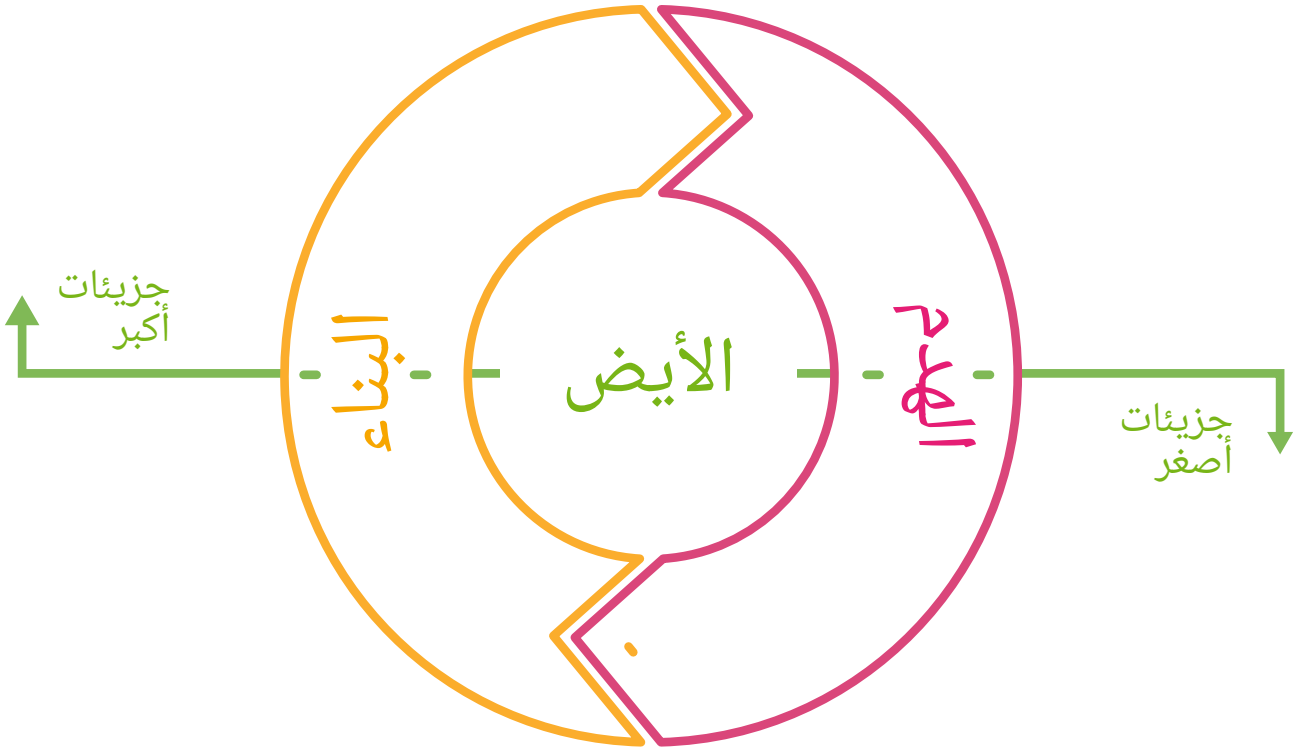
التمثيل الغذائي (الأيض)



أهداف الدرس

ستتمكَّن من:

- تَذَكُّر أن التمثيل الغذائي (الأيض) هو العملية التي يستخدم الجسم من خلالها الغذاء المُمتصَّ
- تعريف مصطلحَي «البناء» و «الهدم»
- معرفة أن تفاعلات البناء تبني مركَّبات كبيرة من مركَّبات متعددة أصغر، وأن تفاعلات الهدم تكسِّر المركَّبات الكبيرة إلى مركبات أصغر

حالات التمثيل الغذائي (الأيض) بالجسم

يُشير مصطلح التمثيل الغذائي (الأيض) إلى جميع التفاعلات الكيميائية التي تحدث في خلية أو جسم. تحدث التفاعلات الأيضية في جميع الخلايا طوال الوقت!

وهناك نوعان من التفاعلات الأيضية: البناء والهدم.

- في تفاعلات البناء، تُبنى جزيئات كبيرة من جزيئات أصغر. وتتطلَّب هذه العمليات طاقة في صورة جزيء يُسمَّى الأدينوسين الثلاثي الفوسفات (ATP).
- في تفاعلات الهدم، فهي تكسِّر الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر. وتُطلِق هذه العمليات ATP.

مصطلحات رئيسية: التمثيل الغذائي (الأيض) والبناء والهدم

التمثيل الغذائي (الأيض)

يَصِف التمثيل الغذائي (الأيض) جميع التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل أجسام الكائنات الحية للبقاء على قيد الحياة.

البناء

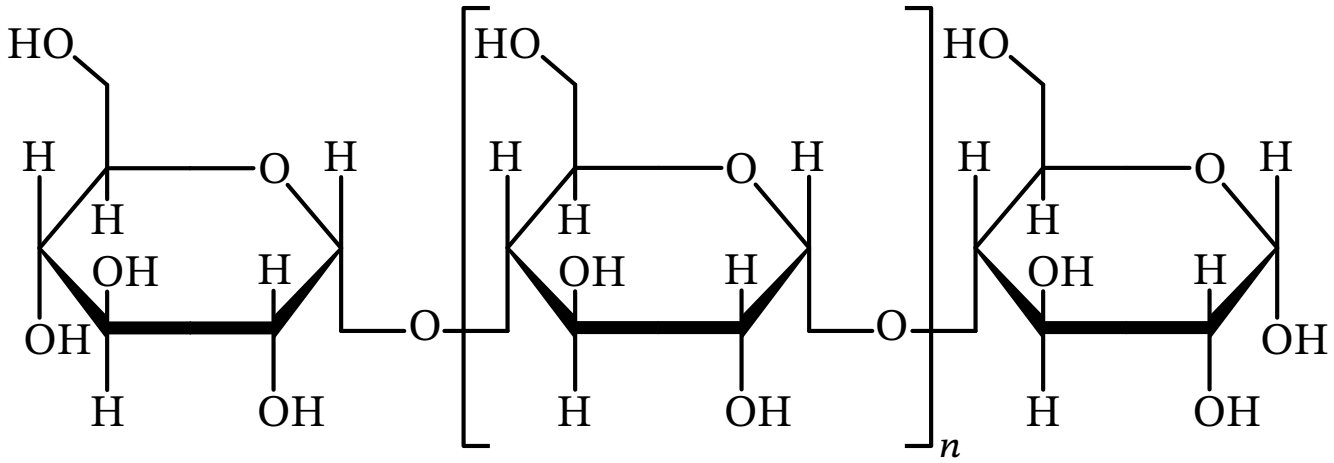
البناء هو عملية تكوين جزيئات من وحدات أصغر خلال التفاعلات الأيضية. ويتطلب البناء وجود الأدينوسين الثلاثي الفوسفات (ATP).

الهدم

الهدم هو عملية تكسير الجزيئات إلى وحدات أصغر خلال التفاعلات الأيضية. ويُطلِق الهدم الأدينوسين الثلاثي الفوسفات (ATP).

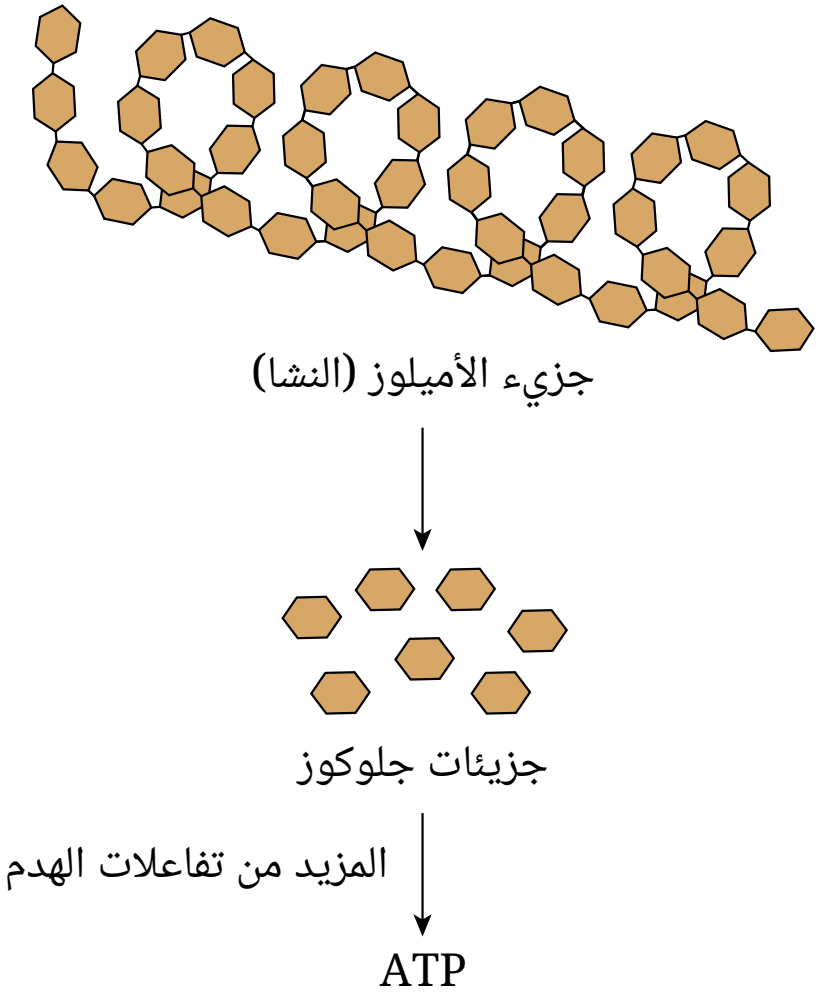
النِّشا بوصفه بوليمرًا حيويًّا كبيرًا

تحتوي المواد الغذائية، مثل الخبز والمكرونة والبطاطس، على الكثير من الجزيئات الحيوية الكبيرة المُسماة بالكربوهيدرات. والنشا أحد الكربوهيدرات التي عادةً ما تكون موجودة في البطاطس.



في الشكل الموضح يمكنك رؤية 3 مونومرات من الجلوكوز تتحد معًا لتكوين مقطع من جزيء النشا (أميلوز). في الواقع، يوجد المئات (أو حتى الآلاف) من مونومرات الجلوكوز في جزيء النشا الواحد. ولفهم هذا المخطَّط بشكل أوضح بصريًّا، أُشيرَ إلى المونومر المركزي الواقع بين القوسين بـ n؛ ليمثِّل عدد مونمرات الجلوكوز التي تقع بين المونومرين الخارجيين.

الهدم في النشا



لا يمكن لأجسامنا الاستفادة من النشا عندما يكون في هذه الصورة. ولكي يكون مفيدًا حقًّا لخلايانا، يجب تكسير النشا إلى وحداته الفرعية أو المونومرات. هذه المونومرات عبارة عن تكرارات متعدِّدة من السكر البسيط؛ الجلوكوز.

يمكن أن يتعرَّض جزيء الجلوكوز الذي يُنتَج بهذه الطريقة إلى مزيد من تفاعلات الهدم. أثناء عملية التنفس الخلوي، يتكسَّر الجلوكوز ليُطلِق طاقة في صورة جزيئات ATP. يحدث هذا في ظل وجود الأكسجين (التنفس الهوائي) في الميتوكوندريا، أو في السيتوبلازم في حالة عدم وجود الأكسجين (التنفس اللاهوائي).

وكما نلاحظ من خلال هذه الأمثلة، تفاعلات الهدم هي تلك التفاعلات التي تكسِّر الجزيئات إلى وحدات أصغر.

تفاعل: التنفس الخلوي الهوائي

جلوكوز + أكسجين ⟵ ثاني أكسيد الكربون + ماء + (+طاقة)

مثال ١: تصنيف التفاعلات الأيضية إلى تفاعلات بناء أو هدم

تراكم الأحماض الأمينية قد يكون سامًّا لجسم الإنسان. لتجنُّب ذلك، تُزال مجموعة الأمين من الأحماض الأمينية، التي تُحوَّل بعد ذلك إلى جزيء غير سام نسبيًّا ويتم إخراجها مع الفضلات. هل تُعَد إزالة مجموعة الأمين باعتبارها تفاعلًا أيضيًّا مثالًا على تفاعل بِناء أم تفاعل هدم؟

الحل

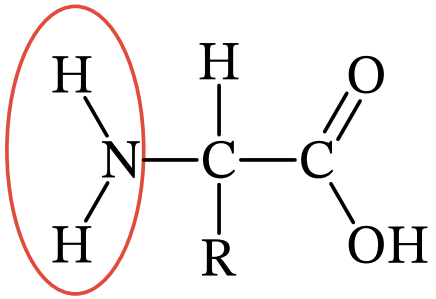
لمساعدتنا في الإجابة عن هذا السؤال، علينا أولًا أن نفهم بعض المصطلحات الرئيسية. يَصِف التمثيل الغذائي (الأيض)، أو التفاعلات الأيضية، جميع التفاعلات الكيميائية التي تحدث في جسم أو خلية الكائن الحي. وعملية الأيض هذه هي المسئولة عن بقائنا على قيد الحياة ومنح جسدنا القدرة على أداء وظائفه.

يمكن أن نقسِّم التفاعلات الأيضية إلى فئتين: تفاعلات بناء، وتفاعلات هدم. تفاعلات البناء هي التي تَبني جزيئات كبيرة من جزيئات أصغر. ومن جهة أخرى، تفاعلات الهدم هي التفاعلات التي تتكسَّر فيها الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر.

مثال ١ (متابعة)

نُلقي نظرة الآن على المثال المُعطى في السؤال.

يوضِّح المخطط الآتي تركيب الحمض الأميني البسيط، ومجموعة الأمين محاطة بدائرة.



يَصِف السؤال عملية نزع الأمين، وهي إزالة مجموعة الأمين هذه. ولأننا نأخذ جزيئًا ونُزيل أحد مكوِّناته، يمكننا اعتبار أن هذا التفاعل ينتمي إلى فئة التمثيل الغذائي (الأيض) التي تُعنى بتكسير الجزيئات.

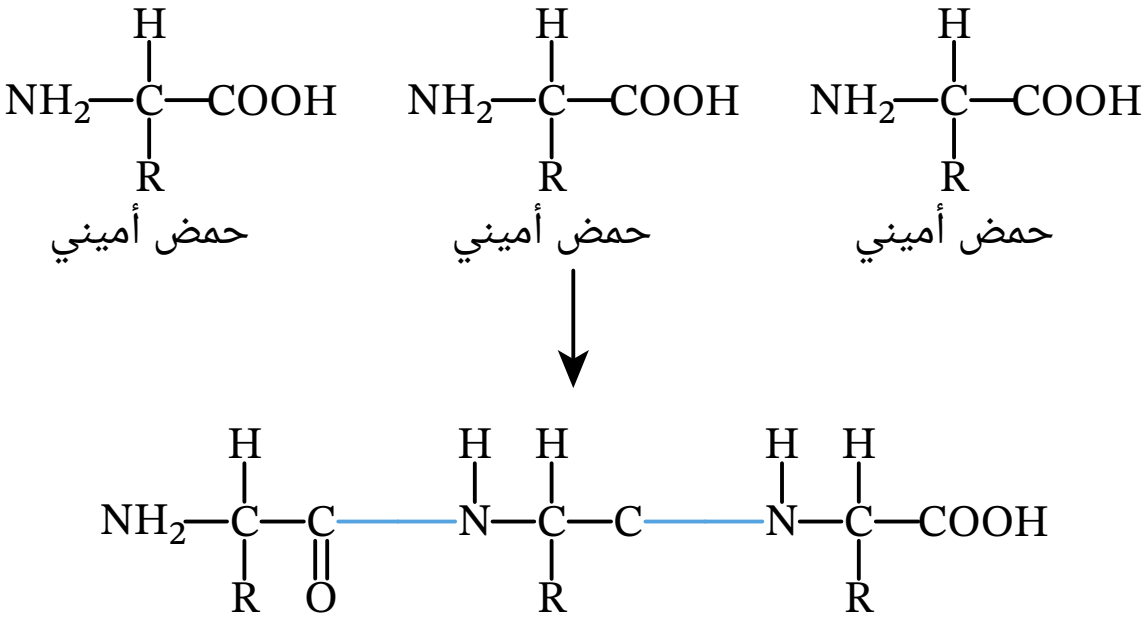
لذلك، فإن الإجابة الصحيحة هي الهدم.

تخليق عديد الببتيد باعتباره مثالًا لتفاعلات البناء

البروتينات عبارة عن جزيئات حيوية كبيرة تتكوَّن من عدة سلاسل، وتتكوَّن هذه السلاسل من العديد من الوحدات الأصغر التي تُسمَّى الأحماض الأمينية. في الخلايا، يمكن «بناء» بعض البروتينات التي نحتاج إليها من خلال ربط الأحماض الأمينية معًا.

ويوضِّح المخطط ملخصًا بسيطًا لكيفية تكوين الروابط بين أحماض أمينية منفصلة لتكوين سلسلة عديد الببتيد. وهذا مثال على تفاعل بناء؛ حيث يتكوَّن جزيء أكبر من عدة وحدات أصغر.

تتكون رابطة بين مجموعة COOH– على حمض أميني ومجموعة NH_2– على حمض أميني آخر.

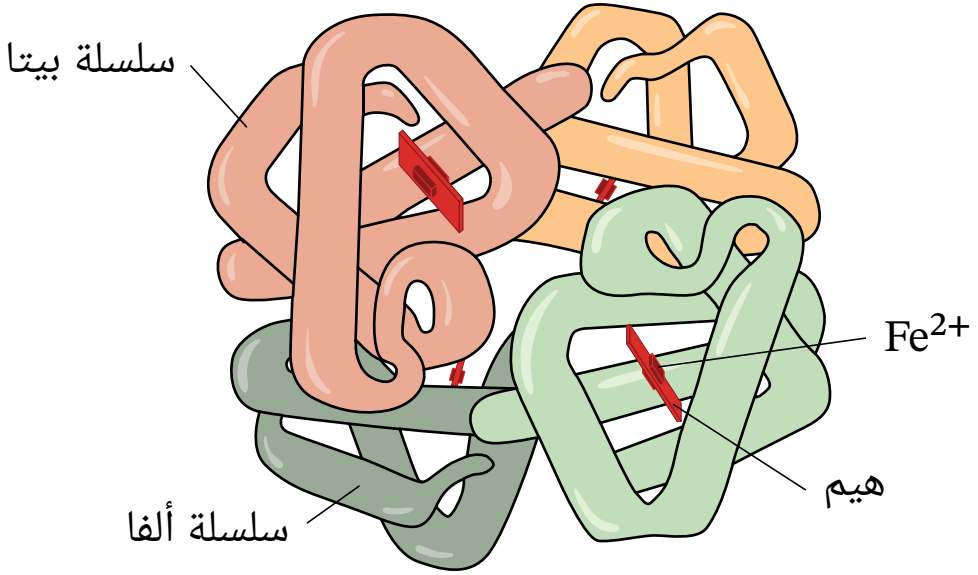


سلسلة عديد الببتيد

مثال لبروتين يتكون من عدة سلاسل عديد الببتيد

يمكن أن تتفاعل سلاسل عديد الببتيد وتكوِّن روابط، وتُنتِج بروتينًا وظيفيًّا. ومن أمثلة البروتينات التي تتكوَّن من الكثير من سلاسل عديدات الببتيد المرتبطة معًا، الهيموجلوبين.

ويُعد الهيموجلوبين مثالًا للبروتين الذي يتكون من عدة سلاسل لعديد الببتيد. تظهر هذه السلاسل بأربعة ألوان مختلفة موضحة في رسم مبسط لجزيء الهيموجلوبين.



مثال ٢: تصنيف التفاعلات الأيضية باعتبارها تفاعلات بناء أو هدم

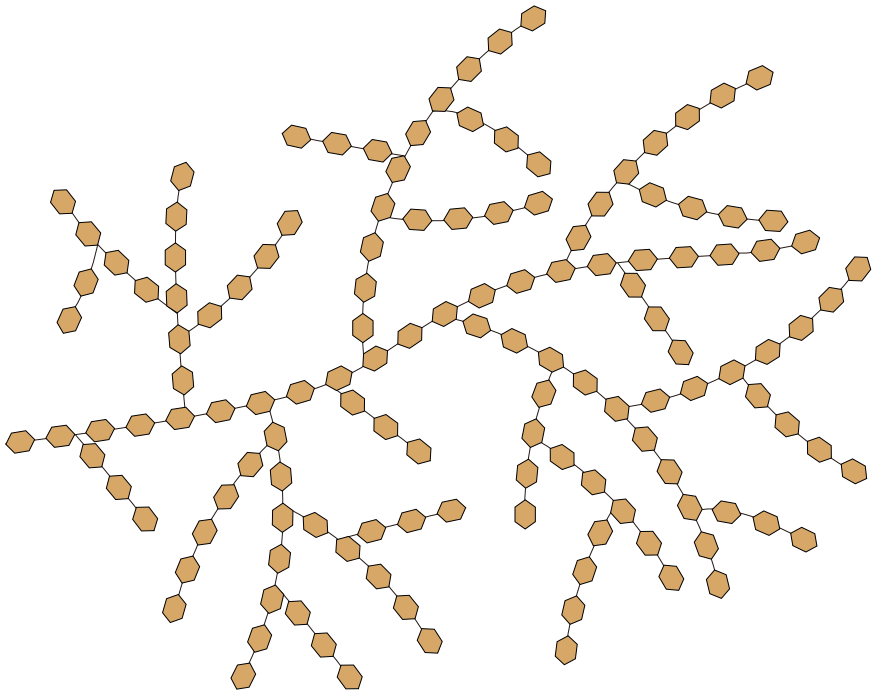
عندما يكون مستوى الجلوكوز في الدم عاليًا جدًّا، يُحوَّل الجلوكوز إلى جليكوجين. الجليكوجين عبارة عن جزيء تخزين كبير مُكوَّن من عدة تكرارات من جزيء الجلوكوز. ما نوع التفاعل الأيضي (البناء أم الهدم) الذي يُعَد هذا مثالًا عليه؟

الحل

يُشير مصطلح «الأيض» إلى جميع التفاعلات الكيميائية التي تحدث في خلايا الجسم. يمكننا تصنيف التفاعلات الأيضية المختلفة إلى تفاعلات بناء وتفاعلات هدم. تفاعلات البناء «تَبني» جزيئات كبيرة من جزيئات أصغر، في حين أن تفاعلات الهدم تكسِّر الجزيئات الكبيرة إلى مكوِّنات أصغر.

في هذا المثال، نعلم أن الجلوكوز يتحوَّل إلى جليكوجين عندما تكون مستويات الجلوكوز في الدم مرتفعة.

مثال ٢ (متابعة)



كما نعلم أيضًا أن الجليكوجين عبارة عن جزيء تخزين كبير مكوَّن من عدة تكرارات من جزيء الجلوكوز. أمامنا مخطط بسيط يوضِّح تركيب الجليكوجين.

يمثِّل كل شكل من الأشكال السداسية الصفراء جزيء جلوكوز واحدًا.

ومن خلال هذه المُعطيات يمكننا افتراض أن التفاعل الذي يتم لتحويل وحدات متعدِّدة من الجلوكوز إلى جزيء جليكوجين هو تفاعل «يَبني» جزيئًا كبيرًا من العديد من الجزيئات الأصغر المتكررة. وبالنظر مرةً أخرى إلى نوعي التفاعلات الأيضية المختلفة، نجد أنه علينا تحديد المصطلح الذي يَصِف هذا النوع من التفاعل.

ومن ثَمَّ، فإن الإجابة الصحيحة هي: البناء.

عملية تكون الجلوكوز كمثال على تفاعلات البناء

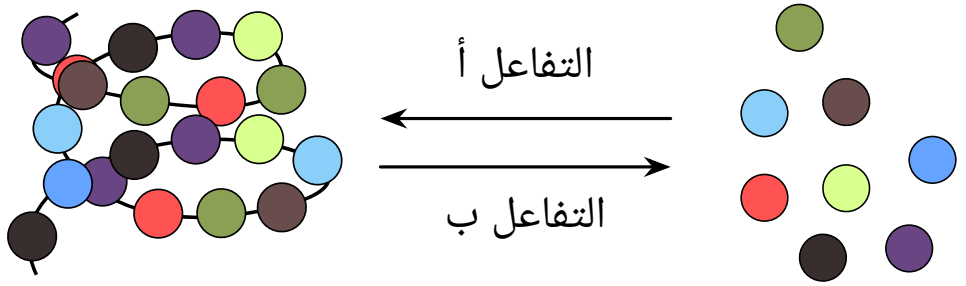
مثال آخر لتفاعل بناء يحدث في جسم الإنسان هو عملية تُسمَّى تكوُّن الجلوكوز (gluconeogenesis)، وهي عملية تحدث في الغالب في خلايا الكبد.

وفي الكلمة الإنجليزية تُشير البادئة *gluco* إلى الجلوكوز؛ حيث تحدث هذه العملية باعتبارها جزءًا من استجابة الجسم لانخفاض مستويات الجلوكوز في الدم إلى أقل من المعدل الصحي الطبيعي. أما الجزء *Neo* فأصله الكلمة اليونانية التي تحمل معنى «جديد»، و*genesis* بمعنى «تكوين» أو «إنتاج».

وهذا لأن عملية تكوُّن الجلوكوز هي الطريقة التي تُنتِج بها خلايا الكبد جلوكوزًا جديدًا من البروتينات والدهون التي قامت خلايا الجسم الأخرى بتكسيرها. ويمكن أن تخضع نواتج أيض هذا التكسير، على سبيل المثال الأحماض الأمينية أو الجليسرول، لمزيد من التفاعلات مع مدخل من مدخلات الطاقة لتكوين الجلوكوز. ثم ينطلق هذا الجلوكوز في مجرى الدم لرفع نسبة تركيز الجلوكوز في الدم مرةً أخرى إلى المعدل الطبيعي.

مثال ٣: التمييز بين تفاعلات البناء وتفاعلات الهدم المتعلقة بالبروتينات والأحماض الأمينية

يوضِّح الشكل الآتي تحويل الأحماض الأمينية إلى سلسلة عديد الببتيد، وتكسير سلسلة عديد الببتيد إلى أحماض أمينية.



١. أيُّ التفاعلين (أ أو ب) يمثِّل تفاعلَ بناء؟
٢. أيُّ التفاعلين (أ أو ب) يمثِّل تفاعلَ هدم؟

مثال ٣ (متابعة)

الحل

تفاعلات البناء تفاعلات أيضية تعمل على تخليق جزيئات كبيرة من جزيئات أصغر. وهذا يتضمَّن تكوين روابط بين الجزيئات أو الذرات لتكوين جزيئات أو مركبات أكبر. ومن ناحية أخرى، نجد أن تفاعلات الهدم هي أيضًا عبارة عن تفاعلات أيضية تكسِّر الجزيئات الكبيرة إلى مركبات أصغر عن طريق تكسير الروابط بين الذرات أو الجزيئات.

الجزء ١

بالنظر مرةً أخرى إلى المخطط، نلاحظ أن التفاعل أ يُشير إلى أن العديد من الدوائر—التي تمثِّل في هذه الحالة الأحماض الأمينية المنفردة—يرتبط بعضها ببعض لتكوين سلسلة واحدة، وهذه السلسلة تمثِّل سلسلة عديد الببتيد. وهذا مثال على تخليق جزيء أكبر من العديد من الجزيئات الأصغر؛ ولذلك فهو تفاعل بناء.

وبناءً عليه، يمثِّل التفاعل أ تفاعل بناء.

مثال ٣ (متابعة)

الجزء ٢

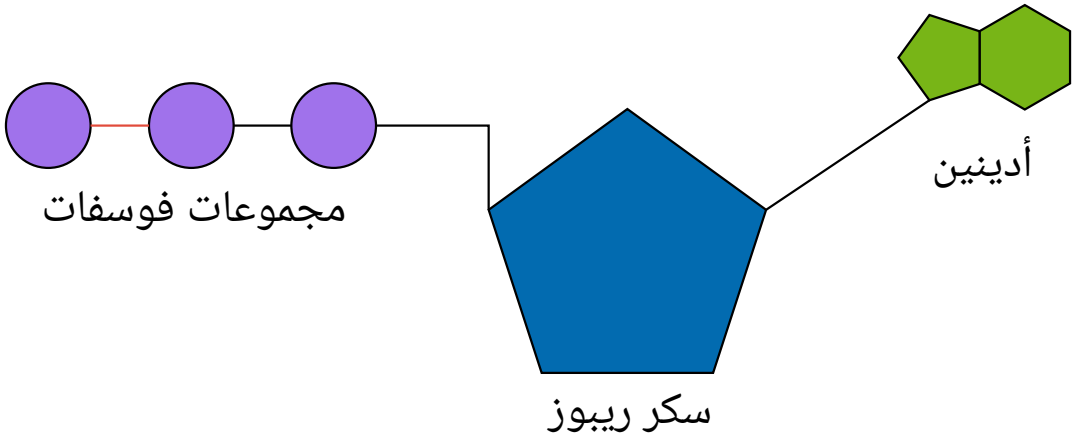
يُشير التفاعل ب إلى تكسير سلسلة عديد الببتيد إلى الأجزاء المكوِّنة لها، وهي في هذه الحالة العديد من الأحماض الأمينية المنفردة. وهذا مثال على تفاعل هدم.

لذلك، فإن التفاعل ب يمثِّل تفاعل هدم.

البناء والهدم: علاقتهما بالطاقة

بوجهٍ عام، عند تكسير جزيء، وهو ما نعرف أنه مثال لتفاعل هدم، تنطلق الطاقة. وعندما تنطلق هذه الطاقة في خلايا الجسم، تُخزَّن على صورة ATP.

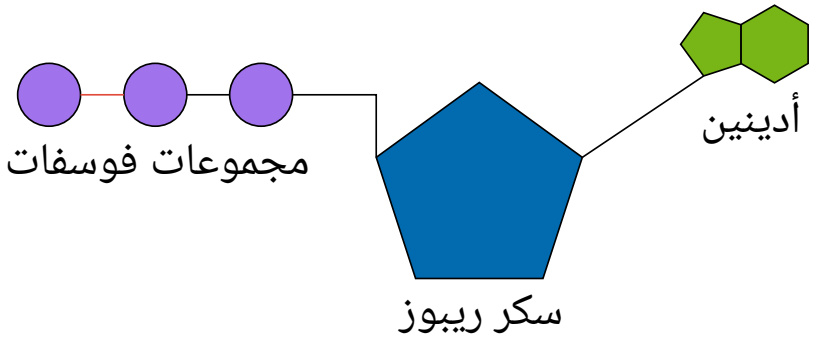
وجزيء ATP صغير نسبيًّا، ويختلف عن جزيئات تخزين الطاقة الأخرى، مثل الدهون أو الكربوهيدرات؛ حيث يتكسَّر ليُطلِق الطاقة بمجرد تخزينها تقريبًا.



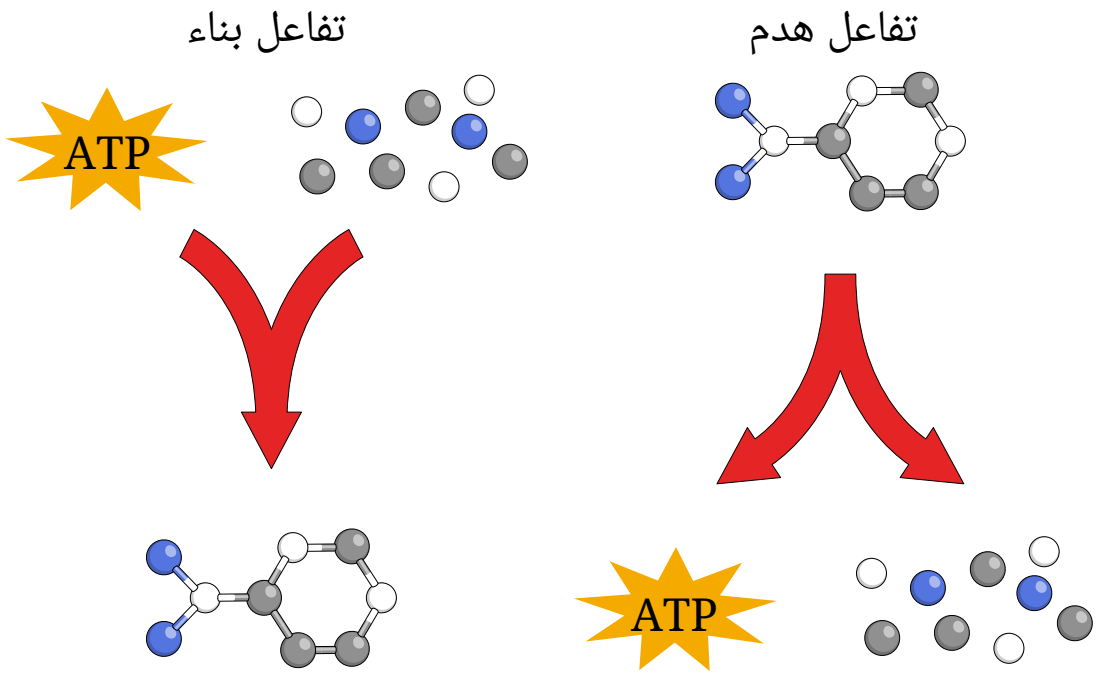
مصطلح رئيسي: الأدينوسين الثلاثي الفوسفات (ATP)

الأدينوسين الثلاثي الفوسفات، أو ATP هو الجزيء الذي يخزِّن الطاقة الكيميائية في الكائنات الحية.

البناء والهدم: علاقتهما بالطاقة (متابعة)



يُطلِق تكسير الرابطة — الموضَّحة باللون الأحمر في الجزيء المرسوم أمامنا — الموجودة بين المجموعتين الفوسفات الطرفيتين في جزيء ATP، الطاقة المخزَّنة في تلك الرابطة. يتكسَّر ATP بسرعة وسهولة، ويتجدَّد عن طريق الخلايا. وهذا يعني أن الخلايا تحتوي على مصدر طاقة ثابت تستخدمه عند الحاجة.



عندما «تُبنى» الجزيئات—على سبيل المثال، في تفاعلات البناء—عادةً ما يتطلَّب ذلك طاقة. يمكن للخلايا الآن أن تستخدم جزيئات ATP الناتجة عن تفاعلات الهدم، وتستفيد من هذه الطاقة المخزَّنة في الرابطة بين مجموعتَي الفوسفات لتكوين جزيئات أكبر.

مثال ٤: التمييز بين تفاعلات البناء والهدم من حيث متطلبات الطاقة

يقرأ أحد الطلاب عن عملية الأيض في البشر. استنتج الطالب أن خلايا البشر تحتاج إلى كميات من الطاقة لتكسير الجزيئات المُعقدة إلى جزيئات أصغر، أكبر من كميات الطاقة التي تحتاج إليها لتخليق جزيئات مُعقَّدة من جزيئات صغيرة.

هل هو على صواب؟

أ. لا؛ لأن تخليق الجزيئات المُعقَّدة يحتاج إلى كمية أكبر نسبيًّا من الطاقة.

ب. نعم؛ لأن تكسير الجزيئات المُعقَّدة يحتاج إلى مدخلات أكبر نسبيًّا من الطاقة.

الحل

تفاعلات البناء والهدم هما نوعان من التفاعلات الأيضية التي تحدث في الكائنات الحية. تفاعلات البناء هي تفاعلات تخليق الجزيئات الكبيرة من جزيئات أصغر، مثل بناء سلسلة عديد الببتيد من خلال الربط بين العديد من الأحماض الأمينية.

مثال ٤ (متابعة)

يمكنك تذكُّر ذلك من خلال إدراك أن «تفاعلات البناء» تُشير إلى «الربط»؛ حيث «نربط» جزيئات صغيرة معًا لتكوين جزيئات أكبر! أما تفاعلات الهدم فهي تفاعلات تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر.

هناك اختلاف في متطلبات الطاقة بين تفاعلات البناء وتفاعلات الهدم. عند تخليق جزيئات كبيرة، فهذا يتطلَّب في كثير من الأحيان طاقة. يمكن استخدام هذه الطاقة لتكوين روابط بين الجزيئات المنفردة. لكن عند تكسير الجزيئات، تنطلق الطاقة. ويرجع ذلك إلى أن الطاقة تكون مخزَّنة في الروابط بين الذرات أو الجزيئات.

وبالرجوع إلى الاستنتاج الذي توصَّل إليه الطالب، يمكننا ملاحظة أنه غير صحيح. يؤدي تكسير الجزيئات المعقدة بوجهٍ عام إلى إطلاق كمية أكبر من الطاقة مقارنةً بما يتطلَّبه تخليق الجزيئات الجديدة.

إذن الإجابة الصحيحة هي الخيار أ. الطالب ليس على صواب؛ لأن تخليق الجزيئات المعقَّدة يحتاج إلى كمية أكبر نسبيًّا من الطاقة.

النقاط الرئيسية

- يَصِف التمثيل الغذائي (الأيض) جميع التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل أي خلية أو جسم.
- تمثِّل عمليتا البناء والهدم نوعي التمثيل الغذائي (الأيض).
- تَستخدم تفاعلات البناء الطاقة لتخليق جزيئات كبيرة من عدة جزيئات أصغر.
- تكسِّر تفاعلات الهدم الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر، وهو ما يؤدي إلى إطلاق الطاقة خلال هذه العملية.