

الطاقة High Energy Bond، وينتج مركب الأدينوسين ثنائي الفوسفات. وقد تتحطم الرابطة بين مجموعتي الفوسفات الثانية والأولي لينتج مركب AMP. ويتم تخليق ATP في الميتوكوندريا عن طريق أكسدة الجلوكوز فتطلق الطاقة المخزنة في الروابط الكيميائية الموجودة فيه لتخزن في مركبات ATP، حيث تكون هذه الرابطة الفوسفاتية عالية قابل للتغيير Highly Labile أيضاً بحيث أنها يمكن أن تتشطر آنياً كلما دعت الحاجة إلى طاقة تحفز التفاعلات الخلوية الأخرى. وعندما يطلق الـ ATP طاقته فإنه ينفصل بعيداً عن جذر حمض الفسفوريك ويتكون عند ذاك ثنائي فوسفات الأدينوزين ADP وتسبب الطاقة المستحصلة من الغذيات بعد ذلك إعادة اتحاد الـ ADP مع حمض الفسفوريك لتوليد ATP جديد. وتستمر العملية بعد هذا مرات ومرات. وهذه الأسباب يسمى الـ ATP باسم عملة الطاقة energy currency للخلية لأنه من الممكن صرفه وإعادة تكوينه مرة بعد أخرى. ولا تطول دورته في العادة لوقت إجمالي أكثر من بضع دقائق فقط ويعد (ATP) من الجزيئات الناقلة الأكثر انتشاراً في خلايا جميع المخلوقات الحية.

استعمالات ATP في الوظائف الخلوية و الوظائف الايضية:

يستعمل الـ ATP في ثلاث مجموعات رئيسية من الوظائف الخلوية وهي:

1. النقل الغشائي.
2. تركيب المركبات الخلوية.
3. أعمال آلية

وهذه الاستعمالات المختلفة الثلاثة هامة لكل من:

- 1- تجهيز الطاقة اللازمة لنقل الصوديوم خلال غشاء الخلية
- 2- تنشيط الريبوسومات لتكوين البروتين.
- 3- تجهيز الطاقة الضرورية للتقلص العضلي.

و بالإضافة إلى كون طاقة الـ ATP ضرورية للغشاء الخلوي عند نقله الصوديوم فهي ضرورية أيضاً بصورة مباشرة أو غير مباشرة لنقل أيونات البوتاسيوم وأيونات الكالسيوم وأيونات الفوسفات وأيونات الكلوريد واليورات وأيونات الهيدروجين والعديد والأيونات والمواد الأخرى أيضاً. والنقل عبر غشاء الخلية مهم جداً لوظائف الخلية لدرجة أن البعض منها مثل خلايا النيبات الكلوية تستخدم حوالي

الأيض Metabolism:

هو مجموعة من التفاعلات الكيميائية في خلايا الكائنات الحية اللازمة لاستمرار الحياة. هذه التفاعلات المحفزة بواسطة الإنزيمات تسمح بنمو وتكاثر الكائنات الحية، والحفاظ على هيكلها، والاستجابة لبيئتها. يشمل مفهوم الأيض جميع العمليات الكيميائية الحيوية التي تتم داخل الجسم عندما يقوم ببناء الأنسجة الحية من مواد الطعام الأساسية ومن ثم يفكها لينتج منها الطاقة، ويحتاج ذلك إلى عملية هضم الطعام في الأمعاء وامتصاص خلاصاتها وتخزينها كمرحلة انتقالية لدمجها في أنسجة الجسم ثم تفكيكها إلى ماء وثنائي أكسيد الكربون فالطاقة التي تتولد من الاستقلاب لا تتحول كلها إلى حرارة بل تخزن داخل الخلايا وتستخدم عند الحاجة.

ينقسم الأيض عادة إلى فئتين: هدم، و كسر من المادة العضوية عن طريق التنفس الخلوي، وابتداء، و بناء من مكونات من الخلايا مثل البروتينات والحمض النووي. وعادة، الكسر يقوم بتحرير الطاقة والبناء يستهلك الطاقة.

عمل الطاقة في الخلية:

ان المصدر الاساسي للطاقة في الخلية هو نيوكليوتيد يسمى (ATP) لأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) نكليوتيد تخزن فيه الطاقة (حرارة) على شكل رابطة غنية بالطاقة بين مجموعة فوسفات غير عضوي ومركب أدينوسين ثنائي الفوسفات ADP.

ويتكون مركب ATP عن طريق تفاعل ADP مع مجموعة الفوسفات P في وجود طاقة عالية ناتجة عن الطاقة التي اكتسبتها الإلكترونات بعد الإثارة، طبقاً للتفاعل:



يتألف ATP من القاعدة النيتروجينية أدينين، وسكر الريبوز، وثلاث مجموعات فوسفات. تحتوي الروابط بين مجموعات الفوسفات علي طاقة كيميائية مخزنة بكميات كبيرة ويمكن لهذه الطاقة أن تنطلق عند تحطم إحدى روابط الفوسفات. فعند تحطم الرابطة بين مجموعتي الفوسفات الثانية والثالثة، تتحرر طاقة مقدارها 12000 كالوري أو 7.3 كيلو سعرة / مول تحت الظروف القياسية وذلك أكبر بكثير من الطاقة المخزونة في الرابطة الكيميائية الاعتيادية للمركبات العضوية الأخرى ولذلك أعطيت المصطلح الرابطة العالية

ADP إلى ATP بواسطة الطاقة التي تحرر أثناء هذا التحول ولكن هذه الكمية لا تمثل إلا 5% من مجموع استقلاب الطاقة في الخلية. والمعلوم أن القسم الأكبر من ATP الخلية يتكون في الميتوكوندريا، و تحول كل الأحماض البيروفية وبعض الأحماض الدهنية ومعظم الأحماض الأمينية إلى المركب متمم الإنزيم A في العصارة الخلوية وفي الميتوكوندريا. وتعمل على هذه المادة سلسلة من الإنزيمات فتتحلل بعمليات كيميائية متتالية تسمى دورة حمض الستريك أو دورة كريبس Krib's Cycle و ينشطر في دورة حمض الستريك متمم A إلى مكوناته الأساسية وهي ذرات الهيدروجين، وثاني أكسيد الكربون، وينتشر ثاني أكسيد الكربون بدوره إلى خارج الميتوكوندريا وأخيراً إلى خارج الخلية. ومن الناحية الأخرى فإن أيونات الهيدروجين تكون فعالة جداً وتتحد في النهاية مع الأكسجين الذي ينتشر إلى الميتوكوندريا من سيتوبلازم الخلية، و يحرر ذلك التفاعل كمية كبيرة من ا طاقة التي تستعملها الميتوكوندريا لتحويل كميات كبيرة من الـ ADP إلى الـ ATP ، وتحتاج إلى مشاركة أعداد كبيرة من الإنزيمات التي تكون أقساماً متكاملة من الرفوف الغشائية للميتوكوندريا التي تبرز إلى العصارة الخلوية. وأولى الحوادث التي تتم هي إزالة إلكترون واحد من ذرة الهيدروجين فيتحول بذلك إلى أيون هيدروجين. والحادثة التالي هو حركة هذه الأيونات خلال بروتينات كروية تسمى سنتاز الـ ATP التي تبرز مثل الأزرار خلال أغشية رفوف الميتوكوندريا . وسنتاز الـ ATP هو إنزيم يستعمل الطاقة المولدة من حركة أيونات الهيدروجين لتحويل الـ ADP إلى ATP بينما تتحد في الوقت نفسه مع الأكسجين لتولد الماء ، و أخيراً ينقل الـ ATP المكون حديثاً إلى خارج الميتوكوندريا حيث كل يصل إلى كل أقسام السيتوبلازم و إلى النواة ، بينما توفر طاقته لتستعمل في مختلف وظائف الخلية.

والخلاصة: يتوفر الـ ATP دائماً و تطلق طاقاته بسرعة انفجارية تقريباً عندما تحتاجه الخلية. و للتعويض عن الـ ATP الذي يستهلك في الخلية تحلل العمليات الكيميائية البطيئة السكريات الدهون والبروتينات و تستعمل الطاقة المولدة من ذلك لتكوين ATP جديد. ويتكون حوالي 95 % تقريباً من هذا الـ ATP في ميتوكوندريا الخلية مما يعلل تسمية الميتوكوندريا بمحطات توليد الطاقة للخلية .

80 % من الـ ATP الذي يتم توليده فيها لهذا الغرض لوحده. بالإضافة لتكوين الخلايا للبروتينات فإنها تقوم أيضاً بتوليد الشحوم الفسفورية والكوليستيرول والبيروينات purines والبيريميدينات ومجموعة أخرى من المواد، ويحتاج تكوين أي مركب كيميائي تقريباً إلى طاقة؛ فمثلاً يمكن أن يكون جزيء بروتين واحد مركباً من عدة آلاف من الأحماض الأمينية ملتصقة ببعضها البعض بارتباطات ببتيدية، ويحتاج تكوين كل واحد من هذه الارتباطات إلى تحليل ثلاثة ارتباطات عالية الطاقة ولذلك لا بد من إطلاق عدة آلاف من جزيئات الـ ATP أو من جزيئات ثلاثي فوسفات الجوانوزين GTP المقارن لتطلق طاقاتها لكي تولد أحد جزيئات البروتين. وفي الواقع تستعمل بعض الخلايا 75 % تقريباً من كل الـ ATP الذي يتكون فيها لتركيب المركبات الكيميائية الجديدة فيها. ويصدق هذا بصورة خاصة أثناء مرحلة نمو الخلايا. والاستعمال الرئيسي الأخير للـ ATP هو تجهيز الطاقة لبعض الخلايا لتوليد عمل آلي ؛ حيث يحتاج تقلص الليف العضلي إلى استهلاك كميت كبيرة من الـ ATP وتقوم بعض الخلايا الأخرى بأعمال آلية بطرق خاصة أخرى كالحركات الهدبية والأميبية ؛ ومصدر الطاقة لكل هذه الأنواع من الأعمال الآلية هو الـ ATP .

و باختصار:

- تحتاج الخلية النشطة حوالي مليوني جزيء ATP كل ثانية فهو مصدر طاقة:
- بناء المواد الغذائية مثل السكريات العديدة، وتحويل الأحماض الأمينية إلى بروتين، وتضاعف DNA.
- الحركة وانقباض العضلات وانقسام الخلية.
- عملية النقل النشط.
- تسريع التفاعلات الكيميائية.

مثال على استعماله: الحشرة المسماة سراج الحصادين تحول طاقة ATP إلى طاقة ضوئية، وتسمى هذه الظاهرة بالإضاءة الحيوية.

دور الميتوكوندريا في العمليات الكيميائية المكونة للـ ATP:

يتعرض الكلوكوز عند دخوله إلى الخلايا للإنزيمات الموجودة في السيتوبلازم التي تحوله إلى حمض البيروفيك، و تسمى هذه العملية باسم التحلل السكري Glycolysis وتتحول كمية صغيرة من الـ

العوامل المساعدة البيولوجية:

ينظم التفاعل الكيميائي داخل الكائنات الحية من خلال التحكم في المواقع التي تعمل عليها العوامل المساعدة، فالحياة ذاتها يمكن وصفها بانها تحت تأثير تنظيم العوامل المساعدة وتسمى هذه العوامل المساعدة بالانزيمات ومعظمها هي بروتينية ولكن هناك جزء منها هي عبارة عن جزيئات من RNA.

فالانزيمات في الواقع هي نوع من أنواع البروتينات التي تعمل على القيام بعملية كيميائية أو تسريعها في داخل الجسم دون أن تدخل هذه الانزيمات في العملية بنفسها إذ إنها تقوم بالارتباط بالمواد التي تدخل في هذا التفاعل، ويقوم مبدأ عمل الانزيمات على خفض الطاقة اللازمة لحدوث التفاعل أو ما يعرف بطاقة التنشيط، وتحتاج الانزيمات في العادة إلى ظروف معينة كي تقوم بالمساهمة في التفاعلات الكيميائية كدرجة الحرارة المناسبة ودرجة الحموضة والتي تختلف من أنزيم إلى آخر. ومن الممكن أن تعمل الانزيمات على تنشيط العمليات الكيميائية وتسريعها وحدها بوجود درجة الحرارة والحموضة المناسبين إلا أنها في الغالب تحتاج إلى عوامل أخرى لتساعد على القيام بتسريع وتنشيط العمليات الكيميائية وتكون هذه العوامل في العادة عبارة عن مواد غير بروتينية بعكس الانزيمات. ويتم تصنيف الانزيمات إلى عدد من الأصناف بحسب المواد التي يقوم الأنزيم بالتأثير عليها وعلى تفاعلاتها الحيوية فهناك الانزيمات المحللة والتي تقوم على الارتباط بالتفاعلات التي يتم فيها تحليل المواد المعقدة عن طريق كسر الروابط بين جزيئاتها وتحليلها إلى مواد بسيطة كالانزيمات المحللة للكربوهيدرات التي تعمل على تحليل السكريات إلى أشكال أبس قابلة للامتصاص من خلايا الجسم كالكلوكوز، وهناك أيضاً الانزيمات المحللة للبروتينات التي تعمل على المساعدة في تكسير الروابط بين جزيئات البروتينات خلال عملية الهضم. وهناك أيضاً مجموعة أخرى من الانزيمات كالانزيمات المفسفرة والتي تعمل على فسفرة أي تقوم بتكسير الروابط في جزيئات بعض المواد كالكربونات العديدة وتتسبب روابط جديدة بينها وبين الفسفور، أما النوع الآخر من أنواع الانزيمات فهي الانزيمات التي تساعد في عمليات الأكسدة والاختزال فهناك انزيمات تعمل على نزع ذرات الهيدروجين من المواد والانزيمات التي تقوم باستخدام الأوكسجين الموجود في الهواء الجوي للقيام بعملية أكسدة المواد، ايضاً هناك ما يسمى بالانزيمات الهاضمة

تلعب الانزيمات الهاضمة دوراً محورياً في عملية هضم الطعام في الجسم، إذ تقوم بتنشيط التفاعلات الكيميائية اللازمة لعمليات الهضم المختلفة ومن هذه الانزيمات:

1. أنزيم أميليز (Amylase): يعمل على تحفيز عملية هضم وتحويل الكربوهيدرات إلى سكريات. يتواجد هذا الأنزيم في الغدد اللعابية والبنكرياس والأمعاء الدقيقة، ويؤثر نقص هذا الأنزيم على الصحة ككل، لا على عمليات الهضم فحسب، لأنه مسؤول أيضاً عن تحليل خلايا الدم البيضاء الميتة، وعدم تحللها قد يؤدي إلى نشأة تورمات.
2. أنزيم بروتيز (Protease): وهو مسؤول عن تحليل البروتينات وتحويلها إلى أحماض أمينية (Amino Acid). يتركز أنزيم بروتيز في المعدة والبنكرياس والأمعاء الدقيقة. إن أي نقص في هذا الأنزيم قد يتسبب بعدة مشاكل في الجسم مثل: القلق وقلة النوم، والتهاب المفاصل وهشاشة العظام نتيجة نقص كمية الكالسيوم في الدم. ولأن أنزيم بروتيز يعمل على التخلص من بعض أنواع البكتيريا والفيروسات في الدم، فقد يؤدي نقصه كذلك إلى الالتهابات وانخفاض كفاءة جهاز المناعة في الجسم.
3. أنزيم ليباز (Lipase): وظيفة هذا الأنزيم الرئيسية هي تحليل الدهون، وتحفيز عملية تحويلها إلى أحماض دهنية في البنكرياس والأمعاء الدقيقة. إن أي نقص في هذا النوع من الانزيمات له تأثيرات سلبية على صحة الجسم، مثل: ارتفاع نسبة الكوليسترول والدهون الثلاثية، مواجهة صعوبة في إنقاص الوزن، الإصابة بمرض السكري، تخلص خلايا الجسم من الفضلات أو امتصاصها للغذاء بصعوبة وبعد عناء، وقد يعاني الإنسان أيضاً من تشنج العضلات خصوصاً في منطقة الأكتاف بسبب نقص الكالسيوم في الدم.
4. أنزيم بابين (Papain): وهو أنزيم مسؤول عن تحفيز عملية تحليل البروتينات الموجودة باللحوم. يساعد هذا الأنزيم على معالجة مشاكل الهضم والغازات، والتخلص من الأنسجة الميتة والضارة في الجسم.

1- درجة الحرارة:

يزداد نشاط الأنزيم بزيادة درجة الحرارة إلى حد معين إذ إن درجة الحرارة تعمل على زيادة حركة الجزيئات وبالتالي زيادة سرعة التفاعل.

درجة الحرارة المثلى: هي الدرجة التي يكون عندها النشاط الأنزيمي أعلى ما يمكن .

علل: يهبط النشاط الأنزيمي بعد درجة الحرارة 40 م°

إن ارتفاع درجة الحرارة عن 40 مئوي يؤدي إلى حدوث تغيرات كيميائية في تركيب الأنزيم وهذا يؤدي إلى تغيير في شكل الموقع النشط منه وبالتالي فقدانه لقدرته على العمل.

2- الرقم الهيدروجيني pH: يتأثر النشاط الأنزيمي بالرقم الهيدروجيني بطريقة مشابهة لتأثير درجة الحرارة ، فكل أنزيم رقم هيدروجيني يعمل عنده بصورة مثلى.

3- تركيز الأنزيم: تزداد سرعة التفاعل بزيادة تركيز الأنزيم (علاقة طردية)

5. أنزيم اللاكتيز (Lactase): وظيفة هذا النوع من الانزيمات هي تحليل وهضم اللاكتوز المتواجد في سكر الحليب. ويؤثر نقصه على الإنسان عند الكبر، فقد يسبب نقصه صعوبة في هضم هذا النوع من السكريات، في حالة يطلق عليها عدم تحمل اللاكتوز (Lactose Intolerant).

6. أنزيم بروميلين (Bromelain): وهو من الانزيمات المضادة للالتهاب، ويساهم في منع حدوث التهاب المفاصل.

اليه عمل الانزيم

يعمل الأنزيم على تقليل طاقة التنشيط اللازمة لبدء التفاعل بحيث يحدث عند درجة حرارة الخلية .

طاقة تنشيط التفاعل : الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لبدء التفاعل. كيف يقلل الانزيم طاقة تنشيط التفاعل ؟

يقلل الأنزيم طاقة تنشيط التفاعل بواسطة ارتباطه بالمواد المتفاعلة عند الموقع النشط للإنزيم وهذا الارتباط يقرب بين المواد المتفاعلة، وتحدث التفاعلات بينها.

فرضيات تفسر آلية عمل الأنزيم

(A) فرضية القفل والمفتاح: كل مادة متفاعلة يجب أن يكون لها شكل خاص يوافق ويتم الجزء النشط من الأنزيم المتحد معه .

ملاحظة : شكل الأنزيم ثابت. شكل الموقع النشط ثابت .

الموقع النشط : جزء تركيبى صغير من الأنزيم ، يتميز بقدرته على تنشيط التفاعل.

(B) فرضية التلائم المستحث: يرتبط الأنزيم بالمادة المتفاعلة ويكوّن موقع نشط يتلائم شكله مع المادة المتفاعلة وقت الارتباط به.

ملاحظة : شكل الأنزيم قد يتغير، شكل الموقع النشط متغير

العوامل المؤثرة في نشاط الأنزيم

يتأثر نشاط الأنزيمات بعوامل عدة منها:

1- درجة الحرارة.

2- الرقم الهيدروجيني.

3- تركيز الأنزيم.