنيخوز . وعلى الرغم من وجود الزرنيخ فى الدم فلا يعرف له أثر فى العمليات البيولوجية فى الجسم . وأكثر كمية توجد فى الجسم تكون فى الشعر والاظافر ، فيحتوى الشعر على مابين ٠,٣ و٠,٧ جزءاً فى المليون والاظافر على مابين ١,٥ و ٤ جزءاً فى المليون ، وتزيد نسبته فيها إذا زاد القدر من الزرنيخ الداخل للجسم ، وتستخدم هذه الظاهرة فى التدليل على حالات التسمم بالزرنيخ . والزرنيخ الموجـــود طبيعيا فى الجسم قد يكون مصدره الأسماك أو إستنشاق التراب ودخان الفحم . والنهاية الصغرى من أكسيد الزرنيخوز اللازمة لتسمم الانسان تتراوح بين ٠,٠٦ و٠,١٨ جراما أوحوالى مايتراوح بين ٠,٨ و٢,٤ ملليجراما لكل جرام من وزن الجسم . وتستخدم زرنيخات الرصاص بكثرة فى رش الفواكه لمقاومة الحشرات . ويبقى جزء فى هذه المواد عالقا باسطح الثمار ولذلك كان لابد من غسلها قبل عرضها للاستهلاك ، وقد تنتقل الزرنيخات

من الفاكهة الى منتجاتها فهى توجد فى السيدر وفى النبيذ . وقد تستعمل الزرنيخات فى تعفير الخضر ، وتزيد نسبة الزرنيخ عادة فى التربة حيث تستخدم الزرنيخات فى الرش والتعفير وبذلك قد تلوث التربة مواد غذائية أخرى فترفع نسبة الزرنيخ فيها .

الأنتيمون

يصل الأنتيمون إلى الأغذية عن طريق :

(١) الأوعية المطلية بالمينا . (٢) اللحام والورق المفضض الذى يحتوى على الأنتيمون . (٣) حلقات الكاوتشوك وأنابيب الكاوتشوك . (٤) مركبات الأنتيمون التى تستخدم كمهلكات 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 الذى يستخدم فى صناعة المينا لا يمتص فى القناة الهضمية لعدم قابليته للذوبان . وفى صناعة المينا يتحول ثالث وخامس أكسيد الانتيمون إلى مينا انتيمونات الصوديوم ، ولا يذوب الانتيمون فى أحماض الغذاء إلا إذا تعرت الطبقة اللامعة للمينا التى تحمى أكسيد الانتيمون ، وكلما كانت المينا من النوع اللين كلما ساعد ذلك على سرعة تهدمها . وقد حدثت فى الاوعية ذات الشفة الملفوفة Seams حالات من التسمم بالانتيمون نتيجة استعمالها فى خزن الليمونادة . ويستخدم الانتيمون فى السبيكة التى تصنع منها الاوراق المعدنية القصديرية التى تستخدم فى لف الجبن وبذلك تكتسب تلك الصفائح مقاومة للتأكسد وتساعدها على اللف . وقد يظهر الانتيمون كصبغة بيضاء أو بنية اللون على سطح الجبن من تأكسد وذوبان الصفائح القصديرية ، وكذلك قد تحتوى

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

الالومنيوم

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

أولا : امتصاص الالومنيوم فى مجرى الدم واحتمال تأثيره على الدم وعلى باقى الاعضاء ، وقد وجد أن الالومنيوم يمتص من القناة الهضمية بصعوبة ، وهو أصعب امتصاصاً من الحديد ، والكميات التى 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 الوضعى لاملاح الالومنيوم على الجدر المبطنة للمعدة والامعاء واحتمال أثر ذلك على الهضم . ولا يمكن البت برأى قاطع فى أثر أملاح الالومنيوم على الهضم على الرغم من أن هناك ما يؤيد أثر زيادة أملاح الالومنيوم الذائبة على عملية الهضم والامتصاص . وقد حرمت القوانين الغذائية استخدام مسحوق الخبيز الالومنيومى مثل سلفات الالومنيوم والصوديوم تفادياً لما قد يحدثه من أثر . ونظراً لان الالومنيوم لا يحدث تأثيرات غير مرغوبة فى صفات المواد الغذائية ونظراً لسهولة استخدامها فى صناعات الاوانى والادوات ونظراً لخفة وزنه فقد انتشر

استخدامه فى الصناعة انتشارا كبيرا . وهو لا يتأثر بالماء المقطر ساخنا أو باردا ، إلا أن الماء العسر يتفاعل معه قليلا وقد يتكون أيدروكسيد الالومنيوم فيعكر الماء . وحمض الكتيك ليس له غير تأثير ضعيف ، أما الفاكهة الخضية فإنها تذيب ما بين ٩ و ١٢ جزء من المليون . وشوربة الضأن المحتوية على الخضر تذيب ٦ أجزاء فى المليون ، وإذا بقيت لمدة ٢٤ ساعة ترتفع الكمية إلى ١٠ جزء فى المليون . ويزداد التفاعل مع الألومنيوم فى وجود القلويات الضعيفة عنه فى وجود الأحماض العضوية ، ولذلك فإن طبخ الخضر فى أوان من الألومنيوم مع إضافة بيكربونات الصوديوم قد يذيب قدرا من الألومنيوم يصل إلى ٤٠ جزء فى المليون .

النيكل

تصل أملاح النيكل إلى الأغذية فى أغلب الحالات نتيجة تفاعلها مع جدر الأوانى المصنوعة من هذا المعدن . والتأثير السمى لهذا المعدن يناظر تأثير النحاس والزنك ، وفى الإنسان قد يحدث استخدام سلفات هـــذا المعدن بنسبة تتراوح بين ٢ و ٥ جرام وتحتوى على ما بين ٣١ و ٦٧ ملليجرام نيكل، حالات القىء . 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 فى تجربة على شخصين عاديين يحصل كل منهما على مقدار من النيكل يتراوح بين ٠,٣ و ٠,٥ ملليجرام يومياً أن ثلثى هذه الكمية تفقد فى البول والثلث فى البراز مما يؤيد أن الجسم لا يحتفظ بهذا المعدن . ومن النادر وجود النيكل فى الأغذية بالقدر الذى يوجد به الزنك مثلا ، وهو أكثر مقاومة للتأكسد والتفاعل من الزنك . وعلى الرغم من أن الزنك يذوب بسرعة أكبر من الحديد المجلفن فى محاليل الاحماض إلا أن النيكل لا يذوب إلا بصعوبة .

الكادميوم

هو أحد المعادن التى تستخدم فى طلاء الأوانى أو الأدوات المطلية بالكادميوم . وبمضى الوقت ينتشر الكادميوم فى الطبقة المطلية خلال الحديد مكونا طبقة من سبيكة الكادميوم والحديد . والكادميوم هو أحد المعادن ذات التأثير السمى الشديد ، وقد ينتقل الكادميوم إلى الغذاء عن طريق هذا الطلاء كما قد تنتقل أملاح الكادميوم إلى الغذاء عن طريق مواد اللحام ومهلكات الحشرات . وتحدث أملاح الكادميوم بمجرد وصولها للمعدة آلاما شديدة حادة مصحوبة بقىء واسهال . وتشبه فى تأثيرها أملاح الزنك . إلا أن الأولى أشد مفعولا ، ولو أن العلاج من حالة التسمم هذه يكون سريعا إذ يطرد الكادميوم خارج الجسم مع القىء .

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 فى أدوات الطبخ ويكون معرضا للتقشر .

٣ — التسمم الغذائى البكتريولوجى : وهو أهم أنواع التسمم جميعها وأكثرها شيوعا ، ويحدث التسمم فى هذه الحالة عن إنتاج البكتريا لمادة سامة Toxin فى الغذاء ، ومثال ذلك حالات التسمم البوتشولينى Botulism والتسمم التافيلوكوكى Staphilococcus . وهناك حالات يطلق عليها اسم تسمم غذائى وهى فى الحقيقة إصابة ، كما فى حالات الإصابة بالسالمونيللا Salmonella عن طريق الأغذية الملوثة .

التسمم البوتشولينى : يحدث عند استهلاك الغذاء الذى نمت فيه البكتريا المسماة Clostridium botulinum والذى يحتوى على التوكسين «الإفرازات السامه» ، ولا يمكن للميكروب أن يحدث التسمم 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 . ويكوّن 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 البوتشولينم تقتل هذا الميكروب وتوكسينه ، وتقتل مقاومة الميكروب للحرارة فى وجود الأحماض فى المادة الغذائية ، وهـــذا هو ما يفسر ظهور حالات التسمم البوتشلينى فى الخضر المحفوظة فى العلب أو اللحوم المتبلة أو السمك المدخن أو المجفف ، وفى العادة يصحب تلفها تكون غاز وانحلالها وتزنخها . وفى أغلب الحالات يؤدى هذا التسمم إلى الوفاة بعد أن يؤثر على المركز العصبى وتكون الوفاة عادة نتيجة تعذر التنفس . وتبدأ الأعراض عادة بعد ٢٤ ساعة من تناول الغذاء بالغثيان ثم القىء وقد يحدث إسهال ، وفى الأدوار الأخيرة من المرض يكون الإمساك أكثر حدوثا ، وفى الحالات الخطيرة منه قد يقضى على المريض بعد أيام يتراوح عددها بين ٣ و٦ . وفى الحالات غير الخطيرة يكون الشفاء بطيئا ، وليس هناك من علاج غير استعمال مواد مضادة للتوكسين Antitoxin قبل ظهور الاعراض . ويؤدى التوكسين الى تسمم الكثير من الحيوانات والطيور .

التسمم بالاستافيلوكوكس : يحدث ، شأنه فى ذلك شأن سابقه ، عن السموم ، التوكسنات ، التى 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 الاصابة بهذا النوع من التسمم مرة على الأقل فى حياته . وميكروب هذا التسمم كثير الانتشار فهو يوجد عند كثير من الأفراد على الجلد وفى الأنف والحلق .

والبكتيريا عبارة عن خلايا كروية توجد على شكل عناقيد أو توجد ثنائية أو على شكل سلاسل قصيرة . ولا تكون جراثيم . وهى أكثر مقاومة للحرارة من أنواع اخرى كثيرة من البكتيريا المتجرثمة . والتوكسين خارجى مقاوم للحرارة ، ودرجة الغليان العادية لا تكفى لإبطال مفعوله ، ولو أن هناك أنواع تنتج مواد مضادة للتوكسين Antitoxin .

وتحدث أكثر الاصابات شيوعا من تناول الفطائر المحشوة والمعاجين القشدية مثل الجاتو والفطائر المزخرفة بالقشدة ، وتحدث كذلك عن طريق بعض منتجات الألبان والمواد التى يدخل الزبد أو البيض فى 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 ٣ و٦ ساعات من تعاطى الغذاء وأكثر الأعراض شيوعا الضعف والغثيان والمغص والقىء والإسهال ويتم الشفاء منه بعد أيام قليلة .

التسمم بالستربتوكوكس

وجد داك Dack سنة ١٩٤ أن هناك حالات يحدث فيها التسمم الغذائى من الاستربتوكوكس خصوصا النوع ألفا Alpha الذى 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 اختياريا . وهى توجد بصفة رئيسية فى الأنف والزور والفم والأمعاء وتكون فى العادة غير ضارة إلا أن هناك انواعا منها تسبب أمراضا ، ويرجع داك Dack أربع حالات من التسمم إلى هذه الميكروبات . وقد شملت الاعراض القىء والغثيان والمغص الخ... وجميعها أعراض حقيقية اذا قورنت بالانواع الاخرى من التسمم .

التسمم بأنواع أخرى من الأحياء الدقيقة :

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

الاصابة بالسالمونيلا .

الميكروبات لا تفرز أنزيم خارجى ، ولذلك فإن الميكروب نفسه يكون مسئولا عن الإصابة . وتشمل مجموعة السالمونيلا عددا كبيرا من الأنواع متقاربة الشبه وهى ليست بكتريا بروتيولية إلا أنه يمكن تقسيمها إلى مجموعتين متباينتين .

المجموعة الأولى . وهى تحدث مرضا فى الإنسان شبيها بحمى التيفود ، وتحت هـــذه المجموعة يوجد النوع Salmonella paratiphi والنوع Salmonella schottmulleri وهما يصيبان الإنسان ويسببان نزلات معوية وحمى .

المجموعة الثانية : وهى تحدث مرضا فى الحيوان تماثل أعراضه فى الحيوان أعراض حمى التيفود فى الإنسان . وتنتقل الى الإنسان نتيجة أكل لحوم الحيوانات المصابة ، فإذا وصل إلى جسم الإنسان عدد من هذه البكتيريا فقد يصاب بنزلات معوية مع أعراض الغثيان والقىء والمغص والاسهال ، ويصحب هذا كله حمى مرتفعة . وتحت هـــذه المجموعة يندرج النوعان Salmonella aertrycke و Salmonella enteritidis .

وتظهر الأعراض فى 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 المعوى هى ضمان التفتيش الدقيق فى السلخانات وإعدام لحوم الحيوانات التى كانت مصابة بهذه العدوى عند الذبح وكذلك تعقيم السكاكين والأدوات التى استعملت فى ذبح أو تقطيع حيوانات مصابة ومنع الذباب من نقل العدوى .

وقد أمكن كذلك عزل بعض أنواع السالمونيللا المسببة للنزلات المعدية فى الإنسان من براز القوارض مثل الفيران والجرذان . وقد كان هناك الكثير من التعارض فى الآراء بين الباحثين عن العامل المسئول عن التسمم بالسالمونيللا . وقد استعرض دالك Dack سنة ١٩٤٣ أراء الباحثين واستخلص ان معظم الاحتمال يتجه نحو اعتبار التأثير السام الذى تحدثه السالمونيلا هو نتيجة الميكروب نفسه

الباب الثامن
وسائل منع الفساد

يتبين من مناقشة أنواع التغيرات المختلفة التى تطرأ على المواد الغذائية نتيجة لنمو الأحياء الدقيقة فيها أو لنشاط الأنزيمات التى توجد فيها طبيعيا بل وتلك التى تحدث عن تفاعلات كيمائية بحته ، ويتبين كذلك من دراسة العوامل المختلفة التى تساعد على حدوثها أنه يمكن حصر الوسائل الهامة لمنع فساد المواد الغذائية فى الآتى :

١) التحكم فى الظروف الخارجية التى تحيط بالمادة الغذائية :

١ — صيانة كيان المادة الغذائية : وأهم ما يتبع فى هذا السبيل :

مراعاة الأصول الفنية فى جمع المحصولات الغذائية وإعدادها وتعبئتها ونقلها وتخزينها ، فيراعى مثلا عند جمع ثمار الفاكهة عدم نزعها بعنف أو جرحها أو إسقاطها على أرض صلبة مما يؤدى إلى تهشيمها ويراعى كذلك اتخاذ كافة الاحتياطات فى تعبئتها ونقلها وعرضها للبيع ، وكذلك فى تداولها فى السوق أو داخل المصانع التى تتولى حفظها أو صناعة منتجاتها ، ويجب العناية أيضا بجمع الخضر واتباع الاجراءات الكفيلة بتعبئتها ونقلها وتخزينها واختيار العبوات المناسبة لكل نوع منها والتى تكفل سلامتها .

حماية المواد الغذائية من الآفات المختلفة سواء أكان ذلك أثناء وجودها فى الحقل أو فى المخازن . وإتباع أحدث الأساليب فى مقاومة هذه الآفات ، مع ضرورة العناية بتصميم المخازن المناسبة التى تضمن صيانة المادة الغذائية من وصول الفيران أو تسرب الحشرات إليها . ويبغى كذلك مراعاة

التهوية اللازمة وخلو جدران المخازن وأرضيتها وسقوفها من الشقوق التى تسمح للبرقات بغزل شرانقها داخلها أو للصراصير وغيرها من الحشرات بالاختفاء فيها .

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

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

ب — حماية المادة الغذائية من التلوث :

١ — التلوث الميكروبيولوجى : لما كان لعدد الميكروبات الملوثة للمادة الغذائية أثره الفعال فى سرعة فسادها فقد كان من الضرورى فى إنتاج المواد الغذائية مراعاة أقصى قواعد النظافة بحيث يكون عـــدد الميكروبات فيها أقل ما يمكن .

فى إنتاج اللبن الحليب يجب مراعاة نظافة الحيوان ومكان الحليب ونظافة الحلاب وأوانى الحليب وكافة مايستخدم فى نقل اللبن وتداوله وتوزيعه ، ويجب كذلك أن تراعى نفس الدقة فى صناعة منتجات الألبان ، أما فى حالة الخضر فيجب توجيه عناية خاصة إلى نظافتها نظرا لقربها من التربة ومن مصادر التلوث بصفة عامة ، ولذلك يجب العناية بغسلها غسلا جيدا بماء نقى 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 يؤدى إلى زيادة تلوثها أو حملها للأمراض . ولا بد كذلك من نظافة الفاكهة وغسلها ، وتغسل الفاكهة المعدة للسوق عادة بمواد مطهرة .

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

وفى إعداد اللحوم يجب اتباع كافة الاشتراطات الصحية وعدم تلوث لحم الحيوان عند ذبحه ، وينبغى كذلك مراعاة فحص اللحوم والكشف عليها طبيا وإعدام الأجزاء المصابة ، كما يجب التأكد من نظافة الأدوات المستعملة فى 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 ، وينبغى كذلك التحقق من خلوهم من الأمراض أو إمكان نقلهم للأمراض المعدية Carriers . ولابد من الاطمئنان إلى نظافة الأدوات والآلات التى تستخدم فى إعداد المواد الغذائية أو صناعة منتجاتها ، وإلى توفر المرافق الصحية فى مصانع الأغذية وإلى وسائل التخلص من متخلفات هذه المصانع ، وكذلك يجب توفير كافة الوسائل التى تحمى المواد الغذائية من التعرض للذباب أو الأتربة التى 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 فى الغسيل وبكميتها والاطمئنان إلى كفاءة الوسائل المستخدمة فى عملية الغسيل وإلى استخدام مواد النظافة والمواد المطهرة كلما احتاج الأمر .

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

٢ — التلوث المعدنى

تتعرض المواد الغذائية أثناء انتاجها أو تعبئتها أو نقلها أو شحنها أو حفظها للتلوث بأنواع مختلفة من المعادن نتيجة اتصال المادة الغذائية بالاوانى والادوات والآلات والعبوات وموادالف ، أو نتيجة لاستخدام مياه تحتوى على شوائب معدنية أو نتيجة لاضافة مواد كيمائية تحتوى على هذه المعادن . وعلى الرغم من أن هذه المعادن توجد فى المادة الغذائية على حالة طبيعية ، وعلى الرغم مما لكثير منها من أهمية خاصة فى التغذية فإن لبعض المعادن الملوثة إذا مازادت نسبها فى المادة الغذائية تأثيرا سيما كما سبق أن ذكرنا . وقد توجد المعادن فى المواد الغذائية الجافة كالحبوب والدقيق والمساحيق المختلفة فى صورة قطع معدنية صلبة كالمسامير والسلك وغيرها ، ولا يخفى خطر هذه الاخيرة على الصحة ، ولذلك يراعى فى عمليات التنقية إزالة تلك المعادن بطرق مختلفة . ولا تقتصر اضرار التلوث المعدنى على ذلك فإن للمعادن إذا مالوثت المادة الغـــذائية تأثيرات أخرى تضر بصفاتها المرغوبة ، فإن البعض منها إذا وجد فى المادة الغذائية ولو بنسبة ضئيلة يؤدى إلى اتلاف الطعم أو اللون أو الفيتامينات . أو يؤدى إلى تزنخ طعم الزيوت والدهون . وتعمل المعادن فى تأثيراتها هذه عمل العوامل الملامسة أو المساعدة على حدوث التفاعلات الكيمائية غير المرغوبة . كما أن وجود البعض من هذه المعادن يساعد على تنشيط انزيمات تحدث تغييرات غير مرغوبة فى المادة الغذائية . كما أن وجود بعض المعادن يساعد على تنشيط أحياء دقيقة مرغوبة وعلى تكاثر هذه الأحياء . ويتوقف القدر من المعادن الذى يصل إلى المادة الغـــذائيه على عوامل كثيرة تساعد بعضها أو كلها على زيادة التلوث المعدنى للمادة . وأهم هذه العوامل هى :

١ ، تركيب المادة الغـــذائية من حيث احتوائها على الماء والأحماض

والمواد التى تتفاعل مع المعادن . «٢» نوع المعادن التى تلامس المادة الغذائية أثناء العمليات المختلفة . «٣» مدة ملامسة المادة الغذائية لهذه المعادن «٤» مقدار التقليب والتحريك الذى يجرى للمادة الغذائية فى الأوانى المعدنية أو الآلات . «٥» وجود عوامل مؤكسدة أو مدى التعرض للهواء . «٦» درجة الحرارة . «٧» نوع المواد الكيمائية المضافة للمواد الغذائية وتركيبها . «٨» مدى نقاوة الماء المستعمل وخلوه من الشوائب المعدنية .

٢ — ازالة الاحياء الدقيقة بالترشيح الدقيق : Ultrafiltration

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

٣ — استخدام درجات الحرارة العالية : للحرارة العالية أثرها المعروف فى اهلاك الاحياء الدقيقة كليا أو جزئيا وكذلك فى تلاف الانزيمات

فى المادة الغذائية . فهى كما سبق أن ذكرنا ، تؤدى 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 الكيمائى ومدى انتقال الحرارة فيها ، وغير ذلك . ولكى يمكن إهلاك كافة الاحياء الدقيقة فى أية مادة غذائية لابد من التحقق من اهلاك جراثيمها أيضا لان هذه الجراثيم تكون بصفة عامة أكثر مقاومه للحرارة وفى هذه الحالة تسمى المادة عقيم Sterile ، وجراثيم البكتريا تكون عادة أكثر مقاومة للحرارة من جراثيم الخميرة ، وتؤدى زيادة نسبة السكر فى البيئة خصوصا فى درجات التركيز العالية إلى المقاومة الحرارية للأحياء الدقيقة ولجراثيمها بنوع خاص .

التبخير : وفى طبخ الأغذية يتم اهلاك الكثير من الاحياء الدقيقة فيها .

الغلى : مجرد غلى المادة الغذائية لايمكن اعتباره من الناحية الصحية كافيا لتعقيمها أو لقتل الاحياء الدقيقة غير المرغوبة أو المرضية فيها ، لان تأثير الحرارة هنا يتوقف على عوامل عديدة أهمها درجة الحرارة فى مركز الكتلة الغذائية وتتوقف كذلك على حموضة البيئة .

التعقيم : وفى الصناعة يكون الغرض من المعاملة بالحرارة قتل الميكروبات المسئولة عن فساد المادة الغذائية مع ضمان قتل الميكروبات المرضية ، وقد اصطلح على هذه المعاملة الحرارية تجوزا باسم « التعقيم » ، ولو أنه لايمكن اعتبارها عملية تعقيم بمعناها العلمى . وقد يستلزم الامر معاملة المادة الغذائية على درجات حرارة أعلى كثيرا من درجة ١٠٠ م ٢١٢° ف ، كما يحدث عند حفظ الخضر واللحوم والاسماك فى العلب

الصفيح اذ يجرى تعقيمها على درجة بين ٢٤٠ و ٢٥٠ ف ، وذلك لأن مثل هذه الأغذية تعتبر من مجموعة الأغذية غير الحمضية . وهـــذه المعاملة الحرارية ضرورية لقتل البكتريا المتجرثمة خصوصا ميكروبات التسمم وعلى الأخص Clostridium Botulinum ، أما المواد الغـــذائية الحمضيه مثل الفواكه ومنتجات الطماطم فقد وجد عند حفظها فى العلب الصفيح أو فى العبوات الزجاجية المحكمة الإغلاق أن درجة غليان الماء كافية لاهـــلاك معظم الاحياء الدقيقة غير المرغوبة . وفى صناعة حفظ الاغذية فى العلب الصفيح أصبح يطلق على المعاملة الحرارية للمادة الغذائية اصطلاح الطبخ Processing ، وهى تؤدى أيضـــا مدى معنى التعقيم كما هو معروف من الناحية الصناعية وتؤدى وظيفته أيضا . ولما كانت درجة غليان الماء كافية لإتلاف الانزيمات التى توجد فى المادة الغذائية فإن عمليات الطبخ والتعقيم تتضمن ايقاف النشـاط الانزيمى فى المادة الغذائية . ولا بد من مراعاة ألا تؤدى المعاملة الحرارية الى اتلاف الطعم أو اللون أو النكهة أو القوام وأن يراعى فى مدة الطبخ أو التعقيم صيانة الصفات المرغوبة للمادة الغذائية إلى جانب اهلاك الأحياء الدقيقة واتلاف الإنزيمات فيها .

البسترة : وهناك بعض مواد غـذائية لا يمكن اجراء تعقيمها دون احداث تغيير فى طعمها ونكهتها الطبيعيتين . وأحسن مثال على ذلك اللبن ولذلك كان من الضرورى أن يراعى فى معاملتها حراريا أن يجرى تسخينها فقط الى الحد الذى يهلك الميكروبات المرضية المحتمل وجودها . وتسمى هذه العملية بالبسترة Pasteurization ، وهى تنسب الى العـالم الفرنسى الشهير باستور Pasteur . ولما كانت الميكروبات المرضية تهلك عادة فى درجات حرارة أقل نوعا من درجة الغليان العادية ، فليس من المتوقع أن تؤدى عملية البسترة الى اهلاك كافة الاحيـاء الملوثة . ومن هنا تظهر أهمية حماية

اللبن من التلوث من وقت انتاجه لحين بسترته ، فإهلاك كافة الاحياء الدقيقة المتجرثمة وغير المتجرثمة فى اللبن يستلزم تعقيمه تعقيما كليا على درجة حرارة بين ٢٤١ و ٢٤٥ ف « ١١٥ - ١١٨ م » لمدة ½ ساعة أو درجة ٢٢١ ف « ١٠٥ م » لمدة ساعة ، ولذلك فإنه كثيرا مايطلق على عملية البسترة اسم التعقيم الجزئى . وعملية غلى اللبن فى الأوعية المكشوفة كما تجرى فى المنازل علاوة على أنها تكسب اللبن طعما مطبوخا فإنها لاتعطى الضمان الكافى على سلامة اللبن من الناحية الصحية ، لأن الغشاء الذى يتكون على سطح اللبن فى هذه الحالة قد يكفى حماية بعض الميكروبات المرضية من تأثير الحرارة العالية ، ولذلك كان من الضرورى تقليب اللبن أثناء غليه حتى تكون الحرارة موزعة فى كافة اجزائه مع ضرورة سرعة تبريده بعد ذلك . ولما كان رقم $_pH$ الطبيعى للبن هو بين ٦,٣ و ٦,٧ ، فهو يعتبر من الأغذية غير الحمضية ، ولذلك لاتمنع عملية الغلى أو البسترة تلوثه مرة أخرى . وهناك طريقتان شائعتان فى تعقيم اللبن ، أحداهما تسمى بالطريقة السريعة وفيها يسخن اللبن على درجة ١٩٠ ف لمدة لاتقل عن ١٥ ثانية ، والطريقة الثانية تسمى بالطريقة البطيئة وفيها يسخن اللبن على درجة هى بين ١٤٣ و ١٤٥ ف لمدة لاتقل عن ٣٠ دقيقة وفى كلتا الحالتين يبرد اللبن إلى درجة حرارة حوالى ٥٠ ف . وهذه المعاملة الحرارية ولو أنها قد لاتحسن من قوة الحفظ بالنسبة للبن إلا أنها أوضح أثرا وأكثر فائدة فى حفظ مشروبات عصير الفاكهة أو المشروبات الكحولية لكون هذه المنتجات بطبيعتها لا تناسب نمو الاحياء الدقيقة لحموضتها أو لوجود الكحول فيها ، ولذلك فإن عملية البسترة تؤدى فى هذه المواد إلى قتل معظم الاحياء الدقيقة فيها ، فمن المعروف أن الخمائر 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 ١٥٠و١٦٠ ف لاهلاكها . وعلى الرغم من حموضة عصير الطماطم إلا أن احتمال تلوثه ببكتريا متجرثمة قد يستلزم تسخينه إلى درجة ١٩٠ف لبضع دقائق ، ولذلك تفضل البسترة العالية لعصير الطماطم . ومعظم الانزيمات التى توجد فى 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 ١٨٥و١٩٠ ف فإنها تثبط نشاطها ، إلا أنه يجب أن يراعى فى المعاملة الحرارية لكل مادة غذائية إختيار الطريقة المناسبة التى تحقق الأغراض المطلوبة منها . وكثيرا ما تعامل بعض المواد الغذائية بطريقة التحميص Roasting التى تتبع مع النقل ومع الحبوب مثل البن والفول السودانى 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 الذى يتلف الانزيمات كما أنه يهلك كل الاحياء الملوثة لها أو على الاقل جزء منها . وفى الطرق الصناعية المختلفة لحفظ الاغذية كثيرا ما نلجأ إلى المعاملة الحرارية لغرض من الاغراض الى جانب استخدامها فى عمليات التعقيم الصناعى بغرض اهلاك الاحياء الدقيقة والانزيمات فيها . فالحرارة مثلا تستخدم أحيانا فى عمليات الغسيل كما تستخدم فى بعض عمليات التقشير ، وفى الخضر تستخدم الحرارة عند سلقها Blanching لتثبيط نشاط الانزيمات فيها أو عند عمليات الطبخ المختلفة التى تؤدى الى تليين الأنسجة المختلفة أو فى صناعة المربيات والجيلى وغيرها أو فى تجفيف الخضر والفاكهة بغرض إزالة الماء منها أو فى عمليات التركيز أو التكشف بالحرارة لإزالة الماء أيضاً . وفى جميع هذه الحالات يكون للحرارة تأثير

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

٤ — استخدام درجات الحرارة المنخفضة « التبريد »

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

فى درجات حرارة بين ٣٢ و ٣٨ ف يمكن حفظها من التلف لمدد متناسبة قد تصل إلى عدة أسابيع لأن نمو البكتريا على هذه الدرجات من الحرارة يكون بطيئا . وتختلف مدة الحفظ تبعا لنوع الغذاء فاللبن مثلا لا يمكن حفظه لنفس المدة التى تحفظ فيها اللحم وإن كان فى استطاعة البكتريا السيكروفيلية المحبة للبرودة ان تنمو على هذه الدرجات من الحرارة . وأهم أنواع الأحياء الدقيقة التى يمكنها أن تنمو على درجات الحرارة المنخفضة هى أنواع من البكتريا تتبع الاجناس أكروموباكتر Achromobacter وفلافوباكتيريوم Favobacterium وسيدوموناس Pseudomonas وميكروكوكاس Micrococcus ، ومن الخمائر توريولوبسيس Torulopsis ، وأنواع من العفن من أجناس البنسيليوم والكلادوسبوديوم وميوكر mucor-cladosporium وثامنيديوم Thamnidium ، ولذلك لايمكن إعتبار عملية التبريد فوق درجات التجمد كافية لحفظ المادة الغذائية إلى الابد . فما دامت هناك رطوبة حرة فى المادة الغذائية فإنه من الممكن أن يحدث فيها الفساد ولو ببطء . وأقل حد يمتنع عنده نمو الاحياء الدقيقة لاتحدده الحرارة وحدها . ويأتى تلوث المواد الغذائية من الخارج بينما تعمل الانزيمات الطبيعية من الداخل ، ويمكن ابطاء كل منهما فى 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 فى نشاطها على درجة ٣٢ ف إلا أن سرعة نشاطها عند هذه الدرجه تكون أقل كثيراً منها فى درجه ٧٠ ف مثلا ، كما أن التأكسد والانحلال المائى فى المادة الغذائيه يكون حدوثها أقل نسبيا عند درجات حراره التبريد . وعلاوة على ذلك فإن تبخر الماء من المادة الغذائية يجفافها أقل حدوثا عند التبريد منه فى الدرجات العادية . فكلما انخفضت

درجة الحرارة كلما زاد أثر ذلك فى إبطاء التغيرات التى تحدث فى الغذاء . وعادة يقف الانحلال البكتريولوجى كما تبطوء التغيرات الانزيميه بشكل واضح فى درجات حرارة تحت صفر فهرنهيت . ويحتاج ايقاف التغيرات الانزيمية والكيميائية بصفة عامة إلى درجات حرارة أكثر انخفاضا ، وقد يستلزم الامر تخفيضها الى -٤٠ ف أو أقل .

وتبعا لأبحاث هينس Haines تكون درجات الحرارة المحددة لنمو مجموعة الأحياء السيكروفيلية بما فيها البكتريا والخميرة والعفن بين -٥ م و -١٠ م « ٢٣ -١٤ ف » ، وربما كانت « -٧م » « ١٩،٤ ف » تقريبا ، هذا وان كان من غير الممكن تحديد الحد الأدنى الذى يمكن أن تنمو عنده الاحياء الدقيقة عن طريق الحرارة وحدها إذ أن مقدار الماء الذى يتجمد فى المادة يعتبر عاملا هاما للغاية . فحينما يتكون الثلج يقف نمو البكتريا بينما يسود البيئة العفن والخمائر لانها أقدر على تحمل الضغط الاسموزى العالى الذى ينشأ عن تركيز المواد الذائبة Solutes نتيجة إنفصال الماء على حالة ثلج ، ولهذا السبب يحدث نمو البكتريا فى البيئة الزائدة البرودة فى الدرجات المنخفضة من الحرارة اكثر مما يحدث فى البيئة المتجمدة . وقد أوضح Jensin عام ١٩٤٥ ان البكتريا قد تنمو فى البيئة الزائدة البرودة عند درجة -٧م « ١٩،٤ ف » بينما تكون درجة الحرارة المحـــددة لنموها فى البيئة المتجمدة من -٣ إلى -٤ م تقريبا أى « من ٢٧ - ٢٥ ف » . وتموت معظم الميكروبات نتيجة لعملية التجميد . ويتوقف أثر التجميد فى تخفيض عـدد 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 ميكانيكى للخلايا بفعل بلورات الثلج التى 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 لايزيد بانخفاض درجة الحراره ، فقد وجد هينس Haines أن موت البكتريا يكون أسرع فى درجة هى من -١م إلى -٥م « ٣٠° -٢٣ ف » منه فى درجة -٢٠م « -٤° ف » كما لاحظ ماكفارلين Mc Farlane سنة ١٩٤١ نفس التأثير على البكتريا والخمائر إذ كان موتها اسرع فى درجة -١٠م « ١٤° ف » منه فى درجة -٢٠م « -٤° ف » ، وقد سجل جنسن Jensen أن إنلاف البكتريا يزيد كثيرا فى اللحم المجمد المخزن فى درجة -٤،١٤م « ٢٤° ف » عنه فى درجة « -٣٠م » « -٢٢° ف » .

والاحياء الدقيقة بصفة عامة تقاوم الحرارة المنخفضة بشكل واضح ، وحتى الانواع المرضية التى لا يمكن اعتبارها تحت أى ظروف سيكروفيليه تعيش فى هذه الدرجات المنخفضة لمدد طويلة ، فقد وجد سمارت Smart سنة ١٩٣٤ أن الكثير من أنواع البكتريا وأنواع عدة من العفن والخمائر قد ظلت حية لمدة ٣ سنوات فى فراولة مجمدة . كما اكتشف ماكلسكى Mc. Cleskey وكرستوفر Christopher سنه ١٩٤١ أثناء دراستهما على البكتريا المرضية فى الفراولة المجمدة بالطريقة السريعة « -١٨° م » « صفر ف » أن ابرثيللا تايفوسا Eberthella typhosa بقيت حية لمدة ستة أشهر ، وأن استافيلوكوكس اوريلس Staphylococcus aureus استمرت لمدة خمسة اشهر ، وان أنواع السالمونيللا استمرت لمدة شهر . وقد بين والاس وبارك Wallace & Park ان التبريد الصحيح على درجات أقل من -١٠م « ٥° ف » يمنع بكتريا التسمم « كلوستريديوم بوتشولاينم » من تكوين التوكسينات لمدة طويلة ، وانه إذا تم التبريد بعد تكوين التوكسين فإن درجة الحرارة المنخفضة لا تتلف هذا التوكسين فإنه لا يتلف

حتى عند تخزين المادة الغذائية سنة على درجة -٢٠٣٠-١٦٠ م ، وكذلك وجد تانر ووالاس Tanner & Wallace أن جراثيم هذا الميكروب تتحمل التجميد على درجة -١٦٠م ، 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 يجرى إيقاف نشاط الانزيمات فى الكثير من الخضر بمعاملتها بالسلق Blanching قبل تجميدها . وتختلف درجات الحرارة التى تستخدم فى التبريد عادة تبعا لطبيعة المادة الغذائية ومدى تلوثها ونوع الميكروبات الملوثة ومدة الحفظ المرغوبة وغير ذلك من العوامل ، فبعض المواد يجرى تبريدها على درجة حرارة بين ٤٠ و ٤٥ ف ، ٤٠٥-٧ م ، مثل البيض واللبن لانها تتلف أو تتغير صفاتها بالتجميد ، وفى أغلب الاحيان تستخدم درجات حرارة تقع بين درجات حرارة صفر ف ، -١٨ م ، و٧م ، ٤٥ ف ، وتستخدم هذه الدرجات فى حفظ الزبدة واللحوم والدجاج والكثير من المواد المجمدة .

٥ — استخدام الأشعه فوق البنفسجية

كثر فى السنوات الاخيرة استخدم الاشعه فوق البنفسجية فى معاملة المواد الغذائية . وقد ظهرت أهميتها على الاخص فى عملية تنشيط مقدمات فيتامين D الموجود بحالة طبيعية فى المواد الغذائية ، وفى جلد الانسان وقد وجد ان لهذه الاشعة اثرا مهلكا على الاحياء الدقيقة . ونظرا لان هذه الاشعة ليس لها القدرة على اختراق المواد الغذائيه فإن اثرها يكاد يقتصر على اهلاك الاحياء الملوثة لسطح المادة الغذائية وتختلف حساسية هذه الاحياء تبعا لطول الموجات الضوئية ولطول مدة التعريض . الى جانب عوامل اخرى كالحرارة ودرجة تركيز أيون الايدروجين وعدد الاحياء

الملوثة بالنسبة لوحدة السطح . وعلى الرغم من أن بعض انواع العفن قد يمكنها مقاومة تأثير هذه الاشعة إلا أن أغلب أنواعه تهلك عند تعريضها لها . ولهذا السبب أصبحت هذه الاشعة تستخدم بنجاح فى صناعة الخبز والفطائر وفى انضاج الجبن ولف العبوات وفى تنقية هواء المصانع وخصوصا مصانع الغازوزة ، وعلى الرغم من تأثير هذه الاشعة المهلك على البكتريا الملوثة لاسطح اللحوم وتأثيرها فى تليين الانسجة فإنها تحدث فى اللحوم بعض تغييرات غير مرغوبة اذ يؤدى استخدام الاشعة الى تكون غاز الاوزون الذى يحدث تزنخا للدهون لتأكسدها ، كما أنه يحدث تغييرا غير مرغوب فى اللون . ويؤدى استخدام هذه الاشعة فى عصير الفاكهة الى اتلاف فيتامين c بالاكسدة والى اكسابه طعما محروقا .

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

١ — خفض الرطوبة من المادة الغذائية أو إزالتها : ترجع سرعة العطب فى 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 ازالة معظمه حتى يمكن صيانة المادة الغذائية من الفساد وحتى يمكن حفظها لمدد أطول . ولا يمكن للاحياء الدقيقة تحمل غياب الماء لمدة غير محدودة فهى على الرغم من أنها تستطيع تحمل مثل هذه الظروف لمدد طويلة الا أنها تموت فى النهاية . ولما كان فى استطاعة أنواع العفن أن تنمو على الأغذية الجافه فإنه كان لابد لضمان حفظ المادة الغذائية من تخفيض نسبة الرطوبة فيها الى حد يقل عن أقل مستوى يسمح بنمو العفن ، وليس المهم

فى هذه الحالة نسبة الرطوبة الكلية فى المادة الغذائية بل ان المهم هو مقدار الرطوبة التى 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 . وفى حالات كثيرة ينمو العفن على المادة الغذائية بتأثير الرطوبة النسبية للهواء فى حالة توازنه مع المادة التى يحيطها . وتكون الأغذية فى العادة أقل تعرضا للتعفن عندما تقل الرطوبة النسبية عن ٧٤٪ . وهناك اعتقاد بأن المادة الغذائية يمكن حفظها بتخفيض نسبة الماء فيها الى الحد الذى يجعل نسبة المواد الصلبة الذائبة تصل الى ٧٠٪ أو بجعل الضغط الاسموزى فى المادة الغذائية مساويا لما يحدثه محلول سكرى درجة تركيزه ٧٠٪ أو يزيد عنه . وفى حفظ المواد الغذائية كثيرا ما نلجأ إلى خفض نسبة الماء إلى الحد الذى لا يسمح بنمو الأحياء الدقيقة ولا يشجع نشاط الانزيمات أو التفاعلات الكيمائية ، وإن كان فى مقدور الانزيمات أن تحدث بعض التغييرات فى الطعم واللون كما سبق القول . ولذلك جرت العادة على تثبيط نشاط الانزيمات فى المادة الغذائية عند إعدادها للتجفيف إما بسلقها فى الماء أو تعريضها لغاز ثانى اكسيد الكبريت . ويجرى خفض نسبة الماء فى المادة الغذائية صناعيا بطرق مختلفة أهمها الآتى :

١ — تبخير الماء باستخدام الحرارة : ويتم هذا بنفس الطريقة التى تتبع فى عمليات التركيز Concentration والتكثيف Evaporation والتجفيف Drying, or dehydration التى تتبع فى الصناعات الغذائية المختلفة كحالات صناعة المركزات Concentrates ، وهى تستخدم فى تحضير مركزات عصير الفواكه وفى صناعة الصلصة .. الخ . والألبان المكثفة Condensed milk أو المبخرة Evaporated milk وفى صناعة تجفيف الخضر 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 — ازالة الماء بواسطة التجميد Freezing : تستخدم هذه الوسيلة فى تحضير مركزات من عصير الفاكهة بتجميده الى الدرجة التى يمكن عندها فصل الماء منها فى صورة ثلج .

٣ — تخفيض نسبة الماء باضافة السكر الى المادة الغذائية : وقد سبق أن أوضحنا ان رفع نسبة السكر فى المادة الغذائية عند اضافته اليها واذابته يؤدى الى خفض نسبة الرطوبة الى الحد الذى يؤدى الى ابطاء نمو الأحياء الدقيقة فيها . واستخدام درجات من التركيز للسكر تقل عن ٧٠ ٪ لا يمنع نمو الخمائر ونشاطها ، ولذلك كان من الضرورى عند صناعة شراب الفاكهة الطبيعى الذى تصل نسبة السكر النهائى فيه الى مابين ٥٥ ٪ و ٦٠ ٪ من استخدام المواد الحافظة أو استخدام الحرارة لضمان حفظه . أما فى الفاكهة المسكرة التى ترتفع فيها نسبة السكر الى درجات عالية فإن نمو الأحياء الدقيقة عليها يكون بعيد الاحتمال جدا .

٤ — إزالة الماء من المادة الغذائية بفعل الثلج : فى تمليح الاسماك والسردين واللحوم يؤدى استخدام الملح الجاف الى هروب الماء من الأنسجة الى الخارج بفعل الضغط الاسموزى وإنتقال الملح الى الداخل . ويؤدى التأثير المزدوج للملح بما يحدثه من أثر تجفيفى الى جانب زيادة تركيز الملح فى الأنسجة الى منع نمو البكتريا كما يؤدى الى ابطاء أو تثبيط نشاط الانزيمات ، هذا وان كان هنالك كما سبق القول بعض الأحياء الدقيقة تتحمل درجات التركيز العالية الملح .

ب — اضافة مواد لها تأثير حافظ على المادة الغذائية : هناك الكثير

من المواد يؤدى اضافتها الى المادة الغذائية الى ابطاء نمو الأحياء الدقيقة فيها أو الى اعاقته أو ايقافه ، أو تؤدى الى تثبيط نشاط الانزيمات أوالى منع حدوث بعض التفاعلات الكيمائية فيها . ولمنع حدوث تغييرات غير مرغوبة فى المادة الغذائية كثيرا ما نلجأ الى استخدام وسائل خاصة للتحكم فى بيئة المادة الغذائية لجعلها غير ملائمة لحدوث تلك التغييرات .

١ — تعديل الحموضة — اضافة الاحماض العضوية : تؤدى الحموضة الزائدة الى منع نمو الأحياء الدقيقة وقد يكون مرجع ذلك، كما سبق القول الى درجة تركيز أيون الايدروجين أوالى سمية الجزء غير المتأين من الجزىء أو إلى الأيونات نفسها . فى الأحماض المعدنية يرجع التأثير السام Toxic إلى درجة تركيز أيون الايدروجين ، أما فى الأحماض العضوية فإن تأثيرها السام على الأحياء الدقيقة لايكون متناسبا مع درجة التأين ولكنه ينسب رئيسيا إلى الجزء غير المتأين فى الجزىء أو الأيونات . ويكون مدى تأثير الحمائر والعفن بالحموضة العالية أقل كثيرا من تأثير البكتريا ، فمعظم أنواع البكتريا يكون رقم pH الأمثل لها قريبا من منطقة التعادل وليس لها القدرة على النمو تحت pH ٤,٥ مثل مجموعات Lactobacillus وكولوستريديوم بيوتيريكم Clostridium butyricum فإنها يمكنها أن تنمو جيدا فى الحموضة الطفيفة عند مجال pH ٥ و pH ٦ فإنه يمكنها أيضا أن تتحمل pH ٢ أو أقل . وأهم الأحماض التى تستخدم فى حفظ الأغذية صناعيا هى أحماض الخليك واللكتيك والستريك . وتختلف هذه الأحماض ، كما سبق أن ذكرنا ، فى مقدرتها على منع نمو البكتريا والخمائر والعفن . وقد وجد فابيان ووادسورث Fabian & Wadsworth أن حمض الخليك يكون أكثر مناسبة لحفظ المخللات من حمض اللكتيك . وقد أجريت عدة تجارب لدراسة تأثير الأحماض فى وجود مواد أخرى

كالسكر أو الملح فى البيئة ، وفى وجود الحمض يمكن مثلا تخفيف تركيز الملح بمقدار ٢٠٪ والسكر بمقدار ٢٠٪ مع بقاء تأثيرهما المضاد للأحياء الدقيقة ، ويستخدم حمض البروبيونيك وأملاحه صناعيا فى مقاومة التعفن للمواد الغذائية .

٢ — اضافة السكر أو الملح أو التوابل :

السكر : كثيراً ما يستخدم السكر فى صناعة حفظ الأغذية . وعلى الرغم من أثره فى اكساب الطعم الحلو او زيادته فان للسكر اثره فى صيانة بعض المواد الغذائية من الفساد خصوصا إذا ما استخدم فى درجات تركيز عالية . ويستخدم السكر فى صناعة الفواكه المتسكرة Candied glazed fruits ويكون له اثر تجفيفى ظاهر فى هذه العملية ، ويستخدم كذلك فى حفظ الفاكهة فى العلب الصفيح فى درجات تركيز تتفاوت بين ١٠٪ و ٥٥٪ ، ويستخدم ايضا فى صناعة المربيات والمرملاد والجيلى وشراب الفاكهة ويؤدى ارتفاع نسبة السكر فى هذه المواد الغذائية إلى جانب ما تحتويه الفاكهة من الأحماض العضوية بالإضافة إلى تأثير الحرارة الى امكان حفظ تلك المواد من ان يتطرق اليها التلف . وعلى الرغم من أثر السكر فى حفظ المادة الغذائية فإن وجوده فى المواد التى يحتاج حفظها الى معاملة حرارية يؤدى الى حماية الأحياء الدقيقة من تأثير الحرارة المهلك لها ، او بمعنى آخر يزيد من مقاومة الاحياء 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 فى نسبة تركيز السكر بين ١٥ و ٧٠٪ يتبعها زيادة فى مقاومة البكتريا للحرارة ، أما فى المحاليل السكرية المخففة فى

فان الاثر يكون ضئيلا . وقد أصبح من المعروف ان زيادة اللزوجة فى المحاليل المركزة التى تزيد درجة تركيز السكر فيها عن ٥٠٪ تؤدى الى النقص فى سرعة انتقال الحرارة فيها ، ويكون هذا النقص أكثر وضوحا فى المحاليل التى تقع درجة تركيز السكر فيها بين ٦٠ و٧٠٪ .

الملح — يستخدم الملح فى صناعة حفظ الأغذية على حالة ملح الطعام « كلوريد الصوديوم » . وعلى الرغم من أثره فى إظهار طعم المادة الغذائية الحقيق أو إكسابها طعما ملحيا فإن له أهمية خاصة بوصفه عاملا من عوامل الحفظ. وقد سبق أن فسرنا تأثيراته بالنسبة لنشاط الأحياء الدقيقة والعوامل التى ترتبط بهذا التأثير . وأوضحنا كيف أنه يحدد فى نطاق مجال تركيزه نوع الأحياء الدقيقة التى يمكنها النمو فى المواد الغذائية . وكذلك يؤدى استخدامه الى إعاقة سرعة نشاط الانزيمات البروتيوليتية ، وهو يضاف الى كثير من المواد الغذائية كالزبد والجبن ، كما أنه يستخدم بصفة رئيسية فى صناعة المخللات مثل الخيار والكرنب والقرنبيط والبصل والزيتون ... الخ ، وهو يستخدم بالنسبة التى تسمح بنشاط بكتريا حمض اللكتيك نشاطا يتيح لها سرعة تكوين حمض اللكتيك فى البيئة، مما يجعل من المتعذر نمو البكتريا البروتيوليتية والبكتوليتية . ويستخدم ملح الطعام بكثرة فى تمليح الأسماك وخصوصا فى صناعة السردين المملح والسمك المملح « الفسيخ » ، كما يستخدم فى صناعة اللحوم المجففة . ويستخدم ملح الطعام فى المحاليل التى تضاف للأغذية المحفوظة فى العلب الصفيح ، إلا أن نسبة الملح المستعملة يكون تأثيرها فى ابطاء انتقال الحرارة ضئيلا إلى حد يمكن إهماله .

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

والبصل واللفت تعتبر سامة بالنسبة لاشيريشيا كولاى Escherichia coli وباسيلوس سابتلس Bac. subtilis وهناك إعتقاد بان بعض التوابل مثل القرنفل والزعتر والكزبرة تعتمد فى تأثيرها الحافظ على احتوائها على مواد ذات تأثير بيولوجى مضاد Antibiotic : وقد أوجد فابيان وكرهل وليتل Fadian. Krehl & Little ١٩٣٩ أن هناك تباينا كبيرا فى 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 القرفة والقرنفل من بين التوابل المختلفة لها أثر مانع بالنسبة لنشاط البكتريا حتى فى درجات التركيز المنخفضة ، وأن لمسحوق البهارات Alspices أثر مانع فى درجة تركيز ١٪ فما فوق ، أما مساحيق المستردة وجوزه الطيب والزنجبيل فإنها ذات أثر مانع فى درجة تركيز ٥٪ فما فوق . وزيوت التوابل أقوى تأثيرا من مساحيقها أو من حبوبها الكاملة ، وقد وجد وب وتانر Webb & Tannsr سنة ١٩٤٥ أن زيوت المستردة والقرفة والقرنفل والبهارات فى درجات تركيز ٠٫٠١٪ تؤخر نمو الخميرة بل وتوقفه فى كثير من الحالات . وكذلك يعتبر زيت الشمر والليمون والبصل مواد مضادة للبكتريا . وتستخدم التوابل عادة بغرض إكساب الطعم ، وقد يكون استعمالها بكميات قليلة جدا مما يجعل أثرها فى الحفظ ضئيلا أو معدوما . وأكثر استعمال التوابل فى صناعة المخللات وفى صناعة اللحـــوم المتبلة وكذلك فى صناعة أنواع الصلصات الحريفة .

٣ — اضافة الكيمائيات الحافظة :

هى مواد كيمائية تستعمل بغرض حفظ المادة الغذائية من الفساد .

وقد حرمت قوانين الدول المختلفة استخدام الكثير من الكيمائيات الحافظة ذات التأثير الضار بالصحة أو التى يكون استخدامها بغرض اخفاء عيب أو تلف معين فى المادة الغذائية . وقد يصرح باستخدام مادة كيمائية ما فى حفظ إحدى المواد الغذائية بينما يحرم استخدامها فى حفظ مادة أخرى إذا كان الغرض من استعمالها هو ستر عيوبها أو اخفاء فسادها ، فأملاح السلفيت مثلا تبيح القوانين استخدامها فى حفظ الفاكهة أو عصيرها إلا أن إضافتها الى اللحم المفروم تعتبر وسيلة غير مشروعة للتخلص من رائحة اللحم الفاسد كما تعتبر طريقة من طرق التمويه باكساب مثل هذا اللحم اللون الأحمر المميز للحم الطازج . وكذلك الحال فى مواد الرش والتبغير التى تستخدم فى وقاية المحصولات والخضر والفاكهة فى الحقول والبساتين ، فإنه لا يمكن السماح باستخدامها فى حفظ المواد الغذائية كما لا يمكن السماح ببقاء هذه المواد السامة لاصقة بالمواد الغذائية التى تعرض للاستهلاك المباشر . وتحتم الكثير من القوانين الغذائية عند استخدام مواد كيمائية فى حفظ الأغذية ضرورة النص عليها واثباتها على البطاقة التى تحمل اسم الصنف .

ويمكن تقسيم الكيمائيات الحافظة الى الأقسام الآتية :

١ — مواد كيمائية تؤثر على الأحياء الدقيقة أو الجراثيم : وهذه تشمل مجموعة من المركبات نقتصر فى الكلام على ماشاع استعماله صناعيا منها وأباحت القوانين الغذائية استعماله .

١ — حمض البنزويك وأملاح البنزوات : يستخدم حمض البنزويك بدءا والبنزوات ، وعلى الأخص أملاحه مثل بنزوات الصوديوم وبنزوات

الأمونيوم وغيرها فى حفظ الأغـــذية . وينسب التأثير الفعال لأملاح البنزوات الى حمض البنزويك التى يتكون عنها ، ولذلك كان من الضرورى فى استخدام الأملاح من توفر البيئة الحمضية والا كانت عديمة المفعول . ويرجع السبب فى شيوع استخدام الأملاح الى سهولة ذوبانها فى الماء اذا قورنت بالحمض ، فقدرتها على الذوبان فى الماء تعادل قـــدرة الحمض ١٨٠ مرة . ومن المعروف أنه فى عصير الفاكهة ذى الحموضة المرتفعة يمكن استخدام بنزوات الصوديوم بنسبة ١,٠٪ = ١٠٠٠ جزء فى المليون ، أما فى الضعيفة الحموضة فإن استخدام البنزوات بنسبة ٢,٠٪ قد لايكفى لحفظها . فحموضة البيئة تعتبر ضرورية جداً لإحداث التأثر الحافظ للبنزوات التى يبلغ أثرها فى تعطيل نمو الخميرة وتكاثرها أقصاه عنـــد رقم pH ٢ ، ويجب ألا تزيد هذه القيمة عن pH ٤,٥ بأى حال . وقد دلت الأبحاث على أن الجزء غير المتأين من حمض البنزويك والساليسيليك هو الجزء ذو الأثر المطهر ، أما أيونات البنزوات والساليسيلات نفسها فانها تكاد لاتؤثر على الخميرة . وحمض البنزويك يكون أشد تأثيرا على الخميرة منه على العفن ويبدو أن جزءا صغيراً من حمض البنزويك الذى يضاف الى المادة هو الذى يؤثر فى الحفظ بينما يتحد جزء كبير منه بالبروتينات الموجودة فى العصير ولذلك فإن اشباع ميل هـذه البروتينات للأحماض بإضافة الأخير يزيد من التأثير الحافظ للبنزويك . ويكسب حمض البنزويك المـادة الغذائية طعما حارقا غير مرغوب ، ولذلك فيفضل استعماله فى حفظ شراب الفاكهة الذى يستخدم بعد تخفيفه فى صناعة المرطبات والغازوزة . وليس للبنزوات تأثير على نشاط الانزيمات . وليس لها اثر فى صيانة اللون أو فى منع

منع تأكسد فيتامين ج فى العصير . وإذا خزن الشراب المحفوظ باضافة البنزوات فى خزانات تسمح بتعرض سطحه للهواء فان وجود البنزوات لايمنع نمو العفن على السطح . ويمكن استخدام حمض البنزويك فى تحضير الثلج المطهر لأن حمض البنزويك يكوّن مع الماء مزيج Eutectic . وهـذا المزيج يتجمد عند درجة ٢١,٩ ف ، ويحتوى على حوالى ٠,١٦ من حمض البنزويك الذى يكون موزعا متجانسا فى الثلج الناتج ، ويمكن استخدام هـذا الثلج فى حفظ الأسماك . وقد أظهر البحث أن إدخال مجموعات فى جزىء حمض البنزويك عن طريق الاستبدال يكون من نتيجته إيجاد مركبات استبدالية تزيد فى تأثيرها الحافظ عن الحمض الأصلى ، ومن أمثلة هذه المركبات استرات حمض بارا ايدروكسى البنزويك واسترات حمض الفانيليك ، وهى مركبات لازالت تحت البحث من حيث صلاحيتها للاستعمال تجاريا .

٢ — ثانى أكسيد الكبريت وأملاح السلفيت : يستخدم ثانى أكسيد الكبريت وأملاح السلفيت والميتابيسلفيت رئيسيا فى حفظ الفاكهة والخضر الحضية ويستخدم غاز ثانى أكسيد الكبريت بكثرة فى تبييض « قصرلون » العسل الأسود وفى تطوير براميل النبيذ ، كما يستخدم فى اعداد الفاكهة للتجفيف ، وتسمى هذه العملية بالكبرتة Sulfering . وتستخدم أملاح السلفيت بكثرة فى انجلترا فى حفظ عصير الفاكهة وفى حفظ لبها بغرض تخزينها لصناعة المربات والجيلى وفى معاملة بعض أنواع الخضر قبل تجفيفها وهى تستخدم دائما فى صناعة النبيذ وشراب المولت . وقد تمزج أملاحها بمواد حافظة أخرى كالبنزوات مثلا وأملاح السلفيت تكون أشد أثرا

فى البيئة الحمضية ، كما أن حمض الكبريتوز غير المتأين يكون نشطا باعتباره مادة مطهرة عندما يوجد فى محلول حمضى وقد وجد جيليسبي Gillespy سنة ١٩٤٦ فى دراسته على جراثيم العفن B. fulva ان القدر من كب ا ٢ اللازم لمنع انبات الجراثيم ولقتلها عند رقم pH ٣ هو عشر أجزاء فى المليون ، بينما يكون القدر اللازم منه عند رقم pH ٥ هو ٢٤٠ جزءا فى المليون. أما أيون السلفيت كب ا ٣ فليس له تأثير ، أما أيون السلفيت الحمضية مدكب ا ٣ فإنه يمنع نمو الخميرة . وحمض الكبريتوز أشد فى تأثيره السمى على العفن وعلى بكتريا الخل منه على الخمائر ، وهو بذلك يختلف عن حمض البنزويك الذى يكون أشد فى تأثيره السمى على الخمائر منه على العفن أو بكتريا الخل . ولحمض الكبريتوز فى تأثيره على الخمائر فعل تفضيلى فهو أكثر سمية بالنسبة للخمائر البرية مثل سكارومايسيس ايبكيولاتس S. epiculatus التى تتلف النبيذ منه على خمائر النبيذ سكارومايسيس الليبسويدس S. ellipsoides ، ولهذا السبب انتشر استخدامه فى ضبط التخمرات الكحولية حيث يسمح بنشاط خمائر النبيذ دون الخمائر البرية . وفى استخدام ثانى اكسيد الكبريت فى حفظ الفواكه ومنتجاتها يبقى جزء كبير منه فى صورة « متحدة » ، وتقل مقدرته على الاتحاد بزيادة نسبة الحمض فيها . وتختلف السكريات من حيث قوة ميلها الى الاتحاد بحمض الكبريتوز ، وأكثرها ميلا لهذا الاتحاد هى الألدوزات ثم الكيتوزات ، كما أن السنتوزات أكثر ميلا للاتحاد به من الهكسوزات ، وهذه بدورها اكثر ميلا للاتحاد به من ثنائية التسكير . والسكروز النقى الخالى من اى سكر محلول لا يظهر ميلا الاتحاد بحمض الكبريتوز . ولحمض الكبريتوز المقدرة على الاتحاد بالدكسترينات وبالسليلوز والبروتينات واللجنين ، ولكنه لا يتحد مع

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

وقدوجد أن مقدار كب ا ٢ الحر يقل بزيادة نسبةالدكستروز ، ولذلك فإن إضافة هذا السكروكذلك إضافة موادأخرى يضعف من التأثير الحافظ لحمض الكبريتوز ، وعلى ذلك فان مركزات عصير الموالح التى تحتفظ باضافة 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 كالدكستروز مثلا . وعلى ذلك فان المقدار الكلى لحمض الكبريتوز المتحد الذى يوجد فى 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 كب ا ٢ المتجمد يكون اقل سمية من ٥٠ جزء فى المليون من كب ا ٢ الحر وكثيرا ما تحدث التخمرات فى انواع مركزات عصير الفاكهة لإنخفاض نسبة الكبريتوز الحر فيها ، وربما استلزم الأمر فى هذه الحالة وجود حوالى ٥٠٠ جزء فى المليون من حمض الكبريتوز الحر ، وقد لا يتحقق هذا خصوصا فى مركزات عصير البرتقال والجريب فروت إلا إذا كان المقدار الكلى لثانى اكسيد الكبريت يتراوح بين ٢٠٠٠ و ٢٥٠٠ جزء فى المليون .

وقد وجد ان استخدام ثانى اكسيد الكبريت فى المحلول الملحى الذى يضاف إلى الاسماك له أثر حافظ ولو أنه يحدث فيها رائحة غير مقبولة عند

ضبخها . وإلى جانب تأثير ثانى اكسيد الكبريت على الأحياء الدقيقة فإن له تأثيره على بعض الانزيمات ، فهو يعطل نشاط الانزيمات البكتينية ،وكذلك بعض الانزيمات المؤكسدة . وهو إلى جانب ذلك يعمل كعامل مختزل وهو بذلك يقى المواد الغذائية من التأكسد مما يساعد على حمايتها لونها بل إنه يقصره لونها . كما أنه يساعدعلى حماية فيتامين ج من التأكسد وإن كان يتلف ب١ فى بعض الاغذية المجففة .

٣ — مواد مانعة لنمو العفن :

ا — الأحماض الدهنية : تعتبر معظم الأحماض الدهنية التى تحتوى على ذرات كربون بين ١٠ و١٤ مثل البروبيدنيك والبيوتريك والفاليريك والكابرويك والايتانثيك والكبريليك والبلارجونيك والكبريك والهنديكانويك واللوريك والتريديكانويك والمريستيك مواد فعالة فى منع نمو العفن . ووجود السلاسل المتفرعة فى جزىء الحمض من تأثيره الفعال بينما يؤدى وجود الروابط المزدوجة إلى زيادة الأثر الفعال للحمض فمثلا حمض الكرثونيك أشد مفعولا من حمض البيوتريك . وحمض البيوتريك والفاليريك على الرغم من أثرهما فى منع نمو الفطر إلا أن لهما رائحة غير مقبولة .

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

العبوات فى محلول ١٠٪ بروبيونات الكالسيوم ، ثم تنشر على درجة حرارة ٥٠ ف أو أقل . وفى الجبن الطرى يمكن إستعمال ١٥ .٪ من بروبيونات الصوديوم أو الكالسيوم . ويمكن أيضا استخدام البروبيونات فى معاملة العبوات والسدادات أو الأغطية وكذلك ورق اللف بغمسها فى محلول هذه البروبيونات . وقد أمكن استخدام ورق لف مغموس فى المواد المطهرة «impregnated» للبرتقال والليمون لحمايتها من نمو بعض أنواع العفن ، وقد أمكن استخدام أرثوفينيل الفينول O, phenyl phanol بنسبة ٤٤ .٪ أو أكثر ، وكذلك أمكن استخدام ورق لف مغموس فى مركبات الزئبق العضوية .

ح — جلايكول البروبلين Propylene Glycol كد٣ كدا كد٢ ا كد

ويمكن استعماله أيضا كمهلك للعفن . وهناك اعتقاد بأن له أثرا مهلكا على البكتريا أيضا ، وبالامكان إستعماله برشة على حالة رذاذ دقيق فى المخازن والثلاجات وما يماثلها . وهو بذلك يمنع تقليل التلوث الذى تتعرض له الأغذية .

٤ — مواد مؤكسدة : كثيراً ما تستخدم المواد المؤكسدة فى حفظ الأغذية ، وذلك باضافتها للمواد الغذائية بنسب خاصة . فأملاح النترات والنتريت ، كما ذكرنا ، تستخدم فى حفظ اللحوم عند صناعة اللحوم المتبلة بقصد تثبيت اللون ومنع نمو البكتريا غير الهوائية التى تحدث النتن وهذه المركبات تنشطها إنزيمات لأنواع بكترية خاصة وظروف حمضية مناسبة تساعد جميعها على إحداث هذا التأثير . ويمكن تفسير عملية تثبيت اللون فى اللحوم المتبلة كالآتى

ص ن ا٣ + ظروف اختزال   ص ن ا٢

ص ن ا٢ + ظروف حمضية   يد ا ن ا   حمض الازوتوز

يد ا ن ا + ظروف اختزال   ن ا

ن ا + الميوجلوبين والهيموجلوبين ← مركبات أكسيد الأزوت وميوجلوبين

وعلى ذلك فان نتريت الصوديوم تعتبر المصدر المكون لأكسيد الأزوتيك . وهو الذى يتولى تثبيت اللون بالاتحاد مع هيموجلوبين الأنسجة . وتتهيأ ظروف الإختزال بنشاط البكتريا فى وجود السكر الذى يضاف ضمن مواد التتبيل . ويتكون عن نشاط هذه البكتريا مواد مختزلة 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 الأزوتيك . وقد اوضح تار Tarr سنة ١٩٤٠ أن الثلج المجروش الذى يحتوى على مابين ٠,٠٥٪ و ٠,١٪ نتريت صوديوم أنه أكثر مفعولا فى مقاومة فساد بعض الأسماك عند إضافته لها عن الثلج العادى أو الثلج المحتوى على حمض بتروليك وربما كان السبب فى شدة تأثير النتريت هو سرعة ذوبانها وبالتالى سرعة نفاذها فى أنسجة السمك . وقد وجد أن تأثير النتريت على السمك يختلف بالنسبة لنوعه ، ومحلول الطعام المحلول الملحى الذى يحتوى على مابين ٠,٠٥ و ٠,٢٪ من نتريت الصوديوم أو البوتاسيوم يكون أشد مفعولا من الذى يحتوى على البنزوات فى حفظ شرائح السمك الطازج أو المدخن بغمسه فى هذه المحاليل ، وهناك الكثير من البيروكسيدات تستخدم فى الصناعة كمواد مبيضة ، قاصرة للون ، للدقيق ويستخدم بعض هذه المجموعة باعتبارها مواد حافظة . فاكسيدات النتروجين والكلور وكلوريد النتروسيل 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 تحضير الثلج المطهر Antiseptic Ice لاستخدامه فى حفظ الأسماك أثناء النقل . وكذلك

يمكن استخدام الأوزون وهو مؤكسد قوى فى تحضير الثلج المطير لحفظ السمك . ويستخدم الأوزون أيضا فى اهلاك البكتريا التى توجد فى الهواء وفى اهلاك جراثيم العفن فى مصانع الأغذية . وكذلك يستخدم محلول هيبوكلوريد الصوديوم فى غسيل الكثير من الفواكه لمنع نمو العفن عليها ، كما أن اضافة هذا الملح أو غيره من الأملاح التى لها القدرة على اطلاق الكلور إلى المثلج الذى يستخدم فى 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 البروبلين وبروميد الميثايل . وعند استخدام هذه المواد تمزج بالماء أو الكحول او ثانى كلوريد الأثيلين أو جلايكول البروبلين . وقد اختبرت طريقة الحفظ هذه مع القراصيا برفع نسبة الماء فيها إلى ٢٩ ٪ ، وذلك بغمسها فى ماء مغلى ثم تصفيتها وتركها لتبرد مدة من الزمن ثم وضعها فى أكياس من السيلوفان يتم لحامها بالحرارة بعد أن يوضع داخل العبوة قطعة من الكرتون مشبعة بمحلول من أكسيد الاثيلين فى 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 فى مادة التلف التى تستخدم فى 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 فى إمكان استخدام هذه المواد فى حفظ الأغذية . وقد أمكن حتى الآن تحضير الكثير من هـــذه المواد ، فإلى جانب البنسيلين يوجد الجراميسيدين Gramicidin والبيوكيانين Pyocyanine والتيروسيدين Tyrocrdin والاستربتومايسين ، وهى جميعا منتشرة فى الطبيعة ولها القدرة فى درجات تركيز ضـــئيلة على منع نمو البكتريا . وهناك ، كما ذكرنا ، مواد فى الكرنب والبصل واللفت تكون سامة بالنســـبة لاشيريشيا كواى E. Coli وباسيلوس سابتلس B. Subtilis وقد ثبت أن زيوت بعض التوابل مثل القرفة والفتنة والبهارات والقرنفل ، وربما بعض التوابل مثل القرنفل والزعتر والكزبرة ينسب تأثيرها الحافظ إلى احتوائها على مواد مضاده بيولوجيا .

٧ — مواد حافظة أخرى : إلى عهد ليس ببعيد كانت تستعمل أيضا فى حفظ الأغذية مركبات ذات تأثير مهلك على البكتريا مثل الفورمالدهيد وحمض الساليسيليك وحمض الفورميـــك وحمض الأرثوكلوروبنزيك المارا كلوروبنزويك وبعض الفينولات . وفى وقت ما كان اســـتعمال الفورمالدهيد شائعا فى حفظ اللبن واللحم . وكان حمض الساليسيليك شائعا فى صناعة المربيات والجيلى لمنع نمو العفن ، كما أن البورات وحمض البوريك كانت شائعة الاستعمال فى اللبن والزبدة والقشدة وفى حفظ السمك ، إلا أن القوانين الغذائية قد حرمت فى السنين الأخيرة إستعمال الكثير من هـذه الكيمائيات . وحديثا استخدمت مركبات الأمونيوم Quarternary Ammonium Compounds بكثرة بوصفها مواد غسيل مطهرة Detergents نظرا لامتيازها بالنشاط السطحى ، وهناك إتجاه الى استخدامها فى حفظ الأغذية .

ب — مواد مانعة للتأكسد Antioxidants : هناك بعض المواد الكيمائية

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

١ — فى الزيوت — أكثر أنواع الفساد شيوعا فى الزيت هو التزنخ. وهو يحدث لزيوت الأكل كما يحدث فى المواد الغذائية الغنية فى الزيت مثل عجينة الفول السودانى وشرائح البطاطس المقلى وأنواع التقل وحبوب البن ومنتجات اللبن الجافة ودقيق القمح الكامل والبسكويت . وهذا النوع من الفساد لاتمنعه 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 كيتونى ، إلا أن التزنخ فى كثير من الأحيان يحدث عن تأكسد المادة مع تكون فوق اكسيدات عند الرابطة الزوجية لجزىء الدهن ، ثم يلى ذلك تجزء الجزىء لتكوين الدهيدات وكيتونات وأحماض ذات أوزان جزئية صغيرة ، ويمكن إحداث هذا التأثير وزيادة سرعته بفعل الهواء والضوء والحرارة والرطوبة ،وكذلك فى وجود عوامل ملامسة مثل معدن النحاس . والفساد بالأكسدة يتلامس ذاتيا Antocalalytic ، وربما كانت نظريات التفاعلات المسلسلة أقرب إلى تفسير حالة التأكسد فى الزيوت ودور المواد المانعة للتأكسد فى حفظها ، ففى غياب المواد المانعة للتأكسد تتحد الجزيئات المنشطة من الدهن بالاكسجين لإنتاج البيروكسيدات المنشطة ، وهذه بدورها تنقل طاقتها المنشطة للتأكسد الى جزيئات أخرى فى الدهن فتنشطها ويصبح فى إمكانها الإتحاد بالاكسجين وهكذا .

دهن د + طاقة → $د^{x}$ ، دهن منشط ،

$د^{x}$ + $أ_{٢}$ → $د^{x}_{٢}$

$د^{x}_{٢}$ + د → $د_{١}أ_{٢}$ + $د^{x}$

$د^{x}$ + $أ_{٢}$ → $د^{x}_{١}د_{٢}$ وهكذا

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

$د^{x}_{٢}$ + م → $د_{١}أ_{٢}$ + $م^{x}$

$م^{x}$ + $أ_{٢}$ → $م_{١}أ_{٢}$

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

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

٢ — فى الخضر والفاكهة : إن إسمرار أو تلون أنسجة الخضر والفاكهة باللون البنى عند قطفها أو تخريطها يمثل إحدى الصعوبات الخطيرة التى تصادف حفظ الأغذية ، ومعروف أن بعض الفواكهة مثل التفاح والخوخ والكمثرى والمشمش .. الخ يسمرلونها وهى طازجة نتيجة لعملية تأكسد تحدث فى أنسجتها ينشطها الإكسيداز ، وربما بعض عوامل أخرى توجد فى الفاكهة ، وتسبب عمليات التأكسد هذه صعوبات كبيرة فى عمليات حفظ الفاكهة . وقد وجد أن الثيوريا Thiourea ، والثيوكاربامايد Thiocarbamide يمكنها إيقاف التأكسد فى الخضر والفاكهة إذا غمست هذه المادة فى محلول درجة تركيزه ٥٠,٠ ثم غسلت قبل حفظها باحدى طرق الحفظ . وعلى الرغم من أن الثوريا ليست سامة إلا أن الأبحاث الأخيرة أثبتت أن لها بعض التأثير على الغدة الدرقية . ويمكن إستخدام حمض الأسكوربيك مادة مانعة للتأكسد ، وقد أصبح يستخدم فى وقاية الفواكه المجزأة والمعدة للتجميد من إسوداد لونها . ويستخدم عادة الى جانب حمض الاسكوربيك l, ascorbic acid حمض الايزواسكوربيك d,isoascorbic acid وحمض الجلوكواسكوربيك d, gluco ascorbic acid ، وقد تستغل خاصية الأكسدة بالتفضيل لحماية حمض الاسكوربيك الموجود طبيعيا فى المادة باستخدام مادة مانعة للتأكسد أسرع قابليـــة للأكسدة ، فمثلا حمض الايزواسكوربيك d, isoaiscorbic يستخدم على أنه مادة مانعة لتأكسد حمض الاسكوربيك l, ascorbic فى عصير الفاكهة ، ويعمل ثانى أكسيد

الكبريت باعتباره مانعا للاكسدة ، ولكونه سريع الاتحاد بالأكسجين فإنه يكون شديد الأثر فى منع تأكسد اللون الطبيعى للفاكهة إلى جانب ما يحدثه من قصر للون صبغات الأنثوسيانينات ، وكذلك فإن كبا يمنع تأكسد فيتامين C فى عصير الفاكهة ، وهو يحمى المادة الغذائية ضد التأكسد بأنواعه ولو أنه يتلف فيتامين B_1 .

حـ — مواد كيمائية لمعادلة الحموضة أو لتبادل الكاتيونات : كثيراً ما يتطلب الحال تخفيض مقدار الحموضة فى بعض المواد الغذائية سواء قصد من ذلك إلى الحد من حموضة طعمها أو إلى حماية المادة الغذائية من التلف ، وكثيرا ما تستخدم بيكربونات الصوديوم فى تقليل حموضة عصير الطماطم او تقليل حموضة اللبن أو القشدة ، وتستخدم بيكربونات الصوديوم أو البوتاسيوم أيضا فى صناعة الشيكولاتة . وفى الواقع أن كل الأملاح الناتجة من اتحاد الاحماض الضعيفة مع القواعد القوية تكون أكثر صلاحية لمعادلة الحموضة فى المواد الغذائية . ومن بين تلك المواد يمكن ذكر الجينات Alginate الصوديوم وكيربنات الصوديوم والبكتات القلوية . واستخدام مثل هذه المواد لتقليل نسبة الحموضة فى القشدة الحامضة هو تحسين لقوة الحفظ فى الزبد الناتج وحماية له من نكهة غير مرغوبة ، إلا أن استخدام هذه المواد لا ينظر إليه بعين الرضى إذا كان استخدامها بغرض تيسير استهلاك لبن غير صالح أو للتمويه . ويستخدم الخبز فى تقليل الحموضة فى عصير قصب السكر عند الترويق ، وكذلك تستخدم بيكربونات الصودا . وقد أمكن استخدام مزيج من لاكتات الكالسيوم القاعدية ولاكتات الكالسيوم الحمضية والسوبر فوسفات فى 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 للكوروفيل ومشتقاته ترتبط إرتباطا مباشراً ببقاء عنصر المغنيسيوم فى الصبغة النباتية ومن المعروف أن هذه الصبغة الخضراء الطبيعية يفتح لونها ويصبح «زيتونيا» عند معاملة الخضر الخضراء بالحرارة أثناء حفظها فى العلب الصفيح . ويعتبر بلير Blair وايرس Ayres ، سنة ١٩٤٣ ، أن الخطوة الأولى فى إنحلال الكلوروفيل أثناء المعاملة الحرارية هو فقد عنصر المغنيسيوم فى الصبغة تحت تأثير العصير الخلوى الحمضى للخلايا .

ك٥٥ يد٧٢ ا٥ ن٤ مع + ٢ د xx ك٥٥ يد٧٤ ن٤ + مع xx

كلوروفيل Chlorophyll فيوفيتين Pheophytin

ولذلك فان إيجاد وسط قلوى هو أكثر الوسائل شيوعا فى صيانة اللون الأخضر ، وان هذه البيئة القلوية قد تؤثر على بعض الفيتامينات . وقد وصل بلير Blair و إيرس Ayers إلى صيانة اللون الاخضر فى البسلة المحفوظة بالاحتفاظ بما يوازى ٦٠ ٪ من مغنيسيوم المادة الخضراء ، وذلك ، أولا ، بغمس البسلة تحت درجة حرارة الغرفة فى محلول ٢ ٪ ، ١٩٠٠ س ، كربونات الصوديوم لمدة تتراوح بين ٣٠ و ٦٠ دقيقة ، ثانيا ، سلق البسلة Blatch فى محلول من أيدروكسيد الكالسيوم ، ٠٠٥ ، س ، و ، ثالثا ، ضخ البسلة ، تعقيمها ، فى محلول ملح وسكر يحتوى على مابين ٠٢ ، و ٠٢٥ ، س معلق من أيدروكسيد المغنيسيوم ، وقد كان من تأثير هذه المعاملة حماية الكلوروفيل من الانحلال الإيدروليتى . وقد أمكن بهذه المعاملة رفع رقم pH إلى ٨ فى أول خطوة ثم بقاء هذا الرقم ثابتا خلال السلق والتعقيم ، وكذلك أمكن إستخدام نظرية تبادل الكايتونات فى صناعة اللبن ذى الخثرة الناعمة Soft-curd milk . وذلك بتحميض اللبن باضافة حمض الستريك ثم إمراره فى مرشح زيوليت Zeolite

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

ى — مواد مثبتة للقوام : وتستخدم بعض المواد الكيمائية 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 تؤدى فى نفس الوقت وظيفة معادلة الحموضة أو تقليلها ، وقد يعتبر بعضها الآخر مواد مثخنة Thickening agents . ويمكن تقسيم المواد المثبتة للقوام إلى ست مجموعات كالآتى :

١ — مواد مثبتة لقوام المستحلبات : إن الصفة الغروية لبعض المواد الغذائية التى تجهز فى الصناعة على صورة مستحلبات كثيرا ما تحتاج فى صيانتها وفى تثبيتها إلى إضافة مواد كيمائية خاصة ، ففى المستحلبات « الزيت فى الماء » تؤدى المواد المثبتة إلى تخفيض التوتر بين سطوح المنتجات الغذائية فى نظام ثلاثى المكونات وبذلك تزيد فى ثبات هذا القوام . وتستخدم هذه الخاصية فى تحضير المايونيز صناعيا وبذلك يكتسب قواما ثابتا يقاوم التأثيرات المختلفة مثل الاهتزاز واختلاف درجات الحرارة التى تتعرض لها هذه المنتجات عند نقلها وتداولها . ومن بين المواد التى تستخدم فى تثبيت القوام صفار البيض والليسيثين والفسفوليبيدات والجلاتين والصموغ النباتية . وقد أمكن تحضير مركبات كيمائية خاصة تستخدم لهذا الغرض منها ايثرات السليلوز Cellulose Ethers التى تعتبر أيضا مواد مثخنة للقوام Thickening Agents مثل أحادى وثنائى جلسريدات الأحماض الدهنية . . الخ .

٢ — مواد مثبتة لقوام المنتجات المجمدة مثل المثلجات القشدية ice-cream وما يماثلها : وهذه المواد يتأثر قوامها بالتغير الذى يطرأ على حجم بللورات الثلج فيها نتيجة لتذبذب درجات الحرارة أثناء تخزينها فتتصهر بعض البللورات الدقيقة الحجم ويتزايد حجم البللورات الكبيرة. وتستخدم المواد المثبتة فى صناعة المثلجات القشدية لضمان إكتساب هذه المواد القوام الجيد أو لصيانة حالة التجانس فيها مع منع الإنكماش ، وكذلك يستفاد منها فى تيسير قبول المادة لدخول الهواء فيها وحسن توزيعه . وأهم المواد التى تستخدم لهذا الغرض الجيلاتين والجينات الصوديوم والأجار ، كما يستخدم صفار البيض وأنواع من الصموغ وكذلك البكتين .

٣ — مواد مثبتة لقوام الجبن المطبوخ بالحرارة Processed cheese — تستخدم المواد المثبتة فى صناعة الجبن المطبوخ وذلك للمساعدة فى إنتاج كتلة متجانسة منها ذات ملمس وقوام مرغوب . ويطلق على هذه المواد اسم المواد المستحلبة Emulsifiers أو Plasticisers ، وأهم المواد التى تستخدم لهذا الغرض سترات الصوديوم وطرطرات البوتاسيوم وفوسفات ثنائى الصوديوم وكيزينات الصوديوم ، وجميعها قلوية التأثير . وفى الحالات التى يكون فيها من المرغوب ضبط رقم pH يكون من المسموح به استخدام أملاح ارثوا وميتا فوسفات حمضية ، أو عديدة الفوسفات الحمضية أو إستخدام حمض ستريك ثنائى القاعدية أو استخدام حمض الستريك نفسه ؛ وتستخدم لاكتات الكالسيوم أحيانا وهى تفضل لاكتات الصوديوم والبوتاسيوم . وهناك مواد كيمائية تحضر بطريقة صناعية قد بدأ يتزايد إستعمالها كمثبتات للقوام فى الصناعة مثل الإسترات الدهنية للكحولات عديدة الايدروكسيد كالمانيتول والسوربيتول ، وتسمى هذه المركبات بالكابلاتات Alkylates « جمع الكابلات » .

٤ — مواد مثبتة للمواد العالقة : تستخدم هذه المواد لمنع أو إعاقة ترسب المواد الموجودة فى حالة عالقة فى المواد الغذائية . أو لاعاقة هذه المواد . فقد تكون الصفة المرغوبة فى بعض أنواع عصير الفاكهة هى استمرار تعكرها وعدم حدوث الترويق فيها . وقد سبق أن بينا الدور الذى تلعبه المواد البكتينية فى إكساب العصير هذه الخاصية ، وأوضحنا كيف تؤثر الانزيمات البكتينية فى إنحلال البكتين وإحداث الترويق ، فيحتوى عصير البرتقال وعصير الجريب فروت مثلا على إنزيمات بكتينية تحدث هذا الإنحلال ، وكذلك يحتوى عصير الطماطم على إنزيم بكتاز أو بكتين ميثوكسيلاز يحول البكتين إلى حمض البكتيك الذى لبست له الصفات الغروية للبكتين ، ولذلك فإن إهلاك الانزيمات فى هذه المواد يعتبر ضروريا للاحتفاظ بالقوام المرغوب لها . وقد أمكن إضافة البكتين فى بعض الحالات لتحسين قوام بعض المنتجات ، وفى بعض الأحيان يلجأ إلى عملية التجنيس Homogenization لتحسين قوام عصير الطماطم ، وفى صناعة منتجات اللبن المضاف اليها الشكولاته أو الكاكاو تضاف اليها عادة مواد مثل دقيق التابيوكا أو الجينات الصوديوم لمنع انفصال الدهن أو لاعاقته ولمنع ترسب المواد الصلبة .

٥ — مواد مثبتة لقوام المربات والجيلى وغيرها : يعتبر البكتين من أهم مكونات الجيلى فى تلك المنتجات . وقد تكون كمية البكتين الموجودة طبيعيا فى الفاكهة أو العصير كافية لتكوين الجيلى . وقد يستلزم الأمر إضافة البكتين . وقد انتشر اخيرا استخدام البكتينات التى تزال منها مجموعات الميثوكسيل Demethoxylated Pectins ، فقد أدى التوسع فى دراسة البكتين وإمكان صناعة بكتينات قليلة الميثوكسيل إلى زيادة استعمال مثل هذه البكتينات فى مواد غذائية أخرى خلاف المربات والجيلى . 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 تحتوى على مايزيد عن قدر مهمل من مجموعات استر الميثيل ، وأحماض البكتنيك هذه يمكنها أن تكون جل Gels مع السكر والحمض فى درجات تركيز مناسبة أو مع بعض أيونات معـــدنية ، أيونات الكالسيوم ، بصفة أساسية إذا ماكانت كمية الميثوكسيل فى تلك الأحماض منخفضة بالقدر الكافى . فلفظ بكتين يطلق على أحماض البكتنيك القابلة للذوبان فى الماء التى يتفاوت فيها مقدار الميثيل ودرجة التعادل ، والتى لها القدرة على تكوين جل على رقم p_H خاص ودرجة تركيز من السكر خاصة . أما أحماض البكتيك Pectic acid فهى عبارة عن أحماض عديدة الجلاكتيورونيك خالية تقريبا من مجموعة استر الميثيل وتحضر البكتينات قليلة الميثوكسيل أو أحماض البكتنيك بواسطة ثلاث طرق رئيسية تعتمد على اجراء تصبن جزئى ويكون ذلك ، أولا ، باستعمال القلوى ، ثانيا ، باستعمال الحمض ، ثالثا ، باستخدام إنزيم الاستراز . وتماسك البكتينات ، إحداثها للجيل ، فى الجيلى يختلف تبعا لمدى إزالة الميثوكسيل منها ، والبكتينات قليلة الميثوكسيل تتماسك بسرعة فى العـــادة وكذلك تتماسك البكتينات العالية فى الميثوكسيل بسرعة ، أما البكتينات التى تحتوى على الميثوكسيل بنسب متوسطة فانها بطيئة التماسك . وللبكتينات قليلة الميثوكسيل المقدرة على احداث «جل» متماسك قوى ناعم مرغوب فيه دون التعرض لأن تكون مطاطة أو عجينية ، وهى تحتاج إلى وقت قصير لإعدادها وتماسكها دون حاجة لتبريدها صناعيا ، ويمكن استخدامها فى تحضـــير «جل» مع اللبن أو الخضر أو منتجات الفاكهة فى درجات تركيز سكرية منخفضة ، وقد أصبحت البكتينات قليلة الميثوكسيل بسبب تلك الميزات تنافس الجيلاتين والنشا فى صناعة منتجات خاصة .

٦ – مواد مثبتة للرغوة : فى 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 وأملاحها والسكريات والكحولات والاسترات لها القدرة على تكوين الرغوة ، إلا أنه من الضرورى وجـــود مادة مثبتة لزيادة ثبات تلك الرغوة . وتتولى مادة السابونين سواء أكانت هى الموجودة طبيعيا أو هى 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 « كريم شانتيه » بواسطة ضرب الهواء فى القشدة وفى صناعة المثلجات 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 عـــديمة الذوبان نسبيا أن هذه المواد البكتينية تكون « جل » Gels قويا حول الأنسجة الليفية للطماطم وبذلك يصان هيكلها 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 « جل » من بكتنات الكالسيوم تدعم الأنسجة وتحمى الطماطم من اللـــيونة . وقد وجد أن أنسب أملاح الكالسيوم فى هذه العملية هو كلوريد الكالسيوم اللاماني

النق ، مع مراعاة عدم زيادة نسبته فى الناتج النهائى من الطماطم المحفوظ عن ٠٫٥٪ 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 والألومنيوم 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 المجهزة تفقد بمرور الوقت جزءا من رطوبتها ويتغير طعمها بمرور الزمن ، فكثيرا ما نحكم 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 البروبيونات التى سبق الإشارة اليها 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

الفطريات — سبق أن أوضحنا أثر الأحماض العضوية فى حفظ المادة الغذائية . ولما كانت هذه الأحماض قد تتكون فى المادة الغذائية نتيجة

لتخمرات مرغوبة فإن توفير الظروف الملائمة لنشاط تلك التخمرات يكون خير السبل الى حفظ مثل هذه المواد الغذائية . وفى هذه التخمرات تتولى الأحياء الدقيقة التأثير على السكريات الذائبة وتحولها الى أحماض عضوية تؤدى زيادة نسبتها فى البيئة الى منع نمو الأحياء الانحلالية غير المرغوبة وكذلك الميكروبات المرضية. وأهم أنواع المتخمرات التى تستخدم صناعياهى التخمر اللكتيكى والتخمر الخلى ، أما الأول فتعتمد عليه صناعات كثيرة مثل صناعة الزبد والجبن واللبن الزبادى ، وكذلك صناعة المخللات ، أما التخمر الخلى فهو الذى يستخدم صناعيا فى صناعة الخل من المحاليل الكحولية الناتجة من عصير الفاكهة أو من محاليل سكرية أو نواتج الانحلال المائى للنشا . ولكى تتم عمليات التخمر هذه بنجاح لابد من مراعاة استخدام درجات الحرارة المناسبة للتخمر ، ومن مراعاة أنسب درجات التركيز للمحلول الملحى أو السكرى ، وضمان نشاط أنواع بكتيريا التخمر ومناسبة الظروف لها من حيث الهواء وتركيب البيئة ... الخ . ولسرعة التخمر أهمية خاصة فى صيانة المواد المتخمرة من التلف ، ولذلك كان من الضرورى مراقبة عمليات التخمر مراقبة دقيقة .

التدخين : — تجرى عملية التدخين للحوم والأسماك بعد تتبيلها 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 Junipor Bush والغوب أو الاسفندان maple والموجانا والجوز ، أما الأخشاب الطرية المتصمغة فإنها تكون غير صالحة لأنها تحتوى على مواد متطايرة تعطى الأغذية نكهة غير مرغوبة . وتعلق اللحوم عادة فى حجرات خاصة للتدخين فوق نشارة بطيئة الاحتراق مختنقة بالدخان . أو يجرى الحرق فى

إحدى الحجرات ويمرر الدخان بتحريكه خلال ممرات خاصة إلى حجرات أخرى تحتوى على المواد الغذائية . وعلى الرغم من أن التأثير التجفيفى 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 كيمائية تتخلل أسطح اللحوم والأسماك أثناء تدخينها كالالدهيدات والفينولات والأحماض الاليفاتية وهى مواد ذات تأثير سام أو مهلك بالنسبة للكثير من البكتريا غير المتجرثمة ، إلا أن تأثير هذه المواد على العفن لا يكون محسوسا مما قد يعرض اللحوم أو الأسماك المدخنة للتعفن ، 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 الإنضاج الصناعى للفاكهة يجرى فيها طبيعيا تنشيط الإنزيمات التى تحدث الكثير من التغييرات فيها سواء من حيث تليين أنسجتها أو تغيير لونها واكتسابها للون النضج الطبيعى وكذلك من حيث تغير فى تركيبها الكيمائى من حيث السكريات والاحماض . وجميع هذه التغييرات 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 لمعظم الانسجة النباتية ، وهذا هو مايفسر تأثير وجود الفاكهة الناضجة على غير الناضجة إذا وجدا 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

الإنضاج الصناعي على ثمار الموز والمواخ والطاطم ، كما تجرى أيضاً على ثمار التفاح والكمثرى والاناناس وثمار المناطق الاستوائية . وكذلك يستخدم الايثلين فى تبييض الكرفس وقد ثبت أخيراً إمكان استخدام مستحضرات تعمل كهرمونات نباتية لإحداث تأثيرات النضج وتغير اللون ولا زالت هذه المواد فى دور التجربة .

و — إزالة بعض مواد يساعد وجودها فى المادة الغذائية على إحداث تغييرات فيها غير مرغوبة :

أدت دراسة العوامل المسئوله عن فساد المواد الغذائية إلى محاولة التحكم فى هذه العوامل بكل وسيلة ممكنة بغرض حفظ المواد الغذائية أطول مدة ممكنة . وقد أصبح فى الإمكان تنقية المادة الغذائية أو تكريرها صناعيا فتصبح أقل عرضة للفساد ، بل إنها قد تكتسب مظهراً أكثر جاذبية وألذ طعما ، وإن كان ذلك يتم أحيانا على حساب نقص قيمتها الغذائية . ويمكن كما سبق القول ، تنقية المادة الغذائية بإزالة الاجزاء الملونة لها بواسطة عملية الترشيح الدقيق . وقد يستلزم الامر لمنع حالات التأكسد فى بعض الاغذية إزالة الهواء منها ، فعصير الفاكهة تجرى عليه عملية إزالة الهواد منه Dearation بأجهزة خاصة ، مما يساعد على صيانة لونه وحماية فيتامين C فيه ، وكذلك الحال فى اللبن الكامل المجفف فان الهواء يخلخل عند تعبئته فى العلب الصفيح منعا لتزنخ الدهن فيه . وفى عمليات التكرير التى تجرى عند صناعة الكثير من المنتجات الغذائية يتم فصل بعض المواد التى يؤدى وجودها إلى إحداث تغييرات غير مرغوبة ، فلابد مثلا من إزاله الجنين من الحبوب التى تستخدم فى تحضير الدقيق حتى لا يتعرض هذا الدقيق للتلف لأن جنين الحبوب يحتوى على نسبة عالية من الزيت مما يجعله سريع التلف ، وفى تكرير زيوت الاكل لابد من التخلص من الاحماض الدهنية الحرة ومن

الماء وكذلك من الشوائب المختلفة غير الزيتية كالصموغ والفوسفاتيدات .الخ ، وكذلك يجرى إزالة الرائحة غير المقبولة التى تنسب إلى مواد متطايرة يمكنها التخلص منها ، وفى صـــناعة المسلى يكون من الضرورى التخلص من الماء والبروتين والأملاح الموجودة فى الزبدة . وبعض أنواع العصير لابد من ترويقها عند تحضيرها فى الصناعة ، وفى صناعة الجيلى لابد من ترويق عصير الفاكهة وفصل الأجزاء العالقة فيه ، ولابد كذلك من فصل طرطرات البوتاسيوم الحمضية فى عصير العنب وكذلك من النبيذ ويتم ذلك فى الصناعة بالتبريد أو بالتجميد .

obeikandl.com