## الجزيئات العملاقة المعلوماتية Information Macro Molecules

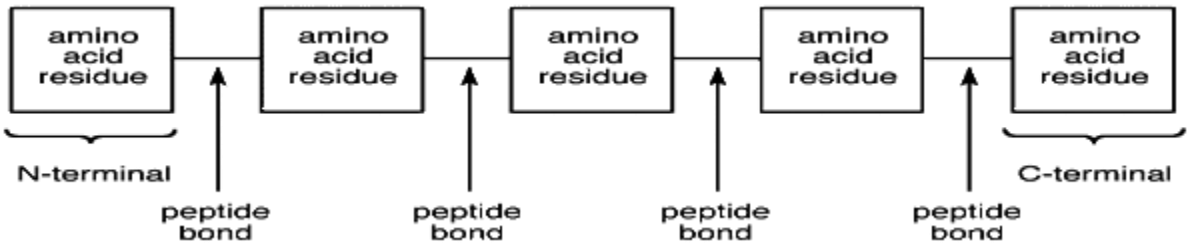
من طبيعة هذه الجزئيات انها تنتج امكانات واسعة من تنوع الجزيئات وتعددها رغم الدقة المتناهية التي ينطوي عليها بناء تلك الجزيئات مثلاً عدد البروتينات المختلفة في خلايا الانسان يقدر بـ 100000 نوع مختلف كما ان الانواع المختلفة للحامض النووي DNA يساوي أكثر من عدة أضعاف عدد الكائنات الحية (نباتية, حيوانية, مجهرية). تختلف الجزيئات المعلوماتية عن اللامعلوماتية بكون وحداتها البنائية مختلفة بينما اللامعلوماتية تكون وحداتها البنائية متشابهه

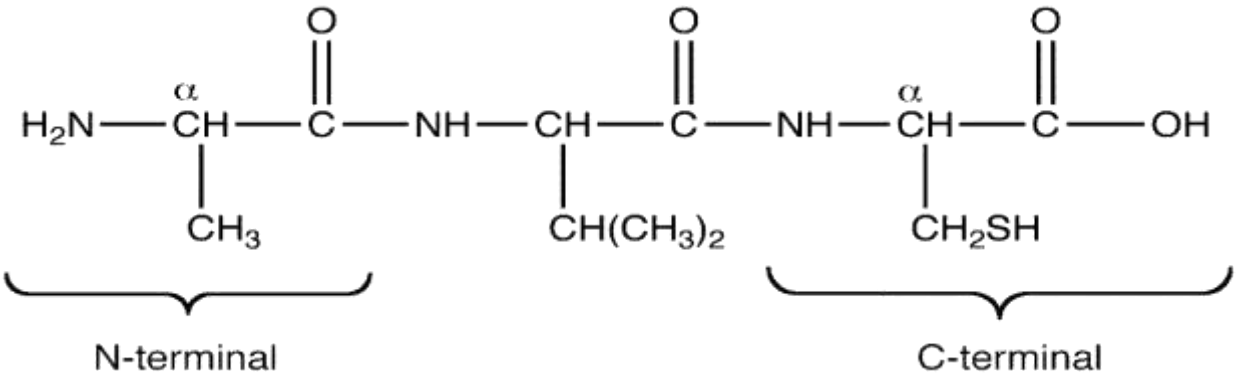
## البروتينات Proteins

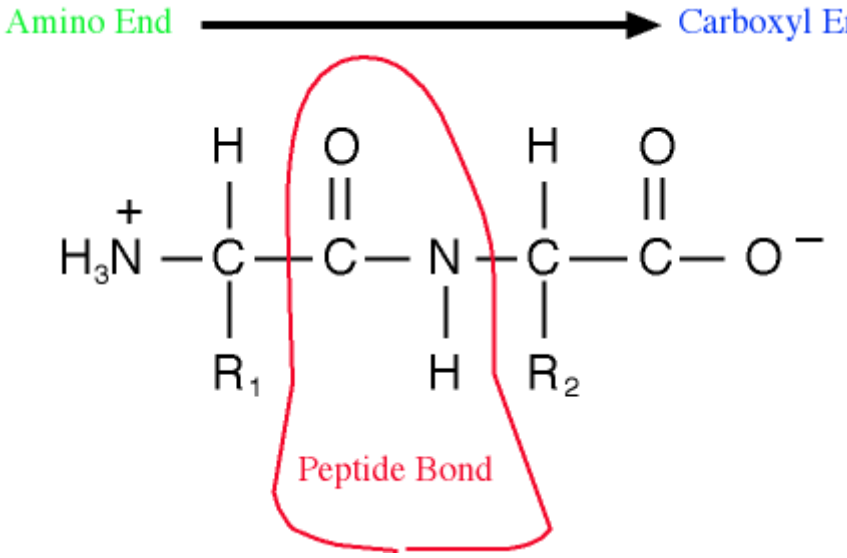
عبارة عن جزيئات كبرى عملاقة معلوماتية تتألف من سلسلة من ببتيدات متعددة أو أكثر من سلسلة وقد تكون السلسلتين متشابهتين أو مختلفتين. وهي عبارة عن Polymers ينتج من اتحاد Monomers يمثل كل منها حامض أميني Amino acid وتسمى الاصرة التي تربط بين الاحماض الامينية متعددة الببتيد ونظراً لوجود 20 حامض اميني مختلف فان عدد التشكيلات الممكن تحقيقها يتوقف على عدد الاحماض الامينية وعلى طريقة تعاقبها مثلاً بروتين مؤلف من 100 حامض اميني (بهيئة Primary Structure ) فان عدد البروتينات الممكن الحصول عليها من 100 حامض اميني هو $20^{100}$ بروتين يتكون من خلال التشكيلات المختلفة (20×20×20...الى حد 100). واذا كان لدينا جزيئة من الحامض النووي DNA مؤلفة من 100 زوج من النيوكليوتيدات متعددة Poly Nucleotide Pair فكم عدد جزيئات DNA المختلفة التي يمكن الحصول عليها سيكون $4^{100}$ جزيئة DNA (4×4×4.....الى حد 100) وينطبق القول كذلك على الحامض النووي RNA لانه يتكون من 4 قواعد تيتروجينة مختلفة.

ان أي تغيير كمي أو نوعي في الجزيئات الكبرى المعلوماتية ينطوي عليها تأثيرات كبيرة جداً قد تمثل طفرات وراثية قد تكون مظهرية أو في التركيب أو في الشكل أو في الاداء الوظيفي كما ان بعضها قد تسبب امراض أو خلل مميت أو شبه مميت.

يكون ارتباط الحوامض الامينية في جزيئة البروتين عن طريق روابط ببتيدية Peptide Bond



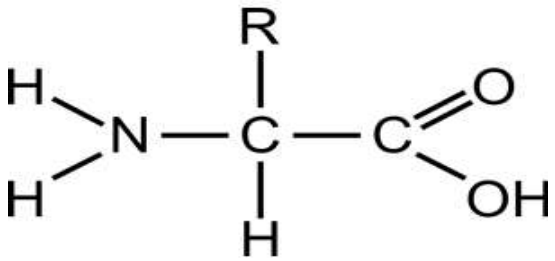



تمثل البروتينات واحدة من أهم المكونات الاساسية للوزن الجاف للخلية كما انها تشترك في تركيب جميع العضيات والاغشية والانزيمات وتتشارك مع الاحماض النووية في تركيب الكروموسومات والاجسام المضادة والهرمونات والاهداب وخيوط المغزل والانيبيبات الدقيقة والاسواط مكونة كليا من البروتينات كما ان الليفيات العصبية والانسجة الرابطة والعضلية مكونة من بروتينات.

تشكل البروتينات 55 – 85% من المادة الجافة في الخلية

تتميز البروتينات بالتنوع ففي الانسان يوجد 100000 نوع مختلف وفي *E. coli* يوجد 600 – 800 نوع مختلف في الرواشح (الفايروسات) توجد على الاقل 5 انواع مختلفة




التركيب الاعلى لاي حامض اميني فيه R الذي يختلف بختلاف الحماض الامينية فهو يمثل الهيدروجين (H) في حالة الحامض الاميني الكلايسين ومجموعة الميثل ($CH_3$) في الحامض الاميني الالينين وهكذا

هناك 20 حامض اميني مختلف وتصنف كالاتي:

**Group A :** Non Polar Amino acids (Hydrophobic) → لاقطبية كاره للماء

1 - Glysine (Gly), 2 – Alanine (Ala) , 3 – Valine (Val) , 4 – Leucine (Leu) , 5 – Iso Leucine (ILeu) , 6 – Phenyl alanine (Phe) , 7 – Proline (Pro) . 8- Methionine (Met)

**Group B : Polar Amino acids Uncharged (Hydrophilic) → مستقطبة وغير مشحونة**

9 – Serine (Ser) , 10 – Threonine (Thr) , 11 – Tyrosine (Tyr) , 12 – Tryptophan (Try) 13 – Asparten acid (Asn) 14 – Glutamine(Gln) , 15 – Cysteine (Cys)

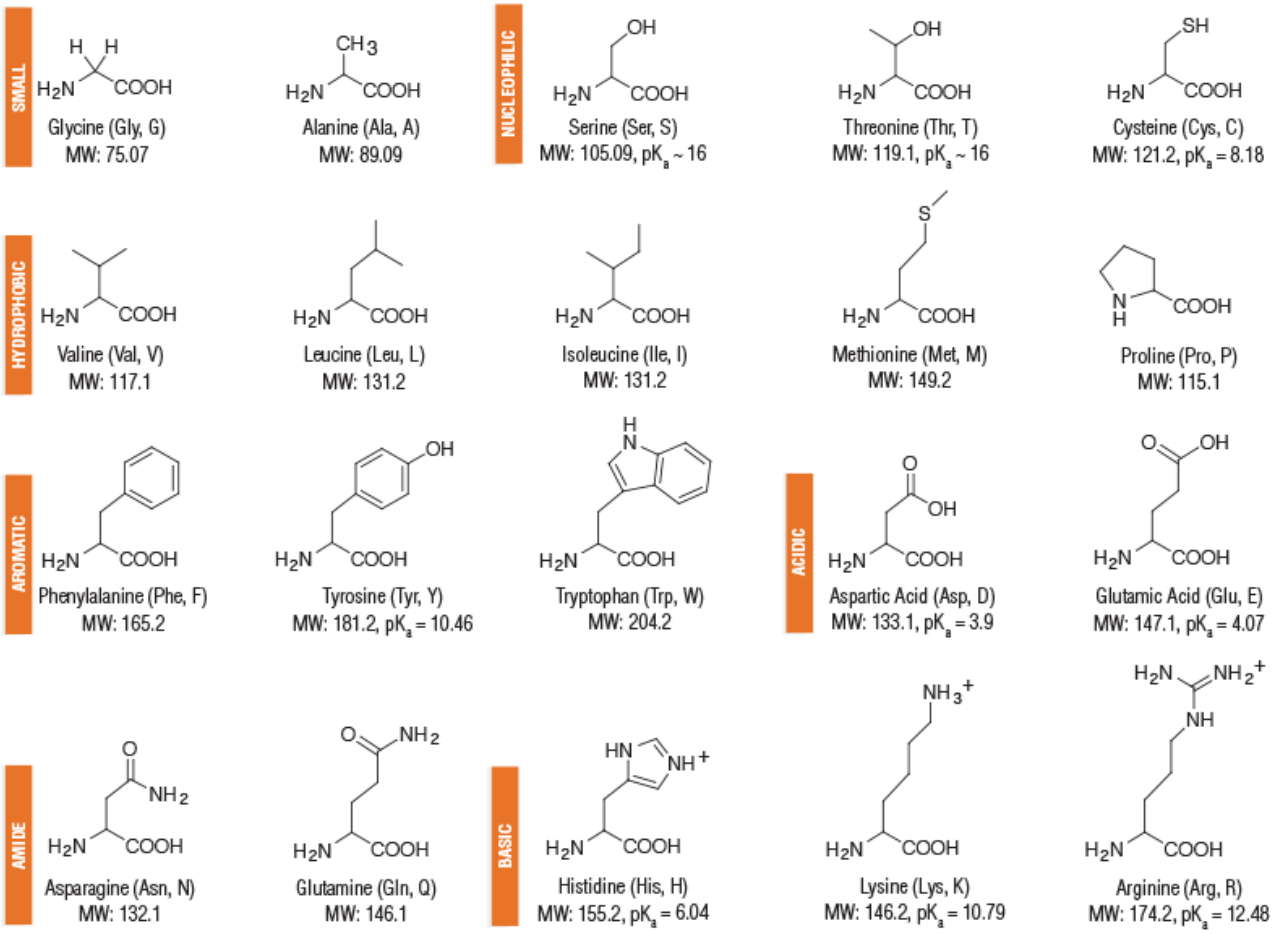
**Group C : Polar Charged Amino acid ( Hydrophilic)**

**Acidic:**

16 – Aspartic acid (Asp) , 17 – Glutamic acid (Glu)

## Basic:

18 – Lysine (Lys) , 19 – Arginine (Arg) , 20 – Histidine (His)




α تعني حلزوني (Helix) , β تعني صفائحي (Pleated)

يتراوح الوزن الجزيئي للبروتينات $10^4$ – $10^6$ مقارنة مع الماء الذي وزنه الجزيئي 18 أما الوزن الجزيئي للاحماض الامينية 120.

يمكن دراسة تركيب جزيئة البروتين على المستويات الاربعة للتنظيم الآتية:

## اولاً : التركيب الابتدائي Primary Structure

يتمثل بالتسلسل المحدد للحوامض الامينية الخاص بمتعدد الببتيد مثلاً الانسولين Insulin يتألف من 51 حامض اميني

Insulin → 51 A.A. (Helix)

Hemoglobin → 2 α Chain (141 A.A. each)

→ 2 β Chain (146 A.A. each)

Glyceraldehyde – 3 – Phosphate dehydrogenase → 333 A.A.

وهذا الانزيم يعد من اطول السلاسل الموجودة في التركيب الابتدائي

وطبيعة التركيب الابتدائي للتسلسل المحدد لمتعدد الببتيد يلعب دوراً مهماً في تحديد المستويات الاخرى وهو مهم جداً في الجوانب الوراثية لان أي تغيير فيه تسبب طفرات وراثية وله أهمية ايضاً في الجوانب التركيبية

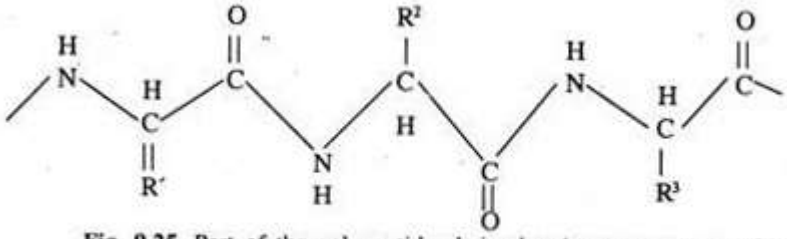
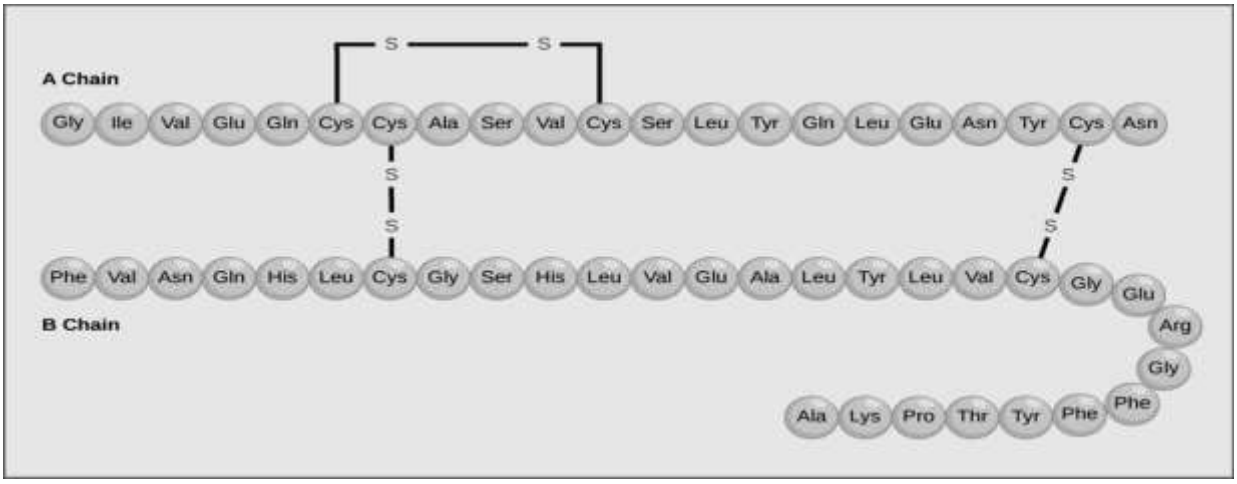
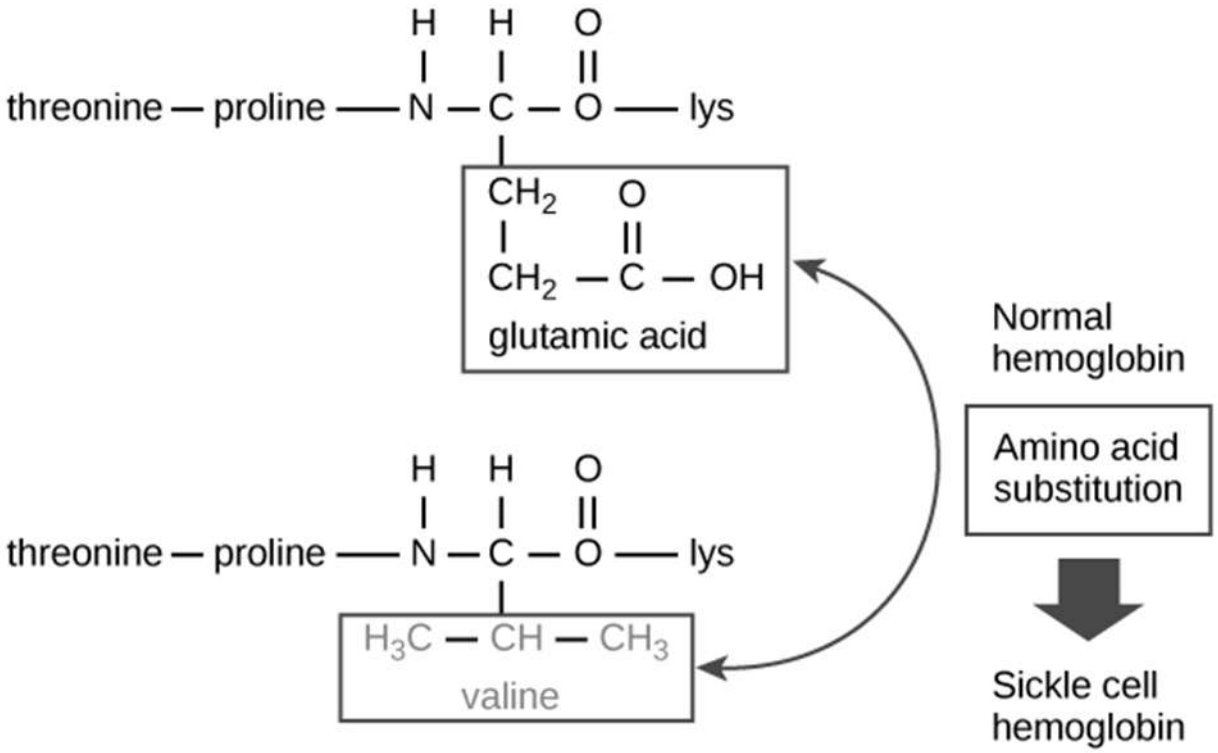


**Fig. 9.25.** Part of the polypeptide chain showing arrangement of amino acids.

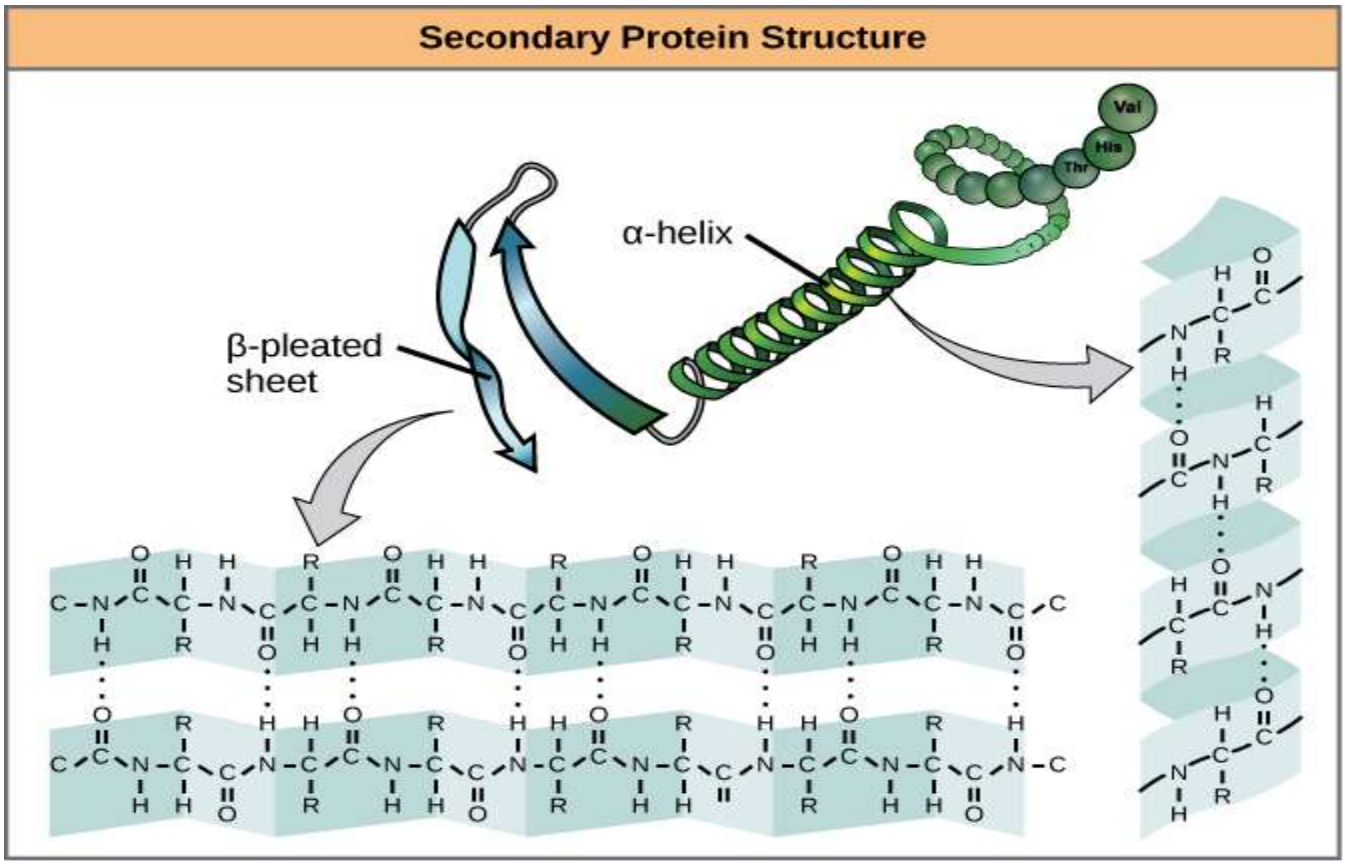

A Chain
Gly Ile Val Glu Gln Cys Cys Ala Ser Val Cys Ser Leu Tyr Gln Leu Glu Asn Tyr Cys Asn
Phe Val Asn Gln His Leu Cys Gly Ser His Leu Val Glu Ala Leu Tyr Leu Val Cys Gly Glu Arg Gly Phe Phe Tyr Thr Pro Lys Ala
B Chain

الانسولين


threonine — proline — N — C — O — lys
CH2 — CH2 — C — OH
glutamic acid
Normal hemoglobin
Amino acid substitution
threonine — proline — N — C — O — lys
H3C — CH — CH3
valine
Sickle cell hemoglobin

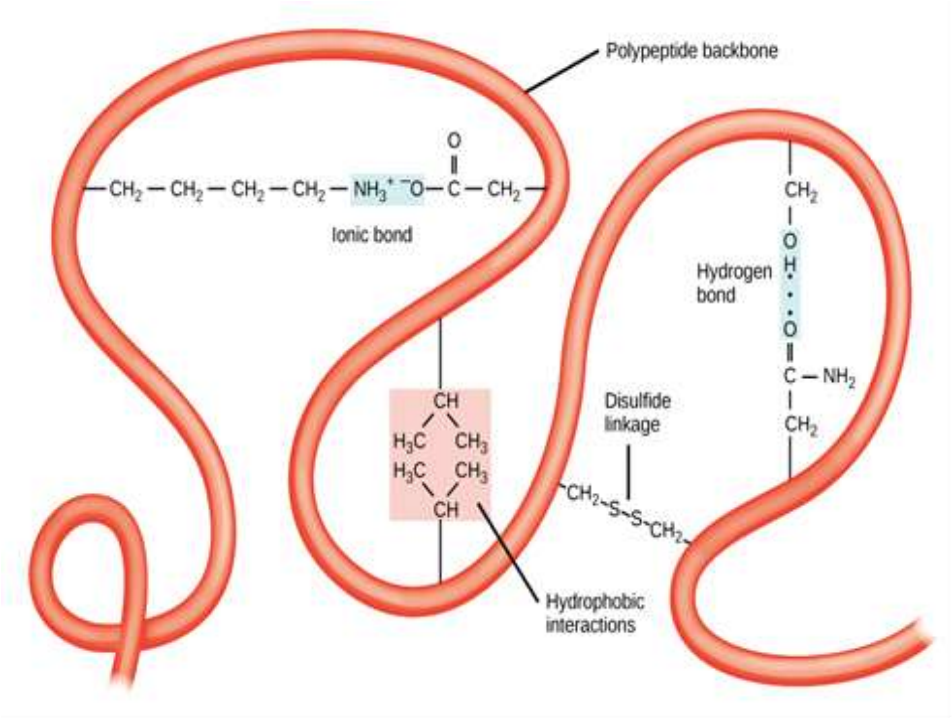
## ثانياً : التركيب الثانوي Secondary Structure

من الممكن ان يكون هيكل البروتين حلزوني α أو صفائح مطوية β أي ان هذا المستوى اما ان يكون ملتف بهيئة حلزون Helix (α - Chain) أو الانطواء بهيئة صفائح مطوية Pleated (β - Chain) ويحصل ذلك عن طريق تكوين أواصر هيدروجينية بين ذرات العمود الفقري للبروتين (العمود الفقري يشير فقط إلى سلسلة متعدد الببتيد بصرف النظر عن مجموعات R – اي أن التركيب الثانوي لا يتضمن ذرات مجموعة R) التي تتشكل بين الكربونيل O من أحد الأحماض الأمينية والأمين H من الآخر أي يتم تثبيت كلا الهيكلين في شكل روابط هيدروجينية وتصبح السلسلة بهيئة حلزون كما في Helix - α في الهيموكلوبين أو بهيئة صفائح مطوية كما في β – Chain في الهيموكلوبين



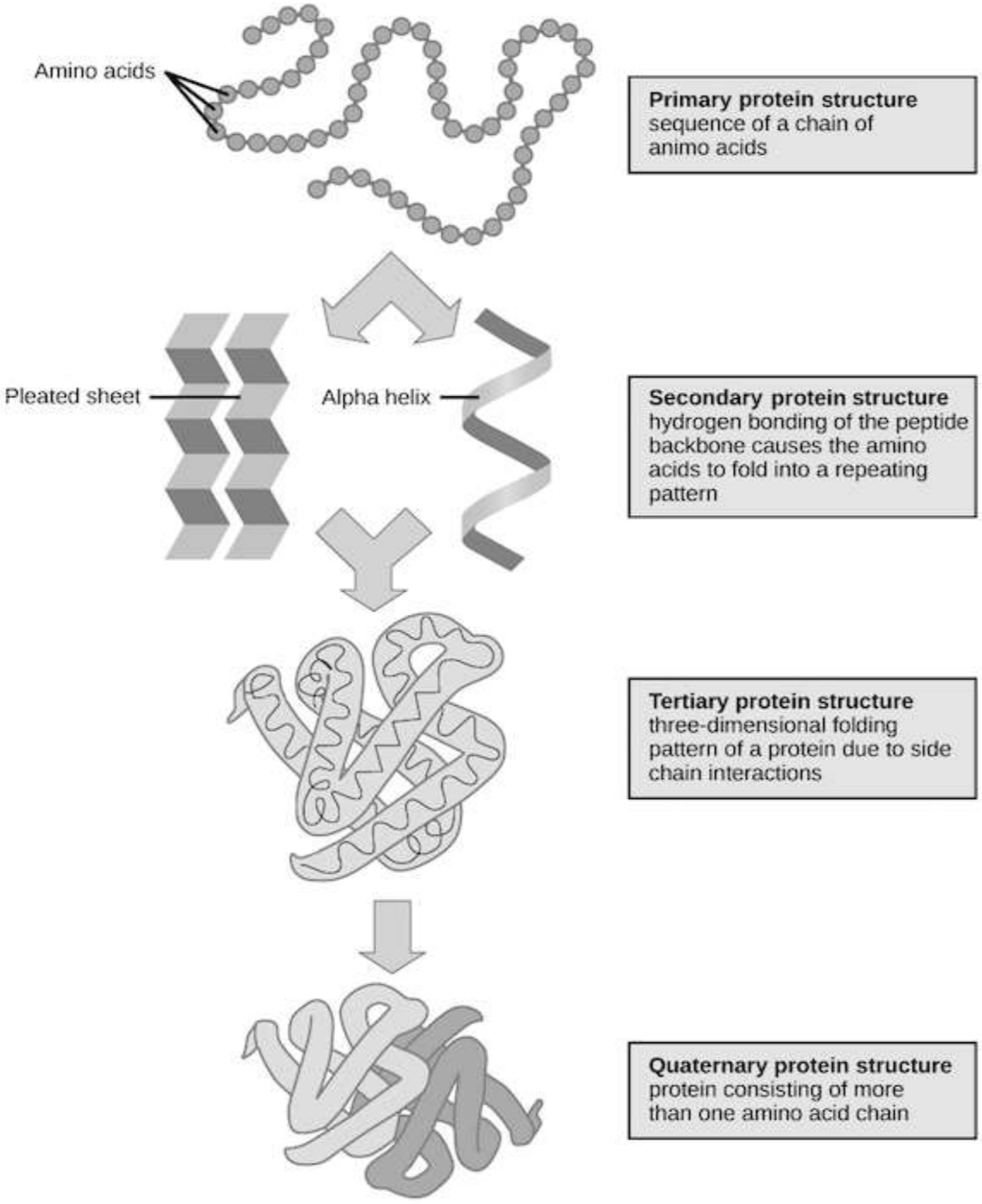
## ثالثاً : التركيب الثالثي Tertiary Structure

تتأثر الحوامض الامينية لمتعدد الببتيد بالماء حيث ان هناك حوامض لا قطبية (غير مستقطبة) تكون كاره للماء تنحرف نحو الداخل وتميل للاندفاع نحو الداخل في التركيب الثالثي للبروتين بينما في الحوامض القطبية تتجه نحو الخارج لانها محبة للماء وبذلك تحصل انطواءات أو التفافات يجعل التركيب كروياً




## رابعاً : التركيب الرابعي Quaternary Structure

عندما ترتبط جزيئتين أو أكثر من الجزيئات البروتينية ذات المستوى الثالثي مع بعضها يتكون يتكون المستوى الرابعي للتنظيم حيث ان العديد من البروتينات تتكون من سلسلة بولي ببتيد واحدة ولها ثلاثة مستويات فقط من التركيب (االاولي والثانوي والثالثي). ومع ذلك ، تتكون بعض البروتينات من سلاسل متعددة الببتيد ، تُعرف أيضًا باسم الوحدات الفرعية Sub unit. عندما تجتمع هذه الوحدات الفرعية ، فإنها تعطي البروتين ذات التركيب الرباعي. ومثالًا واحدًا على بروتين ذو التركيب الرابعي هو الهيموجلوبين. كما ذكرنا سابقًا ، يحمل الهيموجلوبين الأوكسجين في الدم ويتكون من أربع وحدات فرعية ، اثنان من كل من أنواع α و β . وكذلك يوجد التركيب في المستوى الرابعي في البروتينات التي يطلق عليها Multi meric proteins ذات الوزن الجزيئي العالي عادة أكثر من 50 ألف


Amino acids
Primary protein structure
sequence of a chain of animo acids
Pleated sheet
Alpha helix
Secondary protein structure
hydrogen bonding of the peptide backbone causes the amino acids to fold into a repeating pattern
Tertiary protein structure
three-dimensional folding pattern of a protein due to side chain interactions
Quaternary protein structure
protein consisting of more than one amino acid chain

طاقة الآصرة Bound energy : تعني مقدار الطاقة اللازمة لتكسير مول واحد من الجزيئات و وحداتها كيلو سعرة / مول $K.\ Cal\ Mol^{-1} = 1x\ 10^{23}$

$C — C \rightarrow 83\ K.\ Cal\ Mol^{-1}$

$C — N \rightarrow 70\ K.\ Cal\ Mol^{-1}$

$C — O \rightarrow 84\ K.\ Cal\ Mol^{-1}$

$C — H \rightarrow 99\ K.\ Cal\ Mol^{-1}$

$C = C \rightarrow 146\ K.\ Cal\ Mol^{-1}$

$C \equiv C \rightarrow 212\ K.\ Cal\ Mol^{-1}$

$ATP \rightarrow 10 – 14\ K.\ Cal\ Mol^{-1}$

$UV\ (300\ nm) \rightarrow 93\ K.\ Cal\ Mol^{-1}$

$Green\ light\ (500\ nm) \rightarrow 57.2\ K.\ Cal\ Mol^{-1}$

Visible light (400 – 700 nm)→

الضوء المرئي الطاقة التي يحملها اقل من ان تكسر الاواصر اعلاه أي تكون اقل من الارقام السابقة احتمال 30 أو 40 وهذه المركبات لا تتكسر في الضوء العادي وانما تتكسر في الاشعة فوق البنفسجية التي تكمن خطوتها في انها تكسر كل اواصر C لذا فان طبقة الاوزون تحجب الاشعة فوق البنفسجية حتى لا تتكسر الاواصر في الكائنات الحية .

## تصنيف البروتينات حسب تركيبها الى :

1 – Monomeric Proteins

تتكون من سلسلة واحدة من متعدد الببتيد وهي لها قدرة تلقائية على التحلزن أو الانتظام بشكل صفائح مطوية أو الانطواء مثل انزيم رايبونيوكليز Ribonuclease

2 – Multimeric Proteins

يتألف من اتحاد سلسلتين أو أكثر من متعدد الببتيد ومن الامثلة عليها الهيموكلوبين والكلوروفيل

من أهم البروتينات الموجودة في الخلية والمهمة من الناحية البايولوجية هي:

1. الانزيمات المحللة والمؤكسدة

2. البروتينات التركيبية التي تدخل في البنية التركيبية لاجزاء من الخلايا أو الاعضاء مثل العضيات وبروتينات تدخل في الشعر والريش والاشعة المغزلية والاهداب والاسواط
3. البروتينات التنفسية مثل الهيموكلوبين والميوكلوبين Myoglobin (بروتين موجود في نسيج العضلة يحمل الاوكسجين) والسايتوكروم (بروتين يحمل الهيم ويعمل كعامل مساعد) والهيموسيانين Hemocyanin (بروتين موجود في الرخويات يحمل الاوكسجين)
4. البومين سيرم Serum Albumin بروتين المصل مثل بلازما الدم وكريات الدم الحمراء مؤلف من معقد يتألف من مجموعة بروتينات مثل كلوبيولين Globulin و الاثرومبين الاولي و والفايبروجين
5. الاجسام المضادة Antibody
6. السموم مثل سم الافعى والبكتريا
7. الهرمونات مثل الانسولين والهرمونات المعدية
8. Milk protein يدخل بها الكازائين Casein و β – Lacto globulin
9. بروتين البيضة
10. بعض البروتينات المقتصرة على النبات مثل Gluteline و Prolamine
11. البروتينات النووية تدخل بها الهستونات و Protamine وكذلك بروتينات الرايبوسوم
12. البروتينات المقترنة Conjugated مثل Lipoprotein و Glycoprotein و Phosphoprotein

## تصنف البروتينات حسب تنظيمها الجزيئي الى مجموعتين هي :

### البروتينات الكروية Globular Proteins

1 - يكون الشكل المميز لها أو طريقة انتظام الشكل فيها يعتمد بصورة رئيسة على نوع التداخل الموجود في التركيب الثالثي أكثر مما هو من التركيب الثانوي أي يشكل جزيء البروتين على شكل ملفوف (كرة)

2 – تشير المجموعات الكاره للماء إلى مركز الجزيء بعيدا عن الماء بينما تتعرض المجموعات المحبة للماء فقط خارج الجزيء حتى تكون البروتينات الكروية قابلة للذوبان

3 – تتألف من تنظيمات أو قطع غير منتظمة الترتيب التي تشكل ما يسمى بالتحلزن العشوائي

4 - تلعب البروتينات الكروية دورًا في تفاعلات التمثيل الغذائي ومن الامثلة عليها الإنزيمات التي تحفز تفاعلات التمثيل الغذائي والاجسام المضادة Antibodies

## البروتينات الليفية Fibrous Proteins

1 - تتألف من تركيب ثانوي واسع وكبير اما بهيئة حلزون أو صفائح مطوية وذلك عبر قطع من الجزئ أو على طول الجزئ وتكون بنسق منتظم وتوجد بعض القطع متكررة

2 – التركيب الثانوي فيها يكون مهم جدا في الصفات المعنية للبروتين و تشكل البولي ببتيدات سلاسل طويلة تعمل بالتوازي مع بعضها البعض كما ترتبط هذه السلاسل بجسور ثنائية الكبريت disulphide مما يجعل البروتينات مستقرة وقوية للغاية

3 -البروتينات الليفية لها وظائف هيكلية مثال عليها الكيراتين في الجلد والشعر و الكولاجين الذي يوجد في العظام والغضاريف والأوتار والأربطة