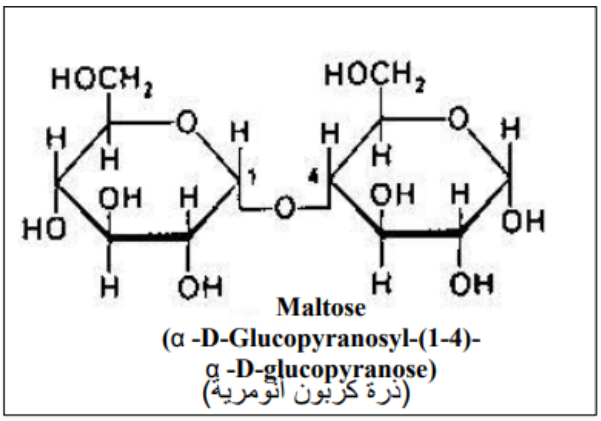
٢- السكريات الثنائية Disaccharides

هي السكريات التي يمكن أن تتحلل مائياً إلى وحدتين من السكريات الأحادية وهي من السكريات الشائعة في المملكة النباتية مثل سكر القصب والعنب كما أنها توجد في الحليب .

أمثلة للسكريات الثنائية

١- المالتوز Maltose (سكر العنب)

يتكون المالتوز من جزئيتين من الجلوكوز مرتبطتين بواسطة رابطة جليكوسيدية ناتجة عن ترابط ذرة الكربون رقم (١) مع ذرة الكربون رقم (٤) في الجزء الآخر وينتج عن هذا الترابط فقد جزيئي ماء .



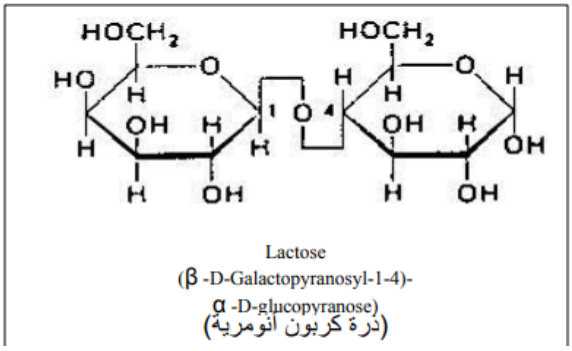
Maltose
(α -D-Glucopyranosyl-(1-4)-
α -D-glucopyranose)
(ذرة كربون انومرية)

شكل (٤- ٥)

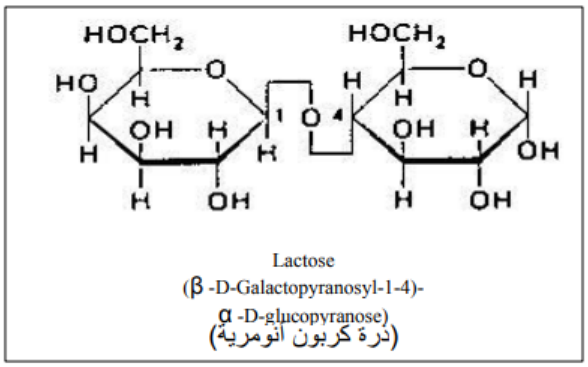
ينتج المالتوز من هضم النشا النباتي والحيواني بواسطة إنزيم الأميليز الموجود في اللعاب والأمعاء ليعطي جزيئين من الجلوكوز.

٢- اللاكتوز Lactose (سكر الحليب)

يوجد فقط في الحليب ويمكن تحلله إلى جزي جلوكوز وآخر جلاكتوز بواسطة إنزيم اللاكتيز الموجود في الأمعاء وهو إنزيم نشط لدى الأطفال الرضع ، كما أنه يعتبر من السكريات المختزلة .



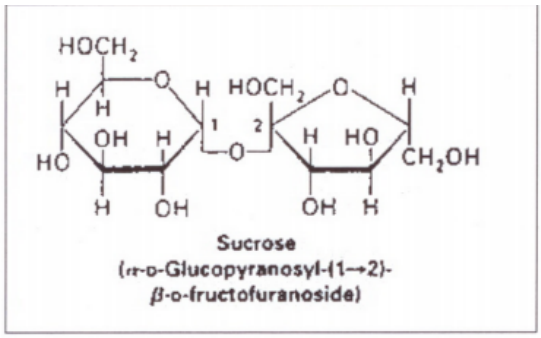
Lactose
(β -D-Galactopyranosyl-1-4)-
α -D-glucopyranose)
(ذرة كربون انومرية)



شكل (٤- ٦)

٣- السكروز Sucrose (سكر القصب)

يتحلل إلى جزي جلوكوز وآخر فركتوز بواسطة إنزيم السكريز ويطلق عليه أحياناً إنزيم إنفرتيز .



شكل (٤- ٧)

يوجد إنزيم الانفرتيز في الأمعاء والسكروز حلو المذاق ويعتبر سكر غير مختزل .

٣- السكريات العديدة Polysaccharides

هي عبارة عن سلاسل طويلة مستقيمة أو متشعبة Polymers ناتجة عن ترابط نوع واحد من وحدات سكر أحادي متكرر أو أكثر بواسطة رابطة جلايكوسيدية glycosidic bond مع حذف جزئية ماء .

تقسم السكريات العديدة إلى قسمين بناء على تركيبها الكيميائي :-

(أ) السكريات العديدة المتجانسة Homopolysaccharides

وهي سلاسل طويلة مكونة من نوع واحد من السكريات الأحادية ومن أمثلتها النشا النباتي والجلايكوجين (النشا الحيواني) .

(أ) السكريات العديدة المتجانسة Homopolysaccharides

وهي سلاسل طويلة مكونة من نوع واحد من السكريات الأحادية ومن أمثلتها النشا النباتي والجلايكوجين (النشا الحيواني) .

(ب) السكريات العديدة غير المتجانسة Heteropolysaccherides

وهي سلاسل طويلة تحتوي على أكثر من نوع من وحدات السكر المتعدد مثل حامض الهايليورونيك Hyaluronic والهيبارين Heparin .

التركيب البنائي العام للسكريات العديدة المتجانسة :

(١) النشا النباتي : Starch

هو مخزون السكريات في البطاطس وفي بعض أنواع الحبوب كالقمح – يتألف النشا من الناحية التركيبية من شقين بناء على نوع التسلسل – فكلا الشقين مكونين من نفس الوحدات ويختلفان فقط في نوعية الترابط .

ألفا – أميلوز Amylose

وفيه ترتبط وحدات الجلوكوز بروابط جلايكوسيدية ألفا (1-4) تكون فيه وحدات الجلوكوز سلسلة خطية مستقيمة ، حيث يصل أحياناً وزنه الجزئي إلى مايقارب المليون كما أن هذا الجزء يذوب بسهولة في الماء. يتحلل بواسطة إنزيم ألفا أميليز إلى جلوكوز ومالتوز .

أميلوبكتن Amylopectin

وهو الشق الثاني الذي يدخل في تركيب النشا وهو الجزء المتفرع وترتبط فيه وحدات الجلوكوز بروابط مماثلة للأميلوز إلا أنه توجد بين هذه السلاسل تفرعات ناتجة عن روابط جلايكوسيدية – وزنه الجزئي يصل إلى عدة ملايين ويذوب بصعوبة في الماء الساخن – هنالك نوعان من الرابطة ألفا (1-4) وألفا (1-6). يتحلل بواسطة ألفا أميليز وألفا 1-6 جلوكوسيديز إلى جلوكوز ومالتوز .

٢- الجلايكوجين Glycogen

يسمى النشا الحيواني ، ويوجد في أنسجة الحيوانات خاصة في الكبد والعضلات وهو يشبه الأمايلوبكتن من حيث التركيب ولكنه أكثر تفرعاً ، يحدث التفرع بين ٨- ١٢ وحدة جلوكوز – يبنى الجلايكوجين من ألفا D – جلوكوز مرتبطة بنوعين من الروابط الجلايكوسيدية وهما ألفا (1-4). يمد الجلايكوجين الجسم بما يحتاجه من طاقة عند أكسدته وفي هذه الحالة يحافظ الجسم على درجة حرارته كذلك هذه الطاقة مهمة للعمليات البيوكيميائية في الجسم خاصة الجهد العضلي والرياضة .

٣- السليولوز Cellulose

أكثر المركبات العضوية انتشاراً على سطح الكرة الأرضية. يوجد في جدران الخلايا النباتية. التركيب الكيميائي للسليولوز هو عبارة عن وحدات متكررة من سكر D – جلوكوز مرتبطة برابطة بتا (1-4) β الجلايكوسيدية – الوزن الجزئي للسليولوز $5x10^4 - 5x10^5$ لايستطيع الإنسان الاستفادة منه من الناحية الغذائية لعدم احتواء الجهاز الهضمي على إنزيم السيليوليز Cellulase الذي يحول السليولوز إلى مالتوز وجلكوز ، لكن بعض البكتيريا والفطريات والطحالب تحتوي على هذا الإنزيم لتحول السليولوز إلى سكريات ثنائية (كذلك الحيوانات المجترة) .

٤- الأنيولين Inulin

سكر متعدد مكون من وحدات من سكر الفركتوز مرتبطة مع بعضها برابطة بتا (1-2) β الجلايكوسيدية يكثر الأينولين في جذور بعض النباتات مثل الخرشوف والداليا .

٥- الكايتين Chitin

سكر متعدد يحتوي على وحدات من سكر – N – استيل – D جلوكوز أمين مرتبطة برابطة بتا (1-4) β الجلايكوسيدية – يوجد في قشور الحيوانات القشرية كالسرطان والروبيان .

(ب) السكريات العديدة غير المتجانسة

لها وظائف متعددة ومتنوعة من حيث وجودها في الأنسجة الخلوية فهي تعمل على حماية الخلايا وتدخل في عمليات التنظيم والنقل الخلوي .

سكريات غير متجانسة تركيبية مثل :-

حامض الهيال يورنيك Hyaluronic acid

يوجد في الجلد وفي الغشاء الزجاجي للعين وفي السائل مابين المفاصل .

سكريات غير متجانسة غير تركيبية :-

من أمثلة ذلك الهيبارين Heparin وهو يبدي خواص مضادة للتخثر وهو منشط لإنزيم اللايبوبروتين لايبيز الذي يسرع فصل الأحماض الدهنية من الجلسريدات الثلاثية المرتبطة مع بروتين الدم.

الدهون (الليبيدات) LIPIDS

تعريف الدهون :-

هي مجموعة من المركبات العضوية غير المتجانسة لاتذوب في الماء ولكنها تذوب في المذيبات العضوية مثل الأستيون والكحول والإثير والكلورفورم والبنزين .

وظائف الدهون :-

للدهون وظائف عديدة ولكن من أهمها :-

١- تعد الدهون مصدراً كبيراً للطاقة (أكسدة واحد جرام من الدهن تنتج ٩ كيلو سعر/ جم. الكربوهيدرات ٤ والبروتينات ٥,٥ كيلو سعر/ جم) .

٢- البروتينات الدهنية Lipoproteins هي عناصر تركيبية لأغشية الخلية كالنواة والمايكروسوم والمايتكوندريا وهى المسؤولة عن نقل الدهون في الدم .

٣- تعد الدهون مواد واقية على سطح كثير من الكائنات الحية .

٤- تعد الدهون منشطات Activators لبعض الإنزيمات مثل إنزيم مونواكسجنيز Monooxgenac

٥- تلعب الدهون المفسفرة (Phaspholipids) دوراً مهماً في نظام نقل الإلكترونات من الخلية Electrun transport system ..

أقسام الدهون Lipid classification :-

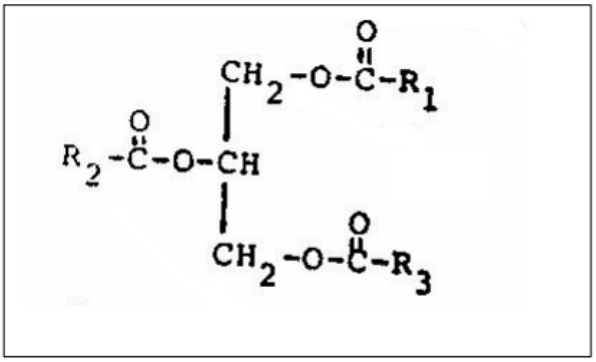
تقسم الدهون إلى ثلاثة أقسام

١- الدهون البسيطة (الليبيدات البسيطة) (Simple lipids)

تقسم الدهون إلى نوعين :-

(أ) الدهون (الشحوم) وهي عبارة عن استرات الأحماض الدهنية مع الجليسرول وتوجد في الحالة الصلبة عند درجة حرارة الغرفة – أما الزيوت النباتية فتوجد في الحالة السائلة عند درجة حرارة الغرفة نسبة لاحتوائها على نسبة كبيرة من الأحماض الدهنية غير المشبعة .

(ب) الشموع وهي استرات الحموض الدهنية مع مركبات كحولية عالية الوزن الجزيئي مثال لذلك شمع النحل .



شكل (٥- ١)

(ثلاثي اسيل الجليسرول)

٢- الدهون المركبة Compound lipids

وتتكون من أحماض دهنية مرتبطة ببعض المركبات الكحولية (كالجليسرول) بروابط ايسترية بالإضافة إلى وجود بعض المركبات الكيميائية الأخرى من أهمها :-

(أ) الدهون الفوسفاتية :-

تتميز بوجود حمض الفوسفور وبعض العناصر الأخرى مثل النتروجين بالإضافة إلى الأحماض الدهنية والكحول مثال للدهون الفوسفاتية :-

حمض الفوسفاتيك: يتركب من اثنين من الأحماض الدهنية مرتبطين بالجليسرول بالإضافة لوجود حمض الفوسفور – يعد مادة وسطية مخصصة للبناء الحيوي لثلاثي اسيل الجليسرول . أمثلة أخرى للدهون الفوسفاتية الفوسفا تيديل كولين والفوسفا تيديل سيرين وهي مركبات مهمة للأغشية الخلوية والأنسجة الدماغية والعصبية .

(ب) الدهون السكرية GlycoLipids

هي استرات الحموض الدهنية مع مركبات كحولية وتحوي مجموعة كربوهيدرات بدلاً من المجموعة الفوسفاتية – الأحماض الدهنية الموجودة ذات أوزان جزيئية عالية. مثال للدهون السكرية السيربروسايد Cerebroside وهي المكونات الرئيسة للأغلفة الدماغية والنخاع الشوكي والخلايا العصبية .

(جـ) الدهون البروتينية Lipoproteins

مجموعة من الجزيئيات ناتجة عن اتحاد بعض الدهون مع البروتينات – مثال ذلك الدهون البروتينية ذات الكثافة العالية HDL والدهون البروتينية ذات الكثافة المخفضة LDL (يعتبر ضار بصحة الانسان لاحتوائه علي نسبة عالية من الكليسترول عكس الـ HDL) ، والتي تقوم بنقل الكوليسترول إلى الخلايا .

٣- الدهون المشتقة Derived lipids :-

تنتج من تحلل الجليسريدات الثلاثية والدهون الفوسفاتية والدهون السكرية مثال ذلك الأحماض الدهنية المشبعة والاستيرويدات كالكوليسترول الذي يعد مصدراً رئيساً لعديد من المركبات مثل أحماض الصفراء التي تساعد في هضم الدهون ، كذلك يكون مصدراً لبعض الهرمونات الجنسية المذكرة والمؤنثة .

- ينتشر الكوليسترول في معظم أنسجة الحيوانات خاصة النسيج العصبي والمشحمي .
- الخلايا الحية تقوم بتصنيع الكوليسترول في مركبات صغيرة .
- يمكن الحصول على الكوليسترول في بعض الأغذية كالكبد والمخ والبيض .

الأحماض الدهنية Fatty acids

لدراسة التركيب الكيميائي للدهون (من مصادر نباتية أو حيوانية) لابد من إلقاء الضوء على ماهية الأحماض الدهنية لأنها تدخل في تركيب الكثير من المركبات الدهنية كالجليسريدات الثلاثية والدهون الفوسفاتية .

بعض الخواص العامة للأحماض الدهنية

١- هي أحماض أليفاتية طويلة السلسلة ، أحادية الكربوكسيل Monocarboxylic صيغتها التركيبية العامة (R-COOH) .

٢- تكون عدد ذرات الكربون للحامض الدهني زوجياً في الغالب ويتراوح من ٤ – ٢٤ ذرة كربون.

٣- تكون الأحماض الدهنية مشبعة أو غير مشبعة (لها درجات انصهار أقل من المشبعة) .

٤- القاعدة العامة لكتابة الأحماض الدهنية هي كتابة عدد ذرات الكربون ثم عدد الروابط المزدوجة مثال حامض الأوليك (١٨:١) .

٥- الأحماض الدهنية الأساسية هي الأحماض الدهنية التي لايمكن بناؤها داخل الجسم ويجب توفرها عن طريق الغذاء اليومي تكون غير مشبعة مثال حمض لينوليك (٢ :١٨) .

أمثلة للأحماض الدهنية Fatty acids

(أ) أحماض دهنية مشبعة Saturated fatty acids

جدول (٥- ١)

الرمز	عدد ذرات الكربون	الاسم الشائع	التركيب الكيميائي
(12:0)	١٢	لوريك	$CH_3(cH_2)_{10}$ COOH
(16:0)	١٦	بالمتك	$CH_3(cH_2)_{14}$ COOH
(18:0)	١٨	ستيرك	$CH_3(cH_2)_{16}$ COOH
(20:0)	٢٠	ارشدك	$CH_3(cH_2)_{18}$ COOH

(ب) أحماض دهنية غير مشبعة Unsaturated fatty acids

الرمز	عدد ذرات الكربون	الاسم الشائع	التركيب الكيميائي
(16:1)	١٦	بالمتيولك	$CH_3(CH_2)_5$ CH=CH$(CH_2)_7$ COOH
(18:1)	١٨	أوليك	$CH_3(CH_2)_7$ CH=CH$(CH_2)_7$ COOH
(18:2)	١٨	لانوليك	$CH_3(CH_2)_4$ CH=CH-CH_2-CH=CH$(CH_2)_7$ COOH

الفيتامينات VITAMINS

تعريف الفيتامينات :-

هي مركبات عضوية ذات صيغ تركيبية مختلفة متواجدة بكميات قليلة في مختلف الأغذية الطبيعية (النباتية أو الحيوانية) ويجب توفرها في غذاء الإنسان لما لها من فوائد كالحفاظ على معدل النمو الطبيعي .

ونلاحظ أن الاحتياجات للفيتامينات تكون بكميات قليلة لأنها لا تستعمل في وظائف تركيبية أو لإنتاج الطاقة بشكل مباشر لكنها تدخل كمواد منظمة لعمليات حيوية مهمة كالنمو وإنتاج الطاقة.

أهمية الفيتامينات :-

١- تستخدم لأغراض الإنتاج والنمو وعندما يفقد الكائن الحي قابليته على تصنيعها يتوجب تزويده بها عن طريق الغذاء اليومي .

٢- أن معظمها يتحول داخل الجسم إلى مساعدات الإنزيمات Coenzymes وعلى الخصوص الفيتامينات الذائبة في الماء حيث تشارك في عمليات التحفيز .

٣- عند غياب الفيتامينات عن الجسم ، فإن هنالك تفاعلات إنزيمية معينة تتباطأ أو تنعدم فيتولد عن ذلك أعراض مرضية .

تصنيف الفيتامينات Classification of Vitamins :-

تصنف الفيتامينات إلى صنفين أساسيين :-

١- الفيتامينات الذائبة في الماء :-

(أ) وتشمل فيتامين B المعقد (فيتامين B_1 الثيامين ، B_2 (الرايبوفلافين) النياسين ، حامض البانتوثيك ، البيريدوكسين B_6 ، البيوتين ، حامض الفوليك و B_{12} .

(ب) فيتامين C (حامض الأسكوربيك) .

٢- الفيتامينات الذائبة في الدهون :-

وهي توجد مصاحبة للدهون الموجودة في الأطعمة الطبيعية ، أهم ما يميزها أنها تخزن في الجسم بكميات لا تظهر أعراض نقصها في الغذاء إلا بعد فترة طويلة (عدة أسابيع) .

تشمل هذه الفيتامينات (A, E, D, K) .

(١) الفيتامينات الذائبة في الماء :-

فيتامين B وفيتامين C

جدول (٦- ١)

اسم الفيتامين	الاسم العلمي (الكيميائي)	المصدر	الاحتياج اليومي (مليجرام)	**أعراض نقصه** الأمراض التي تنشأ من عدم توفره
B_1	الثيامين Thiamin	الخبز (الأرز) اللحوم، الحليب ، الخضر	١,٥	مرض البريبري (إلتهاب الأعصاب وضعفها وعدم انتظام الحركة) .
B_2	الرايبوفلافين Riboflavin	الخضر ، اللحوم ، البيض ، الكبد	١,٧	تشقق الجلد والشفتين . التهاب قرنية العين وكثرة الدموع
النياسين	النياسين Niacin	الكبد ، الكلى ، البقول ، البيض	٢٠	مرض البلاجرا (قساوة الجلد) .
حامض البانتوثيك	حامض البانتوثيك Pantothenic acid	الخميرة ، الكبد ، البيض ، الحليب	١٠	تعجيل ترسيب كريات الدم الحمراء ومرض داء الثعلبة .
B_6	البيريدوكسين Pyridoxine	الخميرة ، صفار البيض ، الأسماك	٢	اضطرابات الجهاز العصبي المركزي . أمراض جلدية وضعف عام .

البيوتين	البيوتين Biotin	الكبد ، صفار البيض ، الكلية ، الحليب	٠,٣	تقشر الجلد ، إعياء شديد ، فقدان شهية آلام عضلات ، فقر دم .
حامض الفوليك	حامض الفوليك Folic acid	الخضر ، اللحوم ، الخميرة ، البيض	٥٠	نمو خلايا الدم الحمراء (نوع من أنواع فقر الدم في نخاع العظام) .
B_{12}	سيانوكوبال أميني Cyanocobal amine	الكبد ، الحليب ، اللحوم ، الجبن	٠,٠٠٥	فقر الدم الخبيث
فيتامين C	حامض الأسكوربيك Ascorbic acid	الفواكه الحمضية ، الطماطم ، الخضروات الطازجة.	١٥٠ -١٠	مرض الاسقربوط (نزف الدم وتشقق اللثة وتشوه الأسنان)

الفصل الثالث

البروتينات

الأحماض الأمينية هي اللبنة الأساسية لبناء جميع البروتينات ، كما وتعد مواد أولية لتوليد بعض الهرمونات (Hormones) والبيورينات (Purines) والبيريمودينات (Pyrimidines) والبورفيرينات (Porphyrines) والفيتامينات (Vitamines). إن عدد الأحماض الأمينية التي تبنى منها البروتينات في الطبيعة عشرون حامضاً أمينياً تنتج هذه الأحماض الأمينية إما عن التحلل الكامل للبروتين ، أو تصنع بالطرق الكيماوية.

تركيب الأحماض الأمينية

تتكون الأحماض الأمينية من ذرة كربون α ترتبط بها أربع مجاميع مختلفة هي:-

١- مجموعة كربوكسيلية $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$

٢- مجموعة أمينية $-NH_2$

٣- ذرة هيدروجين $-H$

٤- مجموعات مختلفة يرمز لها بالرمز R وتختلف من حمض أميني إلى آخر وتسمى بالسلاسل الجانبية أو المجموعات الطرفية .

$$R-\underset{\underset{NH2}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$$

توجد الأحماض الأمينية في المحاليل المتعادلة على هيئة متأنية وفي حالة التأين تكتسب المجموعة الأمينية NH_2 بروتوناً وتتحول إلى NH_3^+ أما المجموعة الكربوكسيلية فتفقد بروتوناً وتتحول إلى COO^-.

تصنيف الأحماض الأمينية

تعتمد أفضل الطرق لتصنيف الأحماض الأمينية على قطبية مجاميع R في الماء عند الرقم الهيدروجيني ٧ وهنالك أربعة أقسام على حسب هذا التصنيف :-

١- أحماض أمينية ذات سلاسل طرفية غير قطبية وكارهة للماء :-

هذه الأحماض قليلة الذوبان في الماء

الأنين (Alanine) – فالين (Valine) – ليوسين (Leucine) – ايسوليوسين (Isoleucine) – برولين (Proline) – مثيونين (Methionine) – فينيل ألانين (Phenylalanine) - تربتوفان (Tryptophan) .

(مثال) الحمض الأميني	الرمز	التركيب الكيماوي
الأنين Alanine	Ala	$CH_3 - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH$

٢- أحماض أمينية ذات سلاسل طرفية غير مشحونة ومحبة للماء :-

جلاسين (Glycine) – سيرين (Serine) – ثريونين (threonine) – سستين (Cysteine) – تيروسين (Tyrosine) – اسبارجين (Asparagine) – جلوتامين (Glutamine).

هذه الأحماض أكثر ذوبانية في الماء وذلك لأنها تحتوي على مجاميع فعالة لها المقدرة على تكوين روابط هيدروجينية مع الماء .

(مثال) الحمض الأميني	الرمز	التركيب الكيمياوي
جلاسين (Glycine)	Gly	$H - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH$

٣- أحماض أمينية ذات سلاسل طرفية مشحونة بشحنة موجبة عند الرقم الهيدروجيني (٧) :-

لايسين (Lysine) – أرجنين (Arginine) – هستدين (Histidine) .

تسمى هذه الأحماض الأمينية بالقاعدية.

(مثال) الحمض الأميني	الرمز	التركيب الكيمياوي
لايسين (Lysine)	Lys	$\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH_2} - CH_2 - CH_2 - CH_2 - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH$

٤- أحماض أمينية ذات سلاسل طرفية مشحونة بشحنة سالبة عند الرقم الهيدروجيني (٧) :-

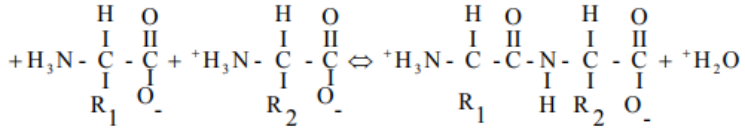
حمض اسبارتيك (Aspartic) – حمض جلوتاميك (Glutamic acid) .

تسمى هذه الأحماض الأمينية بالحامضية.

(مثال) الحمض الأميني	الرمز	التركيب الكيمياوي
حمض اسبارتيك (Aspartic acid)	ASP	$HOOC - CH_2 - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH$

الببتيدات

ترتبط الأحماض الأمينية باتحاد مجموعة كربوكسل لأحد الأحماض الأمينية مع مجموعة الأمين من حمض أميني آخر مع فقد جزيء ماء (شكل رقم ٢- ١).



وتسمى الرابطة بينهما بالرابطة الببتدية ، وعند ارتباط حمضين أمينين برابطة ببتدية يسمى ثنائي الببتيد Dipeptide وعند ارتباط ثلاثة حموض أمينية يسمى ثلاثي الببتيد وعند ارتباط عدد كبير من الحموض الأمينية تسمى عديد الببتيد Polypeptide ويكون للسلسلة الببتدية اتجاه معين للمجموعة الأمينية الطرفية لا ترتبط بحمض أميني جديد بينما المجموعة الكربوكسيلية يمكن أن ترتبط مع حمض أميني آخر .

البروتينات – التركيب والوظيفة
PROTEINS-STRUCTURE & FUNCTION

تعريف البروتينات

تعرف البروتينات بأنها مركبات ذات أوزان جزيئية عالية تتراوح ما بين $1X10^{4}$ -$1X10^{6}$ دالتون ، مكونة من وحدات الأحماض الأمينية الفا مترابطة مع بعضها بواسطة رابطة الببتيد.

وظائف البروتينات functions of proteins

للبروتينات وظائف مختلفة يمكن إجمالها بما يأتي :-

١- إنزيمات Enzymes :

وهي عوامل بيولوجية مساعدة Biocatalysts ، ويزيد عددها على أكثر من 1500 إنزيم ، كل منها يحفز تفاعلاً كيميائياً معيناً. مثل رايبو نيوكلييز. لاكتيت، ديهيدروجنيز. فوسفاتيز. هكسوكاينيز.

٢- عناصر تركيبية Structural elements

تدخل تحت هذا الباب بروتينات مختلفة كالبروتين الليفي المسمى الكولاجين Collagen الذي يدخل في تركيب الأنسجة الرابطة حيث يساعد على ربط مجاميع الخلايا لتكوين الأنسجة في الحيوانات الراقية. وهناك الاستين elastin الذي يدخل في تركيب جدران الأوعية الدموية. ومن البروتينات التركيبية الأخرى الكيراتين Keratin الذي يدخل في تراكيب الجلد والشعر والأظافر والريش.

٣- البروتينات الناقلة Transport proteins

هناك مركبات معينة يتم نقلها من نسيج إلى آخر بوساطة بروتينات ناقلة. فعلى سبيل المثال ، ينقل الهيموجلوبين الأوكسجين من الرئتين الى الأنسجة المختلفة حيث يرتبط الأوكسجين بذرات الحديد الموجودة في مجاميع الهيم heme الأربعة في جزيئة الهيموجلوبين. يتحد الألبومين albumin الموجود في مصل الدم في الأحماض الدهنية الحرة free fatty acids فيتم نقلها بين الأنسجة الدهنية والأعضاء

الأخرى في الفقريات. وهناك البروتين المسمى بتا – لايبوبروتين β-lipoprotein الموجود في الدم الذي يقوم بنقل الدهون عن طريق الدم.

٤- هرمونات Hormones

هناك عدد من الهرمونات تعد ذا تركيب بروتيني وعلى العموم فالهرمونات هي مركبات ، تفرز من الغدد الصماء ، وتعمل على سيطرة العمليات الحياتية في الجسم. فهرمون الأنسولين Insulin يفرز من غدة البنكرياس ويقوم بتنظيم العمليات الحياتية لسكر الجلوكوز ونقصه في الإنسان يسبب مرض السكر Diabetes mellitus وهرمون النمو Growth hormone الذي يفرز من الغدة النخامية الأمامية الذي ينظم عملية النمو والتكامل وهرمون تحت الدرقية parathyroid hormone الذي ينظم العمليات الحياتية للكالسيوم والفوسفات.

٥- عوامل وقائية Protective agents

إن لبعض البروتينات وظائف دفاعية أو وقائية ضد الفيروسات Viruses والبكتريا الضارة. وتسمى هذه البروتينات الأجسام المضادة antibodies حيث تتحد مع الأجسام الغريبة التي تدخل الجسم والتي تدعى antigens وتعطلها عن عملها.

٦- البروتينات الخازنة Storage Proteins

وهذا النوع من البروتينات يستخدم لخزن المواد الغذائية مثل البومين زلال البيض Ovalbumin والحليب يحتوي على الكازين Casein. وبروتينات البذور النباتية الغنية بالبروتين كالفاصوليا واللوبيا والبزاليا. والفيريتين Ferritin الموجود في الأنسجة الحيوانية والحاوي على عنصر الحديد.

٧- البروتينات المتقلصة Contractile Proteins

تعمل بعض البروتينات كعناصر أساسية في التقلص Contraction والانبساط relaxation وأهم هذه البروتينات المعروفة الآكتين Actin والمايوسين Myosin كعنصرين أساسيين للجهاز الحركي العضلي.

٨- بروتينات لصيانة الضغط الأسموزي وأس ايون الهيدروجين

Proteins for maintenance of osmotic Pressure and pH

تؤدي بروتينات بلازما الدم وخصوصاً الألبومين ، دوراً مهماً للمحافظة على الضغط الأسموزي للخلايا النسيجية وإبقاء الأس الهيدروجيني بالمعدل الطبيعي pH 7.4 لاستمرار الحياة في الخلية .

تقسيم البروتينات:-

تنقسم البروتينات من حيث تركيبها إلى ثلاثة أقسام رئيسة:-

البروتينات البسيطة – البروتينات المرتبطة – البروتينات المشتقة

١- البروتينات البسيطة:-

وهي عبارة عن البروتينات المتكونة من أحماض أمينية فقط وغير مرتبطة بمركبات أخرى ومن تحللها فإنها تنتج خليطاً من الأحماض الأمينية.

وتنقسم البروتينات البسيطة على حسب شكلها إلى قسمين رئيسين:-

أ- البروتينات الليفية – وهي عبارة عن بروتينات على شكل ألياف ولا تذوب في الماء كما إنها لا تهضم ومن أمثلتها الكولاجين وهو من المكونات الرئيسة للأنسجة الضامة للغضاريف – والاستين ويوجد في العضلات والكرياتين ويوجد في الشعر ، والأظافر .

ب- البروتينات الكروية – وتتكون من سلاسل ببتيدية متعددة منطوية بشدة لتكون كرات متراصة. وتذوب أغلب البروتينات الكروية في المحاليل المائية ومعظم الإنزيمات المعروفة عبارة عن بروتينات كروية وكذلك المضادات الحيوية. وتشمل البروتينات الكروية الالبيومينات مثل البيومين البيض والجلوبيولينات مثل جلوبيولين سيرم الدم والهستونات .

٢- البروتينات المرتبطة:

وتتكون من بروتينات بسيطة مرتبطة بمركبات غير بروتينية ويسمى الجزء غير البروتين باسم المجموعة المرتبطة .

وتنقسم هذه البروتينات إلى ما يلي:-

أ/ البروتينات النووية Nucleoproteins :

وهي تحتوي على بروتينات بسيطة مثل الهستونات أو البروتامينات مرتبطة مع حمض نووي (DNA , RNA) وهي توجد في أنوية الخلايا وفي السيتوبلازما والميتوكوندريا.

ب/ البروتينات الفوسفاتية:

وهي بروتينات بسيطة مرتبطة مع حمض الفوسفوريك برابطة استرية ومن أمثلتها كازين الحليب (Casein) .

ج/ البروتينات الكربوهيدراتية Glycoprotein :

وفي هذه الحالة تكون المجموعة المرتبطة عبارة عن كربوهيدرات ومن أمثلتها الميوسين الموجود في اللعاب.

د/ البروتينات الملونة Chromoproteins :

وهي عبارة عن بروتين بسيط متحد مع مركب ملون ومن أمثلتها الهيموجلوبين والسيتوكروم.

هـ/ البروتينات الدهنية Lipoproteins :

وهي عبارة عن بروتينات بسيطة مع الدهون وتوجد في سيرم الدم والمخ والأنسجة العصبية.

و/ البروتينات المعدنية Metalloproteins :

وهي عبارة عن بروتينات بسيطة مرتبطة مع أيونات غير عضوية مثل الماغنسيوم والكالسيوم ومن أمثلتها العديد من الإنزيمات التي تحتاج إلى هذه الأيونات في عملها.

٣- البروتينات المشتقة:-

وهي البروتينات التي تتكون نتيجة تأثير بعض العوامل الطبيعية أو الكيميائية على البروتينات وتغير من تركيبتها الطبيعية ولكنها تحتفظ بخواصها العامة المميزة ومن أمثلتها الببتون Peptones والبروتيوسس Proteoses .

البناء الكيميائي للبروتينات Protein structure

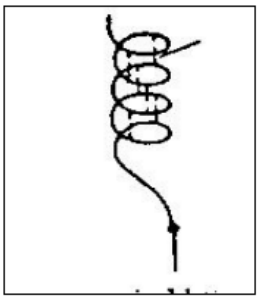
تعتمد البروتينات في صفاتها الكيميائية والفيزيائية على البناء التركيبي الكيميائي وتختلف البروتينات بالنسبة لهذا البناء. وللبروتينات مستويات بنائية أربعة:-

١- البناء الأولي Primary structure

ويتحدد هذا البناء بنوع وعدد الأحماض الأمينية وطريقة ارتباطها مع بعضها وترتيبها بواسطة الروابط الببتيدية.

٢- البناء الثانوي secondary structure

ويشير إلى ارتباط الأحماض الأمينية القريبة من بعضها في السلسلة الببتيدية بواسطة روابط هيدروجينية بين o=c ---NH مما يؤدي إلى انطواء السلسلة الببتدية على شكل حلزوني. شكل (٣- ١) الذي يسمى α - helix .



شكل (٣- ١)

٣- البناء الثلاثي Tertiary structure

ويشير إلى ارتباط الأحماض الأمينية البعيدة عن بعضها بالسلسلة البيتدية الواحدة إما بروابط هيدروجينية أو كبريتية أو أيونية أو استيرية مما يؤدي إلى انطواء السلسلة الببتدية المتعددة لتأخذ شكلها الطبيعي.

٤- البناء الرباعي Quatenary structure

تظهر البروتينات المحتوية على أكثر من سلسلة ببتيدية متعددة واحدة مستوى آخر التنظيم البنائي يطلق عليه التركيب الرباعي ويشير هذا التركيب إلى كيفية ارتباط السلاسل مع بعضها البعض ويطلق

على كل سلسلة ببتدية متعددة في التركيب الرباعي بالوحدة الفرعية Subunit. ومن الأمثلة على التركيب الرباعي هو تركيب الهيموجلوبين الذي ينقل الأوكسجين في الجسم حيث يتركب من اربع وحدات فرعية أو أربع سلاسل ببتيدية .

ترسيب البروتينات:-

١/ التمليح الخارجي والداخلي للبروتينات Salting in and salting out of protein .

عند إضافة محلول متعادل من كلوريد الصوديوم أو كبريتات المغنسيوم أو كبريتات الأمونيوم تترسب البروتينات معتمدة على نوعية وعلى تركيز هذه الأملاح. وأسباب حدوث الترسيب يرجع إلى إما تعادل شحنات جزيئات البروتين بواسطة الشحنات التي تحملها أيونات الأملاح. ونتيجة لهذا التعادل فإنها تتجمع وتنفصل أو أن تراكيز الأملاح العالية تعمل على إزالة الماء من حول البروتين وبذلك تعمل على تقليل ذوبانيته وتسمى هذه الظاهرة بالتمليح الخارجي Salting out وفيها تترسب البروتينات وهي بحالتها الطبيعية ويمكن إعادة إذابتها بدون أن تفقد صفاتها الحيوية. أما التراكيز القليلة من الأملاح المتعادلة فإنها تزيد من ذوبان البروتينات في المحلول وتسمى بالتمليح الداخلي Salting in وتعتبر الأيونات ثنائية الشحنه مثل $HgCl_2$ - SO_4 $(NH_4)_2$ أكثر تأثيراً من الأيونات ذات الشحنة الأحادية مثل KCl , NaCl كما أن قابلية الأملاح المتعادلة لإذابة البروتينات تعتمد على القوة الأيونية فعندما تزداد يترسب البروتين ويدخل مرحلة التمليح الخارجي.

٢/ الترسيب بواسطة المعادن الثقيلة:-

تتم عملية الترسيب بوساطة اتحاد البروتين مع أيونات المعادن الثقيلة غير الذائبة مثل Ag^+ و Hg^{++} عند ترسيب البروتين بهذه الطريقة فإنه يفقد صفاته الحيوية.

تغيير الصفات الطبيعية للبروتينات (المسخ) Denaturation of Proteins

يتضمن المسخ التغيرات التي تطرأ على جزئية البروتين من النواحي الفيزيائية والكيمياوية والخواص الحياتية. إن العوامل المسببة لمسخ البروتين تشمل مايأتي :-

١- تعرض البروتين إلى درجة حامضية أو قاعدية عالية جداً.

٢- التعرض لدرجات الحرارة العالية (تصلب بياض البيض عند التسخين).

٣- التعرض للأشعة فوق البنفسجية.

٤- التعرض إلى الموجات فوق الصوتية Ultrasonic vibration .

٥- الرج والتحريك القوي لمحلول مائي من البروتين مما يتولد عن ذلك فقاعات ورغوة على سطح البروتين.

٦- تعرض البروتين إلى تراكيز عالية من مركبات قطبية كاليوريا والجواندين التي تعمل على تحطيم الروابط الهيدروجينية.

٧- معاملة البروتين لبعض المذيبات العضوية كالكحول الأثيلي والأستون. ويمكن السيطرة على مسخ البروتين في هذه الحالة باستخدام مذيب عضوي في درجة حرارة منخفضة.

٨- عملية سحق البروتين بأدوات ميكانيكية من شأنها تشويه البروتين.

بعض التغيرات التي تطرأ على البروتين المسخ وهي:-

١- انخفاض في قابلية الذوبان.

٢- انفكاك طيات سلاسل متعدد الببتيد ، وينجم عن ذلك فقدان كل من التركيبين الحلزوني الفا وثلاثي الأبعاد لأشكالها الهندسية المنسقة والمتميزة وتتحول إلى التواءات عشوائية. أما سلسلة متعدد الببتيد والأواصر الببتيدية ، فتبقى سليمة.

٣- يسهل تحلله بواسطة الإنزيمات المحللة Proteolytic enzymes .

٤- فقدان كبير للفعالية البايولوجية. (مثال لذلك الانزيمات).

إن إرجاع البروتين المسخ إلى وضعه الطبيعي أو الفطري Native form يتوقف على عدة عوامل ، منها طبيعة تركيب البروتين والمدة الزمنية التي عرض إليها البروتين للمسخ ، وكذلك عمق المسخ ، ونوعية العامل المسبب للمسخ.

وعلى العموم ، فإن المسخ هو حالة غير عكسية Irreversible ، ولو أن هناك حالات استثنائية أمكن إرجاع البروتين المسخ إلى وضعه الطبيعي ، ومنها مايأتي:-

١- مسخ الهيموجلوبين باستخدام حامض قوي وإعادة الهيموجلوبين الممسوخ إلى وضعه الطبيعي Denaturation ، وذلك بتعامله تحت ظروف ملائمة.

٢- مسخ إنزيم رايبونيوكلييز البنكرياسي بالحرارة ثم يسترجع تركيبه ثلاثي الأبعاد وفعاليته البايولوجية تدريجياً عند الرقم الهيدروجيني 7.0 وفي درجة حرارة الغرفة .

الإنزيمات ENZYMES

تعريف الإنزيمات :-

هي عبارة عن مواد بروتينية تتكون بواسطة الخلايا وتعمل كعوامل مساعدة للتفاعلات التي تحدث بخلايا الكائن الحي وتعمل في أنسجة الجسم عند درجة حرارة الجسم ودرجة pH مماثلة لدرجة pH الجسم .

الخواص العامة للإنزيمات :-

١- تدخل الإنزيمات التفاعلات بكميات قليلة دون أي تغير في تركيبها الكيميائي . وللإنزيمات تخصص في عملها إذ لكل مركب إنزيم معين يستطيع أن يحلله ، تخصص الإنزيمات في أهم الظواهر الحيوية التي بدونها لاتتم عملية الأيض .

٢- يؤدي الإنزيم وظيفته بصورة كاملة تحت الظروف الفيزيولوجية من درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني pH وتركيز المادة الأساس .

٣- في التفاعلات الإنزيمية مادة الأساس تتحول بكفاءة وسرعة عاليتين ، لكن التفاعلات الأخرى نجد أن نسبة معينة من المادة الأولية تتحول إلى ناتج والباقي من المادة يُفقد في كثير من التفاعلات الجانبية ، لا تغير الإنزيمات ثابت الاتزان .

٤- تحتوي بعض الإنزيمات على مكونات كيميائية يحتاجها الإنزيم لإبداء نشاطه التام وتسمى العوامل المساعدة Cofactors تكون على شكل معادن مثل الحديد والماغنسيوم أو على شكل جزئيات عضوية تسمى مرافقات الإنزيم (Coenzymes) .

٥- ترتبط العوامل المساعدة أحياناً مع الجزء البروتيني من الإنزيم بقوة ويطلق عليها في هذه الحالة المجموعة الرابطة Prosthetic group .

استعمالات الإنزيمات :-

١- لدراسة مسار من المسارات للتفاعلات البيولوجية وتنظيم هذه التفاعلات .

٢- لدراسة تركيب عمل الإنزيمات وآليتها .

٣- تستخدم في الصناعة كعوامل مساعدة بيولوجية لتصنيع الهرمونات والعقاقير .

٤- تستخدم دراسة فعالية الإنزيمات الموجودة في مصل الدم سريرياً كمؤشر لمعرفة حالة مرضية معينة .

تقسيم الإنزيمات :-

١- إنزيمات الأكسدة والاختزال Oxidoreductase

وتشمل الإنزيمات التي تدخل في عملية الأكسدة والاختزال مثل هيدروجنيز الكحول .

٢- إنزيمات ناقلة Transfers

تعمل على نقل مجموعة فعالة من مركب إلى مركب آخر. مثال لذلك نقل مجموعة أمين (NH_2) أو فوسفات من مركب آخر .

٣- إنزيمات التحلل المائي Hydrolyses

تعمل على تحليل الروابط الببتيدية والأسترية والروابط الجليكوسيدية مثل إنزيمات الهضم ومنها إنزيم الأميليز الذي يحلل النشا إلى سكريات بسيطة .

٤- لاييز Lyases (الحذف أو الإضافة)

تساعد على إزالة مجموعة كيميائية أو إضافة مجموعة كيميائية من مركب كيميائي بدون تحليل مائي وهذه الإنزيمات تعمل على الروابط (C-C) (C-O) (C-S) مثال إنزيم ديكاربوكسليز .

٥- الإنزيمات المناظرة Isomerases

تعمل على تحويل مركب إلى مركب آخر مناظر له مثال لذلك ايسوميريز .

٦- الإنزيمات الرابطة Ligases (الإنزيمات الرابطة)

تعمل على ربط جزيئين معاً مع تحلل المركب ادنوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) للحصول على الطاقة مثال لذلك تايروسنيز Tyrosinase .

طريقة عمل الإنزيمات :-

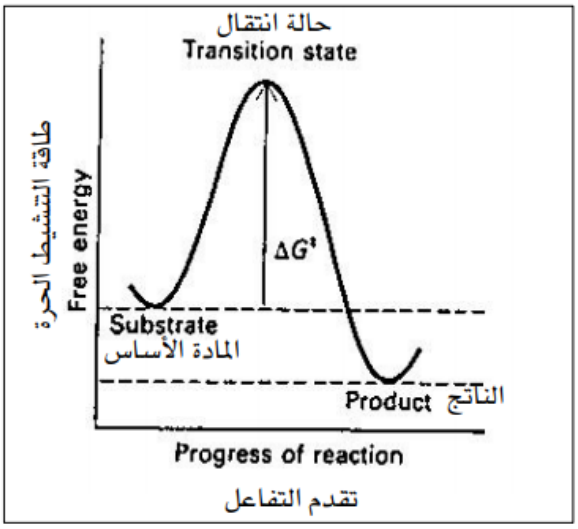
لحدوث التفاعل الكيميائي :

$$A \leftrightarrow B$$

يجب أن تمر جزيئات المادة A على مرحلة انتقالية تكون فيها طاقة التنشيط الحرة أعلى من كل من جزيئات المواد المتفاعلة A والمواد الناتجة B (شكل ٣- ١) وتعرف طاقة التنشيط على أنها كمية الطاقة بالسعرات اللازمة لجلب جميع الجزيئات الموجودة في وزن جزيئي جرامي لمادة عند درجة حرارة معينة لحالة التفاعل .

ويقوم عمل الإنزيمات أساساً على تقليل طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل مما يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل زيادة كبيرة .

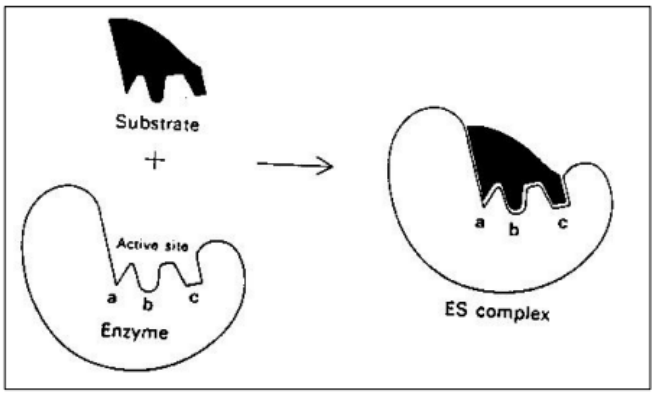
تسبق عملية تكون وتفكك الروابط الكيميائية بمساعدة الإنزيمات تكون مركب معقد بين الإنزيم والمادة الأساس (المادة التي يشتغل عليها الإنزيم) Enzyme-substrate complex (ES) حيث ترتبط المادة الأساس بمنطقة معينة على الإنزيم تسمى الموقع الفعال Active site وهناك طريقتان مقترحتان لارتباط الإنزيم مع المادة الأساس .



شكل (٣- ١)

١/ طريقة القفل والمفتاح Lock and key model

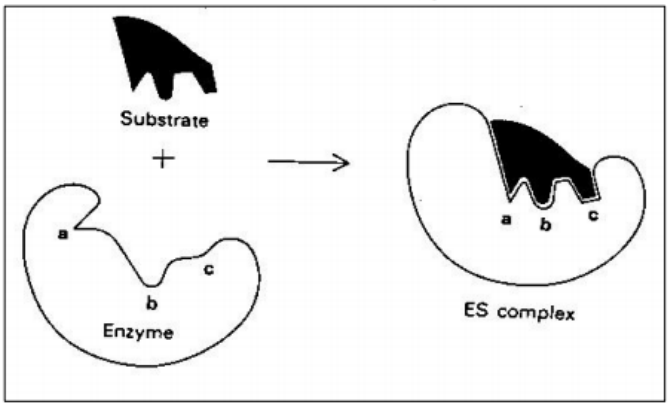
وفي هذه الحالة تكون المادة الأساس لها تركيب معين بحيث ترتبط من الموقع الفعال كما يرتبط المفتاح مع القفل شكل (٣- ٢) ومعنى هذا أن الإنزيم لايستطيع أن يرتبط بمادة أساس أخرى وهذا يدل على درجة كبيرة من التخصص في عمل الإنزيمات .



شكل (٣- ٢)

٢/ طريقة الارتباط بالحفز Induce-fit model

وفي هذه الحالة يغير الإنزيم من شكله عند ارتباطه مع المادة الأساس ويصبح للموقع الفعال شكلاً مكملاً لشكل المادة الأساس فقط بعد ارتباطها شكل (٣- ٣) .

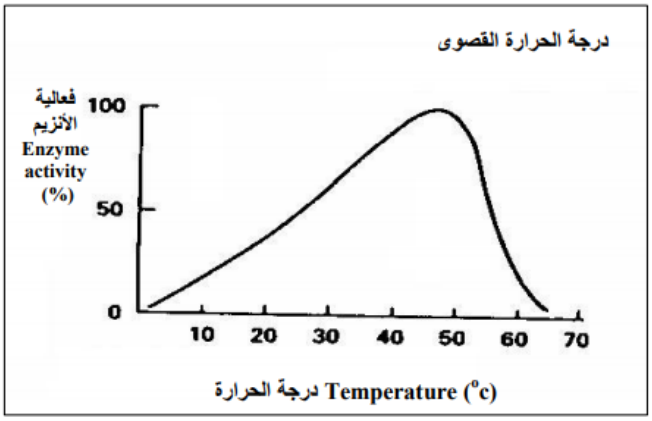


شكل (٣- ٣)

العوامل المؤثرة على درجة النشاط الإنزيمي والتفاعلات المحفزة بواسطة الإنزيمات

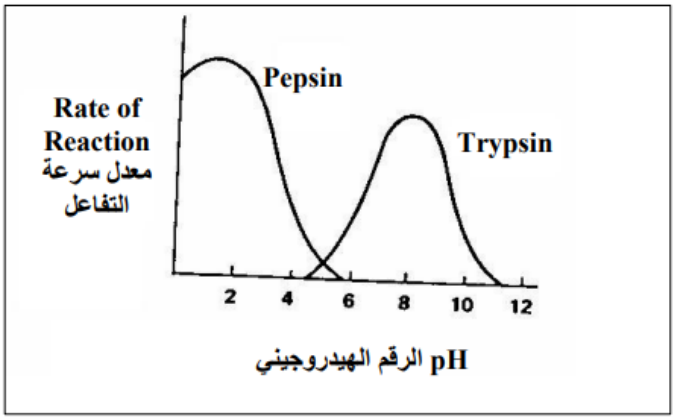
١- درجة الحرارة

يزداد معدل سرعة التفاعل المحفز بالإنزيم كلما زادت درجة الحرارة والنشاط الإنزيمي يتضاعف لكل ١٠ درجات مئوية. يزداد نشاط الإنزيم حتى يصل قمة النشاط عند درجة ٣٧ درجة مئوية (درجة حرارة الجسم) ويقل النشاط الإنزيمي بعد درجة ٥٥ درجة مئوية بسبب تفكك الروابط الهيدروجينية .



شكل (٣- ٤)

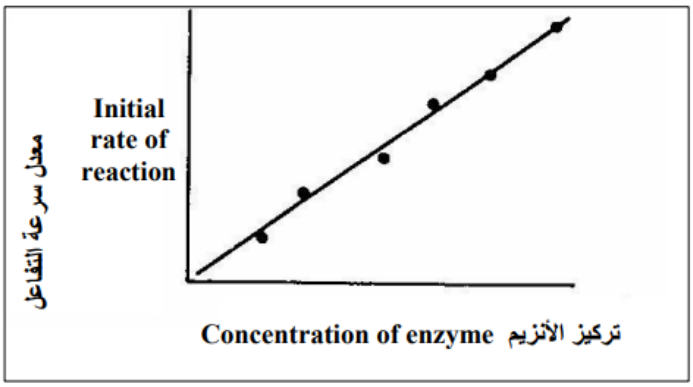
تأثير الرقم الهيدروجيني



شكل (٣- ٥)

لكل إنزيم رقم هيدروجيني (pH) عنده يبدي الإنزيم أقصى فعاليته ويسمى الرقم الهيدروجيني الأعظم pH optimum . مثال إنزيم الببسين له رقم هيدروجيني أعظم ٢ والتربسين ٨ .

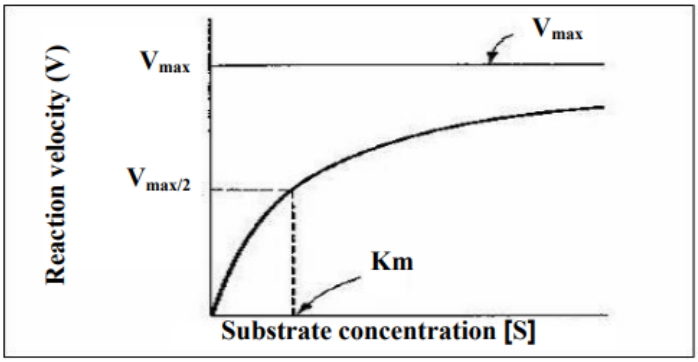
٣- تركيز الإنزيم



شكل (٣- ٦)

زيادة تركيز الإنزيم مع بقاء تركيز المادة الأساس ثابتة فإن سرعة التفاعل تزداد كما هو موضح في الشكل .

٤- تركيز المادة الأساس



مع ثبات تركيز الإنزيم نجد أن في التراكيز المخفضة للمادة الأساس سرعة التفاعل تزداد طردياً مع زيادة المادة الأساس ولكن بزيادة أكثر للمادة الأساس فإن سرعة التفاعل لاتزداد وتبقى ثابتة عند السرعة وتسمى السرعة القصوى Vmax .

مثبطات الإنزيمات Enzyme Inhibitors

هنالك كثير من المواد التي تثبط الإنزيمات وتقلل في السرعة الابتدائية للتفاعلات المحفزة بواسطة هذه الإنزيمات. وتعتمد طبيعة التثبيط على نوع الارتباط بين المثبط والإنزيم .

١- التثبيط غير العكسي Irreversible Inhibition

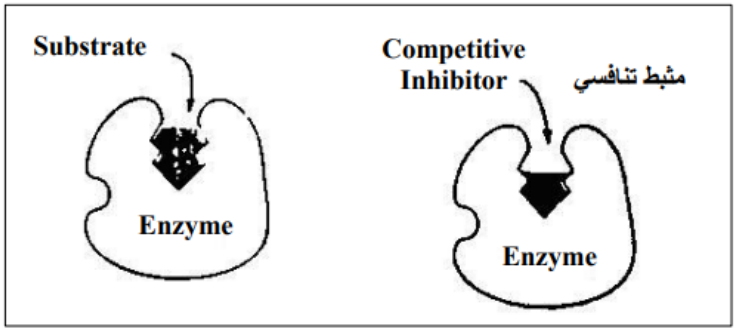
في هذه الحالة يرتبط المثبط إرتباطاً وثيقاً يصعب انفصاله إلى المنطقة الفعالة بالإنزيم مما يمنع ارتباط المادة الأساس ويفقد الإنزيم فعاليته. مثال لذلك مركب (DFP) وهو من مكونات غاز الأعصاب الذي يستخدم في الحروب وهو يؤثر على إنزيم الكولين استيريز ويسبب الشلل للإنسان والحيوان .

٢- التثبيط العكسي Reversals Inhibition

في هذه الحالة يرتبط المثبط ارتباطاً يسهل انفصاله مع الإنزيم وهنالك نوعان من التثبيط العكسي :-

(أ) التثبيط التنافسي Competitive Inhibitor

وفي هذه الحالة يشابه المثبط التنافسي في تركيبه لتركيب المادة الأساس ويرتبط بالموقع الفعال للإنزيم مما يؤدي إلى منع المادة الأساس من الارتباط بنفس الموقع .

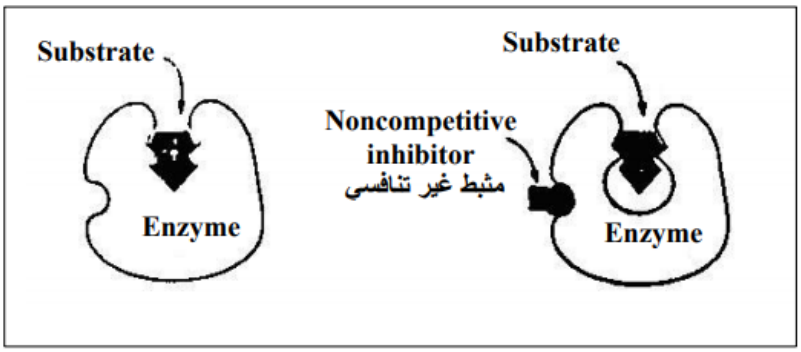


شكل (٣- ٨)

ويخفض المثبط التنافسي من سرعة التفاعل المحفز بواسطة الإنزيم وذلك بالإقلال من نسبة جزيئيات الإنزيم التي ترتبط بها المادة الأساس لذلك عند زيادة كمية المادة الأساس يمكن أن يزال أثر ذلك المثبط – مثال لذلك الإنزيم سكسنيت ديهيدروجنيز (Succinate delydrogenasc) بواسطة المالونيت (Malonate) .

(ب) التثبيط غير التنافسي Noncompetitive Inhibition

وهو ارتباط المثبط إلى موضع في الإنزيم غير المنطقة النشطة .



شكل (٣- ٩)

هذا الارتباط يؤدي إلى تغير المنطقة الفعالة فلا يستطيع الارتباط مع المادة الأساس – مثال لذلك بعض الإنزيمات تحتاج لوجود بعض المعادن لنشاطها مثل الكالسيوم والماغنسيوم فهذه الإنزيمات تثبيط غير تنافسي بواسطة المواد التي تثبط الارتباط مع هذه المعادن .

الفرق الرئيس بين التثبيط التنافسي وغير التنافسي في حالة المثبط التنافسي يمكن إزالة هذا التثبيط بزيادة تركيز المادة الأساس أما في حالة التثبيط غير التنافسي فإن زيادة تركيز المادة الأساس لاتؤدي إلى إزالة التثبيط .