كلية العلوم

القسم :الكيمياء

السنة : الثالثة

المادة : كيمياء حيوية

المحاضرة : الثالثة /نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

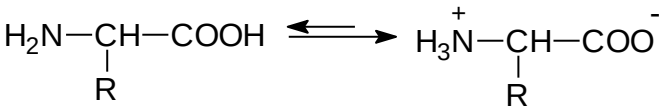
يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

الحموض الأمينية والمواد البروتينية Proteins

مقدمة :

تعتبر الحموض الأمينية (α) الوحدات الأساسية للببتيدات والبروتينات في الكائنات الحية ، فهي تكون العضلات والأنسجة والأعضاء والجلد.

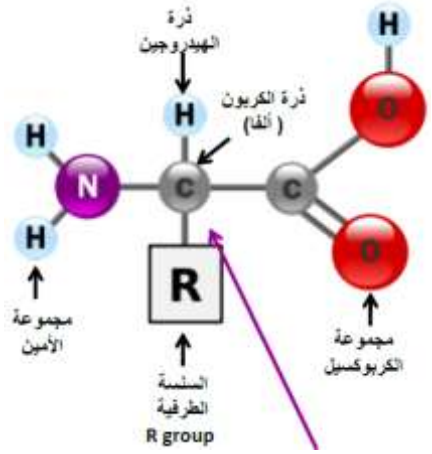
الحمض الأميني هو مركب عضوي يحمل نوعين من الجذور الكيميائية، وهي طرف قاعدي أميني نشادري $-NH_2$ وطرف حمضي كربوكسيل -COOH متحدتين مع ذرة كربون مرتبطة بدورها ببقية عضوية جانبية R تكون مختلفة من حمض أميني إلى آخر، وبذلك يمكن القول بأن الحموض الأمينية هي مركبات ثنائية الزمرة الوظيفية (زمرة كربوكسيلية حمضية وزمرة أمينية أساسية) ، وتوصف بأنها مواد مذبذبة (امفوتيرية Amphoteric) ، وتوجد على شكل شوارد (أيونات) ثنائية القطبية Zwitterion ، والتي غالباً ما تتفق مع الصيغة العامة التالية :



حيث : R – جذر (أو ذرة هيدرجين عند الغليسين) يختلف R من حمض أميني لآخر وهو يعين سلوك الحمض الأميني ونشاطه .

وبذلك جميع الحموض الأمينية البروتينية (ماعدا الغليسين Glycine) تكون فيها ذرة الكربون α (ألفا) مرتبطة بأربع مجموعات مختلفة :

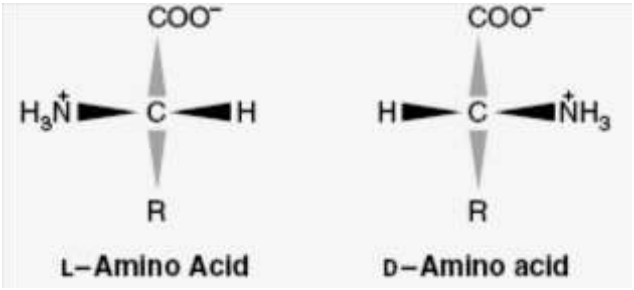
- المجموعة الأمينية $-NH_2$
- الزمرة الكربوكسيلية -COOH
- ذرة الهيدروجين
- السلسلة الطرفية R Group



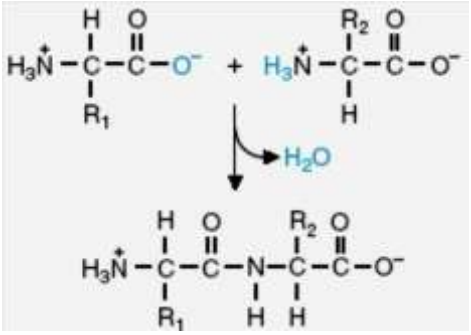
ومن الملاحظ أن ذرة الكربون α (ألفا) هي ذرة غير متناظرة (مركز كيرالي)
إذ أنها مرتبطة بأربع مجموعات مختلفة (ماعدا حالة الغليسين Glycine)

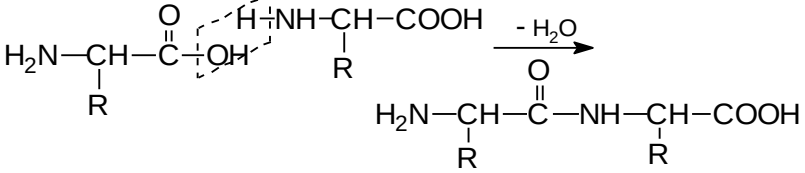
جميع الحموض الأمينية التي تدخل في تركيب البروتينات تكون من الشكل L (مساقط فيشر)

الجدير ذكره أن هناك التشكيل D في بعض المضادات الحيوية وفي جدار خلايا بعض الميكروبات .



تنتج الرابطة الببتيدية بنتيجة عملية التكاثف بين الزمرة الكربوكسيلية لحمض أميني مع الزمرة الأمينية لحمض أميني آخر:



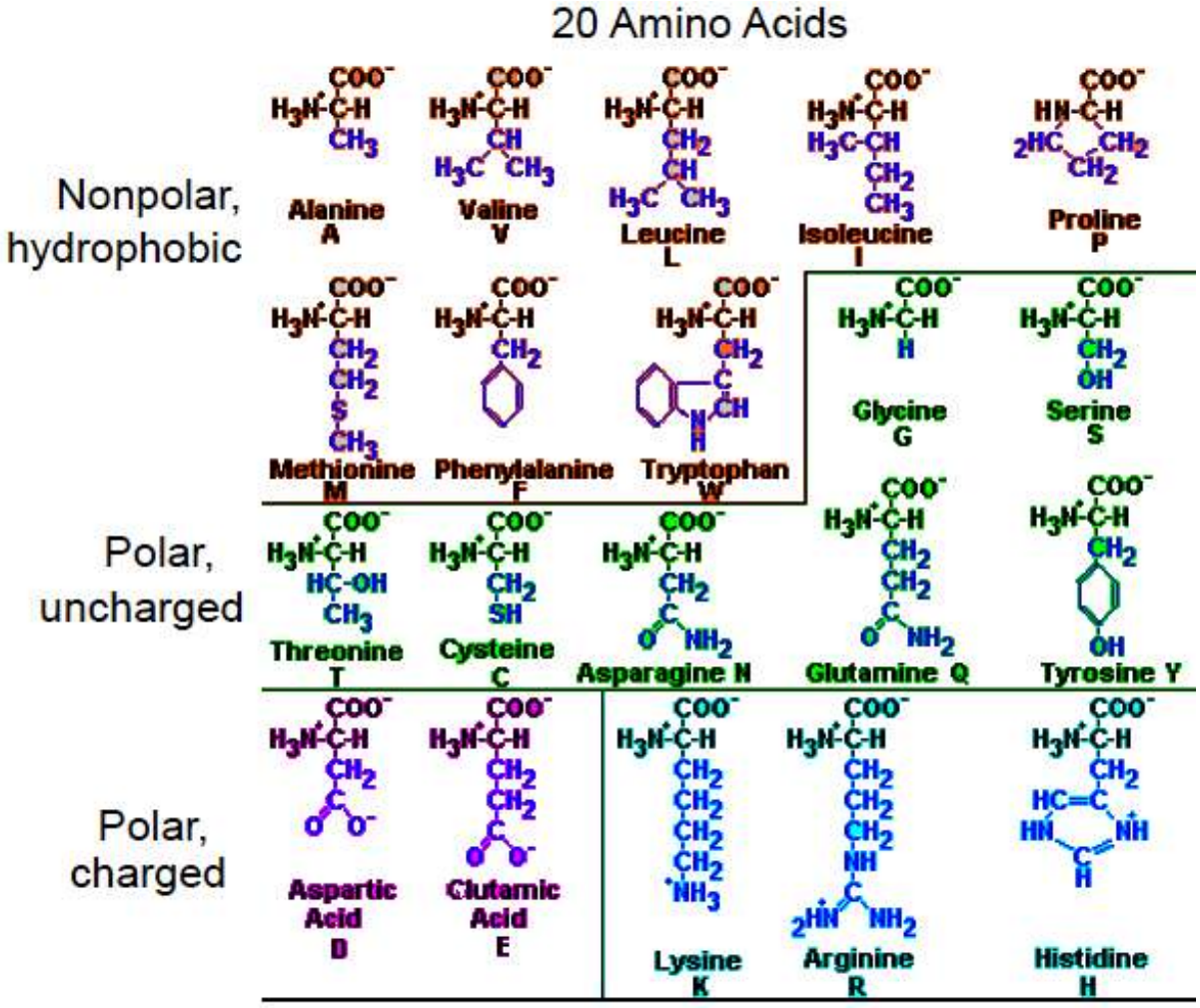


تنشأ الببتيدات من ارتباط عدد قليل من الحموض الأمينية (ثنائي، ثلاثي، رباعي الببتيد، الخ). تتميز الببتيدات عموماً بطعمها المر باستثناء الاسبارتام Aspartame فهو حلو المذاق و يستخدم كمحلي صناعي و أورنتل بيتا ألانين هيدروكلوريد Ornityl-β-alanine hydrochloride المالح الطعم والمستخدم كبديل لملح كلور الصوديوم.

تؤدي حلمهة البروتينات جزئياً (حلمهة حمضية أو قلوية أو أنزيمية) إلى تشكل الببتيدات ، بينما تفصل الحموض الأمينية في نهاية تفاعل الحلمهة الكاملة .

$$\text{protein} \xrightarrow[100\ ^\circ\text{C}\ 24\ \text{h}]{6\ \text{N HCl}} \text{amino acids}$$

يبن الشكل (1) الحموض الأمينية (عشرون حمضاً) التي تدخل في تركيب البروتينات، وفق قطبية وعدم قطبية R .



الشكل (1) الحموض الأمينية التي تدخل في تركيب البروتينات، وفق قطبية وعدم قطبية R .

3-1. الحموض الأمينية الطبيعية :

1) الحموض الأمينية البروتينية

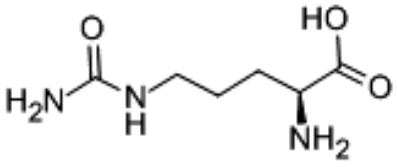
هي الحموض الأمينية التي تدخل في تركيب البروتينات الطبيعية، حيث يتم تشفير هذه الحموض الأمينية من خلال تسلسل النكليوتيدات في الحمض النووي، و يبلغ عددها 20 حمضاً أمينياً فقط، و هي جميعاً تملك مجموعة أمينية على ذرة الكربون ألفا. تقسم تبعاً لقدرة جسم الإنسان على اصطناعها إلى:

أ- الحموض الأمينية الأساسية: يوجد في الطبيعة ثمانية حموض أمينية أساسية لا تصطنع في جسم الإنسان وينتج عن نقصها اضطرابات استقلابية و فيزيولوجية وهي: التربتوفان، اللوسين، نظير اللوسين، الليزين، المتيونين، الفنيل آلانين، التريونين، الفالين.

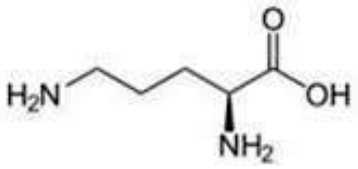
ب- الحموض الأمينية غير الأساسية: يمكن إنتاجها من قبل الجسم بعكس الحموض الأمينية الأساسية، و هي: آلانين، برولين، تيروسين، غليسين، سيستين، سيرين، غلوتامين، أسبارجين، حمض الغلوتاميك، حمض الأسبارتيك.

2) الحموض الأمينية غير البروتينية

هناك الحموض الأمينية –α الأخرى الطبيعية (لقد أمكن فصل أكثر من 150 حمض أميني من جميع المصادر الطبيعية، موجودة بصورة حرة أو مرتبطة ، ولكنها لا توجد مطلقاً في البروتينات) مثل الأورنيثين L-Ornithine ، والسيترولين L-Citrulline :

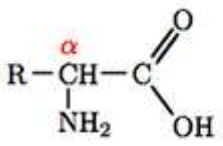


L-Citrulline

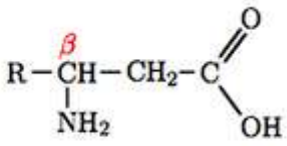


L-Ornithine

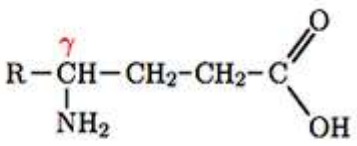
وهناك الحموض –β (بيتا) وغاما ودلتا وأبسلون.. إلخ



حمض ألفا-أميني



حمض بيتا-أميني



حمض جاما-أميني

3-2. تصنيف الحموض الأمينية وفق قطبية المجموعة R:

تقسم الحموض الأمينية وفق قطبية المجموعة R في درجة الحموضة 7 إلى : حموض لا قطبية (كارهة للماء)، وحموض قطبية غير مشحونة، وحموض قطبية (تحمل شحنة سالبة أو موجبة)

3-2-1. حموض أمينية لا قطبية (كارهة للماء):

راجع الشكل (1) في الصفحة 2 وتعرف على هذه الحموض ، وصنفها وفق الآتي :

- حموض أمينية ذات مجموعة R مفتوحة:
- حموض أمينية ذات مجموعة R عطرية:
- اقترح تصنيف للبرولين :

3-2-2. حموض أمينية قطبية وغير مشحونة :

راجع الشكل (1) في الصفحة 2 وتعرف على هذه الحموض ، وعلل سبب هذا التصنيف :

- تحوي على OH –
- تحوي على SH –
- تحوي على NH2 -

علماً أن الغليسين أدخل إلى هذا الصنف ، لقطبيته الواضحة ، والناشئة من كبر حجم مجموعة الكربوكسيل والأمين بالنسبة إلى الحجم الكلي لجزيء الغليسين

3-2-3. حموض أمينية قطبية مشحونة (بشحنة موجبة):

- راجع وتعرف عليها ، واكتب صيغها وعلل .

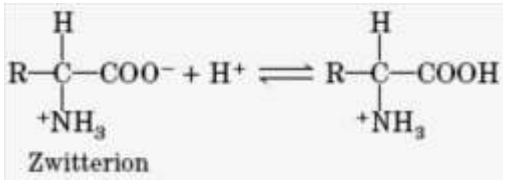
3-2-4. حموض أمينية قطبية مشحونة (بشحنة سالبة):

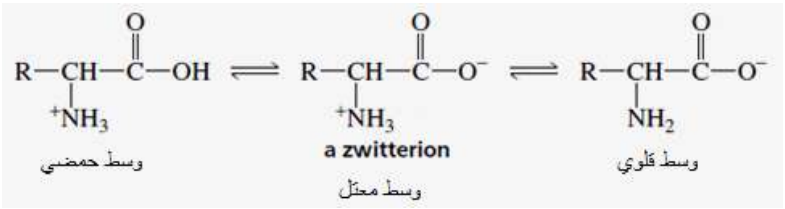
- راجع وتعرف عليها (ما عددها) ، واكتب صيغها وعلل .

3-3. الخواص الفيزيائية للحموض الأمينية :

الحموض الامينية هي مواد صلبة : تمتلك درجات انصهار عالية (أعلى من 200 ^{o} C) وغالباً ما تتفكك قبل انصهارها، تذوب الحموض الأمينية في الماء بدرجات متفاوتة تبعاً لنوع الحمض (الشحنة والجذر R) ورقم pH ، ولكنها غير منحلة (لا تذوب) في المذيبات العضوية غير القطبية (ايتر ، بنزن ، هكسان ...) ، حيث أنها تكون في الشكل القطبي (ثنائية القطبية Zwitterion)، في المحاليل وفي الحالة الصلبة الحرة .، ويستفاد من هذه الخاصية في فصل الحموض الأمينية بتقنية الرحلان الكهربائي Electrporesis ، فعند pH معين تتجه الحموض المشحونة سلباً إلى المصعد ، والمشحونة إيجاباً تتجه نحو المهبط ، وتتناسب سرعة الرحلان عكساً مع الوزن الجزيئي

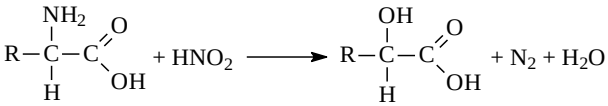
إن PH المحلول الذي يجعل الحمض الأميني ثنائي القطب (متعادل) Neutral أي بشكل Zwitter Ion تسمى بنقطة تساوي الشحنة او بنقطة التعادل الكهربائي (PI = PH) Isoelectric Point (PI) وعندها لا يستطيع الحمض الأميني ثنائي القطب الهجرة في مجال كهربائي نحو اي من القطبين:





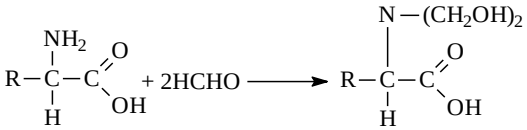
3-4. بعض تفاعلات الحموض الأمينية:

1- بفضل وجود المجموعة الأمينية تتفاعل الحموض الأمينية مع حمض الآزوتي (nitrous acid)، ويتشكل بذلك هيدروكسي الحمض الموافق وغاز الآزوت:

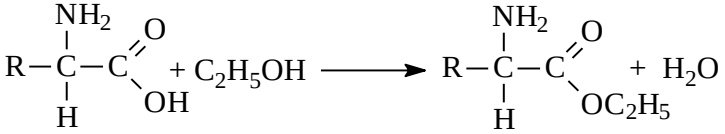


يعدّ هذا التفاعل أساساً للطريقة الكمية لتحديد الحموض الأمينية ، عن طريق قياس غاز الآزوت المنطلق.

2- من التفاعلات الهامة أيضاً، تفاعل إتحاد المجموعة الأمينية مع الفورم ألدهيد (هذا التفاعل أساس طريقة المعايرة الفورمولية للتحديد الكمي للأحماض الأمينية)، بالشكل التالي:



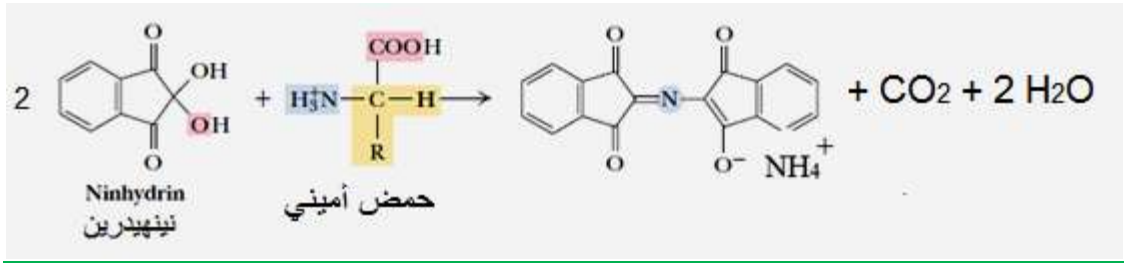
3- يمكن أن تتفاعل المجموعة الكربوكسيلية في الحموض الأمينية مع الأغوال وتتشكل بذلك الإسترات، مثال ذلك مع الغول الإيتيلي يجري التفاعل على النحو التالي:



يستعمل هذا التفاعل لفصل الحموض الأمينية وتحديدها بطريقة التقطير التجزيئي لإستراتها بالتخلية.

4 - التفاعل مع النينهيدرين:

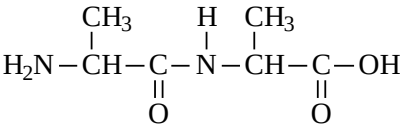
تتفاعل تقريباً جميع α- الحموض الأمينية مع النينهيدرين عند pH دون الخمسة ويتشكّل النشادر وغاز ثاني أوكسيد الكربون والألدهيد الموافق، أما عند pH أعلى من خمسة فيجري التفاعل مع تشكّل مركب باللون الأزرق وغاز ثاني أوكسيد الكربون والألدهيد الموافق. يتفاعل البرولين وهيدروكسي البرولين مع النينهيدرين ويتشكل اللون الأصفر، ناتج التفاعل هذا هو عبارة عن اتحاد جزيئة حمض أميني واحدة مع جزيئتين من النينهيدرين، وخلال هذا التفاعل يتشكّل غاز ثاني أوكسيد الكربون والماء كنواتج ثانوية :



يستعمل التفاعل مع النينهيدرين لتصنيف وتحديد الحموض الأمينية الحرّة كمياً من خلال كمية غاز ثاني أوكسيد الكربون المنطلقة أو شدة اللون المتشكل مع النينهيدرين. فمثلاً التحديد الكمي للأحماض الأمينية على الجهاز المسمى المحلل الآلي للأحماض الأمينية يتم بطريقة قياس اللون المتشكل من تفاعل الحمض الأميني مع النينهيدرين.

3-5- الرابطة الببتيدية وتشكّل الببتيدات:

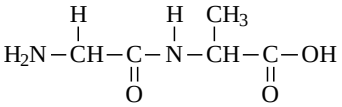
الرابطة التي تتشكل نتيجة اتحاد حمضين أمينيين، حيث يقدم أحدهما المجموعة الكربوكسيلية والآخر يقدم المجموعة الأمينية، تسمى بالرابطة الببتيدية Peptide bond، وتدعى السلسلة المتشكلة من عدة أحماض أمينية متعدد الببتيد Polypeptide، فمثلاً عندما تتشكل الرابطة الببتيدية بين جزيئتي آلانين، فإن التفاعل يجري وفق :



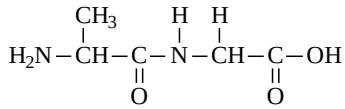
Alanyl-alanine

المركب الناتج عن اتحاد جزيئتي أحماض أمينية (في مثالنا هذا من الآلانين)، يسمى ثنائي الببتيد، والرابطة المتشكلة - CO-NH - تدعى بالرابطة الببتيدية، وثنائي الببتيد المتشكل في هذه الحالة يسمى ألانيل آلانين. تتم التسمية حيث إن الحمض الأميني الذي يقدم مجموعة الكربوكسيل يتم فيه استبدال الحرف الأخير (ن) إلى (ل) في نهاية الكلمة.

فإذا تم تشكيل ثنائي الببتيد من الغليسين والآلانين يتم الحصول إما على غليسيل آلانين، أو على ألانيل غليسين:



Glycyl-alanine

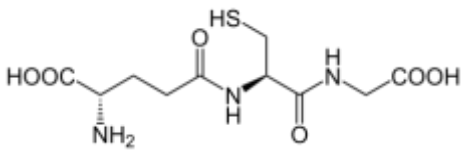


Alanyl-glycine

يختلف كل من ثنائيّ الببتيد هذين فيما بينهما بالخواص الفيزيائية والكيميائية. أما ثلاثي الببتيد فيتشكل حيث إن مجموعة كربوكسيلية حرة لثنائي الببتيد تتحد مع مجموعة أمينية لحمض أميني أخر.

الحلمهة الحمضية المتأنية أو القلوية أو الأنزيمية للبروتين ويمكن الحصول على مجموعة من البولي ببيتدات.

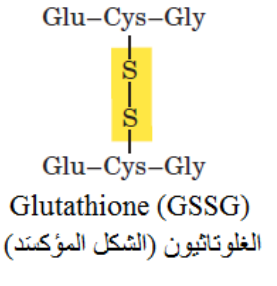
يوجد العديد من البولي ببتيدات في الشكل الحرّ في النباتات وأنسجة الحيوانات والأحياء الدقيقة ولها أهمية كبيرة كنواتج وسطية في استقلاب المواد ومركبات ذات فعالية فيزيولوجية عالية، ومثال هذه المركبات ثلاثي الببتيد غلوتاتيون (Glutathione)، المؤلف من شقوق الغليسين والسيستيين وحمض الغلوتاميك:



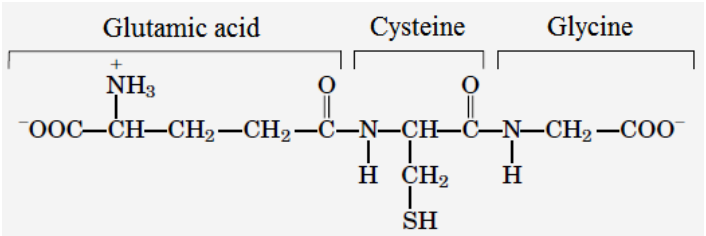
3- 6 - بعض الببتيدات ذات الفعالية الحيوية

الغلوتاتيون Glutathione ببتيد ثلاثي الحموض أمينية هي حمض الغلوتاميك السيستين والغليسين. ويرمز له بالرمز GSH عندما يكون مختزلاً، ويرمز له GSSG عندما يكون مؤكسداً. ويعمل كمرافق إنزيمي Coenzyme ، ومضاد أكسدة Antioxidant لحماية الخلايا من ضرر الجذور الحرة .Free radicals ويعد الغلوتاتيون هاماً لسلامة خلايا الدم الحمراء وزيادة مناعة الجسم الى جانب تفتيح البشرة و تنعيمها و زيادة نضارتها

يتمثل الدور الهام جداً للغلوتاتيون في عملية استقلاب المواد يكمن في كونه مُرجِعاً قوياً وبسهولة جداً يخضع للأكسدة بما يشبه أكسدة السيستيين، وبهذا كما في السيستيين تتأكسد المجموعة السولفوهيدريلية SH- (يُنزع الهيدروجين)، حيث إن جزيئتي غلوتاتيون مرجَع تتحدان فيما بينهما بواسطة الرابطة ثنائية السولفيد (دي سولفيد) S-S- ويتشكل بذلك جزيئة غلوتاتيون مؤكسَد:



Glutathione (GSSG)
الغلوتاثيون (الشكل المؤكسَد)



Glutathione (GSH)
الغلوتاثيون (الشكل المرجَع)

يتم التحول المتبادل للغلوتاتيون بين الشكل المؤكسَد والشكل المرجَع بواسطة أنزيم خاص في الكائن الحي. والغلوتاتيون يبدي تأثيراً كبيراً على فعالية العديد من الأنزيمات، وخاصة تلك التي يتعلق تأثيرها بتحولات البروتينات. ينتمي إلى عِداد البولي ببتيدات مجموعة من الصّادات الحيوية مثل الجراميسيدين والتيروسيدين والليشينيفورمين Licheniformin، ولاسيما أن العديد من هذه الصّادات يُستعمل في الطب لمعالجة الميكروبات الممرضة.

براديكينين Bradykinin : هو ببتيد يتكون من تسعة الحموض امينية والذي يسبب توسع الأوعية الدموية (تمددها)، ويؤدي بالتالي إلى انخفاض ضغط الدم .هناك فئة من العقاقير تسمى مثبط الإنزيم المحول للأنجيوتنسين، التي تستخدم لخفض ضغط الدم وزيادة البراديكينين (عن طريق تثبيط تحلله) ما يؤدي لمزيد من خفض ضغط الدم.

البراديكينين هو من الناحية الفسيولوجية والدوائية ببتيد نشيط من مجموعة الكاينين البروتينية التي تتألف من تسعة الحموض أمينية. Arg–Phe–Pro–Ser–Phe–Gly–Pro–Pro–Arg

الإنسولين Insulin : هرمون ذو طبيعة بروتينية .وهو متعدد الببتيد يتكون من 51 حمضا أمينيا تتوزع على سلسلتين A و B، تتالف السلسلة A من 21 حمض اميني والاخرى من 30 حمض اميني تجمع بينها جسور من ثنائي الكبريت.

يُفرز الإنسولين من خلايا بيتا في جزر لانغرهانس الموجودة في البانكرياس ويمر مباشرة إلى مجرى الدم ليؤثر على خلايا الهدف الكبد والعضلة والخلايا والودكية وخلايا أخرى حيث ينظم عملية بناء المواد الكربوهيدراتية من سكر ونشا.

3-7 -البروتينات :

تعرف البروتينات كيميائياً بأنها بوليمرات متشكلة من اتحاد حموض أمينية أو ببتيدات متعددة تربط بعضها ببعض (الرابطة الببتيدية) مشكلة سلسلة ببتيدة واحدة ضخمة ، أو عدة سلاسل ببتيدية.

- تصنيع نسيج بروتيني جديد، أو لترميم نسيج قديم أو للاحلال محل بروتينات سوائل الجسم المتحطمة .
- تصنيع مركبات غير بروتينية تحتوي على نتروجين مثل الحموض النووية أو الهيم (heme) أو الكرياتين (Creatine)
- توفير الطاقة الكيميائية والتعرض للهدم. إذ قد تدخل المركبات الوسيطة الناتجة عن هدم الحموض الامينية في دورة حمض الازوت ، اما المركبات الرئيسية الناتجة عن الهدم الكامل للحموض الامينية هي ثنائي أكسيد الكربون والماء واليوريا.

3-7 -1. الوظائف الحيوية والفيزيولوجية للبروتينات

1- بناء أنسجة الجسم، إذ تشكل البروتينات المكون الرئيسي لبناء خلايا الجسم، كما أنها تدخل في تركيب السوائل الحيوية في الجسم.

2- تعتبر البروتينات مصدراً للطاقة في الحالات الاضطرارية كاحتياطي أخير بعد نفاذ مخزون الكربوهيدرات و الدهون من الجسم، و يعطي كل 1 غ من البروتين 4 كيلو كالوري.

3- الحفاظ على التوازن المائي في الجسم، حيث تؤدي بروتينات الدم لا سيما الألبومين دوراً مهماً في تنظيم حركة السوائل بين الخلايا و الدم من خلال التحكم بالضغط الأسموزي. و لهذا يلاحظ في حالات المجاعة التي يقل فيها تركيز البروتينات في الدم تجمع الماء داخل الخلايا و الأنسجة مما يتسبب بحدوث الاستسقاء أو الانتفاخ edema، الذي يحدث عادة في البطن.

4- تقوم بأدوار حيوية مهمة في الجسم مثل الوساطة الإنزيمية، و الفعل الهرموني (بعض الهرمونات عبارة عن سلاسل ببتيدية)، و تقوم بدور أجسام مضادة، و مركبات ناقلة مثل الهيموغلوبين و الألبومين.

5- المحافظة على التوازن الحمضي القاعدي في الجسم، و ذلك من خلال الخاصية الأمفوتيرية للبروتينات.

6- تقوم بدور مركب ادخاري في الجسم مثل الفيريتين الذي يقوم باختزان الحديد.

3-7 -2. تصنف البروتينات

يمكن تصنيف البروتينات وفق عدة أشكال ومنها :

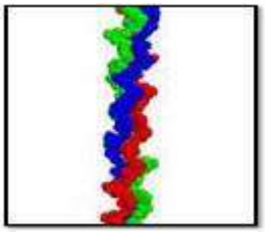
الأول : وفق التركيب (بسيطة ومقترنة)

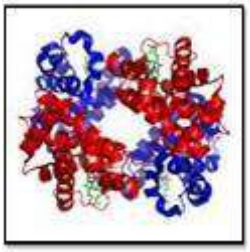
1) البروتينات البسيطة :هي كل بروتين يعطي عند تميؤه (تحلله) أحماض أمينية فقط مثل البروتين الموجود في بياض البيض ، بروتين الالبومين المصل في الدم ، بروتين الكيراتين الموجود في الشعر والاظافر.

2) البروتينات المقترنة:وهى البروتينات التي تنتج عند تحللها حموض أمينية و مكونات أخرى قد تكون عضوية أو غير عضوية ومنها :

- البروتينات النووية (النيوكلوبروتين): وهى البروتينات المرتبطة بالحموض النووية وموجودة في نواة الخلية والسيتوبلازم
- البروتينات الفسفورية (الفوسفوبروتين): وهى البروتينات المرتبطة بحمض الفسفوريك وتوجد فى كازين اللبن
- البروتينات الملونة : وهى البروتينات المرتبطة بصبغات النبات مثل االبروتينات الكاروتينية والبروتينات الكلوروفيلية والبروتينات المتصلة بحلقة البورفورين في الدم .الهيموغلوبين

- البروتينات الدهنية (الليبوبروتين): وهى البروتينات المرتبطة بالحموض الدهنية (الدسمة) وتوجد فى الاغشية الحيوية
- الجليكوبروتين: بروتينات مرتبطة بالسكريات—





الثاني : وفق التشكيل الفراغي

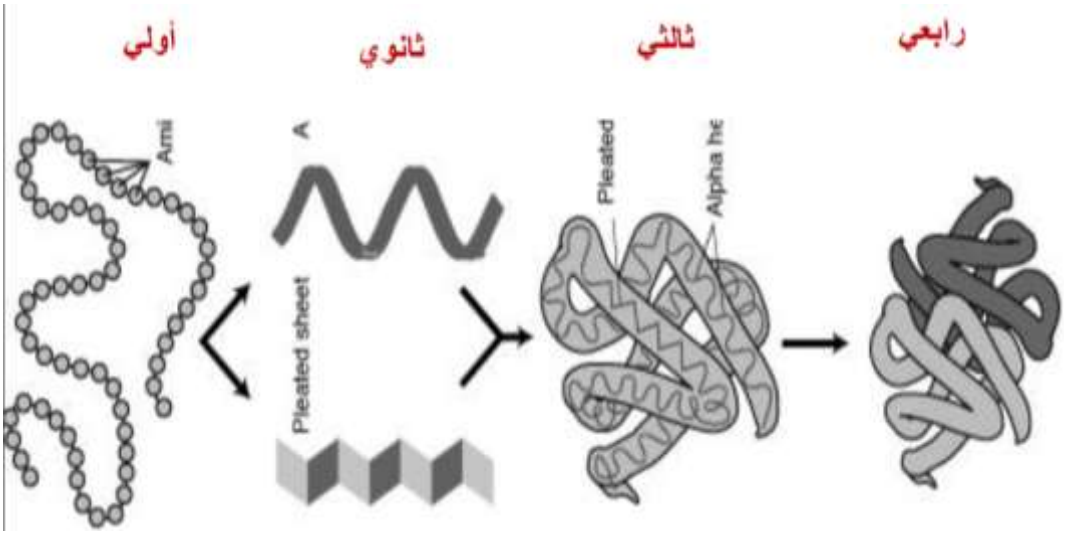
بروتينات ليفية : مثل الكولاجين ، الميوزين ، الكيراتين
البروتينات الليفية عديمة الذوبان في الماء

بروتينات كروية : أنزيمات ، البومينات غلوبولينات

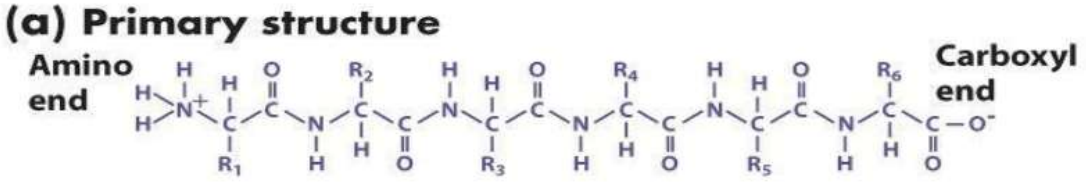
تلتف السلسلة أو السلاسل الببتيدية لهذه البروتينات على بعضها بقوة لتكون جزيء ذو شكل كروي أو بيضاوي ولها أهمية وظيفية في نقل العناصر اللازمة لحياة الخلية مثل (الإنزيمات– الهيموغلوبين–الالبومين في الدم) تذوب البروتينات الكروية بسهولة في الماء

- **يمكن أن تصنف البروتينات تبعاً للوظيفة الحيوية إلى:**
  - بروتينات هيكلية بنيوية
  - بروتينات وسائطية Catalytic: هرمونات، أنزيمات...
  - بروتينات ناقلة، مناعية، مستقبلات

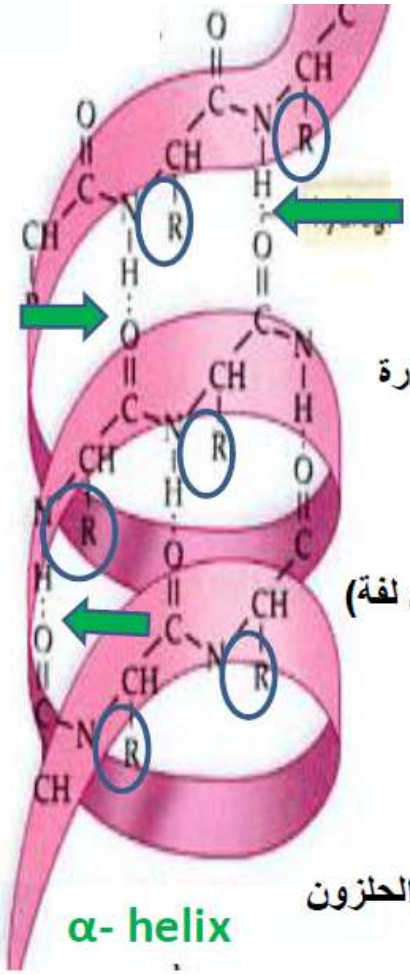
لفهم بنية البروتين لا بد من معرفة تركيبه : الأولي والثانوي والثالثي والرابعي



١. **التركيب الأولي للبروتين**: يتحدد هذا التركيب (وراثياً) بعدد وترتيب الأحماض الأمينية في السلسلة أو السلاسل الببتيدية المكونة له



- أي إخلال في التركيب الأولي للبروتين قد يؤثر على صفاته وخواصه
- مثال١: حلول حمض أميني واحد Valine مثلاً محل Glutamic في التركيب الأولي لسلسلتين في الهيموغلوبين يسبب أحد أمراض فقر الدم الوراثية وهو فقر الدم المنجلي
- مثال٢: هرمون الأنسولين عند الإنسان يختلف عن البقري في ثلاثة أحماض أمينية في السلسلة الأولى (مع ذلك الأنسولين البقري فعّال في معالجة مرضى داء السكرى)



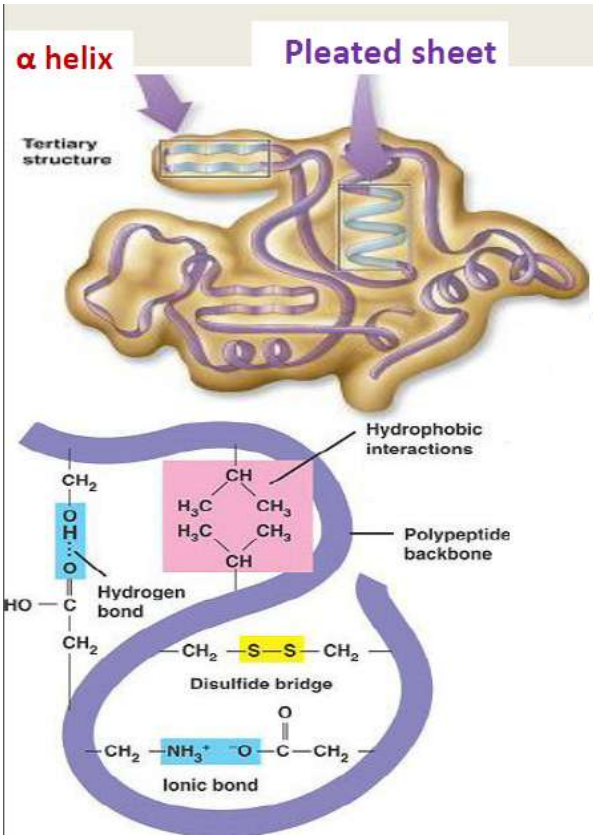
١. **التركيب الثانوي للبروتين**: يدل هذا التركيب على الشكل الفراغي للسلسلة الببتيدية

قد يوجد أكثر من نموذج فراغي في البروتين الواحد

A. الشكل اللولبي أو الحلزوني α- Helix:

- تركيب واسع الانتشار في كثير من البروتينات الليفية والمتكورة
- تتخذ السلسلة الببتيدية شكل النابض نتيجة للدوران الحر بزوايا محددة حول رابطتي ذرة الكربون α
- الحلزون يميني الاتجاه (ترتفع فيه السلسلة إلى اليمين في كل لفة)
- جذور الأحماض الأمينية تتجه نحو الخارج
- يدعم هذا التركيب وجود الروابط الهيدروجينية الموازية لمحور الحلزون
- بعض الأحماض الأمينية كحمض Proline يسبب انحناء في الحلزون

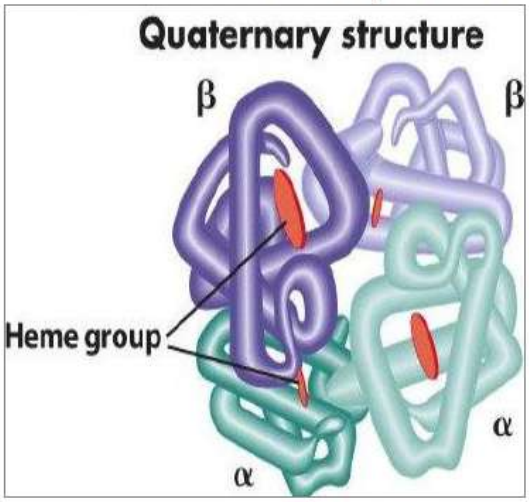
التركيب الثالثي للبروتين:



- هو التفاف وانثناء السلسلة أو السلاسل الببتيدية وترابطها حتى تكتسب التركيب المحدد للبروتين
- لكل بروتين تركيباً ثالثياً خاص به قد يكون شبيهاً بالألياف أو الأقراص أو الكرات...
- يعود تثبيت التركيب الثالثي لوجود الروابط التالية:
  - روابط قوية (ببتيدية، ثنائية السلفيد)
  - روابط ضعيفة (هيدروجينية، كهربائية ساكنة، تجمعات كارهة للماء)

التركيب الرابعي للبروتين:

- هو تركيب يدل على احتواء البروتين على أكثر من سلسلة ببتيدية، وعلى كيفية ترابطها
- هذا المستوى من التركيب يحدث عندما يترابط إثنان أو أكثر من Polypeptides لتشكيل بروتين وحيد
- الوحدات المكونة للجزيء قد تكون متجانسة (بعض الأنزيمات)، أو غير متجانسة (Hymoglobin)



- الشكل التالي يوضح تركيب هيموغلوبين الدم
  - يتألف من أربع وحدات كل أثنين متماثلتين
  - يرمز له بـ α2 β2 (سلسلتين α وسلسلتين β)
  - في كل سلسلة مجموعة Heme في مركزها أيون (Fe^{+2}) للمساعدة في ضم جزيء أوكسجين

الروابط المثبتة للبنية الرابعة:

1- **الروابط المشتركة:** وهي تشترك في ربط السلاسل الببتيدية في جزيئة واحدة، وتتألف من جسور ثنائية السولفيد.

2- **الروابط الشاردية:** وتتشكل بين الشوارد المعدنية وسلاسل الحموض الأمينية الجانبية ثنائية الكربوكسيل.

3- **قوى تبادل ضعيفة:** تسهم بشكل كبير في تثبيت البنية الرابعية، وتتشكل نتيجة التبادلات الهيدورفوبية لسلاسل الحموض الأمينية الجانبية الهيدروفوبية، وكذلك الروابط الببتيدية بين السلاسل الجانبية.

البروتينات البسيطة

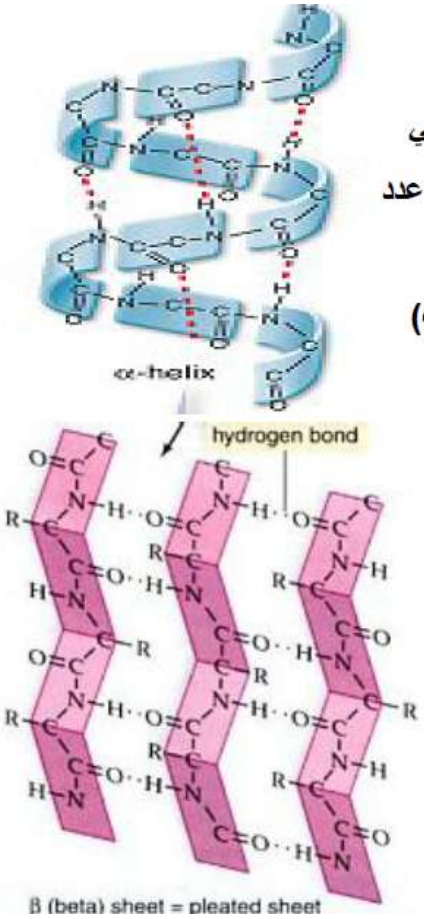
- تضم البروتينات الليفية والبروتينات المتكورة أو المنطوية

١. **البروتينات الليفية**: تشمل أغلب البروتينات الحيوانية ذات الوظيفة البنائية

- تتميز بقوة ميكانيكية ناتجة عن ترتيب سلاسلها الببتيدية بشكل منتظم
- لا تذوب في الماء (غنية بالأحماض الأمينية اللاقطبية، وتقاوم التحلل بفعل الأنزيمات)
- تضم نوعان رئيسيان Keratins, Collagens

A. **Keratins**: تشمل البروتينات المكونة للشعر والصوف والحرير والريش والأظافر والقرون

- تضم α - Keratins و β - Keratins



❖ **α - Keratins : α** تعني الأول في الاكتشاف، لها تركيب حلزوني

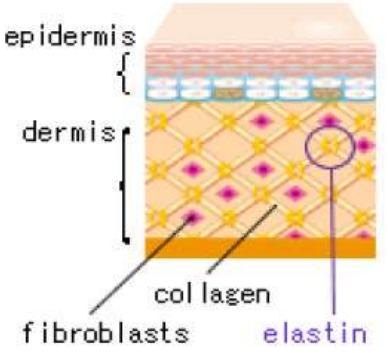
➢ تحوي نسبة عالية من حمض السيستين (١٠-٢٠%) الذي يوفر عدد كبير من روابط ثنائية السلفيد بين سلاسلها الببتيدية المتجاورة

➢ تركيبها الحلزوني يمنح البروتين خاصية المطاطية (شعر، صوف) يتمددان بالتسخين ويتقلصان بالبرودة

❖ **β - Keratins: β** تعني الثاني في الاكتشاف

➢ تتميز بتركيب مثني

➢ تحوي نسبة عالية من الأحماض الأمينية ذات الجذور الصغيرة (Glycine و Alanine وSerine) مما يسمح باستطالة سلاسلها الببتيدية (حرير، خيوط عنكبوت)



Cross-sectional diagram of human skin

B. Collagens: تشكل حوالي ثلث البروتينات في الفقاريات، تضم البروتينات الدعامية المكونة للأنسجة الرابطة والضامة كالجلد والغضاريف

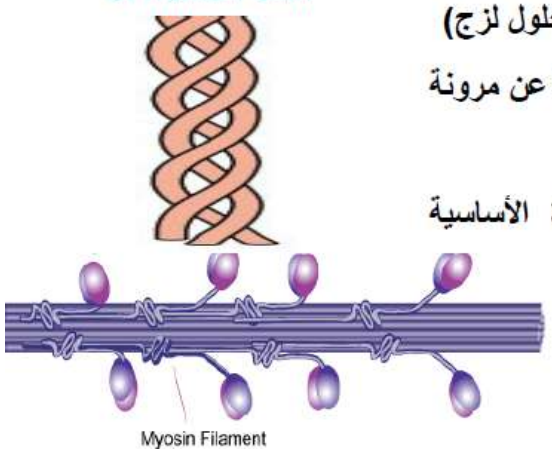
❖ تحوي نسبة عالية من Glycine(33%)، Proline(10%)

❖ لا تذوب في الماء، لكنها تمتصه بدرجة كبيرة بسبب تركيبها الإسفنجي

❖ تتحول بالغليان إلى جيلاتين (يذوب في الماء ويعطي محلول لزج)

❖ لها بنية حلزونية من ثلاث سلاسل ملتفة معاً، مسؤولة عن مرونة الجلد والأوتار

C. Elastin: يوجد في النسج الضامة (يشكل المادة الأساسية للألياف المرنة)



D. Myosin: بروتين التقلص الرئيس في العضلات

٢. **البروتينات المتكورة أو المنطوية** (Globular): ذات أشكال كروية أو بيضوية.

- تضم معظم البروتينات الذوابة ذات الوظائف الحيوية الهامة (الجذور اللاقطبية للأحماض الأمينية مخفية في الداخل والجذور القطبية بارزة على السطح ذوابة في الماء)
- كما تضم: Albumins, Globulins, Histones, Glutelins, Protamins

- Histones: ذوابة في الماء، ذات خصائص قلوية لاحتوائها على نسبة عالية من حمضي Arginine و Lysine، توجد غالبيتها في نوى الخلايا مرتبطة بالأحماض النووية، غير قابلة للتخثر بالحرارة، PI لها بين 10 و 12
- Protamines: ذوابة في الماء، منخفضة الوزن الجزيئي، غنية بالأحماض الأمينية القاعدية (Arginine)، لا تحوي كبريت ولا أحماض أمينية عطرية، توجد مرتبطة بالـ DNA للأسماك والنباتات،، غير قابلة للتخثر بالحرارة، PI لها بين 10 و 12
- Globulins: لا تذوب في الماء إنما تذوب في المحاليل الملحية الممددة، توجد في الدم والعضلات والأنسجة النباتية. تنتمي إليها الأجسام المضادة Antibodies
- Glutelins, Prolamins: خاصة بالنباتات، تتواجد بشكل خاص في بذور الحبوب حيث تشكل مخزن بروتيني. لا تذوب في الماء

- الـ Prolamins: غنية بالبرولين والأسبرتيك والغلوتاميك، فقيرة بالليزين والتريبتوفان، تذوب في المحاليل الكحولية (٧٠-٨٠%)، تتواجد في الذرة (زايين) والشعير(هوردينين) والقمح(غليادين). بفضل تركيبها الحلزوني المرن، تساهم في إعطاء النعومة والملاسة المرغوبة للخبز.

هذه البروتينات قد تسبب التسمم عند الأشخاص الذين لا يمكنهم استقلاب الغلوتين، بخاصة α- غليادين الموجود في القمح.

- الـ Glutelins تذوب في المحاليل الممددة للأحماض والقلويات (Glutenin القمح)
- Gluten يشكل ٨٥% من بروتينات القمح (عامل مهم في كفاءة الخبز) هو كتلة البروتين المرنة المتبقية بعد استخلاص النشاء من القمح، يتكون من Glutenin و gliadine

البروتينات المقترنة أو المرتبطة

- هي بروتينات منطوية ومرتبطة مع أجزاء غير بروتينية. تضم
- الفوسفوبروتينات (كازيين الحليب)
- الغلايكوبروتينات
- الليبوبروتينات: توجد في الخلايا النباتية والحيوانية والدم
- الفلافوبروتينات تحوي صبغة الفلافين الصفراء القادرة على منح واستقبال الالكترونات، لذلك تلعب دوراً مهماً في عمليات الأكسدة والإرجاع
- النيوكليوبروتينات (مرتبطة مع الأحماض النووية في النواة)

ترسيب البروتينات وتغير التركيب الطبيعي

- يرتفع ميل البروتينات للترسب كلما اقترب الـ pH من نقطة تعادلها الكهربائي
- تستخدم لترسيبها أحماض معدنية مركزة (HCl)، أحماض عضوية (ثلاثي كلور حمض الخل)، مذيبات عضوية (كحول وأسيتون)، أيونات معادن ثقيلة (pb,Cu,Hg)
- يتغير تركيب البروتين بالحرارة (تخثر أو تجلط)، يصبح البروتين غير ذواب وتزداد لزوجته ويفقد خواصه الحيوية (ألبومين البيض عند الغليان)
- يكون ترسب البروتين عكوساً في بعض الحالات (ترسيب بالأملاح والكحول)
- تغير التركيب الطبيعي للبروتينات Denaturation: هو اختلال في التركيبين الثانوي والثالثي، وارتخاء الحلزونات وانكسار معظم الروابط الهيدروجينية، ويحدث خلل في المواقع الفعّالة المسؤولة عن نشاطها (تتغير خواصه الفيزيائية والحيوية)
- العوامل المسؤولة: الحرارة، الإشعاع، الحموض والقلويات، المذيبات العضوية، المنظفات ، التراكيز العالية للأملاح، الرج الشديد لمحاليل البروتين بوجود الهواء...