نجرّب ونبرهن: بكتيريا تنتج اللبن

الفئة العُمرية

الإعدادية – الصف التاسع

ملخّص الفعاليّة

في هذه الفعالية يجري الطلاب تجربتَين (في مجموعات): في الدرس الأوّل يُجرون التجربة الأولى، التي يضيفون فيها لبنًا إلى الحليب ويتابعون التغييرات. وفي الدرس الثاني يخطّط الطلاب لتجربة متابَعة ويُجرونها، من أجل فحص أيّ نوع بكتيريا يُحوِّل الحليب إلى لبن، مع تطبيق مهارات البحث: الاهتمام بالتخطيط لضوابط ملائمة، تحليل النتائج، استخلاص الاستنتاجات من تجربة، والاعتراف بقيود منظومة التجربة. يتعرّف الطلاب إلى خلفيّة استخدام الكائنات الدقيقة (الميكروبات) في الغذاء من مقطع الفيديو الذي يصف دَور الخميرة والجراثيم في إنتاج أطعمة مختلفة. لتنفيذ الفعالية كلّها، يجدر تخصيص ثلاثة دروس غير متتالية.

مدّة الفعاليّة

ثلاثة دروس غير متتالية:

1. الدرس الأول: مشاهَدة الفيديو وإجراء التجربة الأولى (في مجموعات، تجربة موحّدة في كلّ المجموعات).
2. درس إضافيّ (بعد مرور يومَين – ثلاثة أيام على الأقلّ): تأمّل في النتائج، نقاش، تخطيط للتجربة الثانية، وإجراؤها (في المجموعات: تُجري كلّ مجموعة تجربة مختلفة وفق تخطيطها).
3. درس إضافيّ (بعد يومَين – ثلاثة أيّام من التجربة الثانية على الأقلّ): نتائج نهائيّة وإيجاز.

أهداف الفعاليّة

- التعلُّم عن دور الجراثيم في إنتاج اللبن كطريقة تجربة.
- التخطيط لتجربة لفحص الادّعاء.
- إجراء تجربة بحث وفق تخطيط ذاتيّ.
- استخلاص استنتاجات من نتائج التجربة وفهم محدوديّتها.
- فهم العلاقات بين البحث العلمي وبين التكنولوجيا في مجال الموادّ لتحسين جودة حياة الإنسان والبيئة.

مصطلَحات من المَنْهَج التعليميّ

عملية البحث العِلمي، الموادّ: مكوّنات الغذاء، العملية الكيميائية، الحِمض، تحضير الطعام ومعالجته، البروتين

مهارات

التفكير النقدي، تحليل البيانات واستخلاص الاستنتاجات، طرح الفرضيّات، التخطيط لتجربة

نمط التعلُّم

أزواج أو مجموعات

نوع الفعالية

- فعالية لافتتاح الموضوع
- فعالية لإجمال الموضوع
- فعالية لاكتساب الموضوع

التقييم البديل

- **المُقيِّم:** تقييم المعلّم
- **موضوع التقييم:** المعرفة والمهارات
- **مركز التقييم:** العملية، الناتج

رابط للفيديو

- "البكتيريا المفيدة التي تنتج طعامًا لذيذًا": https://bit.ly/2OowqDD

استعدادات للفعاليّة

- ثمة حاجة إلى أنبوبَي اختبار في الدرس الأول، يحتوي كلّ منهما على 5 ملل من الحليب لكلّ مجموعة طلاب (4 – 5 طلاب في المجموعة) وملعقة مُسطَّحة أو قطّارة.
- يجب أن يُطلَب من الطلاب أن يجلبوا معهم إلى الدرس لبنًا، يُفضَّل أن يكون لونه أبيض. تكون الفعالية مثيرة للاهتمام أكثر إذا أجرتها كلّ مجموعة مع لبن مختلف، لكن يمكن طبعًا إحضار وعاء لبن واحد لكلّ الصفّ.
- إذا أردتم إجراء تجارب المتابَعة المقترَحة في الفعالية:

1. يجدُر الاحتفاظ باللبن المُستخدَم في البرّاد حتى الدرس التالي.

2. لتجارب المتابعة يلزم ثلاثة حتى ستّة أنابيب اختبار، يحتوي كلّ منها على نحو 5 ملل حليب لكلّ تجربة (وفق التجربة)، وموادّ إضافية حسب التجارب التي يختار الطلاب إجراءها (الليمون، الخلّ، المضادّات الحيويّة، أدوات غلي اللبن، الجراثيم، وما شابه).

ماذا نفعل؟

الدرس 1

1) شاهِدوا الفيديو "البكتيريا المفيدة التي تنتج طعامًا لذيذًا": https://bit.ly/2OowqDD.

2) في الجزء الثاني من الفيديو تُوصَف مشاركة البكتيريا في إنتاج الجبنة. استعدادًا للدرس، وتتمّة لما تعلّمتموه في الفيديو، ابحثوا عن معلومات حول: كيف تشارك البكتيريا في إنتاج اللبن؟

لإنتاج اللبن، نضيف إلى الحليب بكتيريا من أنواع معيّنة، مثل *Streptococcus thermophiles* وكذلك *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. تُفكّك البكتيريا سكّرَ الحليب، اللاكتوز، إلى موادّ مختلفة. إحداها هي حمض اللاكتيك، الذي يجعل البروتينات التي في الحليب تمرّ بعملية إفساد/ تمسُّخ (denaturation). إثر هذه العملية يصبح الحليب صلبًا.
كتمهيدٍ لهذا النشاط، يمكن استخدام مهمّة التنوّر المحوسَبة لوزارة التربية: "ما الذي يحوّل الحليب إلى جبن ولبن؟"

3) توزّعوا إلى مجموعات وفق إرشاد المعلّم، وأجروا التجربة وفق المراحل التالية:

- خذوا من المعلّم أنبوبَي اختبار يحتوي كلٌّ منهما على 5 ملل حليب. اكتبوا اسم مجموعتكم على أنبوبَي الاختبار. اكتبوا على أحد أنبوبَي الاختبار "أنبوب الاختبار 1 – حليب"، وعلى الأنبوب الآخر "أنبوب الاختبار 2 – حليب + لبن".
- صِفوا الفوارق بين الحليب وبين اللبن. يمكن الاستعانة بقائمة المكوّنات الموجودة على علبة اللبن وزجاجة الحليب. صفات مُشترَكة: اللون الأبيض (إلّا إذا أُضيفت إلى اللبن فواكه أو أصباغ غذائيّة). صفات مختلفة: اللبن كثيف فيما الحليب سائل، للّبن رائحة خاصّة به، اللبن أكثر حامضيّة من الحليب.
- أضيفوا قليلًا من اللبن إلى أنبوب الاختبار 2 (نحو نصف ملعقة صغيرة. يمكن أخذ "كتلة" صغيرة بمسكة الملعقة أو عبر ملعقة مُسطَّحة أو قطّارة).
- أغلِقوا بإحكام سدادات أنابيب الاختبار واخلطوا. (لا تخضّوا!)

- هل يمكن تمييز الفوارق بين أنابيب الاختبار؟ في هذه المرحلة لا يُفترَض تمييز تغييرات. إذا كان اللبن بلون زاهٍ، ونُقلت كمية كبيرة جدًا منه إلى أنبوب الاختبار، يُحتمَل أن يكون ممكنًا رؤية لون في أنبوب الاختبار الثاني.
- ما الذي تخمّنون أنه سيحدث في كلّ أنبوب اختبار؟ يُتوقَّع من الطلاب أن يخمّنوا أنه لن يحدث شيء في الأنبوب الذي يحتوي على حليب فقط (قد يفسد الحليب). يحتوي أنبوب الاختبار الذي أضفنا إليه اللبن على بكتيريا لبن، تُحوّل الحليب الذي داخل أنبوب الاختبار إلى لبن صلب.
- ضعوا أنابيب الاختبار في درجة حرارة الغرفة لعدّة أيّام. مدّة الانتظار المطلوبة متعلّقة بدرجة الحرارة. في الشتاء يمكن إبقاؤه عدّة أيّام. يجدر الفحص في الصيف بعد يوم أو يومَين، وإذا أصبحت أنابيب الاختبار التي أُضيف إليها اللبن صلبة، يجدر نقل أنابيب الاختبار إلى البرّاد.

الدرس 2

4) انظروا إلى أنابيب الاختبار، تأكّدوا من أنّ السدادة مشدودة جيّدًا، واقلبوها.

- صِفوا نتائج التجربة. أنبوب الاختبار 1 الذي يحتوي على حليب يُفترَض أن يبقى سائلًا، فيما يُفترَض أن يتحول أنبوب الاختبار 2 الذي يحوي حليبًا ولبنًا إلى الحالة الصلبة.
- هل تلائم النتائجُ التي حصلتم عليها توقّعاتِكم؟
- قارِنوا بين نتائج الطلاب في الصفّ الذين استخدَموا أنواعًا مختلفة من اللبن.
- ما هو الاستنتاج من التجربة؟ هل أثبتت التجربة أنّ البكتيريا تنتج اللبن؟ تؤدّي إضافة اللبن إلى الحليب إلى جعله كثيفًا ومشابهًا للّبن. من المهمّ التأكُّد من عدم استخلاص الطلاب استنتاجات غير ناتجة عن التجربة – لم نثبت أنّ البكتيريا التي في اللبن هي التي تسبّب النتيجة. نظريًّا، يمكن أن تكون هناك مادّة أخرى في اللبن تسبّب ذلك (سنفحص ذلك لاحقًا).
- لمَ أجرينا التجربة في أُنبوبَي اختبار؟ ما وظيفة أنبوب الاختبار رقم 1 في التجربة؟ لنتمكن من نَسْب التغيير الذي نراه إلى اللبن، لا فقط إلى الوقت الذي مرّ، نحتاج إلى أنبوب اختبار للتحكُّم من أجل المقارنة معه. يمكن أن نُصعّب الأمر على الطلاب ونسأل: ما الذي نستنتجه إذا أصبح أُنبوبا الاختبار صلبَين؟ (ليس اللبن هو الذي يسبّب التغيير، لم يكن بإمكاننا أن نعرف ذلك لو استخدمنا أنبوب اختبار واحدًا فقط).
- على أساس ما تعرفونه عن اللبن – أيّ مُكوّن داخل اللبن جعل الحليب في أنبوب الاختبار يصبح لبنًا؟ تكاثرت البكتيريا التي في الحليب، حوّلت اللاكتوز الذي فيه إلى حمض اللاكتيك، وكوّنت اللبن.

5) في بداية التجربة، سُئلتم عن الفوارق بين الحليب واللبن. كيف يمكن أن نبرهن أنّ البكتيريا هي التي تؤدي إلى تحويل الحليب إلى لبن، لا أحد العوامل الأخرى المختلفة بينهما؟

في المرحلة الأولى يجب جعل الطلاب يفكّرون في التجربة. إذا استصعَبوا الإجابة، اسألوا:

- ما هي العوامل التي تؤثّر في البكتيريا؟ درجة الحرارة المرتفعة، المضادّات الحيويّة، الملح، وغير ذلك.
- كيف يمكن محاكاة نشاط البكتيريا في الحليب؟ لأننا نعرف أنّ بكتيريا اللبن تنتج الحمض، يمكن إضافة حمض إلى الحليب وفحص ما يحدث.

يحتاج الطلاب إلى اختيار عامل واحد وفحصه في المجموعة في التجربة.

6) خطّطوا لتجربة تفحصون فيها إذا كانت البكتيريا هي المسؤولة حقًّا عن تحوّل الحليب إلى لبن.

التجربة المُثلى، التي تثبت أنّ البكتيريا تُحوّل الحليب إلى لبن، هي تجربة تُعزَل فيها البكتيريا من اللبن على طبق فطريّات، نضيف البكتيريا فقط إلى الحليب، ونفحص إذا كان يتحوّل إلى لبن. لا يمكن دائمًا إجراء تجربة كهذه، بسبب أنظمة العمل المُتعارَف عليها في مختبرات المدرسة.

مع ذلك، هناك تجارب إضافية يمكن اقتراحُها:

- إضافة مضادّات حيوية وفحص ما إذا كانت تمنع العمليّة.
- إضافة حمض ورؤية أنّ ذلك غير كافٍ لتحويل الحليب إلى لبن.
- غلي اللبن (وقتل البكتيريا التي فيه) وفحص ما إذا كانت لا تزال تُسبّب تحوُّل الحليب إلى لبن.

إذا لم ينجح الطلاب بطرح الأفكار بأنفسهم، يجدُر أن نسأل: إذا أردنا الإثبات أنّ البكتيريا تقوم بعمل، يجدُر إعاقة البكتيريا وفحص ما إذا كان العمل قد تمّ. كيف تتمّ إعاقة البكتيريا؟

يتمّ تقييم الطلاب وفق الأفكار التي يطرحونها، أو وفق كتابة برنامج التجربة (انظروا فيما يلي) أو وفق عرض التجربة، النتائج، والاستنتاجات أمام الصفّ في الدرس الأخير.

7) اعرِضوا التجربة التي خطّطتم لها أمام الصفّ. امنحوا طلاب آخرين فرصة اقتراح تحسينات.

8) اختاروا لكلّ مجموعة أية تجربة تُجريها.

9) تُخطِّط كلّ مجموعة للتجربة وفق البنود الآتية (خطيًّا): توصية: تكتب كلّ مجموعة تخطيطَها في عرض تقديمي تشاركي.

- سؤال البحث: تأكّدوا من ذِكر العامل الذي ستغيّرونه (المتغيّر المؤثِّر) والعامل الذي ستفحصونه (المتغيّر المتأثِّر).
- اكتبوا خلفيّة علميّة قصيرة (فقيرة) تُعطون فيها معلومات عن المتغيّرين في سؤال البحث. انتَبِهوا إلى الربط بين الجُمَل في الفقرة.
- التخطيط للتجربة: كيف ستغيّرون العامل المُؤثِّر؟ كيف تقيسون العامل المتأثِّر؟ اهتمّوا بالتخطيط لمجموعات تحكُّم ملائمة وتكرارات. احرصوا على ذِكر وظيفة كلّ أنبوب اختبار وما الذي تتوقّعون الحصول عليه. عبِّروا عن رأيكم بموضوع عزل المتغيّرات، فكّروا في عوامل إضافية يمكنها أن تؤثّر في إنتاج اللبن، واهتمّوا بأن تكون هذه العوامل متساوية بين أنابيب اختبار التحكُّم للتجربة.
- حضِّروا جدولًا لتسجيل النتائج.

10) خذوا موافقة المعلّم، ثمّ أجروا التجربة وفق التخطيط.

الدرس 3

11) افحصوا النتائج. أضيفوا إلى ما كتبتموه في الدرس السابق:

- النتائج: احرصوا على التطرّق إلى جميع أنابيب الاختبار وذِكر الوحدات (إذا كانت ذات صِلة).
- الاستنتاجات: هل حصلتم على النتائج التي توقّعتموها؟ هل يمكن استخلاص استنتاجات من التجربة؟ إذا كان الأمر كذلك، فما هي الاستنتاجات؟ تأكّدوا من كون الاستنتاجات ناتجة عن النتائج التي حصلتُم عليها. إذا لم يكن ممكنًا استخلاص استنتاجات، فما هو سبب ذلك؟ أية تغييرات يمكن إجراؤها في التجربة لتحسينها؟

12) افحصوا النتائج. أضيفوا إلى ما كتبتموه في الدرس السابق. يمكن فعل ذلك عبر عرض تقديمي تشاركي.

13) لخِّصوا في نقاش صفيّ النتائج والاستنتاجات لجميع التجارب التي أُجريت.

اقتراحات لتجارب إضافيّة:

تُقترَح في الجدول التالي تجربة مُتابَعة لفحص إذا كانت البكتيريا في اللبن هي التي تحوّل الحليب إلى لبن. هذه القائمة جزئيّة؛ إذا طرح الطلاب أفكارًا منطقية أخرى، يحسُن التفكير في تنفيذها. يجب اتّخاذ القرار حول أية تجارب تُنفَّذ وفق المعدّات المتوفّرة. حتى لو تعذّر إجراء تجربة إضافية لاعتبارات مختلفة، يحسُن الطلب من الطلاب أن يخطّطوا لها ويناقشوا تخطيطهم: ما هي النتائج المتوقّعة، ما هي الاستنتاجات التي تُستخلَص منها، ماذا نستنتج إذا حصلنا على نتائج مختلفة عمّا هو مُتوقَّع، ما هي قيود التجربة، وكيف يمكن تجاوُزها.

ماذا نفحص؟	أنابيب اختبار التجربة	الوصف	القيود
تأثير المضادّات الحيويّة	أنبوب الاختبار 1: حليب أنبوب الاختبار 2: حليب + لبن أنبوب الاختبار 3: حليب + لبن + مضادّات حيوية (اختياري) أنبوب الاختبار 4: حليب + مضادّات حيوية	يُتوقَّع في هذه التجربة عدم الحصول على لبن في أنبوب الاختبار 3. يمكن استخدام مضادّات حيويّة موجودة في المختبَر أو بقايا دواء بيتيّ (إضافة قطرتَين – 3 قطرات).	يُحتمَل ألّا تكون البكتيريا في اللبن حسّاسة للمضادّات الحيوية التي تُستخدَم.
تأثير الملح	أنبوب الاختبار 1: حليب أنبوب الاختبار 2: حليب + 0.5 غرام ملح أنبوب الاختبار 3: حليب + 1 غرام ملح	يثبّط الملح بتركيز مرتفع نموّ البكتيريا، وقد يثبّط أيضًا بكتيريا اللبن ويمنع تحوّل الحليب إلى لبن.	للملح تأثير على عمليّات كيميائيّة عديدة، وهو ليس مُثبِّطًا محدَّدًا لبكتيريا.

	أنبوب الاختبار 4: حليب + لبن أنبوب الاختبار 5: حليب + لبن + 0.5 غرام ملح أنبوب الاختبار 6: حليب + لبن + 1 غرام ملح		
تأثير الحمض	أنبوب الاختبار 1: حليب أنبوب الاختبار 2: حليب + لبن أنبوب الاختبار 3: حليب + ملعقة صغيرة من الليمون	يؤدّي الليمون بالبروتينات في الحليب إلى الإفساد أو التمسُّخ (تأثير فوريّ)، لكنّ الحليب لا يصبح صلبًا، بل يمتلئ بالكُتل فقط.	الليمون الذي نستخدمه ليس مُطابقًا للحمض الذي يتكوّن في اللبن (حمض اللاكتيك).
غلي اللبن (لا يمكن دائمًا التنفيذ في المدرسة لأسبابٍ تقنيّة)	أنبوب الاختبار 1: حليب أنبوب الاختبار 2: حليب + لبن أنبوب الاختبار 3: حليب + لبن تمّ غليُه وتبريده	يمكن وضع القليل من اللبن في أنبوب الاختبار وإدخاله إلى دورق مع ماء. يجب غلي الكأس لمدّة نحو عشر دقائق، وبعد ذلك تبريد أنبوب الاختبار. تموت البكتيريا التي في اللبن لدى الغلي. لذا حين نستخدمه في التجربة، لا يحوّل الحليب إلى لبن.	يؤدّي الغلي إلى تفكُّك اللبن، لذا يصعب عزل المتغيّرات في تجربة كهذه (لا تموت البكتيريا فقط، بل تحدث تغييرات أخرى أيضًا).
استخدام بكتيريا من المختبَر	أنبوب الاختبار 1: حليب أنبوب الاختبار 2: حليب + لبن أنبوب الاختبار 3: حليب + بكتيريا	إذا تغيّرت الظروف، يمكن إضافة بكتيريا إلى الحليب وفحص إذا كانت تُحوِّل الحليب إلى لبن.	بكتيريا المختبَر "العاديّة" مثل *E. coli* أو *B. subtilis* لا تحوّل الحليب إلى لبن. البكتيريا التي عُزلت عن اللبن يمكنها فعل ذلك، لكن لا يمكن دائمًا تنفيذ تجربةٍ كهذه في مختبَرات المدرسة.

مثال مُفصَّل لتجربة:

سؤال البحث: هل يؤثّر المضادّ الحيويّ أمبيسيلين على تصلُّب الحليب إثر إضافة لبن إلى الحليب؟

خلفيّة عِلميّة قصيرة: في تجربة سابقة أضفنا بعض اللبن إلى الحليب، ورأينا أنّ الحليب يتصلّب ويصبح لبنًا. في مصانع الغذاء، تُضاف إلى الحليب، لإنتاج اللبن، بكتيريا من أنواع معيّنة، مثل *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* وكذلك *Streptococcus thermophilus*. المضادّ الحيويّ هو مادّة تثبّط البكتيريا أو تقتلها. نخمّن أنه إذا أضفنا مضادًا حيويًا إلى أنبوب الاختبار، لا تتمكن بكتيريا اللبن من التكاثر وتحويل الحليب إلى لبن.

التخطيط للتجربة: نحضّر أنابيب اختبار وفق التفصيل التالي (كلّ أنبوب اختبار 3 X تكرارات):

رقم أنبوب الاختبار	محتوى أنبوب الاختبار	الوظيفة في التجربة
1	5 ملل حليب	مقارَنة: الفحص أن الحليب لا يتحوّل إلى لبن طيلة وقت التجربة، لذا نتوقّع أن يكون سائلًا.
2	5 ملل حليب + نصف ملعقة صغيرة من اللبن	نتوقّع أن تتكاثر البكتيريا في اللبن، تفكّك اللاكتوز في الحليب إلى حمض اللاكتيك، وتُكوِّن اللبن، لذا يكون أنبوب الاختبار صلبًا.
3	5 ملل حليب + نصف ملعقة صغيرة من اللبن + قطرتان من أمبيسيلين (بتركيز 100 مليغرام للمليلتر في البداية)	نتوقّع أن يثبّط المضادّ الحيويّ نموّ البكتيريا، لذا لا يمكنها التكاثر وتحويل الحليب إلى لبن كما في أنبوب الاختبار 2.

نضع أنابيب الاختبار في درجة حرارة الغرفة لمدّة ثلاثة أيام. بعد ذلك نقلبها ونفحص إذا تصلّب محتواها.

النتائج: يبقى محتوى أنابيب الاختبار 1 و3 سائلًا، فيما يتصلّب محتوى أنبوب الاختبار 2. نحصل على نفس النتائج في كلّ مرّات تكرار التجربة.

الاستنتاجات: مكوّن اللبن الذي يجعل الحليب يصبح لبنًا هو حسّاس للمضادّ الحيويّ أمبيسيلين. لأننا نعرف أنّ المضادّ الحيويّ يعمل على البكتيريا، يمكننا أن نفترض أنه ينتج من النتائج أنّ البكتيريا هي العامل المسؤول في اللبن عن تحوّل الحليب إلى لبن. من الجدير بالذكر أنّه إذا تصلّب محتوى أنبوب الاختبار رقم 3، أي أنّ الأمبيسيلين لم يمنع تكوّن اللبن، لا يكون بإمكاننا الاستنتاج أنّ الحديث عن بكتيريا، لأنه يُحتمَل ألّا تكون البكتيريا حسّاسة للمضادّ الحيويّ المحدّد الذي استخدمناه، أو أننا لم نُضِف ما يكفي من المضادّ الحيويّ لتثبيطها.

اقتراح لدليل التقييم

هذا مجرّد اقتراح. يمكنكم تغيير دليل التقييم وفق حاجة الصفّ. يُستحسَن عرض دليل التقييم على الطلاب في بداية الفعالية ليتمكنوا من رؤية المعايير التي تمّ تحديدها لتقييم عملهم.

	العلامة القصوى	العلامة الفعلية
سؤال البحث	**20**	
• تعريف المتغيّر المُؤثِّر	10	
• تعريف المتغيّر المتأثِّر	10	
خلفيّة علميّة قصيرة	**15**	
• تقديم معلومات عن المتغيّرَين في سؤال البحث	10	
• ربط المعلومات حول المتغيّرَين	5	
التخطيط للتجربة	**30**	
• كيف يُستبدَل المتغيّر المُؤثِّر	5	
• كيف يُقاس المتغيّر المتأثِّر	5	
• التخطيط لضوابط ملائمة	4	
• التخطيط لتكرارات	4	
• شرح: ما هي وظيفة كلّ أنبوب اختبار وما الذي تتوقّعون الحصول عليه؟	12	

النتائج	**15**	
• عرض واضح للنتائج	10	
• التطرُّق إلى جميع أنابيب الاختبار	5	
الاستنتاجات	**20**	
• عرض واضح للاستنتاجات	7	
• استنتاج ينتج عن النتائج	7	
• التطرّق إلى الضوابط والتكرارات	6	
المجموع	**100**	