كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الثالثة

المادة : الانزيمات

المحاضرة : السادسة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنلوجيا المعلومات والاتصالات

٥

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

الإنزيمات في الأغذية (Food Enzymes)

الإنزيمات أحد مكونات الغذاء والتي توجد بكميات ضئيلة ولكنها تلعب دورا مهما في الغذاء. الإنزيمات التي توجد طبيعيا في الغذاء يمكن أن تغير من مكوناته وتكون هذه التغيرات في معظم الحالات غير مستحبة ولذا عادة يتم القضاء على الإنزيمات للمحافظة على جودة الغذاء. ولكن هناك بعض التغيرات بواسطة الإنزيمات التي تكون مستحبة. الإنزيمات تفرزها الخلايا الحية النباتية والحيوانية وخلايا الكائنات الحية الدقيقة.
تعريف: هي مركبات حيوية مساعدة (محفزة) (Catalyst) والتي تسرع التفاعل الكيميائي بدون أن يحث لها تغير خلال العملية. تعمل الإنزيمات على خفض طاقة التنشيط (Activarion energy) لمادة الفاعل. يتكون الإنزيم من جزيء بروتيني (Protein) ويسمى (Apoenzyme) وجزيء غير بروتيني (Nonprotein). الجزيء غير البروتيني قد يكون مرافق الإنزيم (Coenzyme) مثل (فيتامين) أو يكون العامل المرافق (Cofactor) مثل (معدن).

خواص الأنزيمات:

١- تسرع من معدل سرعة التفاعل الكيميائي دون أن تستهلك أو تظهر في التفاعل.
٢- تتميز الأنزيمات بدرجة عالية من التخصصية (Specificity) والحساسية (Sensitivity) حيث أن لكل إنزيم مادة تفاعل معينة يؤثر عليها ويتفاعل معها دون سواها.
٣- تتأثر بالحرارة والعوامل الأخرى كالأحماض والقواعد والمذيبات العضوية.
٤- تستعمل بتركيزات بسيطة لإتمام التفاعل ولا تتغير خواصها أثناء التفاعل.
٥- الإنزيم كعامل مساعد يخفض مقدار طاقة التنشيط (E_a) اللازمة لكي يتم التفاعل. أن التفاعلات المحفزة أنزيميا تمتلك طاقة تنشيط أقل من نفس التفاعلات المحفزة لا إنزيميا.
٦- معظم الأنزيمات يتطلب عملها وجود ايونات المعادن مثل (Co, Ca, Fe, Zn).

ميكانيكية فعل الإنزيم:

يرتبط الإنزيم بمادة التفاعل ويتكون معقد (الإنزيم + مادة التفاعل) فينفصل الإنزيم ويتكون ناتج التفاعل.

$$E + S \rightleftharpoons ES \rightleftharpoons E + P$$

حيث أن: E = الإنزيم، S = مادة التفاعل، ES = معقد (الإنزيم + مادة التفاعل) P = ناتج التفاعل.
وبما أن جميع الإنزيمات تحتوى على جزيء بروتيني، فأن أي عامل مثل الحرارة والقواعد والأحماض والمذيبات العضوية والتي تؤدي إلى دنترته سوف تقضي على نشاط الإنزيم.

العوامل المؤثرة على نشاط الإنزيم هي:
أ- تركيز الإنزيم (Enzyme concentration)
يزداد معدل سرعة التفاعل بزيادة تركيز الإنزيم، وتكون العلاقة بين سرعة التفاعل وتركيز الإنزيم خطية.
ب- تركيز مادة التفاعل (Substrate concentration)
تعتمد سرعة التفاعل على تركيز مادة التفاعل. حيث تكون العلاقة بين سرعة التفاعل ومادة التفاعل خطية عند التركيز المنخفض لمادة التفاعل. وعند التركيز العالي لمادة التفاعل تكون سرعة التفاعل في أقصاها ومستقلة عن تركيز مادة التفاعل. عندما ترتبط جزيئات الإنزيم (E) مع جزيئات مادة التفاعل (S) تزداد سرعة التفاعل بإضافة مقدار أكبر من مادة التفاعل، وعند وجود كمية كافية من مادة التفاعل بحيث ترتبط معها جميع جزيئات الإنزيم فإن الزيادة في مادة التفاعل لا تزيد من سرعة التفاعل.
الخواص التحفيزية تكون منخفضة جدا وهذا يجعل الإنزيمات مفيدة في الدراسات التحليلية حيث أن معدل التفاعل المحفز بواسطة الإنزيم يفوق معدل التفاعل الغير محفز بمعدل (10^{12}-10^{22}) عند (٣٧ °م).

ج- فعالية الماء (a_w)
الإنزيمات نشطة عندما تكون قيم فعالية الماء أعلى من (٠.٨٥). وتصبح معظم الأنزيمات غير نشطة عندما تقل قيم فعالية الماء عن (0.85) مثال إنزيمات (Amylases, Phenoloxidases, Peroxidaes). ولكن إنزيمات الليبيز (Lipases) يمكن أن تكون نشطة حتى عندا قيم منخفضة لفاعلية الماء (٠.١).

	ماء الطبقة الأحادية	الماء الشعري	الماء الحر
النشاط الإنزيمي	صفر	منخفض	عالي

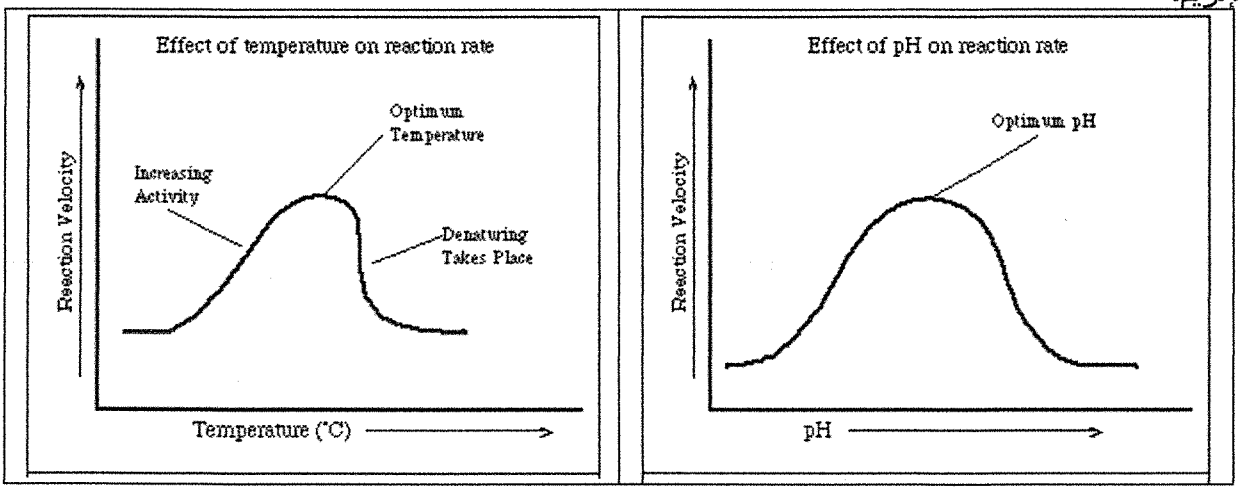
ح- درجة الحرارة (Temperature)

عند درجات الحرارة المنخفضة يكون نشاط الإنزيم منخفض ويؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى زيادة نشاط الإنزيم (زيادة معدل سرعة التفاعل) ضمن حدود معينة حيث تزداد سرعة التفاعل بالبداية بارتفاع درجة الحرارة لغاية الوصول إلى درجة الحرارة المثلى (٤٠م°). إن زيادة سرعة التفاعل بارتفاع درجة الحرارة ناتجة عن زيادة حركة الجزيئات الداخلة في التفاعل. وعند درجات الحرارة المرتفعة (أعلى ٤٥م°) فإن نشاط الإنزيم ينخفض تدريجيا بسبب تحطم الإنزيم بواسطة الدنترة، ويكون هناك فقد تام لنشاط الإنزيم عندما تصل درجة الحرارة إلى (٨٠م°). تعتمد درجة الحرارة المثلي على الزمن حيث أن طول الفترة الزمنية للتعريض لدرجة الحرارة المثلي سوف يسبب انخفاض في معدل سرعة التفاعل. وهذا يرجع إلى زيادة سرعة تحطم الإنزيم بواسطة الدنترة ونتيجة لهذا التأثير ينخفض نشاط الإنزيم تدريجيا إلى الصفر.

المعاملات الحرارية للأغذية مثل عملية البسترة والتعقيم والتبريد والتجميد تؤدي إلى تثبيط النشاط الإنزيمي وتقليل التغيرات غير المرغوبة الناشئة عن النشاط الإنزيمي أو الناشئة عن الميكروبات لذلك تعتبر من المعاملات المهمة في تصنيع وتخزين الأغذية ومنتجاتها لتأثيرها على جودة المنتج الغذائي.

د- الرقم الهيدروجيني لوسط التفاعل (pH)

لكل إنزيم رقم هيدروجيني أمثل (Optimum pH) لنشاطه والابتعاد عن هذه القيمة يقلل من نشاط الإنزيم. الرقم الهيدروجيني الأمثل للإنزيمات عادة يكون في مدي ضيق، ولكن الإنزيمات ممكن أن تكون نشطة في حدود (٢ أو ٣) وحدات عن الرقم الهيدروجيني الأمثل. التغير في نشاط الإنزيم نتيجة لتغير في الرقم الهيدروجيني ناجم عن التغير في تأين الإنزيم أو مادة التفاعل أو المعقد (الإنزيم + مادة التفاعل). مما يؤدي إلى التغير في تشكيلة الإنزيم (Enzyme conformation) وتشكيلة مادة التفاعل والتغير في موقع التميز وموقع النشاط للإنزيم.



معظم الإنزيمات يكون الرقم الهيدروجيني الأمثل (pH) لنشاطها بين قيمة (٤.٥-٨) مثل إنزيم (amylase) (pH ٤.٥). ولكن بعض الإنزيمات يكون لها رقم هيدروجيني منخفض أو مرتفع مثل إنزيم (pepsin) (١.٨ pH) وإنزيم (Lipoxygenase) (pH 9) وإنزيم (arginase) (١٠ pH).

أهمية الإنزيمات في الأغذية:

١- تستخدم لتقيم عملية التغيرات المستحثة (المحفزة). مثل قياس كفاءة المعاملات الحرارية حيث يستخدم إنزيم (peroxidase) لقياس كفاءة عملية السلق في الخضر وإنزيم (phosphatase) يستعمل في اختبار (phosphate) لقياس كفاءة عملية بسترة الحليب.

٢- تستخدم لتعزيز جودة النكهة.

٣- تستخدم لتغير الخواص الطبيعية.

٤- تستخدم لتحوير الخواص الوظيفية للبروتين.

٥- تساعد في عمليات التصنيع مثل نضج الفواكه والخضروات وإنتاج الجبن.

كما أن للإنزيمات علاقة بفقد جودة المنتج مثل التفاعلات البنية الإنزيمية.

تستخدم الإنزيمات في الأغذية لأنها:

١- لها خاصية انتقائية لكل من مادة التفاعل المستخدمة والمنتج المتكون.
٢- فعالة تحت الظروف الخفيفة.
٣- سهل التحكم بالإنزيمات.

تسمية الإنزيمات:

أسماء الإنزيمات عادة تنتهي بالمقطع (ase-).
يشتق عادة أسم الإنزيم من مادة التفاعل مثل lactose ➔lactase و urea ➔ urease
أو من طبيعة التفاعل الكيميائي مثل hydrolysis ➔ hydrolases و oxidation ➔ oxidases
طبعا هناك بعض الشواذ مثل إنزيم (Ficin) يوجد في التين وإنزيم (Papain) في البابيا (Papayas).

إنزيمات الأميليز (Amylases):

هذه الإنزيمات تعمل على تحلل النشا. واستخداماتها في بعض الأغذية هي:

١- تصنيع الشراب (Syrup)
٢- إنتاج سكر الجلوكوز (Dextrose)
٣- تستخدم في عمليات الخبيز
٤- إنتاج الدكسترين (Dextrin) وتصنيع المنتجات السكرية.
٥- تصنيع أغذية الإفطار الجافة.
٦- شراب الشكولاتة.
٧- إزالة النشا من عصير الفواكه.

إنزيم الفا-اميليز (α-Amylase)

- ينتشر في المملكة الحيوانية والنباتية.
- هذا الإنزيم يحتوي على عنصر (Ca)
- يعتبر من الإنزيمات الداخلية (Endoenzyme) الذي يحلل الروابط الجليكوسيدية (α-1,4) بطريقة عشوائية على طول السلسلة لجزيء النشا. مما يؤدي إلى تغير قليل في الحلاوة وانخفاض كبير في اللزوجة.

يتحلل جزيء الأميلوز (Amylose) بواسطة إنزيم الفا-اميليز إلى سكر المالتوز (Maltose) والمالتوز الثلاثي (Maltotriose).
ويتحلل جزيء الأميلوبيكتين (Amylopectin) بواسطة الفا-اميليز إلى Oligosaccharides الذي يحتوى على (٢-٦) وحدات جلوكوز.

إنزيم البيتا-اميليز (β-Amylase)

- هو إنزيم خارجي (Exoenzyme). يعمل على تحرر وحدات المالتوز (Maltose) من الأطراف الغير مختزلة لجزيء النشا. وهذا يؤدي إلى تغير كبير في الحلاوة وتغير قليل في اللزوجة.
- فعل هذا الإنزيم يتوقف عند نقطة التفرع (α-1,6) لأن هذا الإنزيم لا يستطيع تحليل هذه الرابطة.
- المركبات الناتجة تسمى الدكسترين المحدد (Limit dextrin)
- يوجد هذا الإنزيم في بعض النباتات مثل القمح، فول الصويا، البطاطس الحلوة.
- لهذا الإنزيم أهمية تقنية في صناعة المخبوزات (Baking) وصناعات التخمر (Brewing) والتقطير (Distilling)، والتي يتحول فيها النشا إلى سكر قابل للتخمر مثل المالتوز (maltose).

الخمائر تعمل على تخمر سكر المالتوز والسكروز والسكر المحول والجلوكوز ولكن لا تستطيع تخمير (dextrins) و(oligosuccharides) الذي يحتوي على أكثر من وحدتين سكر.

إنزيم (Glucoamylase)

- هو إنزيم خارجي (Exoenzyme) يحرر وحدات الجلوكوز من الأطراف الغير مختزل لجزيء النشا. وهذا يؤدي إلى تغير كبير في الحلاوة وتغير قليل في اللزوجة

- هذا الإنزيم يحلل الروابط (α,1-6) بالإضافة إلى الروابط (α-1,4) والناتج المكون هو الجلوكوز (Glucose) فقط. وهذا ما يميز هذا الإنزيم من إنزيم (α , β-Amylase).
هذا يعني أن النشا يمكن أن يحلل كليا (تماما) إلى جلوكوز.
هذا الإنزيم يوجد في البكتريا والأعفان ويستعمل في إنتاج شراب الذرة (Corn syrup) والجلوكوز.

إنزيم الجلوكوز ايسوميريز (Glucose Isomerase)
هذا الإنزيم يقوم بتحويل سكر الجلوكوز إلى سكر الفركتوز.

Glucose + (Glucose Isomerase) ⟶ Fructose

إنزيم الانفرتيز (Invertase)
يقوم هذا الإنزيم بتحليل سكر السكروز إلى سكر الجلوكوز والفركتوز.

Sucrose + (Invertase) ⟶ Glucose + Fructose

استخداماته الغذائية:
١- إنتاج العسل الاصطناعي.
٢- إنتاج السكر المحول.
٣- يستخدم في إنتاج حلوى بداخلها سائل.

إنزيم اللاكتيز (β-galactosidase, Lactase)
هذا الإنزيم يحول سكر اللاكتوز (Lactose) إلى سكر الجلوكوز والجالاكتوز.

Lactose + (lactase) ⟶ glocose + galactose

استخداماته:
١- منع ترمل (تحبب) (Sandiness) الإيسكريم وذلك بمنع تبلور سكر اللاكتوز.
٢- تقليل من عدم تحمل اللاكتوز. بعض المجتمعات خصوصا شرق آسيا وأفريقيا يعانون من نقص في هذا الإنزيم مما يسبب عدم القدرة على هضم سكر الحليب جيدا وتعرف هذه المشكلة بعدم تحمل اللاكتوز (Lactose intolerance).
٣- تحسين ثباتية بروتينات الحليب المجمدة.
٤- تقليل الزمن اللازم لتصنيع الجبن.
٥- تحسين كفاءة الاستخدام الحيوي للاكتوز.

إنزيم الجلوكوز اكسيديز (Glucose Oxidase)
- هذا الإنزيم يحفز تأكسد عدد من السكريات الألدهيدية (aldoses) إلى لاكتونات (Lactones) وفوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) في وجود (O_2).

D-glucose + O_2 ⟶ D-gluconolactone + H_2O_2

حيث يتحول سكر الجلوكوز إلى جالاكونولاكتون وخلال العملية يتحول الأوكسجين إلى (H_2O_2).
الإنزيم يستعمل من أجل إزالة الهواء (O_2) المتبقي في الفراغ العلوي من العبوات الزجاجية أو المعدنية. كما يستخدم من أجل إزالة الأوكسجين أو الجلوكوز من المنتجات لتفادي عملية الأكسدة أو التلون البني في:

١- مسحوق الحليب ٢- البيض المجفف ٣- الأجبان
٤- اللحوم والأسماك ٥- عصائر الفاكهة ٦- عصير التفاح (السيدر) ٧- البيرة

بعض استخدامات إنزيم (GO) في الأغذية:

الوظيفة (Function)	التطبيقات الخاصة (Specific Application)
إزالة الجلوكوز (Removal of Glucose)	لمنع تفاعل ميلارد في البيض المجفف واللحوم المجففة والبطاطس To prevent Maillard reaction in egg solids, dried meats, potatoes
إزالة الأوكسجين (Removal of O_2)	لمنع الأكسدة في مشروبات الحمضيات (الموالح) To prevent oxidation in citrus beverages

لتثبيت مستحلب الزيت في الماء ضد التزنخ To stabilize oil in water emulsion against rancidity	إزالة الأوكسجين (Removal of O_2)

إنزيم الكاتيليز (Catalase)

- يوجد في النبات والحيوان والكائنات الدقيقة.
- يحلل H_2O_2 (فوق أكسيد الهيدروجين) إلى جزيئات ماء وأكسجين ذري (O).

$$2H_2O_2 + \underline{Enz} \longrightarrow 2H_2O + 1/2O_2$$

- يعتبر إنزيم (Catalase) أقل مقاومة للحرارة من إنزيم (Peroxidase).
- عند قيمة (pH) التعادل (7) يفقد الإنزيم نشطه بسرعة عند درجة حرارة (٣٥°م).
- في النبات يظهر أن إنزيم (Catalase) يقوم بوظيفتين:

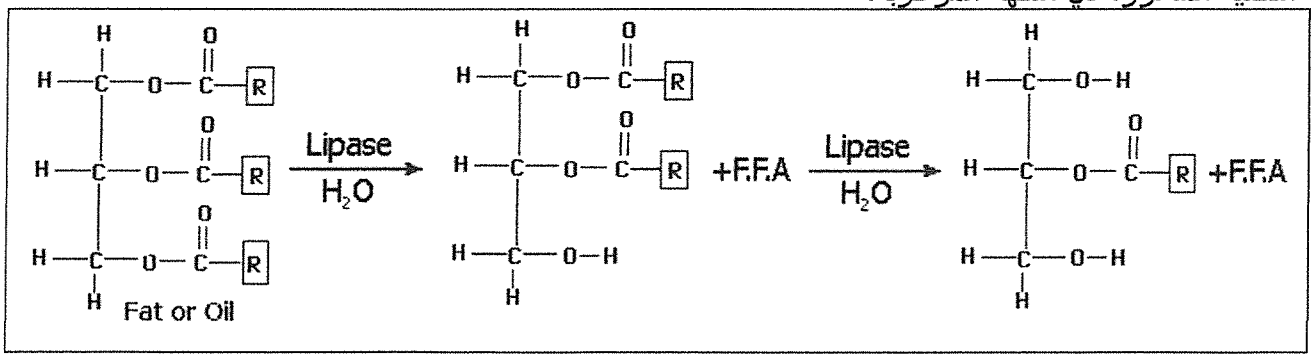
١. القدرة على التخلص من (H_2O_2) الزائد والذي ينتج أثناء عمليات التمثيل الغذائي.
٢. القدرة على استعمال (H_2O_2) في أكسدة (Alcohols, Phenols) والمركبات الأخرى التي لها القدرة على منح (H^+). وهذا يؤدي إلى أكسدة الخضراوات وفسادها خلال التخزين.

إنزيمات الاستريز (Esterases)

تقوم هذه الإنزيمات بالتحلل المائي للروابط الإسترية (Ester linkages) للمركبات المختلفة والنواتج المتكونة عبارة عن حمض وكحول. هذه الإنزيمات تشتمل على إنزيمات الليبيز (Lipases) التي تحلل الجليسريدات الثلاثية مائياً وإنزيمات الفوسفوليبيز (Phospholipases) والتي تحلل مائياً الفوسفوليبيدات.

إنزيمات الليبيز (Lipases):

تنتج بواسطة الكائنات الدقيقة مثل البكتريا والأعفان وتتواجد في النباتات والحيوانات (البنكرياس) وفي الحليب. يمكن أن تؤدي الإنزيمات إلى تحرر الأحماض الدهنية والتي تسبب التزنخ (Rancidity) مما يسبب فساد الغذاء. تسبب الإنزيمات التحلل المائي للزيوت في البذور والثمار الزيتية مما يؤدي إلى تكون رائحة التزنخ، ولذا يتم هدم الإنزيمات بواسطة الحرارة. كما تحدث هذه العيوب في الحبوب (القمح والشعير والشوفان) والدقيق. ويزداد النشاط الإنزيمي بزيادة المحتوي المائي (١٥% رطوبة أعلى بمقدار خمس أضاعف من ٨.٨% رطوبة). وفي بعض الحالات فإن فعل الإنزيم يكون مرغوبا مثل تحلل الأحماض الدهنية لدهن الحليب في صناعة الجبن (الجبن الأزرق (Blue cheese) والتشيدر) وفي صناعة الشيكولاته حيث تساهم الأحماض الدهنية المتحررة في النكهة المرغوبة.



إنزيمات الفوسفوليبيز (Phospholipases)

تقوم هذه الإنزيمات بتحلل مركبات الفوسفوليبيدات. وهذه الإنزيمات متخصصة في عملية التحليل. لكل من المجاميع الثلاثة المرتبطة مع جزيء الجليسرول إنزيم خاص بها والذي يستطيع فصل المجموعة عن بقية جزيء الجليسرول.

Phospholipases A_1

يوجد في معظم الثديات ويقوم بتحليل الرابطة الإستيرية للحمض الدهني الأول. وينتج حمض دهني وليزوفوسفوتيد (Lysophosphatide). والحمض الدهني المتحرر مشبع.

Phospholipases A_2

يوجد أيضا في الثديات يوجد في معظم الثديات ويقوم بتحليل الرابطة الإستيرية للحمض الاوسط. وينتج حمض دهني وليزوفوسفوتيد (Lysophosphatide). والحمض الدهني في الموضع الأوسط يكون عديد عدم التشبع

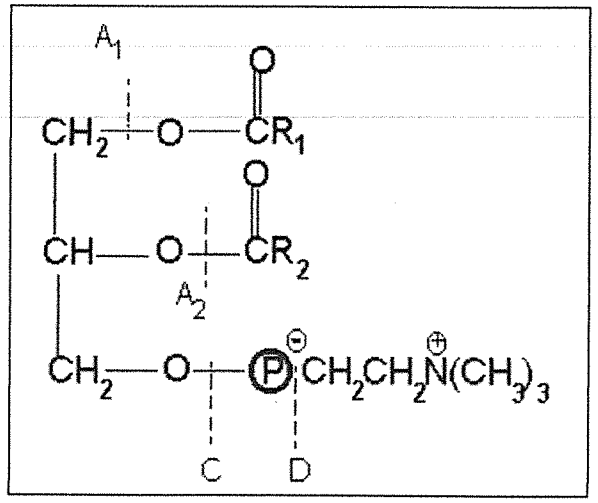
مثل (arachidonic, EPA or DHA). وهذه الأحماض الدهنية المتحررة مادة تفاعل لإنزيم الليبوكسجينيز (Lipoxygenase). فيؤدي ذلك إلى ظهور رائحة غير مرغوبة في الخضروات. كما أن هذا الإنزيم يسبب تغيرات غير مرغوبة في قوام السمك المجمد.

Phospholipases C

لا يوجد في الثديات ولكن يوجد في البكتيريا فقط ويوجد أيضا في سموم بعض الثعابين. يقوم بتحليل الرابطة الاستيرية في الموضع الثالث من جهة الجليسرول ويتكون (١، ٢ جليسريد ثنائي) (1,2-diglyceride) واستر الفسفوريل (Phosphoryl ester) (phosphoryl base).

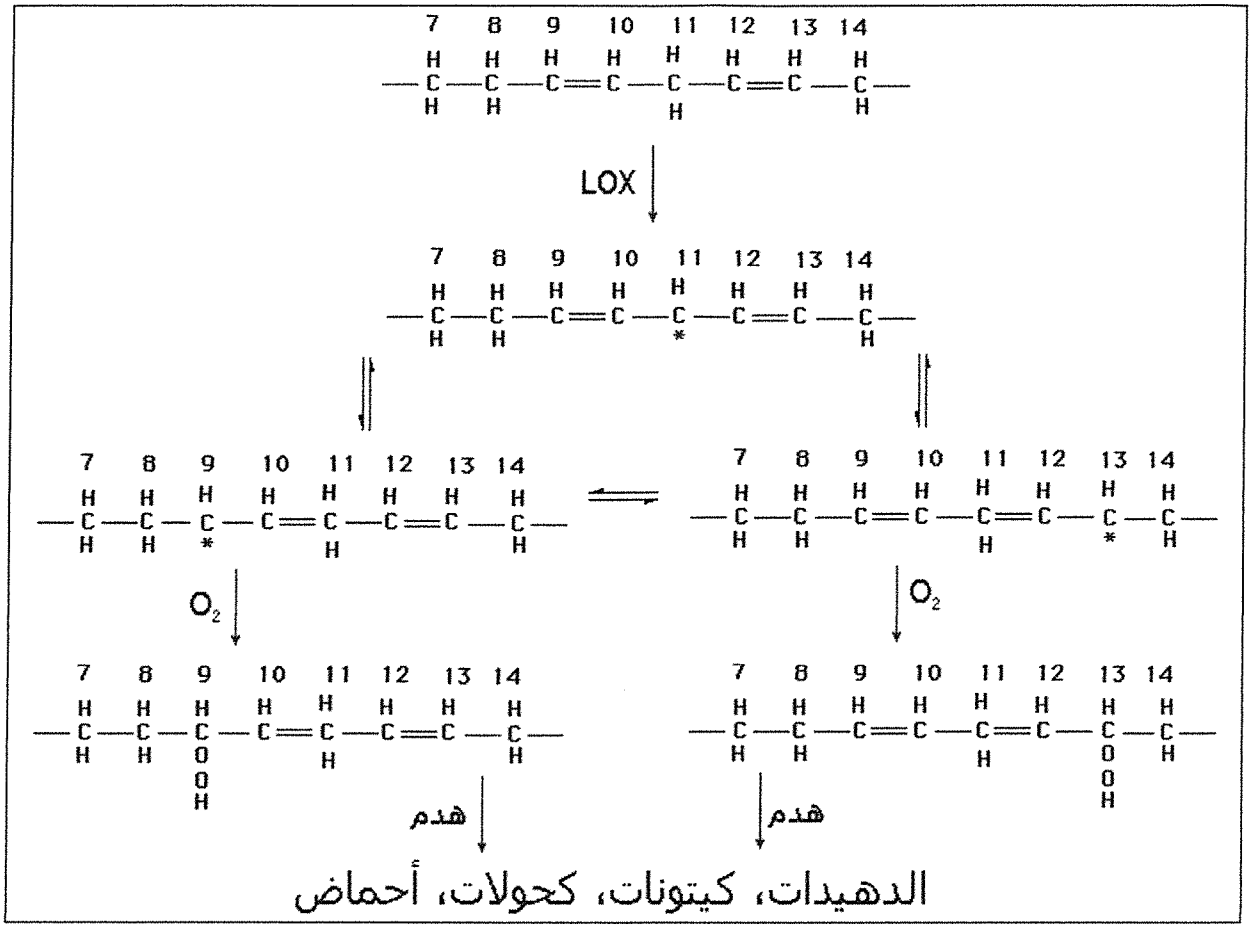
Phospholipases D

منتشر بكثرة في الحبوب والبذور الزيتية. يقوم بتحليل الرابطة الاستيرية في الموضع جاما من جهة القاعد الكحولية (النيتروجينية) وتحرير مجموعة القاعدة الكحولية في وجود الماء أو الكحول وحمض الفسفوتيديك (Phosphatidic acid).



إنزيم الليبوكسوجينيز (Lipoxygenase)

- يوجد في البقوليات (فول الصويا والفاصوليا واللوبيا) كما يوجد في الفول السوداني والقمح والشوفان والشعير والذرة والبطاطس والطماطم والفجل والكمثرى والتفاح والفراولة.
- يقوم كعامل محفز في أكسدة الدهون غير المشبعة. هذا الإنزيم ذو تخصص عالي حيث يقوم بالعمل على مجموعة (cis, cis 1,4 diene) (-CH=CH-CH2-CH=CH-) والتي تتواجد في الأحماض الدهنية مثل (Linoleic, linolenic and arachidonic acids).



يعتقد أن الإنزيم يقوم أولاً بنزع ذرة (H) من الموضع (١١) لجزيء حمض اللينوليك ثم يعقب ذلك إضافة الأوكسجين إما في الموضع (٩) أو (١٣) والتي تمثل طرفيتي الجذر الحر، فينتج الهيدروبيروكسيد.

عند طحن فول الصويا الخام مع الماء لإنتاج حليب الصويا (Soymilk) تنتج نكهة قوية غير مرغوبة (كريهة) يطلق عليها نكهة (beany, green, painty)، ولكن عند إجراء الطحن في ماء يغلي لا تتكون النكهة السابقة لأنه يتم تثبيط الإنزيم (دنترة). تجرى عملية السلق لتثبيط الإنزيم في البقوليات (فول الصويا والفاصوليا واللوبيا) قبل عملية التجميد أو التجفيف لمنع ظهور النكهة غير المرغوبة. كما أن الإنزيم يمكن أن يسبب أكسدة (هدم) لصبغة الكاروتين وفيتامين (A) والكلورفيل والبكسين والزانثوفيلل (Xanthophyll).

بعض التغيرات في القيمة التغذوية نتيجة نشاط الإنزيم هي:
١- هدم فيتامين (A) وكذلك المصادر الأولية للفيتامين.
٢- هدم للأحماض الدهنية الأساسية.

بعض الطرق التي تؤدي إلى تثبيط نشاط الإنزيم: ١- المعاملات الحرارية.
٢- تغير الرقم الهيدروجيني (pH) عن الرقم الأمثل لهذا الإنزيم وهو (٩).
٣- إضافة مضادات الأكسدة حيث تمنع تكوين مركبات (Hydroperoxides) لأن مضادات الأكسدة تتفاعل مع الجذر الحر وتعيق عملية الأكسدة.

إنزيم البيروكسيديز (Peroxidase)
ينتشر بكثرة في الأنسجة النباتية ويوجد في الحليب. يحتوى على مجموعة الهيم (Heme) كمجموعة مرتبطة. لأن الإنزيم يقاوم درجات الحرارة العالية وينتشر بكثرة بالأنسجة النباتية، وبسبب وجود اختبارات حساسة جداً وبسيطة وسريعة لقياس نشاطه، لذا يستعمل كمؤشر على كفاءة المعاملات الحرارية (السلق Blanching)

الأقل من معاملة التعقيم الحراري (البسترة) في الخضراوات والفواكه. حيث يفترض أن هدم إنزيم البيروكسيديز يصاحبه هدم لبقية الإنزيمات الأخرى.
يحفز الإنزيم التفاعل التالي:

$$ROOH + AH_2 \longrightarrow ROH + A + H_2O$$

حيث أن: (ROOH) مركب بيروكسيد الهيدروجين (هيدروبيروكسيد) أو بيروكسيد عضوي مثل بيروكسيد الهيدروجين للميثايل أو الإيثايل.
(AH_2) مادة مانحة للهيدروجين مثل (الأسكوربات أو الفينولات(Flavonoids) أو الأمينات (تيروسن) أو مركبات عضوية أخرى).
حيث يختزل البيروكسيد ويتأكسد مانح (H). وفي كثير من الحالات يكون ناتج الأكسدة مركب ملون، والذي يستغل كأساس لتقدير نشاط الإنزيم.
مسئول عن:

١. إنتاج مركبات نكهة غير مرغوبة نتيجة هدم الهيدروبيروكسيد.
٢. هدم (تأكسد) (Vit C).
٣. تأكسد (فساد) الخضراوات أثناء التخزين.
٤. هدم بعض الصبغات النباتية.

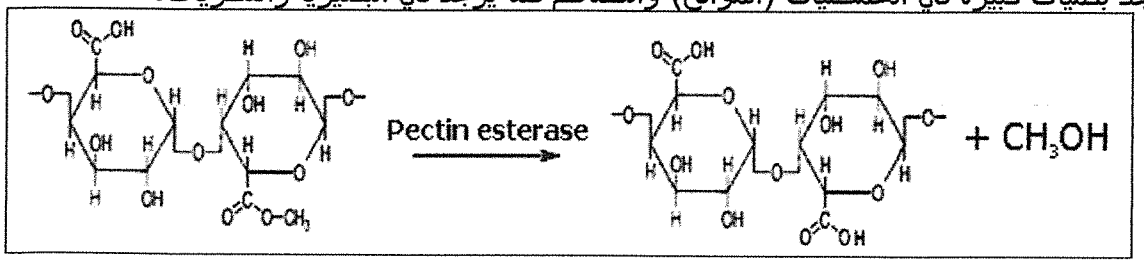
الإنزيمات البكتينية (Pectinases) أو (Pectic enzymes)

- هذه المجموعة من الإنزيمات لها القدرة على تحليل المركبات البكتين (Pectic substances).
- توجد في النباتات والكائنات الحية الدقيقة.
- هذه الإنزيمات مهمة تجاريا لأنها تسهل عمليات استخلاص العصير والتصفية والترشيح وزيادة الإنتاج لعصائر ولمشروبات الفواكه.

أنواع الإنزيمات البكتينية:

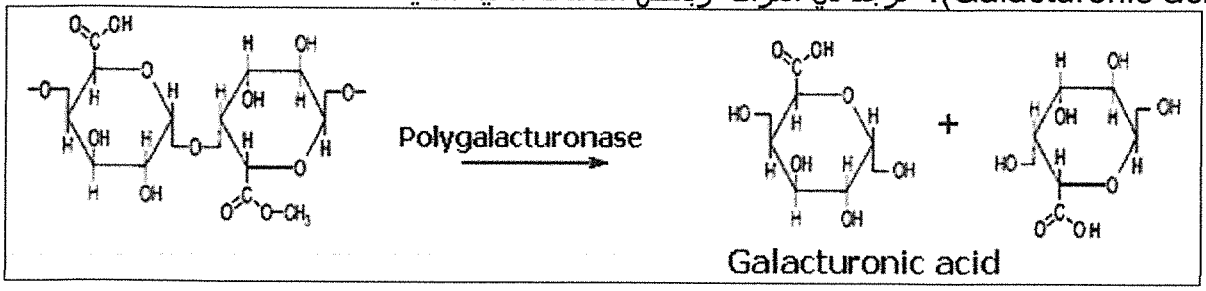
١- (Pectase, Pectin esterase) (Pectin methylesterase)

- يعمل على إزالة مجموعات الميثوكسيل (Methoxyl) من البكتين.
- يوجد بكميات كبيرة في الحمضيات (الموالح) والطماطم كما يوجد في البكتيريا والفطريات.



٢- (Pectinase) (Polygalacturonase) (Polymethylgalacturonase)

يقوم بالتحليل المائي للروابط الجليكوسيدية في المركبات البكينية وفصل حمض الجالاكتيرونيك (Galacturonic acid). توجد في الفواكه وبعض الكائنات الحية الدقيقة.



٣- (Pectic lyase)

- يقوم الإنزيم بتحليل الرابطة الجليكوسيدية في البكتين والرقم الهيدروجيني (pH) الأمثل للإنزيم هو (٥.٢).

١- يقلل من حجم البكتين.

٢- مسئول عن تطرية الفواكه.
٣- تصفية عصائر الفواكه وخاصة التفاح والعنب ويساعد على الترشيح.

استخدامات الإنزيمات البكتينة:
١- تحليل المركبات البكتينة. وبتحليل المركبات البكتينة إلى وحدات صغيرة (Galacturonic acid) تصبح هذه المركبات ذائبة في الماء وكذلك يقلل من حجم البكتين.
٢- المساعدة على تخمر الكاكاو.
٣- تحليل أغلفة حبوب القهوة مما يساعد على تخمرها.
٤- تطرية الفواكه.
٥- استخلاص الزيت من ثمار الزيتون.
٦- تحسين الربع من عصائر الفواكه.
٧- منع تعكر (cloudiness) عصائر الفواكه. لأنها تساعد على عمليات التصفية والترشيح.
٨- تصفية عصير التفاح (السيدر).