

## الاحماض الأمينية

الأحماض الأمينية هي لبّنات البناء الرئيسية لبناء البروتين والبيتيد في الجسم. يمكن ملاحظتها بسهولة بعد هضم البروتين. ثمانية أساسية مهمة جداً (لا يمكن للجسم البشري أن يصنعها بنفسه) والباقي غير أساسية (يمكن صنعها داخل الجسم البشري، بشرط التغذية السليمة). بالرغم من قدرة الجسم على تصنيع الأحماض غير الأساسية، إلا أنه وفي بعض الأحيان يتوجب أخذ مكملات للأحماض غير الأساسية لضمان توفر الكميات المثلثة في الجسم. البعض يضيف قسماً ثالثاً هو شبه-أساسية، حيث يقوم الجسم بتصنيع هذه الأحماض ولكن بكميات محدودة.

إضافة إلى بناء الخلايا وإصلاح الانسجه، الأحماض الأمينية تشكّل مادة البناء الرئيسية للجسام المضاده لمكافحة غزو البكتيريا والفيروسات، وهي تشكّل جزءاً أساسياً من نظام الانزيمات والهرمونات؛ وهي تبني البروتينات النوويّة، رنا (الحمض النووي الرئيسي) ودنا (الحمض الرئيسي النووي المترافق الأووكسجين). كما تقوم الأحماض الأمينية بدور رئيسي بحمل الاوكسجين إلى أنحاء الجسم المختلفة، وهي مكون أساسي للنشاط العضلي.

نظرياً يوجد 64 نوع منها، فالدنا تبني من 4 روامز هي A، G، C، T وتبني الأحماض عادة بتركيب عدة روامز، مثل GCA، GCC، GCG. لكن المتوفر في أجسام الكائنات الحية هي أقل من ذلك، ما بين 20 إلى 26 نوع من الأحماض الأمينية. مع ملاحظة أن الكثير منها يتتشكل باكثر من ثلاثة روامز وقد تصل إلى 6 والبعض منها مكون فقط من رامز واحد.

الحمض الأميني هو أحد مركبات عضوية تحمل نوعين من الجذور الكيميائية، وهي جذر أميني (نشادي)  $\text{NH}_2^{[1]}$  - وجذر كربوكسيل  $\text{COOH}$  متعددتين مع ذرة كربون مرتبطة بدورها بسلسلة عضوية جانبية  $R$  Side chain تكون مختلفة من

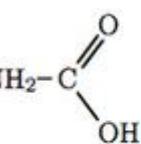
حمض أميني إلى آخر. تعتبر الحموض الأمينية وحدة التركيب الأساسية للبروتينات في الكائنات الحية.

ترقم ذرات الكربون عادة بالأحرف الإغريقية، وتنتهي الحموض الأمينية المكونة للبروتينات إلى فئة ألفا  $\alpha$ -Amino Acids وذلك لأن جزري الأمين والهيدروكسيل يرتبطان بذرة الكربون الأولى في السلسلة. وتوجد كذلك حموض أمينية أحياوية من فئة بيتا مثل البيتا-الانين (بالإنجليزية:  $\beta$ -Alanine) وأخرى من فئة جاما مثل حمض الجاما-بتيتيريك (بالإنجليزية:  $\gamma$ -Aminobutyric acid) أو (بالإنجليزية: GABA). ورغم وجود عدد كبير من الحموض الألفا-الأمينية في الطبيعة إلا أن السلسل البروتينية لا تحتوي سوى 20 نوعا منها فقط. وتضطلع الحموض الأمينية بمهام أخرى كلعبها دور نواقل عصبية ومواد أولية لبعض الهرمونات أو كمصدر للطاقة. وتوفر أيضا مجموعة من الحموض الأمينية المخلقة (المصطنعة) كيميائيا ولها عديد الاستعمالات في مجال الصناعة الكيميائية والصيدلانية والغذائية.

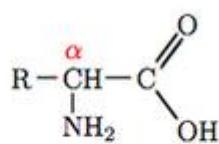
### البنية الكيميائية العامة

يعتبر هيدروكسي كرباميد (بالإنجليزية: Hydroxycarbamide) الحمض الأميني الأبسط من حيث التركيب فهو متكون من جذر أميني متصل مباشرة بكرbon جذر الهيدروكسيل. وهذا المركب غير أحياطي. أما في بقية الأحماض الأمينية فتدخل ذرة أو أكثر من الكربون بين هذين الجذرين. ويحدد موقع الأمين في السلسلة الكربونية الفئة التي ينتمي إليها الحمض الأميني كما يلي:

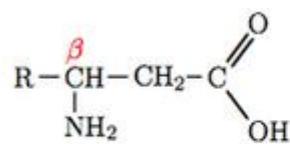
!Error



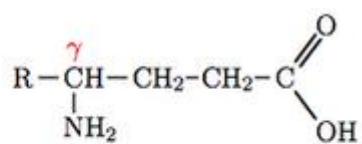
Carbamido



حمض ألفا-أميني



حمض بيتا-أميني

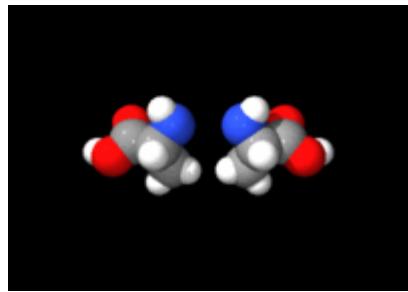


حمض جاما-أميني

البنية العامة للحموض الأمينية وهي مصنفة حسب مكان ترابط الجذر الأميني  $\text{NH}_2$  فوق السلسلة الكربونية،  $R$  هو المجموعة الجانبية التي تحدد طبيعة كل حمض الأميني.

- حموض ألفا-أمينية، حيث يتصل جذر الأمين بالكربون رقم 2 بعد كربون جذر الهيدروكسيل ويرقم بـ  $\alpha$ . يسمى المركب بالحمض 2-أمينوأيتانويك Glycine acid، أو ما يعرف بالغليسين Aminoethanoic acid، وهو حمض الأميني لدى الكائنات الحية. أما بقية الأحماض الألفا-أمينية فلها نفس البنية مع اختلاف في السلسلة الجانبية  $R$ ، فعوضاً عن ذرة الهيدروجين المرتبطة بالكربون ألفا في الغليسين، تتخذ أنواع مختلفة، على سبيل المثال، جذر الميثيل Methyl في حالة الألانين Alanine أو جذر مختلف الحلقة Heterocyclic بالنسبة للтриبتوفان Tryptophan. والدور الأساسي للأحماض الألفا-أمينية هو بناء مختلف البروتينات.
- حموض بيتا-أمينية، يرتبط جذر الأمين بالكربون الثالث بداية من كربون جذر الهيدروكسيل  $\beta$ ، وأبسط ممثل أحيائي لهذه الفئة هو البيتا-ألانين، يتأتي من تحمل الكارنوسين Carnosine، ويلعب دور ناقل عصبي مثبط للغليسين.
- حموض جاما-أمينية، يتحد جذر الأمين بالكربون الرابع بعد كربون جذر الهيدروكسيل  $\gamma$ ، المثال المعروف في هذه الفئة هو حامض الجاما-بيتيرييك GABA، وهو كذلك ناقل عصبي مثبط.

التماثلية البصرية (التناظر)



لدى جميع الأحماض الألفا-أمينية، باستثناء الجليسين، يكون الكربون-ألفا مرتبطاً بجذور مختلفة ومجموعة جانبية  $R$  مميزة لذى نقول أنه كايروالى Chiral أو مركز ناشط بصرياً. ونتيجة لهذه الخاصية، فإن كل حمض ألفا-أميني متواجد في الطبيعة على شكل نظيرتين بصريتين Stereoisomers، يمينية Dextrogyre ويرمز لها، في الكيمياء الحيوية،  $D$ ، أو يسارية Levogyre ويرمز لها  $L$ . ومعنى ذلك فيزيائياً أنها تقوم بازاحة الضوء المستقطب بزاوية معينة اما باتجاه عقارب الساعة بنسبة للنضيرة  $D$ ، وهو الاتجاه الموجب (+)، أو ضد اتجاه عقارب الساعة بنسبة للنضيرة  $L$ ، وهو الاتجاه السالب (-). وبالنسبة لنظام التسمية  $R / S$ ، الأكثر استعمالاً في الكيمياء العضوية، فإن نفس المبدأ يتبع حسب قاعدة "كان إنجولد برييلوج" في  $D = R$  و  $S = L$

ولا تطبق هذه القاعدة الا على السيستين (بالإنجليزية: Cysteine) لأن الجذر الكبريتى ليس له الأولوية في هذه الحالة. اذن فالـ  $D$ -سيستين هو الـ  $S$ -سيستين، والـ  $L$ -سيستين هو الـ  $R$ -سيستين [2].

و في المثال الموجود على النموذج المقابل، نجد الـ  $D$ -ألانين وكأنه صورة عبر المرأة لـ  $L$ -ألانين، وهو مركبان لا يمكن مطابقتهم، non-superimposable، تماما كما لا يمكن مطابقة قفى اليد اليمنى مع ظهر اليد اليسرى صورة. ولسبب لا يزال محيرا، فإن غالبية الأحماض الألفا-أمينية المكونة للبروتينات هي من النصيرة  $L$  وليس  $D$ . ولكن يمكن أن نجد بعض الـ  $D$ -أحماض أمينية في أنواع من الصدفيات

[3] مثل عائلة الكونيدات Conidae، وفي الغشاء البيبتوسكري Peptidoglycan.

[4] بعض البكتيريا.

## تصنيف الأحماض الأمينية

تقسم الأحماض الألفا-أمينية العشرون الموجودة في البروتينات، والمشفرة في المعلومة الوراثية، إلى مجاميع حسب عدد من الخصائص الفيزيائية، الكيميائية

والأحيائية :

• الطبيعة الكيميائية للسلسلة الجانبية : بما أن المجموعة الجانبية  $R$  هي التي

تحدد هوية الحمض الأميني، يمكن اذن تقسيم الأحماض الأمينية إلى ذات

سلسلة هيدروكربونية، اما أليفاتية Aliphatic أو أروماتية Aromatic أو

مختلفة الحلقة Heterocyclic.

• القطبية الكهربائية : تقسم الأحماض الأمينية حسب قطبيتها الكهربائية، وذلك

حسب حالة التأين، إلى قطبية Polar (سالبة أو موجبة الشحنة) أو غير قطبية

Nonpolar (عديمة الشحنة). تحدد هذه الخاصية المهمة قابلية الأحماض

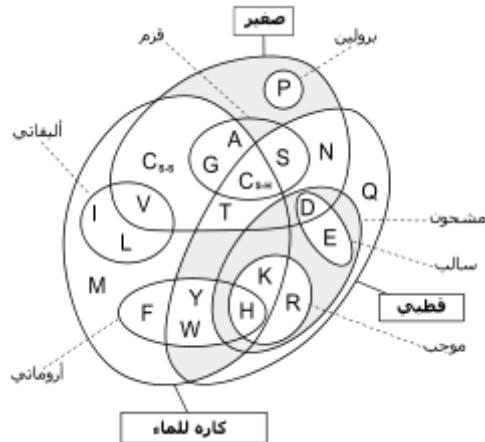
الأمينية للاحلال في الماء (و الماء هو محلول قطبي)، فتكون الأحماض

الأمينية ذات المجاميع الجانبية  $R$  القطبية متاذبة مع الماء Hydrophilic،

وهي عادة ما تكون على الجزء الخارجي للبروتينات. بينما الأحماض الأمينية

ذات السلسل الجانبية غير القطبية، وغير المتاذبة مع الماء

Hydrophobic، تميل إلى التجمع للداخل.



مخطط فيبين لتصنيف الأحماض الأمينية إلى زمر (أنظر إلى الجدول أسفله)، حسب الخصائص الكيميائية للمجاميع الجانبية وقطبيتها الكهربائية.

- القاعدية \ الحمضية : السلسلة الجانبية *R* من الممكن أن تكون قاعدية، مثل حمض الليسين Lysine أو الأرجينين Arginine وهو شديد القاعدية، أو حمضية، مثل الجلوتاميك acid Glutamic acid والأسبارتات Aspartic acid، أو متعادلة مثل الجليسين والليوسين Leucine. وعادة ما تكون الأحماض الأمينية ذات المجاميع الجانبية القاعدية والحمضية قطبية جدا وهي توجد بصورة كبيرة على سطح البروتينات المماس للماء.
- يمكن أيضا أن نقسم الأحماض الأمينية حسب أهميتها الغذائية وتوفيرها للأحيائي إلى :
  - أحماض أمينية أساسية Essential لا يصنعها الجسم، ويجب تناولها في الغذاء. مثل، الليوسين والليسين.
  - أحماض أمينية شبه-أساسية Semi-essential يستطيع الجسم تخليقها ولكن ليس بكميات كافية، خاصة في مرحلة النمو، ويجد أن تتوفر في الغذاء. مثل، الأرجينين والهستيدين Histidine

أحماض أمينية غير أساسية Nonessential متوفرة في الجسم السليم بكميات دائمة، ولا تستلزم حضورها في الغذاء. مثل، الجليسين والبرولين Proline

### قائمة تصنيف الأحماض الألفا-الأمينية المكونة للبروتينات

انظر إلى المقال المفصل التالي قائمة الأحماض الأمينية

الحمض الأميني	الرمز (ثلاثة حروف)	الرمز (حرف واحد)	الكتالة الذرية (مول)	السلسلة الجانبية	قطبية	السلسلة	حمضية أو قاعدية	السلسلة الغذائية	الأهمية
Alanine	Ala	A	89,1	قطبي	غير متعادل	أساسي	غير الأساسية	السلسلة الجانبية	سلسلة الغذائية قاعدية أو حمضية
Arginine	Arg	R	174,20	قطبي	قوي (قوي)	أساسي	شبيه-أساسي	سلسلة الجانبية قاعدية	سلسلة الغذائية حمضية
Asparagin	Asn	N	132,12	قطبي	متعادل	أساسي	غير أساسی	سلسلة الجانبية قاعدية	سلسلة الغذائية حمضية
Aspartic acid	Asp	D	133,10	قطبي	حمضي	أساسي	غير أساسی	سلسلة الجانبية قاعدية	سلسلة الغذائية حمضية
Cysteine	Cys	<sup>34</sup> C	121,16	قطبي	متعادل	أساسي (م)	غير أساسی (م)	سلسلة الجانبية قطبية	سلسلة الغذائية حمضية
Glutamin	Gln	Q	146,15	قطبي	متعادل	أساسي	غير أساسی	سلسلة الجانبية قطبية	سلسلة الغذائية حمضية

غير أساسي	حمضي	قطبي	147,13	E	Glu	جلوتاميك Glutamic acid
غير أساسي	متعادل	غير قطبي	75,07	G	Gly	جليسين Glycine
-أساسي شبيه	قاعدية (ضعيف)	قطبي	155,16	H	His	هيسيدين Histidine
أساسي	متعادل	غير قطبي	131,17	I	Ile	ايزوليوسين Isoleucine
أساسي	متعادل	غير قطبي	131,17	L	Leu	ليوسين Leucine
أساسي	قاعدية	قطبي	146,19	K	Lys	لizin Lysine
أساسي	متعادل	غير قطبي	149,21	M	Met	ميثيونين Methionine
أساسي	متعادل	غير قطبي	165,19	F	Phe	فينيلalanine Phenylalanine
غير أساسي	متعادل	غير قطبي	115,13	P	Pro	برولين Proline
غير أساسي	متعادل	قطبي	105,09	S	Ser	سيرين Serine
أساسي	متعادل	قطبي	119,12	T	Thr	ثيرونين Threonine
أساسي	متعادل	قطبي	204,23	W	Trp	تريبتوفان Tryptophan

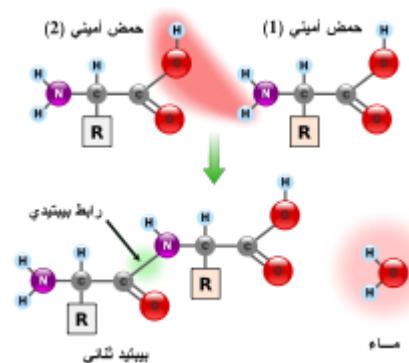
							Tryptophan
غير أساسي (م)	متعادل	قطبي	181,19	Y	Tyr	تيروسين Tyrosin	
أساسي	متعادل	غير قطبي	117,15	V	Val	اللين Valine	

(٤) رمز السيسين C يمكن أن يكتب أيضا  $C_{S-H}$ ، إذا كان الجذر الكبريتني (HS-) حرًا أو  $C_{S-S}$ ، إذا كان هذا الجذر مرتبطة بجذر الكبريتين لسيستين أخرى في السلسلة البيبتيدية. وتخالف الخصائص أيضًا في هذه الحالة، فالسيستين المرتبطة تصير غير قطبية.

(٢٤) هذه الأحماض الأمينية تصير أساسية في مراحل النمو الأولى وعند الأطفال.

الخصائص الكيميائية العامة

تكون الرابط البيبتيدي



تكون الرابط البيبتيدي

**الرابط البيبتيدي** : وهي الاصرة التي تتشكل بين جزيئتين عندما تتفاعل مجموعة الكربوكسيل لجزيئه الأولى مع مجموعة الامينو لجزيئه الثانية محررة جزيئه الماء ( $H_2O$ ) ويدعى هذا التفاعل بالتألف الجاف وكذلك يسمى (تفاعل التكثيف) ويحدث بين الاحماض الامينية. أن الاصرة الناتجة من هذا التفاعل وهي  $CO-NH$  تسمى الاصرة **البيبتيدية** وتدعى الجزيئه الناتجه بالأميد، وألاميدات مركبات عضوية تحتوي مجموعة وظيفية تدعى الاميد وهي عبارة عن زمرة كربونيل متصلة بزمرة أمين.

### الخاصيات الأيونية والقطبية الكهربائية

#### التفاعلات الكيميائية

**1- الخواص الامينية للحوامض الامينية:** بالنظر لاحتواء الحوامض الامينية على مجموعتين الامين والكاربوكسيل لذا فأنها تعتبر ثنائية القطب أي تعمل كحامض أو كقاعدة وتسمى امفوتييرية أي تفقد وتكسب بروتون لهذا فانها إذا وضعت في محليل حامضية قوية  $PH = 1$  تقبل بروتون وتشحن (+) وإذا وضعت في محليل قاعدية قوية تفقد بروتون وتنشحن (-) اما في نقطة التعادل الكهربائي ( $Pi$ ) هي النقطة التي تتساوى فيها عدد (+) مع (-) وتكون  $PH$  معينة لكل حامض أميني كالاتي:  
 أ- **الحوامض الامينية المتعادلة:** محصلة الشحنة = صفر  $(P_i = PH = 5.6-3)$  ب- **القاعدية:** محصلة الشحنة = صفر  $(PH = 7.6-10.8 = P_i = 10.8 - 7.6)$  ج- **الحامضية**: محصلة الشحنة = صفر  $(P_i = PH = 2.97 - 3.2)$

**2- نزع الكربوكسيل** تجرد الحامض الاميني من مجموعة الكاربوكسيل **Decarboxylation** عند تجريد المجموعة الكاربوكسيلية من الحوامض الامينية فأنها تتحول إلى الأمينات الأولية وذلك بمساعدة الإنزيمات من نوع **Decarboxylation**

3- نزع الأمين تجريد المجموعة الأمينية (بالإنجليزية: Deamination) عند تجريد الحوامض الأمينية من مجموعة الأمين تتحول إلى حواضن كاربوكسيلية وأمونيا والحوامض الكاربوكسيلية تتمثل في الجسم إلى مركبات تستفاد منها الخلية أما الأمونيا فإنها تطرح في البول على شكل يوريا بواسطة دورة تسمى بدورة اليوريا والتي تحدث في الكبد وذلك بخلص الجسم من النتروجين أو من الامونيا السامة

4 - نقل الأمين تفاعل نقل مجموعة الأمين (بالإنجليزية: Transmination) ويتم في هذا التفاعل انتزاع مجموعة الأمين بواسطة الأكسدة ونقلها من مركب إلى آخر من المركبات المتفاعلة، يتم هذا التفاعل بمساعدة إنزيمات (Transminase) حيث تتحول الحواضن الأمينية إلى حواضن كيتونية والتي بدورها تتحول إلى مشتقات كاربوهيدراتية تستفاد منها الخلية

5- نترزة التفاعل مع حامض النتروز يستعمل هذا التفاعل لغرض قياس كمية الحامض الأميني في محلول معين حيث يتفاعل حامض النتروز مع الحامض الأميني محرراً النتروجين الذي يكمل جمعه وحساب حجمه يمكن تصنيف كمية الحامض الأميني

6- التفاعل: (بالإنجليزية: Nihydrin): مادة مؤكسدة قوية تتفاعل مع الحواضن الأمينية لتعطي مركب أزرق اللون يعتمد هذا التفاعل على وجود مجموعة الأمين والكاربوكسيل بشكير حر وهذا التفاعل يكون حساس لكشف عن المركبات قليلة من الحواضن الأمينية

7- تفاعل سانكر (بالإنجليزية: Sanger): يستعمل هذا التفاعل لتشخيص الحامض الأميني الموجود في بداية السلسلة البيتية (نهاية النتروجينية) يستعمل كاشف الأميني الأول في نهاية النتروجينية من السلسلة البيتية مكوناً مركباً أصفر اللون حيث يشخص الحامض الأميني المرتبط به بواسطة Chromatogralply في هذا

التفاعل تتحرر الأحماض الأمينية من السلسلة البيتيدية بشكل حر ويعتبر هذا التفاعل مدمرًّا للسلسلة البيتيدية وذلك بتحرير الحوامض الأمينية بشكل حر.

8- تفاعل إيدمان (بالإنجليزية: Edman reaction) يستعمل هذا التفاعل لمعرفة تتابع (Sequence) في السلسلة البتيدية ويعتبر هذا التفاعل مهم لأنّه يحطّم السلسلة البتيدية ويمكن تكراره مع السلسلة الناتجة لحد عشرين حامض أميني أو أكثر يستعمل في هذا التفاعل الكافش Phenyl thioCyngtac iso.

### الخواص العامة للأحماض الأمينية

كاربونات ثنائية القطب الحوامض الأمينية مركبات مشابهة للأملاح مثل الأملاح كلها مركبات صلبة ذات درجة انصهار عالية لدرجة أنها تحترق بصورة عامة قبل تحولها إلى الحالة المنصهرة أنها مركبات غير ذائبة في المذيبات الغير المستقطبة وتذوب في الماء.

### امتصاص واستخدامات الأحماض الأمينية

تنتقل الحوامض الأمينية، وهي نواتج النهاية لهضم البروتين تنتقل بسرعة من خلال جدران الأمعاء الدقيقة كما تمتّص أيضًا البتيدات البسيطة وصغيرة جدًا. تستعمل الحوامض الأمينية المنفردة في واحدة من الطرق الآتية:

- 1- لتصنيع نسيج بروتيني جديد، أو لترنيم نسيج قديم أو للاحلال محل بروتينات سوائل الجسم المتحطمة.
- 2- لتصنيع مركبات غير بروتينية تحتوي على نتروجين مثل الحوامض النووية الهيم (heme) أو الكرياتين (Creatine) أو الكرياتين (3)
- 3- لتوفير الطاقة الكيميائية والposure للهدم. إذ قد تدخل المركبات الوسيطة الناتجة من هدم الحوامض الأمينية في دورة حامض النتريك أو يمكن استعمالها لتصنيع الكلوكوز الحوامض الشحمية التي يمكن خزنها في النسيج الدهني. أما المركبات الرئيسية الناتجة عن هدم الكامل للحوامض الأمينية فما هي إلا ثانوي اوكسيد الكربون والماء والبيوريا.

## مصادر الاحماض الامينية

أن وجود الاحماض الامينية في الجسم يأتي من مصدرين هما: 1- الجزء الأكبر من الاحماض الامينية ناجم عن البروتين الغذائي 2- من تعويض بروتينات الجسم بغدة endocrine من خلال الجوع وسوء التغذية.

• كما وينمو ايضاً الاحماض الامينية

Anabolic (البنائي) 2) Catabolic (النفولיתי 1)