كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الرابعة

المادة : تنفس نباتي

المحاضرة : الرابعة /نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

٦

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

جامعة طرطوس
كلية العلوم- قسم علم الحياة

التنفس النباتي
المحاضرة الرابعة

د.سومر رجب شعبان

مقدمة:

استمرار الكائنات الحية على قيد الحياة يتطلب إمداداً مستمراً من:

- المواد الغذائية.
- والطاقة من البيئة. فالحياة ترتبط بعلاقة وثيقة مع البيئة ، حيث تحصل المتعضيّات الحية على المركبات العضوية واللاعضوية من البيئة وتطرح فضلاتها إلى البيئة

.

حسب استخدام الطاقة:

- المتعضيّات التي تستخدم الطاقة الضوئية تسمى المتعضيّات ضوئية التغذية Phototrophic.
- المتعضيّات التي تستخدم الطاقة الكيميائية تسمى المتعضيّات كيميائية التغذية Chemotrophic.

حسب مصدر الكربون:

- متعضيّات ذاتية التغذية (مصدر غير عضوي للكربون – بالتحديد CO_2). متعضيّات غيرية التغذية (مصدر عضوي للكربون).

الكائنات ذاتية التغذية Autotrophs(تركب غذائها بنفسها):

فهي تتمكن من القيام بالتركيب الضوئي لامتلاكها:

← الأنزيمات الخاصة بذلك.

← اليخضور (الكلوروفيل) الذي يسمح بامتصاص الطاقة الضوئية من أشعة الشمس.

الطاقة الضوئية في التركيب الضوئي تتحول إلى طاقة كيميائية في الجزيئات الكبيرة (خاصة السكريات) ، وتحديداً في الرابطة التساهمية بين ذرات الكربون (C – C).

التركيب الضوئي يطلق O_2 (هو المصدر الرئيسي في الهواء).

يعبر عن ذلك بالمعادلة: $6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{طاقة ضوئية}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

الكائنات غير ذاتية التغذيةHetrotrphs:

تحصل على الجزيئات العضوية جاهزة من البيئة:

← العواشب تتغذى على النباتات. اللواحم تتغذى على العواشب.

الطاقة لها أشكال متعددة ، لكن الأحياء تستخدم شكلين: الطاقة الضوئية. الطاقة الكيميائية

الكيميائية أفضل أشكال الطاقة: لسهولة انتقالها بين النباتات والعواشب واللواحم. تتحرر بصورة اقتصادية. تتحرر بأي وقت. أي تقدم بأي وقت.

تعريف الطاقة: المقدرة على القيام بالعمل.

المتعضيات الحية آلات (أجهزة) تقوم بالعمل وتتطلب تزويداً مستمراً من الطاقة كي تتابع قيامها بالعمل وكي تبقى حية.

الطاقة ضرورية لإنجاز عدد متنوع من العمليات المهمة حيوياً:

١. الاصطناع الكيميائي الحيوي للمواد الضرورية للبناء ، للنمو للترميم.
٢. النقل الفعال للمواد من وإلى الخلية. النقل الكهربائي للسيّالة العصبية.
٣. (الحركة). الانقسام الخلوي. الحفاظ على درجة حرارة ثابته .

تتحطم المواد الغذائية إلى جزيئات أصغر نسبياً وقابلة للذوبان قبل استفادة الخلايا منها.

عملية التحطيم تسمى الهضم Digestion وهي حلمهة أنزيمية لكل من:

- متعددات السكاكر (النشويات) ← سكاكر بسيطة.
- البروتينات ← حموض أمينية.
- الدهون ← حموض دسمة + غليسرول.
- الحموض النووية ← نيكليوتيدات.

ينطلق من الحلمهة قدر ضئيل جداً من الطاقة. فمثلاً حلمهة سكر الشعير (مالتوز) تعطي 2 جزيء من الغلوكوز + 4 كيلوكالوري(حريرة):

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2C_6H_{12}O_6 + 4\ Kcal$$

معظم الطاقة الحرة المختزنة في السكاكر والبروتينات والدهون **ما زالت حبيسة في نواتج هضمها** ← السكريات البسيطة (الأحادية) والحموض الأمينية والحموض الدهنية والغليسرول يسهل امتصاصها من السائل المحيط بالخلية إلى سيتوبلاسما الخلية.

تستخدم السكاكر البسيطة والحموض الأمينية والحموض الدسمة والغليسرول **في التنفس** وتدخل حلقة كريبس أثر تفككها إلى **مركب ثنائي الكربون(أسيتيل)**. ويتم استخدام **الحموض الأمينية في التنفس بعد نزع NH_2** ويتم التخلص من NH_2 على شكل بولة Urea

البناء والهدم:

ما هو مصير الجزيئات الصغيرة بمجرد دخولها إلى الخلية؟

تختزل إلى جزيئات بسيطة تحتوي غالباً من 2 – 4 ذرات كربون.

في البناء: من الجزيئات البسيطة 2– 4 ذرات كربون تتشكل السكاكر البسيطة ، الحموض الدهنية والغليسرول والحموض الأمينية ومن الأخيرة تتشكل الجزيئات الكبرية (السكاكر المتعددة والليبيدات والبروتينات وحتى الحموض النووية).

في الهدم: تستمر الجزيئات 2 و 4 الكربون في تكسرها حتى تصل إلى جزيئات فقيرة في الطاقة غير عضوية مثل CO_2 و H_2O و NH_3.

الاحتراق الكامل للغلوكوز: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 686\ Kcal$

معظم هذه الطاقة تنطلق بصورة حرارة هذه مناسبة لتدفئة الخلايا لكنها عديمة الفائدة لدفع التفاعلات البنائية.

لذلك تستخدم الخلية استراتيجية خلال هدم الغلوكوز بصورة لا تفقد جميع الطاقة الحرة بصورة حرارة. وذلك باستغلال الطاقة الحرة الناتجة من هدم الغلوكوز (686 Kcal) بتخليق جزيء الـ ATP (مركب الطاقة الرئيسي).

التحلل السكري أو تحلل الغلوكوز Glycolysis:

احتراق الغلوكوز يتطلب O_2 ، لكن بعض الخلايا تعيش حيث لا يوجد O_2 أو لا يكون متاحاً طوال الوقت.

جميع الخلايا احتفظت بالقدرة الأنزيمية على هدم الغلوكوز بدون O_2.فقد تكون المتعضيّات لا هوائيات مجبرة أو مخيّرة ،

التكسير اللاهوائي (بدون هواء وبالتالي بدون O_2) للغلوكوز يسمى التحلل السكري Cylycolysis.

خلية الخميرة Yeast cell تستغل تحلّل الغلوكوز في الحصول على الطاقة التي تحتاجها وتسمى هذه العملية التخمر الكحولي.

معظم الخلايا تستخدم O_2 في هدم الغلوكوز والنواتج CO_2 + H_2O + طاقة (686 كيلوكالوري) هذه العملية تسمى (تنفس خلوي).

الخطوة الأولى للتخمر والتنفس هي نفسها: انتاج حمض البيروفيك من الغلوكوز بالتحلل السكري ، والأنزيمات اللازمة موجودة في العصارة الخلوية (السيتوسول Cytosol).

حمض البيروفيك في ظروف لاهوائية (عدم توفر الأوكسجين):

← يتخمر حمض البيروفيك في العضلات ← حمض اللبن.

← يتخمر حمض البيروفيك في زجاجة الشمبانيا ← كحول إيتيلي + CO2

حمض البيروفيك في ظروف هوائية (توفر الأوكسجين):

يدخل حمض البيروفيك إلى الجسيمات الكوندرية ، يتأكسد بالكامل بواسطة انزيمات حلقة كريبس ، هذه العملية تسمى التنفس الخلوي.

التنفس: هو عملية تحرر طاقة كيميائية بأكسدة المركبات العضوية (الهيدروكربونات والشحوم والبروتينات).

يحدث تكسير الغلوكوز من خلال سلسلة (11 تفاعل) تحفزها أنزيمات توجد ذائبة في العصارة الخلوية (سيتوسول) + مرافقين أنزيمين هما ATP و NAD(النيكوتين أميد أدنين ثنائي النكليوتيد).

الحموض النووية لا تعد من الجزيئات الكبرية الخازنة للطاقة كما هو الحال في السكاكر والدسم والبروتينات.

ومع ذلك فإن الـ ATP هو الشكل الرئيسي لخزن الطاقة الضرورية للعمليات الحيوية في كل أرجاء الخلية.

النباتات تمتص الطاقة الشمسية وتخزنها في السكاكر خلال عملية التركيب الضوئي لتنتقل السكاكر كغذاء للحيوانات وفي كلتا الخلايا النباتية والحيوانية تتم أكسدة السكاكر في الجسيمات الكوندرية.

وتحرر الطاقة المختزنة في الروابط C – C لتخزن هذه الطاقة بشكل مؤقت في الرابطة عالية الطاقة والسهلة التفكك بين الفوسفات الثالثة والثانية(ATP)

تتميز الروابط الفوسفاتية للـ ATP بصفتين فريدتين:

١. سهولة تحطمها.

٢. الطاقة العالية التي تحررها.

تفاعل الإماهة (الحلمهة) ← كسر (تحطيم) رابطة فوسفاتية واحدة يحرر طاقة تعادل 7.3كيلو كالوري/مول.

هذه الطاقة تستخدم من قبل الخلايا لإنجاز جميع نشاطاتها (فاعلياتها) كتجديد العضيات النقل عبر الغشاء الخلوي ، تركيب البروتين ..... إلخ.

ويتحول على أثر ذلك جزيء ال ATP إلى ADP وفوسفات لا عضوية. والمعادلة توضح:

$$ATP + H_2O \underset{\text{تركيب ال ATP}}{\overset{\text{تفاعل إماهة}}{\rightleftharpoons}} ADP + Pi + 7.3\ Kcal$$

ATP: مصدر الطاقة الرئيسي في جميع الخلايا الحية.

يتكون نتيجة لاستقلاب المواد الغذائية الموجودة في الغلوكوز.

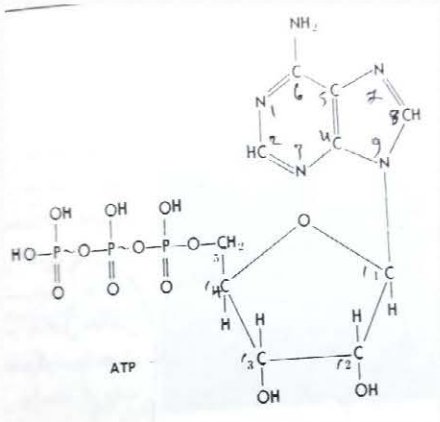
يتألف جزيء ال ATP من:

١. الأدينين (6 أمينو بيورين).

٢. الريبوز (سكر خماسي الكربون).

٣. 3 مجموعات فوسفاتية.

أي أنه نيكليوزيد الأدينوزين المرتبط ب 3مجموعات فوسفات.



إن جزيئات الـ ATP محدودة ، لكن تعوّض باستمرار:

← بإضافة مجموعة فوسفات لا عضوية إلى ADP لتشكل ATP.

← وبتطلب ذلك طاقة تأتي من أكسدة الجزيئات العضوية في الخلية (خاصة الغلوكوز) فهو الجزيء المثالي الذي تحصل منه الخلايا على الطاقة اللازمة لتحويل ال ADP إلى ATP المانح للطاقة الحيوية للخلية(تركيب البروتين ،النمو، التجديد ، النقل الفعّال).

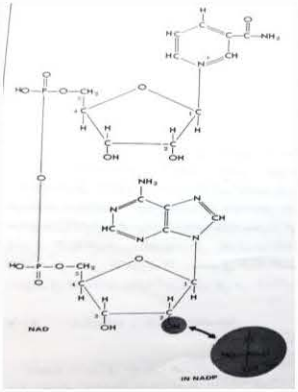
NAD:النيكوتين أميد أدينين ثنائي النكليوتيد

عبارة عن نيكلوتيدين مرتبطين تساهمياً:

١. الأول الأدينوزين أحادي الفوسفات.

٢. الثاني: النيكوتين أميد أحادي الفوسفات.

الأدينوزين أحادي الفوسفات (أدينين مرتبط بالريبوز بالمكان 1′ والفوسفات بالسكر 5′).



النيكوتين أميد:

- أحد مجموعة فيتامين B (لذلك هو عنصر هام جداً في غذاء الإنسان).
- يحتاج الجسم منه حوالي 20 ملغ/يومياً.
- الإنسان يصنعه من الحمض الأميني (التربتوفان) ، كل 60 ملغ تربتوفان ← 1 ملغ من هذا الفيتامين. وهذا غير كاف لذلك يجب ردف حاجة الجسم اليومية. فيتامين B موجود في: لحم + سمك + كبد + كلى. - بيض - حليب، جبن

الأكسدة:

هي نزع الالكترونات من المادة، في الخلايا تتم أغلب عمليات الأكسدة بنزع ذرات هيدروجين (كل منها لها إلكترونها). ويلعب الـ NDA^+ دوراً حرجاً في هذا الصدد. فكل جزيء من NDA^+ يستطيع اكتساب اثنين من الالكترونات. ومع ذلك فإن بروتون واحد يصاحب عملية النقل أما الأخر فإنه ينطلق إلى الوسط المحيط. فالصورة المرجعة لـ NAD تمثل بالرمز NADH، لكنها اكتسبت 2 من الالكترونات. ويمثل ذلك:

$$NDA^+ + 2\,H \rightarrow NADH + H^+$$

قانونا الطاقة:

القانون الأول: (الطاقة في الكون ثابتة، لا تخلق ولا تفنى لكن تتحول من شكل إلى أخر).

هذا القانون يفسر الطرق التي طورتها الخلايا لمعالجة وتحويل الطاقة (الطاقة الضوئية، الطاقة الكيميائية المخزنة داخل الجزيئات العضوية، الطاقة الحركية، الطاقة الحرارية ..... إلخ).

الطاقة الكامنة في عود الثقاب تتحول إلى ضوئية،حرارية،وصوتية.....

القانون الثاني: (تميل انظمة الطاقة على زيادة الأنتروبية (الانتظام) أي زيادة الطاقة غير المستخدمة (المهدورة).

هذا القانون يعالج نوعيّة الطاقة:

- فالطاقة المخزنة ذات نوعية عالية لأنها منظمة في مكان واحد ويمكن أن تُستخدم للقيام بعمل ما.
- أما الطاقة المنتشرة في الجو هي مثال للطاقة ذات النوعية المنخفضة لإنها منتشرة ومبددة وعشوائية بحيث لا يتاح لها بالقدر الكافي للاستخدام.

التفاعلات الاستقلابية والطاقة:

تصنف التفاعلات الاستقلابية في الخلية إلى:

١. تفاعلات محررة (ناشرة) للطاقة Exergonic:

وتتم خلال تفاعلات الهدم، حيث تتفكك الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات صغيرة وأبسط.

يرافق ذلك عادة تحرير طاقة وتملك النواتج النهائية على كميات قليلة من الطاقة.

٢. تفاعلات ماصة (مستهلكة) للطاقة Endergonic:

وتتم خلال تفاعلات البناء، حيث يتم اصطناع جزيئات كبيرة من جزيئات أصغر وأبسط، ويترافق ذلك عادة باستهلاك الطاقة. وتملك النواتج النهائية على طاقة أكبر (بروتينات ، سكاكر ، ليبيدات).

تفاعلات محررة (ناشرة) للطاقة Exergonic	تفاعلات ماصة (مستهلكة) للطاقة Endergonic
تتم خلال تفاعلات الهدم	تتم خلال تفاعلات البناء
تتم بتفكك الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر وأبسط	تتم اصطناع جزيئات كبيرة من جزيئات أصغر وأبسط
تحرر طاقة	تستهلك طاقة
النواتج النهائية فقيرة بالطاقة	النواتج النهائية غنية بالطاقة

مصادر وأنماط الطاقة في الخلايا:

١- مصادر الطاقة طويلة الأجل:

مخزنة في الشحوم وعديدات السكاكر، والشحوم لها قدرة عالية في اختزان الطاقة وهي بذلك تحمل طاقة نافعة أكثر من السكاكر.

البروتينات تمتلك أنتروبية أعلى (طاقة غير مستخدمة) من الشحوم والسكاكر

الـ DNA لا يعد مصدراً للطاقة المختزنة (فهو مصدر للمعلومات الوراثية التي لا تستخدم حتى أثناء الجوع).

٢- مصادر الطاقة قصيرة الأجل:

الشحوم والسكاكر هي المستودعات الحقيقة للطاقة المختزنة لكن الوصول إلى هذه الطاقة صعب ويتطلب العديد من التفاعلات الكيميائية الضرورية لتحريرها.

لذلك توجد في الخلايا مستودعات من الطاقة الكامنة ، تتميز بـ:

١. سهول الوصول إليها. تحتاج إلى قليل أو لا تحتاج أي تفاعلات كيميائية كي تكون جاهزة للاستخدام.

هذه المستودعات تكون على ثلاثة أشكال:

١. الإلكترونات عالية الطاقة في جزيئات خاصة تدعى حوامل الطاقة Energy carriers.
٢. التدرجات الأيونية Ion gradient.
٣. الكمون الكهربائي Electrical potential عل جانبي الأغشية الخلوية.

مستودعات الطاقة الكامنة:

١. الإلكترونات عالية الطاقة في حوامل الطاقة:

سميت بحوامل الطاقة (أو نواقل) لكونها تحمل إلكتروناً أو 2 يتحرران جراء تفكك الروابط التساهمية (C – C).

الروابط السابقة تتشكل بصعوبة خلال التركيب الضوئي، لكنها تحرر كمية كبيرة من الطاقة عندما تتفكك.

الطاقة الحرة في كل رابطة تساهمية (C – C) في الجزيئات العضوية تعادل (80) كيلوكالوري/مول (كيلوحريرة/مول).

الطاقة المتحررة من الروابط التساهمية (80 كيلوحريرة/ مول) تلتقط عن طريق نواقل الالكترونات (تتراوح الطاقة الحرة في النواقل 30 – 50 كيلوحريرة/ مول) تستخدم فيما بعد لتشكيل ال ATP من ال ADP والفوسفات اللاعضوية.

نقل الالكترونات هو جوهر التفاعلات المتعلقة باستخدام الطاقة:

- فالإلكترونات لا تتحرك عشوائياً في الخلايا بل تنتقل دائماً من جزيء معطي إلى جزيء متلقي (مستقبل).
- عندما تتخلى ذرة أو جزيء عن إلكترون أو أكثر فإنها تؤكسد.
- عندما تتلقى ذرة أو جزيء إلكتروناً أو أكثر فإنها ترجع أو تختزل.
- لذلك أهم التفاعلات الاستقلابية في الخلية هي تفاعلات الأكسدة والإرجاع التي تعد المفتاح الأهم لانتقال الطاقة في الخلايا.

الأكسدة: هي عملية فقدان للإلكترونات من قبل الذرات أو الجزيئات أو الأيونات ينتج عنها زيادة في الشحنة الموجبة أو نقصان في الشحنة السالبة.

الإرجاع: هي عملية اكتساب للإلكترونات من قبل الذرات أو الجزيئات أو الأيونات ينتج عنها نقصان في الشحنة الموجبة أو زيادة في الشحنة السالبة.

أسماء معظم نواقل الالكترونات طويلة جداً عادة تختصر بالأحرف الأولى:

تسمى عموماً كشفع (تشمل الأشكال المؤكسدة والإرجاع) أشهرها:

١) NAD^+ / NADH (Nicotinamide adenine dinucleotide) النيكوتين أميد أدنين ثنائي النيكليوتيد.

٢) $NADP^+$ / NADPH النيكوتين أميد أدنين ثنائي النيكليوتيد فوسفات.

٣) FAD^{++} / FADPH (Flavin adenine dinucleotide) فلافين أدنين ثنائي النيكليوتيد.

٤) السيتوكرومات.

٥) الأوكسجين.

مثالان:

- جزيء NAD^+ يتلقى شفع من الإلكترونات وبروتون واحد (ذرة هيدروجين) من الجزيئات الغذائية المفككة ويرجع إلى NADH ينقلها إلى أماكن إنتاج ال ATP في أغشية الميتوكوندريا.
- جزيء $NADP^+$ (حامل مجموعة فوسفات) يرجع إلى NADPH (يعمل بنفس الطريقة) لكن يعمل في مواضع تحويل الطاقة الضوئية أثناء التركيب الضوئي.
- NAD و NADP هما تميما أنزيم يشبه أحدهما الأخر ويشتقان من حمض النيكوتين (مجموعة فيتامين B).

٢.التدرجات الأيونية:

تعد التدرجات الأيونية أكثر وأسهل الأشكال وصولاً إلى الطاقة.

تتشكل من خلال خلق عدم توازن في التركيز الأيوني عبر الغشاء فالخلايا لكي تبقى على قيد الحياة يجب أن تحافظ على عدم التوازن مع محيطها ← معظم عدم التوازن هو على شكل تدرج في التركيز عبر الغشاء الخلوي.

مثال:

- يوجد تدرج للبروتونات H^+ عبر أغشية الجسيمات الكوندرية والصانعات الخضراء وبالتالي تتمكن من تخزين الطاقة الكامنة.
- هذا التدرج يتشكل عن طريق بروتينات عابرة للغشاء تستخدم الطاقة الموجودة في حوامل الإلكترونات لضخ شوارد البروتون عبرالغشاء.
- ففي الخلايا يُسمح للأيونات بالتدفق عبر قنوات غشائية (كالمعقد الأنزيمي ATP synthase) وهو انزيم يركب الـ ATP.

٣.الكمون الكهربائي على جانبي الأغشية الخلوية:

الكمون الكهربائي هو Electrical potential هو اختزان الطاقة الكامنة الناتجة من تدرج الشحنات الكهربائية. ويشير إلى كمية الطاقة الكهربائية المخزنة كطاقة كامنة على جانبي الغشاء.

الغشاء الخلوي الذي لا يمتلك شحنة كهربائية بمثابة عازل. والغشاء العازل يحافظ على ذلك لحين الحاجة إلى طاقة الشحنات الكهربائية.

مصادر الطاقة الجاهزة للاستخدام:

١. النيكلوتيدات ثلاثية الفوسفات.

٢. الجزيئات الكبيرة للطاقة.

النيكلوتيدات ثلاثية الفوسفات:

النيكلوتيدات ثلاثية الفوسفات (ATP ، GTP) جزيئات حاملة للطاقة. الـ ATP هو الأكثر شيوعاً.

النيكليوتيدات ثلاثية الفوسفات تؤمن الطاقة الضرورية للخلية.

١) الأجزاء المهمة في ال ATP:

- هي الرابطتان الأخيرتان P ~ O ~ P.
- حلمهة هاتين الرابطتين ← قدراً كبيراً من الطاقة.

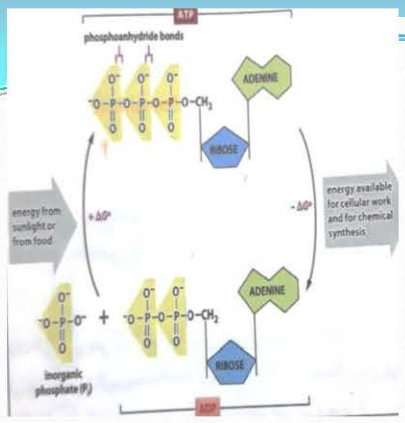
ATP ← ADP + Pi + طاقة Δ.

في ظروف خاصة ADP ← AMP + Pi + طاقة Δ.

الـ ATP (العملة المتداولة للطاقة) ← لذلك يجب أن يتجدد في الخلية باستمرار.

فالـ ADP والـ AMP يشحنان من جديد بالطاقة من مصدر خارجي (مواد غذائية مهضومة أو مخزونة) بإعادة فسفرتها.

وبذلك يمكن لجزيء واحد أن: يفسفر ويفكك وتعاد فسفرته من جديد آلاف حتى ملايين المرات في اليوم الواحد. معقدات الـ ATP synthase تنتج أكثر من 100 جزيء ATP في الثانية، ويحتوي الجسيم الكوندري الواحد من نصف مليون إلى مليون معقد أنزيمي.



الرابطة بين مجموعة الفوسفات الأخيرة في الـ ATP تتحطم بتفاعل حلمهة لتعطي: ADP ومجموعة فوسفات غير عضوية، إضافة لتحرير طاقة الرابطة المتفككة لتستخدم في العمليات الحيوية داخل الخلية.

الجزيئات الكبيرة (الكبرية) كمصدر للطاقة:

الخلية تحتاج لمصدر مستمر من الطاقة لإجراء النشاطات والعمليات والتفاعلات الحيوية.

- تبقي جزءاً ضئيلاً من الطاقة في متناولها بشكل ATP.
- تخزن الطاقة في رابطة (C – C) في الجزيئات الكبرية المكونة للغذاء.

يوجد توازن بين الطاقة المتحررة من الـ ATP (الناتجة أصلاً من تحطيم الجزيئات الكبرية بعملية الفسفرة التأكسدية) وبين العمليات والتفاعلات الحيوية المحتاجة للطاقة والتي تتم في أنحاء وعضيّات الخلية.

تختلف كمية الطاقة المتحررة من الجزيئات الكبرية:

← 1 غ من السكاكر 4 كيلوكالوري (حريرة).
← 1 غ من البروتينات 4 كيلوكالوري (حريرة).
← 1 غ من الدسم 9 كيلوكالوري (حريرة).

نهاية المحاضرة الرابعة