III البروتينات والأحماض الآمينية

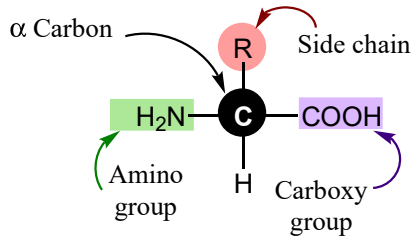
1.III البروتينات

البروتينات عبارة عن مركبات كيميائية توجد عند جميع الكائنات الحية (الحيوانات، النباتات، الجراثيم والفيروسات)، تؤدي دور هام في البناء الخلوي لخلايا وأنسجة الجسم، تؤمن عملية الدفاع ضد العناصر المرضية السامة خاصة عند مختلف الكائنات حقيقية النواة، كذلك تشترك في تركيب الجزء الأهم في الدم، لهذا يمكن القول بأن البروتينات ذات علاقة مباشرة مع معظم العمليات الفيزيولوجية الجارية في الجسم الحي. ويجب أن لا ننسى بأن الهرمونات، الإنزيمات والسيلات العصبية ذات طبيعة بروتينية.

ومن الناحية الكيميائة تعرف البروتينات على أنها مركبات كيماوية عضوية آزوتية ذات وزن جزيئي مرتفع، حيث تتألف جزيئاتها من عدد كبير من الأحماض الآمينية. وهي تتركب من: كربون (C) ، الأكسجين (O) ، هيدروجين (H) ، آزوت (N) والكبريت (S) ، تتراوح نسبة البروتينات في جسم الإنسان والحيوانات الأخرى مابين 40-45%، يمكن تحليل البروتينات بطرق مختلفة مثل التسخين أو بواسطة الإنزيمات إلى مكوناتها الأولية ، ألا وهي الأحماض الآمينية.

2.III الأحماض الآمينية

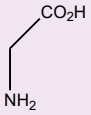
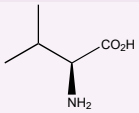
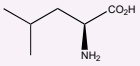
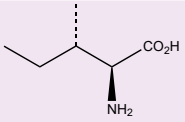
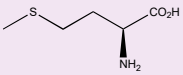
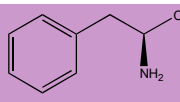
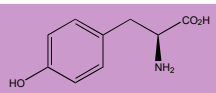
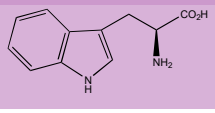
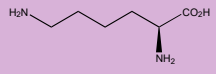
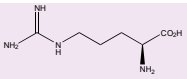
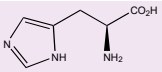
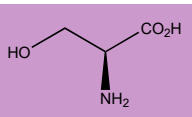
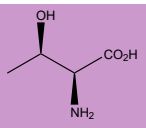
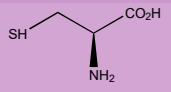
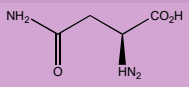
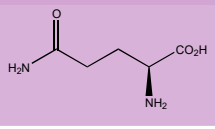
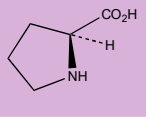
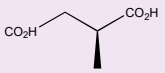
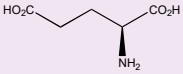
الأحماض الآمينية مركبات عضوية تحتوي في الجزيء الواحد على مجموعتين وظيفيتين هما مجموعة الآمين القاعدية $(-NH_2)$ ومجموعة الكربوكسيل الحمضية (-COOH) ، هذه الأحماض الآمينية ترتبط مع بعضها البعض بروابط ببتيدية لتكون سلاسل ببتيدية تتحد مع بعضها البعض بواسطة جسور وروابط كبريتية لتعطي مركبات معقدة ذات أوزان جزيئية عالية هي البروتينات، ومركبات ابسط منها، مكونة من عدد قليل من الأحماض الآمينية تعرف بالببتيدات.



شكل 19: الهيكل العام للأحماض الآمينية

ويقدر عدد الأحماض الآمينية الداخلة في تركيب البروتين 20 حمض آميني (جدول 5)

جدول 5: الهياكل البنيوية للأحماض الآمينية

التسمية	البنية	مختصر	التسمية	البنية	مختصر
Alanine		Ala	Glycine		Gly
Valine		Val	Leucine		Leu
Isoleucine		Ile	Methionine		Met
Phenylalanine		Phe	Tyrosine		Tyr
Tryptophan		Trp	Lysine		Lys
Arginine		Arg	Histidine		His
Serine		Ser	Threonine		Thr
Cysteine		Cys	Asparagine		Asn
Glutamine		Gln	proline		Pro
Aspartic Acid		Asp	Glutamic acid		Glu

3.III تصنيف الأحماض الآمينية

الأحماض الآمينية يمكن تصنيفها تبعا لتركيبها الكيماوي وطرق ترتيب الذرات والجزيئات فيها وكذلك حسب مساراتها الأيضية إلى الأقسام التالية:

III.3.1 الأحماض الآمينية ذات السلسلة المفتوحة

منها:

- أحماض آمينية أحادية الزمرة الآمينية، وأحادية الزمرة الكربوكسيلية مثل: Alanine و Glycine
- أحماض آمينية هيدروكسيلية أحادية الزمرة الآمينية مثل: Threonine و Serine
- أحماض آمينية ثنائية المجموعة الآمينية وأحادية الزمرة الكربوكسيلية مثل: Lysine وArginine
- أحماض آمينية أحادية الزمرة الآمينية وثنائية الزمرة الكربوكسيلية مثل: Aspartate و Glutamate
- أحماض آمينية كبريتية مثل: Cysteine

III.3.2 الأحماض الآمينية الحلقية

تحتوي هذه المجموعة على حلقة البنزين مثل: Tyrosine و Phenylalanine

III.3.3 الأحماض الآمينية الحلقية المختلطة

تحتوي على مركبات حلقية غير متجانسة مثل Tryptophane

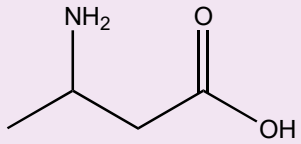
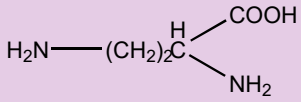
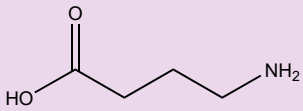
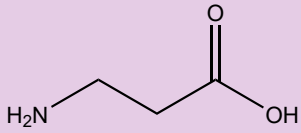
III.3.4 الأحماض الآمينية البروتينية

هي أحماض آمينية تدخل في بناء البروتينات وعددها 20 حمض آميني والمشار إليها في (جدول 5)

III.3.5 الأحماض الآمينية غير بروتينية

هي أحماض آمينية طبيعية لا تدخل في تركيب البروتين ، بل تبقى حرة غير مرتبطة داخل الخلايا الحية، فهي تعتبر كمصادر أولية في صناعة بعض المركبات ذات الفعالية البيولوجية في الجسم، أو تكون مركبات انتقالية في عمليات الإستقلاب - فمثلا الحمض الآميني β-Alanine هام جدا لصناعة مركب فيتاميني حامض البانثوتينيك Panthotenic الذي يدخل في تركيب Coenzyme-A، كما يبين (جدول 6) بعض الأحماض الآمينية غير برتينية ودورها كنواقل عصبية أو إنتاج المضادات الحيوية أو كمصدر للطاقة مع تعين بنيتها الكيميائية.

جدول 6: بعض الأحماض الآمينية الطبيعية غير بروتينية

الأحماض الآمينية غير البروتينية	دورها	البنية الكيميائية
α-Aminobutyric acid	تخليق المضادات الحيوية	
$\alpha.\gamma$-Diaminobutyric acid	احد مكونات النسيج الحيواني والنباتي	
γ-Aminobutyric acid	ناقل عصبي	
β-Alanine	تكوين Coenzyme-A	

6.3.III الأحماض الآمينية الأساسية وغير الأساسية

تقسم الأحماض الآمينية تبعا لتصنيعها في الجسم إلى:

- **أحماض آمينية أساسية** لا يصنعها الجسم ويجب تناولها في الغذاء مثل : Leu, Ile, Val, Lys, Thr, Met, Phe, Trp وHis
- **أحماض آمينية غير أساسية** متوفرة في الجسم بكميات دائمة(جدول 7)

7.3.III الأحماض الآمينية ذات المسارات الأيضية المختلفة

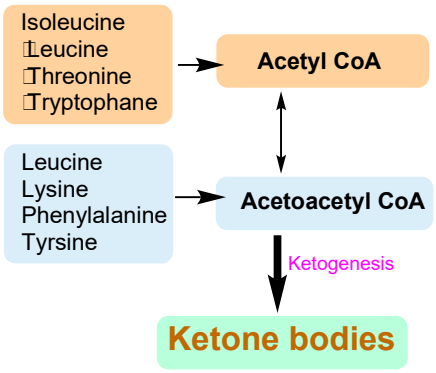
يمكن تقسيم الأحماض الآمينية تبعا لدخولها إلى مسارات أيضية مختلفة:

جدول 7: الأحماض الآمينية الأساسية وغير الأساسية

أحماض آمينية أساسية	أحماض آمينية غير أساسية	أحماض آمينية أساسية	أحماض آمينية غير أساسية
Arginine	Alanine	Histidine	Aspergine
Isoleucine	Aspartate	Leucine	Cysteine
Lysine	Glutamate	Metheionine	Glutamine
Phenylalanine	Glycine	Threonine	Hydroxyproline
Tryptophane	Proline	Valine	Serine
	Tyrosine		

1.7.3.III الأحماض الآمينية الكيتوجينية

هي مجموعة من الأحماض الآمينية المتمثلة في Leu, Lys, Thr, Phe, Trp وIle حيث عند تحللها على مستوى الكبد تعطي المركبات الكيتونية مثل Acetoa-cetyl CoA وAceyl CoA ويتم هذا في حالة قلة مصادر الطاقة كما هو مبين في (شكل 20)

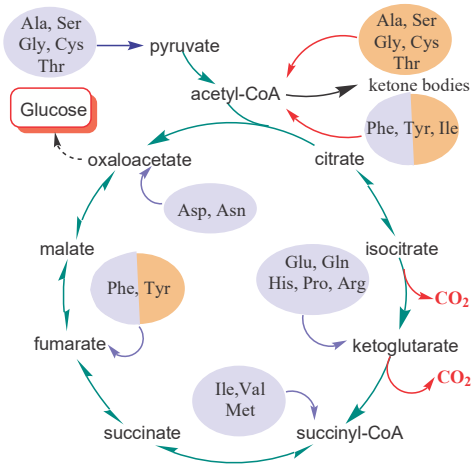


شكل 20: استقلاب الأحماض الآمينية الكيتوجينية إلى مركبات كيتونية

2.7.3.III الأحماض الآمينية الجلوكوجينية

سميت الأحماض الآمينية الجلوكوجينية بهذا الاسم لأنها تستطيع تصنيع الجلوكوز في الحالات التي يكون فيها الجلوكوز في الجسم قليل وتعرف هذه العملية بـ

Gluconeogeneses، ويقدر عدد الأحماض الآمينية الجلوكوجينية 18 حمض آميني والتي يمكن تكسيرها إلى حمض Pyruvate أو أي مركب وسطي في دورة كربس كما هو مبين في (شكل 21) حيث تتحول إلى مركب Oxaloacetate الذي يعتبر المركب الأول في عملية تكوين الجلوكوز من مصادر غير كربوهيدراتية، كما يبين الشكل أن هناك أحماض آمينية كيتوجينية وجليكوجينية في أن واحد والمتمثلة في: Phe، Tyr و Ile أي تعطي الجلوكوز والأجسام الكيتونية.

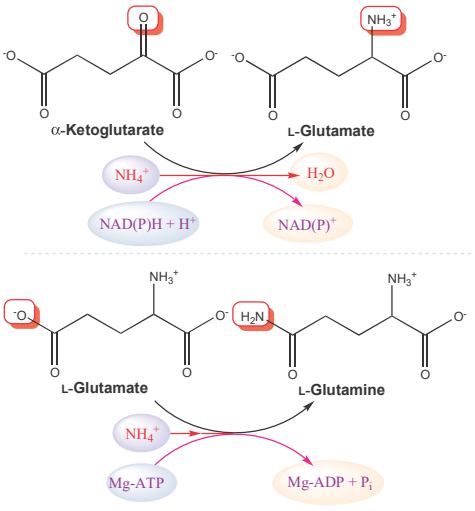


شكل 21: استقلاب الأحماض الآمينية إلى مركبات وسطية

4.III أيض البروتينات والأحماض الآمينية

1.4.III بناء الأحماض الآمينية والبروتينات وأماكن تخليقها

يتم بناء الأحماض الآمينية في **الميتوكوندريا** وهذا راجع لتوفر الأحماض الكيتونية الناتجة من دورة كريبس، كما وجد أن البناء يمكن أن يحدث أيضا في **البلاستيدات الخضراء** ويتم هذا باندماج النشادر بأحماض عضوية كيتونية مثل تفاعل α–Ketoglutarate مع الأمونياك (NH_4^+) لتكوين حمض Glutamate وينشط هذا التفاعل أنزيم glutamate dehydrogenase في وجود قرين الإنزيم NAD أو NADP ، بعدها يتحول حمض Glutamate إلى حمض Glutamine وهذا بإضافة جزيئة أخرى من NH_4^+ في وجود إنزيم glutamine synthetase يتطلب هذا التفاعل استهلاك الطاقة

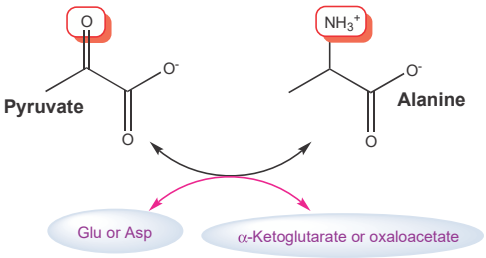


شكل 22: بناء الحمض الآميني Glutamate

يعتبر هذا التفاعل من أهم التفاعلات على الإطلاق، حيث يتم فيه نقل النشادر إلى الحمض

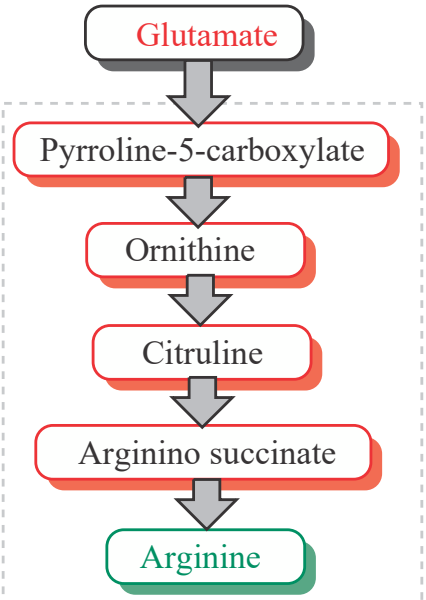
الكيتونى، وهو المنفذ الرئيسي والوحيد لنظام التحول الغذائي للنتروجين غير العضوي.

يعتبر حمض الجلوتاميك المتكون بالطريقة السابقة المانح لمجموعة الآمين، حيث يستطيع إعطاء مجموعة الآمين إلى حمض كيتونى آخر لتكوين أحماض آمينية أخرى، وينشط عملية نقل المجموعة الآمينية من حمض آميني إلى حمض كيتونى مجموعة من الإنزيمات تعرف بأنزيمات النقل الآميني (Transaminase) فمثلا يمكن تخليق Alanine من حمض Glu أو Asp بتفاعلها مع حمض pyruvate وهذا بمنحها مجموعة الآمين ويسمى هذا التفاعل بـ transamination مع إنتاج الأحماض الكيتونية والمتمثلة في α-ketoglutarate أو oxaloacetate. كما هو مبين في (شكل 23).

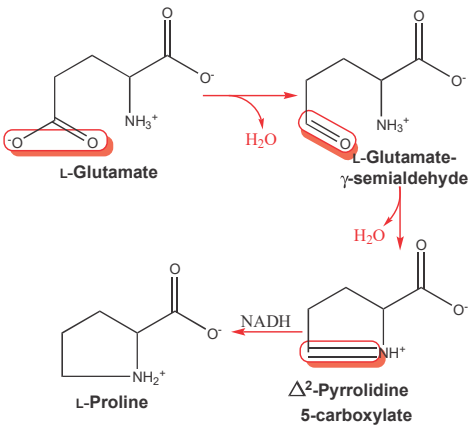


شكل 23: بناء الحمض الآميني Alanine

ومن هذا المنطلق يمكن تخليق بعض الأحماض الآمينية مثل Proline و Arginine (شكل 24) و(شكل 25) وباقي الأحماض الأخرى (شكل 26).

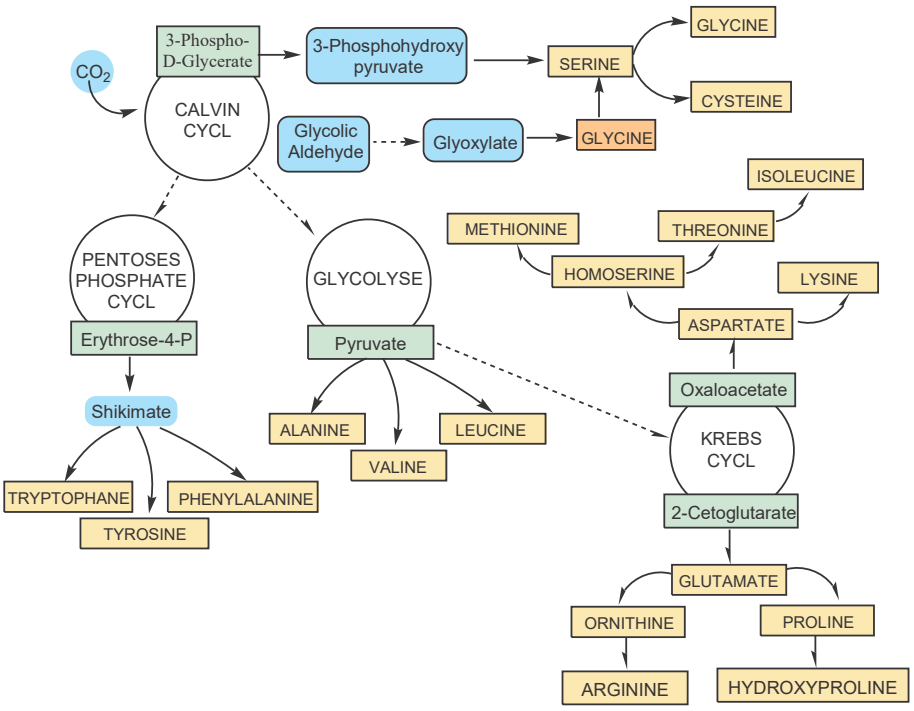


شكل 25: بناء حمض أرجنين من حمض جلوتاميك



شكل 24: بناء حمض برولين من حمض جلوتاميك

كما يمكن توضيح المسارات المؤدية إلى تخليق مختلف الأحماض الآمينية (20 حمض آميني) عند النباتات انطلاقا من **حلقة كالفن والتحلل السكري ودورة كريبس وحلقة البانتوز فوسفات** ومن خلال بناء الأحماض الآمينة تبنى البروتينات على الريبوسومات وهذا بإتحاد الأحماض



شكل 26: تخليق الأحماض الآمينية عند النباتات

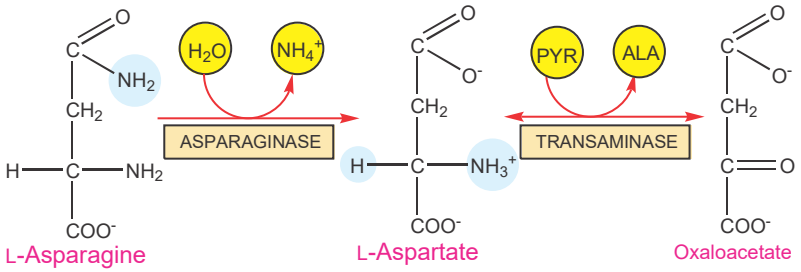
الآمينية أو تكثيفها معا بروابط ببتيدية بين مجاميع الكربوكسيل في إحداها مع مجاميع الآمين في الأخرى وبذلك تعد الريبوسومات بمثابة أنوال لتصنيع السلاسل الببتيدية.

2.4.III هدم البروتينات والأحماض الآمينية

هدم البروتين معناه تكسير الروابط الببتيدية الموجودة بين الأحماض الآمينية ويتم هذا بمساعدة مجموعة قليلة من الإنزيمات تسمى بإنزيمات التحلل البروتيني (Protease) تختلف هذه الإنزيمات عن بعضها في أن بعضها يقوم بتكسير الروابط الببتيدية الموجودة بين الأحماض الآمينية معطيا ببتيدات وليس أحماض آمينية حرة، وبعضها يقوم بفصل حمض آميني طرفي واحد من الببتيد أو البروتين. الأحماض الآمينية عكس الكربوهيدرات والدهون فهي تحتوي على ذرات النتروجين بالإضافة إلى الكربون والهيدروجين والأكسجين. ولذلك فبمجرد إزالة مجموعة الآمين من الأحماض الآمينية يتجه الجزء المتبقى من الحمض الآميني إلى التحول إلى مركبات وسطية قادرة على الدخول إما في عملية Glycolyse أو في دورة كريس، كما هناك أحماض آمينة تهدم مباشرة إلى مركبات جد بسيطة

مكونة من ذرتين كربون وهي Acetyl-CoA، كما هو مبين (شكل 21).
يوجد نوعين من التفاعلات تعمل على نزع مجموعة الآمين تتمثل في :

- **تفاعل نزع تأكسدي Oxidative deamination:** وفيها تفصل مجموعة الآمين وتستبدل بذرة أكسجين آتية من الماء مما يؤدي إلى تكوين حامض كيتوني.
- **تفاعل نقل الآمين Transamination:** وفي هذه العملية يتم نقل مجموعة الآمين من حمض آميني إلى حمض كيتوني ، حيث يتحول الأخير إلى حامض آميني كما في معدلات (شكل 27)



شكل 27: هدم حمض L-Asparagine إلى Oxaloacetate في وجود وسائط (PYR, ALA)

ملاحظة: الأحماض الكيتونية بإمكانها أن تدخل في عمليات هدم وبناء ، فيمكن هدمها لإنتاج ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وحامل الطاقة ATP، كما يمكن أيضا استخدامها كمركبات وسطية في الطريق المؤدي إلى تخليق الجلوكوز، كما يمكن تحويلها إلى Acetyl-CoA وبالتالي يمكن استخدامها في تخليق الدهون

5.III الدور البيولوجي للأحماض الآمينية

الأحماض الآمينية لها أهمية فارماكولوجية كونها تمثل الأجزاء الرئيسية لبناء البروتين بما في ذلك بناء الهرمونات، الإنزيمات، والسيالات العصبية التي هي من ضروريات حياة الفرد. كما لها دور في بناء الأحماض النووية وهرمونات النمو النباتية مثل هرمون الأوكسين وهرمون الإيثلين وأيضا لها دور في تخليق مجوعة الفيتامينات من نوع (B). فمثلا حمض السيستين له دور في مكافحة الجذور الحرة وحمض التيروزين له دور في الوقاية من أمراض السرطان والأمراض القلبية ويؤخر الشيخوخة . الأحماض الآمينية في النباتات تعتبر طلائع تخليق مختلف المنتجات الطبيعية للأيض الثانوي مثل القلويدات.