كلية العلوم / قسم الكيمياء

محاضرات الكيمياء الحياتية

المحاضرة الثالثة
الاحماض الامينية والبروتينات

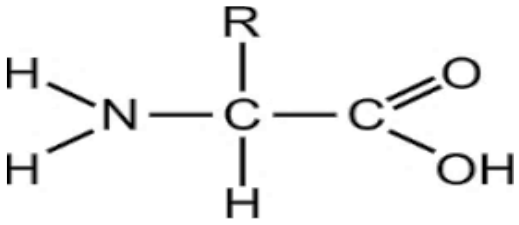
فصل الاحماض الامينية والبروتينات : المرحلة الثالثة

استاذ المادة : د. شيرين فاروق شاكر

الاحماض الامينية والبروتينات

الأحماض الأمينية Amino acids

الأحماض الأمينية هي الوحدات الصغيرة المتكررة المرتبطة مع بعضها البعض لتكون مركبات معقدة ذات أوزان جزيئية عالية التي هي البروتينات، ومركبات أبسط منها، مكونة من عدد أقل من الأحماض الأمينية هي الببتيدات . الأحماض الأمينية مركبات عضوية تحتوي في الجزيء الواحد منها على مجموعتين وظيفيتين فعالتين، هما القاعدة مجموعة الأمين (NH2 -)ومجموعة الكاربوكسيل الحامض COOH ان الأحماض الأمينية الموجودة في الطبيعة و الأحماض الأمينية المصنعة هي أكثر من 300 حامض أميني لكن اللبنة الأولية لبناء جميع البروتينات هي مجموعة متكونة من 20 حامض أميني وتسمى بالأحماض الأمينية البروتينية لأنها هي فقط تدخل في تركيب البروتين ترقم ذرات الكاربون عادة بالأحرف الإغريقية، وتنتمي الاحماض الأمينية المكونة للبروتينات إلى فئة ألفا وذلك لأن جذري الأمين والهيدروكسيل يرتبطان بذرة الكاربون الأولى (الفا) في السلسلة.



تقسم الأحماض الألفا أمينية العشرون الموجودة في البروتينات ، إلى مجاميع حسب عدد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية :

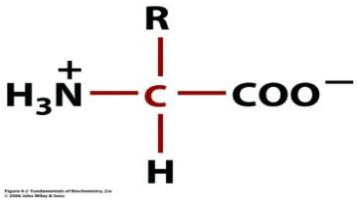
الخواص العامة للأحماض الامينية :

1- لدى الاحماض الامينية الموجودة في البروتينات صفة مشتركة وهي ارتباط مجموعة كاربوكسيلية واحدة ومجموعة امينية واحدة بذرة الكاربون الفا ويتميز كل حامض اميني بأحتوائه على مجموعة طرفية خاصة تدعى المجموعة الجانبية R-group والتي تحدد صفات كل حامض اميني . الطبيعة الكيميائية للسلسلة الجانبية : بما أن المجموعة الجانبية هي التي تحدد هوية الحامض الأميني، يمكن اذن تقسيم الأحماض الأمينية إلى سلسلة هيدروكاربونية، اما أليفاتية Aliphatic أو أروماتية Aromatic أو مختلفة الحلقة Heterocyclic

2- كل الاحماض الامينية تكون عبارة عن امينات اولية ماعدا البر ولين الذي يكون امين ثانوي (وهو في الحقيقة cyclic imino acid) . وكذلك كل الأحماض الامينية تكون بشكل رباعي السطوح ماعدا البرولين

3- جميع الأحماض الأمينية البروتينية تتكون من ذرة الكربون (ألفا) مرتبطة بأربع مجموعات :

1- مجموعة الأمين
2- مجموعة الكربوكسيل
3- ذرة الهيدروجين
4- السلسة الطرفية (R group)



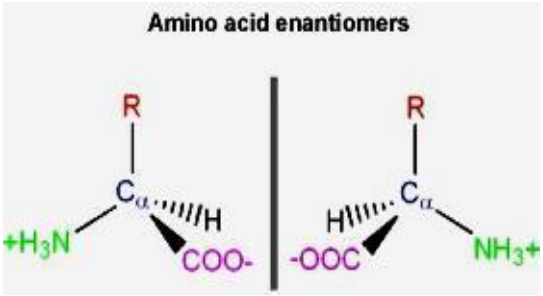
4- تكون المجموعة الامينية الفا حرة وغير مرتبطة في جميع الاحماض الامينية ء

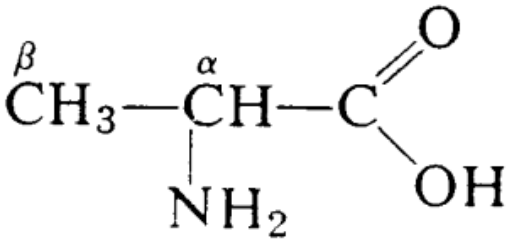
5- لتسمية الاحماض الامينية بصورة مختصرة فقد اعطي لكل حامض اميني ثلاثة حروف الاولى

6- يرمز للحمض الاميني بثلاث احرف رمزيه و التي تفيد في تعين مكونات و تسلسل الاحماض الامينيه الموجوده في سلاسل متعدد الببتيد

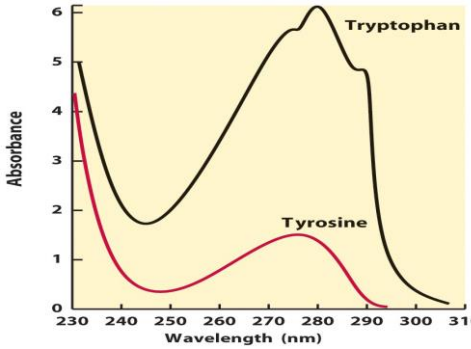
7- سميت حوامض امينية وليس قواعد بسبب ان قابلية مجموعة الكابروكسيل على التأين اكبر او اقوى من قابلية مجموعة الامين .(لايوجد تفاعل حامض قوي وقاعدة قوية في الجسم لكون تفككها تام فتستهلك ولكنها توجد تفاعلات حوامض وقواعد ضعيفة – محاليل بفر- للحفاظ على نظام الخلايا)

8- يتم ترقيم الكاربون في الاحماض الامينية بنظام الالفا والبيتا، حيت تكون مجموعة الامين مرتبطة بذرة الكاربون الفا) المجاورة لمجموعة الكاربوكسيل(ولذلك تسمى بالحوامض الامينية الفا وان جميع الأحماض الأمينية البروتينية 20)) فعالة ضوئيا) ماعدا الكلايسين) لأن هذه الأحماض الأمينية ال 19 تحتوي على ذرة كاربون كيرالية (chiral) أي ذرة كاربون غير متماثلة لأنها مرتبطة ب 4 مجموعات مختلفة H و ، - NH2، COOH -، R ، أما في حالة الكلايسين تكون R هي ذرة هيدروجين أي أن ذرة الكاربون تكون متماثلة (لأنها مرتبطة بذرتي هيدروجين) ولا يستطيع هذا الحامض الأميني تدوير الضوء المستقطب . تكون جميع الاحماض الامينية الموجودة في بروتينات الكائنات الحية تكون من نوع L (L-form) , يوجد شكل D من الأحماض الأمينية في بعض الكائنات المجهرية مثل الحامض الأميني D- Glutamic acid هو المكون الأساسي لغلاف بكتيريا Bacillus anthracic .





9- امتصاص الأشعة الفوق البنفسجية بواسطة أحماض الامينية الاروماتية عند الطول الموجي 280nm. وذلك بسبب كون التربتوفان له معامل حيود عالي. ان معامل الامتصاصية للتربتوفان يكون عالي جدا ولذلك يتميز عن الاحماض الامينية بامتصاصية عالية.



القطبية الكهربائية

تقسم الأحماض الأمينية حسب قد Pola سالبة أو موجبة الشحنة) أو غير قطبية(Nonpolar عديمة الشحنة)تحدد هذه الخاصية المهمة قابلية الأحماض الأمينية للانحلال في الماء(و الماء هو محلول قطبي)، فتكون الأحماض الأمينية ذات المجاميع الجانبية القطبية متجاذبة مع الماء Hydrophilic ، وهي عادة ما تكون على الجزء الخارجي للبروتينات بينما الأحماض الأمينية ذات السلاسل الجانبية غير القطبية، وغير المتجاذبة مع الماء Hydrophobic، تميل إلى التجمع للداخل.

القاعدية \ الحامضية : السلسلة الجانبية من الممكن أن تكون قاعدية، مثل حامض الليسين Lysine أو الأرجنين Arginineوهو شديد القاعدية، أو حامضية، مثل الكلوتاميك Glutamic acid والأسبارتيك Aspartic acid ، أو متعادلة مثل الكلايسين والليوسين . Leucine وعادة ما تكون الأحماض الأمينية ذات المجاميع الجانبية القاعدية والحامضية قطبية جدا وهي توجد بصورة كبيرة على سطح البروتينات المتماس للماء.

تصنيف (تقسيم الاحماض الامينية) :

يمكن أن نقسم الأحماض الأمينية حسب أهميتها الغذائية وتوفرها االحيوي في الجسم إلى:

1- أحماض أمينية أساسية Essential لا يصنعها الجسم، ويجب تناولها في الغذاء .مثال، الليوسين واللايسين.

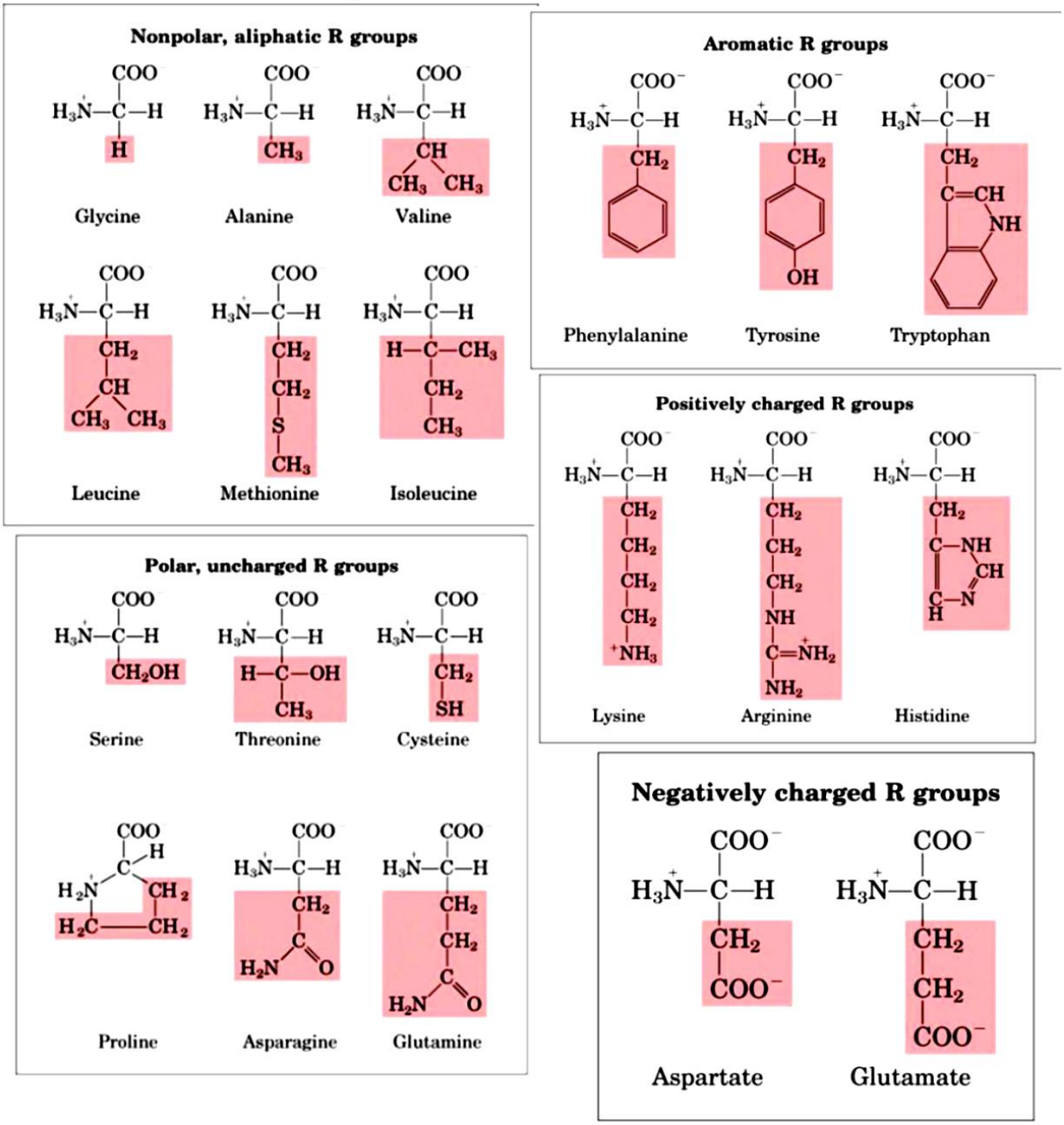
2- أحماض أمينية شبه أساسية Semi-essential - يستطيع الجسم تخليقها ولكن بكميات غير كافية، خاصة في مرحلة النمو، ويحبذ أن تتوفر في الغذاء .مثال: الأرجنين والهستيدين Histidine

3- أحماض أمينية غير أساسية Nonessential متوفرة في الجسم السليم بكميات دائمة، ولا تستلزم حضورها في الغذاء .مثال:الكلايسين والبرولين. Proline

الحامض الأميني	الرمز ثلاثة حروف	الرمز حرف واحد	قطبية السلسلة الجانبية	حامضية أو قاعدية السلسلة الجانبية	الأهمية الغذائية
ألانين Alanine	Ala	A	غير قطبي	متعادل	غير أساسي
أرجنين Arginine	Arg	R	قطبي	قاعدي قوي	شبه-أساسي
أسباراجين Asparagine	Asn	N	قطبي	متعادل	غير أساسي
أسبارتيت Aspartic acid	Asp	D	قطبي	حامض ي	غير أساسي
سيستائين Cysteine	Cys	C	قطبي	متعادل	غير أساسي
كلوتامين Glutamine	Gln	Q	قطبي	متعادل	غير أساسي
كلوتاميت Glutamic acid	Glu	E	قطبي	حامض ي	غير أساسي
كلايسين Glycine	Gly	G	غير قطبي	متعادل	غير أساسي
هيستدين Histidine	His	H	قطبي	قاعدي ضعيف	شبه-أساسي
ايزوليوسين Isoleucine	Ile	I	غير قطبي	متعادل	أساسي
ليوسين Leucine	Leu	L	غير قطبي	متعادل	أساسي
لايسين Lysine	Lys	K	قطبي	قاعدي	أساسي
ميثونين Methionine	Met	M	غير قطبي	متعادل	أساسي
فينيل ألانين Phenylalanine	Phe	F	غير قطبي	متعادل	أساسي
برولين Proline	Pro	P	غير قطبي	متعادل	غير أساسي
سيرين Serine	Ser	S	قطبي	متعادل	غير أساسي
ثريونين Threonine	Thr	T	قطبي	متعادل	أساسي
تريبتوفان Tryptophan	Trp	W	قطبي	متعادل	أساسي
تيروسين Tyrosin	Tyr	Y	قطبي	متعادل	غير أساسي
فالين Valine	Val	V	غير قطبي	متعادل	أساسي

الاحماض الامينية البروتينية العشرين :

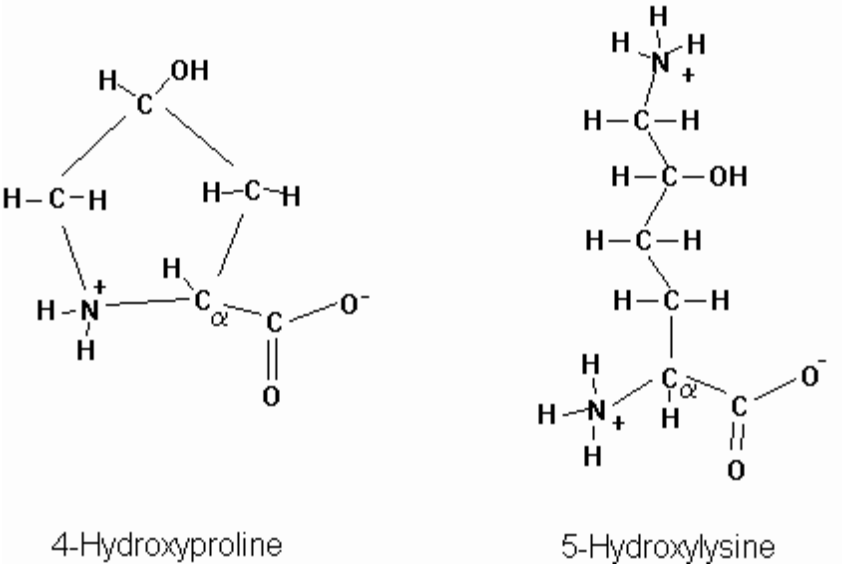
Twenty standard Amino Acids



الاحماض الامينية النادرة في البروتينات والاحماض الغير بروتينية

بالإضافة الى الاحماض البروتينية الشائعة توجد احماض امينية قليلة اخرى ثانوية في تركيب بعض البروتينات المتخصصة وتعبر هذه الاحماض النادرة من مشتقات الاحماض الامينية الشائعة ، مثل 5 هايدروكسي لايسين و 4 - هيدروكسي برولين-

الموجودان في البروتين الليفي كولاجين وكذلك N مثيل لايسـين الموجود في البروتين العضـلي مايوسـين توجد احماض امينية– طليقة او مرتبطة ولكنها لا تشترك في تكوين البروتينات مثل الأورنيثين وسيترولين و البيتا الالنين.

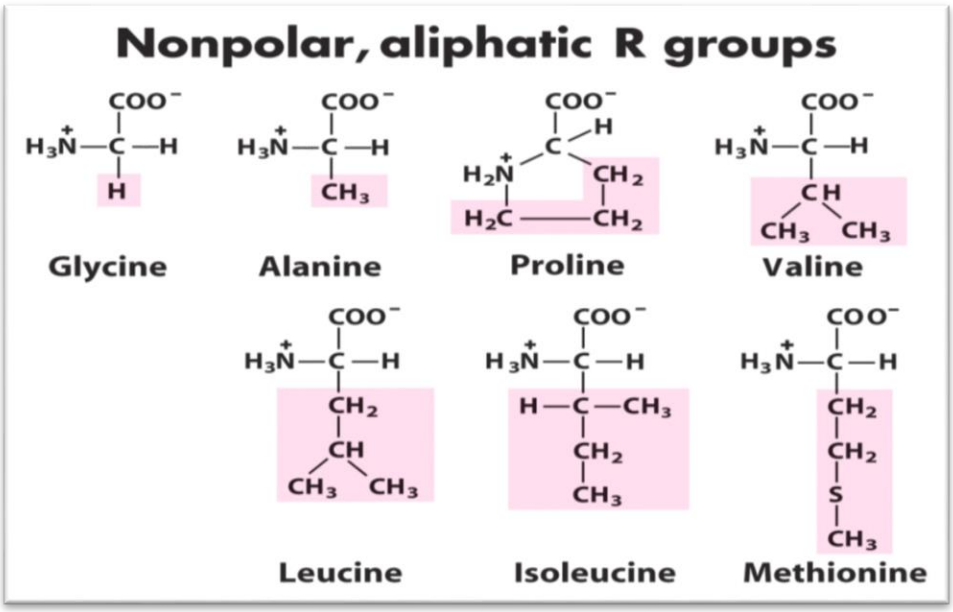


تصنيف الأحماض الأمينية

1) تصنف الأحماض الأمينية تبعاً لقطبية المجاميع الطرفية (**R Group**) في الماء عندما يبلغ الرقم الهيدروجيني **7.0** إلى أربعة أصناف رئيسية وهي:

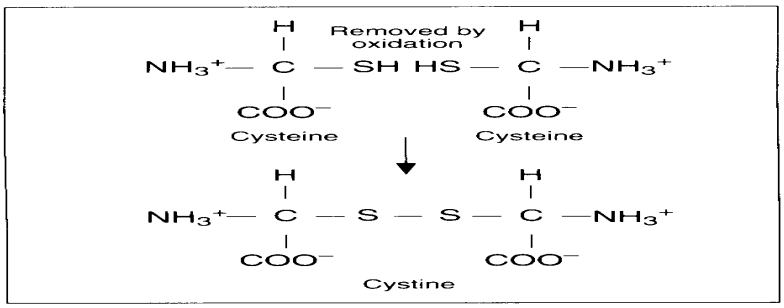
أ- سلسلة جانبية (أو مجموعة R جانبية) هيدروكربونية لا قطبية و غير محبة للماء(non-polar or hydrophobic)

- **مجاميع R الغير قطبية في هذا الصنف من الأحماض الأمينية عبارة عن هيدروكربونات والتي تميل إلى أن تكون غير محبة للماء، أقل ذوبان في الماء من الأحماض الأمينية القطبية الأخرى.**
- **وتحتوي هذه المجموعة على 7 أحماض أمينية لها مجاميع R أليفاتية وهي كلايسين, الألنين، ليوسين، أيزوليوسين، فالين وبرولين وميثونين.**
- **تحتوي هذه المجموعة أيضاً على 3 أحماض أمينية لهم حلقات أروماتية (عطرية) هما الفينايل ألنين، والتربتوفان، والتايروسين. وحامض أميني يحتوي على الكبريت و هو الميثونين.**



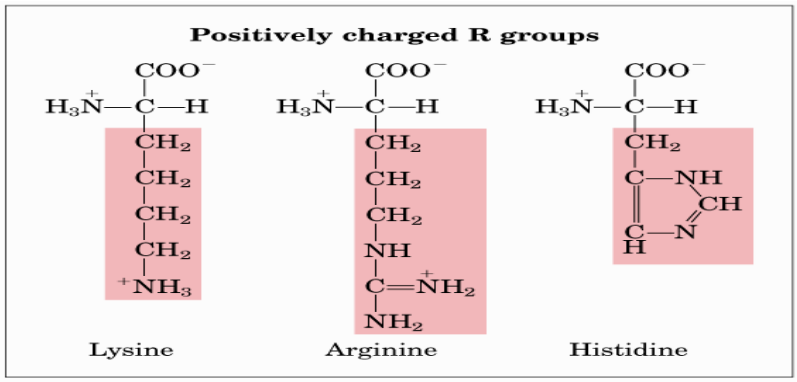
ب- مجموعة R جانبية قطبية غير مشحونة ومحبة للماء (polar not charged and hydrophilic)

- **الأحماض الأمينية ذات المجاميع R القطبية وغير المشحونة هي أكثر ذوبان في الماء من الأحماض الأمينية اللاقطبية ويعود السبب إلى إحتوائها على مجاميع فعالة لها القدرة على تكوين روابط هيدروجينية مع الماء.**
- **تحتوي هذه المجموعة على السيرين، ثريونين، تايروسين، أسبراجين، كلوتامين، سيستائين .**
- **وتعزى قطبية السيرين والثريونين والتايروسين إلى مشاركة جذر الهيدروكسيل، بينما تعود قطبية الأسبارجين والكلوتامين إلى مشاركة جذر الأمايد (amide) ، وفي حالة السستائين فتعزى إلى مشاركة جذرالسلفاهايدرل (sulfhydryl) أو الثايول.**
- **السستائين: موجود في البروتينات بشكلين: أولاً شكل سستائين Cysteine أو بشكل سستين Cystine الذي يتكون من جزيئين من السستائين مرتبطين مع بعضهما بواسطة جسر ثنائي الكبريتيد (disulfide linkage) الذي يتكون بواسطة أكسدة مجاميع الثايول التابعة لهما.**



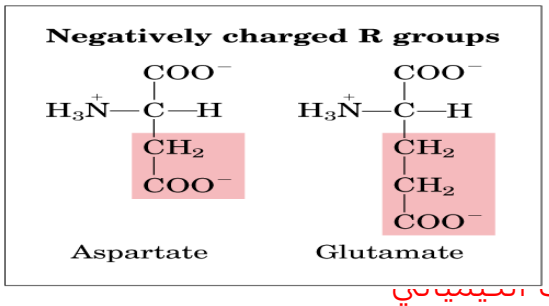
- الأحماض الأ

- **الأحماض الأمينية التي تحتوي على مجموعات R موجبة الشحنة عند pH=7.0 هي:**
- **اللايسين الذي يحتوي على مجموعة أمينية ثانية في موقع من السلسلة الألفاتية.**
- **الأرجنين يحتوي على مجموعة الجوانيدين الموجبة الشحنة.**
- **الهستدين الذي يحتوي على مجموعة الأميدزول ضعيفة التأين.**



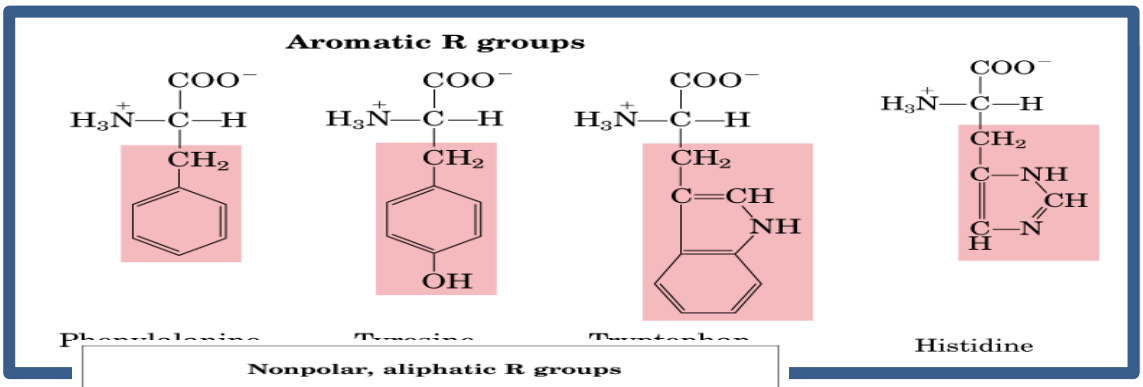
د - أحماض أمينية ذات مجاميع R سالبة الشحنة (حمضية):

- يمتلك الحامضان الإمينيان الأسبارتيك (Aspartic acid) والجلوتاميك (Glutamic acid) مجموعتي R ذات شحنة سالبة عند pH= 7 ، ولكل منها جزئ كربوكسيلي ثان في ال R group
- الحمضين الأمينين الأسبارتك والجلوتاميك هما المركبين المكونين للحامضين الأمينين الأسبارجين والجلوتامين (عند إضافة جزئ الأمايد إليهما).

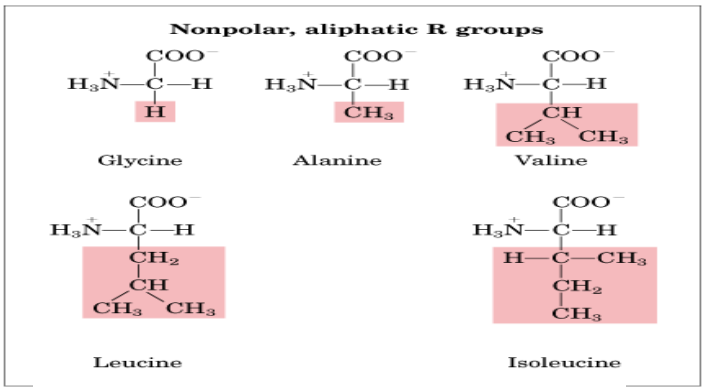


2) التقسيم تبعاً للطبيعة الكيميائية او التركيب الكيميائي

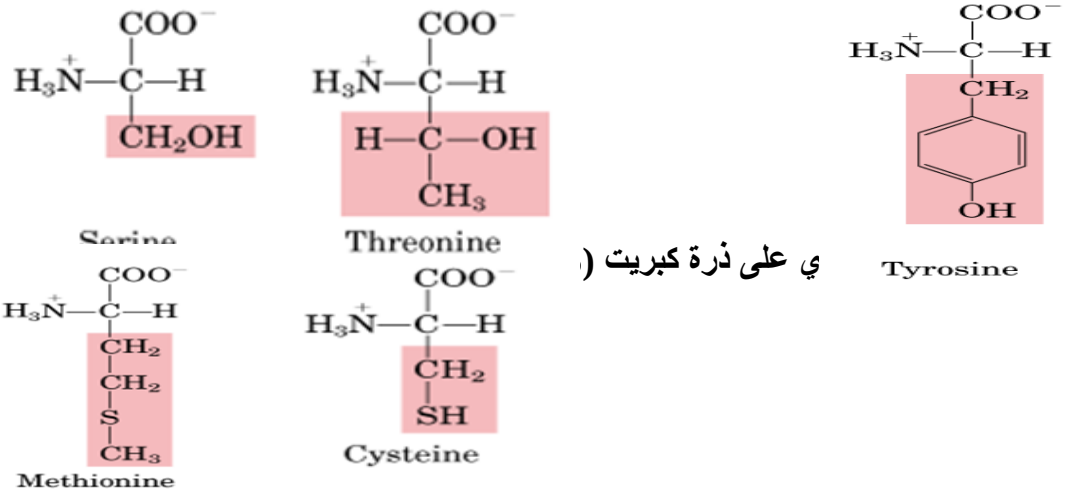
أ.الأحماض الأمينية الأروماتية



ب. أ

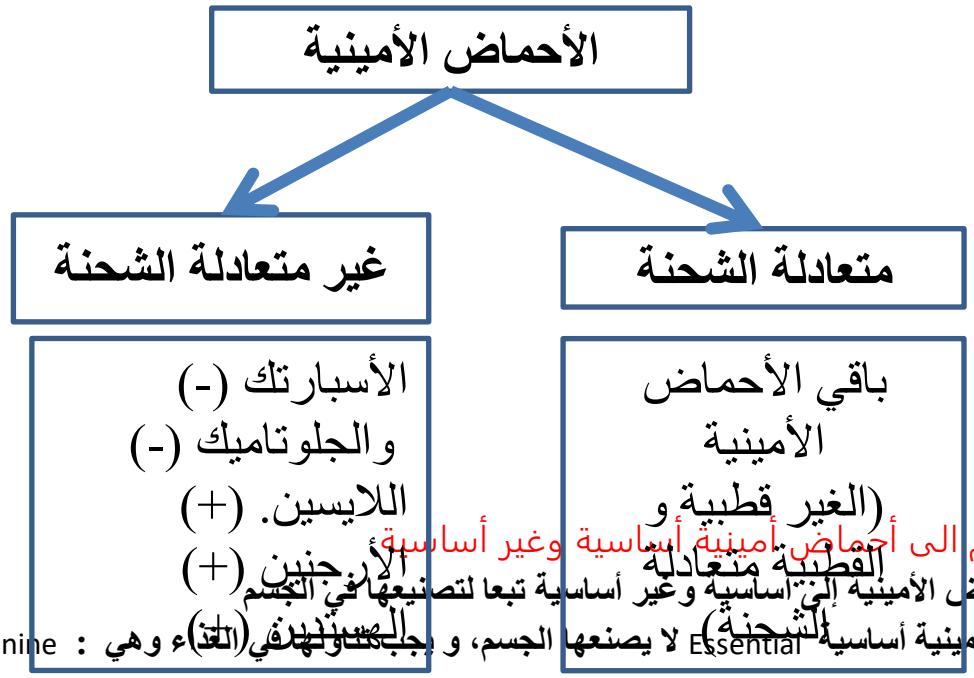


ج . تحتوي على مجموعة هيدروكس



ي على ذرة كبريت (

3) تقسم الأحماض الأمينية تبعا لمتعادلة الشحنة و غير متعادلة الشحنة



4) التقسيم الى أحماض أمينية أساسية وغير أساسية

تقسم الأحماض الأمينية إلى أساسية وغير أساسية تبعا لتصنيعها في الجسم

- **أحماض أمينية أساسية** Essential **لا يصنعها الجسم، و يجب تناولها في الغذاء وهي :** Phenylalanine , Valine , Tryptophan , Threonine , Isoleucine , Methionine , Histidine , Arginine , Leucine Lysine
- **أحماض أمينية غير أساسية** Nonessential **متوفرة في الجسم السليم بكميات دائمة، و لا تستلزم حضورها في الغذاء. وهي:-** Glycine , Glutamic acid , Aspartic acid , Proline , Alanine , Serine , Tyrosine , Cysteine , Asparagine , Glutamine

التأين ـ الخاصية الحامضية ــ القاعدية للأحماض الأمينية ـ:

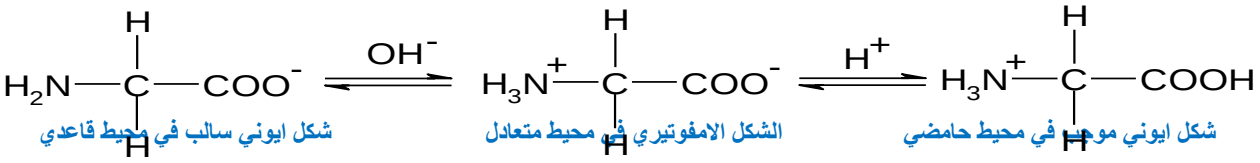
من خصائص الأحماض الأمينية أن ذرة الهيدروجين في مجموعة الكاربوكسيل تتأين تحت درجة حموضة عالية فيعطينا مركب مشحون بشحنة سالبة كما تعمل مجموعة الأمين كقاعدة تكسب البروتون وهذا يحدث عند درجة حموضة منخفضة ويعطي مركب مشحون بشحنة موجبة وأحيانا تفقد مجموعة الكاربوكسيل ذرة الهيدروجين وتكتسب مجموعة الأمين ذرة الهيدروجين ويحدث ذلك عند درجة الحموضة المتعادلة وبالتالي نحصل على مركب متعادل له خواص قاعدية وحامضية يطلق عليه مركب امفوتيري(Amphoteric أي انها تسلك الأحماض الأمينية سلوك الحامض في الوسط القاعدي و تسلك الأحماض الأمينية سلوك القاعدة في وسط حامضي) الاحماض الامينية توجد في الماء في حالة ايون ثنائي الشحنة(زويتر ايون zwitterions نتيجة لتفاعل مجموعة الامين والكاربوكسيل في بينها, وهو شكل - الحامض الأميني الناتج عن منح مجموعة الكاربوكسيل فيه بروتونها لمجموعة الأمين . عند إذابة حامض أميني في الماء وتعريض المحلول لجهد كهربائي نلاحظ إن الحامض المشحون شحنة موجبة يتجه نحوالقطب السالب(الكاثود) بينما الحامض المشحون شحنة سالبة يتجه نحو القطب الموجب(الانود)، وعند درجة حموضة معينة (رقم هايدروجيني pH معين) تسمى نقطة التعادل الكهربائي

point (pI) Isoelectric، يسلك المحلول كما لو كان غير أيوني فلا يتحرك نحو الأقطاب لان عدد الشحنات السالبة مساوي لعدد الشحنات الموجبة.
بما أن هناك روابط إلكتروستاتيكية قوية بين المجموعتين المتأينتين في الزويتر أيون هذه الحقيقة جعلت درجة انصهار بلورات الحامض الأميني عالية وهي تزيد عن 5200 م وتكون درجة غليان الحامض الأميني (على هيئة زويتر أيون) مرتفعة.
-هناك أيضا روابط قوية بين الزويتر أيون و جزيئات الماء القطبية لذلك هو عالي الذوبانية في الماء(ماعدا السيستيين والتايروسين)،و تذوب في الأحماض والقواعد القوية ، لكنه لا يذوب في المذيبات الغير قطبية ولا تذوب في الكحول ماعدا البرولين والهايدروكسي برولين.

منحنيات المعايرة للأحماض الأمينية

نظراً لوجود مجموعة حامضية (-COOH) وأخرى (-NH2) قاعدية في جزيء الحمض ألأميني فهو حامضي وقاعدي في الوقت نفسه أي له الخاصية الأمفوتيرية . وهاتان المجموعتان أكثر ميلاً للتفاعل فيما بينهما ، لذلك توجد الأحماض الأمينية في حالتها النقية على هيئة (زويتر أيون) أيون ثنائي القطبية ، الأيون المزدوج (أكثر من كونها بحالتها الغير أيونية). هذه الأيونات ثنائية القطب متعادلة كهربائيا ولا تتحرك في المجال الكهربائي لأنها تحمل شحنات كهربائية متعاكسة والشحنة النهائية مساوية للصفر

- نقطة التعادل الكهربائي(pI) The isoelectric point :- هي درجة الحامضية pH للمحلول عندما تكون الشحنه تساوي صفر



- الاحماض الامينية هي مواد صلبة. شبيهة بالأملاح لأنها توجد على هيئة زويتر أيون (الأيون الثنائي). بما أن هناك روابط إلكتروستاتيكية قوية بين المجموعتين المتأينتين في الزويتر أيون هذه الحقيقة جعلت درجة انصهار بلورات الحمض الأميني عالية وهي تزيد عن 5200 م . كما ان درجة غليان الحمض الأميني على هيئة زويتر أيون (مرتفعة). وتوجد أيضا روابط قوية بين الزويتر أيون و جزيئات الماء القطبية لذلك هو عالي الذوبانية في الماء، و لكنه لا يذوب في المذيبات الغير قطبية. إذا أذيب حامض أميني في الماء وعرض المحلول لجهد كهربائي فإن حركة الأيون المزدوج للكاثود أو الأنود يعتمد على ال pH للمحلول . ففي الوسط القاعدي فإن حالة الإتزان للزويتر أيون مع صورته الكاتيونية و الأيونية سوف تتزايد باتجاه تكوين الصورة الأنيونية له و ذلك لفقدانه +H , أما في الوسط الحامضي فإن حالة الإتزان للزويتر أيون مع صورته الكاتيونية و الأيونية سوف تتزايد باتجاه تكوين الصورة الكاتيونية له و ذلك لاكتسابه+H.
عند وضع الحامض الاميني في محيط حامضي فسوف يحمل شحنة موجبة , اما اذا وضع في محيط قاعدي فسوف يحمل شحنة سالبة ويبقى الشكل الامفوتيري Zwitter ion (ثنائية القطب Dipolar ions) متعادلا في محيط متعادل pH =7 , يكون الايون الامفوتيري متعادلا كهربائيا فلايستطيع الهجرة في المجال الكهربائي

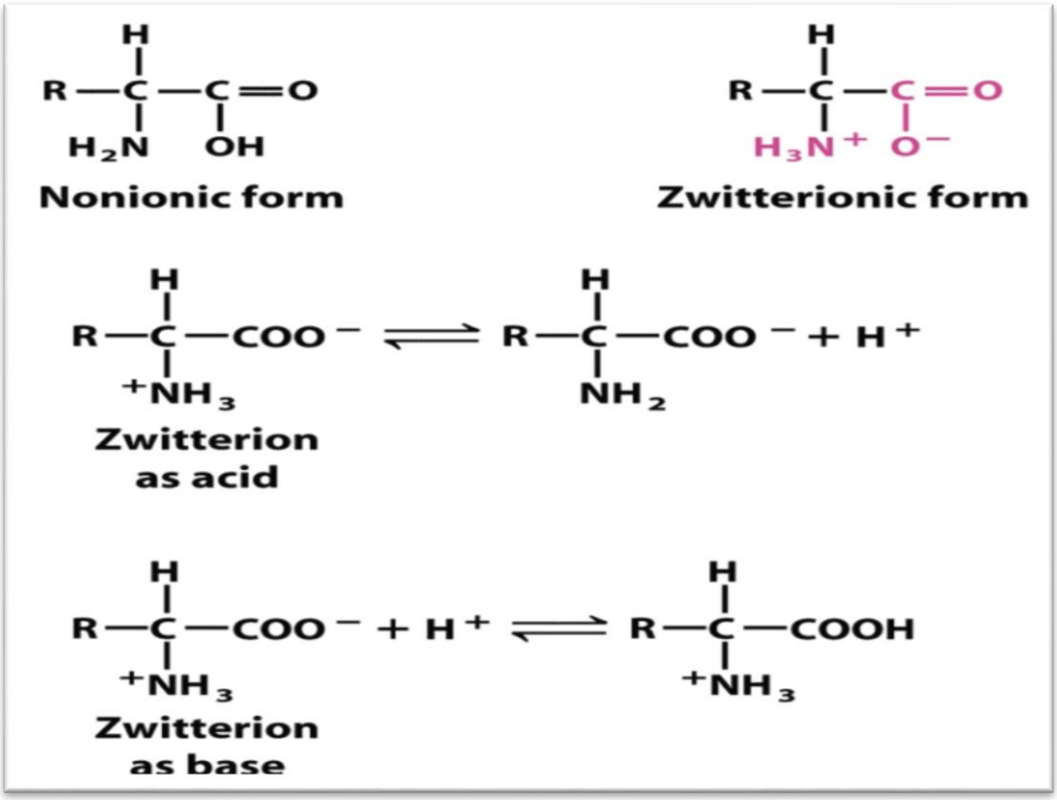
تسحيح(معايرة) الاحماض الامينية

ان الاحماض الامينية توجد في الجسم كمحاليل منظمة في الدم وسوائل الجسم الاخرى، حيث ان الطبيعة ثنائية الايون تعطي لها اثنين من ثوابت التاين على الاقل عند تفاعلها مع الحامض او القاعدة ، ويمكن التعبير حسابيا عن كل من مرحلتي التاين بمعادلة هندرسن هازلباخ ، وبهذا يمكن حساب نسب الأنواع الأيونية عند أي رقم هيدروجيني (pH) – المعطاة فيها قيم pKa1 وpKa2 حيث انpI=½(pḰa1+pḰa2)

إذا كان pH > pI فإن الجزيء يكون مشحون بشحنة. (-)

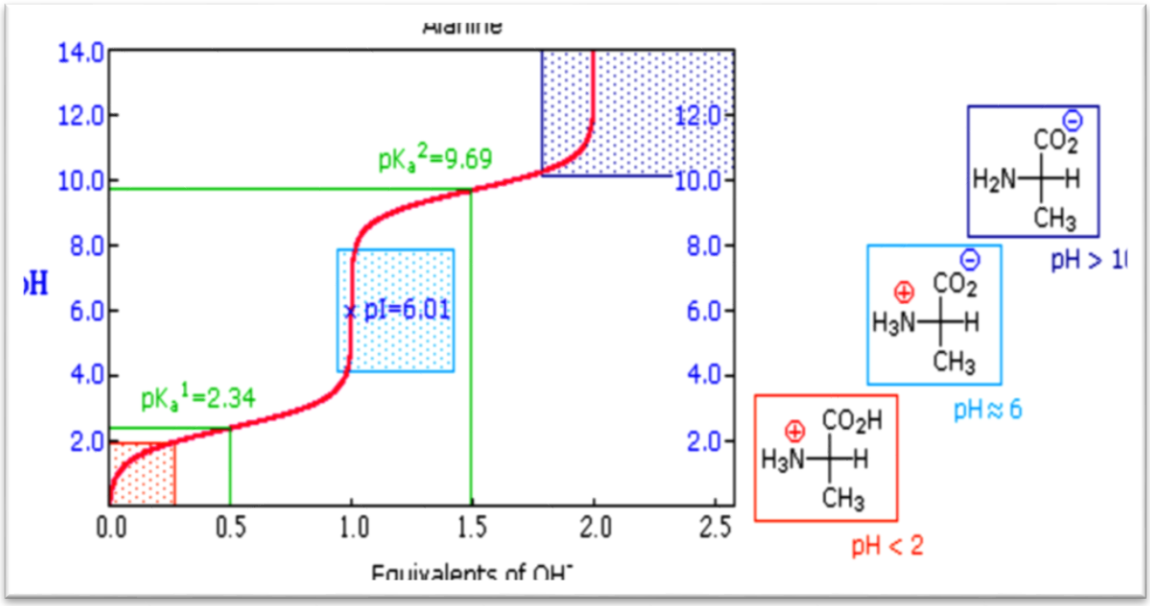
إذا كان pH < pI فإن الجزيء يكون مشحون بشحنة. (+)

الحامض الأميني ثنائي البروتون عندما يكون مشبعًا تماما بالبروتونات أي أن مجموعة الكاربوكسيل ومجموعة الأمين مشبعتا بالبروتونات (في هذه الحالة يستطيع هذا الحامض الأميني وهب بروتونين خلال المعايرة التامة مع القاعدة.



ولتوضيح حساب قيم ال pI نأخذ الامثلة التالية-:

-الالنين يكون التأين له بمرحلتين لفقدان البروتون

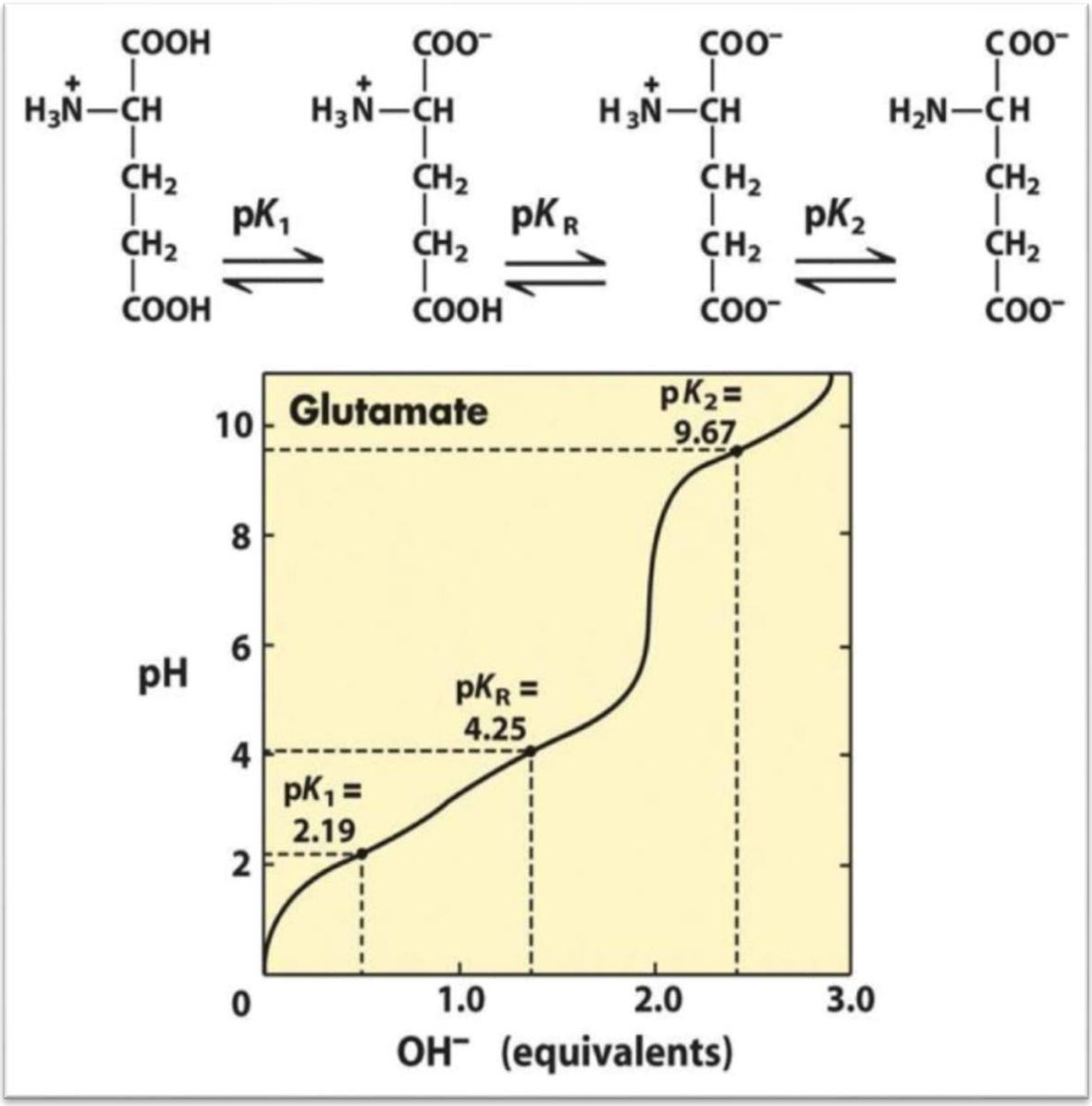


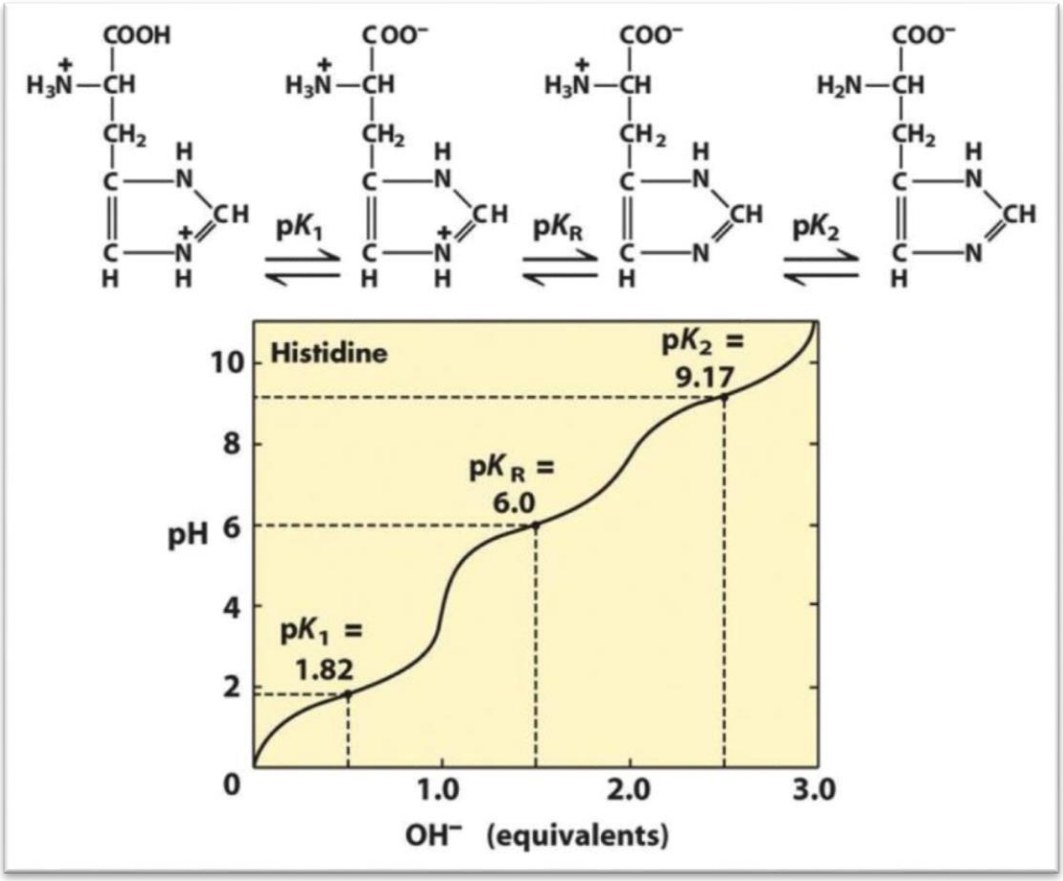
- عند الدرجة الحامضية المنخفضة pH= 1 (يكون الحامض مشبع تماما بالبروتونات وعليه شحنه موجبه 1 + وعند إضافة القاعدة تبدأ مجموعة الكاربوكسيل(وهي الاكثر حامضيه) بفقد بروتوناتها وعند إضافة المزيد من القاعدة نصل الى نقطة منتصف المعايرة للمرحلة الاولى من المنحى والتي يكون عندها قيمة ال pH تساوي قيمة pKaتساوي 2.34 و يرمز له بالرمز pH1 اوpka1 عند إضافة المزيد من القاعدة نصل الى نقطة انعطاف بين طرفي المنحنى المنفصلين في منحنى المعايرة للالنين عند الرقم الهيدروجيني 6.01 ، عند هذه النقطة تكون الشحنات السالبة و الموجبة متعادلة أي ان هذه القيمة للرقم الهيدروجيني هي قيمة التعادل الكهربائي. pI
- عند إضافة المزيد من القاعدة تبدأ مجموعة الامين في فقد بروتوناتها وتكون نقطة منتصف المعايرة لهذه المرحلة عند الرقم الهيدروجيني 9.69 و يرمز له بالرمز (pH2 اوpḰa2)

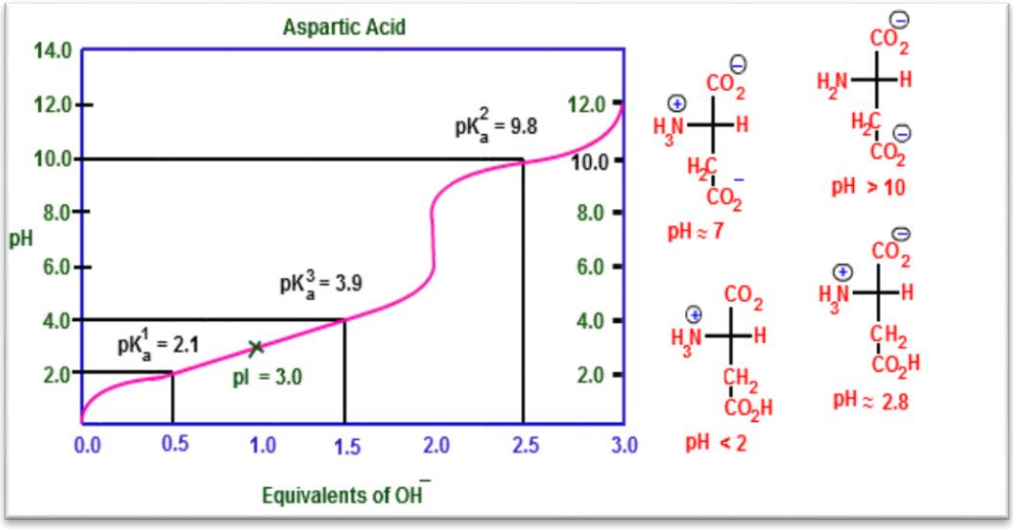
pI=½ (pḰa1+pḰa2) = ½ (2.34 + 9.69) = 6.01

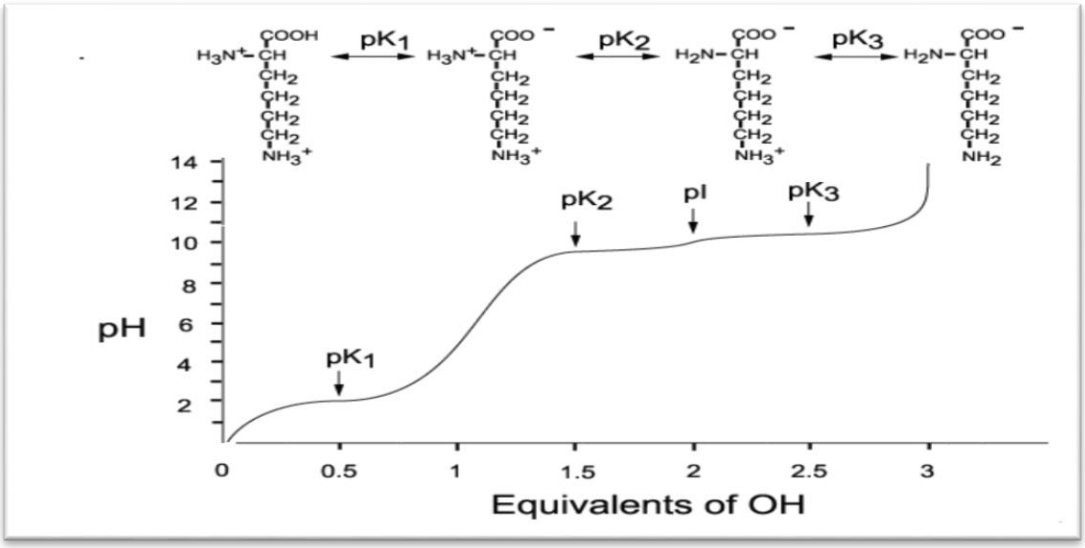
-أن منحنى المعايرة لجميع الاحماض الامينية التي تحتوي على مجموعة أمين – ألفا – واحدة ومجموعة كاربوكسيل – ألفا –واحدة وليس لها مجموعات متأينة أخرى في السلسلة الجانبية R يكون مشابها تماما لمنحنى المعايرة للألنين وتتميز هذه المجموعة الحاوية على Gly, Phe, Leu، Val , Iso, leu , ala

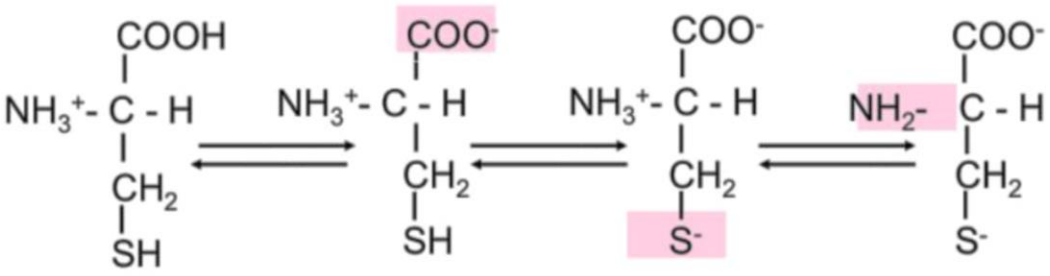
الأحماض الأمينية التي لها مجاميع R قابلة للتأين لها منحنيات معايرة معقدة حيث أن منحنى المعايرة يتكون من 3 مراحل هذه المراحل الثلاثة تمثل تفكك المجموعات الثلاثة الوظيفية الموجودة في الحامض الأميني ، مثال على ذلك Glutamic acid وAspartric acidالمحتويان على مجموعتين كاربوكسيليتين واحدة في R والأخرى هي من البنية الأساسية للحامض ألفا COOH– ونتيجة لذلك فلهاذين الحامض ين الأمينين مرحلتان للتفكك البروتوني.


COOH
COO⁻
COO⁻
COO⁻
H₃N—CH
H₃N—CH
H₃N—CH
H₂N—CH
CH₂
CH₂
CH₂
CH₂
CH₂
CH₂
CH₂
CH₂
COOH
COOH
COO⁻
COO⁻
pK1
pKR
pK2
Glutamate
pK2 = 9.67
pKR = 4.25
pK1 = 2.19
pH
10
8
6
4
2
0
1.0
2.0
3.0
OH⁻ (equivalents)

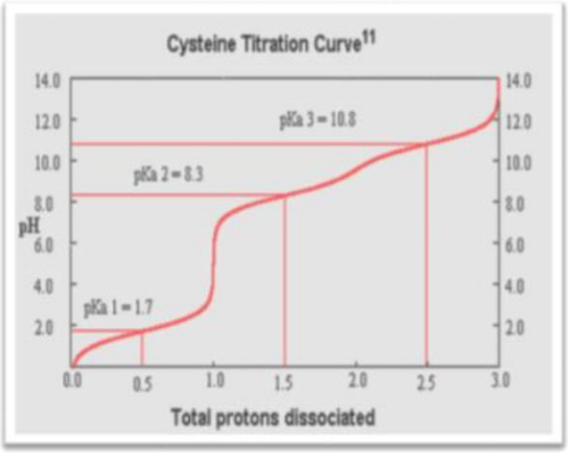

COOH
COO⁻
COO⁻
COO⁻
pK1
pKR
pK2
Histidine
pK2 = 9.17
pKR = 6.0
pK1 = 1.82
pH
OH⁻ (equivalents)


Aspartic Acid
pK2a = 9.8
pK3a = 3.9
pK1a = 2.1
pI = 3.0
pH
Equivalents of OH⁻
pH ≈ 7
pH > 10
pH < 2
pH ≈ 2.8





Cys is an oxidative stress sensor



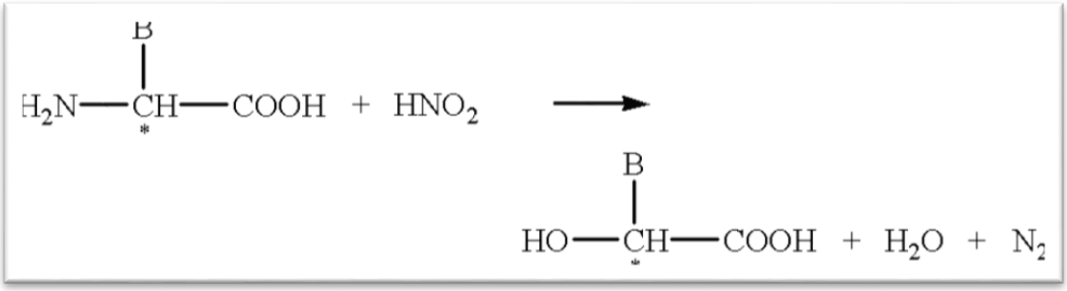
Amino Acid	Abbreviation		pK_1	pK_2	pK_R	pI
	3-Letters	1-Letter	-COOH	$-NH_3^+$	R group	
Alanine	Ala	A	2.34	9.69	-	6.00
Arginine	Arg	R	2.17	9.04	12.48	10.76
Asparagine	Asn	N	2.02	8.80	-	5.41
Aspartic Acid	Asp	D	1.88	9.60	3.65	2.77
Cysteine	Cys	C	1.96	10.128	8.18	5.07
Glutamic Acid	Glu	E	2.19	9.67	4.25	3.22
Glutamine	Gln	Q	2.17	9.13	-	5.65
Glycine	Gly	G	2.34	9.60	-	5.97
Histidine	His	H	1.82	9.17	6.00	7.59
Isoleucine	Ile	I	2.36	9.60	-	6.02
Leucine	Leu	L	2.36	9.60	-	5.98
Lysine	Lys	K	2.18	8.95	10.53	9.74
Methionine	Met	M	2.28	9.21	-	5.74
Phenylalanine	Phe	F	1.83	9.13	-	5.48
Proline	Pro	P	1.99	10.60	-	6.30
Serine	Ser	S	2.21	9.15	-	5.58
Threonine	Thr	T	2.09	9.10	-	5.60
Tryptophan	Trp	W	2.83	9.39	-	5.89
Tyrosine	Tyr	Y	2.20	9.11	10.07	5.66
Valine	Val	V	2.32	9.62	-	5.96

From Lehninger Principle of Biochemistry.

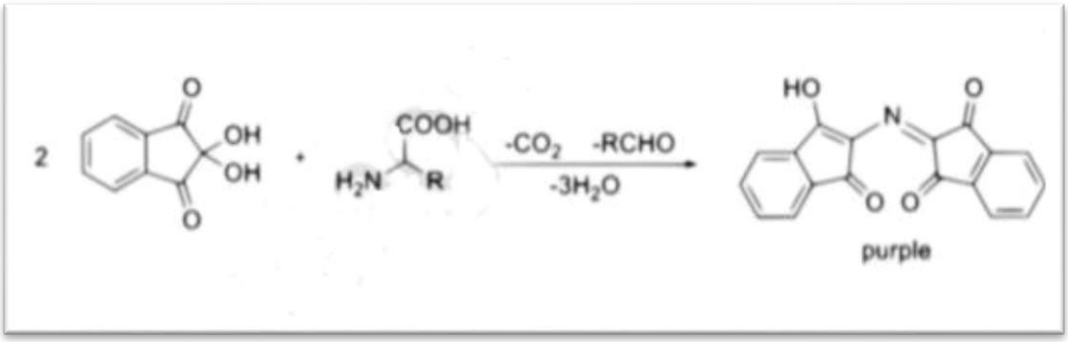
تفاعلات الحوامض الامينية

تعتمد التفاعلات الكيميائية للأحماض الامينية على وجود مجموعة الكاربوكسيل ومجموعة الامين بالإضافة الى وجود مجاميع اخرى R ، تعاني الاحماض الامينية تفاعلات مماثلة لتفاعلات الاحماض الكاربوكسيلية والامينات وادناه بعض التفاعلات المهمة للأحماض الامينية-:

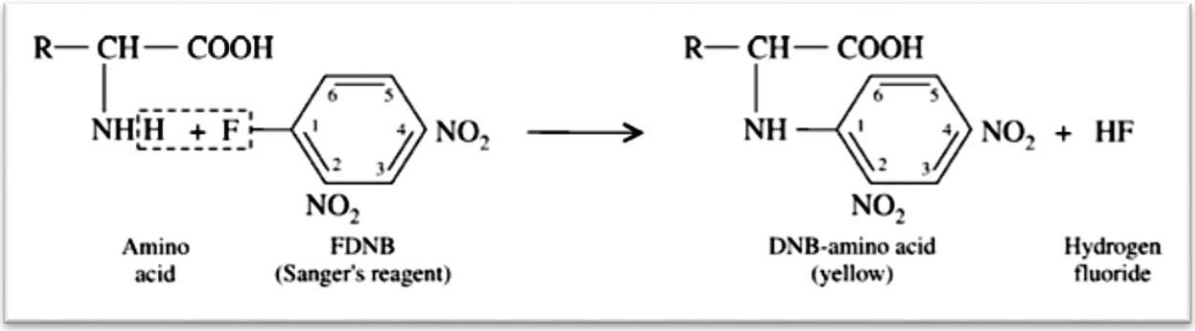
-**التفاعل مع حامض النتروز (نترزة)** يستعمل هذا التفاعل لغرض قياس كمية الحامض الاميني في محلول معين حيث يتفاعل حامض النتروز مع الحامض الاميني محررا النتروجين الذي يكمل جمعه وحساب حجمه يمكن تصنيف كمية الحامض الاميني.



-**التفاعل مع النـنهايدرين : Ninhydrin النـنهايدرين** - مادة مؤكسـدة قوية تتفاعل مع الحوامض الأمينية لتعطي مركب أزرق اللون يعتمد هذا التفاعل على وجود مجموعتي الأمين والكاربوكسيل بشكل حر وهذا التفاعل يكون حساس لكشف عن المركبات قليلة من الحوامض الامينية ويستعمل هذا التفاعل في التقدير الكمي للاحماض الامينية.



- تفاعل سانكر Sanger : ان كاشف سانكر هو (1-fluoro-2,4- dinitrobenzene (FDNB)) يستعمل هذا التفاعل لتشخيص الحامض الأميني الموجود في بداية السلسلة الببتيدية (النهاية النتروجينية) يستعل كاشف 2,4- Dinitre fluro Benzen (D.VFB) حيث يتفاعل هذا المركب مع الحامض الأميني الأول في نهاية النتروجينية من السلسلة الببتيدية مكونا مركب أصفر اللون حيث يشخص الحامض الأميني المرتبط به بواسطةChromatogralply الكروموتوغرافيا في هذا التفاعل تتحرر الأحماض الامينية من السلسلة الببتيدية بشكل حر ويعتبر هذا التفاعل مدمرا للسلسلة الببتيدية وذلك بتحرير الحوامض الأمينية بشكل حر. او يمكن أن نتعرف على هذا الحمض الأميني المرتبط ب DNP) الموجود على هيئة (DNP AA – عن بقية الأحماض الأمينية الأخرى الموجودة حرة في المحلول بواسطة المطياف الضوئي الغير مرتبطة بال DNP و ذلك بسبب إختلاف ذوبانية هذا الحمض الأميني المرتبط بال(DNP) عن ذوبانية بقية الأحماض الأمينية الأخرى الموجودة في المحلول.



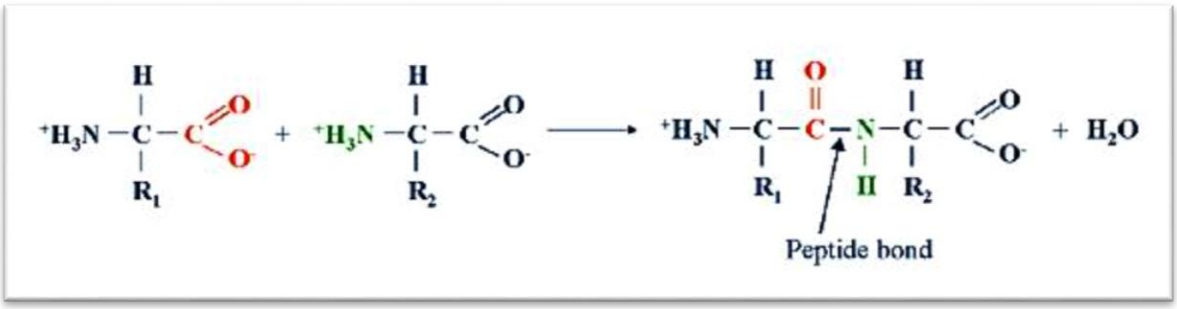
- **كاشف إدمان (فينايل ايزوثايو سيانات) يستخدم لمعرفة الحامض الاميني في النهاية الامينية حيث يتحد مع مجموعة الامين الفا للببتيد منتجا حامض فينايل ثايو هيدانتويك وعند التحلل الحامضي ينتج مركب حلقي فينايل ثايو هيدانتوين الذي يمكن تشخيصه بواسطة الكروموتوغرافيا او المطياف اللوني ومعرفة الحامض الاميني في الطرف النيتروجيني وبالاعتماد على المحاليل القياسية للاحماض الامينية المحضرة يمكن ايجاد نوعية وكمية الاحماض الامينية المتحررة بالمقارنة مع المحاليل القياسية للاحماض الامينية .وهذه الطريقة هي الاساس في مبدأ جهاز ادمان لايجاد نوعية وتسلسل الاحماض الامينية في الببتيدات الناتجة من تحلل البروتين .**

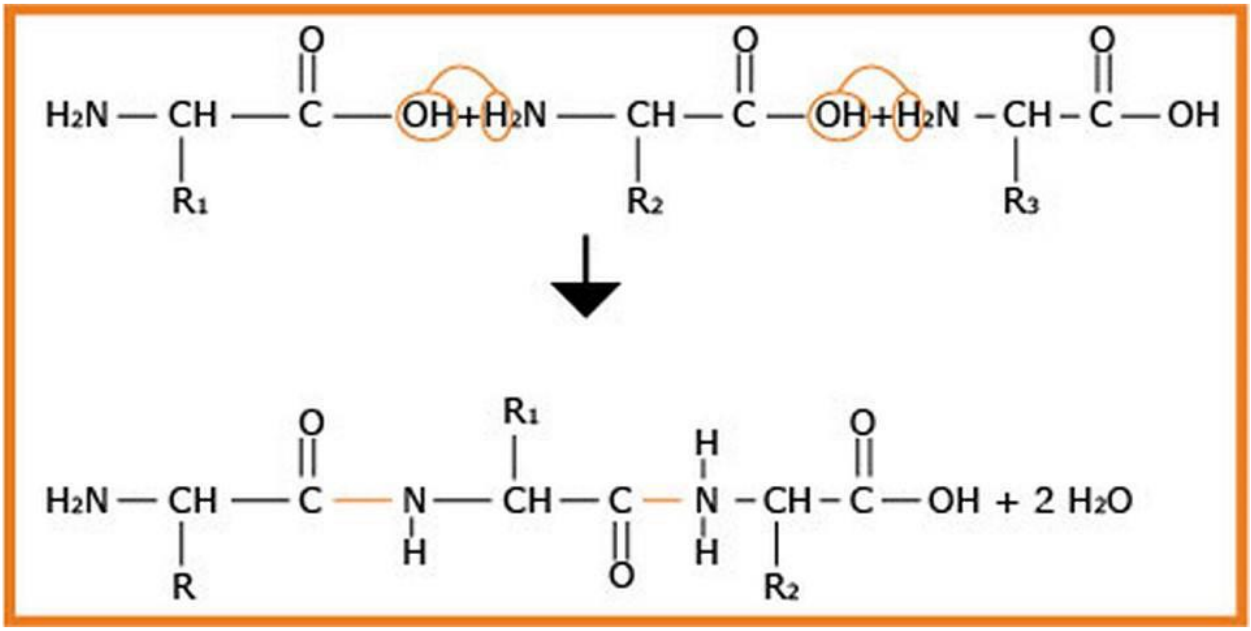
الببتيدات :

وهي مركبات متعددة الاحماض الامينية والمتصلة ببعضها بأواصر ببتيدية Peptide Bond ولها عدة وظائف تعتمد على نوع المركب الببتيدي .....وتتكون في المجرى المعوي نتيجة هضم البروتينات بواسطة الانزيمات البروتينية proteases التي تكسر الاصرة الببتيدية.

ـ تنشا الآصرة الببتيدية نتيجة ارتباط تساهمي بين مجموعة الكاربوكسيل لحامض اميني مع مجموعة امين لحامض اميني اخر مع فقدان جزيئة ماء (تفاعل تكثيفي Condensation **)**

تكوين الرابطة الببتيدية (وهي الاصـرة التي تتشـكل بين جزيئتين عندما تتفاعل مجموعة الكاربوكسـيل للجزيئة الاولى مع مجموعة الامينو للجزيئة الثانية محررة جزيئة الماء) H2O (ويدعى هذا التفاعل بتفاعل التكثيف ويحدث بين الاحماض الامينية (نوع من الترابط الكيميائي التسـاهمي القوي) أن الآصـرة الناتجة من هذا التفاعل وهي اربطة اميدية CO-NH تسـمى الاصـرة الببتيدية(تمتلك بعض صـفات الاواصر المزدوجة ولذلك تكون صلدة ولا تسمح للمجموعات المتجاورة بالدوران) وتدعى الجزيئة الناتجة بالببتيدات (اميدات)وجزيئات اكبر تدعى بروتينات، وألاميدات مركبات عضوية تحتوي مجموعة وظيفية تدعى الاميد وهي عبارة عن مجموعة كاربونيل متصـلة ب أمين .يدعى المركب انايل كلايسـين ب بيبتيد ثنائي وعند ارتباط ثلاث حوامض فيدعى ب بيبتيد ثلاثي وهكذا وعند اتحاد عدد كبير من الاحماض فانه يدعى متعدد البيبتيد polypeptide وتنتهي السـلسـلة الببتيدية من الطرف الايسـر بمجموعة امين حرة amino terminalومن الطرف الايمن بمجموعة كاربونيل.





تسمى الببتيدات حسب نوع و ترتيب الأحماض الأمينية ، حيث تبدأ التسمية بالحامض الأميني الطرفي الذي يحتوي على مجموعة أمين طرفية حرة (وتسمى N-Terminal amino acids) و التي تظهر بالجهة اليسرى للببتيد .و يضاف المقطع (يل) yl بنهاية اسم كل حامض اميني ماعدا الحامض الأميني الاخير الذي يحتوي على مجموعة الكاربوكسيل (وتسمى C-Terminal amino acids) في الجهة اليمنى حيث يحافظ على اسمه مثل لوسيل كلايسيل تاير وسيل سيستائين.

وتتميز هذه الآصرة بما ياتي :-

1- **تعتبر أصرة مزدوجة جزئيا (تساوي 40 % من الاصرة المزدوجة) تتمتع بصفة الروزنانس , ولذلك فهي مستوية وتوجد بشكلين السس والترنس ويكون الترانس هو الشائع بسبب الاعاقة الفراغية لمجاميع السلسلة الجانبية R ماعدا البرولين الذي يكون بشكل سز . (ان الاصرة الببتيدية هي اصرة اميدية الا ان المسافات بين C-N تكون اقصر من تلك الاواصر الموجودة فيى الامينات الأخرى مما يكسبها خاصية الاصرة المزدوجة) .**

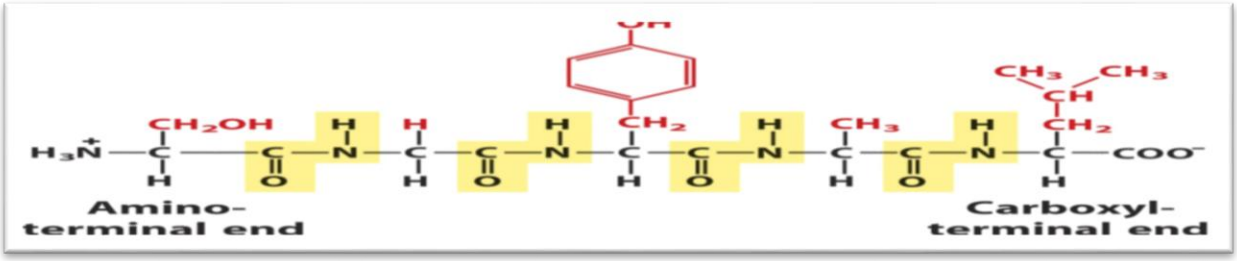
2- **تقع الذرات الاربعة للاصرة الببتيدية وذرتي الكاربون الفا المتعاقبة في مستوى منفرد وان ال H و O بشكل ترانس**

الاصرة الببتيدية صلبة و ان الدوران يحدث حول الكاربون الفا اي لا يستطيع الدوران حول الاصرة نفسها مما يجعل الآصرة مستوية .

3- **تتم تسمية الببتيدات بالاعتماد على اضافة المقطع –يل الى نهاية اسم الحوامض الامينية ماعدا الحامض الاميني الاخير يبقى بدون اضافة , كما في الانيل سيرين .(-يل من مجموعة الاسيل الناتجة من فقدان الماء)**

4-كل حامض اميني في السلسلة الببتيدية يسمى المتبقي من الحامض الاميني residue . عند ارتباط ثلاثة احماض امينية بواسطة اصرتين ببتيدية نحصل على ببتيد ثلاثي وبالطريقة نفسها ممكن الحصول على رباعي . عند ارتباط عدد قليل من الاحماض الامينية (2–10 حامض اميني) نحصل على ببتيد قليل

الوحدات oligopeptide , اما عند ارتباط عدد كبير من الاحماض الامينية فيســـمى ببتيد متعدد الواحدات (بروتين) , ويكون له وزن جزيئي اكبر من 10000 . " البروتين مشتق من كلمة قديمة تعني المقام الاول"



البروتينات proteins

جاءت كلمة Protein من اللفظة الاغريقية بروتيوس(Proteios بمعنى الاول) وهو اسم تستحقه البروتينات وذلك لكونها تؤلف الجزء الاكبر من جسم الحيوان وتسيطر على عمله , حيث انها توجد في جميع الخلايا الحية وتمثل المادة الاساسية في الجلد, العضلات , الاعصاب ,الانزيمات , الاجسام المضادة وكثير من الهورمونات كما يقوم البروتين بأدوار أخرى هيكلية أَو ميكانيكية، مثل تشكيل الدعامات والمفاصل ضمن الهيكل الخلوي تلعب البروتينات مهام حيوية أخرى فهي عضو مهم في الاستجابة المناعية وفي تخزين ونقل الجزيئات الحيوية كما تشكل مصدرا للاحماض الأمينية بالنسبة للكائنات التي لا تستطيع تشكيل هذه الحموض الأمينية بنفسها (ولا ينافس البروتينات في اهميتها سوى الحوامض النووية التي تعتبر مهمة لكونها توجه عملية تخليق البروتينات)

البروتينات عبارة عن سلسلة أو سلاسل من الأحماض الأمينية تتواصل بينها بالروابط الببتيدية غالبا في حالة أقل من 100حامضا امينيا يسمى الجزيء ببيتيد ، (Peptide) اما عندما يتجاوز عدد الأحماض الأمينية 100 حامضا يسمى بروتين, وتتراوح الاوزان الجزيئية لمعظم البروتينات من 12000 إلى مليون أو اكثر ، ويعطي هذا الحجم الكبير جزيئات البروتين صفات غروية مثلا فهي لا تمر خلال أغشية التنافذ التفاضلي وعليه فان وجود البروتينات في الإدرار ينبه الأطباء إلى احتمال تلف أغشية الكليتين.

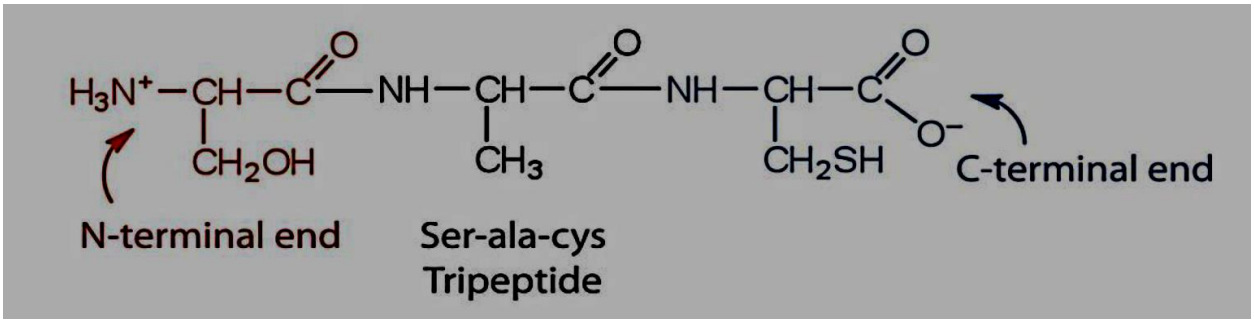
والبروتينات عبارة عن مواد عضوية معقدة التركيب (بوليمرات Polymers) تتركب كيميائياً من الكاربون 51 ٪، ا وكسجين 23 ٪، نيتروجين 16 ٪ ،هيدروجين 7 ٪ ، كبريت ، 3 ٪ فسفور 1 ٪, كما يمكن ان يحتوي بعضها على عناصر اخرى I, Cu , Mn , Zn ،. Fe

بعض الخواص الطبيعية للبروتينات Some natural properties of proteins

تكون البروتينات على الأكثر غير متبلوره ، ولكن تم الحصول على بعض البروتينات بصورة متبلورة مثل البومين البيض ، أوكسي هيموكلوبين وكذلك بعض الأنزيمات مثل Pepsin . Urease

جميع البروتينات لها القابلية على الاستدارة البصرية أي فعالة ضوئيا.

أن البروتينات عندما تكون نقية وجافة لا تتأثر بالحرارة الاعتيادية ، ولكن عندما تكون في حالة رطبة ، فأنها تتجزأ وتتفسخ بفعل البكتريا وينتج عن ذلك في اغلب الأحيان مواد سامة.



تصنيف البروتينات نسبة الى تركيبها الكيميائي وقابلية ذوبانها . ويوجد نوعان رئيسان للبروتينات هي:

1.البروتينات البسيطة : تصنف أنواعها على أساس قابلية ذوبانها. وتشمل الأنواع الآتية:

-بروتامينات : هي ابسط أنواع البروتينات ذات وزن جزيئي منخفض حوالي (5000) تذوب في الماء والاحماض المخففة ولا تتخثر بالحرارة تحتوي على اللايسين والارجنين بشكل كبير، وتوجد في الخلايا متحدة مع الأحماض النووية.

-ألبومينات : تذوب في الماء وتتخثر بالحرارة وتوجد في البيض وفي الحليب ومصل الدم، وتحتوي على الاحماض الامينية الشائعة.

-كلوبيولينات : لا تذوب في الماء النقي ولكنها تذوب في محاليل الاملاح المخففة ، وتحتوي بشكل اساسي على الكلوتاميك والاسبارتيك، وتنتشر بشكل كبير في السوائل البايلوجية كما في الكلوبيولين المصل.

-برولامينات : تذوب في الكحولات ، لكن لاتذوب في الماء النقي . البرولامينات غنية بالبرولين والكلوتامين والكلوتاميك والاسبارجين وتفتقر الى اللايسين . ومثال على البرولامينات الكلياذين الموجود في القمح وزاين الموجود في الذرة.

-الهستونات : هي بروتينات قاعدية ولكنها تحتوي على احماض امينية قاعدية اقل مما في البروتامينات، وتحتوي على القليل من الاحماض الامينية الكبريتية ولا تحتوي على التربتوفان .وهي تذوب في الماء ولا تتخثر بالحرارة.

-سكليروبروتينات : لا تذوب في الماء ومحاليل الاملاح والمذيبات العضوية لكن تذوب في الحوامض القوية . ومن الامثلة عليها كيراتين : يوجد في الشعر ' الأظافر ' حوافر وقرون الحيوانات . والكولاجين : يوجد في العظام والاستين : يوجد في الأنسجة الرابطة والمفاصل.

-الكلوتيلينات (: بروتينات نباتية) تتميز بذوبانها في المحاليل الملحية الحامضية والقاعدية المخففة ولا تذوب في المحاليل -المتعادله ، وهي بروتينات غنية بالبرولين والكلوتاميك والارجنين .هو مركب البروتين الموجود في القمح (يشكل % 80 من بروتين القمح) والحبوب ذات الصلة، بما في ذلك الشعير الكلوتين يعطي مرونة للعجين، مما ساعده على الارتفاع والحفاظ على شكله وغالبا ما يعطي المنتج النهائي الملمس مطاطية يستخدم الغلوتين في مستحضرات التجميل، ومنتجات الشعر، والمستحضرات الجلدية الأخرى.

2.البروتينات المقترنة (مركبة) : وهي البروتينات المرتبطة بمواد غير بروتينية كالسكريات والدهون والمعادن . وتصنف أنواعها على أساس نوع المجموعات غير البروتينية المرتبطة بها وتشمل الأنواع الآتية:

-فوسفوبروتينات ترتبط بالفوسفور وتوجد في الحليب.

-كلايكوبروتينات : وهي عبارة عن بروتينات مرتبطة بالكربوهيدرات بواسطة ارتباط مجاميع الهايدروكسيل التابعة للسيرين والثريونين ومجاميع الامايد التابعة للإسباراجين والكلوتامين تشكل ارتباط مع الكربوهيدرات.

-كروموبروتينات : وهي عبارة عن بروتينات مرتبطة بجزء غير بروتيني يعطي البروتين لونا خاصا ، ومن الأمثلة عليها الهيموغلوبين يحتوي على الحديد أحمر اللون والكلوروفيل يحتوي على المغنيسيوم أخضر اللون.

-لايبوبروتينات : وهي عبارة عن بروتينات مرتبطة بالليبيدات وتوجد في الأغشية الخلوية و بعض الفيروسات ومصل الدم.

-بروتينات النووية : وهي عبارة عن بروتينات مرتبطة بالحوامض النووية مثل الهستون.

3.البروتينات المشتقة : وهي مركبات وسطية تنتج عند انحلال البروتينات، وقبل تكون الأحماض الأمينية، وتقسم إلى قسمين حسب المشتق وحجم الجزيئة:

1.المشتقات البروتينية الأولية : The Primary protein derivatives تسمى أولية لأنها الو المشتقات التي تنتج عند تعرض البروتينات إلى عوامل محورة كيمياوية أو فيزيائية، وتبدل من طبيعتها وتبقى جزيئاتها كبيرة ويمكن تسميتها بصورة عامة بالبروتينات المحورة ، واهمها:

(البروتينات المتخثرة : Coagulated protein وهي مشتقات غير ذائبة ناتجة عن فعل الحرارة أو الكحول مثل البومين البيض المطبوخ ، أو المرسب بالكحول.

(وراء البروتينات : Mata proteins ناتجة من تأثير الحوامض والقواعد المركزة مثل الألبومين الحامضي أو الألبومين القاعدي- وهي أيضا لا تذوب في الماء.

(البروتيناات : proteans ناتجة من تفاعل البروتينات مع الماء أو الحوامض المخففة أو الأنزيمات مثل الكازين الموجود في- اللبن والفايبرين Fibrin الموجود في الدم المتخثر.

2. المشـــتقات البروتينية الثانوية : Secondary Protein derivatives - وهي النواتج المختلفة للتحلل المائي للبروتينات.

تصنيف البروتينات اعتمادا على صفاتها الفيزياوية و شكلها:

1.بروتينات كروية : وهي بروتينات كروية او بيضوية الشكل وتذوب بسهولة في الماء وتمتاز بكثرة التفافها مكونة اشكالا كروية مثل الالبومين والكلوبيولين والبروتامين.

2.بروتينات ليفية : وهي بروتينات طويلة او ابرية الشكل وهي عديمة الذوبان في الماء وتقاوم عمل الانزيمات التي تحلل البروتينات وهي على ثلاثة انواع الكيراتين والكولاجين واللاستين.

التقسيم الوظيفي للبروتينات-: وظائف البروتينات الحيوية

1.البروتينات التحفيزية :وتشمل الانزيمات
2.البروتينات الناقلة :مثل الهيموجلوبين ، والترانسفيرين
3.البروتينات التخزينية :مثل بروتين" فيريتين"الذي يخزن الحديد في الكبد
4.البروتينات الحركية :مثل الميوسين ، والآكتين
5.البروتينات السامة :مثل الدفتيريا والكوليستريديم
6.البروتينات الوقائية :مثل الأجسام المضادة
7.البروتينات التنظيمية :مثل الهرمونات التي تنظم التفاعلات الميتابوليزمية
8.البروتينات البنائية :مثل الكيراتين، والكولاجين
9. البروتينات المعلوماتية :مثلDNA,RNA

الأواصر البروتينيةprotein Bonds

اهم الأواصر البروتينية التي تزيد من استقرارية البروتين :

الأواصر الببتيدية Peptide bonds تتكسر هذه الأواصر بعملية التحلل المائي منتجتا بروتينات ابسط مع حوامض أمينية.

الأواصـر الكبريتية : S – S Disulfide bonds هذه الأواصـر تسـتخدم في التأكسـد والاختزال وهي روابط تسـاهمية ، المسـتمدة عادة من قبل اقتران اثنين من كبريت مجموعات الأحماض الأمينية الحاوية على كبريت وان هذه الاواصـر تكون ثابتة نسبيا لايمكن كسرها بسهولة تحت الظروف الاعتيادية . وكما موضح في الشكل التالي:

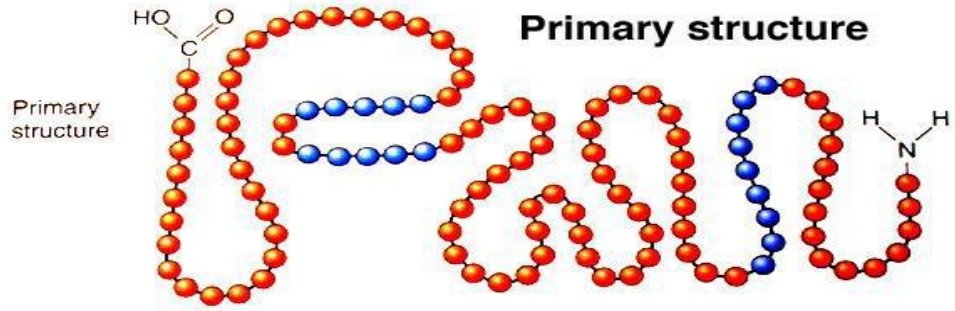
الأواصـر الهيدروجينية : Hydrogen bonds هي المسـؤولة عن التكوين الحلزوني للبروتين ، (هو ترابط يحدث بين الجزيئات التي تحتوي على اربطة تسـاهمية قطبية يشـترط فيها تواجد احدى الذرات ذات الكهروسـالبية العالية مثل فلور، اوكسـجين أو نيتروجين مرتبط إلى الهيدروجين) ، حيث تعمل لجمع أعداد كبيرة من الببتدات بشـكل تجمعات ملتفه على بعضـها تعطي للبروتين شـكلا وخواص معينة وهي تدعم وتثبت تركيب جزيئات البروتين وان فكرة سـلاسـل الببتيدات على شكل الفا – حلزون α- Helix بنيت لكون التركيب البروتيني الملفوف يدعم بواسطة الاواصر الهيدروجينية الموجودة فيه

أواصـــر فندرفال : Vender Waals bond أن بعض مجاميع الحوامض الأمينية الجانبية مثل الفالين Valine - ، والألانين Alanineوالميثونين Methionine لها القابلية على الاتحاد فيما بينها في حالة عدم وجود الماء بشـكل أواصـر كهروستاتيكية.

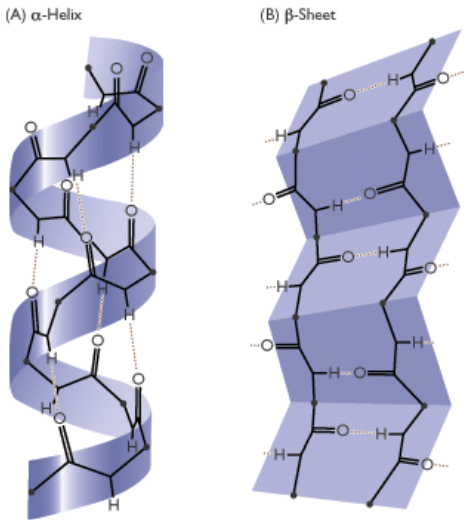
الأواصـر الأيونية : Ion bonds وهي القوة التي تربط بين الايون الموجب والايون السـالب وهي من اقوى الاواصـر– الكيميائية (تتكون بين الاحماض الامينية القاعدية مثل اللايسين والارجنين مع الاحماض الامينية الحامضية مثل الاسبارتيك والكلوتاميك)

التركي البنائي للبروتينات : ينقسم إلى أربعة أقسام:-

1.التركيب أو البناء الأولي : primary structure هو عبارة عن بروتين تكون فيه الأحماض الأمينية مرتبطة مع بعضها البعض بواسطة روابط ببتيدية في ترتيب خطي ولا توجد أي روابط أو قوى أخرى بين الأحماض الأمينية.



2. التركيب أو البناء الثانوي : Secondary structure تتنظم السلاسل الببتيدية في شكل لولبي (Helical) - أو في شكل صفائح مطوية Pleated sheet أو بشكل عشوائي (Random)ويساعد على تنظيم البروتينات بتلك الأشكال تكون روابط هيدروجينية بين ذرة الهيدروجين التابعة لمجموعة الأمين في أحد الأحماض الأمينية وذرة الأوكسجين التابعة لمجموعة الكاربوكسيل التابعة لحامض أميني آخر , يبعد عن الأول بثلاث وحدات أمينية في السلسلة الببتيدية الواحدة أو تكون الرابطة الهيدروجينية بين سلسلتين ببتيدية تكرار الروابط الهيدروجينية بهذه الطريقة يعطى للجزيء شكلا حلزونيا.



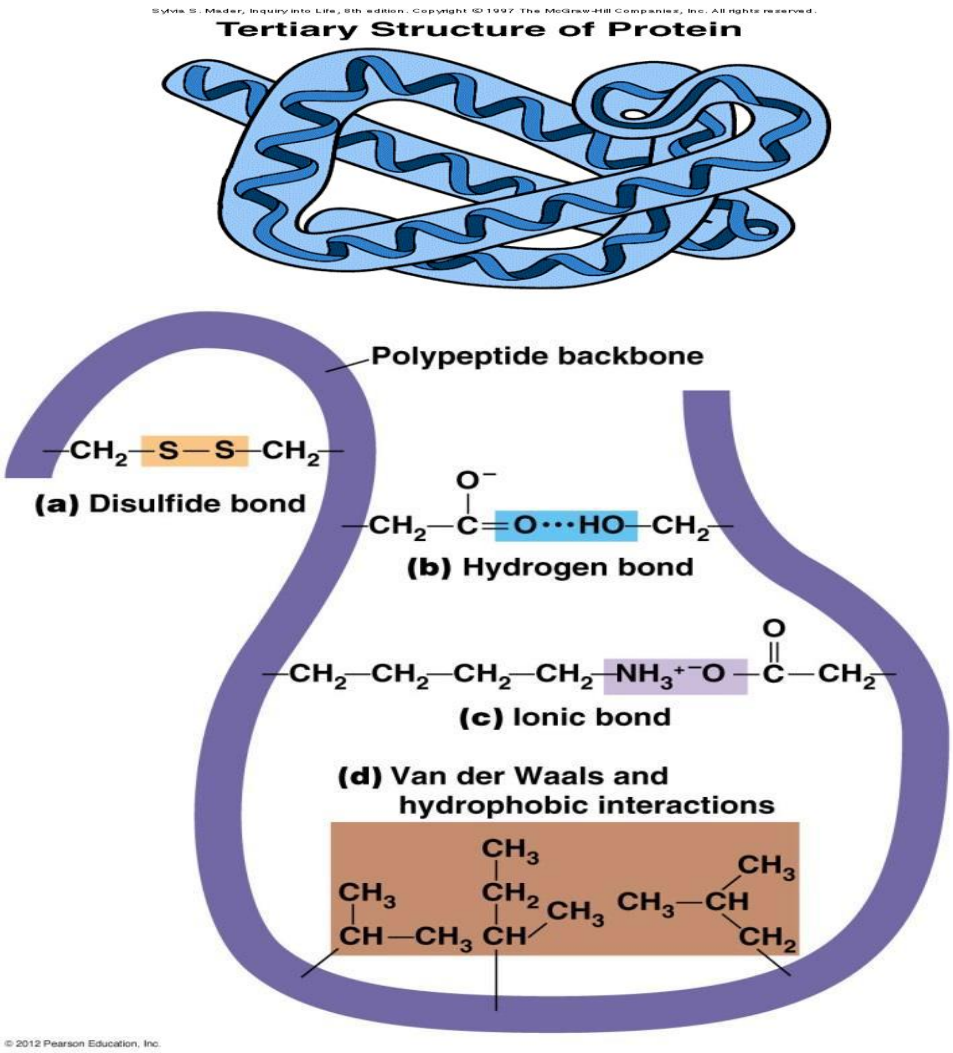
تلتف أجزاء السلسلة على هيئة لولب يميني كل دورة مؤلفة من 3,6 وحدة من الأحماض الأمينية وتبرز مجموعاتها الجانبية (R) حول محيط اللولب بعيدا عن المحور وفي هذا البناء الملتف تأخذ مجموعة N-H و C=O اتجاهات محددة تتيح تكون اربطة هيدروجينية، يتخذ الشكل الحلزوني المظهر الليفي Fibrous مثل بروتين الكولاجين المكون للألياف البيضاء . هذا النوع من البروتينات غير قابلة للذ وبان في الماء مثل بروتينات الشعر والأظافر.

3. التركيب أو البناء الثالثي : Tertiary structure تلتف السلاسل الببتيدية وتنطوي وتنثني حتى تصبح على شكل كروي مثل- كرة صوف النسيج وذلك بفعل عدة عوامل وروابط:

-الروابط الأيونية أو تكون الاملاح :بين مجموعة كاربوكسيل حرة في أحد طرفي متعدد الببتيدات ومجموعة أمين حرة في الطرف الآخر المتعدد الببتيدات.

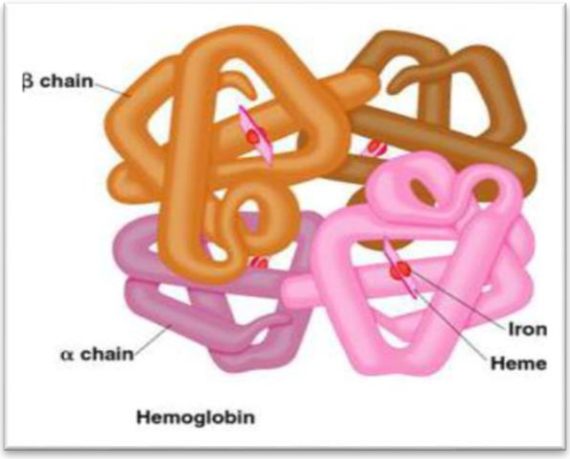
-تكون اربطة ثنائي الكبريت :(S-S) وهو ينشا من أكسدة وحدتين متقابلتين من الحامض الاميني السيستيين فيتكون ارتباط S-S المتبادل بين المجموعات النافرة من الماء حيث تتجمع قرب بعضها محاطة ببيئة مشابهه بطبيعتها فتدفن نفسها في طيات بالبروتين بعيدا عن الوسط المائي

الروابط الهيدروجينية : حيث تتكون بين المجموعات الجانبية للوحدات المشتركة في السلسلة بحيث تكون بارزة على السطح



4. التركيب أو البناء الرباعي Quaternary structure هو ترابط مجموعات من الوحدات الثانوية للبروتين سواء كانت متشابهة أوغير متشابهة لتكون بوليمر صغير على هيئة حزمة وحيث أن معظم البروتينات في حالتها الطبيعية لا تكون منفردة بينما تكون في تجمع مع بروتين أو أكثر، ويتم الربط بالروابط الهيدروجينية والروابط الكارهة للماء مثل الهيموجلوبين فهو تجمع من أربع جزيئات من البروتين(كل جزيئين من نوع واحد)وجزيء من صنف أخر هو الهيم . وايضا هرمون الأنسولين يتكون من سلسلتين مختلفتين من متعدد الببتيدات .يربطهما اربطتين من روابط ثنائي الكبريتيد 4..كل سلسلة تمر بالمستويات الثلاث الأولى في تركيبها وعندما تتحد يظهر التركيب الرباعي للبروتين .التركيب الرباعي

يحدث نتيجة لروابط بين أكثر من سلسلة واحدة ولهذه المستويات الأربعة من التركيب دورا كبيرا فى تحديد الخواص التابعة للبروتين ان اختلاف البروتينات في خواصها تحدث نتيجة الاختلاف في هذه المستويات الأربع



نماذج من حالة الالتواء التي تشمل التركيب الثانوي وهي :

1- المنحني الحلزوني الفا α- Helix :

يتميز المنحني الحلزوني بوجود 3.6 وحدة حامض اميني لكل دورة من المنحني ويقدر قطر الحلزون ب 10 انكستروم , وتبرز مجاميع R الى الخارج من العمود الفقري لمتعدد الببتيد . ان التركيب الحلزوني المتعدد الببتيد ناجم عن وجود الاصرة الهيدروجينية التي تربط اوكسجين الكاربونيل ونيتروجين الاميد لذلك تلتف سلسلة متعدد الببتيد حول محور واحد في شكل حلزون بسيط وان وجود الاواصر الهيدروجينية بين دورات الحلزون يعطي استقرار لتركيب البروتين اضافة الى ارتباطها بأواصر كبريتية (S-S) وبما ان اصرة الببتيد تتعاقب بمسافات منتظمة , لذلك فأن هذه الاصرة تكون منتظمة وبالتالي فأن هذا النظام يسمح للبروتين ان يأخذ شكلا حلزونيا يدعى احيانا الحلزون الفا يمين الاتجاه والذي يكون مستقرا بسبب الاصرة الهيدروجينية , وهناك الحلزون الفا يسار الاتجاه الذي يكون اقل استقرارا .

يتخذ الشكل الحلزوني في بروتين الكولاجين المكون للالياف البيضاء والفا – كيراتين حيث يعد الفا – كيراتين النموذج الذي يمثل الحلزون الفا وذلك لاحتوائه على اعداد كبيرة من سلاسل متعدد الببتيد المتعددة المرتبطة بالاصرة الهيدروجينية غنيا بالحامض الاميني سستائين الحاوي على جسر ثنائي الكبريت المطمورة في حشوة البروتين غير الذائب .

2- الصفيحة المطوية Pleated sheet :

تترتب سلاسل الببتيد على امتداد بعضها البعض لتكون اشكالا يطلق عليها الصفائح المطوية اذ تمتد سلاسل متعدد الببتيد بأبعاد متعرجة تشبه المتعرج (الزكزاك) وتكون هذه الصفائح مستقرة بواسطة اصرة الهيدروجين مجموعة كاربونيل CO مع مجموعة اميد NH وتكون مجموعة R واقعة في اعلى الصفائح واسفله والتي تترتب السلاسل الببتيدية فيها اما بأتجاه واحد او بأتجاهين متعاكسين بدون حصول في التزاحم الكلي للمجموعات R في الاحماض الامينية المكونة للسلاسل , ويعد تركيب الحرير الطبيعي (البروتين الليفي للحرير) نموذجا للصفيحة المطوية من نوع β-Pleat sheet

3- منحني حلزون ثلاثي

4- الحلزون العشوائي

5- ادوار بيتا

ذوبانية البروتينات Solubility of proteins

البروتينات تحتوي على مجاميع مختلفة من الحامضية – القاعدية وبالتالي فهي تختلف في الذوبانية بالاعتماد على عدة عوامل منها : تراكيز الاملاح المذابة وقطبية المذيب والاس الهيدروجيني pH ودرجة الحرارة . وفيما يلي وصف للعوامل المؤثرة على ذوبانية البروتينات :

1- تتأثر درجة الذوبانية للبروتينات كثيرا بقيمة pH : نظرا لسلوكها الامفوتيري . ان درجة الذوبانية تكون عند ادنى مستوياتها (ازدياد ترسيب البروتين) في نقطة التعادل الكهربائي pI وهي عبارة عن ال pH الذي تتعادل فيه الشحنات الموجبة والسالبة للبروتين) وتزداد قابلية الذوبان في حالة تغير ال pH وذلك أما بزيادة الحموضة أو القاعدية. وعلى النحو التالي:

-قسم من البروتينات مثل الكازين Casein الموجود في الحليب يترسب بسرعة عند تغير ال pH في الحليب.

2- ذوبانية البروتين في المحاليل المائية تتأثر بتراكيز الاملاح المذابة في المحلول : عند استخدام كبريتات الامونيوم يلاحظ بأنه يعمل على ترسيب العديد من البروتينات ولكل بروتين هناك كمية معينة من الملح المستخدم لترسيبه والذي يعتمد على القوى الايونية للملح . ان البروتينات ذات الشكل الكروي لا تذوب الا قليلا في الماء وتزداد درجة ذوبانها كثيرا بفعل الاملاح المتعادلة المستخدمة مثل كبريتات الامونيوم وكبريتات الصوديوم وكبريتات البوتاسيوم وكلوريد المغنيسيوم . ان سبب ترسب البروتينات (قلة الذوبانية) بوجود تراكيز ملحية عالية هو ان ايونات الاملاح تجذب حول نفسها جزيئات الماء القطبية تاركة جزيئات البروتين ممايؤدي الى تجمعها مع بعضها وبالتالي ترسيبها وتدعى هذه الظاهرة الترسيب بالتمليح , بينما التركيز الواطئة من الاملاح تزيد من ذوبانية بروتينات عديدة وتدعى هذه الظاهرة الاذابة بالتمليح وتفسر هذه الظاهرة الى التغييرات الحاصلة في قابلية التأين لمجاميع R

3- تقل الذوبانية (يزداد الترسيب) للعديد من البروتينات باستخدام مذيبات عضوية : مثل الاسيتون والايثانول والميثانول حيث تعمل على زيادة التاصر الهيدروجيني مع جزيئات الماء مما يقلل التداخل بين البروتين وجزيئات الماء وبذلك تستخدم هذه الخاصية في عملية الفصل الجزيئي لبروتينات مختلفة استنادا الى اوزانها الجزيئية

4- تقل الذوبانية للبروتينات عند استخدام حوامض : مثل حوامض ثلاثي كلورو حامض الخليك وذلك من خلال التغيير الحاصل ب pH للمحلول المذاب فيه البروتين وتغيير قيمة نقطة التعادل الكهربائي pI للبروتين ثم ترسيبه

5-الحرارة تساعد في تجلط (تجمع) عدد من البروتينات : ويكون البروتين اسهل تجلطا عندما يكون في نقطة التعادل الكهربائي له . ان نتيجة عملية التجلط لتكوين مواد غير مذابة والتي لايمكن اذابتها الا بعد تحللها مائيا او بعد تفسخها

6-تكون المعادن الثقيلة مرسبات بروتينية فعالة : مثلا يكون كلوريد الزئبق ونترات الفضة رواسب ثقيلة مع البروتينات والتي لايمكن ان تذوب , بينما كبريتات النحاس وكلوريد الحديديك رواسب بروتينية التي يمكن اذابتها بإضافة زيادة من المادة الاصلية المرسبة .

تغيير الحالة الطبيعية للبروتين (المسخ) Denaturation

يتضمن المسخ التغييرات التي تطرأ على جزيئة البروتين من النواحي الفيزيائية والكيميائية والخواص الحياتية وتؤدي الى تغيير حالتها الطبيعية والتي تنتج عنها فقدان صفات البروتين .

ان العوامل المسببة لمسخ البروتين تشمل تعرض البروتين الى :

1. التسخين والتعرض لدرجات حرارة عالية (كما في حالة البيض)
2. اضافة حامض قوي او قاعدة قوية (تغيرpH)
3. الضوء والاشعة فوق البنفسجية
4. الاشعة السينية X-ray
5. التركيزات العالية من مركبات قطبية مثل اليوريا والكحول

ويؤدي ذلك الى ابطال الافعال المتبادلة والارتباطات في السلسلة البيتيدية وتصبح السلاسل مفتوحة واحيانا يكون المسخ نهائي اي ان العملية غير عكسية حيث يفقد البروتين خواصه الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية ويضيع الشكل والتركيب الفراغي الخاص به .

اهم التغييرات التي تحدث للبروتين عند المسخ :

1. انخفاض قابلية الذوبان للبروتين
2. نقص او فقد الفاعلية الحيوية الخاصة بالبروتين
3. تغيير شكل وحجم الجزيء
4. نقص فاعلية العديد من المجموعات الكيميائية الموجودة في الجزيء
5. سهولة تحلله بواسطة الانزيمات المحللة

تقدير البروتين Protein determination

هناك عدة طرائق يمكن من خلالها تقدير البروتينات وهي :

1- طريقة كلدال

تحتاج هذه الطريقة الى كميات عالية ويستفاد منها في قياس النيتروجين الكلي في العينة

2- امتصاص البروتين للأشعة فوق البنفسجية UV

ويكون عند الطول الموجي 280 نانوميتر , بما ان وحدات التربتوفان التي لها معامل الامتصـــاص المولاري اعلى من بقية الاحماض الامينية الحلقية لذا فان معظم امتصاص البروتين للاشعة فوق البنفسجية يعزى الى وحدات التربتوفان وبهذه الطريقة يمكن قياس كمية البروتين من قياس كمية الاشـــعة فوق البنفســجية عند الطول الموجي 280 نانوميتر بواسطة المطياف الضوئي

3- طريقة بايوريت

تستخدم هذه الطريقة لتقدير محتوى البروتين عند تراكيز من 1 الى 20 ملغم وبالتالي فالطريقة ليست لها حساسية عالية لتقدير تراكيز قليلة