المحاضرة الأولى

الانزيمات المقيدة

ان الانزيمات لها خصوصيه كبيره ولا تتغير عند مشاركتها في التفاعلات و يمكن استخدامها لاكثر من مره . ومع ذلك اذا كانت الانزيمات موجوده في المحلول مع المتفاعلات \ او النواتج فانه من الصعوبه الفصل بينهما لكن اذا ما تم ربط الانزيم بمفاعل ما و بطريقه معينه فانه من الممكن ان تستخدم هذه الانزيمات مره اخرى بعد ازاله الناتج وهذا ما يعرف بالانزيم المقيد. ان الانزيم المقيد هو الانزيم الذي يلصق او يربط بماده خامله وغير ذائبة او وذلك الذي يربط فيزيائيا بحامل صلب تمر عليه الماده الاساس وتتحول الى ناتج. وهذا يعطي للانزيم مقاومه متزايده لتغير الظروف مثل الاس الهيدروجيني ودرجه الحراره بالاضافة الى امكانيه فصل الانزيم بسهوله عن المواد المتبقيه والنواتج ولهذا يستخدم هذا النوع من الانزيمات بصوره واسعه في العديد من المجالات الطبيه والصناعيه وصناعة الاغذية.

لقد لوحظ في عام 1916 ان انزيم الانفرتيز يظهر نفس الفعاليه عندما يمتص على ماده صلبه مثل الفحم المنشط او هايدروكسيد الالمنيوم وكان هذا الاكتشاف هو الاول لتقنيات الانزيمات المقيده والمتوفره حاليا. وهناك عده اسباب تجعل استخدام هذه التقنيه من التقنيات المفضله ومن هذه الاسباب:

اولا: استخدام كميات قليله من الانزيم

ثانيا: اطاله عمر الانزيم

ثالثا: ابقاء الانزيم ثابت في موقع التفاعل

رابعا: امكانيه تثبيت الانزيم قرب انزيمات اخرى من سلسلة من التفاعلات مما يعطي زياده في الكفاءه

خامسا: هذه التقنيه مفيده جدا في حاله كون الماده المعامله اي ماده الاساس عباره عن كميات كبيره جدا في حين ان هناك كميه قليلة من الانزيم الذي غالبا ما يكون غالي الثمن.

فوائد الانزيمات المقيدة:

ان عمليه تقييد الانزيم مهمه في الاستخدامات التجاريه لما لها فوائد عديده من ناحيه الاستخدامات وخطوات سير التفاعل وهذه الفوائد هي:

اولا: من السهوله ازاله الانزيم المقيد من التفاعل وبذلك يعاد دوره التحفيزي او استخدامه المتكرر

ثانيا: القدره علي ايقاف التفاعل بسرعه بازاله الانزيم من محلول التفاعل

ثالثا: تمتلك هذه الانزيمات المقيده ثباتيه حرارية افضل من الشكل المذاب

رابعا: لا تتلوث النواتج بالانزيم وهذه مفيده جدا خاصه في الصناعات الغذائيه والدوائيه

كما اختبرت انزيمات مقيده اخرى في مناطق معينه مثلا ، انزيم كاربونيك انهايدريز المقيد يمكن ان ينقل غاز ثاني اوكسيد الكربون بمقدار مره ونصف اسرع من الانزيم غير المقيد. وهناك انزيمات اخرى مقيده استخدمت ايضا على المواد الحيويه التي تكون بتماس مع الدم لمنع تكون الخثرة.

اضافة الى ذلك استخدمت هذه التقنيه في معالجه الامراض الموقعيه فلقد اقترح ان الحقن الموضعي بهذه الانزيمات يمكن ان يعطي فائده واضحه في معالجه المرض في ذلك الموقع. ومن هذه الامراض التي تؤثر على مناطق معينه من الجسم مرض النقرس gout

حيث ان في هذا المرض يرتفع مستوى حامض اليوريك الذي يعتبر الناتج النهائي لايض البيورينات في الانسان ويتجمع في مناطق معينه من الجسم . وقد لوحظ انا الحقن الوريدي او العضلي بانزيم الييوريكيز uricaseفي مرضي النقرس يقلل من هذا الحامض وان الكبد هو الموقع الرئيس لتكوين هذا الحامض وان هذا الانزيم ينتشر بسرعه ويصل الكبد.

لقد تم استخدام الانزيمات المقيده في انظمه صناعه الحليب ومشتقاته والذي من المعلوم انه سائل وان العمليات التي تجري عليه تكون بواسطه هذه الانزيمات التي تعمل على تخثر الحليب مثل انزيم الرنين Renin وPepsin

وقد استخدمت في صناعه الالبان الانزيمات المقيده في خمسه مواضع وتتضمن:

اولا: انزيم الكاتاليز والذي يستخدم في تكسر بيروكسيد الهيدروجين الذي يستخدم في التعقيم البارد للحليب

ثانيا: انزيم البيروكسيديز والمستخدم كعامل مضاد للميكروبات

ثالثا: البروتييز والذي يستخدم في عمليه التخثر او التجلط coagulation خلال صناعه الجبن

رابعا: انزيم البابيان لدراسة تركيب الحليب

خامسا: انزيم بيتا كالكتوسيديز والمستخدم في تحليل اللاكتوز في منتجات البان

نظم الانزيمات وتطبيقاتها:

الانزيمات جزيئات حيويه واسعه الانتشار في الخلايا الحيويه والتفاعلات التي تحفيزها نما علم الانزيمات خلال العقود الاخيره لاهميته في العديد من العلوم خصوصا الكيمياء الحياتيه والكيمياء الفيزيائيه وعلم الاحياء المجهريه الوراثه والنبات والحيوان وعلم الامراض والفسيولوجي والطب والهندسه ولتطبيقات علم الانزيمات اهميه كبيره في الصناعات الغذائيه وفي مكافحه الحشرات وفي الحرب الكيميائيه و في التنظيف. كما استخدمت الانزيمات في بعض التحليلات المرضيه المختبريه استخدام انزيم كلوكوز اوكسديز لتقدير الكلوكوز وقد تم استخدامها لازاله خثره الدم

مصادر الحصول على المستحضرات الانزيميه:

تعتبر البكتيريا والفطريات والخميره من المصادر المهمه للحصول على الانزيمات على الرغم من ان الانزيمات يمكن الحصول عليها من المصادر الحيوانيه والنباتيه ومن مميزات الحصول على الانزيمات من البكتيريا والفطريات والخمائر هو سهوله تنميتها كما انه انتاجها على نطاق كبير لايمثل الصعوبه بالاضافه الى ان نموها غير مرتبط بفصول السنه مثلا انزيم الرنين يرتبط بموسم الولاده للحيوانات حيث يرتبط انتاجه بالحصول على معده العجول الصغيره الرضيعه. كما ان انتاج الانزيمات يحتاج بصفه مستمره الى التحسين والتطوير الطرق المستخدمة مثلا يمكن زياده انتاجيه المصادر الميكروبيه من الانزيمات بتغيير ظروف النمو بالاضافه الى احداث الطفرات او اختيار السلالات التي يمكن زياده نموها وراثيا بواسطه الهندسة الوراثية .وعلى الرغم من ان العديد من ان العديد من الصناعات تستخدم فيها الكائنات الحيه كمصدر للانزيمات لكن الانزيمات المستخلصه من هذه الكائنات الحيه تكون على درجه عالية من الاهمية حيث تستخدم حديثا على نطاق واسع في هذا المجال و يتميز استخدام الانزيمات المستخلصه عن استخدام الكائنات الحيه الدقيقه بالاتي

اولا: الانزيمات المستخلصه تكون على درجه عاليه من النشاط التحفيزي
ثانيا: يمكن تجنب حدودث تفاعلات غير المرغوبه
وعلى الرغم من هذه الامتيازات الا ان هناك مشكله رئيسيه في استخدامها وهي ارتفاع تكلفه الحصول عليها خصوصا وانه اكثر حساسيه في فقدانها لنشاطها وفعاليتها مقارنه بالانزيمات التي تتواجد داخل الكائنات الحيه الدقيقه التي يمكن استخدامها.

يفضل استخدام الانزيمات التي تستخلص من البكتيريا المقاومه للحراره في الصناعات التي يتم فيها المعامله درجه عند درجه حراره مرتفعه وذلك لتقليل المشاكل الناتجه عن تثبيط الانزيم بالحراره.

ان الطرق المستخدمه للحصول على الانزيمات لغرض استخدامها صناعيا تركز على امكانيه الحصول عليها بكميات كبيره و باقل تكلفه ممكنه وغالبا لا يتطلب الامر الحصول على الانزيمات في حاله نقيه تماما وعلى العموم الانزيمات المستخلصة من هذه الكائنات الحيه الدقيقه تعمل خارج الخلايا حيث تفصل من المزيج المتجانس للخلايا بالترشيح او بالترسيب بواسطه استخدام كبريتات الامونيوم او المذيبات العضوية.

من اقدم الانزيمات المستخدمه صناعيا هي تلك الانزيمات التي لها علاقه بايض البروتينات والسكريات والى حد ما ايض الدهون. في حالات معينه لابد من استخدام انزيمات على درجه عاليه من النقاوة كما في حاله التشخيص السريري وفي حاله تحضير المواد الغذائيه وهناك العديد من الصناعات الغذائيه التي لاتحتاج الى نقاوه عاليه بل هل تحتوي على العديد من الانزيمات ذات الوظائف المختلفة مثلا عند تكوين حامض الخليك حيث تتضمن اكثر من خطوه كي يتحول السكر الى خل وكل خطوة تحتاج الى انزيم.

دور الانزيمات في حفظ وتصنيع الاغذية:

تشتمل عمليه نمو الاحياء المسؤوله عن توفير المنتجات الغذائيه على عده تفاعلات انزيميه مهمه. وتتغير نوعيه وكميه الانزيمات استمرار خلال مراحل التطور والنضج ويختلف هذا باختلاف العضو والنسيج والخلايا.

عند جمع مواد من مصادر حيويه بهدف استخدامها كغذاء فان التفاعلات تستمر فيها حتى تنتهي الماده او يتغير الرقم الهيدروجيني بحيث يصبح غير ملائم للفعاليه الانزيمية . مثلا في تفاعلات دوره كريبس والسلسله التنفسيه تصبح انزيماتها غير فعالة بعد موت الخليه بسبب عدم توفر الماده الاساس النهائية وهي الاوكسجين ، في حين ان عمليه تحلل الجلوكوز والكلايكوجين لانتاج حامض اللاكتيك تستمر الى ان تنتهي الماده الاساس.

اما انزيمات التحلل المائي مثل بروتيز والاستريز والكلوكوسيديز والفوسفاتيز فان فعاليتها تستمر على المكونات الخلويه لفتره طويله بعد موت الخليه وبتسارع مما يؤدي الي تلف النسيج تدريجيا. هذا التلف التدريجي قد لا يكون سيئا لانه قد يسهم في توفير نكهه او صفه مميزه للمواد الغذائيه. وعلى العموم فان التفاصيل الدقيقه التغيرات التي تحدث فيها الانزيمات في الفواكه قيد النضوج مثلا مختلف عنها في الانسجه الحيوانيه او انسجه حيه اخرى. فعند نضوج الفواكه تزداد كميه وفعاليه بعض الانزيمات كما تزداد سرعه التنفس ويتحول النشا الى سكريات بسيطه ويتهدم الكلوروفيل ويزداد حجم الخلايا بسرعه. جميع هذه التغيرات مفيده للفواكه في حين ان تهدم الكلوروفيل في الخضروات الخضراء غير مرغوب فيه.

المحاضرة الثانية

بعد نضوج الفاكهه تستمر وتزداد فعاليه انزيمات التحلل المائي واذا لم يسيطر عليها تصبح الفاكهه شديده النضوج وطريه فبالنسبة للخضروات مثل الفاصوليا الخضراء الطازجة والبازلاء والذره فان التفاعلات المحفزه من قبل انزيم الليبوكيسجينسز تؤدي الى فقدان اللون والنكهة.

وللسيطره على الفعالية الانزيمية بعد الجنى او الحصاد يجب فهم العوامل المؤثرة فيها ومن اهم التغيرات التي يمكن التعامل معها هي درجه الحراره والماده الاساس فمثلا يؤدي الخزن في درجات حراريه منخفضه الى ابطاء سرعه الفعاليات الانزيميه. وعنده خزن البطاطا في درجه حراريه عاليه نسبيا يتحلل النشا مائيا الى دكسترين ومالتوز ثم الى كلوكوز الذي يؤكسد لاحقا وهذا يؤدي الى رخاوه المنتوج. في الفواكه تعمل انزيمات الاكسده على زياده ملحوظه في التنفس الخلوي وتؤشر بدء عمليه النضوج. يمكن خفض فعاليه هذه الانزيمات بخفض درجه الحراره او تغيير نسبه الاوكسجين والنيتروجين وثنائي اوكسيد الكاربون في الجو بحيث تقلل نسبه الاوكسجين عن الطبيعي ويكون ذلك بزياده النيتروجين وثنائي اوكسيد الكاربون ولا يفضل تقليل نسبه الاوكسجين الى درجه واطئه جدا لان عمليات الاكسده يجب ان تستمر لكن ببطء للحفاظ على سلامه الخلايا. من ناحيه اخرى، فان الخزن في تركيز اوكسجين واطئ يؤدي الى الاسمرار الداخلي في البطاطا وبعض الفواكه في حين يفقد البعض الاخر نكهته.

وعلى العموم فان الطريقتين الرئيسيتين للسيطره على الفعاليه الانزيميه في الاغذيه هما المعامله الحراريه والتجميد. اذا تمت المعامله الحراريه بالطريقه الملائمه فانها تؤدي الى اتلاف جميع الفعاليات الانزيميه بما في ذلك الناتجه عن الاحياء المجهريه الملوثه. في بعض الاغذيه قد تكون الحراره متلفة للمواد المسببه للنكهة لذا من الضروري استخدام اللازم فقط لتحقيق اتلاف النشاط الانزيمي.

التجميد لا يؤدي الى اتلاف الفعالية وانما يقللها الى درجه كبيره بحيث يطيل عمر المخزون واذا لم يسبق عمليه التجميد معامله حراريه للغذاء بالماء الحار او البخار فان الفعاليه الانزيميه تنشط حال تدفئته. لابد من الاشارة الى ان وجود انزيم ما في ماده غذائيه معينة قد يكون له مردود ايجابي في حين وجوده في مادة اخرى يؤدي الى ضرر فيها فمثلا انزيمات الفينول اوكسيديز تؤدي الى خسائر كبيره في التفاح والموز والبطاطا بسبب تفاعلات الاسمرار التي يحفزها الا ان وجوده في الشاي والقهوه والزبيب ضروري لاكسابها اللون المناسب

التطبيقات الصناعيه للانزيمات:

عادة ما تستخدم في الصناعه انزيمات التحلل المائي hydrolytic enzymeوتقسم الى carbohydrateses, proteases, esterases اضافه الى بعض انزيمات التي تعمل على كسر الاواصر التي يشارك فيها مجموعه الامين في المركبات الامينيه غير البروتينيه.

بعض هذه الانزيمات يعمل على تخفيف النشا ويساعد في معالجه الفضلات او في تسريع نمو الفاكهه الخضراء كما في حاله الموز الاخضر و تسريع تحلل الخلايا الميته كما في حاله جلد الحيوانات المسلوخ. كذلك تساعد في الاسراع للوصول الى نضج الحيوان الملائم للذبح. من ناحيه اخرى تساعد هذه الانزيمات في تخمر الجبن للحصول على نوعيه افضل كما تساعد في منع تكوين العكوره في البيره وتستخدم في صناعه المعجنات والحلويات كما تساعد في معالجه الجروح.

استخدام انزيمات الكاربوهيدراتيز

من اهم انزيمات الكربوهيدراتيز المستخدمه في الصناعه هي انزيمات الامايليز والتي تستخدم بشكل واسع في تحليل الاواصر الكلايكوسيديه في النشا منتجة الجلوكوز والمالتوز مع جزيئات سكريه اكبر من ذالك.

وهناك نوعين من الامايليز ولمعرفه وظيفه كل منهما لابد من معرفه ان جزيئة النشا تتكون من سلسله مستقيمه تمثل الامايلوز وجزء اخر عباره عن سلسله متفرعة وهذا الجزء الاخير هو المسؤول اللزوجه محلول النشا يمثل الامايلوبكتين.

انزيم الامايليز الاول يعمل على كسر الاصره الكلايكوسيديه الفا 1–4 بشكل عشوائي اما الثاني فهو البيتا امايليز والذي يعمل على كسر الاصره الكلايكوسيدية بعد الطرفيه 6–1 منتجا سكر المالتوز.

ان الاواصر المسؤوله عن التفرع في سلسله الامايلوبكتين تكسر بتحفيز من قبل انزيم امايلو كلوكوسيديز و بسرعه اكثر من كسر الاخره الف 1–4

وفي حاله الرغبه في الحصول على كلوكوز نقي دون وجود المالتوز يستخدم مزيج من الانزيمات وهذا ما يستخدم فعلا في حاله انتاج عصير او شراب الجلوكوز. ومن انزيمات الكاربوهيدراتيز التي تستخدم في الصناعه هي انزيمات اللاكتيز والبكتينيز والسليوليز والانفرتيز.

من اهم الصناعات التي تعتمد بصوره رئيسيه على استخدام هذه الانزيمات هي:

اولا: المشروبات الكحوليه:

تجرى المعاملات التكنولوجيه المتخصصه للحصول على المشروبات التقليديه من نشا الشعير والذى يتم تحلله انزيميا قبل احراء عمليات التخمر . على هذا الاساس يتم تنبيت الشعير للسماح بانتاج الفا وبيتا اميليز خلال مراحل التنبيت ولا يمكن التحكم فى معدل انتاج هذه الانزيمات قبل التخمر وعليه غالبا ما تتضاف هذه الانزيمات قبل التخمر بهدف انتاج المشروبات وهذه العمليه غالبا ما تطبق على نطاق واسع خصوصا انتاج المشروبات الروحيه من القمح والشوفان التي تعتبر مصادر متوفره للحصول على النشا .

معظم الانزيمات التى تستخدم لهذا الغرض مصدرها الاحياء المجهريه وتتميز انزيم الكلوكوسيدز الذى يتم الحصول عليه من هذه الاحياء بمقاومته للحراره كما انها تعمل على توفير سكريات المتعدده وهذا يساعد في انتاج المشروبات غير الكحوليه وتتميز بانها مشروبات لزجه ومنخفضة السعرات الحراريه.

ثانيا: تصنيع وانتاج معجنات

تتضمن عمليه تصنيع الخبز والمعجنات انتاج ثنائى اكسيد الكربون من السكريات (النشا) الذى تتكون منه العجينه وهذا يعتمد على نشاط الانزيمات الفا وبيتا اميليز قبل عمليه التخمر وعليه تضاف انزيمات الاميليز التى يتم الحصول عليها من الفطر . وتتميز هذه الانزيمات بكونها على درجه عاليه من الحساسيه للحراره حيث تفقد نشاطها بسرعه اثناء الخبز كما تستخدم انزيمات البروتين التى يتم الحصول عليها ايضا من الفطر لغرض تحسين خواص بزوده العجين. ولابد من الاشاره الى ان القمح والحبوب الاخرى المستخدمة كمصدر للدقيق الذى يستعمل فى منتجات المخابز يحتوى على عدد من الانزيمات التى تتواجد طبيعيا اثناء مراحل النمو والانبات لحبوب القمح. وترجع معظم خواص العجينه الى نسبه المركبات غير القابله للذوبان في الماء او المحتوى من بروتين الكلوتين

اثناء عمليات الطحن تعمل انزيمات الاميليز على تحويل النشا الى دكسترين وسكريات ذات وزن جزيئى منخفض ينتج نشاط هذه الانزيمات على الحبيبات المهشمه او المكسره والتى تنتج عن عمليه الطحن. هذه السكريات الناتجه تكون صالحه لنشاط الخميره اثناء تصنيع منتجات المخابز كما تعمل تعمل انزيمات البروتين على تكسير التركيب الثلاثى للبروتين والاواصر الببتيدية مما يؤدي الى اضعاف دور الكلوتين او تقليل اللزوجه علما ان لزوجته تؤدي الى لصق شرائح العجين وعدم ارتفاعها اثناء الخبز.

يتوقف محتوى الدقيق من انزيم الاميليز على حاله النمو وموسم الحصاد ففي المناخ الرطب يكون مرتفع بينما في المناخ الحاف بقاء نشاط هذا الانزيم كنتيجه لضعف حدوث عمليه الانبات وقد ثبت علميا ان المحتوى المرتفع من الاميليز قد يؤدي الى زياده انتاج الدكسترين وانخفاض كميه الماء داخل العجينة وبالتالي زياده ثنائي اوكسيد الكربون مما يؤدي الى صفات جيده للخبز المنتج.

ثالثا: استخدام الانزيمات لتحسين خام السكر:

من المشاكل التجاريه الصناعيه المهمه هي الفرق في جوده خام السكر فهناك الخام عالي الجوده والخام متدني الجودة . واصحاب مصانع تكرير السكر يبحثون دائما عن خام السكر عالي الجوده الذي يحتوي على نسبه قليله من النشا والعكس بالعكس بالنسبه للخام رديئ الجوده. كانت عمليه الحصول على سكر ابيض من خام السكر متدني الجوده يتطلب تكاليف اضافيه لتوفير المواد الكيميائيه والمواد مساعده للوصول الى هذه الغايه ونظرا للازمات العالميه في ما يخص السكر اتجهت الانظار لتغيير طرق تكرير السكر الخام متدني الجوده للحصول على منتوج عالي جوده

ان وجود النشا بكميات كبيره في المحاصيل التي يصنع منها السكر مثل قصب السكر والبنجر السكري يؤدي الى صعوبات ومشاكل عدة اثناء عمليات التكرير واولى هذه الصعوبات واهمها انخفاض معدل التصفيه والترشيح اضافه الى تبلور ضعيف ومشاكل اخرى تنشأ اثناء معالجه العصير.

في العقود الاخيره اجريت العديد من التجارب للتخلص من النشا في منقوع قصب السكر وذلك بتحويله الى سكريات بسيطه بواسطه انزيمات اهمها الامايليز ومن المعلوم ان هذا الانزيم موجود طبيعيا في عصير قصب السكر، الا ان الاعتماد على الانزيم الموجود طبيعيا يؤدي الى مشاكل اخرى لانه يعمل في درجه حراره اقل من 70 درجه مئويه. لكن النشا في مثل هذه الدرجات لا يكون مجلتنا وبالتالي لا يخضع لتاثير الانزيم وعند رفع درجه الحراره يصبح النشا مجلتنا وذلك يعني عبور الدرجه المثلى للانزيم الموجود طبيعيا اضافه الى ان هذه الظروف تؤدي الى تحلل السكروز حيث ينشط انزيم الانفرتيز الموجود طبيعيا في نقيع قصب السكر. ولقد بينت الدراسات في هذا المجال الى ان هناك ضياعا في السكروز بمعدل0.18% كل عشر دقائق تسخين عند درجه 73 درجه مئوية. وتختلف هذه النسبه باختلاف مصادر قصب السكر من بلد الى اخر .

ونظرا للسعر العالي الحالي للسكر فان نسبه الضياع هذه تودي الى خساره كبيره ماديا فيما لو نشطت الانزيمات الموجودة طبيعيا في عصير قصب السكر

لقد حدثت نقله هامه في مجال تصنيع السكر عندما قامت احدى الشركات الدنماركية بتطوير انزيم الاميليز فانتجت صيغه مطورة منه اطلق عليه ترماميل Termamylيعمل عند درجات حراريه تصل الى 95 درجه مئويه. ويفضل ان يضاف في مراحل التصنيع المبكره المتمثله بمرحله التبخير الاولى للنقيع والتي يستعمل فيها عمليه الضغط المخلخل ولكن في الحقيقه يضاف في مرحله الثانيه التي تكون عندها درجه الحراره ما بين 90–95 درجه مئوية.

ان اضافه من اثنين الى خمسه غرامات من هذا الانزيم لكل طن من القصب يزيل 55 بالمئه من النشا الموجود العصير وبذلك يضمن انتاج عصير السكر الخام نسبه النشا فيه اقل من 150 جزء في المليون وهي نسبه ملائمه جدا

استخدام الانزيمات في انتاج العصائر

تعتبر الانزيمات المحلله المواد البكتينيه pectinases الانزيمات التي استخدمت منذ فتره بعيده في تنقيه عصائر الفاكهه مثل عصير التفاح الكمثرى وغيره. ونظرا للتطور والتقدم التكنولوجي في التصنيع الغذائي فقد حدث تطور كبير في صناعه عصائر الفاكهه واصبح ليس فقط لب الفاكهة ولكن الفواكه ذات النوى مثل الخوخ والمشمش والعنب. ولقد زاد استخدام الانزيمات في هذا المجال بصوره واضحه في العالم. وما زالت الانزيمات التي تحلل المواد البكتينيه هي الاكثر استخداما في صناعه عصير الفاكهه.

وتمثل البكتينات اهم مكونات الفاكهه التي تقوم بربط الخلايا مكونه شكلا نسيجيا مميزا. وتكون البكتينات في الفواكه غير الناضجة بصورة غير ذائبة تسمى propectin ثم يتحول الى صوره ذائبة نوعاما عندما تنضج الفاكهه وتصبح اكثر نعومة حيث تتحول حامض البكتيك والبكتينيك.

ونظرا الى ان البكتين الموجود قد يعوق التصنيع او يقلل من الجوده للعصائر المنتجه فانه يفضل تكسيرها وتحليلها ويتم ذلك باستخدام الانزيمات المذكوره انفا. ومن الصعوبات التي تواجه عمليه استخدام هذه الانزيمات هي النفاذيه الضعيفه لجدران الخلايا والاغشية وامكن التغلب على هذه الظاهره عن طريق تحسين النفاذيه ويتم ذلك بطريقتين هما:

المحاضرة الثالثة

المعامله الحراريه عند درجه حراره تصل الى 60 درجه مئويه او اعلى من ذلك حسب نوع العصير

أ- استخدام انزيمات السيليوليز اضافه الى انزيمات البكتينيز عند درجه حراره 50 درجه مئويه او اقل. حيث يقوم الاول بتحليل النسيج النباتي تحليلا كاملا ويصبح من السهل عمل الثاني في احداث التغيرات المطلوبه في المنتوج.

بعد غسل الفاكهه والفرز وبعد ازاله القشور والانويه ترفع درجه الحراره حتى تصل الدرجه المطلوبه وتستخدم الانزيمات بتراكيز منخفضه جدا تتراوح بين ثلاثه الى عشرة جزء في المليون او طبقا للنظام المعمول به في الشركه المصنعه مثلا من 3- 20 غرام من البكتينيز لكل 100 كيلو غرام من الفاكهه. اما السليوليز فيستخدم بمعدل 2-0.2 غم لكل 100 كغم من الفاكهة.

ودرجه الحراره المثلى للفاكهه ذات اللب فهي 30 درجه مئويه اما الفاكهه ذات النوى فتحتاج الى 50 درجه مئويه. ومن الافضل عدم رفع درجه الحراره لمهروس الفاكهة اكثر من ذلك لان ذلك يغير في بعض خواص المنتج والتي تعتبر ضروريه للوصول الى درجه عاليه من الجوده. وقد تستخلص نكهه العصائر قبل المعامله الانزيميه ثم تعاد اضافتها بعد المعامله وذلك بهدف المحافظه على مواد النكهه.

تنقيه عصير الليمون:

من الطرق التقليديه لتصنيع العصير تتلخص بعمليه التنقيه اضافه الى حمايه العصير من الميكروبات المسببه للفساد ومن هذه الطرق استخدام ثاني اوكسيد الكبريت حيث يستخدم في تنقية عصير الليمون ويستخدم من 1000- 2000 ملغم لكل لتر عصير. لكن يعابع على هذه الطريقه انها تحتاج الى سعات تخزينيه كبيرة لان العمليه تستغرق من 4- 16 اسبوعا.

لقد حدثت تطورات كبيرة في السنوات الاخيرة تعتمد على استخدام الانزيمات المحلله للمواد البكتينية لتنقية وترويق العصير و تستغرق العمليه نحو ثلاث ساعات عند درجه حراره الغرفه وهذا يساعد علي سرعه تجميع وترسيب المواد المسؤولة عن العكورة والتي تفصل بعد ذلك بالطرد المركزي.

يمكن زياده تركيز عصير ليمون والبرتقال باستخدام مستحضرات انزيمات مثل النارنجينيز واللايمونيز وهذه المستحضرات تحتوي على نسبه ضئيله من انزيمات البكتينيز والتي تكون اقل ثباتا اتجاه الحراره.

استخلاص الزائد من البذور الزيتيه

تهدف جميع المعاملات التكنولوجيه المستخدمه في صناعة الزيوت الى استخلاص الزيت من البذور وتعديل الرطوبه في البذور قبل الاستخلاص بالمذيبات او تقليل كميه الماء التي تستخدم اثناء الاستخلاص. وعلى هذا الاساس يتم استخدام بعض الانزيمات في هذا النوع من التصنيع مثلا عند استخلاص زيت بذور اللفت rapeseed تتم عمليه تعديل الرطوبه باستخدام انزيم النقع maceratinq enzyme مع استخدام انزيم السليوليز بنسبه 500 الى 1000 ملغم لكل طن من البذور التي يتم انتشارها في كميه من المياه مسموح بها مع ضبط درجه الحراره عند 50 درجه ولمده تتراوح بين 30 الى 60 دقيقه و هي الدرجه الحراريه المناسبه والوقت اللازم لعمل الانزيمات. بعد ذلك ترفع درجه الحراره الى 95 درجه مئويه قبل الضغط لاستخلاص الزيت. هذه المعامله تؤدي الى زياده الناتج بنسبه تصل الى 5% . ويمكن تطبيق هذه المعامله على بذور القطن لكن نسبة انزيم السليوليز يتراوح بين واحد الى خمسه غرام \ طن من البذور.

الانزيمات المحللة للبروتين Proteolytic enzyme

هناك العديد من الانزيمات التي تعمل على كسر الاواصر الببتيديه التي تتكون في البروتينات والتي تربط الاحماض الامينيه مع بعضها وهناك نوعين من هذه الانزيمات، وهي الانزيمات التي تعمل على نهايه الجزيئه terminal وتسمى exopeptidase وانزيمات تعمل داخل جزيئات البروتين تعمل على الاواصر الداخليه وتسمى endopeptidase واستخداماتها بصوره رئيسيه تتلخص في مايلي:

اولا: منذ عام 1913 استخدمت هذه الانزيمات مع مساحيق التنظيف ,انتشرت انتشار واسع في الستينات وتعمل هذه الانزيمات بكفاءه عاليه على ازاله البقع وعادة ما يستخدم مزيج هذه الانزيمات التي تكون فعالة عند درجه حامضيه بين 6.5 الى 10 وعند درجه حراره 30 الى 60 درجة مئوية. وفي نهايه الستينات ارتفعت النسبه بحيث اصبحت 75% من المساحيق التي تنتج في اوروبا و 40% من المساحيق التي تنتج في امريكا على هذه الانزيمات. وفي عام 1971 انخفضت مبيعات هذا النوع من المساحيق نظرا للتحذيرات من استخدامها من الناحيه الصحية لكن تم السيطره على هذه المشكله من خلال تغليف غبار الانزيمات enzyme dustبماده شمعيه wax coating ونتيجه هذه المعالجه بدات المبيعات تنتعش منذ عام 1980 و لحد الان.

علم التغذية Science of Nutritionهو ذلك العلم الذي يدرس ويفسر ويشرح العلاقة بين الغذاء Foodاو Diet ونشاط الكائن الحي في حالة كان الانسان Human Beingوكيفية استعمال الجسم للغذاء وعناصره الغذائية Nutrientsوالاستفادة منها، متضمنا مجموعة من العمليات الفسيولوجية وتتضمن: عملية تناول الغذاء Ingestionوالعوامل التي تؤثر وتسيطر عليها. عمليات الهضم ،Digestionوهي عملية حيوية كيميائية Chemical digestionوميكانيكية Mechanical
digestionلتحويل الغذاء إلى عناصره البسيطة القابلة للامتصاص من الأمعاء. امتصاص العناصر الغذائية ،Absorptionأي انتقالها من تجويف الجهاز الهضمي او الامعاء Lumenالى داخل الجسم اما عن طريق الدم Bloodاو اللمف .Lymph وعمليات الايض او التمثيل Metabolismلاستحصال الطاقة المطلوبة او المصروفة في الجسم، وتتضمن هذه العمليات هدم او تقويض catabolismوبناء او الابتناء anabolismالتي تجري في خلايا وانسجة الجسم للغذاء Dietالمتناول والعناصر الغذائية . Nutrients
ثم عمليات التخلص من الفضلات Excretionوتشمل Egestionو Urinationوكذلك عن طريق التعرق
كل عملية من هذه العمليات تعريفها وخصائصها وسوف يتم الكلام عنها في حينها.
اما التغذية Nutritionفهي عبارة عن مجمل تلك العمليات الفسيولوجية والبيولوجية التي تشرح العلاقة بين الاغذية Foodsونشاطات الكائنات الحية والتي تختصر فلسفيا بهدف النمو Growthوالتكاثر Reproduction
الغذاء : Foodهو أية مادة سائلة أو صلبة قابلة للأكل Edible Substanceيؤدي تناولها إلى القيام بالوظائف الحيوية منها: تزويد الجسم بالطاقة والنمو والتكاثر وتنظيم العمليات الحيوية المختلفة في الجسم وضبطها .
فالغذاء يمد الجسم بالطاقة لتعزيز وظائف الجسم الحيوية، منها الحفاظ على درجة حرارة الجسم عند 37م والمناسبة لوظائف الجسم الحيوية، . سواء أثناء اليقظة أم أثناء النوم. وبواسطة الطاقة المستخلصة من الغذاء يؤدي الإنسان جميع نشاطاته الحيوية والحركية والذهنية والفكرية. كذلك فإن الغذاء يزود الإنسان بالمواد التي يحتاج إليها جسمه من أجل بناء جسمه واصلاح أنسجته، ولكي ينظم عمل أعضائه وأجهزته

يعرف **الغذاء الكامل Complete Food**بأنه الغذاء الذي يحتوي على جميع العناصر الغذائية Nutrients وبكميات مناسبة لاحتياجات الجسم حسب عمر الشخص Ageوجنسه Genderونشاطه Activityوالحالة الفسيولوجية ،Physiological statusويتم تناولها واستيعابها من قبل خلايا الكائن الحي في محاولة لاكتساب الطاقة، والحفاظ على الحياة، أو تحفيز النمو، بحيث يكون متوازن ولذلك فالغذاء المتوازن Balanced dietيجب أن يحتوي على العناصر الغذائية الأساسية وهي: الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والفيتامينات والعناصر المعدنية والماء وبالقدر الكافي لاحتياجات الجسم.

الغاية والهدف من الحصول على العناصر الغذائية هو:

.1استخدامها في تزويد الجسم بالطاقة الضرورية له في أداء الحركة والتنقل وتنظيم جميع العمليات التي تحدث داخل ّ جسم الإنسان، والتي تتضمن التنفس وتكاثر والتكيف وتنظيم درجة حرارة الجسم ونقل العناصر وتنظيمها وتوازنها) homeostasisالاستتباب(وغيرها من الوظائف التي يقوم بها الجسم. وتتضمن تحولات الطاقة المختلفة من الطاقة الكيميائية)الغذاء(Chemical Energyالى طاقات اخرى منها الحركية او الميكانيكية Mechanical Energy والكهربائية وحركة الايونات والاشارات العصبية Electrical Energyوالطاقة الحرارية) Thermal Energyتنظيم درجة الحرارة(والطاقة المخزونة Storage Energyوتكون على شكل طاقة كامنة) Potential Energyيمكن الاستفادة منها عند الحاجة(.

.2تزويد الجسم بالعناصر الضرورية او الأساس Essential Nutrientsوالتي يحتاجها ولا يستطيع تكوينها او تخليقها في خلاياه لإداء وظيفة ما في الجسم.

.3بناء أنسجة جديدة من خلال تكوين الخلايا الجديدة وكذلك البديلة عنها بسبب تقدم العمر ولغرض التجديد.

.4كذلك ّ العمل على تعويض وبناء الخلايا والأنسجة التي تتعرض للتلف نتيجة للجروح والحروق والامراض.

.5حصول الجسم على المناعة الضرورية له، والتي تؤدي إلى حمايته ومقاومته للأمراض.

.6المحافظة على اللياقة البدنية وقدرة الجسم الفيزيائية والإنتاجية.

.7تلبية الحاجات الفسيولوجية)الغريزية(عن طريق كبح الشعور بالجوع Hungerوتحقيق الشعور بالشبع Satiety والاكتفاء الذاتي لكل رغبات الجسم الطبيعية ومنها الشهية للغذاء المرغوب .Appetite

يعد كلا من الجوع Hungerو الشبع Satietyشعورا، فيمثل الجوع احتياجا اجباريا لتناول الطعام بينما الشبع عبارة عن الشعور بغياب الجوع، او الشعور بالاكتفاء وعدم الحاجة المؤقتة للغذاء.

أن " الجوعُ Hungerهو الإحساس بالرغبة الملحة لتناول الغذاءَ بسبب الحاجة الفيزيولوجية للجسد. بمعنى آخر، هناك نقص في إحدى المواد الغذائية المهمة للجسم. أما الشهيةُ Appetiteفهي تعبر عن الإحساس بالرغبة لتناول غذاء معينٍ نتيجة حاجةٍ نفسيةٍ متعلقة إما بالرغبة في الاستمتاع بجانب من جوانب عملية تناول طٍ عامٍ معين سبق وان تعرف عليه من قبلِ كحلاوة طعمه أو جمال شكله وُ رائحته أو غير ذلك، أو نتيجة وجود حالة من الضيق أو الضجر أو الفراغ النفسي كما يحدث لدى كثيرين من الذين يعانون من البدانة Obesity،وكذلك لدى كثيرين من مرضى اضطرابات الأكل المختلفة" .ويؤثر ما نأكله من غذاء على صحتنا مباشرة. فالغذاء الصحي Healthy Foodهو عندما تتوفر في الغذاء كل العناصر الغذائية المفيدة الضرورية وبالكمية المناسبة للجسم او الغذاء الموزون Balanced Dietيساعد على نمو الجسم بشكل صحيح ويمنع الإصابة بالأمراض كما أنه يساعد على الشفاء من الأمراض أخرى. وأية وجبة غذائية غير صحية Unhealthy foodأو غير مناسبة والتي لا تتوفر فيها نوعية والكميات الكافية من العناصر الضرورية للجسم يزيد من مخاطر الاصابة بسوء التغذية وظهور الأمراض المختلفة التي تصيب انسان

الاستتباب) Homeostasisالتوازن(يعنى المحافظة على الظروف الثابتة أو الساكنة الطبيعية في المحيط الداخلي والخارجي لخلايا وانسجة الجسم وسوائله. وتقوم كل أعضاء الجسم وأنسجته بصورة أساسية بوظائف تساعد في المحافظة على هذه الظروف الطبيعية الثابتة. منها المحافظة على التركيز الطبيعي Normalلجميع العناصر الغذائية والهورمونات والانزيمات وغيرها من المواد الناتجة من الايض وكذلك تزود الرئتين بالأوكسجين ودرجة حرارة الجسم

سوء التغذية : هو مصطلح يشير إلى حالة عدم الاستهلاك الكافي او النقص ،Deficiencyأو الاستهلاك الِ زائد Over consumption أو غير المتوازن Imbalanceمن الغذاء او العناصر الغذائية والتي تؤدي الى ظهور عدد من اضطرابات التغذية المختلفة او الامراض، اعتماداًٍ على أي من تلك العناصر الغذائية هو من يمثل عنصر الزيادة أو النقصان او اختلال توازنه في الوجبة الغذائية.

الافراط في التغذية او التخمة على الرغم من أن الكثير من التركيز بخصوص سوء التغذية ينصب على النقص الغذائي ،Deficiencyإلا أن فرط التغذية كذلك تمثل صورةً أخرى لسوء التغذية. حيث ينتشر فرط التغذية بصورةٍ واسعة في الدول الغنية مثل الولايات المتحدة الأمريكية واوربا، حيث لا يمثل الحصول على الغذاء بالنسبة لغالبية الأفراد قضيةً مهمة. لكن القضية في اختيار النوع المناسب من الغذاء. ونلاحظ أن الوجبات السريعة Snack foodsهي الأكثر استهلاكاً من جانب الفرد في هذه المجتمعات دون غيرها من المجتمعات الأخرى. ويرجع السبب إلى القدرة على تحمل تكلفتها بالإضافة إلى إمكانية الحصول عليها بسهولة. وفي أغلب الأحوال، تكون الوجبات السريعة المنخفضة في التكلفة والقيمة الغذائية، مرتفعةً في عدد السعرات الحرارية. حيث أنه عندما تُصاحب هذه العادات بنمط الحياة المدنية التي يشيع فيها استخدام الآلات ووسائط النقل والميل للاستقرار اي قلة النشاط يصبح جلياً السبب الكامن وراء إصابةمتناوليها بفرط الوزن Overweightوالسمنة

المحاضرة الرابعة

تعتبر التغذية الصحية السليمة Good Nutritionشيئا ضروريا لنمو الإنسان واستمرار حياته، بل وللحفاظ على صحته. فالغذاء هو بمثابة الوقود الذي يمنح الجسم الطاقة والنشاط، ويجب أن تكون الأغذية التي يتناولها كل فرد منا متكاملة ومتنوعة وبكميات ملائمة حتى لا يتعرض الإنسان إلى مشاكل صحية كثيرة منها: امراض سوء التغذية Malnutritionومنها امراض النقص Deficiency Diseasesمثل فقر الدم او الانيميا Anemiaوالكساح Ricketsوسوء نقص البروتين والطاقة Energy Protein Malnutrition, Deficiency والمتمثلة بمرض) Kwashiorkorنقص البروتين كما ونوعا(ومرض المراسماس)الضوى او الذبول(Marasmus (نقص البروتين والطاقة معا(وغيرها من الامراض. او امراض التخمة وزيادة تناول الغذاء Excessive foodsوالمتمثلة بالسمنة Obesity او امراض عدم التوازن الغذائي Imbalance Dietومنها: أمراض القلب والأوعية الدموية Cardiovascular diseaseو مرض السكر Diabetesونزيف الدماغ مسامية او نخر العظام -Osteoporosisالنقرس Goutوبعض أنواع السرطان .Cancerكما أن العادات الغذائية الخاطئة التي يعتاد عليها المرء في الطفولة يتبعها في الغالب طيلة حياته ومن الصعب تغييرها في الكبر. لذلك يجب تنشئة الأطفال على عادات غذائية سليمة.

أن التغذية السليمة يجب أن تحتوي على سبيل المثال على قدر كافي من الألياف) 30غرام في اليوم تقريبا(بتناول الحبوب الكاملة)أي بقشورها(كالحنطة الكاملة والرز الكامل وبقدر الإمكان تنقيع وتنبيت بعض الحبوب كالعدس والقمح والشعير فِ ي الماء واضافتها إلى الوجبة الغذائية كسلاطة.

وتختلف طبيعة النظام الغذائي الذي يحتاجه الطفل عن الذي يحتاجه المراهق والشخص البالغ أو المرأة الحامل أو كبير السن أو المريض. فلكل واحد منهم احتياجاته الخاصة من المواد الغذائية. للتعرف على النظام الغذائي السليم لابد أولا من توضيح العلاقات المتداخلة بين عناصر التغذية التالي ذكرها.

الحمية :Dietingهي أساس لعملية خضوع لبرامج مقنّ ّ نة لتناول الغذاء، معدة خصيصاً للأشخاص Dietersالذين ّ يعانون من مشاكل غذائيُ ة مّ عينة؛ كالسمنة ومرضى القلب، والسكري، والضغط. وقد لا يعاني أحدهم خاصة من الذين يرغبون في البحث عن وسيلة لتحسين قدراته البدنية والرياضية والجمالية للابتعاد عن خطر الإصابة بالمرض.

الهرم الغذائي

يعرف **الهرم الغذائي Food Guide Pyramidبانه دليل غذائي يوضح أنواع الأغذية المختلفة التي يحتاجها الإنسان بشكل يومي مقسمة ضمن مجموعات تعتمد على مجمل ما تحتويه من عناصر غذائية مهمة تتميز بكمياتها التي تختلف عن المجاميع الاخرى وّ بطريقة توضّ ح الكميات المطلوبة من كل مجموعة،** ويتكون الهرم الغذائي من مجموعات متدرجة من الأغذية، مكونة من المجموعات الغذائية **الخمس الرئيسية** التي يجب على كل شخص الالتزام بها لبناء جسمه والتمتع بصحة جيدة، فهو يشير إلى النظام الغذائي الصحي اليومي. وهو ايضا عبارة عن برنامج غذائي مدروس جيداً ُ ، وقد سِّمي بالهرم الغذائي؛ لأنه مصمم ومرسوم على شكل هرم، وقد تم وضعه على أيدي خبراء في التغذية ليكون دليلاً على الغذاء الصحي الذي يجب على المرء ً تناوله، فهذا الهرم يتضمن تقسيما للأغذية إلى عدة مجموعات، كما يتضمن مجموعةً من النصائح والإرشادات والخيارات حول هذه الأغذية التي تناسب الجميع، صغاراً وكباراً، وذكوراً ًواناثاً. في USDA , United State Department of Agricultureأسس من قبل وزارة الزراعة الأمريكية العام 1900م وتم تطويره حتى تم نشره في نهاية القرن الماضي.ً وقد كان للسويد السْبق في إعداد ونشر أول ٍ هرم غذائي، حيث كان ذلك في عام 1974م. ومن ثم اشتهرت هذه الفكرة وشاعت في العالم، حيث قامت وزارة الزراعة الأمريكية في عام 1992م بإعداد هرم غذائي آخر، وقد تم تعدليه وتطويره مرتين: الأولى في عام 2005م، والثانية في عامً 2011م، وكذلك قد أعدت العديد من الدول والمنظمات برنامجً ا غذائيا على شكل هرم، حيث أعدت منظمة الصحة العالمية) (WHOبالتعاون من منظمة الأغذية والزراعة)(FAO ً هرمً ا غذائيا يهدف إلى منع السمنة والأمراض والمشاكل الصحية. وأساس فكرة الهرم الغذائي التي انبثقت من السويد يرجع إلى ارتفاع أسعار الغذاء في عام 1972م، حيث قام المجلس الوطني للصحة والرعاية الاجتماعية في السويد بتطوير هذا الهرم ليكون دليلاً للغذاء الرخيص والصحي، والذي تم نشره في عام 1974م في إحدى المجلات.

ويقسم الهرم الغذائي الذي قدمته وزارة الزراعة الأمريكية في عام 1992م إلى خمس مجموعات أفقية، تحتوي كل مجموعة منها على طائفة من الأغذية

طرق تثبيت الانزيم:

هناك عده طرق تطبق لتثبيت الانزيم وعند اختيار الطريقه المناسبه يؤخذ بنظر الاعتبار عده امور منها:

اولا: الفعاليه التحفيزيه الكليه للانزيم

ثانيا: امكانيه استخدام ذلك الانزيم

ثالثا: امكانيه اعاده تنشيط او استعاده فعاليه الانزيم

رابعا: الكلفه الاقتصاديه

خامسا: مدى التاثير السمي ان وجد للماده التي يثبت عليها الانزيم حتى بعد الانتهاء العمل وتحول هذه الماده الى فضلات.

وعلى العموم تقسم الطرق الى:

اولا: الطرق الكيميائيه: وهي الطرق التي تتضمن تكوين اواصر تساهميه بين الانزيم والماده المثبتة ثانيا: الطرق الفيزيائيه : وتتضمن هذه الطرق تداخلات ضعيفه او احتواء للانزيم من قبل الماده المثبته

تتم عمليه الامتزاز للانزيمات على مواد ساندة مختلفه تتصف بسهولة اعاده نشاطها وذلك بازاله الانزيم بعد ان يفقد فعاليته ثم يحمل مره اخرى بانزيم نشط وفعال. ويعتمد اختيار الماده الساندة على عده عوامل عدة يجب اخذها بنظر الاعتبار:

اولا: الخصائص السطحية مثلا هل يمكن للانزيم ان يمتز على سطحها وهل تحميل الماده مجاميع عامله تستخدم لربط الانزيم وهل تحتاج الماده تحويرا كيميائيا لتحسين امكانيه الارتباط مع الانزيم .

ثانيا: التداخلات بين سطح الماده الساندة ومزيج التفاعل فعلى سبيل المثال الماده الساندة المشحونه تعمل على زياده تركيز الايونات ذات الشحنة المعاكسه بالقرب منها فاذا كانت سالبة سوف تجذب الايونات الموجبة الشحنة وهذا يؤدي الاختلاف في قيمة الدالة الحامضيه الملائمه لفعاليه الانزيم. ومن الصفات الاخرى اذا كانت محبه للماء اوكارهة للماء والذي يؤثر على توزيع جزيئات المذيب او المذاب

ثالثا: الخصائص الفيزيائيه وهذه لها اهميه كبير ، مثلا حجم المسامات وتوزيعها يحدد كميه الانزيم الذي يحمل عليها وامكانيه وصول الماده الاساس الى انزيم المثبت في هذه المساحات .

المحاضرة الخامسة

الأنزيمات Enzymes

تتحقق الظواهر الفيزيولوجية في حياة النبات بواسطة عدد من التفاعلات الكيميائية في الأيض الخلوي، ففي عملية الأيض يتم هدم وبناء آلاف المركبات التي تدخل في تركيب الخلية مثل البروتينات والأحماض النووية والدهون والسيللوز ومركبات أخرى هامة لتنظيم نمو النبات مثل الهرمونات والفيتامينات وغيرها، ولا تستطيع هذهِ التفاعلات أن تجري إلا بوجود محفزات خاصة وهي الأنزيمات (*et al.*, 2017 Murphy).

هنالك العديد من هذهِ الأنزيمات المؤكسدة التي تسبب بعض التغيرات في الأغذية، والتي تؤدي الى الفساد في النباتات، فقد تُسبب أنزيمات البيروكسيديزات، وأوكسيديز حامض الأسكوربيك، البولي فينوليز والتايروسينيز تفاعلات كيميائية غير مرغوب فيها. فعلى سبيل المثال يمكن أن يؤكسد أنزيم البيروكسديز مركبات مُعينة شبه فينولية في الخضراوات الجذرية مثل الفجل البري مُسبباً أسوداداً في لونهِ. ولا يحدث هذا عندما تكون الخضراوات سليمة. يمكن أيضاً أن تُسبب هذهِ الأنزيمات بطريقة غير مباشرة فقدان في فيتامين C في الخضراوات حيث تتفاعل المركبات المتكونة بفعل أنزيم البيروكسديز مع فيتامين C(السيد مبارك ، 2009) .

3.1 أهمية علم الأنزيمات في علم الأغذية:

على الرغم من أستخدام الأنزيمات على مدى عدة قرون، لتحقيق التغيرات المطلوبة على الأغذية، الإ أن طبيعة المحفزات أو التفاعلات ذات العلاقة، بقيت غير معروفة على وجه الدقة حتى وقت قريب. ولقد دُرست الأنزيمات ذات العلاقة بالهضم والتخمر وتفاعلات التحلل المائي للأغذية وأولى علماء الأغذية عناية خاصة للأنزيمات المسببة للتغيرات المتلفة للأغذية ومن هذهِ الأنزيمات، الأنزيمات البكتينيةتشتمل عملية نمو النباتات على عدة تفاعلات أنزيمية مهمة، وتتغير نوع وكمية الأنزيمات بإستمرار خلال مراحل التطور والنضج، وتختلف هذهِ بإختلاف نوع العضو، النسيج والخلايا . إن إي خلل في التكوين الأنزيمي يؤدي إلى حالة غير طبيعية وقد تنتج عنها أغذية غير مرغوب فيها (Cherry, 2006 Berka &) .

أنزيمات البولي فينول أوكسديز Polyphenol oxidase

يعتبر أنزيم بولي فينول أوكسديز(PPO) Polyphenol Oxidase (EC.1.14.18.1)(التايروسينيز)، أحد الأنزيمات المؤكسدة الحاوية على النحاس، وينتشر على نطاق واسع في العديد من الكائنات الحية من البكتريا الى الثديات (Broothaerts *et al.*, 2000). ويتواجد أيضاً في النباتات في وقت مبكر في تطوير الأنسجة وتخزينها في البلاستيدات الخضراء (Van Gelder *et al.*, 1997). وهو مسؤول عن تفاعل الأسمرار الأنزيمي Enzymatic Browning الذي يحدث عند تلف الأنسجة أثناء تخزين ومعالجة الفواكه والخضراوات الطازجة وكذلك بعض المنتجات الحيوانية (Hendrickx *et al.*, 1998 ; Peng *et al*., 2019).

يمتلك PPO نشاط عالي عند درجات حرارية منخفضة وتوافر ظروف أخرى مثل وجود الأوكسجين، أذ ترتفع أحتمالية حدوث الأسمرار الأنزيمي في الفواكه والمحاصيل الغذائية التي يتم تخزينها في هذهِ الدرجات الحرارية المنخفضة. و بوجود الأوكسجين الجزيئي يعمل أنزيم PPO على تحفيز أكسدة المركبات الفينولية وتحويلها بصورة نهائية الى كوينونات O-quinones(Golan- Goldhirsh *et al.*, 1984) . ويتم هذا التفاعل من خلال تحفيز أكسدة مجموعة الهيدروكسيل في الفينولات الأحادية Monophenols الى فينولات ثنائية O- diphenols والتي تتأكسد الى كوينونات Quinones(Guo *et al.*, 2009)) .

أن مركبات Quinones جزيئات فعالة عالية الحساسية يمكن أن تتبلمر مع بعضها أو مع بروتينات أخرى وتؤدي الى تكوين صبغات بنية او سوداء كما في الصورة (2) مما يعطيها مظهر غير مقبول من ناحية الجودة وغير مرغوب من ناحية الطعم للفواكه والخضراوات.

أن أنزيمات البولي فينول أوكسديز هي مجموعة من الأنزيمات (التايروسينيز Tyrosinase ، الكريسوليز Cresolaseو الكاتيكوليزCatecholase) التي تعمل بأستخدام الأوكسجين الجزيئي على أكسدة مجاميع الهيدروكسيل في مركبات أحادية ، ثنائية ومتعددة الفينول (Pretzler *et al.*, 2017). وأن تعطيل نشاط الأنزيم يحافظ على الأطعمة ويمنع تغير لونها. و يكون هذا من خلال تثبيط أنزيمات PPO للتقليل من الخسارات الناتجة عن الأسمرار. وتوجد طرائق عدة لتثبيط هذهِ الأنزيمات، منها المعاملة الحرارية كالسلق الخفيف، إضافة المواد المثبطة لنشاط الأنزيم، أستبعاد الأوكسجين الضروري للتفاعل، تشويه الطبيعة البروتينية للأنزيم (المسخ Denaturation)، التفاعل مع العامل المرافق النحاس الذي يدخل في تركيبه من خلال أستخدام بعض المركبات الكيليتية، أو التداخل مع المادة الأساس الفينولية قبل أكسدتها، أو إعادة اختزال الكوينونات الناتجة قبل دخوله في تفاعلات أخرى.

Whichever way you slice it,
its tan just didn't look good.

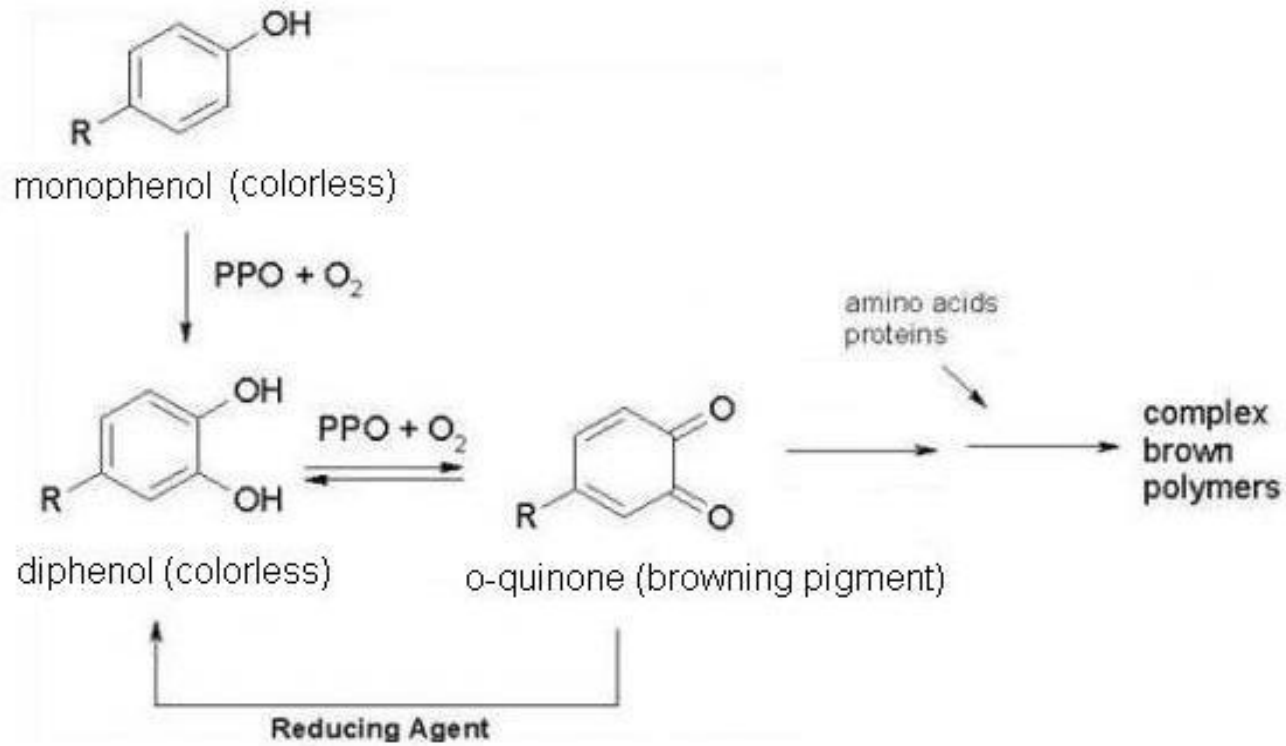
Enzymes. Oxidation. Browning.
And how to keep cut apples from turning brown.

التفاعلات البنية Browning Reaction

نتيجة للاستهلاك المتزايد في العالم للأغذية فقد أصبحت مسألة المحافظة على لون الغذاء الطبيعي من المسائل المهمة من قبل المستهلكين حيث أن الحصول على اللون المفضل للأغذية المصنعة أصبح تَحدياً يواجه تكنولوجياً للأغذية، لذلك تجري الجهود الى التفنن في حفظ الأغذية بهدف التخلص من التفاعلات التي تؤدي الى حدوث تَغيرات عديدة في طبيعة الأغذية ومن هذهِ التفاعلات هي التفاعلات البنية التي قد يكون البعض منها مرغوباً كما هو الحال عند تكوين اللون البُني للسطح الخارجي للخبز والمعجنات وكذلك عند تحميص القهوة والحبوب وشرائح اللحم والأسماك وشرائح البطاطا حيث تتكون النكهه المميزة لتلك المواد الغذائية مع تقدم عملية التفاعل البُني (Martinez *et al.*¸ 2012). وعلى العكس من ذلك فأن التفاعلات البُنية التي تحدث للألبان أثناء البسترة أو التعقيم أو التجفيف أو تلك التي تحدث للفواكه والخضراوات وغيرها من الأغذية المجففة أو المجمدة تكون غير مرغوبة حيث تؤثر على جودة الأغذية وتقلل من قيمتها الغذائية (Labuza¸ 1994) ويمكن تقسيم التفاعلات الُبنية الى نوعين :

أولاً : التفاعلات الأنزيمية Enzyme Reactions

أن تفاعل الاسمرار الأنزيمي هو تفاعل يحدث بين أنزيمات البولي فينول أوكسيديز (Polyphenol oxidase (PPO والمركبات الفينولية بوجود الأوكسجين الجوي، لذا يحدث هذا التفاعل عندما تتعرض الثمرة للخدوش الخارجية أو بعد تقطيعها أو تقشيرها. إذ يُصبح الأوكسجين الخارجي على تماس مع النسيج النباتي الذي كان محمياً بالقشرة، ونتيجةً لهذا التفاعل تتحول الفينولات الأحادية Monophenols إلى فينولات ثنائية Diphenolsومن ثم الى مركبات الكوينون Quinones العديمة اللون والتي تتجمع بدورها (تتبلمر Polymerize) وتتفاعل مع الأحماض الأمينية والبروتينات في الخلايا معطيةً مركبات ذات لون محمر ومائل إلى البني (Nicolas *et al.*¸ 1994; Martínez *et al.*¸ 2012) . كما مبين في الشكل (1–3)


OH
R
monophenol (colorless)
PPO + O2
OH
OH
R
PPO + O2
O
O
R
amino acids
proteins
complex
brown
polymers
diphenol (colorless)
o-quinone (browning pigment)
Reducing Agent

تفاعلات ميلارد

أن تفاعل ميلارد هو تفاعل نُسبَ للعالم الفرنسي Louis Camille Maillard (1878- 1936)، والذي فسر التفاعل بين مجموعة الكاربونيل في السكر ومجموعة الأمين للأحماض الأمينية. وغالباً مايكون هذا التفاعل هو التفاعل الرئيسي للأسمرار غير الأنزيمي. عند أجراء المعاملة الحرارية للأغذية في درجة حرارة عالية يحدث تفاعل كيميائي بين الأحماض الأمينية (حيث أن الأحماض الأمينية ذات مجموعة أمين أولية تعد أكثر أهمية و أقوى فاعلية من تلك ذات مجموعة ألامين الثانوية بسبب كون تركيزها أعلى في ألاغذية عادةً وهي تتفاعل بسرعة أكبر) مع مجموعة الكاربونيل لتوليد نكهات و روائح مختلفة ولون بني يؤثر سَلباً أو أيجاباً على الأغذية. ويوضح الشكل (4.1) تفاعل ميلارد وتكون النكهه في الغذاء

آلية تفاعل ميلارد Millard Reaction Mechanism

وصف العالم (Hodge) عام (1953 م) ، ألية تفاعل ميلارد وقسم التفاعل الى ثلاث أطوار كالتالي (Yilmaz & Toledo¸ 2005; Roscic¸ & Horvat 2010) :

1. الطور الابتدائي Primary Phase

وفيهِ يتم التكاثف بين مجموعة الأمين الحرة لحامض أميني أو ببتيد أو بروتين مع مجموعة الكاربونيل لسكر مختزل في حالة السلسلة المفتوحة بنسبة (1:1)، ويحدث بعد ذلك فقدان لجزيئة ماء وتكوين قاعدة شيف (base Schiff) من خلال عملية (Enolization). أن قاعدة شيف المتكونة تكون على شكل حلقة (N-substituted aldosylamine)، وهذا المركب غير ثابت ولا يمكن عزله بل يحدث لهُ إعادة ترتيب من خلال تحول الألدوز Aldoseالى كيتوز Ketoseمن خلال عملية (Amadori Rearangement) ليتكون
(1-amino-1-deoxy-2ketose) وهذهِ المركبات تسمى نواتج أمادوري
(Amadori products).

عندما يكون السُكر كيتوني فأن مركبات (Ketosylamine) سوف تتكون، ويحدث إعادة ترتيب لذرات هذهِ المركبات من خلال عملية (Heyns rearangment) وينتج عنها
(2-amino-2-deoxyaldose) وتسمى بنواتج هينس(Heyns Products).
أن مميزات هذا الطور هو أن مركباته عديمة اللون والطعم والرائحة

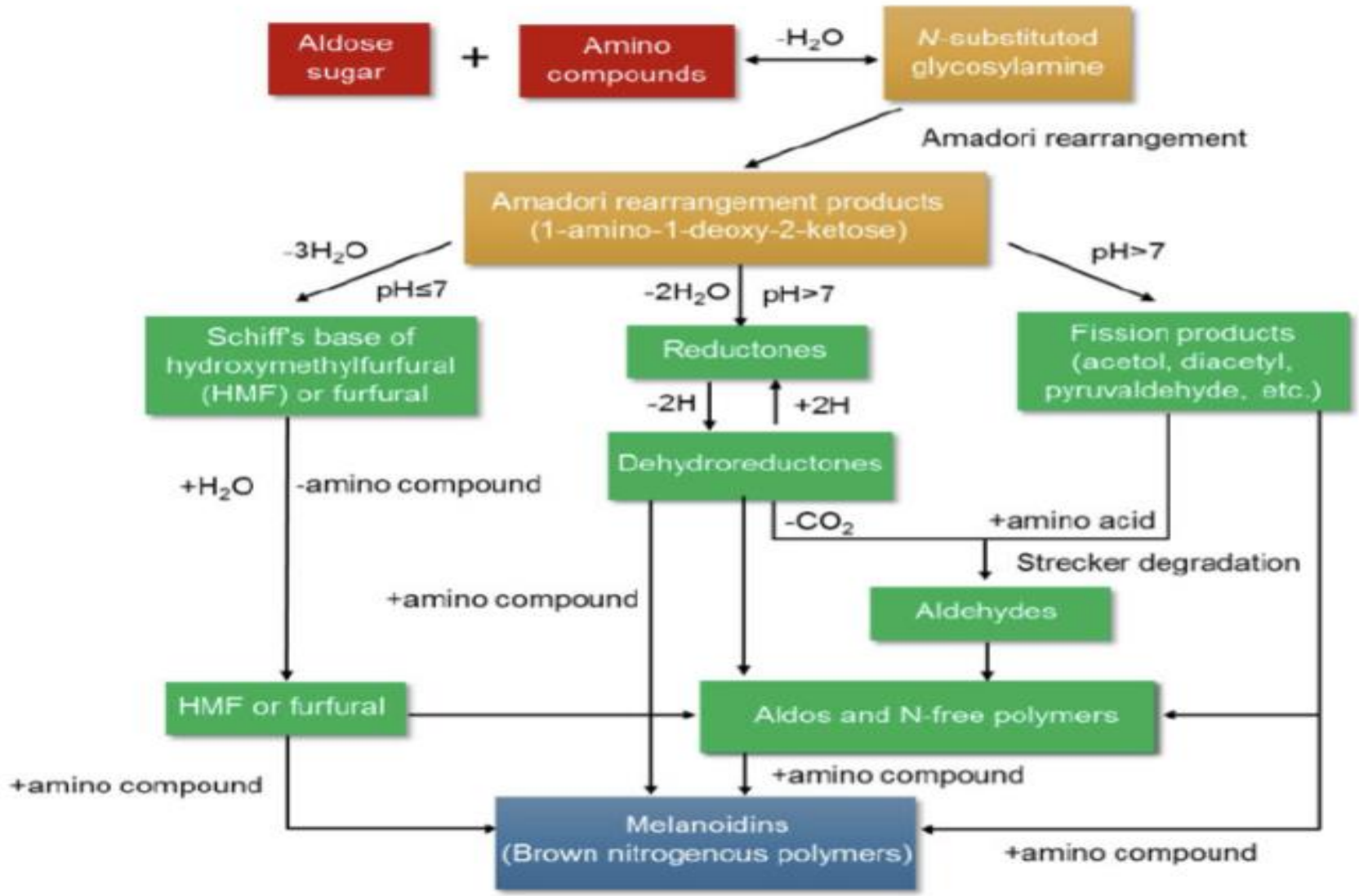
2. الطور الأنتقالي Intermediate Phase

بعد تكون مركبات أمادوري هناك مسارين للتفاعل، الأول وهو الأكثر شيوعاً يبدأ من تحول مركبات أمادوري إلى (1,2-enediol) وينتج (3-deoxyhexosone) بعد فقدان جزيئة ماء ومجموعة الأمين. وفقدان الماء من هذه المركبات الوسطية ينتج مركبات غير مشبعة مثل (2-hydroxyacetyl furan) و Hydroxy Methyl Furfural (HMF). ويعتقد ان هذا المسار هو المسار المسؤول عن تكون الصبغة البنية، المسار الثاني، يبدأ من تحول مركبات أمادوري إلى (2,3-enediol)، أذ يحدث فقدان لمجموعة الأمين من ذرة الكاربون رقم 1 لمركبات (enediol) وينتج (Methyl-2-3-dicarbonyl)، وبهدم أو انشطار هذهِ المركبات الوسطية ينتج عدة مركبات مثل alf-dicarbonyl compounds، Reductone، Acetal، Diacetyl، Hydroxy diacetyl و pyruvaldehyde. وتحدث سلسلة من التفاعلات التي تسبب في تكوين الصبغة البنية. أن هذا المسار عادة يتم عند درجات حرارة مرتفعة.

ومن مميزات هذا الطور هو تكون اللون الأصفر وبعض المركبات المسؤولة عن النكهة (Yu *et al.*¸ 2018).

3. الطور النهائي The Final Phase

يَتضمن هذا الطور تفاعلات تكثيف وبلمرة والذي يحدث بين ألفا حامض الأمين والألديهايدات يصاحبها فقدان جزيئة ثنائي أوكسيد الكاربون CO_2. وينتج في النهاية الصبغة البنية والتي تسمى ميلانويدين Melanoidin. ومن مميزات هذا الطور هو تكون اللون البني المحمر أو البني الغامق الغير ذائب في الماء وتطور مركبات النكهة المحمضة (Oliver *et al.*¸ 2016 ; Lee *et al.*¸2017).


Aldose sugar
+
Amino compounds
-H2O
N-substituted glycosylamine
Amadori rearrangement
Amadori rearrangement products (1-amino-1-deoxy-2-ketose)
-3H2O
pH≤7
-2H2O
pH>7
pH>7
Schiff's base of hydroxymethylfurfural (HMF) or furfural
Reductones
Fission products (acetol, diacetyl, pyruvaldehyde, etc.)
-2H
+2H
Dehydroreductones
+H2O
-amino compound
-CO2
+amino acid
Strecker degradation
+amino compound
Aldehydes
HMF or furfural
Aldos and N-free polymers
+amino compound
+amino compound
Melanoidins (Brown nitrogenous polymers)
+amino compound

التطبيقات التحليليه والطبيه الانزيمات المقيدة

هناك العديد من الامراض الوراثيه المتعلقة بفشل في بعض العمليات الايضيه ويصل عدد هذه الامراض الى اكثر من 120 نوع معظمها يعود الى نقص او فقدان في احد الانزيمات الموجوده بشكل طبيعي في الجسم. احد هذه الامراض هو الفينايل كيتون يوريا الذي يؤدي تخلف عقلي وسببه هو نقصان او فقدان الانزيم الذي يحول الحامض الاميني فيينايل الانين الى تايروسين والعلاج الملائم هو تعويض هذا الانزيم. ان الانزيم الذي يؤدي هذه الوظيفه ومن مصادر غير الانسان لا يتقبله الجسم بشكل مباشر (بواسطه الحكن) لان ذلك يؤدي الى الاستجابه العكسية لجهازه المناعي. كما انا عن طريق الفم يؤدي الى هضمه وتحويله الى مواد اخرى او فقدانه مع الخروج.
وللتغلب على هذه المشكله يمكن تزويد الجسم بالانزيم المطلوب بعد تثبيته على شكل جيل او كبسولة صغيرة او الياف في هذه لا يؤدي الى تحفيز الجهاز المناعي وفي نفس الوقت تصل الماده الاساس الى الانزيم من خلال غشاء الجل او الكبسوله.
كما يمكن الاستفاده من التقنيه بتوفير ما يسمى بلكليه الصناعيه المحكمة، وتتلخص العمليه بجعل الانزيم في كبسوله مع راتنج ممتز او فحم منشط الذي يمتز على سطحه الامونيا الناتجه خلال الكبسولة ويتم التخلص منها مع الادرار.

للانزيمات المقيده تطبيقات مهمه في الكيمياء الحياتيه التحليلية. احد هذه الامثله هو الكترود الانزيم المقيد الذي يؤمن تقديرات مستمره لتراكيز مواد حيويه معينه. مثلا الكترود اليوريا الذي يحتوي على انزيم اليوريز المثبت علي جدار الالكترود والذي يفكك اليوريا الى ايونات ثم تقدر تراكيزها. وهناك العديد من هذه الالكترودات التي تستخدم تقدير مواد حيويه اخرى مثل اللاكتوز بوجود اللاكتيت ديهيدروجينيز والكلوكوز بوجود كلوكوز اوكسيديز.

للانزيمات المقيده تطبيقات عديده و في عدة مجالات منها الدوائيه والغذائيه والصناعيه فمثلا عمليه تحويل سكر الكلوكوز الى الفركتوز والذي يعتبر حلاوه والذي غالبا ما يستخدم في صناعه المشروبات والعصائر لانه اقل كلفه من السكروز. حيث يعمل انزيم كلوكوز ايزومريز Glucose isomeraseعلى تحويل الكلوكوز الى الفركتوز، اذ يمتلك الكلوكوز من 70 -75% من قوه حلاوه السكروز ولكن تزيد حلاوه الفركتوز علي حلاوه السكروز ولهذا تكون عمليات صناعه الفركتوز ذات فائده قيمة .

لقد طور انزيم كلوكوز ايزومريز للاستعمال التجاري وذلك بتثبيته ليعمل على تحويل الكلوكوز الى فركتوز. وان العمليه التجاريه الانتاج الفركتوز اصبحت سهلة فقط عندما ظهرت تقنيه تثبيت الانزيم حيث انه يمكن اعاده استخدامه لاكثر من مرة.

من التطبيقات الاخرى من التطبيقات الاخرى هو تحلل سكر اللاكتوز المائي وتحويله الى مكوناته من السكريات الاحاديث الكلوكوز والكالكتوز. ويعتبر اللاكتز السكر اثنائي الموجود طبيعيا في حليب الانسان والابقار ويستخدم بشكل واسع عمل خبز وفي مكونات حليب الاطفال التجاري. هناك العديد من الاشخاص لا يحتملون اللاكتوز وهذه احدى المشاكل الكبيره له لانهم لا يقدرون على هضمه ويمثل التحلل المائي للاكتوز احدى الطرق ذات الاهمية لمنتجات مصل اللبن. من ناحيه اخرى تحتوي بعض مركبات البنسلين الطبيعيه على مجموعه كاربونيل والتي تاتي من مجموعه الكربوكسيل وعلى الرغم من ان البنسلين الطبيعي يعتبر من المضادات الحيويه الممتازه فان صفاته تعتمد على السلسله الجانبيه ولهذا يكون الدواء غير مؤذي للمعده عند اعطائه فمويا اذ يكون ثابت نسبيا تجاه الحوامض . لقد حصل تقدم كبير باستخدام انزيم البنسلين اسيليز penicillin acylase والذي يعمل على فلق السلسلة الجانبيه ثم يتم ادخال سلاسل جانبيه جديدهو بذلك وصنعت عده انواع من البنسلين. وتعتمد الصناعات الدوائيه والتجاريه على استخدام الانزيم المقيد بسبب اعاده استخدامه . كذلك تدخل الانزيمات المقيده في عده تطبيقات علاجيه فمثلا مع الهيبارين يمكن ان تعمل علي منع حدوث تخثر الدم، كما ان هناك بعض الانزيمات يمكن ان تعمل في القناه الهضمية كانزيم اليوريز urase الذي تعد مادته الاساس اليوريا احدى المكونات الداخليه لسوائل الجسم، وان هذا الانزيم يمكن ان يستخدم في التطبيقات العلاجيه. وقد لوحظ في بعض الدراسات خارج جسم الكائن الحي ان انزيم اليوريز المقيد يعمل بفعاليه عالية علي اليوريا محولا اياها الى الامونيا.

ان انزيم اليوريز المقيد يمكن ان يعمل على اليوريا وبنفس الوقت يبقى بحالته المقيدة وبفعاليته العالية بدون ان يتسرب الى الخارج.
هناك حاله مرضيه تعرف بنقص انزيم الكتاليز وخاصه عند الرجال وتسمى acatalacemiaوتكون المشكله الرئيسيه هذا المرض متعلقه باضرار lesion ناتجه انتاج بيروكسيد الهيدروجين بواسطه البكتريا التي تسبب في بعض الاحيان anoxiaموضعيه وتكوين الكانكرينا.
ان التطبيقات المباشر والمتكرره لانزيم الكاتاليز على اصابات الفم يمكن ان يسبب الامتصاص وتفاعلات مناعيه حساسية والاكثر من ذلك هو ان الانزيم لايكون مستقرا بصوره كافيه للوقت المطلوب ولهذا فان الانزيم يقيد ليستخدم في هذا المرض .