**أيض البروتين**

**( المواد النيتروجينية )**

البروتينات هي بوليمرات تتكون من وحدات معروفة التركيب محددة وراثياً وهي الأحماض الأمينية .

والأحماض الأمينية مركبات عضوية بسيطة تذوب في الماء بدرجات متفاوتة ، يعرف منها 20 حمض أميني ، تتميز الأحماض الأمينية بوجود مجموعتين الأولى المجموعة الكربوكسيلية (COOH) والثانية المجموعة الأمينية

( -NH2 ) وبقية الجزيء . وهي وحدات بناء البروتينات.

وتقسم الأحماض الأمينية إلى حمضية أو متعادلة أو قاعدية على حسب تلك المجموعات,اي ان الجزي يكون موجب الشحنه او سالب او متعادل وهذا يؤثر على شحنه البروتين وتركيبه النهائي :

وتنقسم الأحماض الأمينية إلى :

1- الأحماض الأمينية المتعادلة وهي الأحماض الأمينية التي بها بقية الجزيء –R ذرة هيدروجين-H مثل الألانين أو تكون مجموعة هيدروكسيلية-OH مثل السيرين

2- الأحماض الأمينية الحمضية تحوي هذه المجموعة في بقية الجزيء –R مجموعة كربوكسيلية مثل حمض الجلوتاميك

3- الأحماض الأمينية القاعدية تحوي هذه المجموعة في بقية الجزيء –R على مجموعة أمينية مثل حمض الهستدين

4- الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت هي مجموعة الأحماض الأمينية التي تحوي في بقية الجزيء –R عنصر الكبريت مثل مجموعة هيدروكبريتية –SH مثل الميثايونين

5- الاحماض الأمينية الحلقية : هي الأحماض الأمينية المحتوية على حلقة عطرية أو حلقة متغايرة في بقية الجزيء-R مثل التروسين

ويتم بناء الأحماض الأمينية بإضافة المجموعة الأمينية من الأمونيا إلى أحد الأحماض العضوية

تتميز البروتينات إلى البروتينات التركيبية والبروتينات التخزينية والبروتينات الوظيفية ( النشيطة ) وهي الإنزيمات.

تتحد البروتينات في مستويات فراغيه من التركيب وبناء علئ درجه التعقيد اطلق علئ

الابتدائي الذي يتكون من سلسلة من الوحدات الأساسية ( الأحماض الأمينية ) وهي تختلف في الطول .

وهناك الثانوي حيث تلتف السلسلة من المستوى التركيبي الابتدائي حول بعضها مكونة ما يشبه الحلزون الذي تثبته الروابط الهيدروجينية بين وحدات السلسلة.

أما مستوى التركيب الثلاثي Tertiary فيلتف الحلزون حول نفسه بطريقة منتظمة عن طريق تكوين روابط فيما بين الوحدات أيضاً .

و الرباعي Quaternary الذي يكون أكثر تعقيداً من تجمعات البوليمرات ومكون من وحدات مرتبطة بروابط ضعيفة وليست روابط تساهمية .

أنواع الروابط : أن هناك روابط مختلفة في جزيء البروتين وهي

الرابطة الأساسية ( تساهم ) في وحدات التركيب( الأحماض الأمينية )

والرابطة البيتيدية بين الوحدات

والرابطة الهيدروجينية

والرابطة الأيونية

ورابطة ثنائي الكبريتيد .

تحدد الرابطة الببتيدية نوع وعدد وحدات البناء في التركيب الابتدائي ، بينما الرابطة الهيدروجينية ( بين النيتروجين والأكسجين ) تعمل على التفاف السلسلة الببتيدية في التركيب الثانوي .

البروتينات التركيبيه والتخزينيه والوظيفيه:

للبروتينات وظيفة تركيبية حيث تدخل البروتين ضمن مكونات جزء من الخلية ( كالأغشية مثلاً )

ووظيفة تخزينية ، وذلك للاحتفاظ بها إلى وقت الحاجة ( مع غيرها من السكريات والدهون ) وبعد تخزين البروتينات ، وعند الحاجة يتم تكسيرها إلى مركبات أبسط تدخل من مسارات الأيض .

البروتينات الوظيفية مثل الانزيمات .

**هدم البروتينات**

وتحلل البروتينات عن طريق النظم الحيوية عبارة عن عملية تحلل مائي hydrolysis للبروتين إلى مكوناته من الأحماض الأمينية وتعرف الإنزيمات المحلله للبروتينات بالببتيداز peptidases .

وحيث أن جزيئات البروتين تكون كبيرة بدرجة لا تسمح بمرورها خلال جدر الخلايا فإن الخلايا المحللة للبروتينات يجب أن تفرز إنزيماتها المحللة للبروتين خارجياً لتقوم بالتحلل المائي ، وتختلف الكائنات الدقيقة في قدرتها على إفراز الإنزيمات المحللة للبروتينات ويمكن التعرف على كفاءة هذه الكائنات على تحليل البروتينات المعقدة من قدرتها على هضم الجيلاتين أو الكازين .

قد تفشل بعض الكائنات المحللة للبروتينات في النمو على بيئات تحتوي على بروتين معقد كمصدر وحيد للكربون إلا أن إضافة القليل من مصدر بروتيني سهل التناول يمكن الخلايا من تخليق الإنزيمات المحللة للبروتينات واللازمة لمهاجمة البروتين المعقد .

الإنزيمات المحللة للبروتينات تهاجم البروتين عن طريق هدم الروابط الببتيدية محولة إياه إلى عديد الببتيد polypeptides ثم تعود مرة أخرى تهاجم هذه المركبات المعقدة تكون مركبات أقل تعقيداً وهي ثنائي الببتيد dipeptides وهذه المركبات ، تعرف في مجموعها باسم الببتون وغالبية الكائنات الدقيقة غير ذاتية التغذية لها قدرة على استعمال الببتون كمصدر للنيتروجين وأحياناً كمصدر للطاقة ومن هنا يمكننا أن نتفهم لماذا تحتوي البيئات الروتينية الخاصة بزرع هذه المجموعة من الكائنات على مركب الببتون .

إن الناتج النهائي من هضم البروتينات عن طريق الإنزيمات هو الأحماض الأمينية وحيث أن الكائنات ذات القدرة على إفراز إنزيمات محللة للبروتينات خارجياً فهي قد تحتوي على إنزيمات شبيهة داخل الخلية وهذه الإنزيمات تكون مسئولة عن عملية التحلل الذاتي Autolysis للخلايا بعد موتها . ويمكننا أيضاً أن نقرر أن وجود مثل هذه الإنزيمات داخلياً أثناء نمو الخلية تساعد على تحلل البروتينات الخلوية المستغنئ عنها ولم تعد صالحه في حين لا تهاجم البروتينات الخلويه الفعاله.

وحيث أن تحلل البروتينات يتم عن طريق تحللها مائياً إلى عديد الببتيد ثم ثنائي الببتيدات ثم إلى أحماض أمينية وأن الخلايا تحتوي داخلياً على إنزيمات ذات القدرة على إحداث هذا التحلل فإنه من الممكن عندما تعمل هذه الإنزيمات في الاتجاه المضاد أن تساعد في عمليات تخليق البروتينات الخلوية .

من البراهين علئ ذلك :أن سلسلة عديد الببتيد التي توجد في جزيء البروتين لا تتكون عن طريق تكدس مجموعة من الأحماض الأمينية في وقت واحد بل عن طريق إضافة الأحماض الأمينية إلى السلسلة الببتدية واحداً عقب الآخر حتى يتم تكوين جزيء البروتين ، أن معظم – إن لم يكن كل – الأحماض الأمينية اللازمة لتكوين جزيء بروتيني تتجمع أولاً بداخل الخلية .

أمونيا أحماض أمينية الأحماض الأمينية يمكن أن تحول بعضها إلى بعض . بروتينات

ويبدو أن تتابع التفاعلات المختلفة حسب ترتيبها الطبيعي تؤدي إلى تحول المركبات النيتروجينية غير العضوية إلى أحماض أمينية ثم إلى بروتينات . ويقودنا هذا إلى مناقشة دورة النيتروجين في الطبيعة لأهميتها في توفير المصادر غير العضوية من النيتروجين .

دورة النيتروجين :

بالرغم من توفر النيتروجين الجزيئي N2 في الطبيعة مكوناً حوالي 80% من حجم الهواء في الغلاف الجوي للأرض إلا أنه غاز خامل كيميائياً وغير مناسب كمصدر نيتروجيني لمعظم صور الحياة على الأرض فكل الحيوانات والنباتات وعدد كبير جداً من الأحياء الدقيقة تعتمد في احتياجاتها من النيتروجين على نيتروجين مرتبط أو نيتروجين سبق تثبيته ، ولكن نظراً لندرة النيتروجين المرتبط في صورة أمونيا أو نترات أو حتى في صورة عضوية ، فإن المصدر النيتروجيني كثيراً ما يصبح عاملاً محدداً لنمو الكائنات وازدهارها ، ولذلك فإن دورة النيتروجين تعتبر على درجة كبيرة جداً من الأهمية .

تثبيت النيتروجين :

وهي عملية اختزال للنيتروجين الجوي إلى أمونيا

N2 2NH3

ويطلق عليها بعض العلماء Dinitrogen Fixations إشارة إلى دخول جزيء النيتروجين N2 في هذه العملية .

أولاً : التثبيت الكيميائي

ويتم ذلك في مصانع الأسمدة النيتروجينية وفيه يتم تحويل النيتروجين إلى أمونيا ( نشادر ) ويتم ذلك تحت درجات حرارة وضغوط مرتفعة جداً . ويطلق عليهاfixation Industrial nitrogen ( التثبيت الصناعي ) .

ثانياً : التثبيت الأحيائي للنيتروجين

57% من النيتروجين المثبت تقوم به محموعة من الكائنات الدقيقة تحت درجات حرارة الجو العادي وكذلك الضغط الجوي العادي ، وذلك بمساعدة إنزيم يوجد في هذه الكائنات يسمى إنزيم النيتروجينيز Nitrogenase الذي يحول النيتروجين الجوي إلى أمونيا .

وينقسم التثبيت الأحيائي للنيتروجين الجوي إلى :

أ- تثبيت أحيائي لا تكافلي non symbiotic nitrogen fixation

تقوم بعض الكائنات بتثبيت النيتروجين الحرة Free living nitrogen Fixers وهي موجودة في التربة والبحار والمياه العذبة وعلى سطح السوق والأوراق وحتى في القنوات الهضمية لبعض الحيوانات وبعضها يعيش هوائياً Aerobic وغالبيتها لا هوائية Anaerobic أي تعيش في غياب الأكسجين وتقوم بعملية التثبيت مجموعة كبيرة من البكتيريا نذكر منها :

البكتريا الممثلة للضوء

ويتبعها ما يسمى البكتيريا الخضر المزرقة وهي حرة المعيشة ومن أمثلة : 1- البكتيريا الخضر المزرقة أنابينا Anabaena ، ونوستوك Nostoc .

2- البكتيريا غير الممثلة للضوء Scotobacteria

وتوجد منها مجموعتان :

- مجموعة البكتيريا الهوائية مثل بكتريا النتروباكتر

- مجموعة البكتيريا غير الهوائية المثبتة للنيتروجين الجوي مثل كلوستريديم بستورينيم

ب- تثبيت أحيائي تكافلي symbiotic nitrogen fixation

تقوم مجموعة من البكتيريا بتثبت النيتروجين أثناء معيشتها معيشة تكافلية مشاركة مع نبات وأكثر البكتيريا شهرة في هذا النوع من التثبيت النيتروجيني هي أفراد الجنس رايزوبيم بكتريا العقد الجذريه .

كيمياء تثبيت النيتروجين :

1- يثبت النيتروجين بواسطة البكتيريا العقدية ليكون الأمونيا NH3 الذي يتحول إلى الهيدروكسيل أمين NH2OH عقب خطوات وسطية وفي نفس الوقت تتحلل المواد الكربوهيدراتية بداخل النبات لتكون نتيجة لذلك حمض أو Oxalacetic ( حمض عضوي كيتوني ) .

2- يتحد الهيدروكسيل أمين مع حمض الأوكسال خليك مباشرة ليتكون منهما مركب معقد هو حمض الأوكزيموسكسنيك oximo – Susccinic والذي يختزل فيما بعد بفعل البكتيريا العقدية إلى حمض الاسبارتيك Aspartic

3- يعمل حمض الاسبارتيك الناتج كمصدر للأحماض الأمينية الأخرى بداخل أنسجة النبات عن طريق عملية تحولية تعرف باسم Triansamination

عملية النشدرة Ammonification

أن عملية تحويل البروتينات إلى أمونيا يطلق عليها النشدرة Ammonification ، ويتم في نهايتها خروج الأمونيا( النشادر NH3 ) من البروتين على مرحلتين :

1- مرحلة التحلل المائي Hydrolysis

وفيها يتحول البروتين إلى أحماض أمينية

**Protein Polypeptid Dipeptide Amino acide**

2- مرحلة تحول الأحماض الأمينية إلى

تترع مجموعة الأمين من الأحماض الأمينية Deamination بواسطة إنزيمات Deaminases ويتم إنتاج الأمونيا NH3 من الأحماض الأمينية .

عملية التأزت ( النترتة ) Nitrification

تتأكسد الأمونيا الناتجة إلى نيتريت No2 ومن ثم إلى نترات No3

تتم هذه العملية بواسطة الكائنات الدقيقة أساساً .

المرحلة الأولى :

أكسدة الأمونيا إلى نتريت بواسطة البكتيريا وأهمها أنواع الجنس Nitrosomons كما يلي :

كما يلي :

nitrosomonse

2NH3+ 3o2 2NO2 +2H2o+ Energy

المرحلة الثانية :

أكسدة النيتريت إلى نترات تقوم بها البكتيريا وأهمها أنواع الجنس Nitrobacter كما يلي :

nitrobacter

2NO2 + O2 2NO3 + Energy

اختزال النترات :

يدخل أيون النترات في تركيب المادة العضوية لعدد كبير من الكائنات من خلال عملية اختزال النترات التمثيلية تضم هذه الكائنات ( البكتيريا ، الفطريات ، الطحالب ) ويتوسط هذه العملية عدة أنظمة إنزيمية لتشكل الأمونيا التي تدخل في تركيب الأحماض الأمينية . أي أن هذه العملية تعاكس عملية التأزتcenitrification ، إن اختزال النترات يتم بطريقتين :

أولاً : اختزال النترات إلى أمونيا

NO3+2H+ NO2 +H2O

2NO2+10H 2H25+2NH2OH

NH2OH+ 2H+ NH3 +H2o

تحول الأمونيا إلى مجموعات أمينية :

من المعروف أن صورة النيتروجين الممكن للخلايا استغلالها هي الصورة المختزلة أو الأمونيا والتي تتحول فيها إلى مجموعات أمينية.

أن هناك مجموعة من التفاعلاتdeamination reactions يمكن للأمونيا أن تنطلق من المجموعات الأمينية ، إلا أن اثنين فقط من هذه التفاعلات تكون عكسية وهذان التفاعلات العكسيان يمثلان الطريقين الوحيدين لتحول الأمونيا إلى مجموعات أمينية .

1- طريق الفيومارات

إن طريق الفيومارات يعتمد كلية على حدوث تفاعل بين حمض الفيوماريك ( حمض غير مشبع ذو مجموعتين كربوكسليتين ) وغاز الأمونيا ، وهذا التفاعل يسفر عن تكوين حمض الاسبارتيك .

2- طريق الأوكسوجلو تارات

يتضمن اضافه هيدروجين وأمونيا إلى المركب الألفا أو كسو جلوتاريك ونتيجة لذلك يتكون حمض الجلوتاميك . والإنزيم المسئول يعرف باسم glutamic deaminase أو glutamic dehydrogenase ويكون مرتبطاً بالمرافق الإنزيمي NAD .

التفاعلات العامة للأحماض الأمينية general reactions of amion acids

1- عمليات التحول الأمينية Trnsamination

من المعروف أن حمض الجلوتاميك يعتبر حجر الزاوية في تكوين الأحماض الأمينية المختلفة بالخلايا الميكروبية وتحتوي الخلايا الميكروبية على مجموعة من الإنزيمات تعرف باسم Transaminases يمكنها أن تساعد في عملية تبادل المجموعات الأمينية من جزيئات حمض الجلوتاميك .

وفي نفس الوقت يتحول حمض الجلوتاميك الذي نزعت مجموعته الأمينية إلى حمض كيتوني هو حمض الفاأوكسوجلوتاريك .

فمثلا ان وجد بالبيئه حمض البيروفيك وهر حمض كيتوني يمكن لمجموعه الامين بحمض الجلوتاميك ان تنتقل اليه مكونه حمض اميني جديد هو الانين ويتحول الجلوتاميك الى حمض كيتوني اخر وهو الفااوكسو جلوتاريك

ويسمى الإنزيم الذي يحفز التفاعل السابق باسم مواد التفاعل أو باسم المواد الناتجة فيطلق عليه

L-alanine &Oxoglutarate transaminase أو Glutamate –pyruvate .

2- تفاعلات إزالة ثاني ثاني أكسيد الكربون decarboxylation reactions

هي المسئولة عن إزالة جزيئات من ثاني أكسيد الكربون من المجموعات الكربوكسيلية للحمض الأميني الذي يتحول بعد ذلك إلى الأمين المقابل ، وقد ثبت وجود مثل هذه الإنزيمات بخلايا العديد من البكتيريا وبعض من الأكتينو ميسيتات والفطريات .

ثانياً : انطلاق النيتروجين Denitirification

ويقصد بهذه العملية تحويل النترات إلى نيتروجين جوي

No3 No2 No N2o N2

Nitrate Nitrite Nitrousoxide Nitrousoxide Nitrogen

**وتتم تحت الظروف اللاهوائية مثل غمر التربة بالماء ، وتساهم فيها أنواع من الفطريات والاكتينوميسيتات والبكتيريا . ومن الأجناس البكتيريا التي تقوم بهذه العملية corynebacterium ,Pseudomonas,Bacillus .**