كلية الزراعة /جامعة البصرة

قسم علوم الاغذية

كيمياء البروتينات

PROTEINS CHEMISTRY

Proteins Chemistry Dr. Alia zyara

محاظرات كيمياء بروتين متقدم

أ.م. د. عالية زيارة هاشم

البروتينات PROTEINS

البروتينات مركبات عضوية نتروجينية معقدة التركيب ذات وزن جزيئي مرتفع توجد في خلايا وانسجة جميع الكائنات الحية النباتية والحيوانية ، وقد أطلق العالم الكيميائي الهولندي مودلر مسمى بروتين على تلك المادة الحيوية وذلك في عام1838م وكلمة بروتين مشتقة من اللغة اليونانية وتعني الشيْ ذو الأهمية الأولى. اذا انها من المكونات الاساسية لبروتوبلازم الخلية وتدخل في تركيب العديد من النسجة النباتية والحيوانية مثل اللحوم والبيض والدم واللبن والريش والشعر والجلود والحوافر والبذور والثمار واوراق النباتات والكائنات الحية الدقيقة .وللنباتات القدرة على تخليق الاحماض الامينية والبروتينات من مواد وعناصر اولية ،اما بروتينات الخلية الحيوانية فان مصدرها الاساسي بروتينات الغذاء لان الحيوان ليس له القدرة على تخليق البروتين اللازم له من عناصر اوليه كما في النبات.

وتؤدي البروتينات وظائف فيسيولوجية وحيوية هامة في الخلية الحية فوظيفتها الاساسية بناء الانسجة الجديدة ، وتجديد التالف منها وتمد الجسم بجزء من الطاقة . وينتمي الى البروتينات كثير من المركبات والمواد التي لها اهميتها الحيوية مثل الانزيمات Enzymes والهرمونات Hormones مثل الانسولين وكذلك فان الاجسام المضادة Antibodiesوالكروموسومات Chromosomes والفيروس Virus كلها تنتمي الى البروتينات .واصبح الان معروفا اكثر من 300 حامض اميني يوجد منهم 20 حامض اميني فقط في البروتينات الحيوانية والنباتية .

تقسيم البروتينات

Protein Classification

- **التقسيم حسب المصدر الغذائي:**

تقسم البروتينات حسب المصدر الغذائي إلى بروتينات حيوانية أوبروتينات نباتية.

- **تقسيم البروتينات من حيث التركيب الكيميائي:**

يتم تقسيم البروتينات وفقاً لتركيبها الكيميائي إلى ثلاثة أنواع وهي البروتينات البسيطة والبروتينات

المركبة والبروتينات المشتقة.

١- بروتينات بسيطة Simple proteins

البروتين البسيط هو الذي يعطي عند تحللة احماض امينية فقط ولايعطي مركبات اخرى وتنقسم هذه البروتينات الى الى عدة اقسام تبعا للوزن البجزيئي لها وقابليتها للذوبان في المذيبات المختلفة مثل الالبومينات والكلوبيولينات والبرولامينات والكلوتيلينات والبروتامينات والهستونات .

Proteins Chemistry Dr. Aria Zyara

٢- بروتينات مركبة او المرتبطة Conjugated proteins

البروتين المركب هوالذي يعطي عند تحلله احماض امينية بجانب مركبات اخرى والذي يمكن تقسيمة بحسب الطبيعة الكيميائية لنوع الجزء المرتبط به الى:

أ- البروتينات النووية Nucleoproteins

وتعد من اهم المركبات التي تدخل في تركيب النواة الحيوانية والنباتية والاحياء الاخرى وتتكون من اتحاد بروتين بسيط مع حامض ننوي DNAاوRNA والبروتين البسيط لهذه المجموعة هو الهستون والبروتامين

ب- البروتينات الكاربوهيدراتية Glycoproteins

وهي بروتينات حيوانية مرتبطة مع السكريات المتعددة مثل الهيبارين الذي يوجد في دم الثديات وتوجد في السوائل المخاطية بجسم الانسان والحيوان تحتوي على المجاميع المرتبطة اما كلوكوزامين او كالاكتوز او مانوز وتعطي هذه البروتينات كشفي بايوريت Biuret ومولش Molich الاول للبروتينات والثاني للمواد الكاربوهيدراتية ومن انواعها الميوسين .

ج-البروتينات الدهنية Lipoprotein

تحتوي على احد المجاميع المرتبطة الاتية (فوسفوليبيد- ليبيد متعادل – كولسترول) ويوجد هذا البروتين في بلازما الدم واغلبها مكونة لجدار الخلايا وكذلك في صفار البيض مثل الفايتلين .

ح-البروتينات الفوسفاتية:phosphor protein: ترتبط البروتينات البسيطة مع حامض الفوسفوريك عن طريق الثريونين والسيرين مثل الكازينCasein الموجود في الحليب والفايتلينvitellin في صفار البيض

د- البروتينات الملونة او البروتينات فلزية Chromo proteins or metallo proteins

رتتبط البروتينات البروتينات البسيطة مع مركبات ملونة تحتوي علىعنصر احد المعادن الثقيلة كمجموعة مرتبطة مثل الحديد في الهيموكلوبين والنحاس كمجموعة مرتبطة في السايتوكرومات او الزنك كمجموعة مرتبطة مثل انزيم ديهيدروجينيز .

. البروتينات المشتقة Derived proteins

وهي البروتينات التي تتكون نتيجة تاثير بعض العوامل الطبيعية او الكيميائية على البروتينات وتغير من تركيبها الطبيعي ولكنها تحتفظ بخواصها العامة المميزة .

Proteins Chemistry Dr. Ali Alwan

وتقسم إلى قسمين حسب المشتق وحجم الجزيئة:

أ-المشتقات البروتينية الاولية The Primary protein derivatives

تسمى أولية لأنها اول المشتقات التي تنتج عند تعرض البروتينات الى محورات كيميائية او فيزيائية وتبدل من طبيعتها وتبقى جزيئاتها كبيرة ويمكن تسميتها بالبروتينات المحورة ومنها البروتينات المتخثرة بفعل الحرارة او الكحول مثل الالبومين والكلوبيولين .

ب-**بروتينات الميتاMetaprotein** وتنتج عن تأثرالبروتين بالحوامض والقواعد مثل الجيلاتين وهو مشتق الكولاجين وتكون عديمة الذوبان في الماء والاحماض المعدنية المركزة او الاملاح المعادلة لكنها تذوب في الاحماض والقواعد المخففة .

ب- **المشتقات البروتينية الثانويةSecondary Protein derivatives**

وهي النواتج المختلفة من التحلل المائي للبروتينات وتشمل

- البروتيوزات **Propteoses:** تنتج عن التحلل الجزئي للبروتين ، وقد تكون اولية او ثانوية وتكون ذائبة في الماء ولاتتجلط بالحرارة وتترسب بالتشبع النصفي بكبريتات الامونيوم وحامض النتريك المركز وتسمى بالبروتيزات الثانوية Secondary Propteoses اما الاولية فهي PrimaryPropteoses فهي تذوب في الماء ايضا ولاتتجلط بالحرارة وتترسب بالتشبع الكامل لكبريتات الامونيوم .

- الببتوناتPeptones:تذوب في الماء ولاتترسب بالحرارة او بواسطة كبريتات الأمونيوم بل في حامض التانك وخلات الرصاص .

- الببتيدات **Peptides.**

-الاحماض الامينية Amino acids

- **تقسيم البروتينات حسب وظائفها**

يمتاز البروتين بتعدد وظائفة فيمكن تقسيم البروتين على حسب مايقوم به من وظائف الى :

١- البروتينات الانزيمية او التحفيز :Enzymes or Catalysis

وتتضمن التفاعلات الكيميائية التي تحفز بواسطة الانزيمات التي هي اكثر البروتينات خصوصية وان جميع التفاعلات الكيميائية للجزيئات العضوية في الخلية تحفز بواسطة الانزيمات وهي من اكبر اقسام البروتينات وهنالك اكثر من 2000 انزيم مختلف يقوم بتنشيط تفاعل معين

٢- البروتينات المتحركة والمتقلصة Contractile or Mortil Proteins

Proteins Chemistry Dr. Alia Ayara

لبعض البروتينات القدرة لكي تتقلص وتغير شكلها اذ ان كل من الاكتين والمايوسين Actin and Myosin بروتينات خيطية تلعب دورا في نظام التقلص للعضلات الهيكلية وكذلك الخلايا غير العضلية اضافة الى ذلك هناك بروتينات اخرى ضمن هذا الجزء مثل التيوبلين Tubulin و الدينين Dynein.

٣- البروتينات الخازنة : Storage proteins

تخزن بذور النباتات هذه البروتينات التي يستفاد منها من اجل نمو الجنين النباتي كما ان البومين البيض Ovalbumin بروتين رئيسي لبياض البيض ويقوم بروتين الفيرتين Ferritin الموجود في الانسجة الحيوانية بخزن الحديد

٤- بروتينات السوائل اللزجة Mucoids

توجد في السوائل المخاطية في مفاصل الجسم واللعاب وافرازات المعدة والامعاء والبنكرياس وهي مرتبطة مع كاربوهيدرات .

٥- البروتينات الناقلة Transport proteins

وهي بروتينات لها القدرة على نقل عناصر ومركبات اخرى داخل الجسم مثل

أ- الهيموكلوبين :يرتبط الهيموكلوبين في خلايا الدم الحمراء بالاوكسجين عندما يمر الدم خلال الرئتين ويحمله الى الانسجة المحيطية حيث هناك يتحرر الاوكسجين ليقوم باكسدة المواد الغذائية لتوليد الطاقة .

ب- البروتينات الدهنية Lipo proteins: تحمل هذه البروتينات الدهون من الكبد الى اعضاء اخرى مثل بيتا ليبوبروتين β-Lipo protein

ت- بروتينات اخرى

١- بروتينات الاغشية الخلوية التي تربط وتنقل الكلوكوز والاحماض الامينية والمواد الغذائية الاخرى خلال الغشاء الى داخل الخلية .

٢- بروتينات السايتوكرومات التي تنقل الالكترونات وانزيم البيرميزpermease الذي ينقل المركبات الوسطية اضافة الى البومين مصل الدم والمايوكلوبين .

٦- البروتينات الهرمونية او المنظمة Hormons

تساهم بعض البروتينات بتنظيم النشاط الوظيفي والخلوي ومنها الهرمونات التي تساعد على النمومن الغدة النخامية وهرمونا جنب الغدة الدرقية اللذان ينظمان نقل الفوسفات والكالسيوم والانسولين الذي يفرز من غدد جدار المعدة والذي ينظم تمثيل الكلوكوزفي الجسم والذي يسبب نقصة مرض السكر .

٧- البروتينات الحافظة او المدافعة Protective proteins

Proteins Chemistry Dr. Alia Yara

وهذه الانواع من البروتينات تعمل على حماية الجسم من الاصابة ببعض الامراض منها البروتينات المناعية immunoglobulin والاجسام المضادة antibodies والتي هي عبارة عن بروتينات متخصصة وكذلك الفيبرينوجين وثرومبين اللازمين لتجلط الدم التي تمع فقدان الدم عند الجرح .

٨-البروتينات السامة Toxins

هنالك بروتينات ذات خواص سامة مثل الريتين والدفتيرين التي تفرزها بعض البكتريا اللاهوائية

- **تقسيم البروتينات اعتمادا على قابلية الذوبان والتخثر والترسيب و شكلها العام ونواتج التحلل المائي الى**

1- البروتينات الليفية Fibrous proteins

وهوبروتين ثابت التركيب لايذوب في الماء ولافي محاليل الاملاح المخففة والاحماض والقواعد والكحولات ولها وزن جزيئي مرتفع تعمل بشكل دعامة او هيكل للجسم ولها قابلية مطاطية ومن الامثلة عليها الكولاجينcollagen والايلاستين Elastin والكيراتين (بروتين الشعر والجلد والصوف) اضافة الى ذلك يعتبر الفايبرين fibrin الذي يتكون عند تجلط الدم احد البروتينات الليفية .

- الكولاجين : يوجد في الانسجة الضامة والرابطة في العظام والجلود والاوتار العضلية ويعد رئيسيا في الانسجة الرابطة والجلد والعظام ويتحول الى مادة جيلاتينية سهلة الهضم عند غليانة في الماء والحامض المخفف او القاعدة والكولاجين خال من التايروسين ويحتوي على نسبة ضئيلة من حامض السستين والسستاين ولايحتوي على التربتوفان بل على نسبة كبيرة من البرولين 25%و25% من الكلايسين اما الهيدروكسي برولين فنسبته مرتفعة .
- السيريسينSericin :هو البروتين الرئيسي في الحرير اذ تتركب الياف الحرير من عدد من السلاسل الببتيدية المتعددة
- الايلاستين Elastins: يوجد في الانسجة المطاطية مثل الشرايين في وتر العضلة وهو يشبه الكولاجين الا انه لايتحول الى الجيلاتين .
- الكيراتينKeratin :ويتضمن بروتينات الشعر والاظافر والصوف والحوافر والريش وتحتوي على كمية كبيرة من الاحماض الامينية الكبريتية وبشكل حلزون الفا .

٢- البروتينات الكروية او الملتفه Globular proteins

هذا النوع توجد فيه السلاسل الببتيدية ملتفة حول بعضها البعض في شكل كرة مضوطة او على شكل منفرد ، وتكون ذائب في المحاليل المائية للاملاح والاحماض والقواعد والكحولات ويقع تحت هذا النوع جميع الانزيمات المعروفة حاليا وبعض الهرمونات والبروتينات التي تقوم بدور ناقل في الخلية منها

أ- الالبومينات Albumins: ومن الامثلة على هذه البروتينات البومين البيض والبومين الدم والحليب اذ تشكل 50%من بروتين البلازما ووزنها الجزيئي 67000 دالتون ولها شكل رباعي التركيب وتذوب في الماء ومحاليل الاملاح وتترسب بتركيز مشبع من كبريتات الامونيوم وتتجلط بالحرارة ومدى تعادل الشحنة بدرجة رقم هيدروجيني 3.5-7.1.

Proteins Chemistry/Dr. Ala'a Yara

ب- الكلوبيولينات Globulins: توجد في الحيوانات والنباتات منها كلوبيولين مصل الدم وتختلف من ناحية تاثرها بالحرارة اذ يترسب الكلوبيولين الحيواني في محاليلها اما النباتي فهو غير تام الترسيب . ولاتذوب في الماء وانما في المحاليل المخففة للاملاح والحوامض والقواعد وتترسب بالتشبع النصفي بواسطة كبريتات الامونيوم ويكون مدى تعادل الشحنة عند رقم هيدروجيني 3.4-8.2

ت- كلوتلين Glutelin:تنتشر هذه الانواع في المصادر النباتية مثل الحبوب فالنوع الموجود في الحبوب كلوتينين Glutenin اما في الرز يسمى اوريزين orysine ولايوجد مطلقا في المملكة الحيوانية ولاتذوب هذه البروتينات في الماء والمحاليل المخففة للاملاح ولكنها تذوب في محاليل الاحماض والقواعد المخففة وتتصف جميع انواعها بانها تحتوي على نسبة مرتفعة من حامض الكلوتاميك.

ث- برولامين prolamin: توجد في الحبوب فالقمح يحتوي على كلوتينين والذرة فيها الزين zein اما الشعير فهي خليط من كلوتينين والكلايدين .وتذوب هذه البروتينات في المحلول الكحولي 70%-60 كما تذوب في المحاليل المخففة من الاحماض والقواعد ولاتذوب في الماء او المحاليل المتعادلة لاتحتوي على اللايسين وغنية بالكلوتاميك والبرولين

ج- الهستونات Histones:تعتبر هذه البروتينات قاعدية لاحتوائها على نسبة مرتفعة من الاحماض الامينية القاعدية خصوصا الارجنين والهستدين واللايسين ولاتحتوي على التربتوفان وتحتوي على كمية قليلة من السستين والمثيونين تذوب في الماء والمحاليل المخففة للاحماض والقواعد ولاتترسب بالحرارة ويكون مدى تعادل الشحنة عند رقم هيدروجيني10.8-7.5وتوجد مكونة لانواع من البروتينات المرتبطة

ح- البروتامين Protamine: بروتينات بسيطة تذوب في الماء وفي محاليل الامونيا المخففة والاحماض والقواعد المخففة وهي اكثرقاعدية من الهستونات لاحتوائها على نسبة مرتفعة من الارجنين ولاتترسب بالحرارة ويكون مدى تعادل الشحنة عند رقم هيدروجيني11.7-12.1.

- **تقسم البروتينات استنادا الى قيمتها الغذائية**

١-**بروتينات كاملة:** وهي بروتينات ضرورية للحفاظ على الحياة وزيادة النمو الطبيعي لجسم الإنسان ومثال على ذلك :بروتين اللبن، البيض، اللحوم، الدواجن، الطيور، الأسماك، وبروتين فول الصويا التي تزود الجسم بجميع مايحتاج اليه من احماض امينية اساسية التي لايستطيع جسم الانسان او الحيوان من تخليقها داخليا

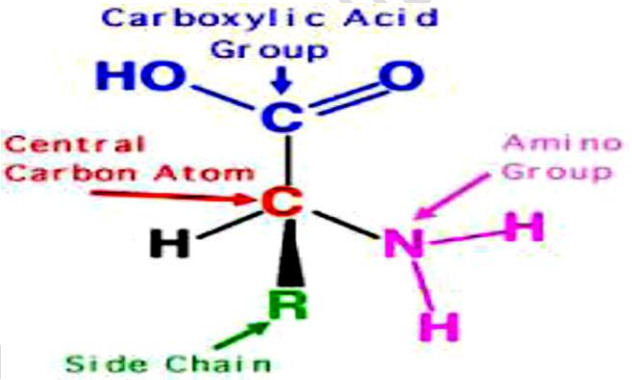
٢-وتينات نصف كاملة :وهي البروتينات التي ينقصها واحد اواكثر من الاحماض الامينية التي تسمح بمواصلة الحياة ولكن دون زيادة في النمو الطبيعي ومثال على ذلك :بروتين القمح، الشعير والشوفان.

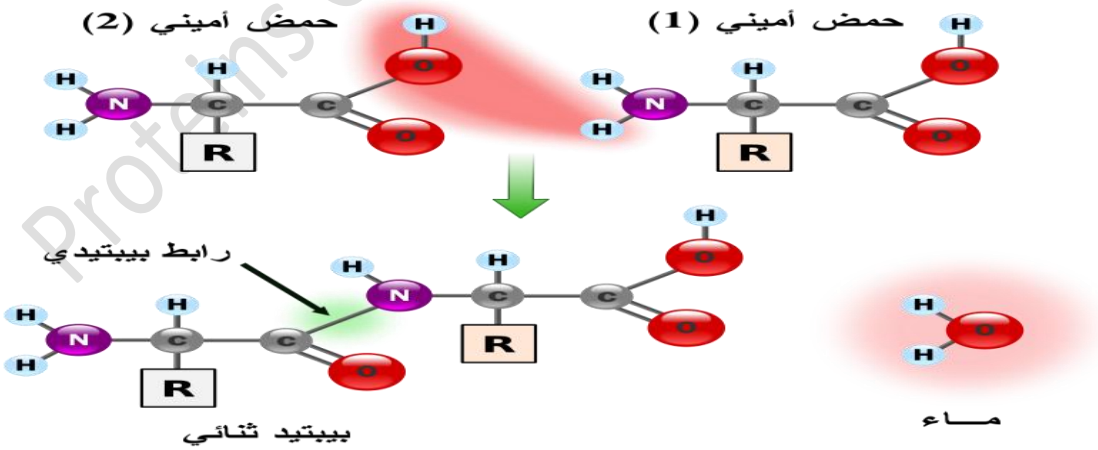
بروتينات غير كاملة - **:**وهي البروتينات التي عند تناولها بمفردها في الغذاء دون غيرها من البروتينات الكاملة ونصف الكاملة لا تمكن الجسم من الحفاظ على الحياة أو على النمو الطبيعي أوحتى زيادة وزن الجسم ومن أمثلتها :الجيلاتين ومعظم بروتينات الخضروات والذرة.

Proteins Chemistry Dr. Alia Zyara

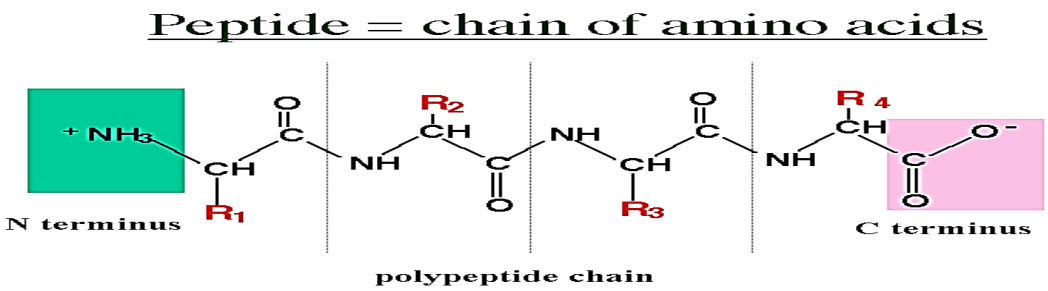
بناء البروتينات
Protein Structure

ان البروتينات تتالف من جزيئات كبيرة يبلغ وزنها الجزيئي بين عدة الاف الى عدة ملايين مكونة من حوامض امينية Amino acids متصلة مع بعضها البعض باواصر ببتيدية Peptide linkage ويكون ارتباط الاواصر الببتيدية بين الكربوكسيل في حامض اميني ومجموعة الامين في حامض اميني مجاور وعند الارتباط تفقد جزيئة ماء .





وعند ارتباط حامض مع الحامضين المرتبطين بنفس الطر يقة السابقة تتكون سلسلة من الأحماض الامينية يمكن تمثيلها بالشكل التالي



الحامض الاميني الاول في السلسلة تكون مجموعة الامين حرة غيرمرتبطة وتسمى N-Terminal amino acids والحامض الاميني الاخير في السلسلة تكون مجموعة الكاربوكسيل حرة تسمى C-Terminal amino acids

- **الأواصر البروتينية protein Bonds**

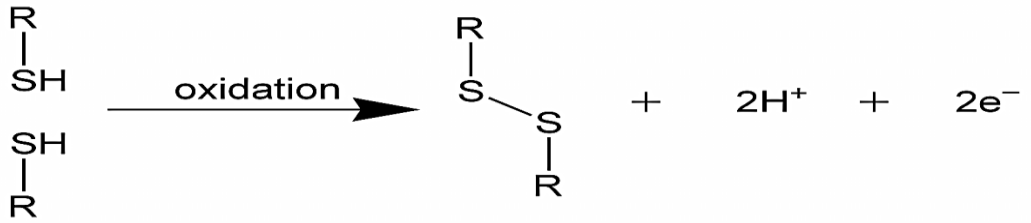
من اهم هذه الاواصر

أ- الاواصر الببتيدية **Peptide bonds**

وهي رابطة فردية تساهمية ولاتحمل شحنة كهربائية اذ تنتج الاصرة التساهمية عندما يتم الالتصاق بين ذرتين نتيجة مشاركتهما بزوج من الالكترونات ينتج عنه اصرة تساهمية في البروتينات ، وتكون الاصرة الببتيدية ذات حركة دوران حرة حول الرابطة الفردية بين ذرة الكاربون الفا Cα وذرة الكاربونيل وكذلك بين ذرة الكاربون الفاCα وذرة النتروجين الرابطة ولذلك تتوزع المجموعات الجانبية R والذرات فراغيا في الوضع المخالف cis و Trans في السلسلة الببتيدية العديدة وان التركيب Trans هو المفضل ، وتتكسر هذه الاصرة بعملية التحلل المائي للبروتينات منتجة ببتيدات واحماض امينية وبالرغم من ان مجاميع NH وc=o مجاميع قطبية وتشارك في تكوين الروابط الهيدروجينية في مستويات البناء الثاني والثالث والرابع

ب- الاواصر الكبريتية **S – S Disulfide bonds**

وهذه تستخدم في التاكسد والاختزال وهي روابط تساهمية تنتج من اتحاد مجموعتين من كبريت الاحماض الامينية الحاوية على الكبريت كما في المعادلة التالية



Proteins Chemistry Dr. Alia Ziara

ج-الاواصر الهيدروجينية Hydrogen bonds

هي المسؤولة عن التكوين الحلزوني للبروتين وهي اواصرثنائية غير متكافئة تعمل على جمع اعداد كبيرة من الببتيدات بشكل تجمعات ملتفة على بعضها وتعطي الوضعية الثابتة للسلسة الببتيدية المتعددة والبروتين شكلا وخواص معينة .

د-اواصر فاندر فالVender Waals bond

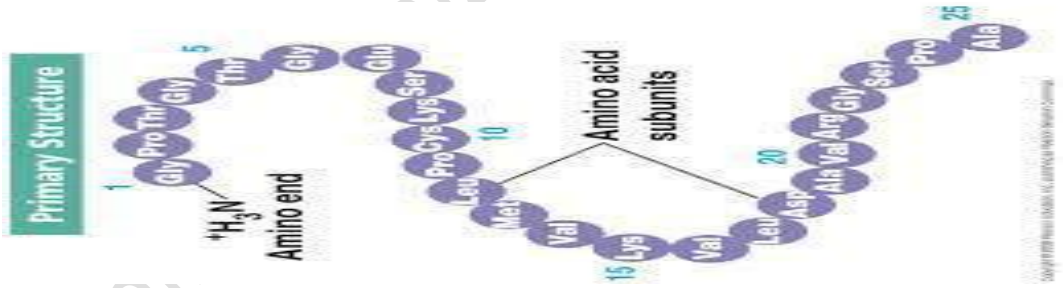
بعض الاحماض الامينية الجانبية مثل الفالين Valine والالانينAlanine والمثيونين Methionine لها القابلية على الاتحاد فيما بينها في حالة عدم وجود الماء بشكل اواصر كهروستاتيكية

و-الاواصر الايونية **Ion bonds** : مثل الاواصر بين $R - NH_3^+$

ويضم بناء البروتين اربع مستويات مختلفة بين نوع وعدد وتتابع sequenceالاحماض الامينية في السلاسل الببتيدية العديدة والتوزيع الفراغي للذرات والمجموعات التي تحدد بناء الجزيء المجسم ثلاثي الابعاد ثم تتجمع جزيئات البروتين بعد البناء الثالث لبناء جزيء البروتين في شكلة وحجمة النهائي .

١-مستوى البناء الاول **Primary Structure**

ويتحدد هذا البناء بنوع وعدد وتتابع الاحماض الامينية في السلسلة الببتيدية وتعود اهمية فهم هذا البناء الى ١- انه يحدد باقي مستويات البناء التالية ٢- ان كثير من الامراض الوراثية تعزى الى وجود خلل في البناء الاول لبروتين معين.



في هذا البناء ترتبط مجموعة الكاربوكسيل الفا α-carboxyl من احد الاحماض الامينية مع مجموعة امينو الفا α-amino في الحامض الاميني التالي له في السلسلة باواصر وتسمى روابط ببتيدية peptide ponds or linkage ويقرا تتابع الاحماض الامينية في السلسلة الببتيدية العديدة polypeptide chain من الطرف الاميني الحر N-terminal حتى نهاية السلسلة C-terminal الطرف الكاربوكسيلي .

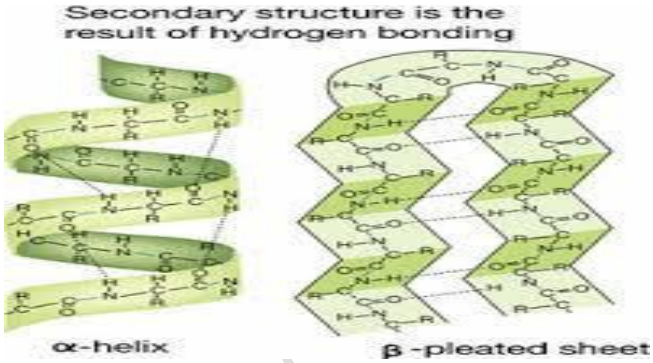
٢- مستوى البناء الثاني **Secondary Structure**

يعبر عن الترتيب المنتظم للاحماض الامينية المرتبطة مع بعضها في تتابع خطي محدد ودقيق مكونة السلاسل الببتيدية العديدة التي ترتبط ببعضها بالروابط المتقاطعة بطريقة معينة حسب نوع البروتين وهو الشكل الاكثر استقرارا ويشمل .

Protein Chemist / Dr. Ala Yara

A-الشكل الحلزوني الفا α-Helix

ويسمى الفاα لانه ينتج بسبب وجود كاربون الفا (α – C) وهو النظام الاكثر شيوعا في البروتينات وفيه تلتف السلاسل الببتيدية في صورة حلزون Spiral بحيث تتجه السلاسل الجانبية الى الخارج ويسود هذا النظام في الكيراتين وفي البروتينات الليفية و يثبت الحلزون جزئيا بواسطة الروابط الهيدروجينية المتكونة بين ذرة اوكسجين الكاربون في احدى الروابط الببتيدية CO للحامض الاميني مع ذرة الهيدروجين لمجموعة الامينNH الفا من الحامض الاميني الذي على بعد اربعة احماض امينية.



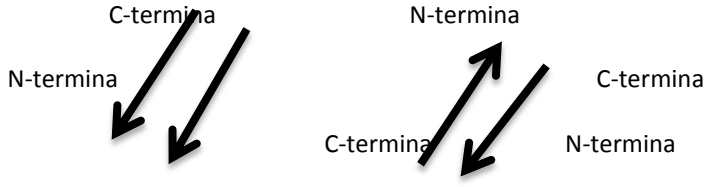
الشكل الحلزون لا يشُترط إن يكُون على طول السلسلة بسبب وجود الحوامض الامينية التي لاتستطيع ان تكون اواصر هيدروجينية مثل الحامض الاميني البرولين والهيدروكسي برولين اي لاتستطيع الالتحام مع الحلزون وان ثبات الشكل الحلزوني α-Helix يعتمد على طبيعة الحوامض الامينية في السلسة والوسط الذي يتواجد فيه البروتين.

ويمكن تقسيم الحلزون الفا الى الى نوعين اعتمادا على اتجاهه

١- الحلزون الفا يميني الاتجاه Right handed a-helix وتكون حركة الحلزون باتجاه عقرب الساعة
٢- الحلزون الفا اليساري Left handed a-helix وتكون حركة الحلزون باتجاه عكس عقرب الساعة

B-صفائح بيتا المنظومة Sheets

في هذا النظام تتكون الروابط الهيدروجينية بين السلاسل الببتيدية العديدة بحيث يكون السطح على شكل صفائح منطوية (منثنية) β-plated sheets اذ تتكون الصفيحة من اثنين او اكثر من السلاسل الببتيدية العديدة ممدودة ومتراصة بالتوازي او التوازي العكسي وتتوقف فاعلية البناء α-Helix وβ- sheetعلى مدى مساهمة مكونات الروابط الببتيدية في تكوين الروابط الهيدروجينية مما لايترك فرصة لدخول جزيئات الماء وترتبط بهذه المجاميع الامر الذي يمزق التركيب الداخلي اذ يثبت هذا البناء بالروابط الهيدروجينية والايونية



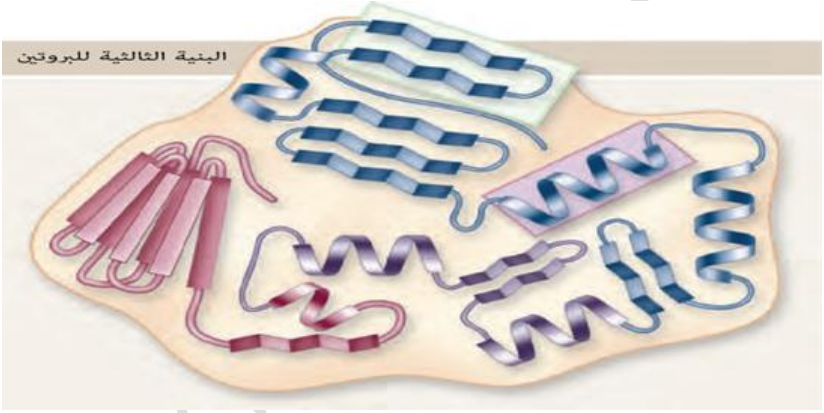
Proteins Chemistry / Dr. .

3- مستوى البناء الثالث **Tertiary Structure**

لجميع البروتينات غير الليفية تركيب بنائي ثلاثيدقيق وهوالبناء الذي يحصل فيه التفاف وثني folding للسلسة الببتيدية العديدة ويكون البناء مضغوطا مما يؤدي الى ارتفاع كثافة الذرات في الجزيء في الوسط المائي وتوجد السلاسل الجانبية الهيدروفوبية hydrophobic(الكارهة للماء) في الداخل بينما المجموعات القطبية الهيدروفيليةhydrophyilic (محبة للماء)على السطح.

الاواصر في التركيب البنائي الثلاثي:

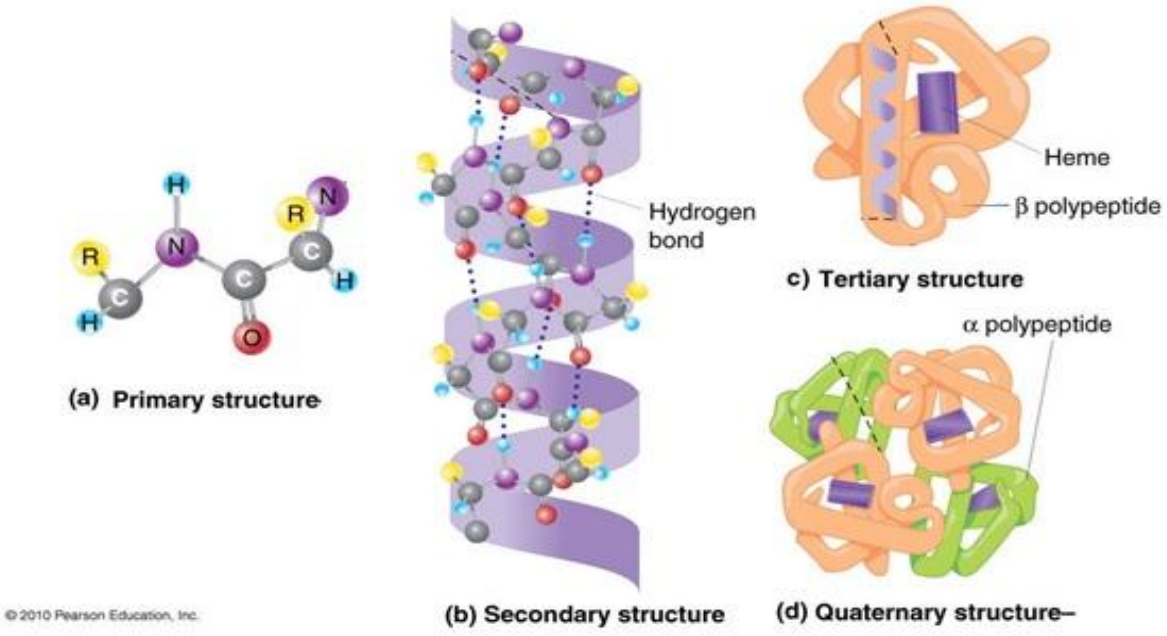
١- ثنائية الكبريت التساهمية
٢- الالتحامات الهيروفيبية (الكارهة للماء)
٣- الالتحامات الايونية
٤- الاواصر الهيدروجينية
٥- الالتحامات ثنائية القطب . وتساهم هذه الاواصر في تكوين التركيب النهائي للبناء الثلاثي في البروتين



4 – مستوى البناء الرابع **Quaternary structure**

يتكون جزيء بعض البروتينات من سلسلة ببتيدية عديدة واحدة بينما يتكون الكثير من البروتينات من سلسلتين ببتيديه عديدة واحدة monomeric بينما يتكون جزيء الكثير من البروتينات من سلسلتين من عديدة الببتيدdimeric او ثلاثية trimeric او اكثر multimeric وتسمى كل سلسلة تحت وحدة subunit وقد تتشابه تحت الوحدات او قد تختلف عن بعضها تماما ، ويعبر البناء الربع عن ترتيب arrangement السلاسل الببتيدية(تحت الوحدات) وارتباطها مع بعضها بقوة غير تساهمية وعندما يتكون الجزيء من تحت وحدات من السلاسل عديدة الببتيد فقط يكون البناء الرابع المتجانس homogeneous quaternary structure اما اذا ارتبطت تحت الوحدات من عديد الببتيد مع شق اخر لابروتيني كما في الهيموكلوبين يكون البناء الرابع غير متجانس heterogeneous quaternary structure يشبه البناء الثالث والثاني في هندسة بناء البروتين فتترتب هذه الوحدات

في تراكيب مختلفة ينتج عنها بناء عدد كبير من البروتينات المختلفة القادرة على اداء عدد متنوع من الوظائف المتخصصة .وعموما فان البروتينات تلتف وتتكور لتكون التركيب البنائي المجسم ثلاثي الابعاد three dimensional structure ويكون الشكا النهائي اماكروي مثل بروتينات الهيم(هيموكلوبين ومايوكلوبين) او ليفي مثل الكولاجين والالاستين والكيراتين .



Proteins Chemis