إجابات الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٢-١: اختبار بندكت الكمّي والتخفيف التسلسلي

الأهداف التعليمية

٢-١ يصف اختبار بندكت شبه الكمّي على محلول سكر غير مختزل، بما في ذلك معايرة الاختبار واستخدام النتائج (الوقت الذي تغيّر فيه اللون لأول مرة أو المقارنة مع ألوان قياسيّة)، لتقدير التركيز.

المدة

يخصص لتنفيذ هذا الاستقصاء حصة واحدة من ٤٠ دقيقة.

توجيهات حول الاستقصاء

- من المفترض أن يكون الطلبة قد تعرّفوا في حصص سابقة على اختبار السكر المختزل.
- يجب اختبار المحاليل قبل الاستقصاء للتأكد من فاعليتها.
- يمكن لكل طالب التحضير لإجراء الاستقصاء باستخدام حمامات مائيّة مضبوطة حراريًا عند درجة 100°C.
- مقارنة الألوان مسألة ذاتية، تجب مناقشتها كمصدر للخطأ. ومن المفيد مقارنة نتائج مجموعات مختلفة من الطلبة.
- هذه التجربة طريقة مفيدة لتقديم مفهوم البيانات الكميّة والنوعيّة، وهي مناسبة أيضًا لمناقشة الالتباس في النتائج، حيث يمكن فقط استنتاج التركيز التقريبي.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات:		
• سبع أنابيب اختبار • حامل أنابيب اختبار • موقد لهب، حامل ثلاثي القوائم، شبكة تسخين • بلاط مقاوم للحرارة (أو حمّام مائي مضبوط حراريًا عند درجة متساوية لجميع الطلبة)	• ماسك أنبوبة اختبار • كؤوس زجاجيّة (50 mL)، (500 mL) • ماصّة 10 mL، وماصّة 1 mL، ومحقن ماصّة (في حالة عدم توافر الماصّات يمكن استخدام مخابير مدرّجة صغيرة أو محاقن مدرّجة).	• محلول بندكت، (100 mL) • ماء مقطر (100 mL) • 10 mL محلول الجلوكوز بالتراكيز الآتية 10%، 1%، 0.1%، 0.01%، 0.001%، 0.0001%، وتركيز غير معروف

المعلم الإلكتروني الشامل

ملاحظات وتوجيهات إضافيّة

المحاليل المختزنة

- يمكن شراء محاليل بندكت جاهزة من محلات بيع المواد والأدوات المختبرية. لتحضير 1 L، عليك تذويب 170 g من بلورات سترات الصوديوم و 100 g من بلورات كربونات الصوديوم في 800 mL^3 من الماء المقطر الدافئ. ثم في كأس أخرى تذويب 17.0 g من بلورات كبريتات النحاس الثنائي (II) في 200 mL من الماء المقطر البارد، امزج المحلولين مع التحريك باستمرار.
- يجب تحضير التراكيز المختلفة لمحاليل الجلوكوز قبل الحصة؛ ويمكن استخدام التخفيف التسلسلي في هذا التحضير.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- يجب أن يقرأ الطلبة النصائح الواردة في قسم الأمان والسلامة الواردة في كتاب «التجارب العملية والأنشطة» والاستماع لنصائح المعلّم قبل إجراء هذا الاستقصاء.
- إذا انسكب شيء من المحلول على الجلد، يجب غسله بالماء فورًا.
- استخدم موقد لهب بحرص.

توجيهات حول الاستقصاء

- من المفترض إجراء هذا الاستقصاء مباشرة وأمام أعين الطلبة.
- قد يحتاج الطلبة إلى إعداد حمّامَين مائيَّين أو أكثر.

قد يجد بعض الطلبة صعوبة في التمييز بين الألوان في اختبار بندكت، لذا يحتاجون إلى طالب آخر لمساعدتهم في تحديد الألوان.

يمكن تزويد الطلبة بعلب من عصير الفاكهة الجاهز، والطلب إليهم تقدير تركيز السكر في كل منها.

نتائج عينة

انظر الجدول ٢-٢

رقم أنبوبة الاختبار	تركيز الجلوكوز %	لون محلول بندكت
1	10	أحمر بنّي
2	1	برتقالي
3	0.1	أصفر
4	0.01	أخضر
5	0.001	أخضر فاتح
6	0.0001	أزرق
7	مجهول	أخضر أو أصفر

الجدول ٢-٢

المعلم الإلكتروني الشامل

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام نتائج العينة)

١. تركيز الجلوكوز في المحلول «المجهول» بين % 0.1 و % 0.01 تقريبًا. وقد يقع في نطاق .% 0.5–0.1% وقد تختلف إجابات الطلبة بناءً على كيفيّة رؤيتهم للألوان، والتي هي مسألة نسبية.

٢. الاختبار الكمّي الكامل يعطي نتيجة دقيقة ومحددة لتركيز الجلوكوز، في حين يعطي هذا الاختبار نتيجة تقريبية من دون تأكيد قيمة التركيز بشكله الدقيق والصحيح، لذا يُعدّ اختبارًا شبه كمّي.

٣. لا يوجد معيار لوني للتركيز % 0.05 وبالتالي لا يمكن التأكد من صحة التركيز إلّا بين % 0.1 و % 0.01 كما يوجد اختلاف بسيط جدًا في اللون بين التراكيز المعياريّة التي تمّ تحضيرها بين % 0.01 و % 0.1، ولا يمكن الاعتماد على العين المجرّدة لتمييز الفرق.

٤. من المتغيرات المعيارية التي شملتها التجربة ما يأتي:

- درجة حرارة الحمّام المائي. قد تؤثر درجة الحرارة المرتفعة أو المنخفضة على سرعة التفاعل.
- طول المدّة التي بقيت أثناءها الأنابيب (المحاليل) في الحمّام المائي. قد يؤدي إبقاء المحاليل لمدّة أطول إلى مزيد من التفاعل؛ لكن من المستحسن أن تبقى الأنابيب وقتًا كافيًا في الحمّام المائي لضمان اكتمال سير التفاعل.
- حجم محلول الجلوكوز. قد يؤدي المزيد من المحلول إلى لون أكثر كثافة بسبب زيادة الجلوكوز.
- حجم محلول بندكت. قد تؤثر الكميّات المختلفة على مدى اكتمال التفاعل.
- تركيز محلول بندكت. قد تؤثر الكميّات المختلفة على مدى اكتمال التفاعل.

٥. إذا نفدت كميّة Cu^{2+} قبل أن تتأكسد جميع جزيئات الجلوكوز أو تعطي إلكترونات، فهذا يعني عدم دقة قياس تركيز الجلوكوز. من الناحية النظريّة، سيتكوّن الكثير من الترسبات إذا أضيف مزيد من محلول بندكت؛ أمّا إذا لم يكن المحلول كافيًا، فسيتم تقدير تركيز الجلوكوز على أنه أقل ممّا هو عليه.

٦. الأنبوبة رقم 6 هي أنبوبة ضابطة، يظهر تغير لون محلول بندكت عند تسخينه. يمكن مناقشة أن التسخين البسيط لمحلول بندكت يسبب تغيّر اللون حتى بدون الجلوكوز.

٧. من الطرائق البديلة:

- ترشيح المحلول لجمع الراسب، ثم تجفيفه ووزنه. يمكن تنفيذ تمثيل بياني معياري لكتلة الراسب مقابل تركيز الجلوكوز واستخدامه لتحديد تركيز الجلوكوز في المحاليل الأخرى.
- استخدام مقياس الألوان لقياس اللون الأحمر أو الأزرق أو نسبة التعكّر. يمكن تنفيذ تمثيل بياني معياري للامتصاص مقابل تركيز الجلوكوز واستخدامه لتحديد تركيز الجلوكوز في المحاليل الأخرى.

٨. نظرًا لإضافة 5mL من محلول الجلوكوز إلى 5 mL من الماء في كل مرة، سينخفض التركيز إلى النصف عند كل تخفيف.

المعلم الإلكتروني الشامل

لذلك، ستنتج التخفيفات التسلسلية التركيزات الآتية:

محلول جلوكوز 10 % غير مخفف

محلول جلوكوز 10/2 % = 5 %

محلول جلوكوز 5/2 % = 2.5 %

محلول جلوكوز 2.5/2 % = 1.25 %

محلول جلوكوز 1.25/2 % = 0.625 %

محلول جلوكوز 0.625/2 % = 0.3125 %

استقصاء عملي ٢-٢ الاختبارات الكيميائيّة الحيويّة للكشف عن جزيئات حيوية مختلفة

الأهداف التعليمية

٢-٢ يصف اختبارًا للكشف عن السكريات غير المختزلة باستخدام التحلّل المائي الحمضي ومحلول بندكت.

المعلم الإلكتروني الشامل

المدّة

يخصص لتنفيذ هذا الاستقصاء حصتان كل منهما ٤٠ دقيقة.

توجيهات حول الاستقصاء

- العمل المختبري في هذا الاستقصاء بسيط جدًا، على الرغم من أنه يتطلب أن يعمل الطلبة بطريقة منهجية. وقد سبق للطلبة أن أجروا هذه الاختبارات على مواد معروفة، في الصف التاسع، إلّا أنه من الواجب تذكيرهم بالمنهجيّة المتّبعة في الحصة التي تسبق حصة المختبر، للتأكد من استعدادهم لذلك.
- يجب أن يعرف الطلبة كيفيّة التعامل مع موقد لهب بأمان.
- يعتمد معظم الاستقصاء على الملاحظة وتدوين النتائج النوعيّة.
- على الطلبة فهم المجموعات الرئيسيّة من الجزيئات الحيويّة: الكربوهيدرات (السكريات الأحاديّة مثل الجلوكوز والفركتوز والجالاكتوز، والسكريات الثنائيّة مثل السكروز والمالتوز واللاكتوز، وعديدات التسكر مثل النشا) والبروتينات والدهون.
- ثمّة حاجة إلى العديد من أنابيب الاختبار، وإلى ضرورة غسلها جيدًا بين التجربة والأخرى. وينصح بتأجيل اختبار المستحلب إلى نهاية الحصة الأولى، لأنه يصعب إزالة آثاره. وتحضيرًا للحصة الثانية، يطلب تأمين أنابيب اختبار جديدة لاختبارات بندكت.
- يجب إجراء اختبار المستحلب للدهون فقط بعد إطفاء لهب المواقد جميعها.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات:		
• 10 أنابيب اختبار على الأقل • حامل أنابيب اختبار • موقد لهب، حامل ثلاثي القوائم، شبكة تسخين، وبلاط مقاوم للحرارة (أو حمّام مائي مضبوط حراريًا عند درجة 100 °C لجميع الطلبة) • ماسك أنبوبة اختبار • كؤوس زجاجيّة 50 mL 500 mL	• ماصّة (10 mL)، ومحقن ماصّة (في حالة عدم توافر الماصّات يمكن استخدام مخابير مدرّجة صغيرة أو محاقن مدرّجة) • محلول بندكت، (25 mL) • محلول بيوريت (25 mL) • محلول يود في قارورة بقطارة • كحول إيثيلي (200 mL)	• ماء مقطر (50 mL) • حمض الهيدروكلوريك المخفف (2 M) في قارورة بقطارة • بيكربونات الصوديوم (صلب) • ملعقة كيماويات (ملعقة مسطحة Spatula) • محلول مجهول أ، ب، ج (20 mL) • ماء صنبور، حوض (للتخلّص من المحاليل)

ملاحظات وتوجيهات إضافيّة

المحاليل المختزنة

- يمكن شراء محاليل بندكت جاهزة من محلات بيع المواد والأدوات المختبرية. لتحضير $1L^{-3}$، عليك تذويب 170 g من بلورات سترات الصوديوم و 100 g من بلورات كربونات الصوديوم في 800 mL من الماء المقطر الدافئ. ثم تذويب في كأس أخرى 17.0 g من بلورات كبريتات النحاس الثنائي (II) في 200mL من الماء المقطر البارد، امزج المحلولين مع التحريك باستمرار.
- يمكن شراء محلول بيوريت جاهزًا من محلات بيع المواد والأدوات المختبرية. وإذا تعذّر ذلك، يمكن استخدام محلول هيدروكسيد الكالسيوم بين 1 L و 2 L، و 1 % محلول كبريتات النحاس (II)، مع إضافة الماء المقطر. ينبغي ألّا يتمّ تخزين محلول بيوريت في عبوات زجاجيّة لمدّة طويلة.
- يمكن شراء محلول اليود جاهزًا من محلات بيع المواد والأدوات المختبرية. لتحضير 100 mL من محلول اليود، يطحن 1g من اليود و 1g من يوديد البوتاسيوم في هاون، ثم يضاف الماء المقطر تدريجيًا لإذابة البلورات. ثم يصبّ المحلول في أسطوانة مدرّجة ويضاف الماء المقطر للحصول على 100 mL من المحلول.
- لتحضير 2 mol/L من حمض الهيدروكلوريك، يخفف 200 mL من حمض الهيدروكلوريك المركّز بمقدار 800 mL من الماء المقطر.
- لتحضير 100 mL من المحلول (أ)، يوزن 1 g من الجلوكوز، و 1 g من الألبومين (الزلال)، ويذوّبان في 100 mL من الماء المقطر.
- لتحضير 100 mL من المحلول (ب) يوزن 1 g من السكروز، ويذوّب في 100 mL من الماء المقطر.
- لتحضير 100 mL من المحلول (ج) ، يوزن 1 g من الجلوكوز، و 1 g من النشا، ويذوّبان في 100 mL من الماء المقطر.

المعلم الإلكتروني الشامل

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- يجب أن يقرأ الطلبة قسم الأمان والسلامة الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة قبل إجراء هذا الاستقصاء.
- يجب اتباع إجراءات السلامة في المختبرات القياسية دائمًا.
- إجراء اختبار المستحلب للدهون فقط بعد إطفاء لهب المواقد جميعها، لأنّ الإيثانول شديد الاشتعال.
- يجب توخّي الحذر الشديد عند تحضير المحاليل، خصوصًا مع مواد مثل حمض الهيدروكلوريك المركّز وهيدروكسيد الصوديوم واليود الصلب.
- يجب ارتداء النظارات الواقية دائمًا.
- تجنّب سكب محلول اليود في المسطحات المائيّة لأنه مضرّ بالكائنات الحيّة المائيّة.
- يجب توخي الحذر الشديد عند تحضير محاليل تستخدم الأحماض والقواعد المركّزة، مع الحرص الشديد على حماية العينَين واستخدام نظارات واقية عالية الجودة وارتداء القفازات الواقية.

توجيهات حول الاستقصاء

- من المهم تجربة الاختبارات قبل إجراء الاستقصاء للتأكد من أنها تعطي النتائج الصحيحة.
- يمكن أن يبدأ النشا بالتحلل إذا تمّ الاحتفاظ به لمدة طويلة، الأمر الذي يؤدي إلى إطلاق الجلوكوز. كما يجب أن يكون طازجًا ويخزن حتى يومَين فقط في الثلاجة.
- ينبغي عدم الاحتفاظ بمحلول بيوريت في عبوات زجاجيّة لمدة طويلة، لأنه سيتفاعل مع الزجاج ويفقد فاعليته.
- يجب غسل أنابيب الاختبار جيدًا، إذ قد يتبقّى بعد اختبارات السكر المختزل ترسّبات لا تزول بسهولة. ويستحسن في هذا الإطار تأمين العديد من أنابيب الاختبار النظيفة.
- ينبغي تذكير الطلبة بأهميّة غسل الماصّات جيدًا بعد استخدامها مع كل محلول.
- يمكن أن يتلوّث السكروز بالجلوكوز في بعض الأحيان، فيعطي بالتالي نتيجة إيجابيّة لاختبار السكر المختزل؛ لذا يجب التأكّد منه قبل إجراء الاختبار.
- يجب أن يوضح اختبار السكر المختزل عدم تسبب السكروز بتغيّر لون محلول بندكت. ومن المهم الحصول على نتيجة سلبيّة مع اختبار السكر المختزل قبل إجراء اختبار السكر غير المختزل.

يجب تقديم المساعدة لأي طالب يعاني مشكلة عند استخدام حمّام مائي مغلي. ومن الضروري عدم الجلوس حتى نتدارك انسكاب الماء المغلي؛ أمّا عندما يصعب ذلك، (كأن يكون أحدهم من مستخدمي الكراسي المتحركة)، ولتقليل أخطار استخدام الماء المغلي، فباستطاعته استخدام حمامات مائيّة ثرموستاتية.

قد يجد بعض الطلبة (المصابون بعمى الألوان) صعوبة في التمييز بين الألوان في اختبار بندكت. لذا يحتاجون إلى طالب آخر لمساعدتهم في تحديد الألوان.

المعلم الإلكتروني الشامل

يمكن تشجيع الطلبة على تجربة المواد الغذائيّة المتوافرة للكشف عن الجزيئات، ويجب الحرص في هذا المجال على تجنّب خطر الحساسيّة.

انظر الجدول ٢-١

الجزيء الحيوي	اللون النهائي للمحلول بعد الاختبار الكيميائي الحيوي				
	اختبار اليود	اختبار بيوريت	اختبار المستحلب	اختبار السكر المختزل	اختبار السكر غير المختزل
نشا 1%	أزرق/ أسود				
بروتين 1%		بنفسجي			
جلوكوز 10%	أصفر/ برتقالي	أزرق		أحمر/ برتقالي وعكر	
فركتوز 10%				أحمر/ برتقالي وعكر	
مالتوز 10%				أحمر/ برتقالي وعكر	
لاكتوز 10%				أحمر/ برتقالي وعكر	
سكروز 10%				أزرق وصاف	أحمر/ برتقالي وعكر
زيت نباتي			أبيض عكر		
مياه	أصفر/ برتقالي	أزرق		أزرق وصاف	أزرق وصاف
إيثانول			عديم اللون		

جدول نتائج المحاليل المجهولة

الجزيء الحيوي	اللون النهائي للمحلول بعد الاختبار الكيميائي الحيوي				
	اختبار اليود	اختبار بيوريت	اختبار المستحلب	اختبار السكر المختزل	اختبار السكر غير المختزل
المحلول (أ)	أصفر/ برتقالي	بنفسجي	عديم اللون	أحمر/ برتقالي وعكر	أحمر/ برتقالي وعكر
المحلول (ب)	أصفر/ برتقالي	أزرق	عديم اللون	أزرق	أحمر/ برتقالي وعكر
المحلول (ج)	أزرق/ أسود	أزرق	عديم اللون	أحمر/ برتقالي وعكر	أحمر/ برتقالي وعكر

المعلم الإلكتروني الشامل

إجابات أسئلة كتاب التجارب العمليّة والأنشطة (باستخدام نتائج العينة)

١ أ. محتويات المحلول المجهول (أ): بروتين، سكر مختزل (جلوكوز)، ويمكن أن يوجد سكر غير مختزل (سكروز)، وربّما لا يكون موجودًا.

محتويات المحلول المجهول (ب): سكر غير مختزل (سكروز).

محتويات المحلول المجهول (ج): نشا، سكر مختزل (جلوكوز)، ويمكن أن يوجد سكر غير مختزل (سكروز)، وربّما لا يكون موجودًا.

ب. يحتوي كلا المحلولَين (أ) و (ج)، على سكر مختزل يعطي نتيجة إيجابيّة في كل من اختبارات السكر المختزل والسكر غير المختزل. وحيث إن الاختبارات نوعيّة، فمن الصعب تحديد ما إذا كان هناك المزيد من الترسّبات أم لا.

٢. الاختبارات نوعيّة، لأنها لا تشير إلى عدد الجزيئات الموجودة.

٣. أ. تستخدم اختبارات السكر المختزل والسكر غير المختزل اختبار بندكت؛ هذا يعني أن الجلوكوز يتفاعل مع كلا النوعَين.

ب. اختبار السكر غير المختزل يحلل السكروز إلى جلوكوز وفركتوز، وكلاهما سكران مختزلان يتفاعلان مع محلول بندكت. وعندما يكونان مرتبطَين في السكروز، لن يكونا قادرَين على إعطاء إلكترونات.

ج. يوضح إجراء اختبارات السكر المختزل على المحلولَين، أن المحلول الذي يعطي نتيجة إيجابيّة هو جلوكوز. ويمكن التأكد من أن المحلول الآخر هو سكروز بإجراء اختبار السكر غير المختزل عليه.

٤. يحتوي المحلول على مزيج من السكريات المختزلة والسكريات غير المختزلة. فإذا كان يحتوي على كل من الجلوكوز والسكروز، على سبيل المثال، فسوف يكوّن اختبار السكر المختزل راسبًا من الجلوكوز الحرّ فقط؛ أمّا إذا أجري اختبار السكر غير المختزل، فسيتحلل السكروز إلى جلوكوز وفركتوز بحيث يحتوي المحلول نتيجة ذلك على جلوكوز وفركتوز إضافيَّين، وستتفاعل هذه النتيجة مع محلول بندكت مؤدّية إلى المزيد من الترسّب.

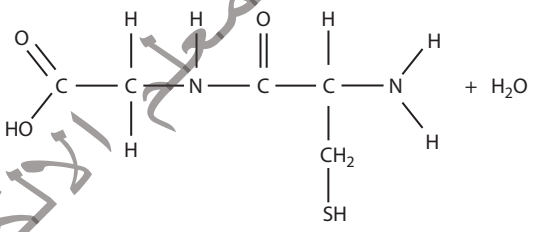
المعلم الإلكتروني الشامل

إجابات أسئلة نهاية الوحدة لكتاب التجارب العملية والأنشطة:

١. أ

الخاصية	رابطة هيدروجينيّة	رابطة ثنائي الكبريتيد	رابطة أيونيّة	رابطة جلايكوسيديّة ألفا (1.4)
توجد في التركيب الثالثي للبروتين	✓	✓	✓	
توجد في الأميلوز				✓
توجد في السليلوز	✓			
توجد في التركيب الثانوي للبروتين	✓			

ب. ١. رسم رابطة C–N بشكل صحيح،



إطلاق جزيء ماء.

٢. تكثيف

٢. أ. ثالثي أو ° 3

ب. تتكسّر روابط ثنائي الكبريتيد، يتغيّر التركيب الثالثي أو تغيّرات في الشكل، يحدث تمسّخ أو تغيّر في طبيعة الإنزيم (البروتين)، يتغيّر شكل الموقع النشط، ولن تبقى المادة المتفاعلة متلائمة مع الموقع النشط للإنزيم لتثبت فيه.

٣. أ.

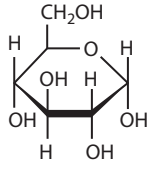
الأنبوبة	المحتويات	اختبار اليود	اختبار بندكت	اختبار بيوريت
أ	نشا وأميليز	–	+	+
ب	نشا وسكريز	+	–	+
ج	سكروز وسكريز	–	+	+
د	سكروز وأميليز	–	–	+

ب. تسخين عيّنة من المحلول مع كاشف بندكت، ناتج راسب أحمر–بنّي أو برتقالي أو أخضر يشير إلى وجود الجلوكوز.

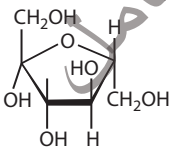
تسخين عيّنة جديدة مع حمض الهيدروكلوريك، إجراء اختبار بندكت، استخدام الحجم نفسه من المحلول، مقدار أكبر من الراسب الناتج أو ظهور لون مكثف يشير إلى وجود السكروز.

٤. أ. ١. جلوكوز وفركتوز.

٢. تركيب جلوكوز صحيح (مع OH)، تركيب فركتوز صحيح (مع OH).



جلوكوز

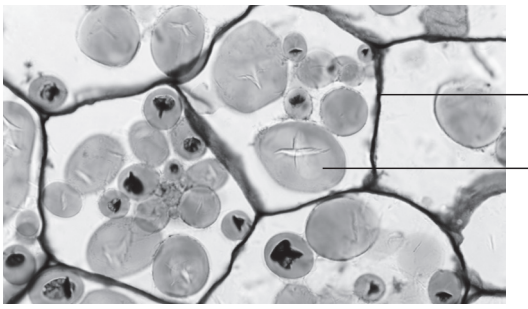


فركتوز

٣. تحلل مائي

المعلم الإلكتروني الشامل

ب. ١. تسمية السليلوز على جدار الخليّة، وتسمية نشا على الحبيبات.

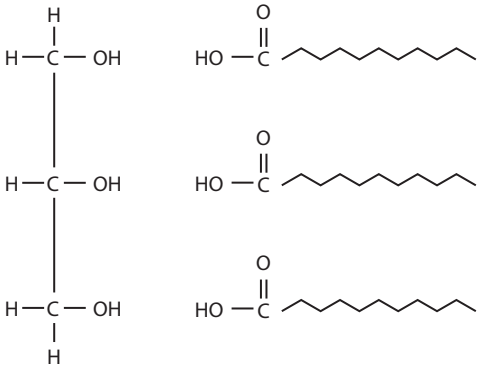


٢. السليلوز من جزيئات بيتا (β)- جلوكوز، يستدير كل جزيء جلوكوز في السلسلة 180° بالنسبة إلى الجزيء الآخر، سلاسل طويلة مستقيمة، روابط هيدروجينيّة بين الجزيئات، إشارة إلى الليفيات، قوة شد عالية، يسمح للماء بالمرور من خلاله.

٣. الجلوكوز أكثر تفاعلًا من النشا، والجلوكوز قابل للذوبان في الماء ولكن النشا غير قابل للذوبان، ويمكن أن يسبب الجلوكوز تأثيرات تناضحية (رشح أو أسموزية) ولكن النشا لا يفعل ذلك.

٥. أ. اطحن حبوب السمسم، ثم ذوّب المسحوق في الإيثانول وأضف إليه الماء؛ تكوّن المستحلب يشير إلى الدهون.

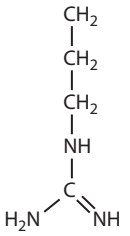
ب. الجليسرول صحيح، ثلاثة أحماض دهنيّة صحيحة.



جليسرول 3 أحماض دهنية

ج. ترتفع درجة الانصهار مع زيادة التشبّع. حمض الستياريك مشبع، حمض الأوليك أحادي غير مشبع، حمض اللينوليك عديد غير مشبع، إشارة إلى الرابطة C=C. تسبّب الروابط C=C التواءات لا تستطيع الجزيئات أن تنتظم بشكل متقارب بسهولة.

٦. أ. ١.



٢. سيكون البرولين باتجاه الداخل أو في المنطقة الكارهة للماء؛ يتغيّر التركيب الثالثي أو يتغيّر الشكل؛ لن يعود قادرًا على ربط جزيئات أخرى.

ب. به الكثير من التركيب الثانوي ألفا(α)- اللولبي؛ ترتبط معًا بروابط هيدروجينيّة، وبالتالي تكسبها قوة شد عالية.

المعلم الإلكتروني الشامل