



العلوم الحياتية

الصف الثاني عشر - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول

12

فريق التأليف

موسى عطا الله الطراونة (رئيساً)

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسر المركز الوطني لتطوير المناهج استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العنوانين الآتية:



06-5376262 / 237



06-5376266



P.O.Box: 2088 Amman 11941



@nccdjor



feedback@nccd.gov.jo



www.nccd.gov.jo

قررت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار المجلس الأعلى للمركز الوطني لتطوير المناهج في جلسته رقم (٢)، تاريخ . م، بدءاً من العام الدراسي تاريخ . م، وقرار مجلس التربية والتعليم رقم (٢)، تاريخ . م.



© Harper Collins Publishers Limited 2021.

- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan
- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

ISBN:

المملكة الأردنية الهاشمية

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية

() ()

الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج

العلوم الحياتية، الصف الثاني عشر، الفرع العلمي: كتاب الطالب، الفصل الأول/ المركز الوطني لتطوير

المناهج. - عمان: المركز، 2021

() ص.

ر.إ

الواصفات: / العلوم الحياتية/ / المناهج/ / التعليم الثانوي/

يتحمل المؤلف كامل المسئولية القانونية عن محتوى مُصنفه، ولا يُعبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, sorted in retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher or a license permitting restricted copying in the United Kingdom issued by the Copyright Licensing Agency Ltd, Barnard's Inn, 86 Fetter Lane, London, EC4A 1EN.

British Library Cataloguing -in- Publication Data

A catalogue record for this publication is available from the Library.

قائمة المحتويات



5 المقدمة

الوحدة الأولى: كيمياء الحياة

7 Chemistry of Life

الدرس 1: الدرس الأول: المركبات العضوية.

10 Organic Compounds

الدرس 2: الإنزيمات وجزيء حفظ الطاقة ATP

30 Enzymes and Energy Storing Molecule ATP

الدرس 3: التفاعلات الكيميائية في الخلية

39 Chemical Reactions in Cell

57 الإثراء والتوسيع: البكتيريا والطاقة

58 مراجعة الوحدة



المقدمة



انطلاقاً من إيمان المملكة الأردنية الهاشمية الراسخ بأهمية تنمية قدرات الإنسان الأردني، وتسلیحه بالعلم والمعرفة؛ سعى المركز الوطني لتطوير المناهج، بالتعاون مع وزارة التربية والتعليم، إلى تحديث المناهج الدراسية وتطويرها، لتكون معييناً للطلبة على الارتقاء بمستواهم المعرفي، ومجاراة أقرانهم في الدول المتقدمة.

يُعدُّ هذا الكتاب واحداً من سلسلة كتب المباحث العلمية التي تُعنى بتنمية المفاهيم العلمية، ومهارات التفكير وحل المشكلات، ودمج المفاهيم الحياتية والمفاهيم العابرة للمواد الدراسية، والإفادة من الخبرات الوطنية في عمليات الإعداد والتأليف وفق أفضل الطرائق المُتبعة عالمياً؛ لضمان انسجامها مع القيم الوطنية الراسخة، وتلبيتها لاحتاجات أبنائنا الطلبة والمعلمين.

جاء هذا الكتاب مُحققًا لمضامين الإطار العام والإطار الخاص للعلوم، ومعايرها، ومؤشرات أدائها المُتمثلة في إعداد جيل محيط بمهارات القرن الواحد والعشرين، وقدر على مواجهة التحديات، ومُعترٍ -في الوقت نفسه- بانتماهه الوطني. وتأسيساً على ذلك، فقد اعتمدت دوره التعلم الخامسية المبنيةة من النظرية البنائية التي تمنح الطالب الدور الأكبر في العملية التعليمية، وتتوفر له فرصاً عديدةً للاستقصاء، وحل المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا وعمليات العلم، فضلاً عن اعتماد منحى STEAM في التعليم الذي يستعمل لدمج العلوم والتكنولوجيا والهندسة والفن والعلوم الإنسانية والرياضيات في أنشطة الكتاب المتنوعة، وفي قضايا البحث.

يتَّأَلَّفُ الكتاب من ثلاثة وحدات، يَتَسَمُّ محتواها بالتنوع في أساليب العرض، هي: كيمياء الحياة، وعمليات حيوية في النبات، والأنظمة البيئية. يضم الكتاب أيضًا العديد من الرسوم، والصور، والأشكال التوضيحية، والأنشطة، والتجارب العملية التي تُنمّي مهارات العمل المخبري، وتساعد الطلبة على اكتساب مهارات العلم، مثل: الملاحظة العلمية، والاستقصاء، ووضع الفرضيات، وتحليل البيانات، والاستنتاج القائم على التجربة العلمية المضبوطة، وصولاً إلى المعرفة التي تُعين الطلبة على فهم ظواهر الحياة من حولنا.

روعي في تأليف الكتاب التركيز على مهارات التواصل مع الآخرين، ولا سيما احترام الرأي والرأي الآخر، وتحفيز الطلبة على البحث في مصادر المعرفة المختلفة؛ فلغة الكتاب تشجّع الطالب أنْ يتفاعل مع المادة العلمية، وتحثّه على بذل مزيد من البحث والاستقصاء. وقد تضمن الكتاب أسئلة متنوعة تراعي الفروق الفردية، وتُنمّي لدى الطلبة مهارات التفكير وحل المشكلات.

أُلْحَقَ بالكتاب كتابٌ للأنشطة والتجارب العملية، يحتوي على جميع التجارب والأنشطة الواردة في كتاب الطالب؛ لتساعده على تنفيذها بسهولة، إضافةً إلى أنشطة إثرائية، وأسئلة مثيرة للتفكير.

ونحن إذ نُقدِّمُ الطبعة الأولى (التجريبية) من هذا الكتاب، فإننا نأمل أنْ يُسْهِم في تحقيق الأهداف والغايات النهائية المنشودة لبناء شخصية الطالب، وتنمية اتجاهات حُبِّ التعلم ومهارات التعلم المستمر لديه، فضلاً عن تحسين الكتاب؛ بإضافة الجديد إلى المحتوى، وإثراء أنشطته المتنوعة، والأخذ بلاحظات المعلِّمين.

والله ولِي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج



الوحدة

1

قال تعالى:

﴿فَلَيَنْظُرِ إِلَى نَسْنُ مِمَّ خُقَّ﴾ (سورة الطارق، الآية ٥).

أتأمل الصورة

تتكون أجسام الكائنات الحية جميعها من مركبات تُسهم إسهاماً فاعلاً في العمليات الحيوية اللازمة لاستمرار الحياة، أتأمل الصورة التي تُبيّن إنزيم تصنيع جزيء حفظ الطاقة (ATP) في الغشاء الداخلي للميتوكندريا، فمم تكون الأجزاء الظاهرة في الصورة؟ وما أهميتها في حياة الكائنات الحية؟

الفكرة العامة:

تدخل المركبات العضوية في تركيب أجسام الكائنات الحية، ويعُد وجودها ضروريًا للتفاعلات الكيميائية التي تحدث في خلايا الكائنات الحية، ويتجزء من هذه التفاعلات تغييرات في المادة والطاقة.

الدرس الأول: المركبات العضوية.

الفكرة الرئيسية: تحتوي أجسام الكائنات الحية على أربعة أنواع رئيسية من المركبات العضوية، هي: الكربوهيدرات، والبروتينات، والليبيدات، والحموض النووية. ولكل من هذه الأنواع دور حيوي في أجسامنا.

الدرس الثاني: الإنزيمات وجزيئات حفظ الطاقة.

الفكرة الرئيسية: للإنزيمات دور مهم في تحفيز التفاعلات الكيميائية وتسريعها، ولجزيئات حفظ الطاقة ATP أيضًا دور في بعض التفاعلات التي تحفزها الإنزيمات.

الدرس الثالث: التفاعلات الكيميائية في الخلية.

الفكرة الرئيسية: تحدث داخل جسم الكائن الحي تفاعلات كيميائية عديدة، منها ما يخزن الطاقة في الروابط الكيميائية داخل المركبات العضوية، ومنها ما يحرر الطاقة المخزنة الازمة لأداء الأنشطة الحيوية.

تجربة استهلاك الله



الكشف عن وجود الكربون في المركبات العضوية

الكربون عنصر مهم يدخل في تركيب المركبات العضوية جميعها، ويُمكّن الكشف عنه في المادة العضوية عن طريق تسخينها مع أكسيد النحاس؛ إذ يتآكسد الكربون (إن وجد)، ويترجع غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 الذي يتفاعل مع ماء الجير (محلول هيدروكسيد الكالسيوم) ، مُسبيًا تعكره وتکدره.

المواد والأدوات:

كأسان زجاجيان، سعة كلٌّ منها mL (5) ، وفي كلٍّ منها (4) من ماء الجير الرائق؛ سُكَّر مائدة؛ ملح طعام؛ أكسيد نحاس؛ أنبوباً اختبار، سعة كلٌّ منها mL (10) ؛ حاملاً أنابيب اختبار زجاجيان؛ سداداتاً أنابيب اختبار مطاطيان مثقوبان من المنتصف؛ أنبوباً وصل زجاجيان رفيعان على شكل حرف L ، مصدر حرارة (موقد بنسن).

إرشادات السلامة: استعمال مصدر الحرارة والأنابيب الساخنة بحذر.

ملحوظة: يُحضر ماء الجير الرائق بإذابة هيدروكسيد الكالسيوم في ماء مُقطر حتى الإشباع، ثم تصفيفه.

خطوات العمل:

1 أقيس: أزن g (2) من سُكَّر المائدة و g (6) من أكسيد النحاس، ثم أضع المادتين اللتين وزنتهما في أنبوب الاختبار الأول.

2 أصمم نموذجاً: أدخل أحد طرفي أنبوب الوصل الزجاجي في ثقب السّدادة، ثم أثبتّها على فتحة أنبوب الاختبار، ثم أعلّق أنبوب الاختبار بالحامل، ثم أضعه على المِنصَب فوق مصدر الحرارة.

3 أجري: أغمس الطرف الثاني من أنبوب الوصل في ماء الجير الرائق الموجود في الكأس الزجاجية الأولى.

4 ألاحظ: أوقد لهب بنسن تحت أنبوب الاختبار الأول مدة min (5) ، ملاحظاً ما يحدث لماء الجير في الكأس الزجاجية.

5 أقيس: أزن g (2) من ملح الطعام و g (6) من أكسيد النحاس، ثم أضع المادتين اللتين وزنتهما في أنبوب الاختبار الثاني.

6 أكّرر الخطوات من الرقم (2) إلى الرقم (5).

7 أقارن ما يحدث لماء الجير في الكأسين الزجاجيين في أثناء التفاعل، ثم أدوّن النتائج التي توصلت إليها.

التحليل والاستنتاج:

1. أفسّر النتائج التي توصلت إليها.

2. أتوقع سبب استخدام ملح الطعام في الأنابيب الثانية.

3. اتوصل: أناقش زميلائي / زميلاتي في النتائج التي توصلت إليها.

المُركَّبات العضوَية

Organic Compounds

1

الدرس



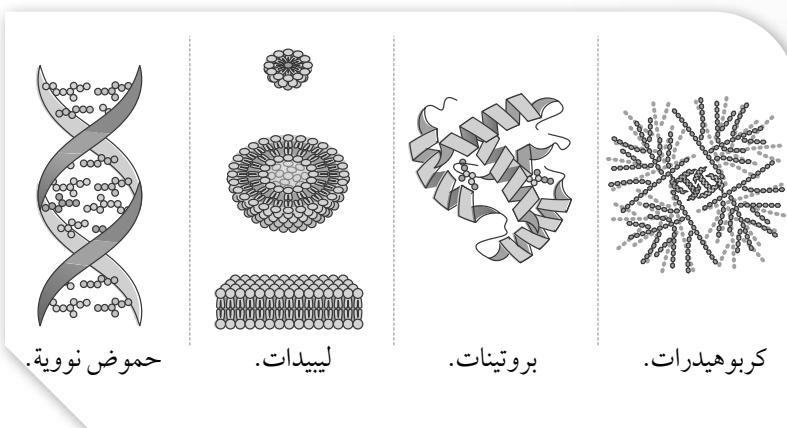
ما المُركَّبات العضوَية؟

تحتوي أجسام الكائنات الحيَّة جميعها على ذرَّات عناصر مهمة، منها: الهيدروجين، والكربون، والأكسجين، والنитروجين، والكالسيوم، والفسفور، إضافةً إلى ذرَّات عناصرٍ أخرى تحتاج إليها هذه الكائنات بكميَّات بسيطة. ويُعَدُّ الكربون العنصر الأساس الذي يدخل في تركيب المُركَّبات العضوَية جميعها.

المُركَّبات العضوَية

مُركَّبات كيميائية ترتبط فيها ذرَّات الكربون بروابط تساهِمية؛ إِمَّا بعضها مع بعض، وإِمَّا مع ذرَّات عناصرٍ أخرى، مثل: الهيدروجين، والنитروجين، والأكسجين.

تُوجَد في أجسام الكائنات الحيَّة أربعة أنواع رئيَّسة من المُركَّبات العضوَية، هي: الكربوهيدرات Carbohydrates، والبروتينات Proteins، والليبيَّدات Lipids، والحموض النوويَّة Nucleic Acids. أنظر الشكل (1).



الشكل (1): مُركَّبات عضوَية.

أَتَحَقَّقَ: ما أنواع المُركَّبات العضوَية الرئيَّسة في جسم الإنسان؟

القلة الرئيَّسة:

تحتوي أجسام الكائنات الحيَّة على أربعة أنواع رئيَّسة من المُركَّبات العضوَية، هي: الكربوهيدرات، والبروتينات، والليبيَّدات، والحموض النوويَّة. ولكلٌّ من هذه الأنواع دورٌ حيويٌّ في أجسامنا.

نتائج التعلم:

- أُوضِّح دور عنصر الكربون في تكوين أجسام الكائنات الحيَّة.
- أُقارِن بين تراكيب الأنواع الرئيَّسة من المُركَّبات العضوَية وخصائص كلٍّ منها.

المفاهيم والمصطلحات:

المُركَّبات العضوَية

Organic Compounds

السُّكَّريات الأحادية Monosaccharides

السُّكَّريات الثنائية Disaccharides

السُّكَّريات المتعددة Polysaccharides

الدهون الثلاثية Triglycerides

الليبيَّدات المُفسَّرة Phospholipids

الستيرويدات Steroids

الرابطة الغوسفاتية الثنائية الإسْترية Phosphodiester Bond

الكربوهيدرات Carbohydrates

تتكون الكربوهيدرات من ذرات كربون و هيdroجين وأكسجين، وهي تصنف بحسب عدد الوحدات التي تتالف منها إلى ثلاثة أنواع رئيسة، انظر الشكل (٢).



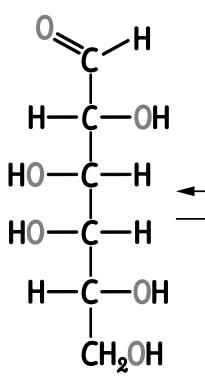
الشكل (٢): تصنيف الكربوهيدرات

السكريات الأحادية Monosaccharides

أفكار: يتكون السكر الأحادي الرايوز من عشر ذرات هيdroجين، فما عدد ذرات الكربون فيه؟

يُعَدُّ هذا النوع أبسط أنواع الكربوهيدرات، وهو يذوب في الماء بسهولة لأنّه من المواد المحبّة له Hydrophilic، ويتميز بمذاقه الحلو. أمّا صيغته العامة فهي $(\text{CH}_2\text{O})_n$ ، حيث n عدد ذرات الكربون في السكر الأحادي.

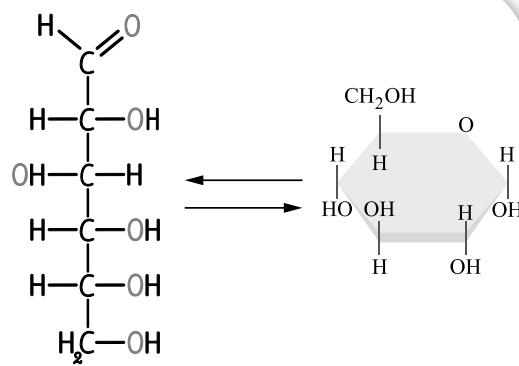
تكون الصيغة البنائية للسكريات الأحادية على شكل حلقي، أو سلسلة مفتوحة غير متفرعة. ويعَدُّ هذا النوع من السكريات وحدات بنائية لأنواع الكربوهيدرات الأخرى، ومن الأمثلة عليه: الغلوكوز الذي يُمثّل المصدر المباشر للطاقة في أجسامنا، انظر الشكل (٣).



سلسلة مفتوحة.

شكل حلقي.
(ب) الغلاكتوز.

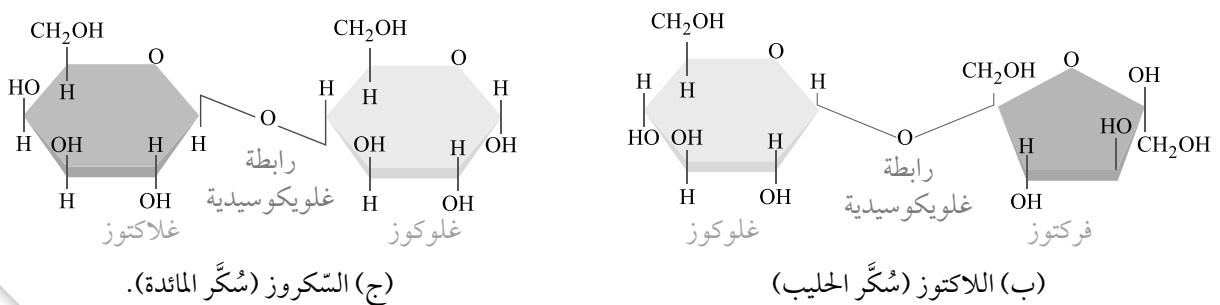
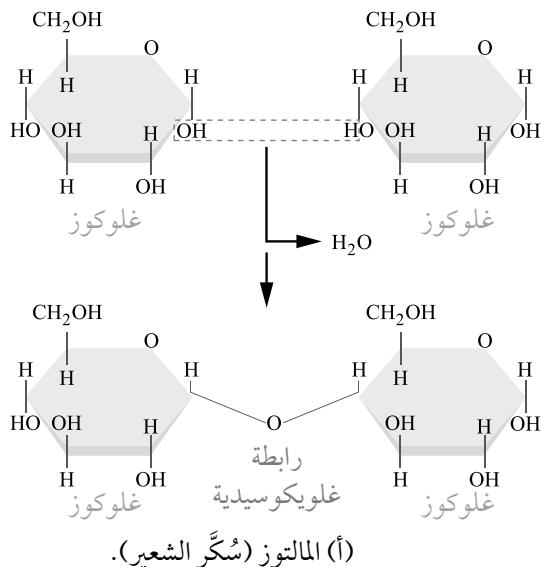
الشكل (٣): السكريات الأحادية: (أ): الغلوكوز. (ب): الغلاكتوز



شكل حلقي.
(أ) الغلوكوز.

السُّكَّريات الثنائية Disaccharides

يتكون هذا النوع من وحدتين من السُّكَّريات الأحادية، ترتبطان معاً برابطة تساهمية غلوكوسيدية Glycocidic Bond، ويحدث الارتباط بتفاعلٍ تكثيفٍ Condensation ينتج منه جزيء ماء، أنظر الشكل (4/أ) الذي يُبيّن تفاعل التكثيف لإنتاج سُكَّر المالتوز. ومن الأمثلة على السُّكَّريات الثنائية أيضاً: اللاكتوز، والسكروز.



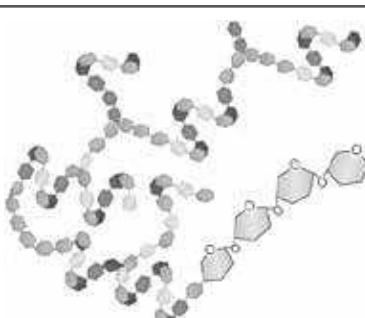
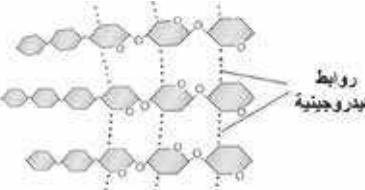
الشكل (4): السُّكَّريات الثنائية: (أ): المالتوز. (ب): اللاكتوز. (ج): السُّكَّروز.

أتحقق: أقارن بين اللاكتوز والسكروز من حيث السُّكَّريات الأحادية التي تكون كُلَّا منها.

السُّكَّريات المُتعدِّدة Polysaccharides

يتكون هذا النوع بارتباط ثلاث وحدات بنائية أو أكثر من السُّكَّريات الأحادية بروابط تساهمية غلوكوسيدية، لكل منها خصائص تُميّزها، انظر الجدول (1).

الجدول (1): السُّكَّريات المُتعدِّدة.

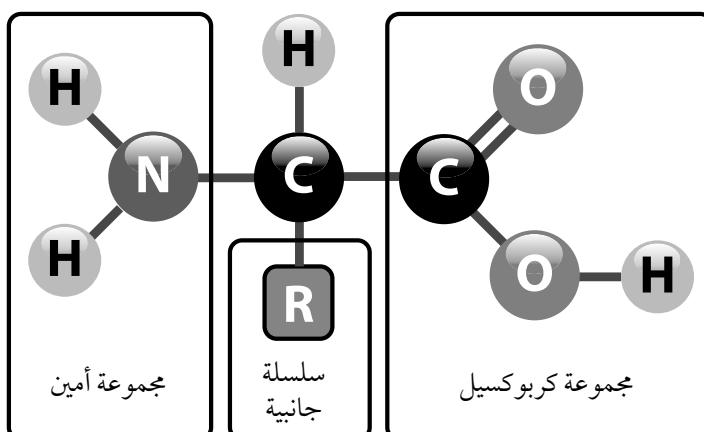
الوظيفة والأهمية	الصيغة البنائية	المثال
تخزين سُكَّر الغلوکوز في النباتات.	 أميلاز.	<p>الشا: يحتوي النشا على نوعين من السُّكَّريات المُتعدِّدة، هما:</p> <ul style="list-style-type: none"> - الأميلوز، وهو ذو سلاسل غير متفرعة. - الأميلوبكتين، وهو ذو سلاسل متفرعة في بعض المواقع.
	 أميلوبيكتين.	
تخزين سُكَّر الغلوکوز في أكباد الحيوانات وعضلاتها.	 غلایکوجین.	الغلایکوجین: يتكون الغلایکوجین من سلاسل كثيرة التفرع.
الإسهام في تركيب الجُدر الخلوية في النباتات؛ ما يُكسبها القوّة والمرنة.	 سيليلوز	السيليلوز: يتكون السيليلوز من ألياف دقيقة، تتألف كل منها من سلاسل متوازية، وغير متفرعة من الغلوکوز، وترتبط في ما بينها بروابط غلوكوسيدية. أما سلاسل الغلوکوز فترتبط معًا بروابط هيدروجينية.

✓ أتحقق: أُفَارِنِ الرِّوابط الموجودة بين جزيئات الغلوکوز في السلسلة الواحدة من السيليلوز بالروابط الموجودة بين سلاسل الغلوکوز المتوازية في السيليلوز

البروتينات Proteins

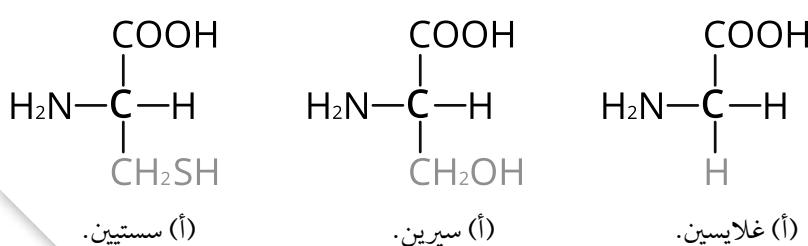
تتألف البروتينات من وحدات بنائية أساسية تسمى الحمض الأميني Amino Acids، وترتبط معاً بروابط تساهمية ببتيدية.

تشترك الحمض الأميني - في ما بينها - في صيغتها العامة التي تحوي نوعين من المجموعات الكيميائية، هما: مجموعة الكربوكسيل (COOH) ومجموعة الأمين (NH_2)، إضافة إلى سلسلة جانبية يرمز إليها بالرمز R، وتختلف من حمض أميني إلى آخر؛ مما يجعل لكل منها خصائص تنفرد بها عن غيرها، أنظر الشكل (5).



الشكل (5): الصيغة البنائية العامة للحموض الأمينية.

يحتوي الحمض الأميني غلايسين Glycine على أبسط مجموعة جانبية R، وهي ذرة الهيدروجين H، في حين تحتوي السلسلة الجانبية في الحمض الأميني الأخرى على الكربون، مثل: السيرين CH_2OH ، والستين CH_2SH ، أنظر الشكل (6).



الشكل (6): بعض أنواع الحموض الأمينية.

أحد السلسلة الجانبية في كل حمض أميني ورد ذكره في الشكل.

✓ أتحقق: ما الذي يُميّز حمضًا أمينيًّا من آخر؟

يدخل في تركيب البروتينات عشرون حمضًا أمينيًّا، ويستطيع جسم الإنسان فقط تصنيع أحد عشر حمضًا أمينيًّا منها. أما الحموض التسعة الأخرى فيحصل عليها الجسم من الغذاء، وهي تُسمى الحموض الأمينية الأساسية. تصنف الحموض الأمينية وفقًا لخصائص المجموعات الجانبيَّة التي تحويها إلى مجموعتين رئيسيتين، هما: الحموض الأمينية المحببة للماء، والحموض الأمينية الكارهة للماء.

الربط بالصحة

أثر حمض التربوفافن في تحسين المزاج.

يحتاج جسم الإنسان إلى الحمض الأميني تربوفافن، Tryptophane، الذي يُعد أحد الحموض الأمينية الأساسية التي تدخل في تصنيع الناقل العصبي الهرموني السيروتونين، وُيسمى أيضًا هرمون السعادة.

وقد أشارت دراسات منشورة إلى أنَّ الحمض الأميني تربوفافن يُسهم في تحسين المزاج وتخفيف التوتر لدى الأشخاص من مختلف الأعمار، فضلاً عن وجود علاقة بين احتواء حليب الأطفال الرُّضيع على هذا الحمض وخلودهم إلى النوم براحة وهدوء.

تُمثل البروتينات أكثر من 50% من الكتلة الجافة لمعظم الخلايا، وهي تؤدي وظائف مختلفة في أجسام الكائنات الحية، مثل ألياف الكولاجين التي تمنح الغضاريف المرونة والقوّة، أنظر الشكل (7) الذي يُبيّن وظائف أخرى للبروتينات.

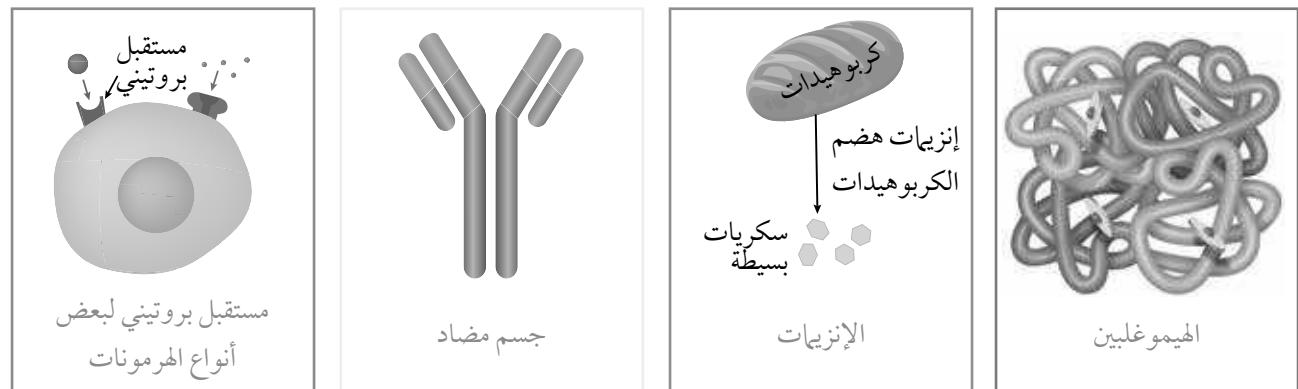


استقبال المواد الكيميائية.

الإسهام في الاستجابة المناعية

تحفيز التفاعلات الكيميائية

نقل الغازات في الدم.



الشكل (7): بعض وظائف البروتينات.

قد ترتبط البروتينات بالسكّريات، مكوّنةً بروتينات سُكّرية تُسمى مُولّدات الضد Glycoproteins Antigens، وتوجد على سطوح خلايا الجسم، ولا يُسبّ وجودها في الحالات الطبيعية حدوث استجابة مناعية ضدها في الجسم، في حين تُسبّب مُولّدات الضد غير الذاتية (مُولّدات الضد الغريبة التي تدخل الجسم) حدوث استجابة مناعية ضدها في الجسم.

من الأمثلة على مُولّدات الضد في جسم الإنسان: مُولّد الضد (A) الذي يوجد على سطوح خلايا الدم الحمراء لدى كل شخص فصيلة دمه (A) بحسب نظام ABO لفصائل الدم. ووفقاً لهذا النظام، فإنه توجد أربع فصائل لدم الإنسان، هي: A، B، AB، O، وذلك بناءً على وجود أحد مُولّدي الضد A، أو B، أو كليهما، أو عدم وجودهما، أنظر

الجدول (2) الذي يبيّن مُولّدات الضد على سطوح خلايا الدم الحمراء والأجسام المضادة في البلازمما لفصائل الدم الأربع بحسب نظام ABO.

الجدول (2): فصائل الدم بحسب نظام ABO.

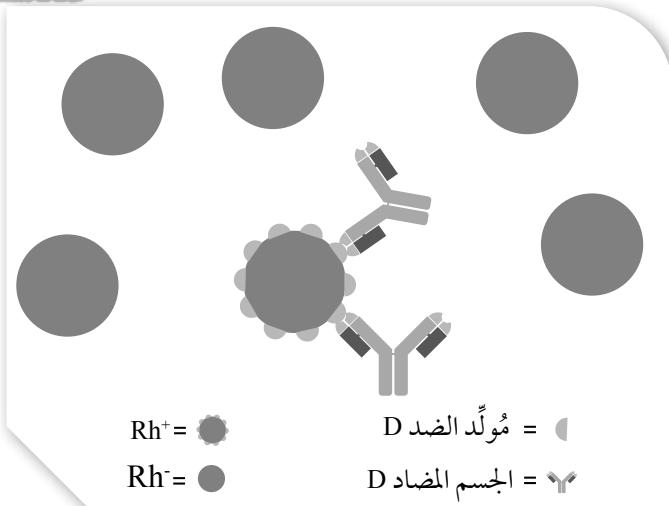


AB	B	A	O	فصيلة الدم
				مُولّد الضد على سطوح خلايا الدم الحمراء
	B	A	لا يوجد	الجسم المضاد في البلازمما
ABO	Anit-B	Anit-B	Anit-A Anit-B	

يوجد نظام آخر يُعرف بنظام العامل الريزيسي Rh، ويشير إلى وجود نوع من مُولّدات الضد يُسمى مُولّد الضد D. وفي حال وجود هذا النوع على سطوح خلايا الدم الحمراء، يوصف الشخص بأنه موجب العامل الريزيسي Rh⁺. أمّا في حال عدم وجوده، فيوصف الشخص بأنه سالب العامل الريزيسي Rh⁻، وهو شخص لا توجد أجسام مضادة D سالبة (Anti-D) في دمه، لكنه يُتّجه في صورة استجابة مناعية إذا نُقل إليه دم موجب العامل الريزيسي.

عند نقل الدم من شخص إلى آخر، فإنّه يُنظر إلى مُولّدات الضد A، و B، و D لدى المُتبرّع Donor، وإلى الأجسام المضادة في بلازما الدم لدى المستقبل Recipient. فمثلاً، عند نقل دم من مُتبرّع فصيلة دمه A إلى مستقبل فصيلة دمه B، فإنّ الأجسام المضادة A من دم المستقبل ترتبط بمُولّدات الضد A على سطوح خلايا الدم الحمراء للمُتبرّع، مُسبّبة تحلّلها؛ فتظهر على المستقبل أعراض عديدة، مثل: القشعريرة، والحمى، وقد يصاب بقصور في وظائف الكلى. أمّا في حال إعطاء المستقبل دماً من فصيلة لا تُوافق فصيلة دمه فقد يؤدي ذلك إلى وفاته.

وفي سياق مُتَّصل، إذا كان الشخص من ذوي العامل الرئيسي السالب Rh⁻ فلا يُمْكِنه استقبال دم مُتَّبرٍ من ذوي العامل الرئيسي الموجب D⁺؛ ذلك لأنَّ جسمه سُيُوكُون أجساماً مضادةً D (Anti-D) بوصفها استجابةً مناعيةً، فترتبط الأجسام المضادة D بِمُولَّدات الضد D من دم المُتَّبرٍ، أنظر الشكل (8).



الشكل (8):
ارتباط الأجسام
المضادة بِمُولَّدات
الضد D.

أَفْكَرْ: يحتاج شخص فصيلة دمه O- إلى نقل حقيقتين من بلازما الدم. إذا توافرت حقيقتاً بلازما، إدحاهما من مُتَّبرٍ فصيلة دمه AB+, والأخرى من مُتَّبرٍ فصيلة دمه B+, فهل يُمْكِن استخدام الحقيقتين معًا لنقل البلازما إليه، أم يُكْنِي بإدحاهما لعدم مُناسبة الأخرى لدم المريض؟ أُبَرِّر إجابتي.

الثَّالِث

إذا أصَيبَ شخص فصيلة دمه -A في حادث سير، واستدعت حالته نقل دم إليه، ورغبة اثنان من أصدقائه التبرُّع بالدم له، وكانت فصيلة دم أحدهما AB+ وفصيلة دم الآخر -O، فأيُّ الصديقين يُمْكِنه فقط التبرُّع بالدم؟ (علمًا بأنَّ المصاب لم يُنَقَلْ إليه دم من قبل).

المعطيات:

المُتَّبرُّ عن المُحتملان: AB+, و-O-, المستقبل: -A.

المطلوب:

تحديد فصيلة الدم التي تُنَاسِبُ الشخص المصاب (المُستقبل).

الحل:

يجب دراسة كلٌّ من مُولَّدات الضد لدى المُتَّبرِّعين المُحتملين، والأجسام المضادة لدى المُستقبل.

مُولَّدات الضد لدى المُتَّبرِّع الأول +AB **الأجسام المضادة لدى المستقبل -A**

لا يوجد

A

B ← ارتباط B

سُيُوكُون المُستقبل أجساماً مضادةً D، بوصفها استجابةً مناعيةً، ترتبط بِمُولَّدات الضد D من دم المُتَّبرٍ.

D ← ارتباط D

الأجسام المضادة لدى المستقبل -A

مُولَّدات الضد لدى المُتَّبرِّع الثاني -O

B

لا يوجد

-

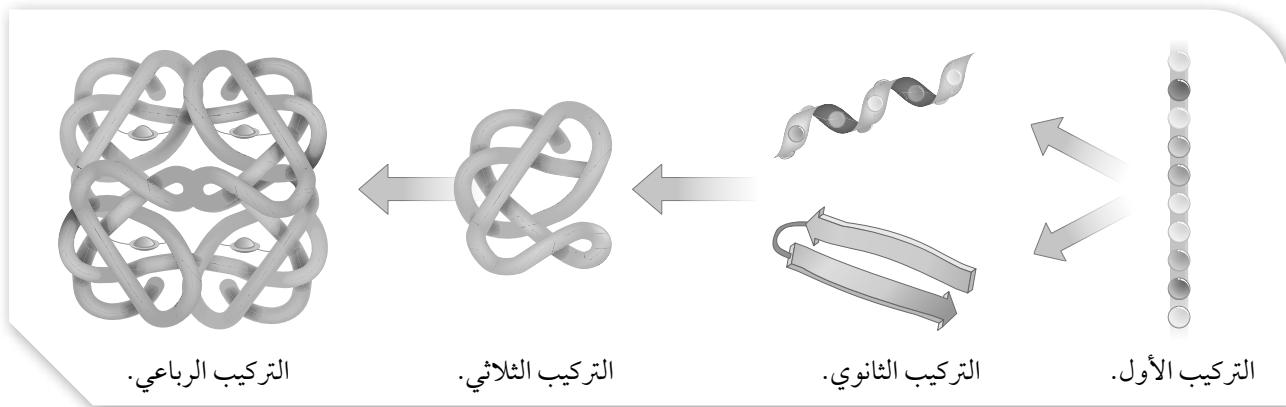
لا يوجد

إذن، يُمْكِن للمصاب استقبال دم من المُتَّبرِّع الثاني الذي فصيلة دمه O-؛ نظراً إلى عدم وجود مُولَّدات الضد B و D في دم هذا المُتَّبرِّع.

مستويات تركيب البروتينات

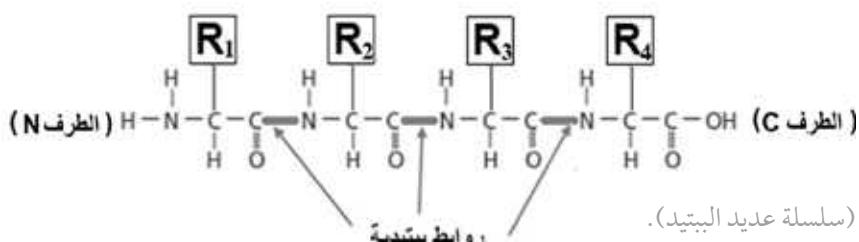
تحتختلف البروتينات بعضها عن بعض تبعاً لاختلاف الحمض الأميني التي تدخل في تركيبها، وعدها، وتسلسلها.

توجد أربعة مستويات تركيبية للبروتينات، هي: التركيب الأولي Primary Structure، والتركيب الثاني Secondary Structure، والتركيب الثلاثي Tertiary Structure، والتركيب الرباعي Quaternary Structure. أنظر الشكل (9).



التركيب الأولي Primary Structure

سلسلة يرتبط فيها كل حمض أميني بآخر برابطة تساهمية بيتيدية، مشكلاً سلسلة عديد البيتيد. يُعد هذا التركيب وصفاً لسلسلة الحمض الأميني في سلسلة عديد البيتيد؛ إذ تكون مجموعة الأمين في بدايتها (تسمى الطرف N)، وتكون مجموعة الكربوكسيل في نهايتها (تسمى الطرف C)، أنظر الشكل (10).



الشكل (10): التركيب الأولي.

يُمثل البروتين الأولي الهيكل الأساسي لمستويات البروتين الأخرى، وهو لا يؤدي أيَّ وظيفة في صورته الأولى.

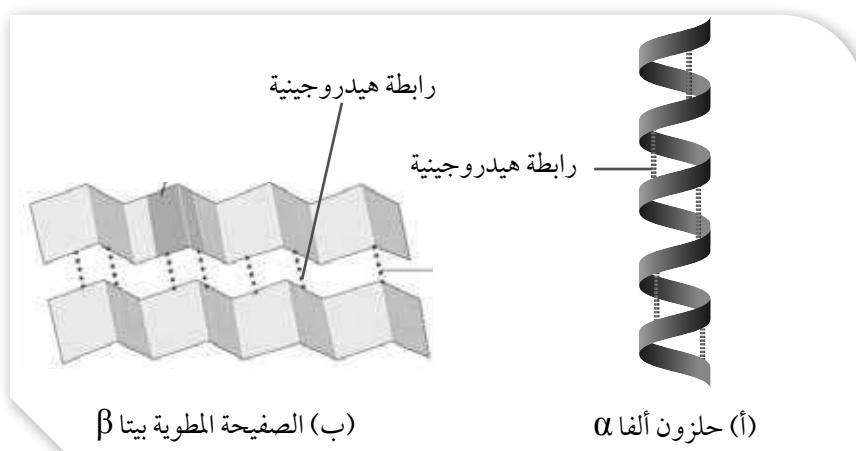
أتحقق: لماذا يحتمل أن
يختلف سلسلتا عديد
بيتيد، إدماهما عن
الأُخْرِي، بالرغم من
 تكونهما من الحمض
الأميني نفسها، واحتواهما
على العدد نفسه من هذه
الحمض؟

التركيب الثانوي Secondary Structure

يترجع التركيب الثانوي من التفاف سلسلة عديد البيتيد واحدة، وتكون روابط هيدروجينية في مناطق محددة منها، وهي روابط تعمل على تثبيت التركيب الثانوي واستقراره.



يوجد تركيبان ثانويان شائعان، أحدهما حلزوني يسمى حلزون ألفا α ، والآخر يسمى الصفيحة المطوية بيتا β . يتكون تركيب حلزون ألفا عند التفاف سلسلة عديد البيتيد، وتكونها روابط هيدروجينية بين ذرة الهيدروجين في مجموعة الأمين في حمض أميني وذرة الأكسجين في مجموعة الكربوكسيل في حمض أميني آخر يبعد عن الحمض الأميني الأول أربعة حمض أمينية، انظر الشكل (11/أ). أما تركيب الصفيحة المطوية بيتا β فيتكون عند ارتباط جزأين أو أكثر من سلسلة عديد البيتيد نفسها بروابط هيدروجينية؛ إذ تكون هذه الأجزاء المكونة لسلسلة عديد البيتيد بجانب بعضها في شكل متعرّج (zig-zag)؛ ما يتيح لها تكوين الروابط الهيدروجينية في ما بينها، انظر الشكل (11/ب).



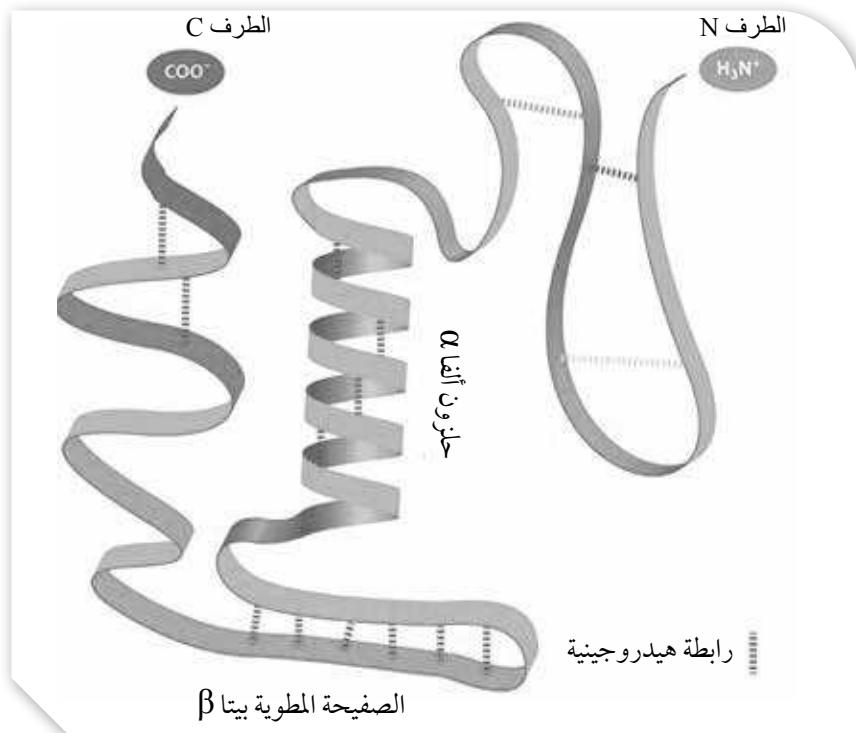
الشكل (11): التركيب الثنوي للبروتينين.

التركيب الثلاثي Tertiary Structure

يترجع التركيب الثلاثي (هو شكل ثلاثي الأبعاد) من طي التركيب الثنوي لسلسلة عديد البيتيد، ويُمكِّن تثبيت شكل هذا التركيب عن طريق أنواع مختلفة من الروابط بين ذرات السلاسل الجانبيّة R لسلسلة عديد البيتيد، انظر الشكل (12).

من الأمثلة على البروتينات ذات التركيب الثلاثي: بروتين الكيراتين الذي يُكون الأظافر والشعر، ويترجع من طي التركيب الثنوي لحلزون ألفا α . وفي حال فقد أحد البروتينات تركيبة الثلاثي، فإن ذلك يُفقِّده القدرة على أداء وظيفته الحيوية.

► الشكل (12): التركيب الثلاثي للبروتين.



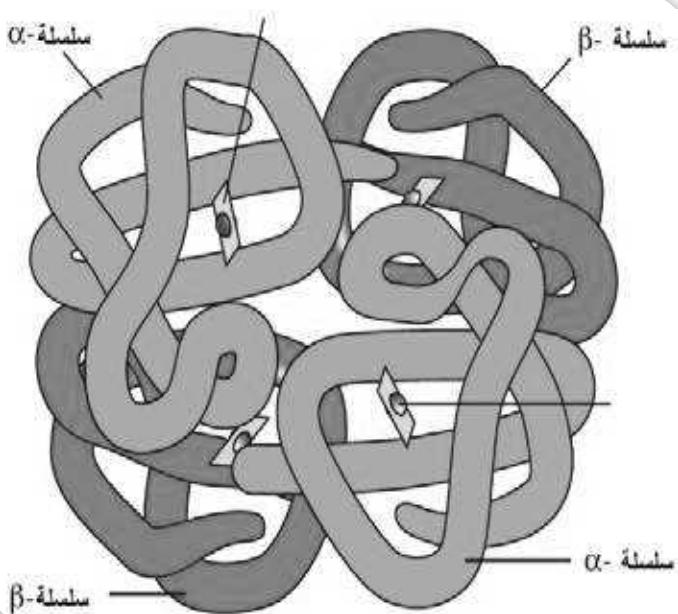
التركيب الرباعي Quaternary structure

✓ أتحقق: كيف يتكون التركيب الثلاثي للبروتينات؟

يُطلق اسم التركيب الرباعي على البروتينات التي تتكون من سلسلتين أو أكثر من عديد الببتيد، خلافاً للتركيب الأولي والتركيب الثاني والتركيب الثلاثي؛ إذ يتكون كل منها من سلسلة عديد ببتيد واحدة، علىًّا بأنَّ التركيب الرباعي يُثبت عن طريق روابط مختلفة، شأنه في ذلك شأن التركيب الثلاثي.

من الأمثلة على البروتينات ذات التركيب الرباعي: الهيموغلوبين الذي يتَّألف من أربع سلاسل ببتيدية؛ اثنان منها من النوع α ، واثنان آخران من النوع β ، أنظر الشكل (13)، لكنَّ ذلك لا يعني بالضرورة أنَّ جميع البروتينات ذات التركيب الرباعي تتَّألف من أربع سلاسل ببتيدية؛ فالكولاجين مثلاً هو من البروتينات ذات التركيب الرباعي، لكنَّه يتكون من ثلاث سلاسل ببتيدية.

يُذَكَّر أَنَّه لا يوجد ارتباط بين سلستي ألفا وسلسلتي بيتا في الهيموغلوبين، وحلزون ألفا والصفيحة المطوية بيتا.



الشكل (13): التركيب الرباعي للهيموغلوبين.

تصنيف البروتينات Classification of Proteins

تصنّف البروتينات وفقاً لشكلها النهائي الثلاثي الأبعاد إلى نوعين،
هما:



● البروتينات الكروية Globular Proteins: يتكون هذا النوع من بروتينات تركيبها ثلاثي أو رباعي، مثل الهيموغلوبين ومعظم الإنزيمات. تؤدي البروتينات الكروية دوراً في عمليات الجسم الحيوية، وتكون ذائبة في الماء؛ نظراً إلى وجود سلاسلها الجانبية R القطبية (المُحبة للماء) في اتجاه الخارج مواجهةً المحاليل المائية التي تحيطها، ووجود سلاسلها الجانبية R غير القطبية (الكارهة للماء) في اتجاه الداخل.

● البروتينات الليفية Fibrous Proteins: يتكون هذا النوع غالباً من بروتين ثانوي التركيب، ومن النادر أن يكون البروتين ثلاثي التركيب أو رباعي التركيب، ومن أمثلته: الكيراتين، والكولاجين.

تكون البروتينات الليفية في الماء غير ذائبة في الماء؛ لأنَّ سلاسلها الجانبية R غير القطبية (الكارهة للماء) تكون في اتجاه الخارج مواجهةً المحاليل المائية.

توجد بعض البروتينات التي تتكون من أجزاء ليفية وأخرى كروية، مثل بروتين الميوسين في العضلة الهيكلية.

الليبيادات Lipids

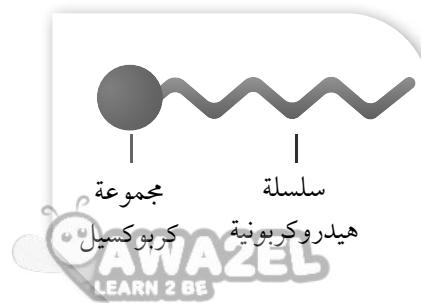
تعدُّ الليبيادات مصدر طاقةٍ مهمًا للકائنات الحية، وهي تؤدي وظائف عديدة في أجسام الكائنات الحية؛ إذ تشكّل طبقة عازلة تحت جلد الإنسان وبعض الحيوانات؛ ما يحول دون فقدان الحرارة من أجسامهم، وتدخل في تركيب الأغشية البلازمية، والهرمونات الستيرويدية، وفي تركيب الفيتامينات الذائبة في الدهون (فيتامين A، K، E، وD). أمّا الصفة المشتركة التي تجمع بين الليبيادات جميعها فهي عدم امتصاصها بالماء.

تصنّف الليبيادات إلى مجموعات عِدَّة، منها: **الحموض الدهنية Fatty Acids**، **والدهون الثلاثية Triglycerides**، **والليبيادات المُفسّرة Steroids**، **والستيرويدات Phospholipids**.

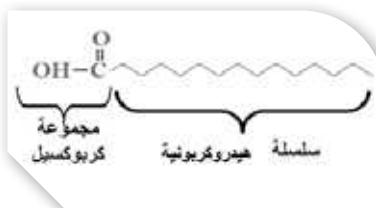
أَفْكَرْ: لماذا لا يذوب الشعر عند غسله بالماء؟

✓ أتحقق: لماذا تكون البروتينات الكروية ذائبة في الماء؟

الحموض الدهنية Fatty Acids



الشكل (14): حمض دهن.



الشكل (15): حمض دهن مُشبّع.



الشكل (16): حمض دهن غير مُشبّع.

الربط بعلم التصنيع الغذائي

تعمل بعض مصانع الزيوت على تحويل الزيوت السائلة إلى سمن نباتي، أو زبدة شبه صلبة، عن طريق عملية كيميائية تُسمى هدرجة الزيوت، وذلك بإضافة الهيدروجين إلى الزيوت السائلة غير المُشبّعة؛ لتحويلها إلى زيوت مُشبّعة ذات قوام مرغوب فيه.

من الأمثلة على الدهون المُهدرَجة صناعيًّا: السمن النباتي، والزبدة الصناعية (المارجرين)، وبعض أنواع زبدة الفول السوداني. وقد حدَّرت منظَّمات غذائية عدَّة من استخدام الزيوت المُهدرَجة في الغذاء؛ نظرًا إلى ما تُسبِّبُه من أمراضٍ للقلب، وتصلبٍ للشرايين. الشرايين، وأوصت بضرورة قراءة بطاقة المعلومات على المواد الغذائية بعناية.

تدخل الحموض الدهنية في تركيب معظم الليبيات، ومنها ما يكون حُرًّا. يتكون الحمض الدهني من مجموعة كربوكسيل (COOH)، وسلسلة هيدروكربونية (R)، أنظر الشكل (14).

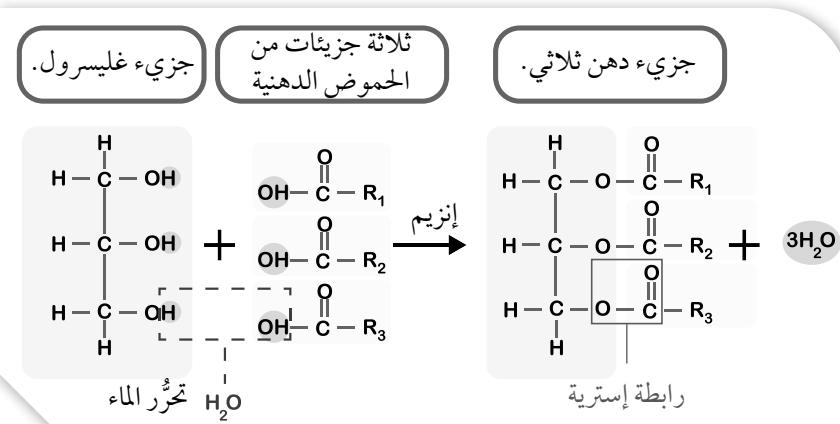
تصنَّفُ الحموض الدهنية إلى نوعين، هما:

- **الحموض الدهنية المشبعة**: وفيها تكون الروابط جميعها أحادية بين ذرَّات الكربون في السلسلة، أنظر الشكل (15)، ومن أمثلتها: حمض البالmitic Acid؛ وهو المكوِّن الرئيسي لزيت التخيل.

- **الحموض الدهنية غير المشبعة**: وفيها توجد رابطة ثنائية واحدة على الأقل بين ذرَّات الكربون في السلسلة، أنظر الشكل (16)، ومن أمثلتها: حمض الأوليك Acid؛ وهو المكوِّن الرئيسي لزيت الزيتون.

الدهون الثلاثية Triglycerides

تتكوَّن الدهون الثلاثية من اتحاد جزيء غليسروول واحد مع ثلاثة جزيئات من الحموض الدهنية بروابط تساهيمية إسترية، أنظر الشكل (17).



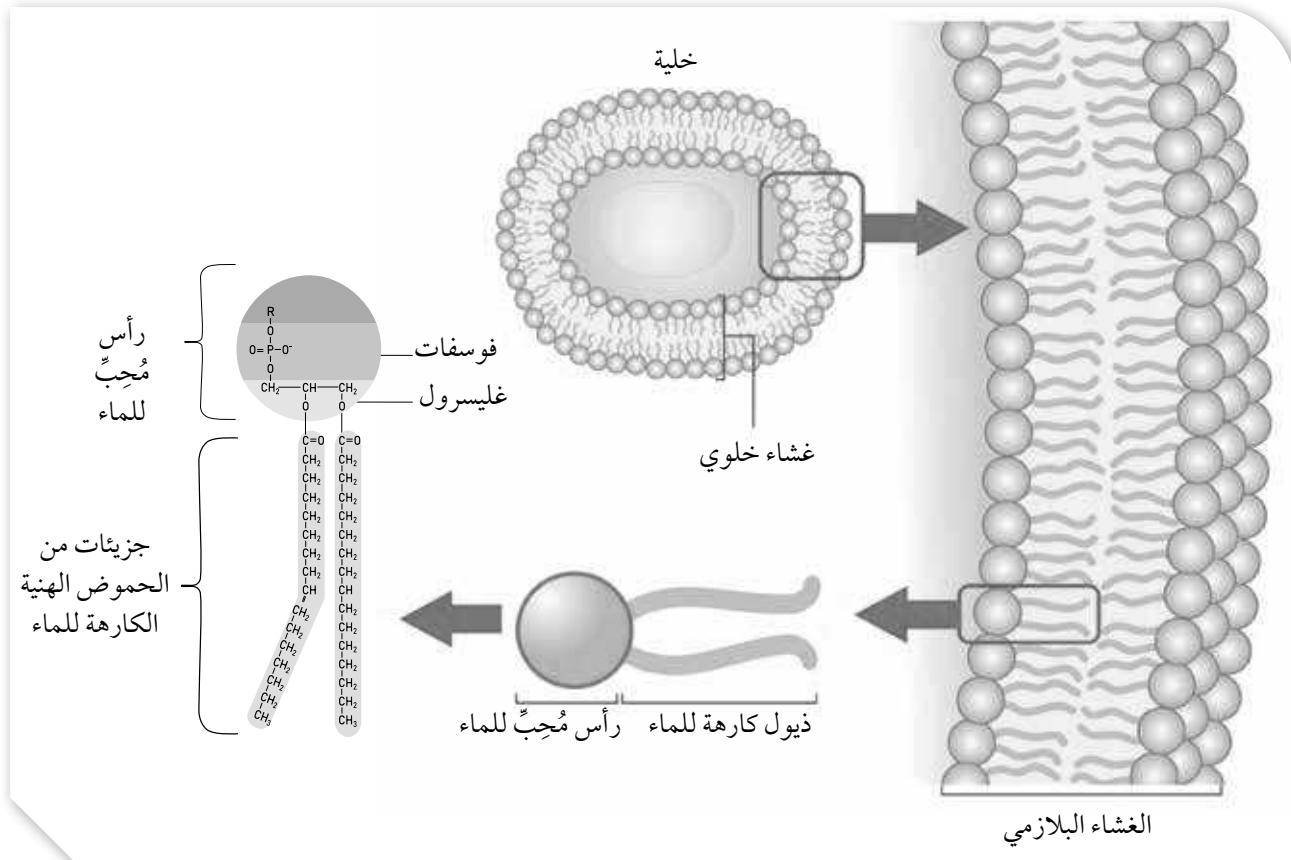
الشكل (17): كُون دهن ثلاثي.

أُوضِّح السبب الذي يؤدِّي إلى إنتاج ثلاثة جزيئات ماء عند تكوُّن جزيء دهن ثلاثي.

تعتمد خصائص الدهون الثلاثية على خصائص الحموض الدهنية المكوَّنة لها؛ إذ تكون معظم الدهون الثلاثية غير المشبعة سائلة في درجة حرارة الغرفة في الأيام المعتدلة، مثل معظم الزيوت النباتية، في حين تكون الدهون الثلاثية المشبعة صلبة في درجة حرارة الغرفة في الأيام المعتدلة، وتُسمى دهونًا، مثل: الزبدة، والسمن الحيواني.

الليبيادات المُفسَّرة Phospholipids

تتكوّن الليبيادات المُفسَّرة من جزء غليسروول مُرتبط بمجموعة فوسفات، فيتشكل رأس قطبي مُحبٌ للماء. وفي الوقت نفسه، يرتبط جزء الغليسروول بجزيئين من الدهون الدهنية، فيتشكل ذيلان كارهان للماء. يحتوي الغشاء البلازمي على طبقة مُزدوجة من الليبيادات المُفسَّرة التي تترَّب في صفين مُتقابلين. وفيها تُقابل الرؤوس القطبية الماء، في حين تبتعد عنه الذيول الكارهة له، أنظر الشكل (18).



الشكل (18): توزيع الليبيادات المُفسَّرة في الغشاء الخلوي.

لا تمرُّ المواد الذائبة في الماء بسهولة عبر الغشاء البلازمي؛ نظراً إلى وجود الجزء غير القطبي (الذيول الكارهة للماء) الذي يقع وسط الغشاء، ويعوق مرور هذه المواد؛ ما يُنظم الحركة بين المواد داخل الخلية وخارجها.

أَفْكِرْ: لماذا تُسْجِّه ذيول الدهنية إلى الداخل في الغشاء الخلوي؟

✓ **أَتَحَقَّقْ:** ممَّ تتكون الذيول في طبقة الليبيادات المُفسَّرة؟

الستيرويدات Steroids

يتكون الستيرويد من أربع حلقات كربونية مُلتحمة؛ ثلاث منها سداسية، وواحدة خماسية، إضافة إلى مجموعة كيميائية ترتبط بالحلقة الرابعة، وتختلف من ستيرويد إلى آخر، أنظر الشكل (19).

يعُد الكوليسترول مثلاً على الستيرويدات، ويستطيع جسم الإنسان تصنيعه في الكبد، ويمكن الحصول عليه من مصادر غذائية حيوانية. وهو يدخل في تركيب الأغشية البلازمية الحيوانية، والهرمونات الستيرويدية، مثل الألدوسเตرون الذي يؤدي دوراً في تنظيم عمل الوحدة الأنوية الكلوية. وبالرغم من أهمية الكوليسترول، فإنَّ مستوياته العالية في الدم قد يكون لها صلة بأمراض القلب والأوعية الدموية.

الشكل (19): ستيرويد.

✓ **أتحقق:** أوضح الفرق بين الدهون الثلاثية والستيرويدات من حيث التركيب.

الربط بعلم البحار

دور الليبيادات في تكييف أسماك القرش على العيش في أعماق البحار

يوجد نوعان من العوامل التي تحكم قدرة أسماك القرش على الطفو، هما: نسبة الليبيادات في أجسامها، وقوَّة عضلاتها. وقد أشارت دراسات عديدة إلى أنَّ أجسام أسماك القرش التي تعيش في أعماق البحار هي أكبر حجمًا من أجسام مثيلاتها التي تعيش في المياه الضحلة، وأنَّ نسبة الليبيادات في أجسامها أكثر أيضًا.

وفي السياق نفسه، وجد العلماء أنَّ نسبة الألياف العضلية في أجسام أسماك القرش التي تعيش في أعماق البحار هي أقل من نسبتها في أجسام مثيلاتها التي تعيش في المياه الضحلة. وقد انتهت نتائج الدراسات في هذا الشأن إلى أنَّ نسبة الليبيادات المرتفعة تقلُّل من كثافة أجسام أسماك القرش؛ ما يُمكِّنها من الطفو، والحفاظ على ارتفاع مُناسب لها في الماء، من دون بذل مجهود عضلي كبير، وهو ما يُعدُّ وسيلة لتقليل استهلاك الطاقة في بيئتها الفقيرة بالغذاء.

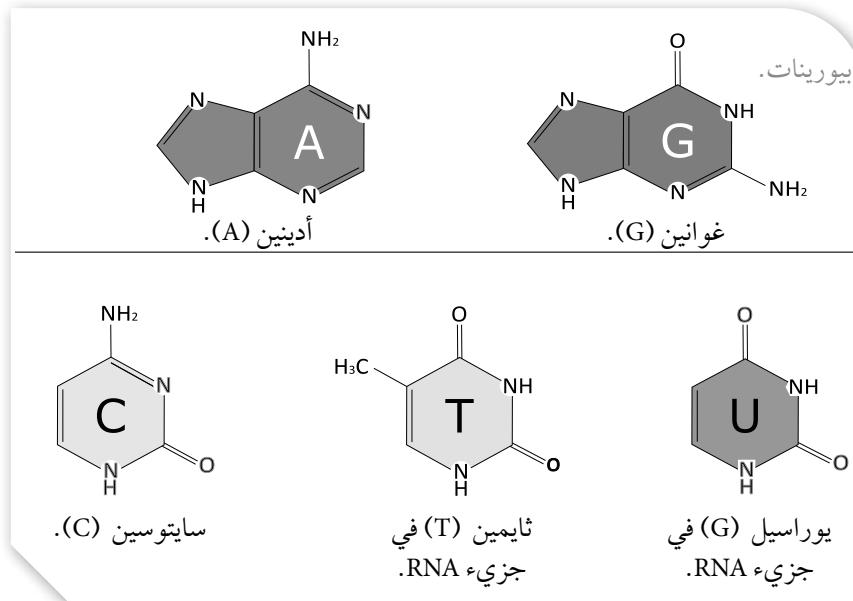


الحموض النووي Nucleic Acids

درستُ سابقاً أنَّ الحموض النووي نوعان: حمض نووي رابيوزي منقوص الأكسجين DNA، وحمض نووي رابيوزي RNA.

تتألَّف الحموض النووي من وحدات بنائية تُسمَّى النيوكليوتيدات Nucleotides، ويتكوَّن كل نيوكليلوتيد من إحدى القواعد النيتروجينية وسُكَّر خماسي، ومجموعة فوسفات، أنظر الشكل (20).

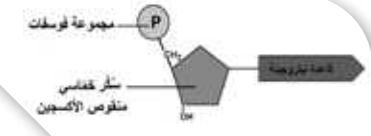
تصنَّف القواعد النيتروجينية التي تدخل في تركيب النيوكليوتيدات إلى ببورينات Purines يتكونُ كُلُّ منها من حلقتين، وإلى بيريميدينات Pyrimidines يتكونُ كُلُّ منها من حلقة واحدة، أنظر الشكل (21).



أُيُّ القواعد النيتروجينية تُعدُّ من البيورينات؟ أُيُّها تُعدُّ من البيريميدينات؟

يعمل الحمض النووي DNA على نقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء. وُبيَّن الشكل (22) جزيء DNA الذي يتكون من سلسلتين من النيوكليوتيدات، تلتَّفان على هيئة سُلْمٍ حلزوني مُزدوج. وترتبط النيوكليوتيدات بعضها ببعض في السلسلة الواحدة عن طريق روابط فوسفاتية ثنائية إسترية Phosphodiester Bond، أنظر الشكل (22/أ).

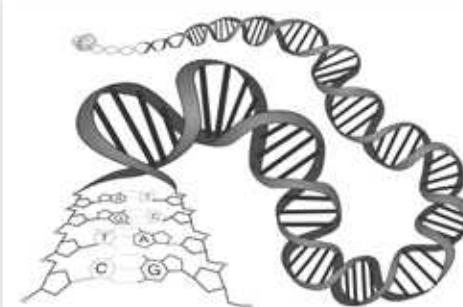
ترتبط البيورينات في إحدى سلسلتي الحمض النووي DNA بالبيريميدينات المُتممة لها في السلسلة المُقابلة عن طريق روابط هيدروجينية. أمّا نسبة البيورينات إلى نسبة البيريميدينات في DNA فثابتة وفقاً لقاعدةٍ تُعرَف بقاعدة تشارغاف Chargaff؛ ذلك لأنَّ البيورين يرتبط



الشكل (20): تركيب نيوكليلوتيد في جزيء DNA.

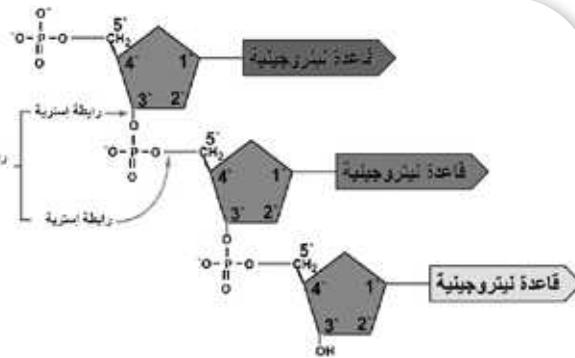
دائماً باليريميدين المُتمم له في السلسلة المُقابلة، فمثلاً، إذا احتوت قطعة من DNA على 25% من الأدينين، فإنَّ نسبة الثايمين في السلسلة المُقابلة تكون مُساوية لها.

في عام 1953م، توصل العالِمان واتسون Watson وكريك Crick إلى بناء نموذج لجزيء DNA، ونالا جائزة نوبل في العلوم تكريماً لها على هذا الإنجاز، انظر الشكل (22/ ب).



(ب)

- أدينين.
- ثايمين.
- غوانين.
- سياتوسين.



(أ)

.الشكل (22): جزيء DNA

أتحقق: أقارن بين DNA و RNA من حيث:
أ- وظيفة كل منها.
ب- القواعد النيتروجينية الدالة في تركيب كل منها.

يتكون الحمض النووي RNA غالباً من سلسلة واحدة من النيوكليوتيدات، ولكن بعض الفيروسات تحتوي على RNA من سلسلتين. يوجد في RNA القاعدة النيتروجينية يوراسييل بدلاً من الثايمين، ويؤدي جزيء RNA دوراً مهماً في عملية تصنيع بروتينات الخلية.

مثال

لإيجاد نسبة الثايمين في القطعة الثانية، أحسب نسبة السياتوسين والغوانين فيها:

$$X \cdot 2 = 54\% \quad 27\%$$

ثم أطرح هذه النسبة من 100%:

$$100\% - 46\% = 54\%$$

إذن، نسبة الثايمين والأدينين معاً هي 46%.

لإيجاد نسبة الثايمين، أقسم الناتج على 2:

$$23\% = \frac{46\%}{2}$$

إذن، نسبة الثايمين هي (23%).

وبذلك، فإنَّ نسبة الثايمين في القطعة الأولى أعلى منها في القطعة الثانية.

حلَّ باحث قطعني DNA، وجد أنَّ نسبة الأدينين في القطعة الأولى هي 31%， وأنَّ نسبة السياتوسين في القطعة الثانية هي 27%. أيُّ القطعتين تحوي نسبة أعلى من الثايمين؟

المعطيات:

القطعة الأولى من DNA تحوي ما نسبته (31%) من الأدينين، والقطعة الثانية من DNA تحوي ما نسبته (27%) من السياتوسين.

المطلوب:

تحديد قطعة DNA التي فيها نسبة أعلى من الثايمين.

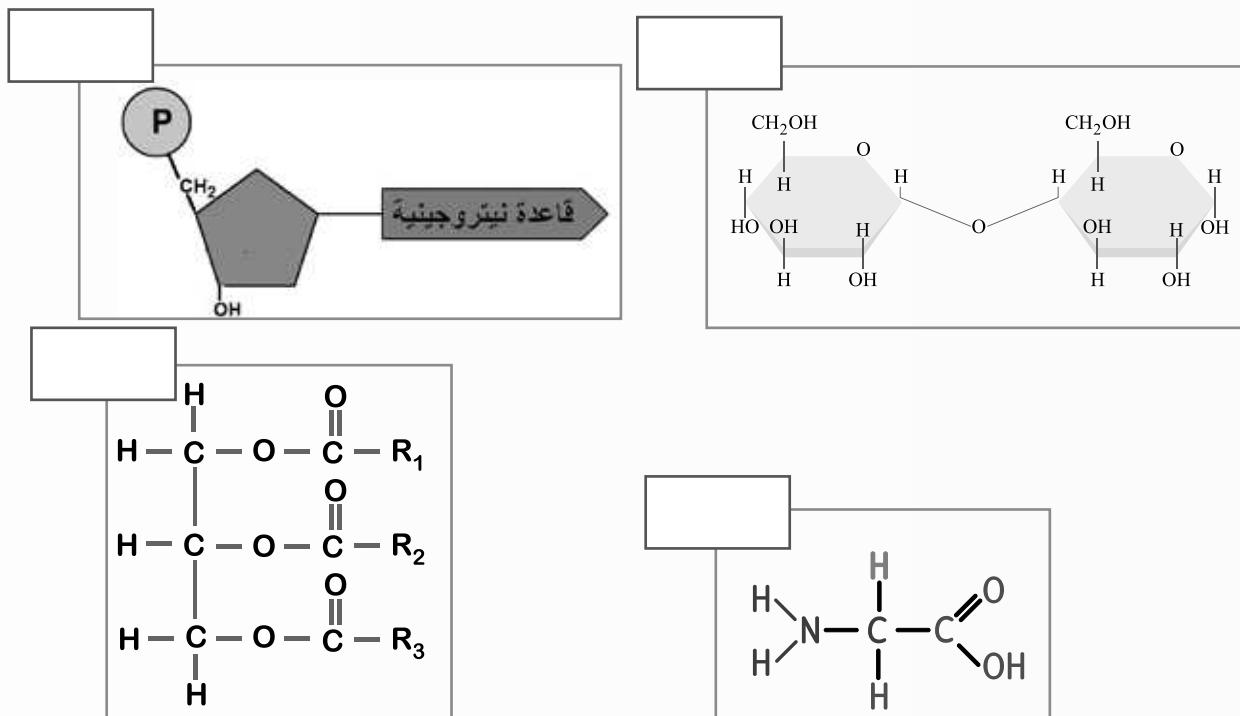
الحل:

نسبة الثايمين في DNA تساوي نسبة الأدينين. ومن ثم فإنَّ نسبة الثايمين في القطعة الأولى هي (31%)

مراجعة الدرس

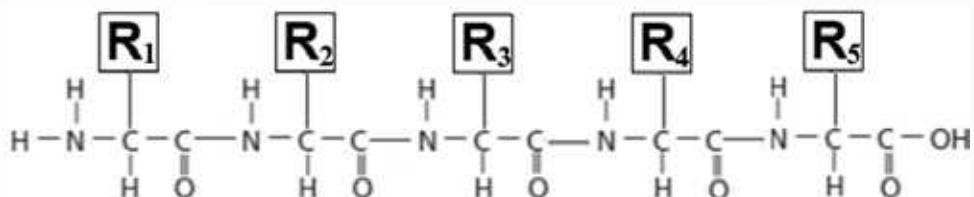
1. أكتب في الصندوق المجاور لكل صيغة بنائية ممّا يلي اسم المركب العضوي الذي تمثله، مستخدماً المفاهيم الآتية:

السُّكَّر الثنائي، الحمض الأميني، الدهن الثلاثي، النيوكليوتيد.

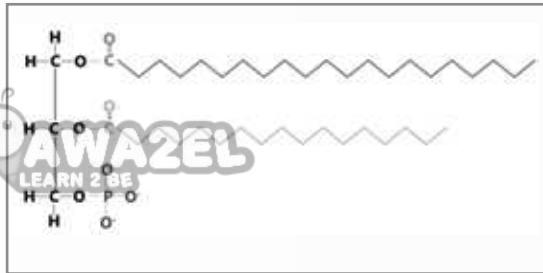


2. أذكر اثنين من أوجه الاختلاف بين الأميلوبكتين والغلايكوجين.

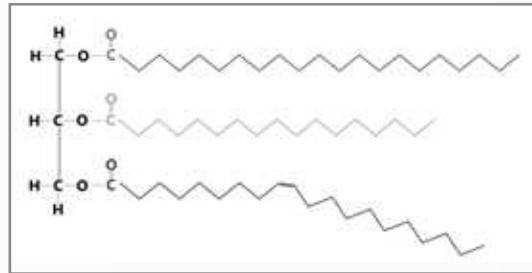
3. أُحدِّد عدد الحموض الأمينية والروابط البيتيدية التي توجد في سلسلة عديد الببتيد المُبيَّنة في الشكل الآتي.



4. أصنِّف المُركَّبين العضويين الآتيين إلى لبيد مُفسَّر، ودهن ثلاثي، مُفسَّرًا إجابتي.



(ب)



(أ)

.5

أ- فيَمْ يختلف الترَكيب الرباعي للبروتين عن التراكيب في المستويات الأُخْرى؟

ب- أيُّ مُكَوِّنَاتِ السِّتِيرُوِيدِ تُسَبِّبُ اختلاَفَ سِتِيرُوِيدِ آخَرَ؟

6. أُفْسِرْ أهمية وجود الليبيَّدات في كبد سمكة القرش التي تُمْكِّنُها من العيش في أعماق البحار.



7. هل يُمْكِن لشخص فصيلة دمه - A - أن يتَّبرَعُ بالدم لمريض فصيلة دمه - B -؟ أبْرُرْ إجابتي.

8. تُمثِّلُ الكرةَ في الشكل المجاور البيوريَّنات والبييريميدينات كما هو مُوضَّح في مفتاح الشكل. ما القاعدة العلمية التي يُعبِّرُ عنها الشكل؟ أُوْضِحْ هذه القاعدة.

9. أُحدِّدُ اسْمَ الرابطة التساهِمية التي تربط بين كُلِّ مَا يَأْتِي:

أ- السُّكَّريَّاتِ الأُحادِيَّةِ.

ب- الْحَمْوَضِ الْأَمِينِيَّةِ.

ج- الْحَمْوَضِ الْدَهْنِيَّةِ وَالْغَلِيسِرُولِ.

الإنزيمات وجزيء حفظ الطاقة ATP

Enzymes and Energy Storing Molecule ATP

الدرس 2

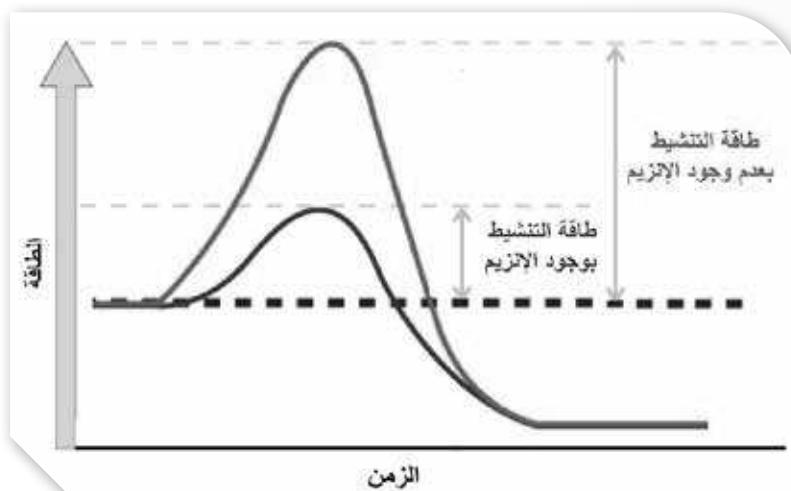


الإنزيمات Enzymes

لاحظ إدوارد بوخنر Buchner عند إضافته مُستخلصاً من خلايا الخميرة إلى سُكَّر السُّكَّرِوز هضم هذا السُّكَّر، وإنتاج كحول ثاني أكسيد الكربون وغاز ثاني أكسيد الكربون. وقد أطلق على المواد المستخلصة من الخلايا اسم الإنزيمات Enzymes، وهي تعني "داخل الخميرة". وقد نال إدوارد بوخنر جائزة نوبل عام 1907م لقاء هذا الاكتشاف.

وفي سياق متصل، وجد العلماء أنَّ معظم التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل أجسام الكائنات الحية تحتاج إلى طاقة تنشيط Activation energy عالية؛ وهي الطاقة اللازمة لبدء التفاعل الكيميائي، وقد تبيَّن لهم أنَّ الإنزيمات Enzymes تُسرِّع بعض التفاعلات الكيميائية عن طريق تقليل طاقة التنشيط، انظر الشكل (23).

أَتَحَقَّقَ: ما المقصود بطاقة التنشيط؟ ✓



الشكل (23): تقليل طاقة التنشيط بوجود الإنزيم.

القلة الرئيسية:

للإنزيمات دور مهم في تحفيز التفاعلات الكيميائية وتسريعها، ولجزيء حفظ الطاقة ATP أيضاً دور في بعض التفاعلات التي تُحفِّزُها الإنزيمات.

نتائج التعلم:

- أوضح دور الإنزيمات في التفاعلات الكيميائية في الخلية.
- أستقصي بعض العوامل المؤثرة في نشاط الإنزيم.
- أوضح دور جزيئات حفظ الطاقة ATP في الخلية.

المفاهيم والمصطلحات:

Activation energy	طاقة التنشيط
Active Site	الموقع النشط
Enzyme- substrate complex	معقد الإنزيم - المادة المُتَفَاعِلَة
Coenzyme	مرافق الإنزيم

آلية عمل الإنزيم

درستُ سابقاً أنَّ معظم الإنزيمات هي بروتينات كروية الشكل، وأنَّ الإنزيمات عامةً تُحفِّز التفاعلات الكيميائية من دون أنْ تستهلك فيها.

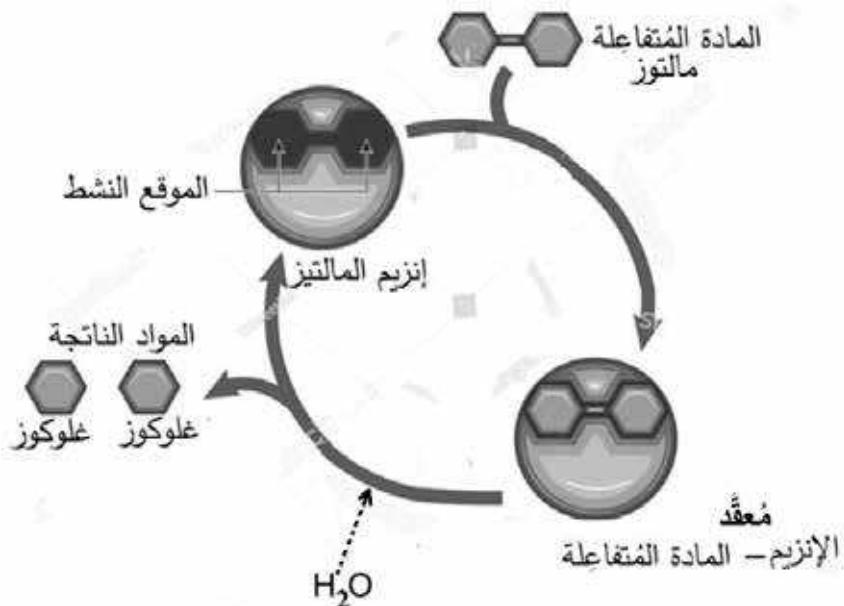
يوجد للإنزيم موقع نشط Active Site في صورة تجويف يتكون من حوض أminoية معينة، ويعمل قالباً ترتبط به المادة التي يؤثِّر فيها الإنزيم Substrate، وتُمثل إحدى المواد المتفاعلة، انظر الشكل (24)، علىَّاً بأنه قد يوجد للإنزيم أكثر من موقع نشط.

ترتبط المادة المُتفاعلة بالموقع النشط في الإنزيم؛ فيتشكَّل مركب يُسمَّى معقد الإنزيم-المادة المُتفاعلة Enzyme-Substrate Complex.

من الأمثلة على عمل الإنزيمات: إنزيم تصنيع الغلايكوجين Glycogen Synthase الذي يعمل على ربط الوحدات البناية (الغلوکوز) لتكوين الغلايكوجين، وإنزيم المالتیز Maltase الذي يؤدِّي إلى تفكيك المالتوز إلى جزيئي غلوکوز بوصف ذلك نواتج لتفاعل، انظر الشكل (25).

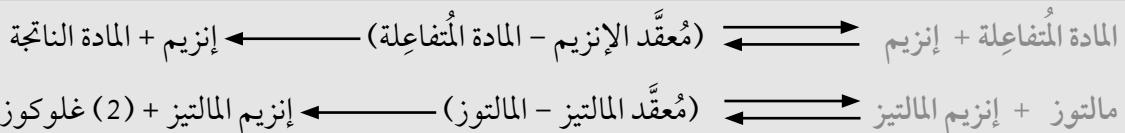
الشكل (24): الموقع النشط في الإنزيم.

► الشكل (25): آلية عمل إنزيم المالتیز.



أتحققَّ ما أهمية الموقع النشط؟

تُمثل آلية عمل الإنزيم بالمعادلة الآتية:



الفرضيات التي تفسّر ارتباط الإنزيم بالمادة التي يؤثّر فيها

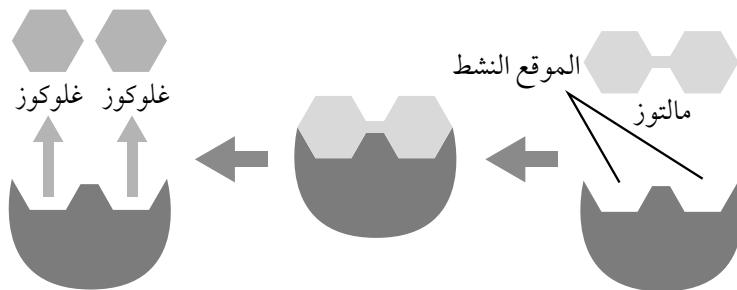
Enzyme- Substrate Binding Hypothesis

وضع العلماء فرضيتين لتفسير عملية ارتباط المادة المُتفاعلّة بالموقع النشط للإنزيم، هما: فرضية القفل والمفتاح Lock-and-Key Hypothesis، وفرضية التلاؤم المستحث Induced-Fit Hypothesis.



فرضية القفل والمفتاح Lock and Key Hypothesis

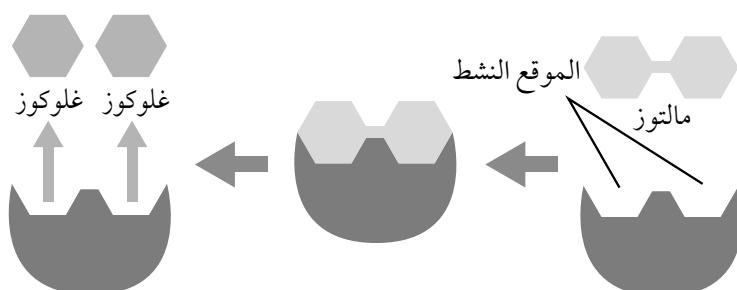
تقوم هذه الفرضية على أنّ شكل المادة المُتفاعلّة والموقع النشط للإنزيم مُستامّان؛ إذ ترتبط المادة المُتفاعلّة بالموقع النشط ارتباطاً كاماً كاماً تداخل مُسَنّات المفتاح بالتجاويف المُتممّة لها في القفل، أنظر الشكل (26).



الشكل (26): ارتباط المادة المُتفاعلّة بالموقع النشط للإنزيم بحسب فرضية القفل والمفتاح.

فرضية التلاؤم المستحث Induced Fit Hypothesis

تنصُّ هذه الفرضية على أنّ شكل الموقع النشط للإنزيم يتغيّر تغيّراً بسيطاً ومؤقتاً عند ارتباط المادة المُتفاعلّة به؛ لكي يُصبح متممّاً لشكلها، أنظر الشكل (27).



الشكل (27): ارتباط المادة المُتفاعلّة بالموقع النشط للإنزيم بحسب فرضية التلاؤم المستحث.

✓ أتحقّق: أيُّ الفرضيتين السابقتين تفسّر ارتباط بعض الإنزيمات في أكثر من مادة؟

العوامل المؤثرة في نشاط الإنزيم

Factors Affecting Enzyme Activity

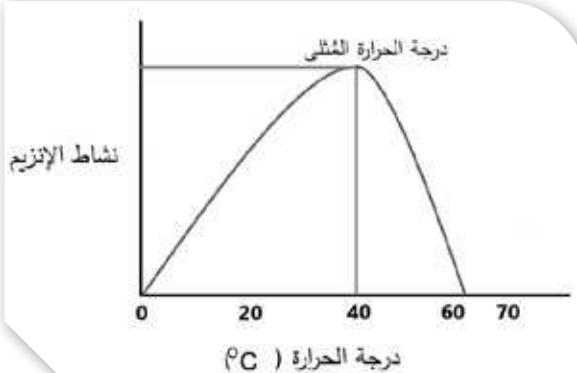
تؤثر بعض العوامل في معدل نشاط الإنزيمات، مثل: درجة الحرارة، والرقم الهيدروجيني pH.



درجة الحرارة Temperature

يتأثر نشاط الإنزيم بدرجة حرارة الوسط الذي يحدث فيه التفاعل؛ فلكل إنزيم درجة حرارة مُثلٍ يكون عندها معدل سرعة التفاعل الذي يُحفّزه الإنزيم أعلى ما يمكن.

عند ارتفاع درجة حرارة الوسط أكثر من درجة الحرارة المثل، فإنَّ شكل البروتين المكوّن للإنزيم يتغيّر؛ ما يؤدي إلى تغيير شكل الموقع النشط، فيقل نشاط الإنزيم تدريجيًّا حتى يفقد قدرته على العمل.



الشكل (28): أثر الحرارة في نشاط الإنزيم.

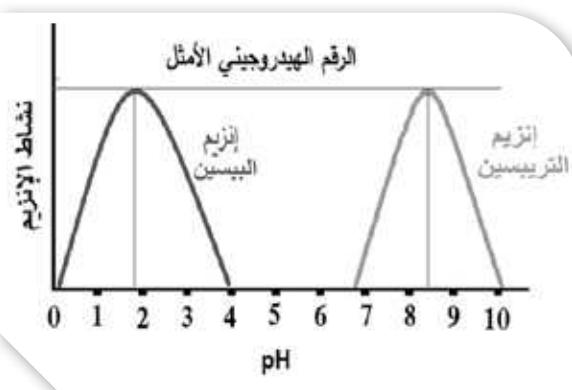
أتبع تأثير نشاط الإنزيم بتغيير درجة الحرارة.

تؤثر معظم الإنزيمات في جسم الإنسان بصورة مُثلٍ عند درجات الحرارة التي تتراوح بين (35°C) و(40°C)؛ أي درجات الحرارة القريبة من درجة حرارة جسم الإنسان (37°C)، انظر الشكل (28).

الرقم الهيدروجيني pH

يتأثر نشاط الإنزيم بالرقم الهيدروجيني pH للوسط الذي يحدث فيه التفاعل؛ فلكل إنزيم رقم هيدروجيني أمثل يكون عنده معدل سرعة التفاعل الذي يُحفّزه الإنزيم أعلى ما يمكن.

أما الرقم الهيدروجيني الأمثل لعمل معظم الإنزيمات في جسم الإنسان فهو ($\text{pH}=8-6$)، ولكن توجد بعض الاستثناءات. فمثلاً، يعمل إنزيم البيسين (إنزيم هضم في المعدة) بأقصى فاعلية عند الرقم الهيدروجيني ($\text{pH}=2$) تقريباً، في حين يعمل إنزيم التريبيسين في الأمعاء عند الرقم الهيدروجيني ($\text{pH}=8$) تقريباً، انظر الشكل (29).



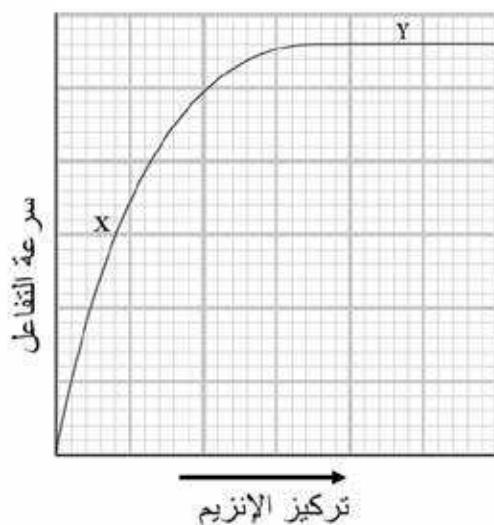
الشكل (29): أثر الرقم الهيدروجيني في نشاط إنزيم البيسين

وإنزيم التريبيسين.

تركيز الإنزيم وتركيز المادة المُتفاعلة

Substrate Concentration and Enzyme Concentration

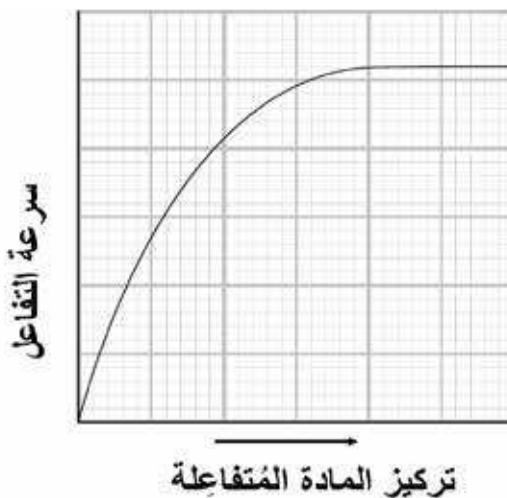
كلما زاد تركيز الإنزيم زادت سرعة التفاعلات الكيميائية؛ فكلما زاد تركيز الإنزيم توافرت أعداد أكبر من المواقع النشطة للتفاعل مع المادة المُتفاعلة. أما عند استهلاك المادة المُتفاعلة، فإن مُعَدَّل سرعة التفاعل يُبيّن بصرف النظر عن مقدار الزيادة في تركيز المادة المُتفاعلة، أنظر الشكل (30).



الشكل (30): العلاقة بين تركيز الإنزيم ومُعَدَّل سرعة التفاعل.
أحدّد أي المراحلين يُبيّن عندها مُعَدَّل سرعة التفاعل مهما زاد تركيز الإنزيم: X أم Y؟

كلما زاد تركيز المادة المُتفاعلة زادت سرعة التفاعل الكيميائي، وصولاً إلى أن تُشغل جميع المواقع النشطة المتوفرة في جزيئات الإنزيم بجزيئات المادة المُتفاعلة. بعد ذلك لا تحدث أي زيادة في سرعة التفاعل بصرف النظر عن مقدار الزيادة في تركيز المادة المُتفاعلة، أنظر الشكل (31).

✓ أتحقق: أذكر سببين لثبات سرعة تفاعل كيميائي يُحفّزه إنزيم ما.



الشكل (31): العلاقة بين تركيز المادة المُتفاعلة ومُعَدَّل سرعة التفاعل.

أثر الحرارة في نشاط إنزيم التريبيسين

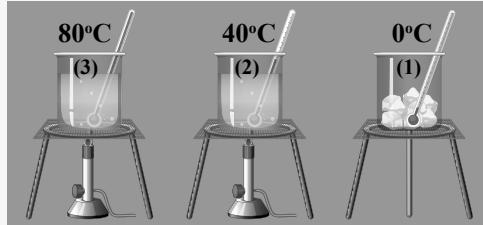


يُحفّز إنزيم التريبيسين تحلل Hydrolysis بروتين الحليب كازين Casein الذي يعطي الحليب لونه الأبيض، فيتحول إلى عديد ببتيد عديم اللون؛ ما يؤدي إلى اختفاء اللون الأبيض للحليب.

المواد والأدوات: mL (15) من إنزيم التريبيسين؛ (15) mL من الحليب السائل؛ (3) أنابيب اختبار؛ ميزان حرارة؛ حامل أنابيب اختبار؛ ماء من الصنبور؛ قلم تخطيط ثابت؛ (3) كؤوس، سعة كل منها mL (250)؛ جليد؛ ملقطان؛ مخبران مُدرّجان؛ مصدرًا حرارة.

إرشادات السلامة: استعمال المياه الساخنة ومصدر الحرارة بحذر.

خطوات العمل:



1 أرقّم أنابيب الاختبار بالأرقام (1-3)، ثم أضع علامة X عليها، ثم أضع كل أنبوب على حامل أنابيب الاختبار.

2 أقيس: أضع في كل أنبوب اختبار mL (5) من الحليب.

3 أضع في الكأس الأولى ماء الصنبور، ثم أضع في الكأس الثانية ماءً درجة حرارته 40°C ، ثم أضع في الكأس الثالثة ماءً درجة حرارته 80°C ، وأحرص أن تظلّ درجة الحرارة في جميع الكؤوس ثابتة، مُستخدماً الجليد إذا لزم ذلك.



4 أضع أنبوب الاختبار الذي يحمل الرقم (1) في الكأس الأولى، ثم أضع أنبوب الاختبار الذي يحمل الرقم (2) في الكأس الثانية، ثم أضع أنبوب الاختبار الذي يحمل الرقم (3) في الكأس الثالثة، مُراعيًّا ألا تكون العلامة X ظاهرة لي؛ أي أن تكون على الجهة الأخرى غير المواجهة لنظري.

5 أجرّب: أضيف إلى كل أنبوب mL (5) من إنزيم التريبيسين.

6 الاحظ بقاء لون الحليب أو اختفائه، ثم أحسب الوقت المستغرق لظهور علامة X على أنابيب الاختبار في حال اختفاء لون الحليب، مدونًا ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج:

1. أصنّف الأنابيب إلى أنابيب ظهرت عليها علامة X، وأنابيب لم تظهر عليها هذه العلامة.
2. أستنتج درجة الحرارة المُثلى لعمل إنزيم التريبيسين.
3. أفسّر سبب عدم ظهور علامة X على أحد أنابيب الاختبار.
4. أتوصل: أناقش زملائي/ زميلاتي في النتائج التي توصلت إليها.

استخدام الإنزيمات المستخلصة من الفواكه الاستوائية في صناعة الخلايا الشمسية

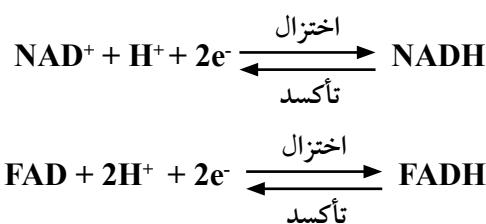
تتطلب صناعة بعض الشرائح الرقيقة المستخدمة في الخلايا الشمسية توافر درجات حرارة مرتفعة، ومبانٍ مالية كبيرة. ولتقليل درجات الحرارة اللازمة لذلك، طور باحثون تقنية عضوية تتضمن صناعة شرائح نانوية رقيقة من مادة أكسيد التيتانيوم، مستفيدين في ذلك من خصائص الإنزيمات؛ إذ تمكّنوا من استخلاص إنزيم البابيين من ثمار فاكهة البابايا الاستوائية، ثم استعملوه مع أكسيد التيتانيوم لإنتاج هذه الشرائح ذات المسامية الكبيرة؛ بغية استخدامها في صناعة الخلايا الشمسية.



العوامل المساعدة ومرافق الإنزيمات Cofactors and Coenzymes

يتطلب عمل الإنزيمات في بعض التفاعلات توافر عوامل عديدة، تُسمى العوامل المساعدة Cofactors. وفي حال كانت العوامل المساعدة للإنزيمات مواد عضوية، فإنّها تُسمى مرافق الإنزيمات Coenzymes.

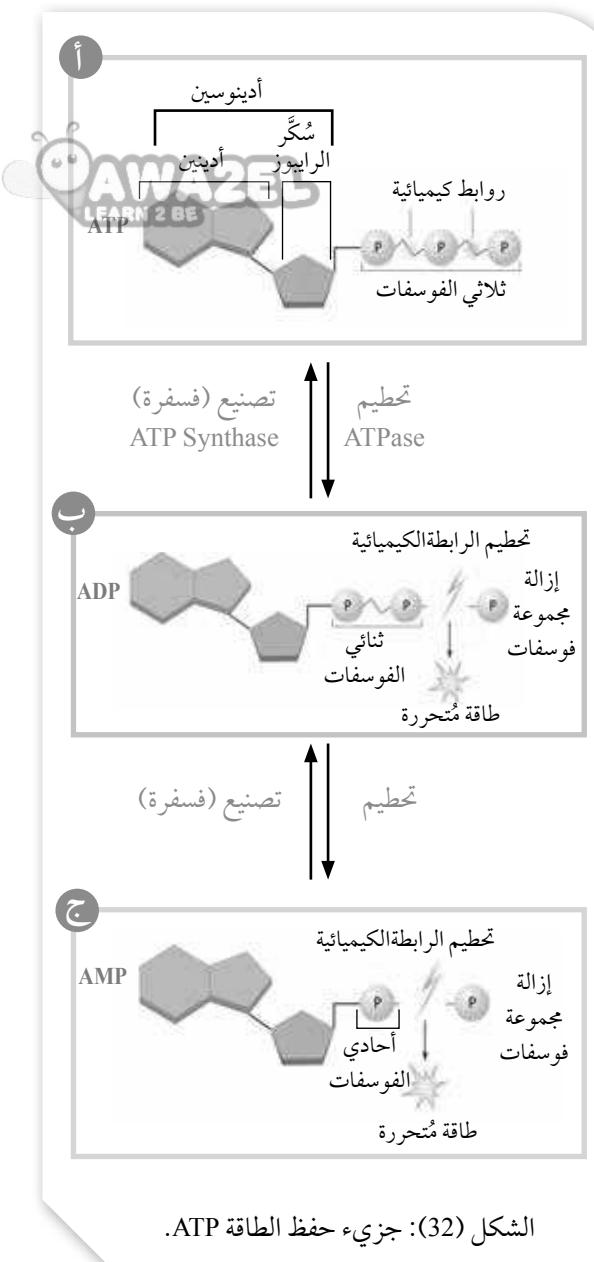
من الأمثلة على مرافق الإنزيم: جزيئات NAD⁺ Nicotinamide وجزيئات FAD Flavin Adenine Dinucleotide، وجزيئات Adenine Dinucleotide التي تعمل بوصفها نوافل للإلكترونات في العديد من تفاعلات الأكسدة والاختزال في الخلية؛ إذ إنّها تستقبل الإلكترونات ذات الطاقة الكبيرة مع البروتونات، فتحتزم إلى NADH و FADH_2 ، ثم تتأكسد - بفقدانها الإلكترونات - إلى جزيئات أخرى، مثل البروتينات الناقلة في سلسلة نقل الإلكترون المرتبطة بالغشاء الداخلي للميتوكوندريا في أثناء عملية التنفس الخلوي، أنظر المعادلين الآتيين.



من الأمثلة الأخرى على مرافق الإنزيم: جزيء NADP⁺، وهو ناقل إلكترونات يستخدم في تفاعلات البناء، مثل عملية البناء الضوئي.

أتحقق: أكتب معادلة اختزال جزيء NAD⁺ إلى NADH

جزيء حفظ الطاقة ATP Energy Storing Molecule



أَفْهَمْ : ممّ يتكوّن جزيء الأدينوسين؟

أتحقق: كم مجموعة فوسفات تلزم لتحويل جزيء ATP إلى جزيء AMP

تحتوي الخلايا على جزيء عضوي يُسمى أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP Adenosine Triphosphate ، وهو يخزن الطاقة اللازمة ل معظم العمليات التي تحدث داخل خلايا الكائنات الحية.

يتكون جزيء حفظ الطاقة ATP من القاعدة النيتروجينية أدينين Adenine، وسكر الرايوز، وثلاثمجموعات من الفوسفات التي تخزن الروابط بينها طاقة كيميائية، أنظر الشكل (32).

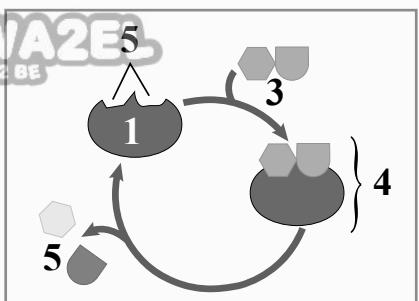
عند تحطيم رابطة بين مجموعة الفوسفات الثانية والثالثة بفعل إنزيم ATP_{ase} ، تحرر الطاقة المختزنة فيها، ويكون جزيء أدينوسين ثنائي الفوسفات ADP أمّا عند تحطيم الرابطة بين مجموعة الفوسفات الثانية والأولى، فينتج مركب أدينوسين أحادي الفوسفاتAMP.

يتكون جزيء حفظ الطاقة ATP من القاعدة النيتروجينية أدينين Adenine، وسكر الرايوز، وثلاثمجموعات من الفوسفات التي تخزن الروابط بينها طاقة كيميائية. يُصنع جزيء حفظ الطاقة ATP بفعل إنزيم ATP Synthase، عن طريق إضافة مجموعة فوسفات إلى جزيء أدينوسين ثنائي الفوسفات ADP في عملية تُسمى الفسفرة. وفيها تخزن الطاقة الكيميائية في الرابطة، ويخفرها (أي عملية الفسفرة) إنزيم تصنيع (ATP synthase) في عملية التنفس الخلوي والبناء الضوئي،

أنظر الشكل (32/أ)، وعند تحطيم رابطة بين مجموعة الفوسفات الثالثة والثانية بفعل إنزيم ATP_{ase} ، تحرر الطاقة المختزنة فيها، ويكون جزيء أدينوسين ثنائي الفوسفات ADP، أنظر الشكل (32/ب).

أمّا عند تحطيم الرابطة بين مجموعة الفوسفات الثانية والأولى، فينتج مركب أدينوسين أحادي الفوسفاتAMP، أنظر الشكل (32/ج).

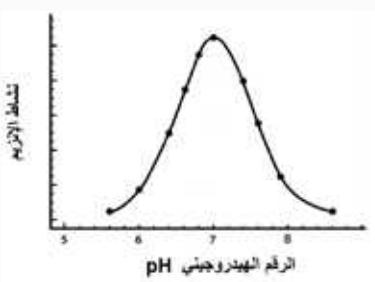
مراجعة الدرس



1. أدرس الشكل المجاور الذي يوضح إحدى الفرضيات التي تفسّر عملية ارتباط المواد المُتفاعلة بإنزيم معين، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

- أ- أكتب اسم هذه الفرضية.
- ب- أكتب اسم المفهوم الذي تشير إليه كلٌ من الأرقام الآتية: 1، 2، 3، 4، 5.

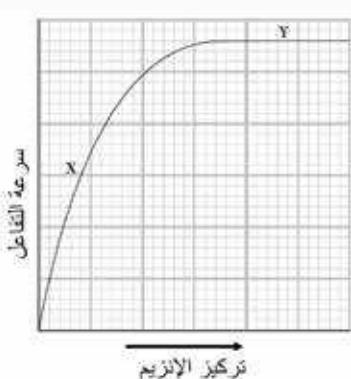
ج- أوضّح: ماذا يحدث للموقع النشط إذا ارتفعت درجة الحرارة المُثلثي التي يعمل فيها؟
د. أفسّر: لماذا يتوقف عمل الإنزيم عند ارتفاع درجة حرارة التفاعل أكثر بكثير من درجة الحرارة المُثلثي؟



2. أدرس الرسم البياني المجاور الذي يوضح أثر الرقم الهيدروجيني للوسط في نشاط إنزيم معين، ثم أجب عن السؤالين الآتيين:

- أ- أحدد الرقم الهيدروجيني الأمثل لعمل هذا الإنزيم.

ب- أستنتج: كيف أعرف أنَّ هذا الإنزيم ليس إنزيم البسيين، مُبرّراً إجابتي؟



3. أدرس الرسم البياني المجاور الذي يوضح تأثير تركيز الإنزيم في سرعة تفاعل محفَّز بالإنزيم، ثم أحدد في ما يأتي العبارة التي تطابق الجزء X أو الجزء Y على الرسم البياني:

- أ- في هذه المرحلة، كلَّما زاد تركيز الإنزيم زادت سرعة التفاعل.

ب- في هذه المرحلة، تُستهلكَ المواد المُتفاعلة جميعها.

ج- في هذه المرحلة، تَثبت سرعة التفاعل بصرف النظر عن مقدار الزيادة في تركيز الإنزيم.

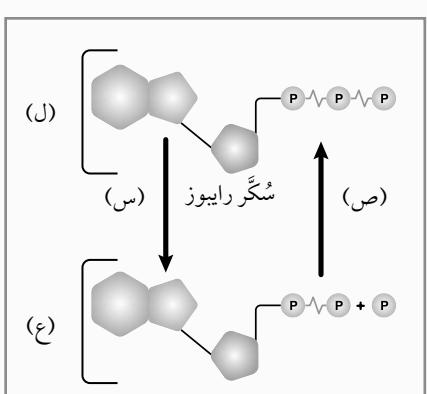
د- في هذه المرحلة، قد تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة مُعدَّل سرعة التفاعل.

4. أدرس الشكل المجاور الذي يمثل جزيء حفظ الطاقة في خلايا الكائن الحيّ، ثم أجب عن السؤالين الآتيين:

- أ- ما اسم كلٌ من الجزيء المشار إليه بالرمز (L)، والجزيء المشار

إليه بالرمز (U)؟

ب- ما العمليتان المشار إليهما بكلٍ من الرمز (S)، والرمز (C)؟



التفاعلات الكيميائية في الخلية

Chemical Reactions in Cell

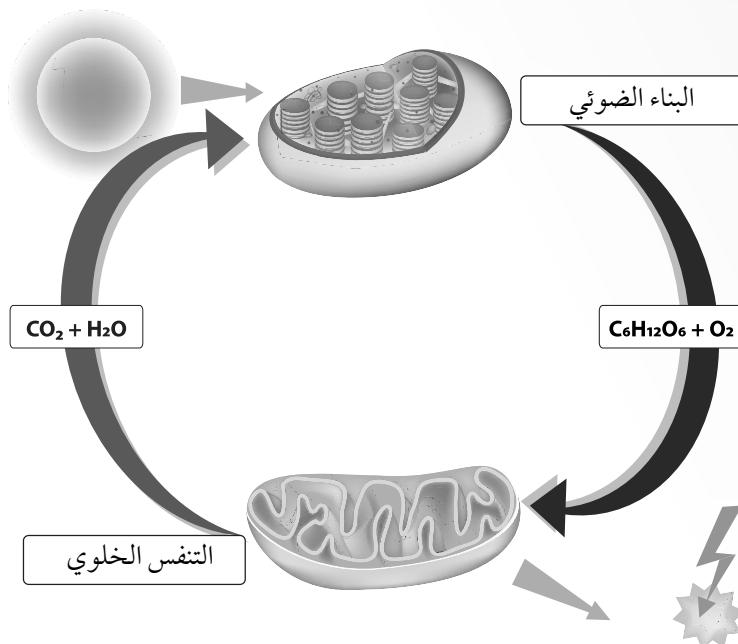
الدرس 3



عمليات الأيض Metabolism

تحدث داخل خلايا الكائن الحيّآلاف التفاعلات الكيميائية التي تُعرف بعمليات الأيض Metabolism، وتتضمن عمليات البناء Anabolism؛ وهي مجموعة التفاعلات الكيميائية التي تُبني فيها جزيئات كبيرة ومتقدمة من جزيئات بسيطة، مثل عملية البناء الضوئي.

وتتضمن عمليات الهدم Catabolism تحطيم بعض الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أبسط؛ لإنتاج الطاقة الكيميائية المخزنة في روابطها، مثل عملية التنفس الخلوي، أنظر الشكل (33).



الشكل (33): التكامل بين عملية التنفس الخلوي وعملية البناء الضوئي.

أتحقق: فيم يستفاد من عمليات الهدم؟

الفكرة الرئيسية:

تحدث داخل جسم الكائن الحيّ تفاعلات كيميائية عِدَّة، منها ما يُخزّن الطاقة في الروابط الكيميائية داخل المركبات العضوية، ومنها ما يحرّر الطاقة المخزّنة اللازمة لأداء الأنشطة الحيوية.

نتائج التعلم:

- أبّين أهمية عمليات الأيض للكائنات الحية.
- أبّين أهمية بعض العمليات التي تحدث في الخلية، مثل: البناء الضوئي، والتنفس الخلوي.
- أستقصي آلية حدوث كلّ من عملية البناء الضوئي، وعملية التنفس الخلوي.
- أميّز عملية التنفس الهوائي من عملية التنفس اللاهوائي.

المفاهيم والمصطلحات:

التحلل الغليكولي Glycolysis

حلقة كربس Krebs Cycle

الأسموزية الكيميائية Chemiosmosis

الفسفرة التأكسدية Oxidative

Phosphorylation

التخمر Fermentation

النظام الضوئي Photosystem

حلقة كالفن Calvin Cycle

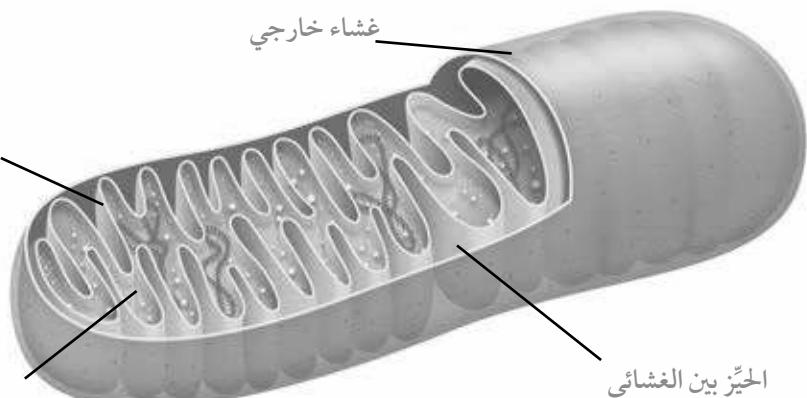
البناء الكيميائي Chemosynthesis

التنفس الخلوي Cellular Respiration

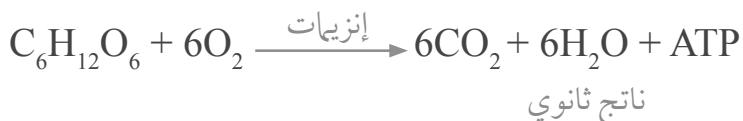
تحدث في عملية التنفس الخلوي سلسلة من التفاعلات، تشمل تحطيم المركبات العضوية (مثل الغلوكوز) داخل الخلايا لانتاج الطاقة. وتحدث معظم تفاعلات التنفس الخلوي في الخلايا حقيقة النوى في الميتوكندريا، انظر الشكل (34).

الشكل (34): تركيب الميتوكندريا.

غشاء داخلي: في صورة اثناءات تسمى الأعراف، وتزيد من مساحة السطح لحدوث التفاعلات الكيميائية.
الخشوة: التي تمثل المنطقة الداخلية للميتوكندريا، وتحتوي الإنزيمات اللازمة لعملية التنفس، إضافةً إلى بعض البروتينات والرنا بروتينات و-DNA.



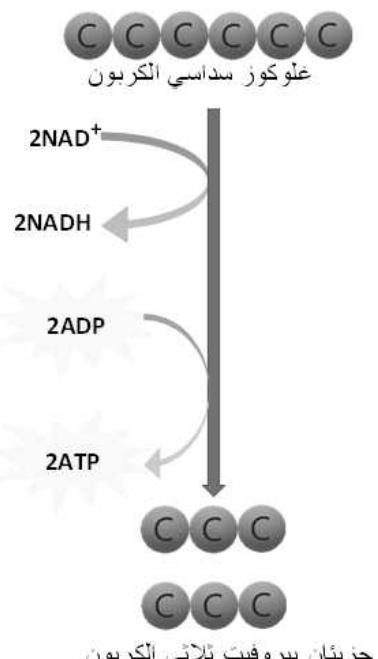
مُمثل تفاعلات التنفس الخلوي بالمعادلة الآتية:



تحدث عملية التنفس الخلوي على مراحلين، هما: مرحلة التحلل الغليكولي (السكري) في السيتوبلازم، ومرحلة التنفس الهوائي في الميتوكندريا.

التحلل الغليكولي Glycolysis

التحلل الغليكولي Glycolysis سلسلة من التفاعلات الكيميائية، تحدث في السيتوبلازم، ولا تحتاج إلى أكسجين. وفيها يتحطم كل جزيء غلوكوز إلى جزيئين من البيروفيت ثلاثي الكربون، ويختزل جزيئاً NAD⁺ إلى جزيئي NADH، فينتج جزيئاً ATP، انظر الشكل (35).



الشكل (35): التحلل الغليكولي.

التنفس الهوائي Aerobic Respiration

إذا توافر الأكسجين، فإن جزيئي البيروفيت ينتقلان إلى حشوة الميتوكندريا.

تشتمل عملية التنفس الهوائي على ثلاث خطوات، هي: أكسدة البيروفيت إلى أستيل مُرافق إنزيم -أ، وحلقة كربس، والفسفة التأكسدية.

● أكسدة البيروفيت إلى أستيل مُرافق إنزيم -أ

يُترَّجع جزيء CO_2 من البيروفيت، فيتكون أستيل ثنائي الكربون في الحشوة. بعد ذلك يتأكسد الأستيل الناتج مُخترِّلاً إلى NADH إلى NAD^+ ، ثم يرتبط مُرافق إنزيم -أ (CO-A) بالأستيل، فيتجز جزيء أستيل مُرافق إنزيم -أ (Acetyl CoA)، انظر الشكل (36). تربط هذه الخطوة بين التحلل الغلايكولي وحلقة كرب.

● حلقة كربس Krebs Cycle

سميت حلقة كربس Krebs Cycle بهذا الاسم نسبةً إلى العالم الذي توصل إلى التفاعلات التي تحدث فيها، وهي تُسمى أيضًا حلقة حمض السيتريك Citric Acid Cycle، وتحدث في الحشوة داخل الميتوكندريا.

تبعد حلقة كربس بتفاعل جزيء أستيل مُرافق إنزيم -أ ثنائي الكربون مع مركب رباعي الكربون يُسمى أوغسالوأسيتate Oxaloacetate، فيتجز حمض سيتريكي سداسي الكربون، ويتحرر مُرافق إنزيم -أ، ثم يدخل حمض السيتريكي في سلسلة من التفاعلات يفقد خلالها جزيئي CO_2 ، ليعاد إنتاج مركب أوغسالوأسيت رباعي الكربون.

في أثناء هذه التفاعلات تُختزل ثلاثة جزيئات من NAD^+ إلى NADH

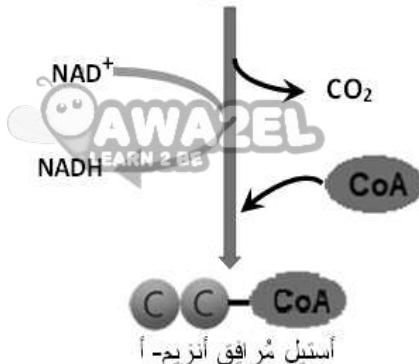
ويُختزل جزيء واحد من FAD إلى FADH_2 ، ويتجز جزيء واحد من ATP بصورة مباشرة.

يُذَكَّر أنَّ حلقة كربس يجب أن تكرر مرتين؛ لأنَّ كل جزيء غلوکوز يتحطم إلى جزيئي بيروفيت في أثناء عملية التحلل الغلايكولي، انظر الشكل (37).

في ما يأتي تلخيص لنتائج تفاعلات التحلل الغلايكولي، وتفاعلات أكسدة البيروفيت إلى أستيل مُرافق إنزيم -أ، والتفاعلات التي تحدث في حلقة كربس: (6) جزيئات من CO_2 ، (4) جزيئات من FADH_2 ، (10) جزيئات من NADH ، وجزيئات من ATP.



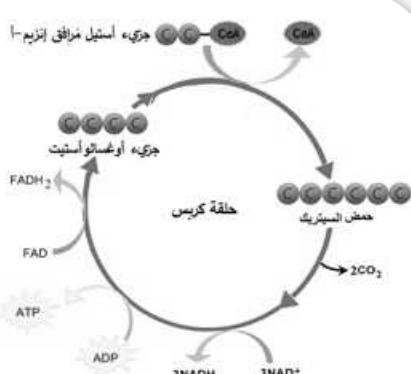
بيروفيت ثلاثة الكربون



الشكل (36): أكسدة جزيء واحد.
أحد نواتج أكسدة جزيء واحد من البيروفيت من البيروفيت إلى أستيل مُرافق إنزيم -أ.

أفكار: كم عدد جزيئات أستيل مُرافق إنزيم -أ التي تنتج من جزيء غلوكوز؟

✓ أتحقق: ما نواتج أكسدة جزيئي بيروفيت؟



الشكل (37): حلقة كربس ذات الدورة الواحدة.
أحد نواتج دوري حلقة كربس.

(الفسفة التأكسدية) سلسلة نقل الإلكترون والأسموزة الكيميائية

Oxidative Phosphorylation (Electron Transport Chain and Chemiosmosis)

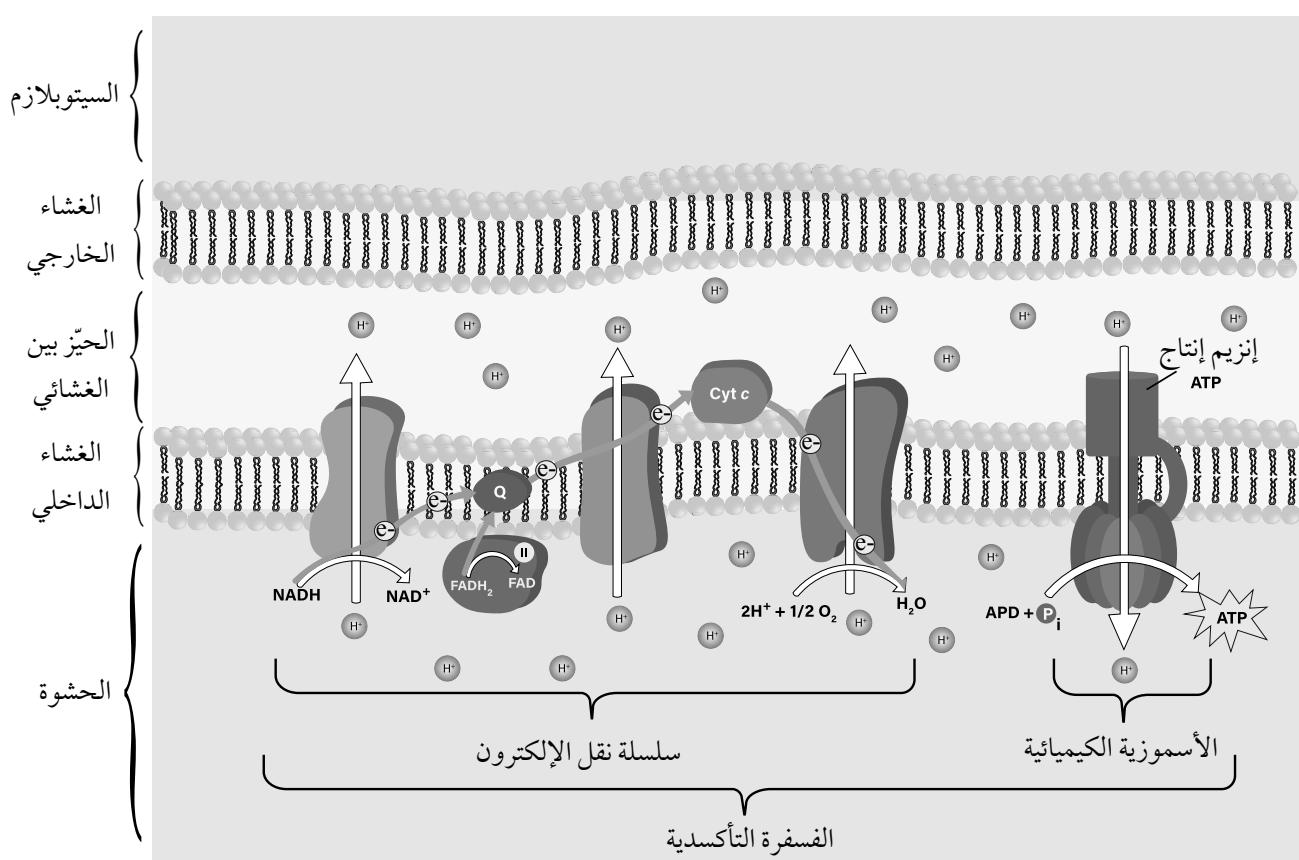
تتكوّن سلاسل نقل الإلكترونات من مجموعة من البروتينات الناقلة والإنزيمات، وتُستخدم طاقة الإلكترونات الناتجة

من أكسدة NADH_2 و FADH_2 في أثناء انتقالها من ناقل بروتيني إلى آخر في صَخْ البروتونات (H^+) من الحشوة إلى الحِيْز بين العشاءين، فيتتج فرق في تركيز البروتونات بين الحِيْز بين العشاءين والخشوة. وما إن تصل الإلكترونات إلى مُستقبلها النهائي (الأكسجين)، حتى يُختزل الأكسجين بالاتحاد مع الإلكترونات والبروتونات الموجودة في الحشوة؛ فيتكون الماء.

بعد ذلك تعود البروتونات (H^+) نتيجة فرق التركيز على جنبي غشاء الميتوكندريا الداخلي إلى داخل الحشوة عن طريق إنزيم تصنيع ATP (ATP synthase) في عملية تُسمى الأسموزة الكيميائية Chemiosmosis، وتحدث فيها فسفة جزيئات ADP إلى ATP.

يُطلق على عملية تصنيع ATP عن طريق سلسلة نقل الإلكترون والأسموزة الكيميائية اسم الفسفة التأكسدية Oxidative Phosphorylation، أنظر الشكل (38).

الشكل (38): الفسفة التأكسدية.



يُوفّر كل جزء من NADH طاقة تكفي لإنتاج (2.5) جزء من ATP ، في حين يُوفّر كل جزء من FADH_2 طاقة تكفي لإنتاج (1.5) جزء من ATP .

ملحوظة: يعتمد الآتي لتسهيل العمليات الحسابية: الطاقة في كل جزء من NADH تكفي لإنتاج ATP (3)، والطاقة في كل جزء من FADH_2 تكفي لإنتاج ATP (2).

مثال

أحسب عدد جزيئات ATP الناتجة من سلسلة نقل الإلكترون عند أكسدة جزء واحد من الغلوكوز.

المعطيات:

عدد جزيئات NADH الناتجة من التحلل السكري هو (2)، وعدد جزيئات NADH الناتجة من أكسدة حمض البيروفيت إلى أستيل مُرافق - أ هو (2)، وعدد جزيئات NADH الناتجة من دوري حلقة كربس هو (6)، فيكون المجموع هو (10) جزيئات. NADH وعدد جزيئات FADH_2 الناتجة من تفاعلات دوري حلقة كربس هو (2).

الحل:

عدد الجزيئات ATP الناتجة من سلسلة نقل الإلكترون: $(10 \times 3) + (2 \times 2) = 34$ جزيئاً.

✓ **أتحقق:** أحدد مكان حدوث العمليات الآتية في الخلية:
التحلل الغلايكولي، أكسدة البيروفيت وإنتاج مُرافق إنزيم - أ، حلقة كربس، الفسفرة التأكسدية.

التفسُّل اللاهوائي والتخمُّر **Anaerobic Respiration and Fermentation**
تعمل بعض الخلايا على أكسدة المواد العضوية وإنتاج الطاقة ATP، من دون استخدام الأكسجين، عن طريق التنفس اللاهوائي، والتخمُّر. وتحدث عمليات التنفس اللاهوائي والتخمُّر في السيتوبلازم.

التفسُّل اللاهوائي

يُلجأ إلى هذا النوع من التنفس بعض أنواع البكتيريا التي تعيش في بيئة تخلو من الأكسجين؛ إذ تستخدم هذه الكائنات سلسلة نقل الإلكترون بوصفها مُستقبلاً نهائياً للإلكترونات من دون استخدام الأكسجين في ذلك. ومن الأمثلة عليها: بكتيريا اختزال الكبريتات التي

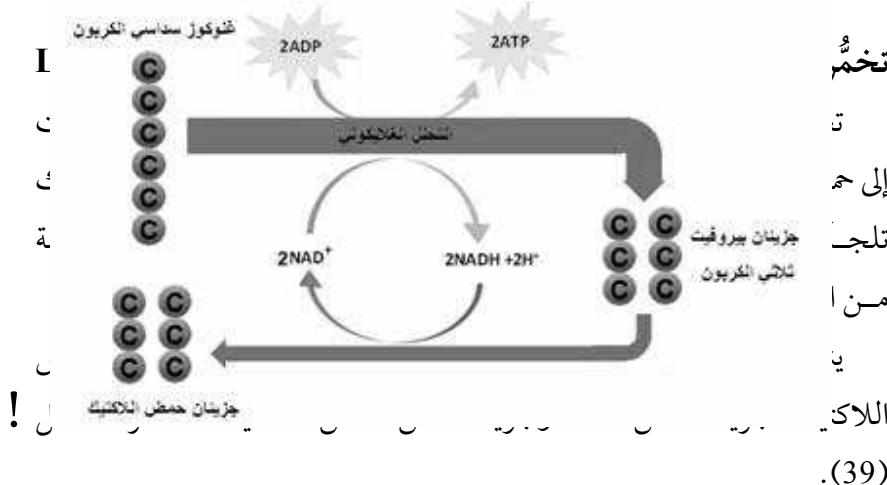
تعيش في المياه الحارة، وتستخدم الكبريتات مُستقبلاً نهائياً للإلكترونات، فينتج كبريتيد الهيدروجين H_2S ؛ وهو مركب غير عضوي يُمثل ناتجاً ثانوياً بدل الماء.

التخمر Fermentation

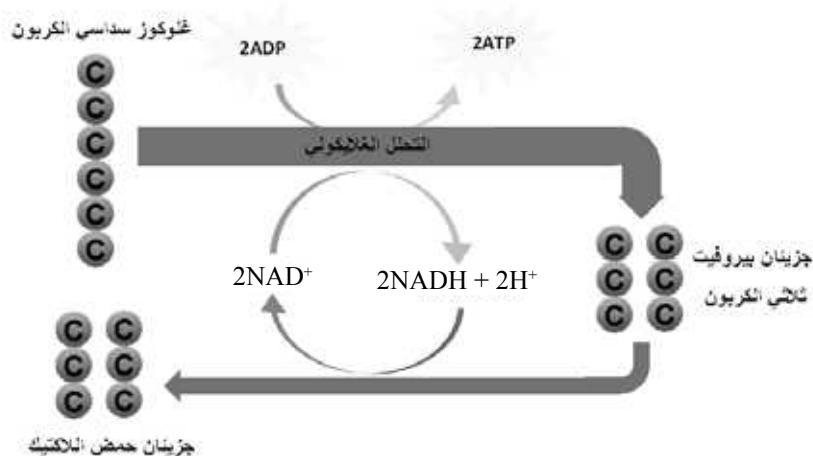
تحدث عملية التخمر Fermentation في السيتوبلازم عند فقد الأكسجين أو قلته عند عدم توافر كميات كافية من الأكسجين، وتبعد بالتحلل الغلايوكولي، ثم تنتقل الإلكترونات من NADH إلى البيروفيت (مركب عضوي) بوصفه مُستقبلاً نهائياً للإلكترونات؛ ليعاد استخدام NAD^+ في التحلل الغلايوكولي.

يوجد نوعان من التخمر بناءً على الناتج النهائي من العملية، هما:

- تخمر حمض اللاكتيك، والتخمر الكحولي.



✓ أتحقق: أقارن بين التنفس اللاهوائي وعملية التخمر من حيث المستقبل النهائي للإلكترونات.



الشكل (39): تخمر حمض اللاكتيك.
أحد مصير جزيئات NAD^+ في نهاية عملية التخمر



استفاد الإنسان من البكتيريا والفطريات التي تعمل على تخمر حمض اللاكتيك في صناعة الألبان والأجبان؛ إذ تحلل هذه البكتيريا سكر اللاكتوز في الحليب، ثم تحوله إلى حمض اللاكتيك، فيتحول الحليب إلى لبن، أنظر الشكل (40).

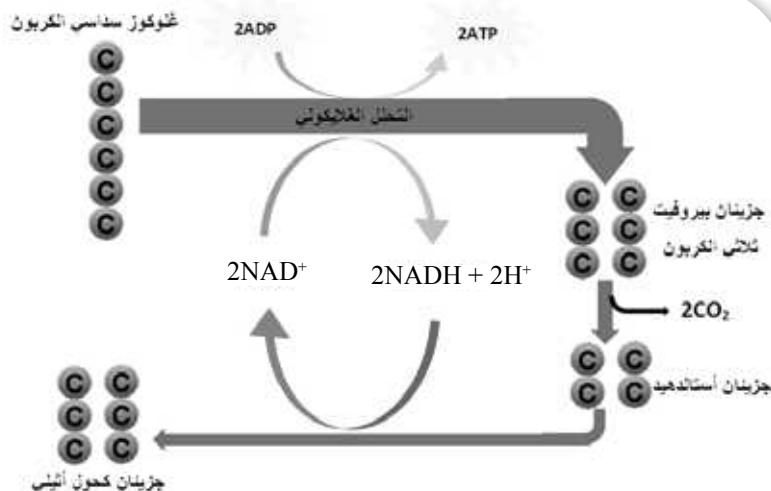
الشكل (40): صناعة اللبن. ◀

التخمر الكحولي Alcoholic Fermentation

يعمل فطر الخميرة وبعض أنواع البكتيريا اللاهوائية على تحويل البيروفيت إلى كحول إيثيلي (Ethanol).

تحدث هذه العملية على مرتين؛ الأولى: تحويل البيروفيت إلى مركب ثنائي الكربون يسمى الأسيتالدهيد، وتحrir غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 . والثانية: احتزال الأسيتالدهيد إلى كحول إيثيلي، أنظر الشكل (41).

الشكل (41): التخمر الكحولي.



أتحققَ:

- أحدّد عدد جزيئات CO_2 الناتجة من عملية التخمر الكحولي لكل جزيء من الغلوكوز.
- أحدّد أوجه التشابه والاختلاف بين عمليتي التخمر في كلٍ من الخميرة وإحدى الخلايا العضلية.

تُستخدم الخميرة في إعداد المعجنات؛ إذ يعمل غاز ثاني أكسيد الكربون المُتحرر من عملية التخمر الكحولي على زيادة حجم العجين وارتفاعه، أنظر الشكل (42).

◀ الشكل (42): رفع العجين.



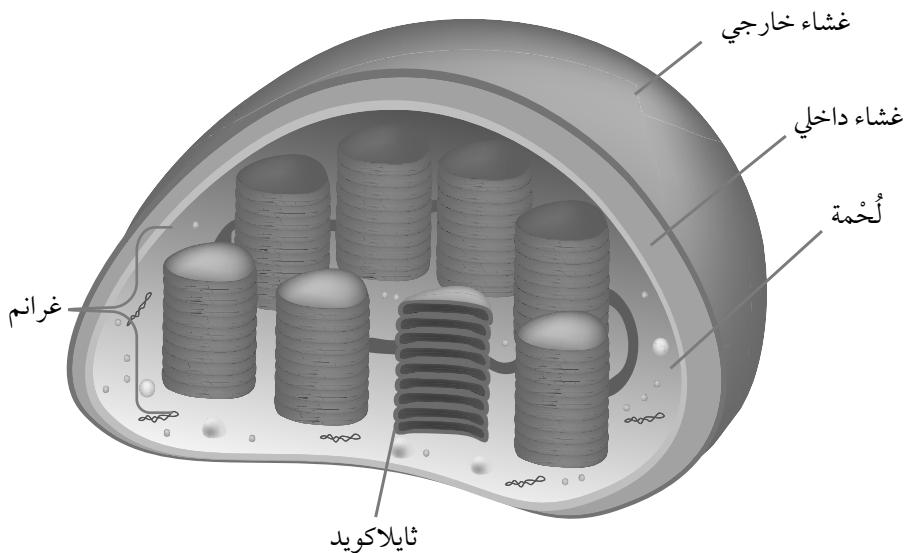
البناء الضوئي Photosynthesis

تحدث في عملية البناء الضوئي سلسلة من التفاعلات، تشمل امتصاص الطاقة الضوئية، ثم تحويلها إلى طاقة كيميائية تخزن في المركبات العضوية. ويمكن تمثيل هذه العملية بالمعادلة الكيميائية الآتية:



تحدث عملية البناء الضوئي في البلاستيدات الخضراء؛ وهي عصيّات تحوي غشاءين (داخلي، وخارجي) يحيطان بالثايالاكويدات Thylakoids وهي مجموعة من الأكياس الغشائية على هيئة أقراص يترتب بعضها فوق بعض، وتسمى الغرانا Grana (مفردها غرانم Granum)، ومتلئ الفراغات المحاطة بها بسائل كثيف يُسمى اللحمة Stroma، أنظر الشكل (43).

◀ الشكل (43): بلاستيدة خضراء.
تحتوي أغشية الثايالاكويدات على الكلوروفيل، وأصياغ أخرى تُمتصن الطاقة الضوئية، وبعض الإنزيمات، ونوافذ للإلكترونات.



النظام الضوئي الأول والنظام الضوئي الثاني

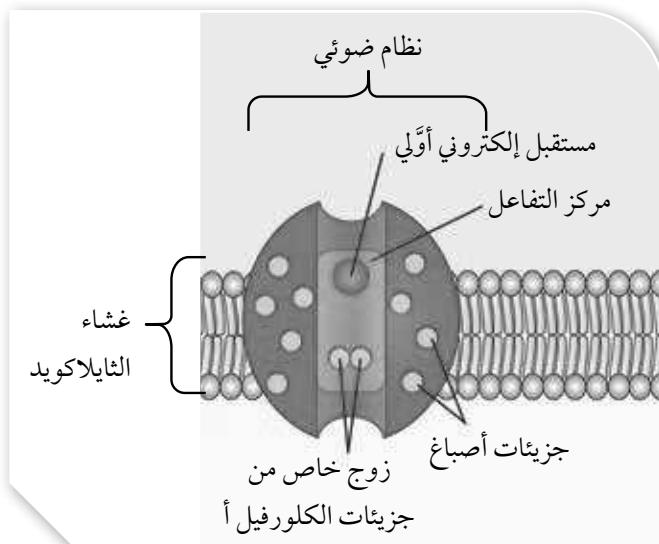
Photosystems PS I and PS II



تحتوي أغشية الثيالاكويدات على نظامين ضوئيين Photosystems، هما: النظام الضوئي الأول PS I، والنظام الضوئي الثاني PS II، ويعتمد ذلك على الطول الموجي للضوء الذي تتصه صبغة الكلوروفيل في كل من النظامين.

يتألف النظام الضوئي من مركز تفاعل Reaction Center Complex ويحتوي على زوج خاص من الكلوروفيل A، ومستقبل إلكترون أولى Primary Electron Acceptor. ويجاط مركز التفاعل بأصباغ أخرى، مثل: الكلوروفيل ب، والكاروتين، أنظر الشكل (44).

الشكل (44):
نظام ضوئي.



يُعرف النظام الضوئي الأول بـ P700؛ لأنَّ الكلوروفيل A في مركز التفاعل يمتص الضوء الذي طوله الموجي 700 نانومتر بأقصى فاعلية. أما النظام الضوئي الثاني فيُعرف بـ P680؛ لأنَّ الكلوروفيل A يمتص الضوء الذي طوله الموجي 680 نانومترًا بأقصى فاعلية.

مراحل عملية البناء الضوئي

تُمرِّر عملية البناء الضوئي بمرحلتين، هما: التفاعلات الضوئية Light Reactions التي تحتاج إلى الضوء، وتحدث في أغشية الثيالاكويدات. والتفاعلات اللاضوئية (تسمى أيضًا حلقة كالفن Calvin Cycle) التي لا تحتاج إلى الضوء، وتحدث في اللحمة.

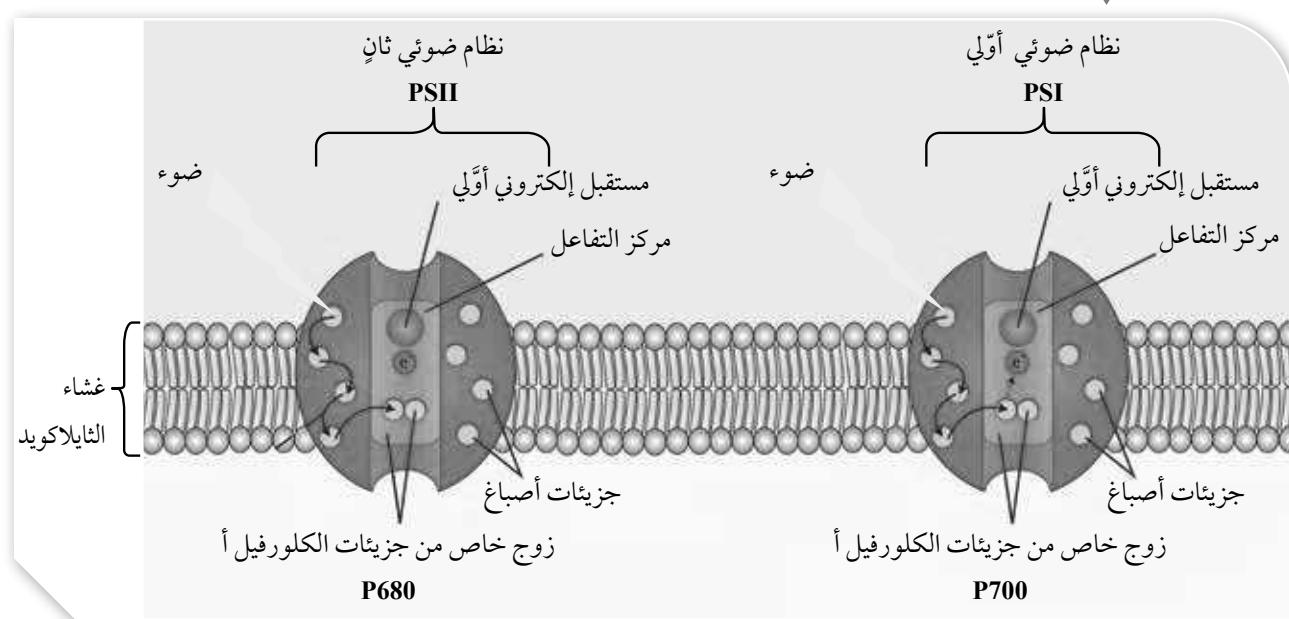
التفاعلات الضوئية Light Reactions

تصنف التفاعلات الضوئية إلى مسارين، هما: مسار التفاعلات الضوئية اللاحلقية، ومسار التفاعلات الضوئية الحلقية.

● مسار التفاعلات الضوئية اللاحلقية Non Cyclic Light Reactions Pathway

يُشارِك النظام I PS II في التفاعلات الضوئية اللاحلقية؛ إذ تختص جزيئات صبغة الكلوروفيل وأصباغ أخرى الطاقة الضوئية في كل من النظامين، فينتقل إلكترون من كل جزيء صبغة إلى مستوى طاقة أعلى، ثم تسرى الطاقة من جزيء صبغة إلى آخر حتى تصل إلى زوج الكلوروفيل أ في مركز التفاعل في كلا النظامين؛ ما يجعله قادرًا على نقل الإلكترونات المستثارة (الواحد تلو الآخر) إلى مستقبل الإلكترون الأولي في كل نظام، أنظر الشكل (45).

الشكل (45): امتصاص الضوء في النظام الضوئي الأول، والنظام الضوئي الثاني.



تؤدي الطاقة الضوئية أيضًا إلى تحلل جزيء ماء إلى إلكترونين، وبروتونين ($2H^+$)، وذرة أكسجين.

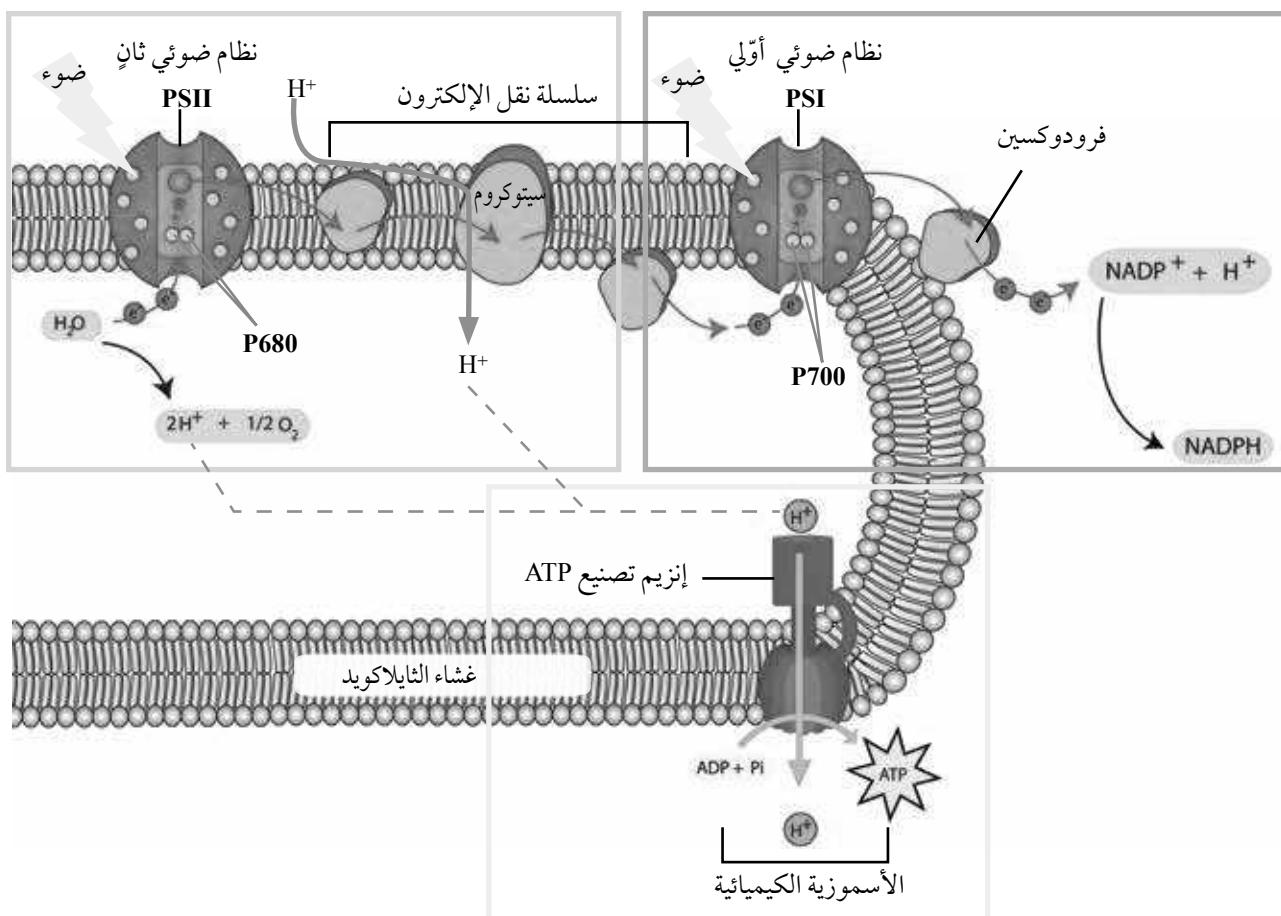
تنطلق الإلكترونات من مستقبل الإلكترون الأولي في النظام الضوئي الثاني إلى النظام الضوئي الأول، ضمن سلسلة نقل الإلكترون Electron Transport Chain التي تتكون من نوافل الإلكترونات، أهمها السيتوクロمات Cytochromes؛ ما يُعوض الإلكترونات التي فقدتها النظم الضوئي الأول. أمّا الإلكترونات المفقودة من زوج الكلوروفيل أ في النظم

الضوئي الثاني فتُعَوِّض عن طريق الإلكترونات الناجين من تحلل الماء. تنتقل الإلكترونات المستشار من مستقبل الإلكترون الأولي في النظام الضوئي الأول إلى NADP^+ ، ضمن سلسلة نقل الإلكترون أخرى، بواسطة بروتين يُسمى الفيرودوكسين Ferrodoxin، فيختزل NADP^+ باستخدام الإلكترونات والبروتونات الناجمة عن تحلل الماء؛ ليتج NADPH .

الشكل (47): التفاعلات الضوئية اللاحقية.

ما مصدر O_2 الناتج من عملية البناء الضوئي؟
ما المستقبل النهائي للإلكترونات في التفاعلات اللاحقية؟ NADP^+

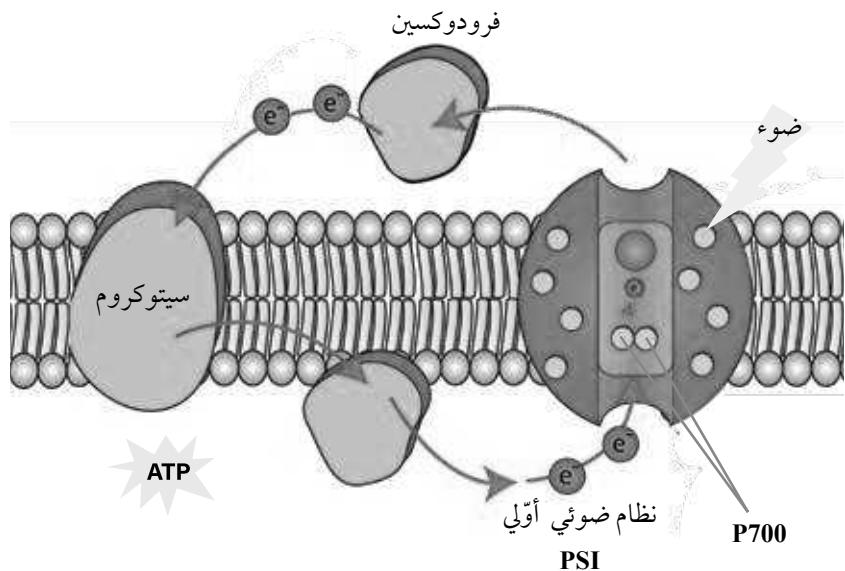
في أثناء انتقال الإلكترونات عبر سلسلة نقل الإلكترون يُستخدم جزء من طاقتها في نقل البروتونات (H^+) من اللحمة إلى داخل فراغ الثيالاكويد، فيتج فرق في تركيز البروتونات بين داخل الثيالاكويد وخارجه. وُتُستخدم الطاقة الناجمة من هذا الفرق في عملية فسفرة جزيئات ADP إلى ATP عن طريق الأسموزة الكيميائية كما هو الحال في عملية التنفس الخلوي، أنظر الشكل (46).



يُذَكَّر أَنَّ نواتج التفاعلات الضوئية ATP و NADPH تُسْتَخَدَم في حلقة كالفن .

● مسار التفاعلات الضوئية الحلقيّة

تُستخدم التفاعلات الضوئية الحلقيّة النظام الضوئي الأوّل فقط لإنتاج ATP. وفيها تسرى الإلكترونات المستشاره بفعل الضوء من P700 إلى مستقبل الإلكترون الأوّلي، ثم إلى بروتين الفيروودوكسين، ثم تعود مَرَّةً أخرى عبر السيتوكروم إلى P700 في النظام الضوئي الأوّل الذي اطلقت منه؛ لذا أطلق على هذه التفاعلات اسم التفاعلات الحلقيّة، وهي تعمل فقط على إنتاج ATP الذي يستخدم في حلقة كالفن، أنظر الشكل (47).



الشكل (47): التفاعلات الضوئية الحلقيّة.

حلقة كالفن Calvin Cycle

تحدث تفاعلات حلقة كالفن في اللحمة؛ إذ تحتوي اللحمة على المواد والإنزيمات الازمة لدوثها.

تمثّل هذه المرحلة مرحلة التصنيع التي تُستخدم فيها نواتج التفاعلات الضوئية ATP و NADPH لاختزال ثاني أكسيد الكربون، وإنتاج مركبات عضوية.

تم تفاعلات حلقة كالفن بثلاث مراحل، هي: مرحلة تشبيك الكربون، ومرحلة إعادة تكوين مستقبل ثاني أكسيد الكربون، ومرحلة الاختزال، أنظر الشكل (48).

أتحقق: أقارن بين مصير الإلكترونات المُنطلقة من مركز التفاعل في كلٍ من التفاعلات الضوئية اللاحلقيّة، والتفاعلات الضوئية الحلقيّة.

2- مرحلة الاختزال Reduction phase

ويتم في هذه المرحلة اختزال كل جزء من حمض غليسرين أحادي الفوسفات PGA إلى مركب يسمى غليسير الدهيد أحادي الفوسفات PGAL باستخدام الطاقة من (6) جزيئات ATP و(6) جزيئات NADPH، فيكون الناتج (6) جزيئات غليسير الدهيد أحادي الفوسفات PGAL. يغادر حلقة كالفن جزء واحد من PGAL لبناء مركبات عضوية مثل الغلوكوز.

3- مرحلة إعادة تكوين مستقبل CO_2 (ريبيولوز)

Regenerating of CO_2 Acceptor phase (RuBP)

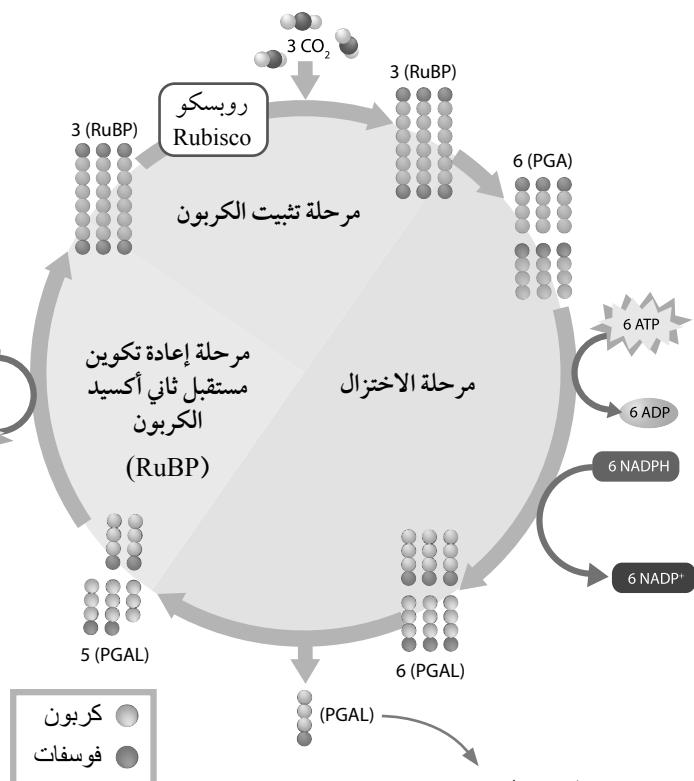
تدخل خمسة جزيئات PGAL المتبقية في سلسلة من التفاعلات المعقّدة لإعادة تكوين ثلاثة جزيئات من السكر الخماسي ريبولوز RuBP من جديد. يستهلك خلالها (3) جزيئات ATP.

1- مرحلة ثبيت الكربون

Carbon Fixation Phase

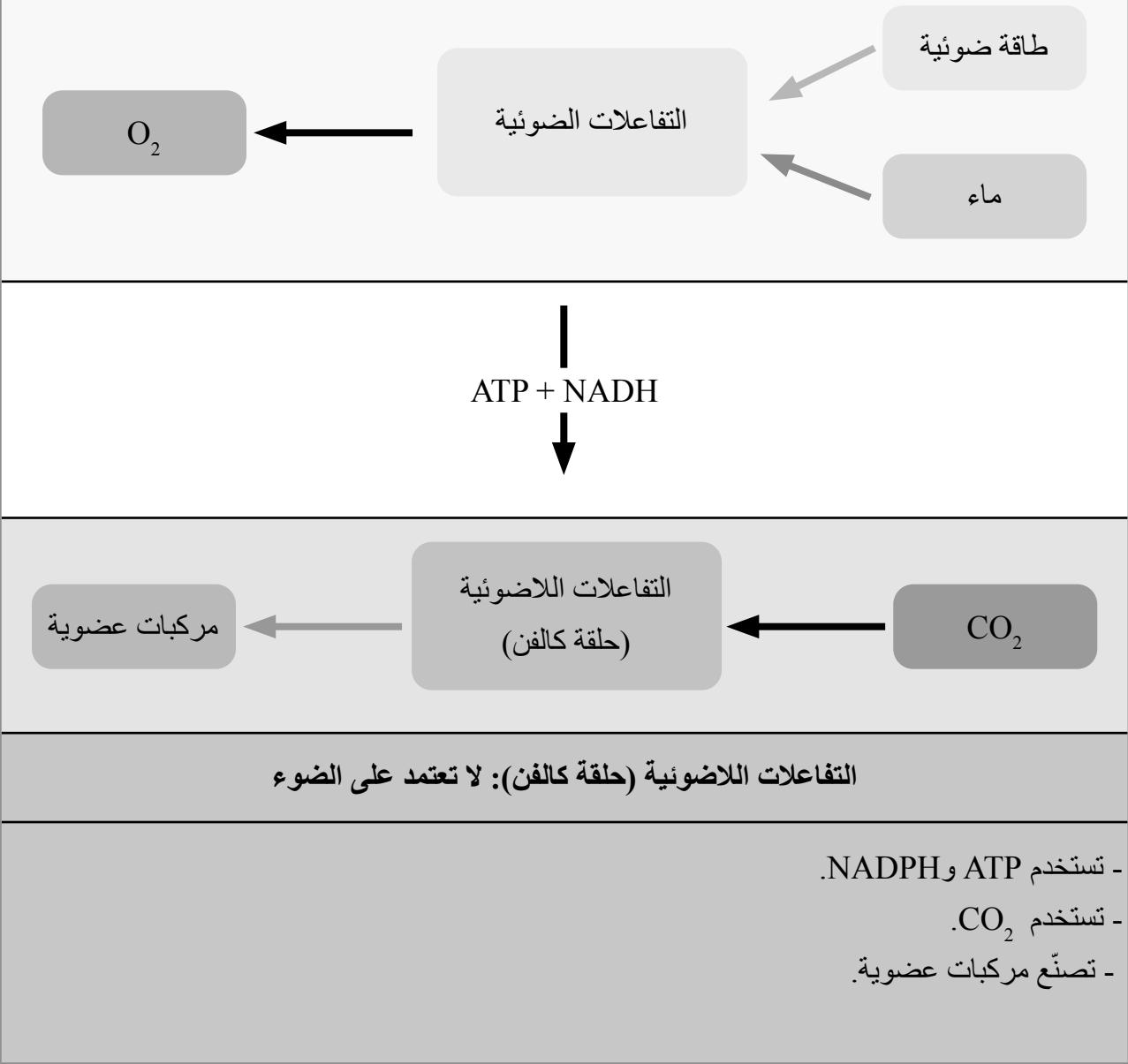
يربط إنزيم يسمى روبسکو ثلاثة جزيئات من CO_2 مع ثلاثة جزيئات من مستقبل CO_2 وهو السكر الخماسي ريبولوز ثنائي الفوسفات RuBP ليتتج (3) جزيئات من سكر سداسي وسطي غير مستقر، لا يلبث أن ينطر كل منها إلى جزيئين من مركب ثلاثي الكربون يسمى حمض الغليسرين أحادي الفوسفات PGA. وتسمى عملية ربط CO_2 مع السكر الخماسي عملية ثبيت الكربون.

الشكل (48): حلقة كالفن.
تكرر حلقة كالفن مرتين لإنتاج جزء واحد من الغلوكوز.



التفاعلات الضوئية: تعتمد على الضوء

- تستخدم الطاقة الضوئية.
- تصنّع NADPH و ATP .
- تحلّل الماء إلى 2H^+ و 2e^- و $\frac{1}{2}\text{O}_2$.
- ينتج الماء كناتج ثانوي.



الشكل (49): ملخص التفاعلات الضوئية واللاضوئية.

إذا كان عدد جزيئات ATP المستهلكة في أثناء حلقة كالفن هو 36 جزيئاً، فأجيب عن الأسئلة الآتية:



- 1- كم مرّة تكرّرت تفاعلات حلقة كالفن؟
- 2- كم عدد جزيئات NADPH المستهلكة؟
- 3- كم عدد جزيئات ATP المستهلكة؟
- 4- كم عدد جزيئات PGAL الناتجة؟ التي تغادر حلقة كالفن واحدة؟
- 5- كم عدد جزيئات الغلوكوز الناتجة؟

المعطيات:

- 1- عدد جزيئات CO_2 المُثبّطة في كل حلقة تفاعل (حلقة كالفن) هو (3) جزيئات.
- 2- المستهلك في كل حلقة هو (9) جزيئات من ATP (6) جزيئات مصدرها التفاعلات الضوئية اللاحقية، و3 جزيئات مصدرها التفاعلات الضوئية الحلقية).
- 3- المستهلك في كل حلقة هو (6) جزيئات من NADPH، مصدرها التفاعلات الضوئية اللاحقية.
- 4- إنتاج جزيء واحد من PGAL يتطلّب توافر (9) جزيئات من ATP، و(6) جزيئات من NADPH، و(3) جزيئات من CO_2 ، و(3) جزيئات من السُّكَّر الخماسي ريبولوز ثنائي الفوسفات.
- 5- إنتاج جزيء واحد من الغلوكوز يتطلّب حدوث حلقتين لكافن (يلزم توافر (18) جزيئاً من ATP، و(12) جزيئاً من NADPH، وثبتت (6) جزيئات من CO_2).

الحل:

- 1- تكرّرت تفاعلات حلقة كالفن 4 مرات: $\frac{9}{36} = 4$ مرات.
- 2- عدد جزيئات NADPH المستهلكة هو 24 جزيئاً: $6 \times 4 = 24$ جزيئاً.
- 3- عدد جزيئات ATP المستهلكة هو 36 جزيئاً: $9 \times 4 = 36$ جزيئاً.
- 4- عدد جزيئات PGAL الناتجة (بوصفها ناتجاً نهائياً) هو 4 جزيئات.
- 5- عدد جزيئات الغلوكوز الناتجة هو جزيئان: $.2 = \frac{2}{4}$

أتحقق:

أ- أدرس الجدول الآتي الذي يُمثل الجزيئات التي تُستهلك في

دورتين من حلقة كالفن لإنتاج جزء

واحد من الغلوكوز، ثم أكتب العدد اللازم من كل جزء وردد ذكره
في الجدول لإتمام دورتين من حلقة كالفن.

NADPH	ATP	CO_2	الجزئيات
	18		العدد اللازم

ب- أحسب عدد ذرات الكربون في 5 جزيئات من PGAL ، ثم
أربط بينها وبين عدد ذرات الكربون في 3 جزيئات من السُّكَّر
الخماسي ريبولوز ثنائي الفوسفات.

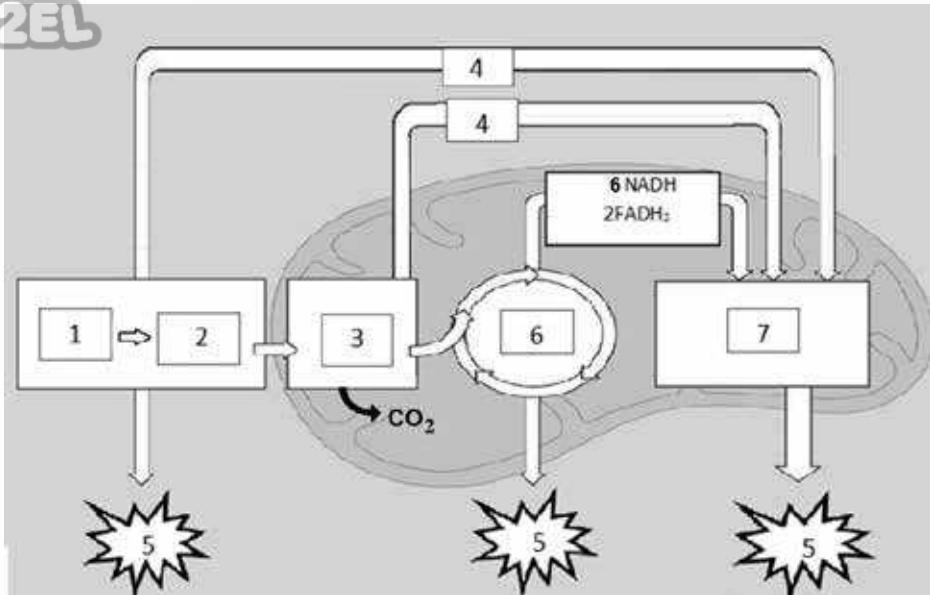
الربط بالเทคโนโลยيا

البناء الضوئي الصناعي Artificial Photosynthesis

للحدّ من المشكلات البيئية الناجمة عن استخدام الوقود الأحفوري،
مثل: التغيير المناخي، وظاهرة الاحتباس الحراري Global warming التي
سببها انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون، وتوفير ما يلزم من موارد البيئة
عالمياً؛ تتوالى جهود العلماء لإيجاد تقنيات رخيصة ونظيفة تحاكي عملية
البناء الضوئي صناعياً، مثل: تصنيع ورقة نبات صناعية يُمكنها امتصاص
الطاقة الشمسية، وتحليل الماء لإنتاج الهيدروجين واستخدامه وقوداً، أو
استخدامه في إنتاج أنواع وقود أخرى متجددة وآمنة ومستدامة؛ وإنتاج
الغذاء والأسمدة والأدوية بكفاءة أكبر من كفاءة طاقة الكتلة الحيوية
لأوراق النباتات.

مراجعة الدرس

1. أدرس الشكل الآتي الذي يُبيّن مراحل التنفس الخلوي، ثم أجب عن السؤالين التاليين:



أ. أكتب ما يشير إليه كل رقم من الأرقام (1-7) في الشكل، مستخدماً المفاهيم الآتية:

جزيئاً بيروفيت، فسفرة تأكسدية، NADH، غلوكوز، ATP، دورتان من حلقة كربس، جزيئاً أستيل مُرافق إنزيم – أ.

ب. أحسب عدد جزيئات ATP الكلية الناتجة من أكسدة جزيء واحد من الغلوكوز.

2. في أي مراحل عملية البناء الضوئي يحدث كل مما يأتي:

أ. تثبيت CO_2 .

ب. تحلل H_2O .

ج. اختزال حمض الغليسرين أحادي الفوسفات (PGAL) إلى غليسير ألدヒيد أحادي الفوسفات (PGAL).

د. إنتاج ATP.

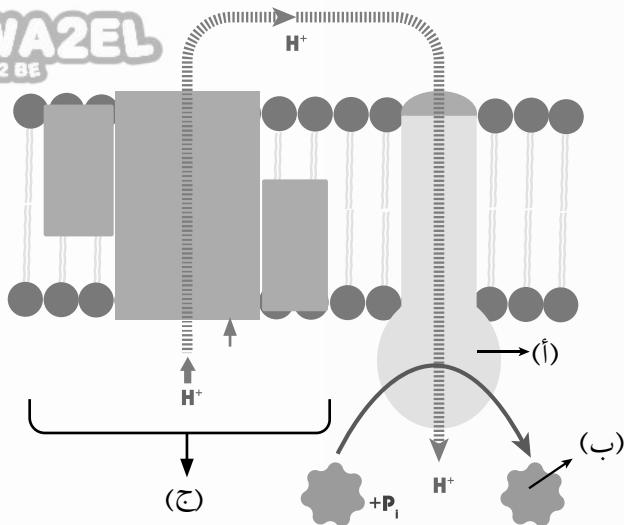
3. أ. ما مستقبل الإلكترونات النهائي لكلاً مما يأتي:

1. سلسلة نقل الإلكترون في التنفس الهوائي.

2. عملية التنفس اللاهوائي لبكتيريا المياه الحارة.

ب. أذكر اسم المركب الناتج في كلٍّ منهما.

4. أوضح أهمية التخمر في إنتاج الطاقة عند فقد الأكسجين، ودور الماء في عملية التنفس الهوائي.



5. أدرس الشكل المجاور الذي يمثل التكامل بين عمليتي التنفس الخلوي والبناء الضوئي، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

أ. ذكر أسماء الأجزاء المشار إليها بالرموز: أ، ب، ج، التي توجد في كل من الميتوكندريا، والبلاستيدية الخضراء.

ب. أوضح آلية عمل الأسموزية الكيميائية في تصنيع جزيئات ATP في كل من الميتوكندريا، والبلاستيدية الخضراء.

ج. ما أهمية الانتناءات (الأعراف) لتفاعلات سلسلة نقل الإلكترون؟

د. مم ي تكون مركز التفاعل في النظام الضوئي للبلاستيدية؟

الإثراء والتلوّح

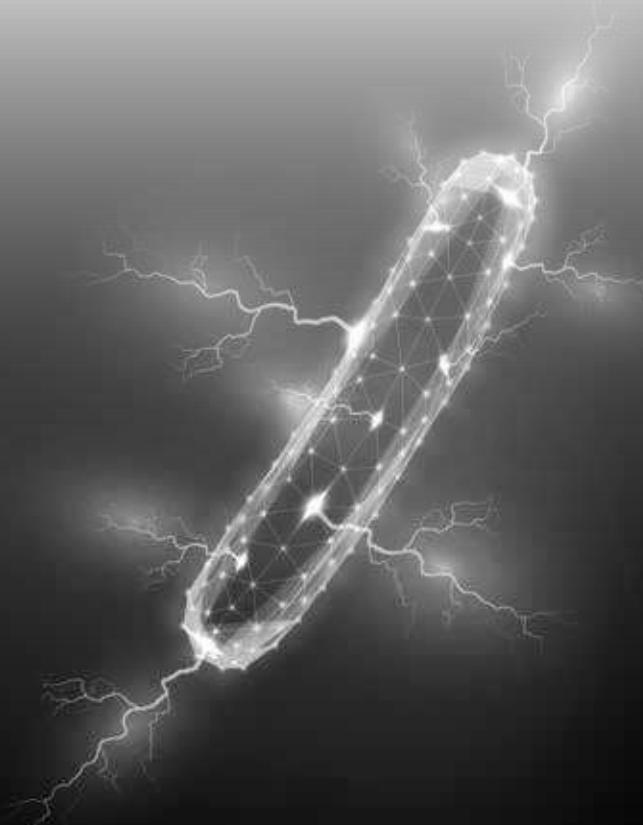
البكتيريا والطاقة Bacteria and energy



تعمل بعض الكائنات الحية الدقيقة اللاهوائية على إنتاج مواد عضوية في عملية تسمى البناء الكيميائي؛ إذ تستخدم هذه الأنواع بعض المواد التي تأكسد بسهولة، بوصفها مصدراً للإلكترونات مثل H_2S ، بدلاً من الماء. ومن الأمثلة عليها: بعض أنواع الأثيريات، وبكتيريا المياه الحارة التي تعيش في بيئات لا يصلها الضوء، وبكتيريا تأكسد الكبريت.

يمكن لبعض أنواع البكتيريا اللاهوائية التي تعيش في المناجم وفي قاع البحيرات أن تحصل على الطاقة عن طريق استخدام الإلكترونات الموجودة في البيئة المحيطة. وقد اكتشف باحثون من جامعة ماساتشوستس الأمريكية أنَّ بكتيريا جيوباكتر *Geobacter* تتخلص من الإلكترونات التي توجد داخلها باستعمال شعيرات طويلة؛ وهي تراكيب تنتشر على سطح الخلايا البكتيرية، وتتكون من ألف نانوية موصلة للكهرباء ويعتقد أنها تتكون من بروتينات تُشبه السيتوクロمات *Cytochromes*.

يسعى العلماء إلى الاستفادة من خصائص البكتيريا الموصلة للكهرباء في إنتاج تكنولوجيا حية وصديقة للبيئة، تُستخدم في الحالات الطبية، وتوليد الكهرباء، وتعقيم المياه الجوفية.

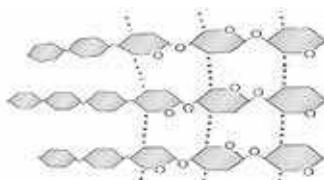


مراجعة الوحدة

السؤال الأول:

لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أحدها:

1. أحد أنواع الكربوهيدرات الذي يمثله الشكل المجاور هو:



أ. السيليلوز.

ب. النشا.

ج. الغلوكوجين.

د. السُّكَّر الثنائي.

2. الغلوكوجين من السُّكَّريات المتعددة التي تُستخدم لتخزين الطاقة في:

أ. الحيوانات. ب. النباتات.

ج. الفطريات. د. البكتيريا.

3. يُعدّ الغلوکوز والغلاكتوز من السُّكَّريات:

أ. الأحادية. ب. الثنائية.

ج. الثلاثية. د. المتعددة.

4. يشير الحرف (أ) في الشكل المجاور إلى:

أ. مجموعة كاربوکسيل.

ب. مجموعة أمين.

ج. جزيء غليسروول.

د. مجموعة هيدروکسيل.

5. إحدى الخصائص الآتية تُنطبق على البروتينات الليفية:

أ. الذوبان في الماء.

ب. وجود سلاسلها الجانبية R القطبية في اتجاه الخارج،

مُواجهةً للمحاليل المائية التي تحيط بها.

ج. من الأمثلة عليها الهيموغلوبين.

د. وجود سلاسلها الجانبية R غير القطبية في اتجاه

الخارج، مُواجهةً للمحاليل المائية.

6. الترتيب الصحيح للبيادات المُفسَّرة في الغشاء البلازمي

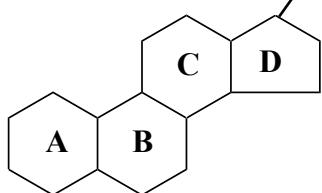


للخلية هو:
أ. ب. ج. د.

7. الصيغة البنائية التي يُمثلُها الشكل المجاور هي للمركب

مجموعه كيميائيه

العضوی:



أ. السيليلوز.

ب. النشا.

ج. البروتين.

د. الستيرويد.

8. فصيلة دم الشخص الذي يستقبل الدم من فصائل الدم

جميعها، لكنه لا يستطيع التبرع بالدم إلا

لأشخاص من فصيلة دمه فقط، هي:

أ. AB⁺ ب. O⁻ ج. O⁺ د. AB⁺

9. إحدى العبارات الآتية غير صحيحة في ما يتعلق

بالحموض النووي RNA و DNA:

أ. احتواء RNA على القاعدة النيتروجينية يوراسيل.

ب. احتواء DNA على القاعدة النيتروجينية يوراسيل.

ج. احتواء RNA على القاعدة النيتروجينية ثايمين.

د. تكون DNA من سلسلة واحدة، وتكون RNA من

سلسلتين لولبيتين.

10. إحدى الآتية لا تُعدُّ جزءاً من النيوكليوتيديات:

أ. الفوسفات. ب. الغليسروول.

ج. القاعدة النيتروجينية. د. السُّكَّر الخماسي.

11. الدور الرئيس للتفاعلات في حلقة كربس هو:

أ. إنتاج الطاقة.

ب. إنتاج CO₂.

جـ- اختزال NAD⁺، وFAD؛ لاستخدامهما في الفسفرة التأكسدية.

دـ- إنتاج مركب رباعي الكربون وحمض سيتريك في السيتو بلازم.

مراجعة الوحدة

12. الطول الموجي الذي تمتلكه صبغة النظام الأول الضوء بأقصى فاعلية بوحدة النانومتر (nm) هو:

د. 76

ج. 680

ب. 700

أ. 860.

13. مصدر الطاقة الذي يُنتج المواد العضوية في حلقة كالفن هو:

د. $\text{ATP}, \text{H}_2\text{O}$

ج. ATP, NADPH

ب. O_2, NADPH

أ. CO_2, ATP

14. إحدى العبارات الآتية تنطبق على الكائنات الحية التي تقوم بعملية البناء الكيميائي:

أ. عدم إنتاجها جزيئات مركبات عضوية.

ب. استخدامها الضوء مصدرًا للطاقة.

د. استخدامها H_2S مصدرًا للإلكترونات بدل الماء.

ج. تمثل أنواعاً من النباتات.

15. إذا أُنتج 12 جزيئاً من CO_2 في عملية تنفس هوائي، فإن عدد جزيئات الغلوكوز المتأكسدة هو:

أ. جزيء واحد.

ج. ثلاثة جزيئات.

ب. جزيتان.

د. أربعة جزيئات.

16. عملية فقدان الإلكترونات جزيء NADH تسمى:

د. بناء كيميائيًا.

ج. فسفرة.

ب. اختزال.

أ. أكسدة.

17. تُنتج جزيئات ATP من العمليات الآتية جميعها باستثناء:

د. التحلل الغلايكولي.

ج. سلسلة نقل الإلكترون.

ب. حلقة كربس.

أ. حلقة كالفن.

18. مصدر الأكسجين المنطلق من عملية البناء الضوئي هو:

د. الماء.

ب. ثاني أكسيد الكربون.

ج. الغلوكوز.

أ. الهواء.

السؤال الثاني:

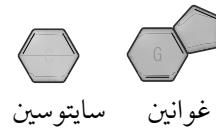
أصل بين المصطلح العلمي والوصف المناسب له في ما يأتي:

الطاقة اللازمة لبدء التفاعل الكيميائي.	أ	الرابطة الغلايكوسيدية
بروتين يتصل بسلسلة أو أكثر من السكريات.	ب	التحلل الغلايكولي
رابطة تساهيمية تربط بين الغليسروول والحموض الدهنية.	ج	ATP
تحلل الغلوكوز لإنتاج جزيئي بيروفيت.	د	مرافقات الإنزيم
جزيء حفظ الطاقة الذي يتكون من الأدينين، وسكر الرايبوز، وثلاث مجموعات من الفوسفات.	هـ	بيرمدين
بروتين أولى.	و	الرابطة الإسترية
السيليلوز.	ز	البروتينات السكرية
تحدث تفاعلاتها في اللحمة داخل البلاستيد.	ح	طاقة التشغيل
قواعد نيتروجينية تتكون من حلقة واحدة، ويتمثلها الأدينين والغوانين.	ط	حلقة كالفن
رابطة تساهيمية تربط بين جزيئات الغلوكوز.	ي	البناء الصناعي
تحدث تفاعلاتها في الحشوة داخل الميتوكندريا.	كـ	يتكون من سلسلة من الحموض الأمينية
استخدام ورقة نبات صناعية قادرة على امتصاص الطاقة الشمسية، وتحليل الماء.	لـ	حلقة كربس
عوامل معايدة عضوية للإنزيمات.	مـ	تملح جدران الخلايا النباتية المرونة والقوية

السؤال الثالث:

بناءً على دراستي الحموض النووية، أجيب عن السؤالين الآتيين:
أ. أصنّف الحمض النووي في الشكل المجاور إلى DNA و RNA،
مُفسّراً إجابتي.

ب. ما نسبة السايتوسين في قطعة من DNA إذا كانت نسبة
الغوانين فيها (42%)؟



أدينين

سايتوسين



غوانين

السؤال الرابع:

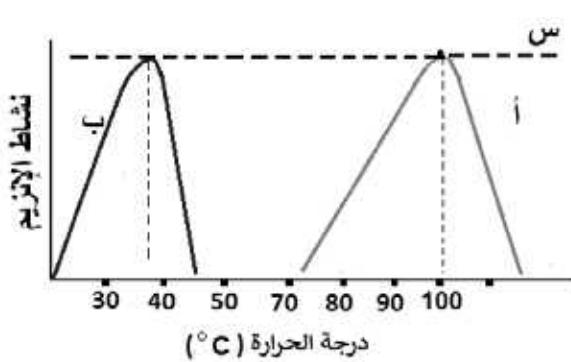
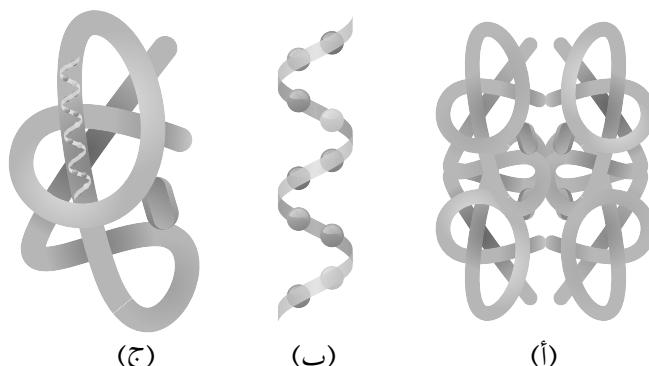
شخص فصيلة دمه AB:

أ. ما أنواع مُولّدات الضد على سطح خلايا دمه الحمراء بحسب نظام ABO؟

ب. أُفّسر: لماذا يحدث تخلّل في الدم لدى شخص فصيلة دمه O عند نقل دم إليه من الشخص الذي فصيلة دمه AB؟

السؤال الخامس:

أُحدّد مستوى تركيب كُلٌّ من البروتينات الآتية:



السؤال السادس:

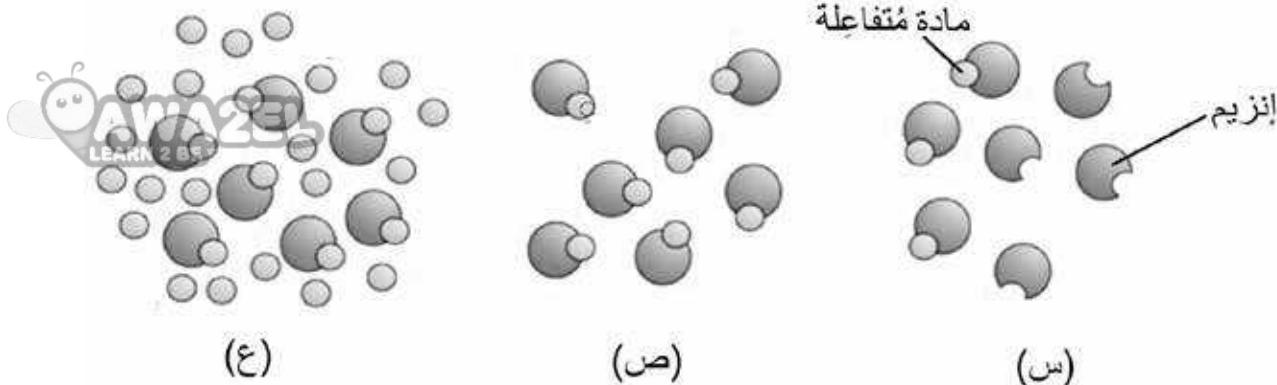
يُمثل الشكل المجاور العلاقة بين نشاط إنزيمات معينة لكائين حيَّن مختلفين (أ، ب):

أ. ماذا تُسمّى درجة الحرارة التي يصل فيها نشاط الإنزيم إلى النقطة س؟

ب. أيُّ الكائين يُمثل بكتيريا تعيش في المياه الحارّة،
مُفسّراً إجابتي؟

السؤال السادس:

أدرس الشكل الآتي الذي يُبيّن أثر زيادة تركيز المادة المُتفاعلة في مُعَدَّل سرعة التفاعل، ثم أجب عن السؤالين التاليين:



أ. أي الحالات (س، ص، ع) يمكن فيها زيادة مُعَدَّل سرعة التفاعل عند زيادة تركيز المادة المُتفاعلة؟

ب. أحدد الحالة التي يكون فيها الإنزيم مُشبِّعاً بال المادة المُتفاعلة.

السؤال الثامن:

أحدّد عدد الجزيئات الناتجة من كل مرحلة من المراحل الوارد ذكرها في الجدول الآتي:

المرحلة	عدد جزيئات NADH	عدد جزيئات FADH ₂	عدد جزيئات ATP مباشرةً	عدد جزيئات CO ₂ الناتجة	عدد جزيئات الناتجة من سلسلة نقل الإلكترون	عدد جزيئات ATP الكلية
التحلل الغلايوكولي						
أكسدة البيروفيت (جزيئان)						
حلقة كربس (دورتان)						
مجموع جزيئات ATP						

السؤال التاسع:

في أشهر زمنية مُحدَّدة من عام 1930م، وصف أطباء التغذية للأشخاص من ذوي الوزن الزائد كمياتٍ قليلةً من مركَّب يُسمَّى داينيتروفينول Dinitrophenol بوصفه عقاراً يساعدهم على فقدان الوزن الزائد، ولكن سرعان ما حُظر هذا المركَّب بعد تسبُّبه في وفاة بعضهم.

يجعل هذا المركَّب غشاء الميتوكندريا الداخلي نفاذًا للبروتونات H⁺؛ فتتسرب من منطقة الحِيز بين الغشائي إلى داخل الحشوة.

أفسَّر: كيف يُسبِّب هذا المركَّب لبعض متعاطيه الجفاف، والإنهاك الشديد، وفقدان الوزن، والموت المفاجئ؟

السؤال العاشر:

يُنتج من تفاعلات حلقة كالفن مركباتٌ عضويةٌ تخزن الطاقة:

أ. أفسر: لماذا تعتمد حلقة كالفن على التفاعلات الضوئية؟

ب. أوضح العمليات التي تحدث في مرحلة الاختزال داخل حلقة كالفن.

السؤال الحادي عشر:

أحدّد أوجه التشابه والاختلاف بين كلّ ما يأْتِي:

أ. التنفس الخلوي في خلية عضلية للاعب في بداية سباق طويل المسافة (ماراثون)، والتنفس الخلوي في الخلية العضلية نفسها لهذا اللاعب في نهاية السباق.

ب. التفاعلات الضوئية الحلقيَّة، والتفاعلات الضوئية اللاحلقيَّة.

السؤال الثاني عشر:

ادرس المخطط المجاور الذي يُبيّن خطوات عملية التخمر الكحولي، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

أ. ما اسم المرحلة المشار إليها بالرمز (ص)؟ أين تحدث؟

ب. ما اسم المركب المشار إليه بالرمز (س)؟

ج. ما رقم الخطوة التي يُنتَج فيها غاز ثاني أكسيد الكربون؟

د. كم جزيئًا من الكحول الإثيلي يُنتَج من تحطُّم حزيء واحد من الغلوكوز؟

هـ. أوضح كيف يستفاد من عملية التخمر الكحولي في صناعة المعجنات.

تخمر الكحولي

ص



السؤال الثالث عشر:

أُقارن بين سلسلة نقل الإلكترون، والأسموزية الكيميائية في كل من الميتوكندريا والبلاستيدية الخضراء، مستعيناً بالجدول الآتي.



الميتوكندريا	اسم العضيّة وجه المقارنة
	عملية الأيض التي تحدث فيها
	مصدر الطاقة
	مصدر الإلكترونات في سلسلة نقل الإلكترون
	استخدامات طاقة الإلكترونات في سلسلة نقل الإلكترون
	اتجاه حركة البروتونات H^+ في أثناء الأسموزية الكيميائية
	المُستقبل النهائي للإلكترونات

السؤال الرابع عشر:

أختار في ما يأتي من المجموعة الأولى ما يُناسب العبارات في المجموعة الثانية، علماً بأنّه يمكن تكرار الاختيار من المجموعة الأولى، أو عدم الاختيار منها أصلًا:

المجموعة الأولى:

أ. التفاعلات الضوئية.

ب. التفاعلات اللاضوئية (كالفن).

ج. حلقة كربس.

د. التحلل الغلايكولي.

هـ. لا شيء مما ذُكر.

المجموعة الثانية:

1. تحدث في السيتوبلازم.

2. يتحلل الماء.

3. ينتج البيروفيت.

4. ينتج السُّكَر.

5. ينتج الأكسجين.

السؤال الخامس عشر:

أنظم جدولًا للمقارنة بين بروتين الهيموغلوبين وبروتين الكولاجين، من حيث: عدد السلسل، والذائية في الماء، والشكل النهائي الثلاثي الأبعاد، والوظيفة الحيوية.

السؤال السادس عشر:

أ. كيف تؤثر الحرارة في الشكل الثلاثي الأبعاد لزلال البيض عند سلقه؟

ب. ما دور إنزيم التريبيسين في هضم الزلال وتحويله إلى حوض أمينية قابلة للامتصاص؟

