وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة القادسية كلية العلوم

قسم الكيمياء

اهمية ومميزات الحوامض الامينية ومعقداتها

بحث مقدم الى مجلس كلية العلوم وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الكيمياء

اعداد الطالب

مصطفى صلاح الدين محي

اشراف

د حسن شمران

1440 هـ

2019 م

﴿وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا﴾

طه (114)

الشكر والاهداء

اتقدم بالشكر الجزيل لجامعة القادسية وكلية العلوم لاسيما قسم الكيمياء واساتذتي في هذا القسم العلمي

كما اتوجه بالشكر الجزيل لكل زملائي واصدقائي الذين وقفوا معي وساعدوني

الشكر الجزيل لعائلتي

جدول المحتويات

ت	العنوان	الصفحة
1	ملخص البحث	1
2	المقدمة	2
2	الاحماض الامينية	3
3	التركيب البنائي للأحماض الامينية	4-3
4	تاريخ اكتشاف الاحماض الامينية	5
5	تسمية الاحماض الامينية	9-5
6	تصنيف الاحماض الامينية	10-9
7	تفاعل الاحماض الامينية والخصائص الايونية	14-11
8	الببتيدات والبروتينات	16-15
9	الحامض الاميني البروتيني وغير البروتيني	17-16
10	معقدات الاحماض الامينية مع الايونات الفلزية	20-17
11	الاحماض الامينة والغذاء	21
12	المصادر	22

ملخص البحث

بالرغم من ان موضوع الاحماض الامينية هو موضوع متشعب وعميق الا اننا في هذا البحث حاولنا عرض بعض النواحي الأساسية والمهمة فيما يخص الموضوع، اذ تم أولا تناول التعريف العام للأحماض الامينية ومن ثم التركيب البنائي لها، ثم بعد ذلك تم تناول تاريخ اكتشاف الاحماض الامينة وأشهر الرواد الأوائل من العلماء الذين كانت لهم اليد الطولى في اكتشافها وترسيخ المفاهيم الأساسية لهذا العلم. بعد ذلك تناولنا طريقة تسمية الاحماض الامينية وفقا للاتحاد الدولي للكيمياء الحيوية والبيولوجيا الجزيئية، ثم بعد ذلك تناولنا موضوع تصنيف الاحماض الامينية حيث تم التركيزعلى اهم طريقة وأكثرها شيوعاً والتي هي حسب قطبية وشحنة المجموعة الوظيفية على السلسلة الجانبية.

تناولنا بعد ذلك تفاعل الاحماض الامينية مورداً اهم خاصية من خائصها والتي تحدد تفاعلاتها الا وهي الخواص الايونية لها وخاصة فيما يتعلق بخاصية ثنائية القطب (Zwitterion) موضحين آلية هذه الخاصية. ثم بعد ذلك تم تناول موضوع سلاسل الاحماض الأمينية ابتداء من الببتيدات وحتى السلاسل المعقدة منها والتي تشكل البروتينات موضحين طبيعة الاواصر في هذه السلاسل بالإضافة الى توضيح الفرق بين الاحماض الامينية البروتينية عن تلك غير البروتينية منها.

تم بعد ذلك تناولنا معقدات الحوامض الامينية مع الايونات الفلزية مع إعطاء بعض النماذج منها، وفي ختام البحث تناولنا موضوع الاحماض الامينية والغذاء مع ايراد احتياجات الانسان منها حسب الفئات العمرية.

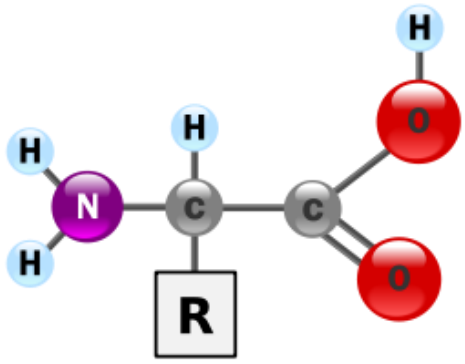
مقدمة:

ان موضوع الاحماض الامينية يعتبر من المواضيع الأساسية في الكيمياء العضوية والحياتية بسبب كونها اللبنة الصغرى لتكوين البروتين في الكائنات الحية وبالتالي وهي المكون الأساسي للعضلات وبروتينات الجسم و لجميع الأغذية بالرغم من وجود اختلاف كبير في تكوينها أي تعتبر هي المفتاح الرئيس لتشكل الحياة، وهذا يعني انها المادة الأساسية في الغذاء لكون لبروتين يتشكل منها والذي عند هضمه يعطي احماضا امينية حرة وببتيدات قصيرة السلسلة تمتص من قبل الجسم، لذا فهي أداة بناء الخلايا وإصلاح الأنسجة، وايضاً تشكل مادة البناء الأساسية للأجسام المضادة كما تشكل جزءاً أساسياً من نظام الإنزيمات والهرمونات وكذلك الأحماض النووية RNA (الحَمْضُ النَّوَوِيّ الرايبوزي) و DNA (الحَمْضُ الرايبوزي النَّوَوِي المَنْزُوع الأوكسِجين)، كما تقوم الأحماض الأمينية بحمل الأكسجين في الهيموجلوبين وتوزعه في أعضاء الجسم المختلفة، وتستخدم الاحماض الامينية في الغذاء لإنتاج البروتينات اللازمة لإعطاء التركيب البنائي والوظائف الفسيولوجية للأنسجة المختلفة وكذلك الهرمونات والجهاز العصبي.

كل ذلك يجعل دراسة الاحماض الامينة مهمة لما لها من أهمية في حقل الطب والصحة والصناعة وهذا الحقل وان كان واسعاً جداً ولا يزال يتطور الا انا هنا في هذا البحث سنتناول اساسيات الموضوع وبشكل مختصر ومفيد.

الأحماض الأمينية (Amino Acid):

ان ابسط تعريف ممكن للأحماض الأمينية انها مجموعة من المركبات العضوية متكونة من مجموعة أمين ($-NH_2$) على الأقل مرتبطة مع مجموعة كربوكسيل ($-COOH$) بالإضافة الى مجموعة السلاسل الجانبية (-R) التي تميز الاحماض الامينية عن بعضها البعض وكما في الشكل التالي.[1]



البنية الكيميائية لحمض أميني في الكربون ألفا، جذر الأمين NH_2 إلى اليسار وجذر الكربوكسيل COOH إلى اليمين. بالإضافة الى السلسلة الجانبية (R)

التركيب البنائي للأحماض الامينية:

تعتبر الأحماض الأمينية مركبات عضوية ذات أوزان جزيئية منخفضة تتراوح ما بين ١٠٠ - ٢٠٠ وتحتوي على الأقل على مجموعة كربوكسيل واحدة (- COOH) ومجموعة أمين واحدة (- NH9)، وترجع الاختلافات بين الأحماض الأمينية المختلفة إلى طبيعة مجموعات السلاسل الجانبية (- R) والتي لها أهمية أساسية وتميز كل حمض أميني عن الآخر. [2]

وتتم تسمية ذرات الكربون المختلفة للحامض الاميني بالتسلسل وفقًا للرمز الأبجدي اليوناني، فإذا كانت المجموعة الأمينية مرتبطة بالكربون ألفا ($\alpha - carbon$) (الكربون المتاخم لمجموعة الأحماض الأولية) ، فسيطلق على الحامض الاميني اسم ($\alpha - Amino\ Acid$) وبالمثل ، إذا تم ربط المجموعة كاربون $\beta, \gamma, \delta, \epsilon$ [3]

تنتمي الاحماض الأمينية المكونة للبروتينات إلى فئة الاحماض الامينية ألفا α-Amino Acids وذلك لأن جذري الأمين والهيدروكسيل يرتبطان بذرة الكربون الأولى في السلسلة، وتوجد كذلك احماض أمينية من

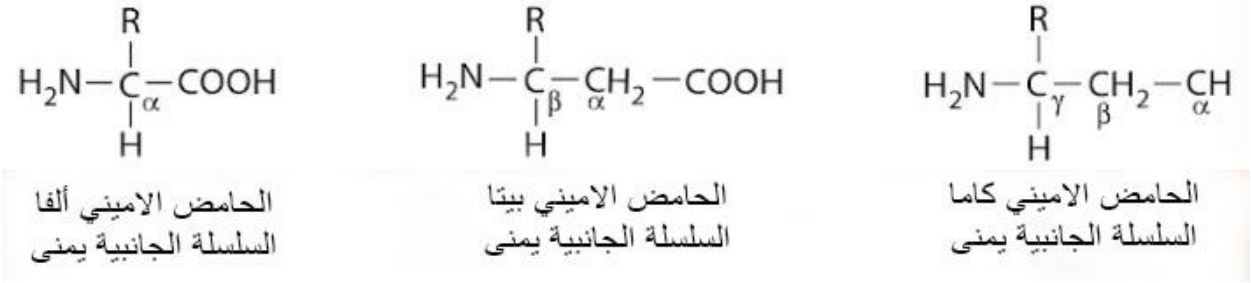
---

1 فرج، 2004، ص: 13

2 المصدر السابق

3 Guoyao Wu, 2013, P: 1

فئة بيتا مثل (β-Alanine) وأخرى من فئة غاما مثل حامض (γ-Aminobutyric acid) ، ورغم وجود عدد كبير من الاحماض الامينية الألفا في الطبيعة إلا أن السلاسل البروتينية لا تحتوي سوى 20 نوعاً منها فقط، وتتوفر أيضاً مجموعة من الاحماض الأمينية المصنعة كيميائياً ولها عدة استعمالات في مجال الصناعة الكيميائية والصيدلية والغذائية.



وفي الطبيعة توجد الاحماض الامينية في الصورة اليسارية (L-form) وتوجد أيضا في الطبيعة بعض الاحماض الامينية بالصورة اليمينية (D-form) ولكنها متخصصة جدا فهي عادة ما توجد مرتبطة مع مركبات أخرى غالباً ما تكون سامة. ومن معرفة التركيب الكيميائي للمجموعة (R) فانه يمكن استنتاج خواص الأحماض الأمينية، وبالتبعية عند معرفة خواص الحمض الأميني فانه يمكن التعرف على ماهية المجموعة R ثم الحمض الأميني، كما توجد الأحماض الأمينية في الطبيعة في الصورة اليسارية (L-form) وتوجد أيضاً بعض الأحماض الأمينية في الصورة اليمينية (D - Form) ولكنها متخصصة جداً فهي عادة ما توجد مرتبطة مع مركبات أخرى وغالبا ما تكون سامة.[4]

يقال عن ذرة الكاربون التي ترتبط بها أربعة متبادلات مختلفة انها غير متناظرة (Chiral)، وإذا استثنينا الجليسين الذي تتألف سلسلته الجانبية من ذرة هايدروجين فقط فان المجموعات الأربعة المرتبطة بذرة الكاربون الفا مختلفة في كل الاحماض الامينية الباقية، ويمنح هذا التوجه رباعي الاذرع للمجموعات الوظيفية حول ذرة الكاربون الفا للحامض الأميني نشاطا بصريا (القدرة على تدوير مستو الضوء المستقطب).[5]

يتم تصنيع البروتينات من نفس المجموعة المكونة من 20 حامض اميني في جميع الأنواع الحية من البكتيريا إلى البشر، والأحماض الأمينية في البروتينات هي عادة من نوع ألفا ، مما يعني أن مجموعة الأمين ترتبط بذرة الكاربون ألفا من حامض الكربوكسيل، ويمكن للبشر تصنيع حوالي نصف الأحماض الأمينية اللازمة فقط ، في حين ان الباقي يجب الحصول عليها من النظام الغذائي وتعرف باسم (الأحماض الأمينية الأساسية).[6]

---

4 فرج، 2004، ص: 15

5 ص: 82

6 Ball, 2019, P: 571

تاريخ اكتشاف الاحماض الامينية:

هناك تاريخ غني فيما يتعلق بالدراسات الخاصة بالأحماض الأمينية الطبيعية، اذ كان هذا الحقل مجالاً خصباً للكيميائيين الأوروبيين في القرن التاسع عشر، وفي السنوات المئتين الماضية تم تطويره بشكل كبير من قبل المختصين بالكيمياء الحياتية وخبراء التغذية والاطباء وغيرهم من علماء الحياة في جميع أنحاء العالم، وشهد عام 1806م على وجه التحديد اكتشاف الحامض الاميني (Asparagine) في الطبيعة من قبل اثنين من الكيميائيين الفرنسيين هما L.N. Vauquelin و P.J. Robiquet. وكان الجلايسين (Glysine) هو أول حامض اميني أمكن عزله من البروتين (الجيلاتين gelatin) عن طريق التحلل المائي مع حامض الكبريتيك في عام 1820 من قبل الكيميائي الفرنسي H. Braconnot.

بدأ استخدام مصطلح الأحماض الأمينية في اللغة الإنجليزية في عام 1898م، وبعد أكثر من 25 عاماً، أي في عام 1925م تم اكتشاف الثريونين (Threonine)، والذي كان آخر إضافة إلى قائمة طويلة من 20 حامض اميني اللازمة للتخليق الحيوي للبروتين. وبحلول عام 1950م تم تثبيت وجود 200 حامض اميني طبيعي وتحديد خواصها (الاحماض الامينية الموجودة في النباتات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة). وفي عام 1973م وسّع تحديد هوية السيلينوستين (selenocystine) من قائمة الاحماض الامينية باعتباره حامض اميني نادر موجود في بروتينات معينة. في حين يرى (Ball) انه "تم اكتشاف اثنين من الاحماض الامينية الاخرى والتي تم العثور عليها في كميات محدودة في البروتين وهما Selenocysteine الذي اكتشف عام 1986م وpyrrolysine الذي اكتشف في عام 2002م."[7]

تسمية الاحماض الامينية:

وفقًا للاتحاد الدولي للكيمياء الحيوية والبيولوجيا الجزيئية، يستخدم اختصار مكون من ثلاثة أحرف لتعيين الحامض الاميني للبروتين، حرف واحد كبير يتبعه حرفان صغيران (مثل Gln للجلوتامين). يستخدم حرف اختصار مكون من حرف واحد لتمثيل الحامض الاميني في سلاسل البروتين أو الببتيد (على سبيل المثال، E، Q. وR للـ glutamate، glutamine، وarginine على التوالي).[8] وتم اشتقاق الأسماء الشائعة للأحماض الامينية من:

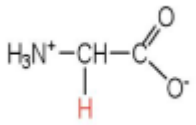
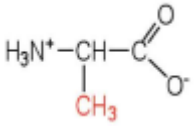
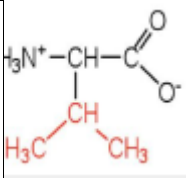
---

7 Ball , 2019,P: 571

8 Guoyao Wu, 2013, P: 5

1. تاريخ اكتشاف الحامض الاميني.
2. خصائصها، بما في ذلك المظهر (على سبيل المثال arginine وleocine) ، والطعم (مثل glycine)[9]، والتركيب الكيميائي (hydroxyproline، isoleucine، lysine، thionine، proline، و threonine).
3. طريقة عزلها (مثل الاسبراجين (asparagine)[10]، السيترولين (citrulline)، السيستين (cysteine)، الغلوتاميت (glutamate)، السيرين (serine)، التربتوفان (tryptophan)، التيروزين (tyrosine) والفالين (valine).
4. الطرق السابقة لتخليقها كيميائياً (مثل alanine و phenylalanine).[11]

والجدول التالي يبين تسمية الاحماض الأمينية العامة الموجودة في البروتين مع تبيان لمعادلاتها البنائية واهم الخصائص.[12]

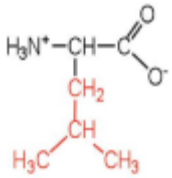
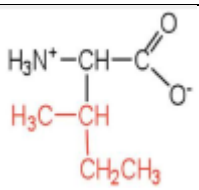
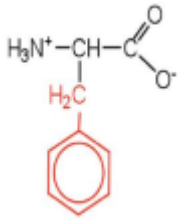
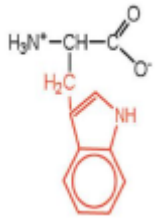
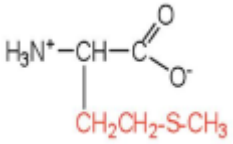
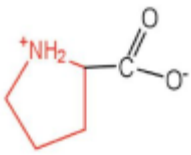
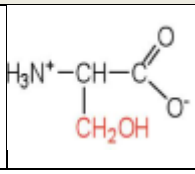
ت	الاسم الشائع	الاختصار	الصيغة البنائية (عند pH=6)	الكتلة المولية	الخصائص المميزة
حامض اميني بمجموعة (R) غير قطبية					
1	glycine	gly (G)		75	الحامض الاميني الوحيد الذي يفتقر الى الكاربون غير المتماثل
2	alanine	ala (A)		89	-
3	valine	val (V)		117	السلسلة المتفرعة حامض اميني

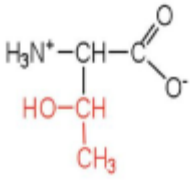
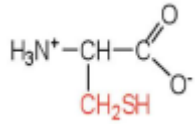
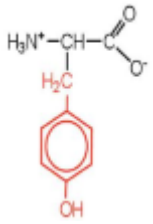
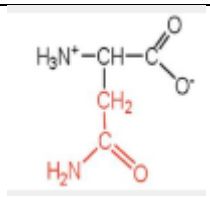
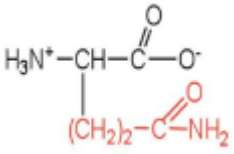
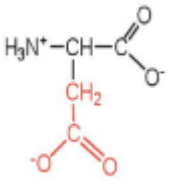
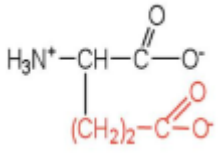
9 تم تسمية glycine ، وهو الحمض الأميني الرئيسي الموجود في الجيلاتين ، لذوقه الحلو (في اليونانية glykys، تعني "حلوة") Ball, 2019, P573

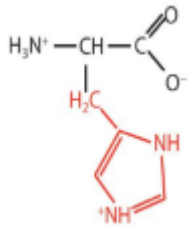
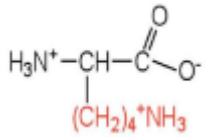
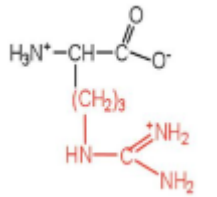
10 أول حمض أميني يتم عزله كان الهليون في عام 1806. تم الحصول عليه من البروتين الموجود في عصير الهليون (ومن هنا جاءت تسميته)

11 Guoyao Wu, 2013, P: 1

12 Ball, 2019, P: 572- 573

ت	الاسم الشائع	الاختصار	الصيغة البنائية (عند pH=6)	الكتلة المولية	الخصائص المميزة
4	leucine	leu (L)		131	
5	isoleucine	ile (I)		131	- حامض اميني أساسي لعدم قدرة معظم الحيوانات على تصنيعه - السلسلة المتفرعة حامض اميني
6	phenylalanine	phe (F)		165	يصنف كذلك بكونه حامض اميني عطري
7	tryptophan	trp (W)		204	يصنف كذلك بكونه حامض اميني عطري
8	methionine	met (M)		149	السلسلة الجانبية تعمل كمجموعة ميثيل مانحة
9	proline	pro (P)		115	يحتوي على مجموعة امين ثانوية يشار لها (حامض اميني ألفا)
حامض اميني بمجموعة (R) قطبية ومتعادلة					
10	serine	ser (S)		105	توجد في الجانب الفعال لمعظم الانزيمات

ت	الاسم الشائع	الاختصار	الصيغة البنائية (عند pH=6)	الكتلة المولية	الخصائص المميزة
11	threonine	thr (T)		119	سمي لطعمه الحلو الذي يشبه فاكهة (threose)
12	cysteine	cys (C)		121	اكسدة جزيئتي cysteine لينتج cystine
13	tyrosine	tyr (Y)		181	يصنف كذلك بكونه حامض اميني عطري
14	asparagin e	asn (N)		132	أميد حامض aspartic
15	glutamine	gln (Q)		146	أميد حامض glutamic
			حامض اميني بمجموعة (R) بشحنة سالبة		
16	aspartic acid	asp (D)		132	مجموعات الكربوكسيل هي المتأينة عند درجة الحموضة الحيوية. يسمى أيضا aspartate
17	glutamic acid	glu (E)		146	مجموعات الكربوكسيل هي المتأينة عند درجة الحموضة الحيوية. يسمى أيضا glutamate

ت	الاسم الشائع	الاختصار	الصيغة البنائية (عند pH=6)	الكتلة المولية	الخصائص المميزة
18	histidine	his (H)		155	الحامض الاميني الوحيد الذي فيه مجموعة (R) لها (pKa=6) قريبا من درجة الحموضة الحيوية
19	lysine	lys (K)		147	-
20	arginine	Arg (R)		175	غالبا ما يكون قاعدة قوية على هيئة هيدروكسيد الصوديوم

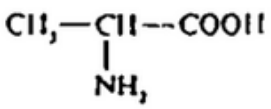
تصنيف الاحماض الامينية:

تحتوي الأحماض الأمينية بالإضافة إلى مجموعات الأمين والكاربوكسيل على سلسلة جانبية أو مجموعة R المرتبطة بذرة الكربون ألفا، وكل حمض أميني له خصائص خاصة ومميزة تشأ عن الحجم والشكل والذوبان وخصائص التأين للمجموعة R، ونتيجة لذلك فان السلاسل الجانبية للأحماض الامينية تلعب دوراً كبيراً في بنية البروتينات ونشاطها البيولوجي. وعلى الرغم من أن الأحماض الأمينية يمكن تصنيفها بطرق مختلفة الا ان أحد اهم الطرق وأكثرها شيوعا هي وفق فيما إذا كانت المجموعة الوظيفية على السلسلة الجانبية عند الأس الهيدروجيني المحايد ان كانت غير قطبية، او قطبية متعادلة، سالبة، أو موجبة الشحنة.[13]

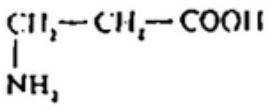
[13] Ball, 2019, P: 571

كما يوجد العديد من المركبات التي لها تركيب كيميائي يشابه تركيب الأحماض الأمينية منتشرة في الطبيعة ولكن لا توجد في البروتين ولها أهمية خاصة في التمثيل الغذائي أو كمكونات النباتات أو كمضادات حيوية Antibiotics ، والرموز التالية تبين التركيب الكيميائي لبعض منها: [14]

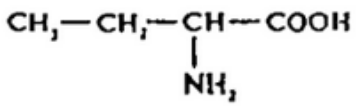
α – Alanine



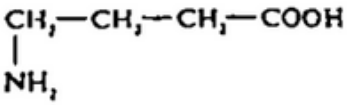
β – Alanine



α – Aminobutyric acid



γ – Aminobutyric acid



والجدول التالي يبين بعض خواص المركبات القريبة في تركيبها الكيميائي للأحماض الأمينية التي توجد في نوعية خاصة جدا من البروتينات أو في الصورة الحرة:

الحامض الاميني	أهمية التمثيل الغذائي او مصدر النسيج	الرمز
ألفا أمينو حامض البيوتيك	انسجة النبات والحيوان	CH_2- CH_2- $CHNH_2$- COOH
ألفا جاما ثنائي امين حامض البيوتيك	مضادات حيوية	CH_2- NH_2- $CHNH_2$- COOH
بيتا الانين	معاون انزيمي أ COA	CH_2- NH_2- CH_2- COOH
جاما امينو حامض الببيوتريك	انسجة المخ	CH_2- NH_2- CH_2- CH_2- COOH
الفا ابيسلون ثنائي امينو حامض بيميليك Pimelic	جذر الخلايا البكتيرية	HOOC-$CHNH_2$- $(CH_2)_3$ | H_2N-CH- COOH

[14] فرج، 2004، ص: 17

تفاعل الاحماض الامينية وخواصها الايونية:

تحتوي الاحماض الامينية على مجموعات $(-COOH)$ وقاعدية $(-NH_2)$، ونتيجة لذلك فإنها يمكن ان تتفاعل كحامض ضعيف وكقاعدة ضعيفة ويطلق على هذا السلوك باسم بالسلوك الامفوتيري (Amphiprotic) حيث انها يمكن ان تكتسب او تعطي بروتون والذي يمكن تمثيله بالتفاعل التالي:

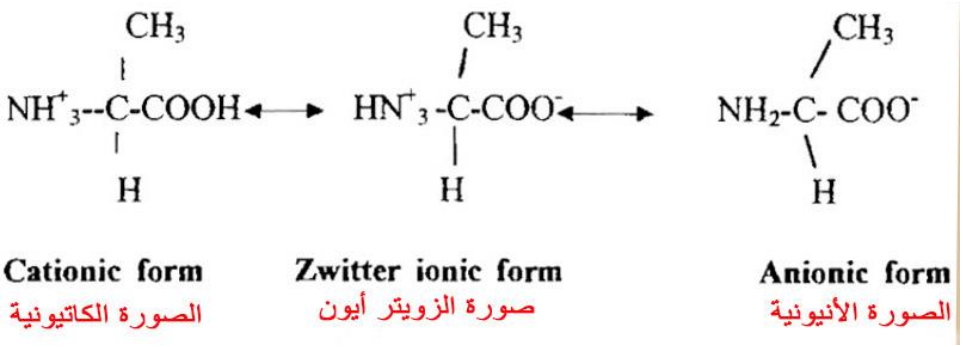
$$R\text{-}N^{+}H_3\text{-}COOH \xrightleftharpoons{+H^{+}} R\text{-}NH_2\text{-}COOH \xrightleftharpoons{-H^{+}} R\text{-}NH_2\text{-}COO^{-} + H^{+}$$

وتتأين المجاميع القابلة للتأين في الجزئ في المحلول كما يلي:

$$-COOH \rightarrow -COO^{-} + H^{+}$$

$$-NH_3^{+} \rightarrow -NH_2 + H+$$

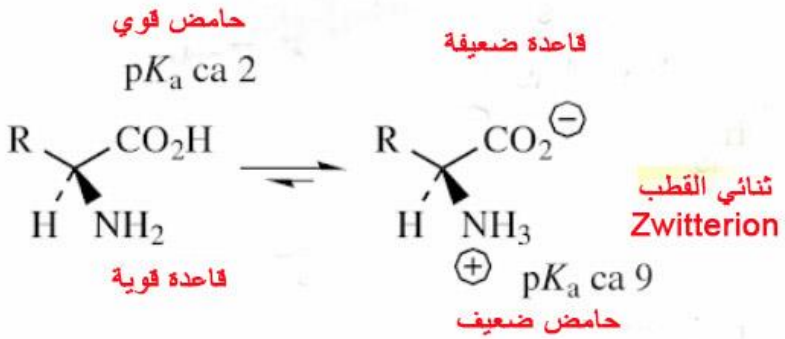
وعلى ذلك يوجد للحامض الاميني في المحلول صورة تسمى ثنائي القطبية Dipolar او زويتر ايون Zwitterion، أي انه في المحلول المائي توجد للأحماض الامينية في الصورة المشحونة حيث تتأين كلا المجموعتين الكربوكسيلية والامينية. وتحتوي بعض الاحماض الامينية على مجاميع أخرى إضافية قابلة للتأين في السلسلة الجانبية، وإن تأين المجموعة يعتمد على درجة حموضة الوسط (pH)، وكل حامض اميني له درجة حموضة عندها يكون مجموع الشحنات متساويا وبالتالي لا يحمل الجزيء أي شحنة وتسمى في هذه الحالة نقطة التعادل الايوني Iso-ionic point (PI).



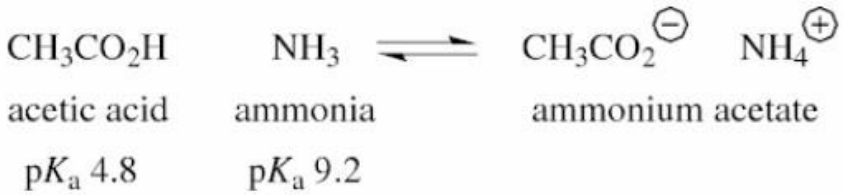
تعتمد الشحنات الكلية لأي حامض اميني على درجة حموضة الوسط (pH) وكذلك قيم ثوابت الانقسام (pk_a) للمجموعات القابلة للتأين الموجودة، فاذا كانت درجة حموضة الوسط أكبر من ثابت الانقسام للمجموعة فان الجزئ يفقد بروتون ويحمل الجزئ شحنة سالبة، وكذلك عند درجات حموضة (pH) منخفضة (توجد تركيزات مرتفعة من البروتونات) تكتسب مجموعة الكاربوكسيل بروتون وبالتالي تصبح غير مشحونة والشحنة الكلية على الجزئ تكون موجبة.

وعند درجات حموضة (pH) مرتفعة (توجد تركيزات منخفضة من البروتونات) تفقد مجموعة الأمين بروتونها وبالتالي تصبح غير مشحونة، والشحنة الكلية على الجزئ تكون سالبة. وكذلك إذا كانت درجة حموضة المحلول اقل من ثابت الانقسام فان الجزئ يحمل شحنة موجبة، وفي الحقيقة عند درجات حموضة وسط متغيرة نلاحظ ان الاحماض الامينية توجد في صور ايونية مختلفة وتحمل شحنات مختلفة يمكن استخدامها في عديد من الطرق التحليلية.[15]

وأيضا يمكن توضيح ذلك بالطريقة التالية، بسبب كون مجموعات الأحماض الأمينية والكربوكسيلية تتصل بنفس ذرة الكربون فإن المجموعات القريبة سوف تمارس أقصى قدر من التأثير الحثي لذا فان زيادة حموضة المجموعة الكربوكسيلية تعكس التأثير الحثي للسحب الإلكتروني للمجموعة الأمينية، اي أيون الأمونيوم. وذلك لا يجعلنا نعتبر ان الحمض الأميني بنية غير ايونية، بل نعتبره بشكل بنية بضعف الشحنة تسمى (ثنائية القطب zwitterion) (بالألمانية: Zwitter تعني هجين)، وكما في الشكل التالي:

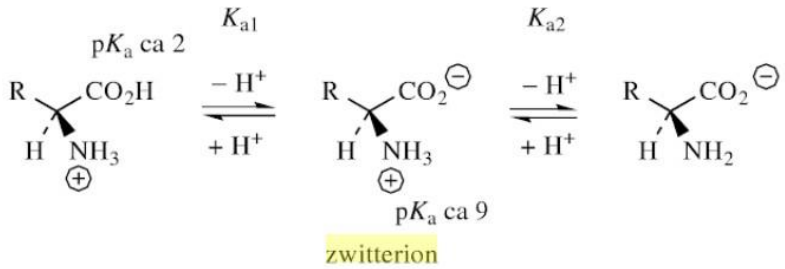


نلاحظ قيمتي (pK_a)، فمجموعة حامض الكاربوكسيل (pK_a 2) هي اقوى حامضية من مجموعة (NH_2) التي لها (pK_a 9) الجاذبة للبروتونات، لذا فان حامض الكاربوكسيل سوف يؤدي الى انتقال البروتونات الى مجموعة الأمين، وفي الماء النقي (حيث قيمة الاس الهايدروجيني pH تساوي 1) فان الاحماض الامينية التي لديها سلاسل جانبية متعادلة سوف تكون في الغالب ذات شحنة مضاعفة (zwitterion)، وهذا يمكن اعتباره ملحاً داخلياً (internal salt) ويمكن مقارنته مع خلات الامونيوم، فالملح يتشكل عندما يتفاعل الامونيا (pK_a 9.2) مع حامض الخليك (pK_a 4.8):

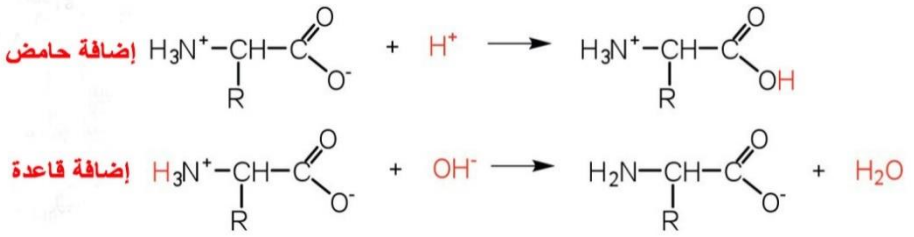


[15] فرج، 2004، ص: 22-24

وعند انخفاض الاس الهيدروجيني (المحلول حامضي) سوف يتواجد الحمض الأميني على شكل كاتيون الأمونيوم (ammonium cation) المكتسب للبروتونات وعند ارتفاع الاس الهيدروجيني (المحلول قاعدي) باعتباره أنيون أمينوكربوكسيليت سوف يسود شكل ثنائي القطب (zwitterion) الوسط عند الأس الهيدروجيني بين هذه الأطراف. اما الحمض الأميني غير المشحون فليس له وجود حقيقي في أي قيمة للاس الهايدروجيني. الأحماض الأمينية عبارة عن مركبات أيونية ، صلبة وحامضية ذات درجة انصهار عالية.[16]



ان البناء الجزيئي للحامض الأميني يسمح له بالعمل كحامض وقاعدة في آن، وتتولد هذه القدرة فقط عند درجة الحموضة معينة (تختلف من حمض أميني الى آخر)، وتوجد جميع جزيئات الأحماض الأمينية تقريبًا على شكل zwitterions ، وإذا تمت إضافة حامض إلى محلول يحتوي على ثنائي القطب فان مجموعة الكربوكسيل تلتقط أيون الهيدروجين (H) ويصبح الحمض الأميني موجب الشحنة، وعند إضافة قاعدة فان إزالة أيون H من المجموعة الأمينية من منه ينتج حمض أميني سالب الشحنة،، وفي كلتا الحالتين فإن الأحماض الأمينية تعمل للحفاظ على الاس الهيدروجيني للنظام - أي لإزالة الحمض المضاف (H) أو القاعدة (OH) من المحلول وكما في الشكل التالي:[17]



ان قيمة الاس الهايدروجيني (pH) المحددة والتي عندها يوجد الحامض الاميني في محلول كثنائي القطب تدعى بنقطة التعادل الكهربائي (isoelectric point (pI)) وعند هذه النقطة تتساوى الشحنتان السالبة والموجبة ويصبح الجزيء ككل متعادل كهربائياً. ان السلاسل الجانبية للأحماض الأمينية التي دائماً محايدة يكون لديها نقاط تعادل كهربائي من 5.0 إلى 6.5،

16 **Dewick , 2013, P: 160**
17 **Ball, 2019, P: 577**

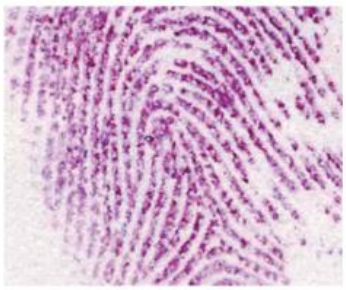
والأحماض الأمينية القاعدية (التي لها سلاسل جانبية موجبة الشحنة عند اس هيدروجيني متعادل) لديها أمثلة كثيرة نسبياً، في حين ان الأحماض الأمينية الحمضية (التي لها سلاسل جانبية سالبة الشحنة عند س هيدروجيني محايد) لها أمثلة اقل كما في الجدول التالي: [18]

الحامض الاميني	التصنيف	نقطة التعادل الكهربائي (PI)
alanine	غير قطبي	6.0
valine	غير قطبي	6.0
serine	قطبي، غير مشحون	5.7
threonine	قطبي، غير مشحون	6.5
arginine	شحنة موجبة (قاعدي)	10.8
histidine	شحنة موجبة (قاعدي)	7.6
lysine	شحنة موجبة (قاعدي)	9.8
aspartic acid	شحنة سالبة (حامضي)	3.0
glutamic acid	شحنة سالبة (حامضي)	3.2

جدول يبين امثلة لخصائص بعض الاحماض الامينية

تخضع الأحماض الأمينية تخضع لخصائص تفاعلات الأحماض الكربوكسيلية والامينات، ان تفاعلية هذه المجموعات الوظيفية هامة بشكل خاص في ربط الأحماض الأمينية معًا لتشكيل الببتيدات والبروتينات، ويتم الاستفادة من تفاعل هذه المجموعات الوظيفية في الاختبارات الكيميائية البسيطة التي تستخدم للكشف عن الأحماض الأمينية، مثال على ذلك هو اختبار النينيدرين (ninhydrin) عندما تتفاعل المجموعة الوظيفية الأمينية للأحماض الأمينية ألفا مع لتشكيل مركبات بلون أرجواني، لذا فان النينيدرين يستخدم للكشف عن بصمات الأصابع لأنها تتفاعل مع الأحماض الأمينية في البروتينات الموجودة في خلايا الجلد المنقولة إلى السطح بواسطة الشخص الذي ترك يصمه أصابع.[19]

Ninhydrin

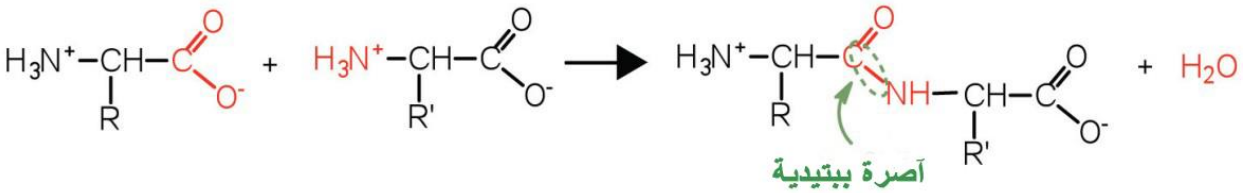


استخدام النهدرين في الكشف عن البصمات

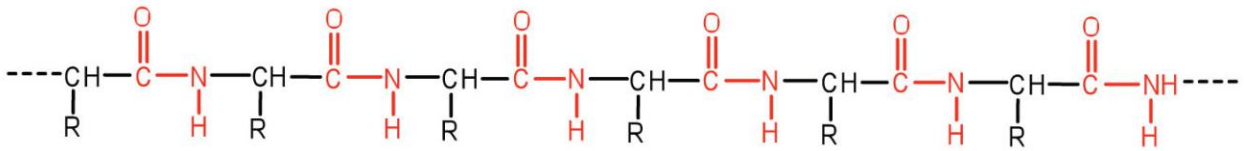
[18] **Ball, 2019, P: 577-578**
[19] **Ball, 2019, P: 578**

البيبتيدات (PEPTIDES) والبروتينات (Proteins)

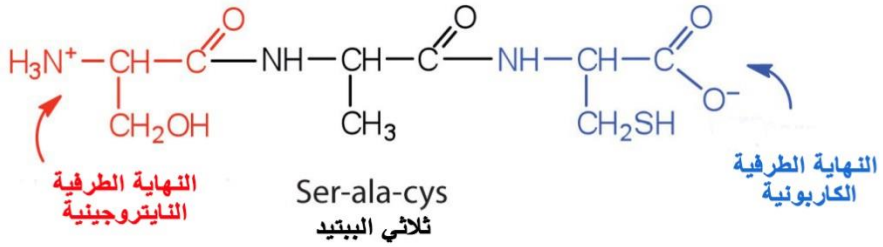
يمكن أن يتحد اثنان أو أكثر من الأحماض الأمينية في سلاسل تسمى البيبتيدات، حيث تتفاعل جزيئة مجموعة الأمين مع جزيء واحد مع مجموعة الكربوكسيل في آخر لتنتج جزيء ماء مشكلة رابط أميد:



يطلق على آصرة الأميد التي تربط وحدتين من الأحماض الأمينية (بالآصرة الببتيدية peptide bond)، حيث نلاحظ أن الجزيء الناتج لا يزال لديه مجموعة أمينية تفاعلية على اليسار ومجموعة الكربوكسيل التفاعلية على اليمين والتي يمكن أن تتفاعل مع احماض امينية اضافية لإطالة الببتيد، هذه العملية يمكن أن تستمر حتى انضمام الآلاف من الوحدات، الامر الذي يمكن ان يؤدي إلى تكوين جزيئات بروتينية كبيرة.



تسمى السلسلة المكونة من وحدتي حمض أميني فقط بالببتيد، والسلسلة التي تتكون من ثلاث وحدات بثلاثي الببتيد، ومن المتفق عليه ان هيكلية الببتيد والبروتين تظهر الحامض الاميني ذو المجموعة الامينية الحرة (النهاية الطرفية النايتروجينية) على اليسار، والحامض الاميني ذو المجموعة الامينية الكاربوكسيلية الحرة (النهاية الطرفية الكاربونية) على اليمين.

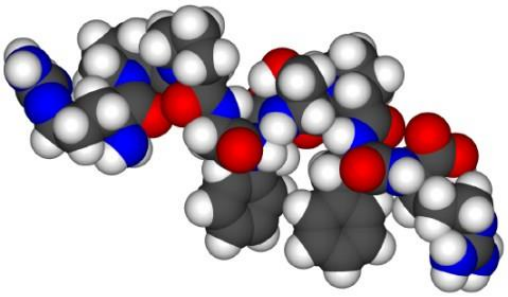


وهنا يجب ان نشير الى الفرق بين الببتيد والبروتين، اذ يشير المصطلح العام (ببتيد) إلى حامض اميني بطول سلسلة غير محدد، ولكن الببتيد الذي بطول سلسلة تصل الى حوالي 50 أو أكثر من الأحماض الأمينية عادة ما تسمى بسلاسل (البروتينات) أو (الببتيدات المعقدة polypeptide).[20]

[20] **Ball, 2013, P: 581**

لكي تكون الببتيدات والبروتينات نشطة من الناحية الفسيولوجية، لا يكفي أن ترتبط اعداد معينة من الأحماض الأمينية المعينة، كما أن الترتيب أو التسلسل الذي ترتبط به الأحماض الأمينية له أهمية بالغة أيضًا. فمثلا الـ (Bradykinin) هو ببتيد مكون من تسعة احماض امينية يتم تكوينه في الدم والذي له التسلسل التالي من الاحماض الامينية:

arg-pro-pro-gly-phe-ser-pro-phe-arg



نموذج الحامض الاميني (bradykinin)

هذا الببتيد يقلل من ضغط الدم ويحفز الأنسجة العضلية الملساء ويزيد من نفاذية الشعيرات الدموية، وهو مسبب الألم. وعندما يكون ترتيب الأحماض الأمينية في Bradykinin معكوسا فان الببتيد الناتج عن هذا الترتيب لا يظهر أيا من فعالية البراديكينين.

مثل ما يتم تكوين ملايين الكلمات المختلفة باستخدام الأبجدية الإنجليزية المكونة من 26 حرفًا فانه يمكن تصنيع ملايين البروتينات المختلفة باستخدام الـ 20 حامض اميني الشائعة، ومع ذلك فانه مثل ما يمكن استخدام الأبجدية الإنجليزية لكتابة كلمات لا معنى لها فانه يمكن وضع الأحماض الأمينية معًا في تسلسل خاطئ لإنتاج بروتينات لا وظيفة لها. وعلى الرغم من أن التسلسل الصحيح ذو أهمية قصوى عادة، فإنه ليس مطلوباً تماماً مثل ما يمكنك فهم الكلمات الإنجليزية المكتوبة بشكل غير صحيح أحيانًا، فالبروتين الذي يحتوي على نسبة صغيرة من "الأحماض الأمينية غير الصحيحة" قد تستمر في العمل، ومع ذلك فانه نادرا ما يعمل مثل البروتين الذي لديه التسلسل الصحيح، وهناك أيضًا حالات يكون فيها للأخطاء الطفيفة في التسلسل آثار كارثية، وعلى سبيل المثال، عند بعض الافراد كل جزيء من الهيموغلوبين يحتوي على وحدة واحدة من الأحماض الأمينية غير الصحيحة من أصل حوالي 300 (جزيئة valine أحادي تحل محل حمض glutamic)، هذا الخطأ "الثانوي" مسؤول عن فقر الدم المنجلي، وهي حالة وراثية تكون قاتلة عادة. [21]

الحامض الاميني البروتيني وغير البروتيني:

هناك أكثر من 700 حامض اميني في الطبيعة ولكن عشرون منها هي من النوع الفا التي تعتبر اللبنات الأساسية لبناء البروتين، وتسمى الاحماض الامينية التي تعمل كركائز للتخليق الحيوي بـ (بتيد البروتين) (على سبيل المثال arginine، methionine، وproline)، في حين يشار إلى الاحماض

[21] المصدر السابق

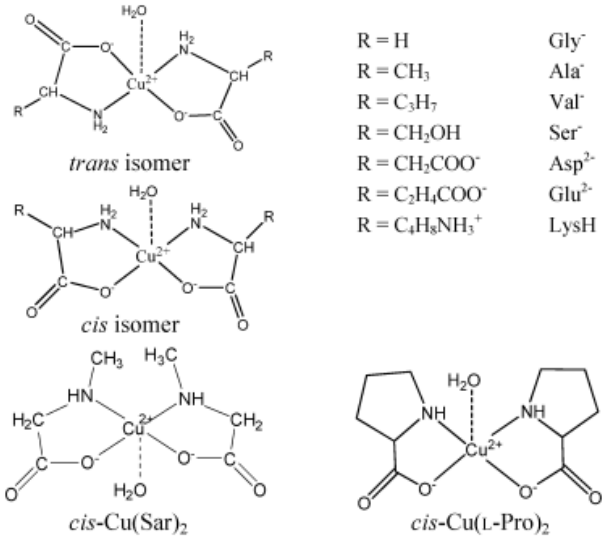
الامينية التي لا تشكل كتل بناء من الببتيدات المعقدة polypeptides باسم سيترولين غير بروتيني (nonprotein citrulline)، homocysteine، وفي بعض المراجع، تُعرف الاحماض الامينية البروتينية وغير البروتينية أيضًا باسم الحامض الاميني القياسي وغير القياسي، على التوالي ... على أساس التعريفات المذكورة أعلاه ليس كل حامض اميني موجود في الببتيدات المعقدة يصنف كونه حامض اميني بروتيني. وذلك لأن بعض بقايا الحامض الاميني في الببتيدات المعقدة تتشكل خلال أحداث ما بعد الترجمة posttranslational events. ومن الأمثلة على ذلك hydroxyproline، الذي يتم توليده من proline hydroxylase بعد تصنيع البروتين.[22]

معقدات الحوامض الامينية مع الايونات الفلزية

يمكن ان تتناسق الحوامض الامينية التي تعد قواعد لويس مع الايونات الفلزية التي تعد حوامض لويس من خلال ذرة الاوكسجين الهيدروكسيلية في مجموعة الكاربوكسيل –COOH ، ولزيادة قوه قابلية التناسق تضاف احد القواعد لسحب البروتون من مجموعة الكاربوكسيل الحامضية، كذلك من الممكن ان تتناسق الحوامض الامينية عن طريق ذرة النتروجين في مجموعة الامينو NH2 لذلك تعد الحوامض الامينية لكياندات ثنائية السن وقد تكون احادية السن او المخلب.

معقدات النحاس مع الحوامض الامينية:

اظهرت الحوامض الامينية الاتية (الكلايسين والانين والفالين والسيرين وسبارتيك اسيد وكلوتاميك واللايسين والساركوسين) قابلية للتناسق مع ايون النحاس الثنائي كليكاندات ثنائية السن، واظهر ايون النحاس تناسق خماسي كما في الشكل الاتي، وقد فضلت المعقدات الايزومر سز على ترانز فقط الكلايسين اظهر الايزومرية ترانس وقد ايدت الحسابات النظرية الاستقرارية للايزومرات نوع سز.[23]



[22] **Guoyao Wu, 2013, P: 5**
[23] **Mikhail**

معقدات النحاس مع الحوامض الامينيه الاتية:

L-alanine, L-arginine, L-histidine, L-lysine, L-proline and L-threonine

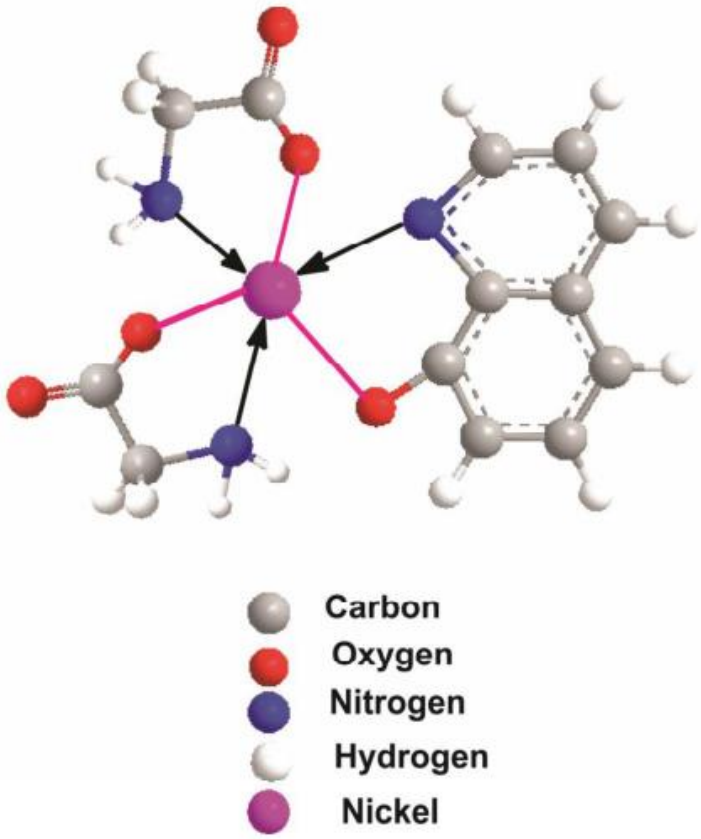
اظهرت فعالية عالية لأنواع البكتريا الاتية بل ومقاربة لفاعلية الامبسلين وبعضها اعلى[24]

Staphylococcus aureus, Streptococcus pyogenes and Escherichia Coli.

معقدات الحوامض الامينية مع النيكل:

حضر العالم Freeman عددا من معقدات الحوامض الامينية منها معقد الكلايسين مع النيكل (II) وهو $[Ni(gly)_2(H_2O)_2]$ وقد شخص المعقد بالأشعة السينية والطرق الطيفية، وقد تبين ان شكله ثماني السطوح.[25]

معقد النيكل مع الكلايسين مع وجود 8 –هيدروكسي كوينولين فعالية ANTIBACTERIAL ACTIVITY ، وقد شخص المعقد بمطيافية الأشعة تحت الحمراء والأشعة السينية ومطيافية الانتقالات الالكترونية.[26]

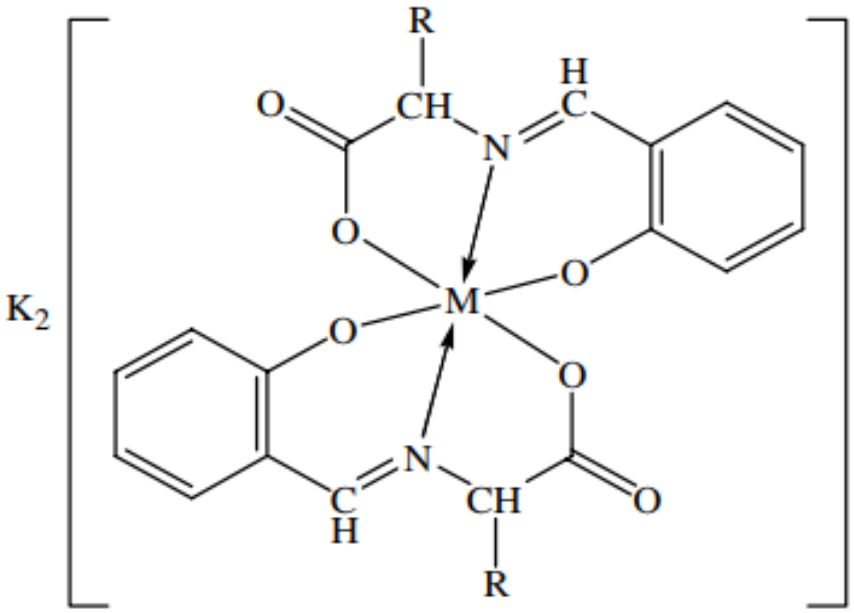


[24] **Iqbal وPak Med Assoc., 1990**

[25] **Freeman C, *Chemical Communication***

[26] **Abu Hanif , 2006**

كذلك قواعد شيف المشتقة من الحوامض الامينية مع النيكل وايونات اخرى أظهرت فعالية ضد الفطريات وقد شخصت هذه المعقدات بالرنين النووي المغناطيسي والأشعة تحت الحمراء كما في الشكل الاتي:[27]

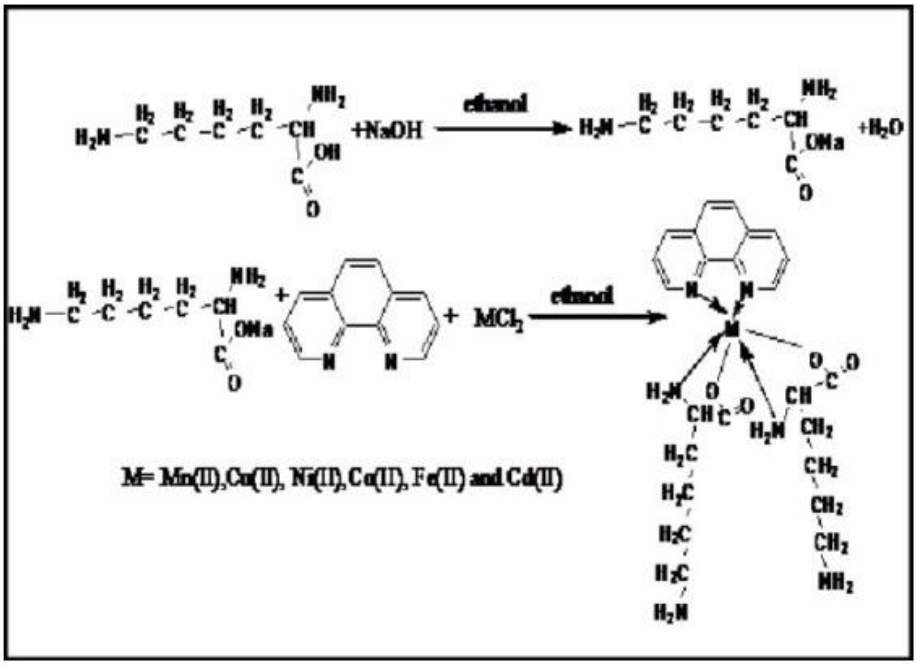


M = Co (II), Cu (II), Ni (II) or Zn (II)

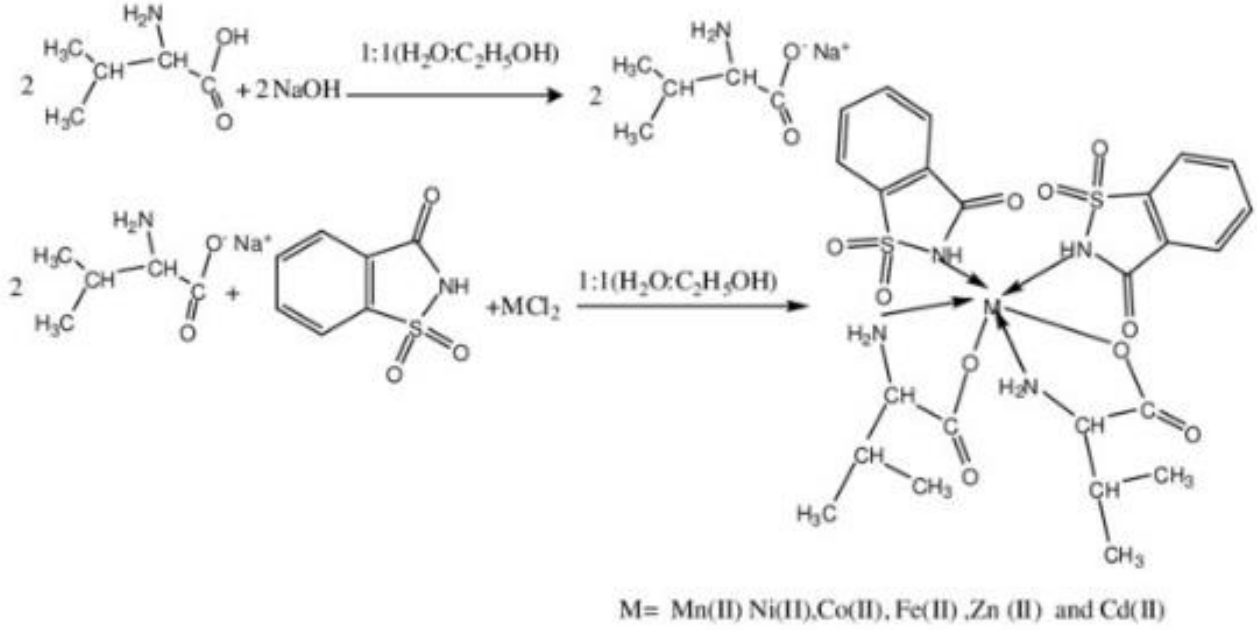
كما تظهر الحوامض الأمينية لاسيما حامض الكلوتاميك في الوسط الحامضي قابلية لمنع التآكل لاسيما مع الزنك كما ان هذه الحوامض صديقة للبيئة وتذوب في المحاليل المائية.[28]

معقدات الحوامض الأمينية مع الفينوثرولين مع ايونات الثنائية لكل من المنغنيز والنحاس والنيكل والكوبلت اظهرت فعالية بايولوجية والشكل المقترح لها هو الاتي: [29]

[27] **Zahid, 2007**
[28] **Latifa, 2018**
[29] **Noor, journal of chemistry**



معقدات المنغنيز والنيكل والكوبلت والحديد كما في الشكل التالي اظهرت فعالية بايولوجية ضد العديد من انواع البكتريا:



الاحماض الامينية والغذاء:

تعتبر الأحماض الأمينية ضمن المكونات الأساسية لجميع الأغذية ومع ذلك فانه يوجد اختلافا كبيرا في محتواها من الأحماض الأمينية. وهي توجد كمكون أساسي في تكوين البروتينات، وعند هضم البروتين فانه يعطى أحماض أمينية حرة وببتيدات قصيرة السلسلة تمتص بواسطة الجسم، وتستخدم الأحماض الأمينية في الغذاء لإنتاج البروتينات اللازمة لإعطاء التركيب البنائي والوظائف الفسيولوجية للأنسجة المختلفة وكذلك الهرمونات وأعضاء الجهاز العصبي. ومن المعروف أن احتياجات الحيوانات للأحماض الأمينية تختلف عن بعضها البعض تبعاً للنوع. وكذلك تختلف احتياجات الكائنات الحية من الأحماض الأمينية طبقاً للعمر. لذلك لابد من وجود كميات مناسبة من كل حمض أميني في الغذاء. والجدول التالي يبين احتياجات الإنسان من الأحماض الأمينية الأساسية طبقاً لمراحل النمو.

جدول يبين احتياجات الإنسان من الأحماض الأمينية الأساسية

الحامض الاميني (مجم/كجم)	العمر		
	6 -3 اشهر	12-10 سنة	البالغ
أيزوليوسين	70	30	10
ليوسين	161	45	14
ليستين	103	60	12
ميثيونين + سستين	58	27	13
فينايل آلانين + تيروزين	125	27	14
ثريونين	78	35	7
تريتوفان	17	4	4
فالين	93	33	10
كمية الأحماض الأمينية الأساسية الكلية	714	261	84
كمية الأحماض الأمينية الأساسية الكلية : كمية البروتين المطلوبة	0.39	0.33	0.15

المصادر

1- المصادر العربية:

1- فرج، رضوان صدقي، الطرق الحديثة لتحليل الاحماض الامينية وتقييم نوعية البروتين، المكتبة الاكاديمية، القاهرة، 2004.

2- موراي، روبرت واخرون، هاربرز في الكيمياء الحيوية، ترجمة: عماد أبو عسلي، سلسلة المناهج الطبية العربية، د.ت.

2- المصادر الأجنبية:

1. Al-Noor, T. H., Ibtihaj K. Malih, journal of chemistry,
2. Abu Hanif , Ali A. S. M. Zahid1, Jeasmin Akter, M. Saidul Islam, , Md. Masuqul Haqu, Laila Arjuman Banu1 and Jae Ryang Hahn, *Der Chemica Sinica*, 2016, 7, 75-82
3. Ball, David W., John W. Hill, and Rhonda J. Scott, The Basics of General, Organic, and Biological Chemistry by , LibreTexts site, 2019
4. Chohan, Zahid H., M. Arif , M. Sarfraz, *journal ot applid organometallic chemistry*, 2007, 21,294-302 .
5. Dewick, Paul M., Essentials of Organic Chemistry: For Students of Pharmacy, Medicinal Chemistry and Biological Chemistry, John Wiley & Sons, 2013.
6. Freeman C. and Sinclair, *Chemical Communication*, 1986-1-485-487
7. Guoyao Wu, Amino Acids: Biochemistry and Nutrition, CRC Press, 2013.
8. Hamadi, Latifa, SalahMansouri, KafiaOulmi, AbdelhakKareche, *Egyptian Journal of Petroleum*, 2018, 27, 1157-1165
9. Iqbal MS, Khurshid SJ, Iqbal MZm .*J. Pak Med Assoc*. 1990; 40:221-222.
10. Mikhail S., Valery G, and Nikita Y, Phs.Chem.Chem.Phys., 2014-16-9411-9421.