البروتينات Proteins

حاول عدد من العلماء في القرن الثامن عشر دراسة طبيعة المواد الحيوانية والنباتية ومنهم العالم الفرنسي Denis Papin (1648- 1712م) الذي وضع الأسس لدراسة المواد البروتينية إذ كان يطلق على هذه المواد الحيوانية اسم المواد الزلالية Albuminous يعدها جاء العالم الدانمركي Gerardus Mulder (1802-1882 م) الذي كان أول من أطلق على هذه المواد أسم البروتينات Proteins وهي كلمة يونانية تعني الذي يأتي أولاً أو يحتل المركز الأول لما لها أهمية في تركيب وتنظيم عمل وحركة أعضاء جسم الكائن الحي وذلك بدونها لا توجد حياة.

تعريف البروتينات:

البروتينات مواد عضوية نيتروجينية معقدة التركيب ذات أوزان جزيئية عالية (~13000 دالتون الى عدة ملايين) موجودة في جميع الخلايا الحيوانية والنباتية إذ تكّون نسبة عالية من بروتوبلازم الخلية وجدارها وتتحلل بفعل الأحماض والقواعد والإنزيمات الى وحدات جزيئية اصغر تسمى الأحماض الأمينية والتي تتكون بصورة رئيسية من عناصر الكاربون والهيدروجين والأوكسجين ويدخل النيتروجين عنصراً أساسيا في تركيب البروتينات. فضلاً عن عنصر الكبريت والفسفور ويصاحب تركيب البروتينات وجود عناصر أخرى بصورة أقل مثل الحديد والخارصين واليود والنحاس وغيرها من العناصر المعدنية وعادة ما يكون ذلك مرتبطاً بتخصص البروتين نفسه كوجود عنصر الحديد في الهيموكلوبين والفسفور في بروتين الحليب الكازائين(يمكن تعريف البروتينات بشكل مختصر بأنها مركبات ذات أوزان جزيئية كبيرة تحتوي على الأحماض الأمينية كوحدات بنائية مرتبطة مع بعضها بأواصر ببتيدية).

يكون البروتين المكون الرئيسي لجسم الإنسان، إذ يمثل حوالي 20% من وزن الجسم، فالعضلات والأنسجة الرابطة والعظام والدم والجلد والأظافر والهورمونات والإنزيمات كلها في أساس تركيبها بروتين فالعضلات وحدها تكونّ حوالي 50% من كمية البروتين الموجود في الجسم.

الوظائف الحيوية والفسيولوجية للبروتينات

1- حاجة الجسم في النمو وبناء أنسجة الجسم

يعد البروتين مادة بناء الأنسجة المختلفة في الجسم، إذ يكون المكون الرئيس والأساس لبناء كل خلية في الجسم فالعضلات والأربطة والأوتار والأعضاء والغدد والأظافر والشعر وكثير من سوائل الجسم الحيوية يدخل فيها البروتين.

2- ترميم وتعويض وبناء أنسجة الجسم

يحتاج الجسم البالغ للبروتين لأغراض التعويض وتجديد الأنسجة التالفة التي تفقد في الحالات الطبيعية وغير الطبيعية، فمثلاً في الحالة الطبيعية فان كريات الدم الحمراء تتحلل الى مكوناتها كل 125 يوماً فيتطلب الجسم بناء كريات جديدة، أما في الحالات غير الطبيعية مثل حالات المرض والحروق والنزف او قطع أي جزء من الأنسجة عند حدوث الجرح فتحتاج أيضاً البروتين في الإصلاح والترميم.

3- مصدراً للطاقة

تعد البروتينات مصدراً للطاقة في الحالات الاضطرارية كاحتياطي أخير بعد الكاربوهيدرات والدهون إذ ان غراماً واحداً من البروتين يعطي نحو أربعة سعرات حرارية.

4- الحفاظ على التوازن المائي في الجسم

تؤدي بروتينات الدم ولاسيما الألبومين Albumins دوراً كبيراً في تنظيم حركة السوائل ومنها الماء بين الخلايا والدم وبسبب كبر حجم هذه البروتينات نسبياً فإنها تبقى خارج الخلايا إذ يكون من الصعب عليها الانتقال الى داخل الخلية وبهذا تحافظ على الضغط الأزموزي Osmotic pressure إذ تساعد على تبادل الماء من الخلية الى خارجها ولاسيما الماء الناتج من العمليات الأيضية داخل الخلية، لكن عند قلة البروتين في الجسم يؤدي ذلك الى تجمع الماء داخل الخلايا والأنسجة فيسبب ما يسمى بالاستسقاء Edema او الانتفاخ ويعرف هذا الاستسقاء بـ Low protein edema ويحدث عادة في البطن والأرجل وعادة تحدث هذه الأعراض عند الأطفال المصابين بمرض الكواشيوركر Kwashiorkor.

5- يحافظ على توازن الحامضية والقاعدية في الجسم

يعد البروتين من المركبات التي تسلك سلوك الحامض والقاعدة اعتماداً على وجود مجاميع الأمين والكاربوكسيل في جزيئاته ولهذا فان محاليله تعد مقاومة للتغير في الـ pH أي أن لها فعلا تنظيمياً عالياً.

6- تدخل في تركيب عدد من المركبات المهمة حيوياً كالإنزيمات وعدد من الهورمونات والأجسام المضادة.

7- تزود البروتينات والأغذية البروتينية بصورة غير مباشرة بكثير من العناصر الغذائية الضرورية الاخرى: مثل الحديد والفسفور والكبريت والفيتامينات، فاللحوم مثلاً تعد من الأغذية البروتينية اذ تزود الجسم تقريباً بـ 40% من احتياجات الحديد و 30% من احتياجات الثايمين (B_1) و25% من احتياجات الرايبوفلافين (B_2) و60% من احتياجات النياسين.

8- البروتينات تكون الأساس التركيبي للكروموسومات من خلال المحافظة عليها بترتيب وشكل معين باستخدام البروتينات القاعدية مثل الهستونات Histons.

تصنيف البروتينات Classification of proteins

تصنف البروتينات عادةً على أساس تركيبها الكيميائي أو اقترانها بالمواد الأخرى العضوية وغير العضوية وهي:

I- البروتينات البسيطة Simple proteins

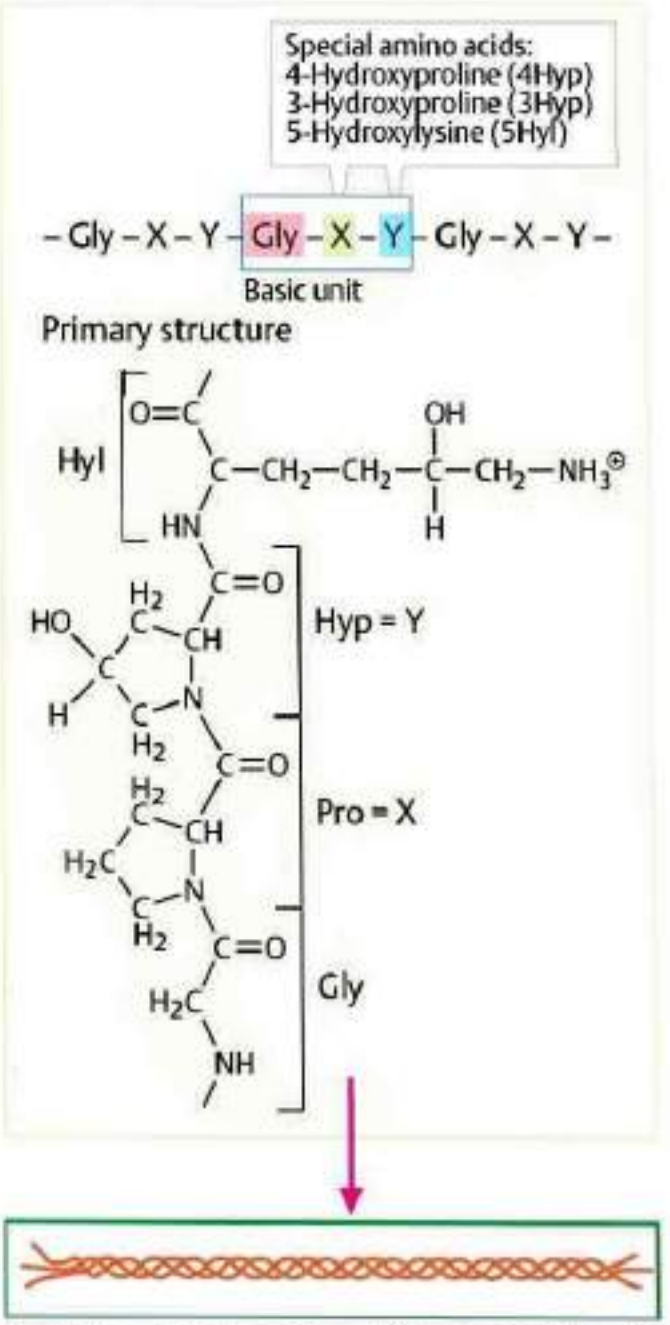
تكوّن ابسط أنواع البروتينات وهي مكونة من ببتيدات وسلاسل مكونة من الأحماض الأمينية فقط وتقسم هذه المجموعة الى:

أ- البروتينات النسيجية (البروتينات الليفية) Scleroproteins (Fibrous proteins)

وتشمل البروتينات غير الذائبة او مقاومة للمذيبات وتكوّن الأجزاء الداعمة Protective functions للأعضاء الحيوانية ويطلق عليها أسم ألبومينويدز Albuminoids **ومن أمثلة هذه البروتينات ما يأتي:**

1- الكولاجين Collagens

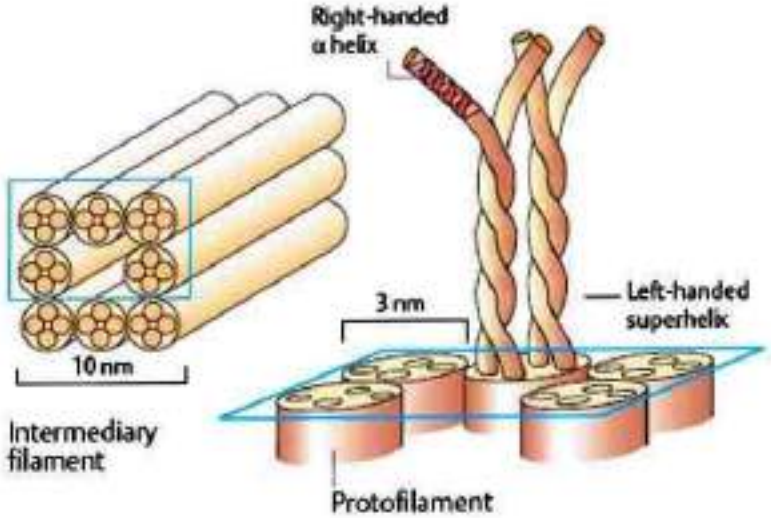
يعد الأساس في تركيب الأنسجة الرابطة Connective tissues والجلد والغضاريف والعظام وعادة تكون مقاومة للهضم بسبب إنزيمات الجهاز الهضمي مثل إنزيم الببسين Pepsin والتربسين Trypsin. ويمكن تحويله الى ما يسمى بالجيلاتين بغليه بالماء وكذلك بالقواعد والحوامض المخففة، ويتكون أساساً من أحماض أمينية: الكلايسين والبرولين والهيدروكسي برولين Hydroxyproline (4 و3- هيدروكسي برولين) و5-هيدروكسي لايسين 5-Hydroxylysine وهي الأحماض التي تميز هذا النوع من البروتينات **(الشكل 1-6)** .



الشكل (1-6): يوضح تركيب الكلاجوجين الأولي وتركيب الكولاجين الحلزوني Collagen helix.

2- الكيراتين Keratins

يكوّن الكيراتين الأنسجة الواقية في الجلد والأظافر والشعر والقرون والحوافر والريش (**الشكل 2-6**). وهي مقاومة لإنزيمات البيسين والتربسين وغير ذائبة في الحوامض والقواعد المخففة والمذيبات العضوية. وتحتوي على نسبة عالية من الحامض الأميني السستين Cysteine ويعزى أليها سبب قوة هذه البروتينات لوجود الآصرة الكبريتية المكونة من جزيئات الحامض.



الشكل (2-6): تركيب الكيراتين.

3- الألستينات Elastins

توجد هذه المركبات في الغضاريف وجدار الشرايين إذ تعطيها صفة المرونة وتجعلها أكثر سهولة للهضم بوساطة الببسين والتربسين من بقية الأنواع الأخرى وعادة يصاحب الكولاجين في تركيب الأنسجة.

ب- البروتينات الكروية Globular proteins

وتمثل البروتينات الذائبة ولها شكل مكور نتيجة التفافها على بعضها وتكوين أواصر كبريتية وغيرها بين أجزائها الببتيدية **ومن هذه البروتينات:**

1- الألبومينات Albumins

وهي بروتينات تذوب في الماء والأملاح وتتخثر بالحرارة Coagulable او تغير طبيعتها Denatured ومن هذه البروتينات بروتين البيض Ovalbumin وبروتين الحليب Lactlbumin وألبومين المصل Serum albumin.

2- الكلوبيولينات Globulins

من ظواهر هذه البروتينات أنها لا تذوب في الماء بل تذوب في المحاليل المخففة للحوامض والقواعد وتتغير طبيعتها بالحرارة وسهولة تخثرها. ومن أمثلة هذه البروتينات كلوبيولين المصل Serum globulins والحليب Lactoglobulin وفي الغدة الدرقية Thyroglobulin.

3- الكلوتيلينات Glutelins

الكلوتيلينات بروتينات نباتية عادة وهي غنية بالأحماض الأمينية ولاسيما حامض الكلوتاميك والأرجنين والبرولين وهي تذوب في المحاليل المخففة والحامضية والقاعدية ولا تذوب في الوسط المتعادل ومن أمثلة هذه المجموعة: كلوتينين القمح Glutenin .

4- البرولامينات Prolamins

وتسمى البروتينات الذائبة في الكحول بتركيز70-80%، وهي بروتينات نباتية أيضاً ولا تذوب في الماء والمحاليل المتعادلة ومن الأمثلة عليها هو بروتين الزائين Zein وبروتين الشعير الهوردئين Hordein.

5- البروتامينات Protamins

وهي بروتينات ذات أوزان جزيئية قليلة نسبياً متعددة وتذوب في الماء ولا تتخثر في الحرارة وتحتوي على نسبة عالية من الحامض الأميني الأرجنين وتتحلل بوساطة إنزيم التربسين Trypsin ولا تتحلل بإنزيم الببسين ومن الأمثلة على هذه البروتينات: بروتين السالمين Salmin لسمك السلمون.

6- الهستونات Histones

الهستونات بروتينات تذوب في الماء وفي المحاليل المخففة وتتخثر بالحرارة ويغلب على تركيبها الأحماض الأمينية القاعدية ومنها الأرجنين واللايسين وكذلك حامض التايروسين ويفتقر الى حامض التربتوفان وتحتوي على كمية قليلة نسبياً من الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت. وتتحلل بإنزيمات الببسين والتربسين وتتحد بسهولة مع المجموعات السالبة للأحماض النووية مكونة البروتينات النووية (النيوكليوبروتينات) Nucleoproteins ولها دور منظم في مجال الوراثة مثال، الهستونات النووية Nucleohistones في نوى الخلايا.

II- البروتينات المرتبطة (المقترنة) Conjugated proteins

البروتينات المرتبطة عبارة عن بروتينات مكونة من جزء بروتيني مع جزء آخر غير بروتيني يدعى المجموعة الترقيعية Prosthetic group مثل: الكاربوهيدرات والدهون والأحماض النووية ومن هذه البروتينات ما يأتي:

أ- البروتينات النووية Nucleoproteins

تتكون من ارتباط الأحماض النووية مع جزيئة أو أكثر من البروتين في داخل النويّة ويكون البروتين مرتبط مع الحامض النووي الديوكسي رايبوزي DNA وعادة يكون البروتين من نوع البروتامين والهستون، وفي السايتوبلازم مع الحامض النووي الرايبوزي RNA ويكوّن ما يسمى بالرايبوسومات Ribosomes الذي له دور في بناء البروتينات.

ب- البروتينات الكاربوهيدراتية Glycoproteins والبروتينات المخاطية Mucoproteins

هذه البروتينات ترتبط بالكاربوهيدرات (قد تكون أحاديةً او سلسلة قصيرة نسبياً من الكاربوهيدرات) وعادة ما تكون المواد الكاربوهيدراتية أقل من 4% كاربوهيدراتية أما البروتينات المخاطية فمكونة من نسبة أعلى من 4% كاربوهيدراتية والتي قد تصل نسبة الى 60% وعادة عند تحليل المواد الكاربوهيدراتية تنتج سكريات أمينية Hexosamines وكذلك حامض اليورونيك Uronic acid وتسمى هذه الكاربوهيدرات بالسكريات المخاطية Mucopolysaccharides ومثال على هذه البروتينات الميوسن Musin في جدار المعدة Gastric mucoid وكذلك في البيض مثل Ova mucoid والكلوبيولينات في الدم Globulins على شكل (γ, β, α).

جـ- الفوسفو بروتينات Phosphoproteins

مكونة من بروتينات متحدة مع مركبات تحتوي على حامض الفوسفوريك والذي يرتبط عادة بحامض السيرين والثريونين في سلسلة البروتين. ومثال على هذه البروتينات الكازائين والفيتالين في صفار البيض.

د- البروتينات الصبغية (كرومو بروتين) Chromoproteins

بروتينات تحتوي على مجموعة أخرى لونية تسمى مجموعة الكروموفور Chromophoric group او مجموعة ترقيعية (ترابطية) Prosthetic group كوجود أحد العناصر المعدنية (الحديد أو النحاس)، **وتتضمن هذه المجموعة من البروتينات الأنواع الآتية:**

1- الصبغات المختصة بالتنفس، مثل الهيموكلوبين والهيموسيانين ومايوكلوبين العضلات.
2- مكونات السلاسل الناقلة للألكترونات في المايتوكوندريا مثل السايتوكرومات والفلافوبروتينات.
3- الصبغات البصرية، مثل الرودوبسين Rhodopsin والايدوبسين Iodopsin.
4- بروتينات لا تحتوي على المعادن ومن أمثلتها البروتينات الحاوية على صبغة الميلانين Melanin الموجودة في الشعر والجلد.

هـ- البروتينات الدهنية Lipoproteins

بروتينات تتحد بالكلسيريدات Glycerides او بالدهون وغيرها مثل البروتينات الدهنية الموجودة في الدم المسؤولة عن نقل الدهون والتي تصنف الى عدة أنواع اعتماداً على الأوزان الجزيئية لكل نوع مثل البروتينات الدهنية العالية الكثافة (High density lipoprotein HDL) والواطئة الكثافة (Low density lipoprotein LDL) والمتوسطة الكثافة (Intermediate density lipoprotein IDL) والواطئة الكثافة جداً (Very low density lipoprotein VLDL) والكيلومايكرون Chylomicron.

و- البروتينات المعدنية Metalloproteins

وهي بروتينات متحدة بالمعادن والممثلة لهذه المجموعة هي الإنزيمات مثل الأرجنيز Arganiase الذي يحتوي على عنصري المغنيسيوم والمنغنيز، وإنزيم التايروسينيز Tyrosinase الذي يتطلب وجود عنصر النحاس وإنزيم الكاربونيك أنهيدريز Carbonic anhydrase والذي يتطلب وجود عنصر الخارصين ويمكن تصنيف الهيموكلوبين الذي يحتوي على عنصر الحديد ضمن هذه المجموعة أيضاً.

III- البروتينات المشتقة Derived Proteins البروتينات المشتقة وهي ناتجة من تحلل البروتينات ومكونة من سلاسل ببتيدية مثل الببتونات Peptones والببتيدات Peptides وكذلك البروتينات المعاملة حرارياً والمغيرة طبيعياً (الممسوخة) Denatured proteins فضلاً عن البروتينات المتخثرة **ومن الأمثلة على البروتينات المشتقة:**

أ- بروتينات الميتا Metaproteins

وهي بروتينات عديمة الذوبان في الماء والحوامض المعدنية المركزة او محاليل الأملاح المتعادلة ولكنها تذوب في الحوامض المعدنية او القواعد المخففة.

ب- الببتونات Peptones

الببتونات مركبات تذوب في الماء ولا تتكتل بالحرارة وتترسب في خلات الرصاص.

جـ- البروتيوسيز Proteoses

بروتينات تذوب في الماء ولا تتجلط (Coagulated) بالحرارة والتي تترسب بالتشبع النصفي بكبريتات الأمونيوم وحامض النتريك المركز وتسمى بالبروتيوسيز الثانوي Secondary proteoses أما البروتيوسيز الأولي Primary proteoses فهي تذوب في الماء أيضاً ولا تتجلط بالحرارة وتترسب بالتشبع الكامل لكبريتات الأمونيوم.

بروتينات البلازما Plasma proteins

تتراوح نسبة بروتينات البلازما من 6-8 غرام لكل 100 سم^3 من الدم. ويحتوي بلازما دم الإنسان السليم على ستة أجزاء من البروتينات أمكن فصلها بوساطة الهجرة الكهربائية Electrophoresis كما هي موضحة في الشكل (3-6) وفي ما يأتي وصف موجز لهذه الأجزاء:

1- **الألبومين Albumin**: يتم بناؤه في الكبد. ومن الوظائف المهمة للألبومين المحافظة على الضغط الأزموزي للدم وعلى استقراره، كما يقوم بنقل الأحماض الدهنية الحرة والبليروبين والكالسيوم وبعض الهورمونات كالألدوستيرون وعليه فهو يلعب دوراً كبيراً في أيض هذه المركبات.

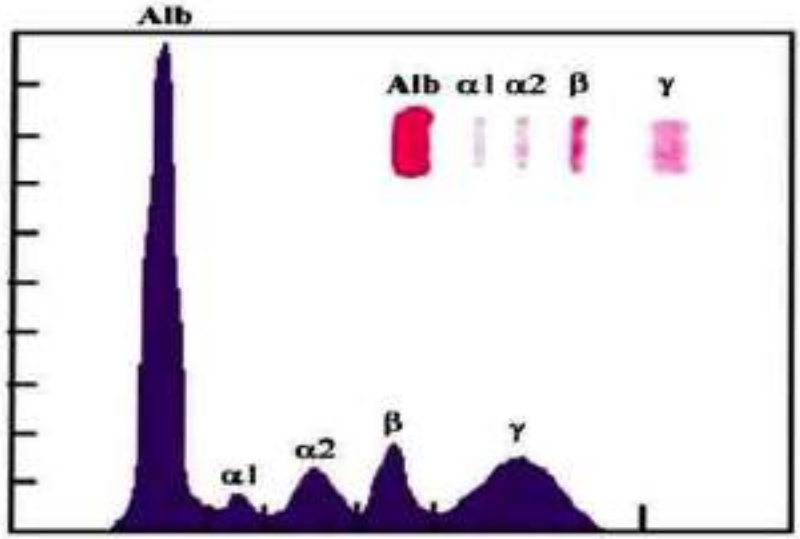
2- **ألفا- 1- كلوبيولين Globulin - α_1** : يقوم بنقل الستيرويدات والدهون والدهون الفسفورية ويشمل البروتينات الدهنية Lipoproteins والترانسكورتين Transcortin.

3- **ألفا- 2- كلوبيولين Globulin - α_2** : يقوم بنقل الدهون والهيموكلوبين المتكسر من كريات الدم الحمر، كما يقوم بنقل النحاس ويشمل البروتينات الدهنية والسيرولوبلازمين Ceruloplasmin والبروثرومبين Prothrombin.

4- **بيتا- كلوبيولين Globulin- β** : تشمل البروتينات الدهنية والترانسفرين Transferrin الذي يقوم بنقل الحديد.

5- **كاما- كلوبيولين Globulin- γ** : ويدعى بالأجسام المضادة Antibodies ويقوم بوظائف دفاعية ضد الأجسام الغريبة مثل البكتريا والفايروسات والذي يصنف الى أنواع الأمينوكلوبين (الأجسام المناعية) Immunoglobulins (Ig) وهي IgG, IgM, IgD, IgA, IgE.

6- الفايبرونوجين Fibrinogen : البروتين الموجود في البلازما وغير موجود في المصل ويشارك في عملية تخثر الدم اذ يقوم إنزيم الثرومبين بتحويله الى الفايبرين لإيقاف نزيف الدم.



الشكل (3-6): أنواع بروتينات البلازما المفصولة بوساطة تقنية الهجرة الكهربائية Electrophoresis.

تراكيب البروتينات Structures of proteins

تعد البروتينات ذات تراكيب معقدة ليس لكونها ذات أوزان جزيئية عالية فحسب وإنما بسبب طريقة ترتيب ذرات جزيئة البروتين نفسه الذي يعتمد على صفاته الفيزيائية والكيميائية وبالتالي سوف يختلف تركيب بروتين عن بروتين آخر باختلاف أمور عدة يمكن أجمالها بما يأتي **(الشكل 4-6)**:

1- عدد ونوع الأحماض الأمينية المكونة والموجودة في سلاسلها الببتيدية.

2- تتابع أو تسلسل الأحماض الأمينية في كل سلسلة ببتيدية.

3- التوزيع الفراغي للمجموعات المختلطة والذرات في السلسة الببتيدية.

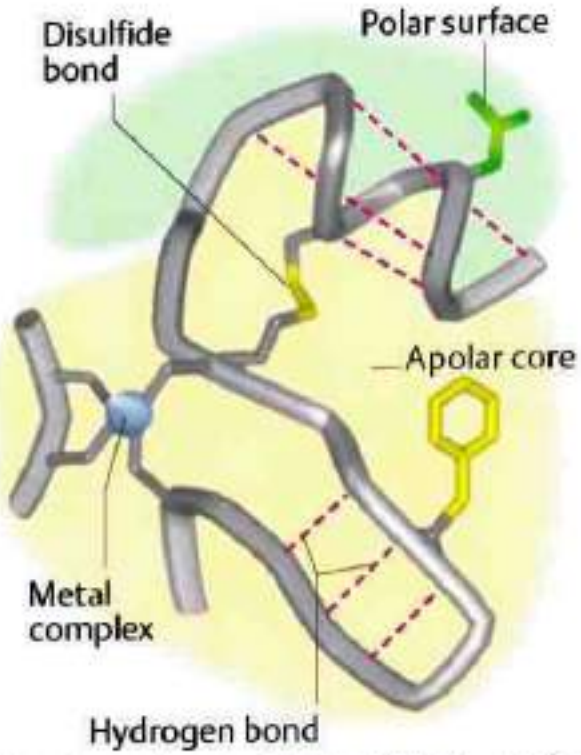
4- الترتيب الثلاثي الأبعاد لجزيئة البروتين.

5- الشكل العام لجزيئة البروتين.

6- تكوين عدد من الوحدات ذات استقلال نشاطي محدود.

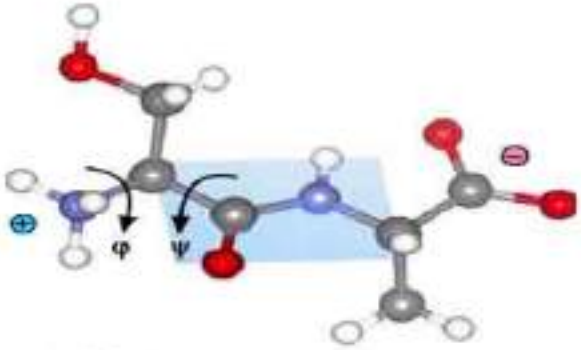
7- تجميع جزيئات الوحدة البروتينية مع وحدات أخرى لتكوين مجموعات ذات أوزان جزيئية عالية.

8- ارتباط البروتينات مع مواد غير بروتينية.



الشكل (4-6): بعض أشكال الارتباطات في البروتين التي تعمل على زيادة استقراره.

ان العمود الفقري للسلاسل الببتيدية يتضمن الأواصر الببتيدية المستوية التي تملك بعضاً من خواص الأصرة المزدوجة، فليس هناك دوران لكل من الكاربون والنيتروجين حول الأصرة الببتيدية (**الشكل 5-6**) وان ميزة عدم الدوران هذه تمنح السلسلة الببتيدية تركيباً صلداً لحد ما (شبة صلد) مما له أهمية في استقرار التنظيمات البنائية للبروتين وبالتالي في التركيب الأولي للبروتين Primary structure.



Seryl alanine
(Ser-Ala, $^{\oplus}H_3N$-Ser-Ala-$COO^{\ominus}$, SA)

الشكل (5-6): يوضح صعوبة الاستدارة حول الأصرة الببتيد .

ومن المعلوم ان معظم البروتينات إما ان تكون ذات هيئة (طبيعية) ليفية فتسمى بالبروتينات الليفية Fibrous proteins او تكون ذات هيئة كروية فيطلق عليها بالبروتينات الكروية Globular proteins وإن التركيب الثانوي والثالثي الذي يتمثل في انتظام مثل هذه الهيئات البنائية الخاصة للبروتينات الطبيعية يعود ثباته لوجود أواصر مختلفة عديدة تعمل على المحافظة على الشكل (البناء) الكلي المعقد للبروتينات، وتشمل هذه الأواصر الأنواع الآتية (**الشكل 6-6**):