



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Биотехнологии»

11 классы

Заключительный этап

2024-2025

Задания, ответы и критерии оценивания

Проектная задача для 11-го класса (включает в себя 6 частных задач)

Пробиотики – живые микроорганизмы, которые при введении в адекватных количествах оказывают благотворное физиологическое воздействие на организм хозяина. Однако пробиотики чрезвычайно чувствительны к экстремальным условиям окружающей среды, что существенно ограничивает их способность выживать в пище. Инкапсуляция клеток пробиотиков с помощью подходящего материала для стенок помогает сохранить жизнеспособность пробиотиков во время промышленной обработки и при прохождении через желудочно-кишечный тракт. Процесс инкапсуляции пробиотиков основан на создании полимерных систем в форме гидрогелевых матриц и микрокапсул с иммобилизованными микробными клетками. Вам предстоит решить ряд задач, позволяющих получить пробиотический продукт.

Внимание!!! Максимальный балл, указанный в скобках, начисляется только при наличии решения и ответа.

Задача №1. (5 баллов) Выберите вариант с пробиотическими микроорганизмами, которые целесообразно инкапсулировать:

- A) *Bifidobacterium bifidum* и *Listeria monocytogenes*
- Б) *Lactobacillus casei* и *Burkholderia mallei*
- В) *Lactobacillus acidophilus* и *Bifidobacterium bifidum*
- Г) *Proteus vulgaris* и *Lactobacillus acidophilus*

Ответ: В

За верный ответ – 5 баллов. Если указаны 2 ответа, один из которых верный – 1 балл

Задача №2. (30 баллов) При проведении инкапсуляции важным показателем является эффективность инкапсуляции (ЭИ), которая определяется по формуле:

$$\text{ЭИ}(\%) = \frac{N \cdot M}{N_0} \cdot 100$$

где N – количество жизнеспособных клеток, высвобожденных из 1,0 г микрокапсул,

M – общая масса собранных микрокапсул,

N₀ – количество свободных клеток перед капсулированием.

Определите, какой из приведенных материалов (см. Таблицу 1) эффективнее использовать для получения капсул при инкапсуляции бифидобактерий *Bifidobacterium bifidum*. Начальное количество бактерий для инкапсуляции определите по условиям задачи №3. Если вы не справились с задачей №3, примите начальное

количество бактерий как результат подсчета колоний на чашках Петри при посеве восьмого разведения бактериального препарата (см. Рисунок 1). Ответ подтвердите расчетами.

Таблица 1

Материал капсул	Количество жизнеспособных клеток, высвобожденных из микрокапсул, КОЕ/г	Масса микрокапсул, г
хитозан	$1,1 \times 10^9$ КОЕ/г	2,3
сывороточный протеин	$2,2 \times 10^8$ КОЕ/г	2,7
желатин	$0,9 \times 10^9$ КОЕ/г	2,9

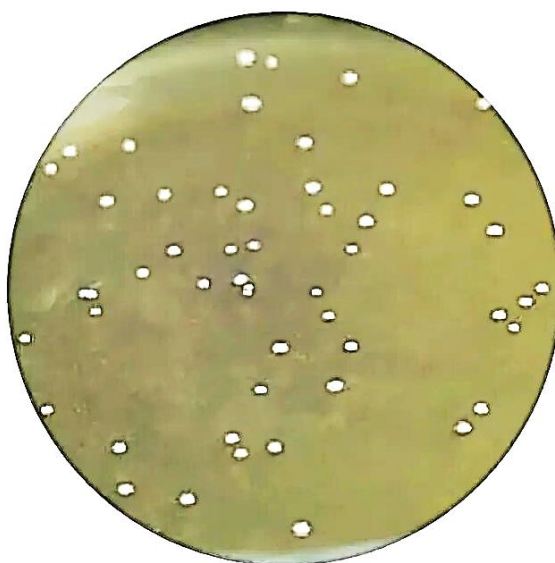


Рисунок 1 – Вид посева на чашку Петри с модифицированной селективной средой, 8-е разведение 1 г бактериального препарата *Bifidobacterium bifidum*

Ответ: желатин

Решение. Посчитаем ЭИ для каждого материала капсул с учетом результатов решения задачи №3:

$$\text{ЭИ(хитозан)} = 100 \times (1,1 \times 10^9) \times 2,3 / 2,99 \times 10^9 = 84,6\%$$

$$\text{ЭИ(сывороточный протеин)} = 100 \times (2,2 \times 10^8) \times 2,7 / 2,99 \times 10^9 = 19,9\%$$

$$\text{ЭИ(желатин)} = 100 \times (0,9 \times 10^9) \times 2,9 / 2,99 \times 10^9 = 87,3\%$$

Посчитаем ЭИ для каждого материала капсул с учетом результатов подсчета колоний на рисунке:

$$\text{ЭИ(хитозан)} = 100 \times (1,1 \times 10^9) \times 2,3 / 50 \times 10^8 = 51\%$$

$$\text{ЭИ(сывороточный протеин)} = 100 \times (2,2 \times 10^8) \times 2,7 / 50 \times 10^8 = 12\%$$

$$\text{ЭИ(желатин)} = 100 \times (0,9 \times 10^9) \times 2,9 / 50 \times 10^8 = 52\%$$

Наибольшее значение эффективности инкапсуляции у капсул из желатина.

Ответ верный и представлено решение – 30 баллов

Решение выстроено логически верно, но допущены ошибки в расчетах – 15 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 2 балла

Задача №3. (15 баллов) Для определения эффективности инкапсуляции необходимо знать инокулированное количество бактерий. Для этой цели

воспользуемся методом подсчета микроорганизмов в 1 мл суспензии бактериального препарата под микроскопом с использованием счетной камеры. Счетная камера Горяева представляет собой специальное предметное стекло с нанесенными на него поперечными прорезями (см. Рисунок 2). Средняя площадка разделена на две площадки с выгравированной сеткой с квадратами определенной площади. По обе стороны средней площадки в камере Горяева расположены две других на 0,1 мм выше средней. Плоскости этих площадок служат для притирания покровного стекла. Подсчет клеток проводят под микроскопом, который настраивают таким образом, чтобы была видна нанесенная на камеру сетка и клетки микроорганизма, равномерно распределенные на ней.

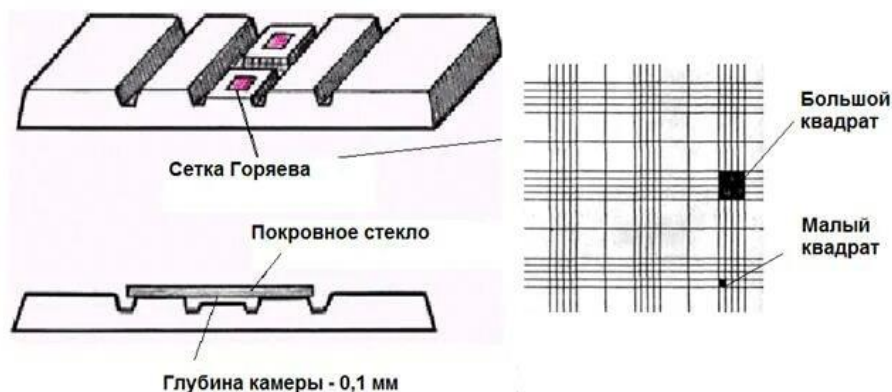


Рисунок 2 – Камера Горяева для подсчета количества микроорганизмов

Считают число клеток в 5 горизонтальных и 15 диагональных больших квадратах, после чего определяют число клеток (x) в 1 мл исследуемой взвеси по формуле:

$$x = \frac{a}{20} \cdot N \cdot k \cdot b = \frac{a \cdot 225 \cdot 1111}{20} \cdot b = a \cdot 12499 \cdot b$$

a – число клеток в 20 квадратах;

$N = 225$ – число больших квадратов в камере Горяева;

$k = 1/v = 1/0,0009 = 1111$ – коэффициент, равный величине, обратной объему камеры Горяева ($v = 0,9 \text{ мм}^3 = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ мл}$);

b – разведение препарата микроорганизма.

Рассчитайте среднее количество микроорганизмов, если при микроскопии 3-го разведения ($1:10^3$) бактериального препарата в камере Горяева выявлено 209 клеток, а при микроскопии 4-го разведения ($1:10^4$) – 27 клеток.

Ответ: $2,99 \cdot 10^9$ КОЕ/г

Решение:

По формуле определим количество клеток в бактериальном препарате:

Для 3-го разведения: $x = 209 \cdot 12499 \cdot 10^3 = 2,61 \cdot 10^9$ КОЕ/г

Для 4-го разведения: $x = 27 \cdot 12499 \cdot 10^4 = 3,37 \cdot 10^9$ КОЕ/г

Найдем среднее значение количества микроорганизмов: $10^9 \cdot (2,61 + 3,37) / 2 = 2,99 \cdot 10^9$ КОЕ/г

Ответ верный и представлено решение – 15 баллов

Решение выстроено логически верно, но ответ неверный – 7 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 1 балл

Задача №4. (25 баллов)

Результаты исследований 5 капсул позволили получить данные, представленные в таблице 2. Определите количество капсул, из которых высвобождено $2 \cdot 10^9$ КОЕ/мл жизнеспособных клеток.

Таблица 2

№ капсулы	Диаметр капсулы, мм	КОЕ/капсула (в пересчете на объем капсулы)
1	2,8	$1,4 \cdot 10^5$
2	2,1	$0,9 \cdot 10^5$
3	2,7	$1,3 \cdot 10^5$
4	2,9	$1,4 \cdot 10^5$
5	2,4	$1,2 \cdot 10^5$

Ответ: 58 капсул

Решение:

Найдем средний диаметр капсулы: $(2,8+2,1+2,7+2,9+2,4)/5=2,58$ мм

Найдем средний объем капсулы: $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (1,29)^3 = 4,187 \cdot 2,147 = 8,988$

$\text{мм}^3 = 0,00899$ мл

Найдем среднее количество микроорганизмов в капсуле:

$\text{КОЕ}_{\text{ср}} = (1,4+0,9+1,3+1,4+1,2) \cdot 10^5 / 5 = 3,1 \cdot 10^5$ КОЕ/капсула

Определим количество микроорганизмов в 1 мл содержимого капсул:
 $3,1 \cdot 10^5 / 0,00899 = 344,83 \cdot 10^5 = 3,45 \cdot 10^7$ КОЕ/мл

Найдем количество капсул: $2 \cdot 10^9 / 3,45 \cdot 10^7 = 57,97$ или 58 капсул

Ответ верный и представлено решение – 25 баллов

Решение выстроено логически верно, но ответ неверный – 10 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 1 балл

Задача №5. (20 баллов) При хранении продукта некоторое количество капсул разрушается. Согласно техническому регламенту содержание бифидобактерий в обогащенном продукте должно составлять не менее $1 \cdot 10^6$ колониеобразующих единиц (микробных клеток) в 1 г (см^3) продукции, чтобы оказывать пробиотический эффект. В таблице 3 приведены данные об изменении количества инкапсулированных жизнеспособных клеток в процессе хранения продукта. По данным таблицы 3 постройте график и по графику определите, через какой период хранения продукт с инкапсулированными бифидобактериями уже не будет относиться к обогащенному. Период хранения укажите в виде «8–9 сут».

Таблица 3

Наименование показателя	Количество инкапсулированных жизнеспособных клеток в процессе хранения				
	3 сут	6 сут	9 сут	12 сут	15 сут
Кол-во клеток, КОЕ в 1 см^3	$3,1 \cdot 10^8$	$4,9 \cdot 10^7$	$6,2 \cdot 10^6$	$0,8 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^5$

Ответ: через 11–12 сут

Решение. Для построения графика переведем количество клеток, КОЕ в 1 см^3 , в количество клеток, $\lg$ КОЕ в 1 см^3 (см. таблицу).

Наименование показателя	Количество инкапсулированных жизнеспособных клеток в процессе хранения				
	3 сут	6 сут	9 сут	12 сут	15 сут

Кол-во клеток, КОЕ/ 1 см ³	$3,1 \cdot 10^8$	$4,9 \cdot 10^7$	$6,2 \cdot 10^6$	$0,8 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^5$
Lg КОЕ/ 1 см ³	8,49	7,69	6,79	5,90	5,04

Построим график зависимости количества клеток, Lg КОЕ/ 1 см³ от времени хранения. Предельному значению $1 \cdot 10^6$ колониеобразующих единиц (микробных клеток) в 1 г (см³) продукции соответствует 6Lg КОЕ/ 1 см³. Данному значению на графике соответствует 11,5 сут хранения, или 11–12 сут.

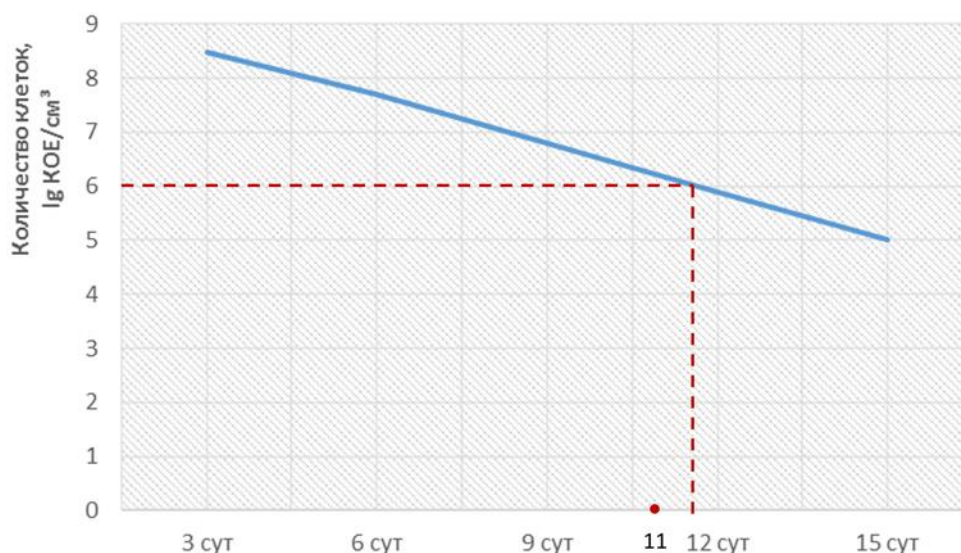


График построен верно, ответ верный – 20 баллов

График построен верно, но ответ представлен неверно – 10 баллов

График не построен, задача логически решена верно – 10 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 1 балл

Задача №6. (5 баллов) Подытожим результаты работы и сведем их в единую схему. Расставьте в правильной последовательности процессы, позволяющие получать пробиотический продукт с инкапсулированными бифидобактериями.

- 1 А) стабилизация капсул в растворе хлорида кальция
- 2 Б) фильтрация капсул
- 3 В) приготовление раствора альгината натрия
- 4 Г) введение капсул в состав продукта
- 5 Д) формирование капсул капельным методом
- 6 Е) активизация бактерий в сухом бактериальном препарате
- 7 Ж) введение активизированного бактериального препарата в раствор альгината натрия

Ответ: 1-Е, 2-В, 3-Ж, 4-Д, 5-А, 6-Б, 7-Г или ЕВЖДАБГ

Ответ верный – 5 баллов

Имеются 1-2 ошибки – 2 балла

Имеются 3-4 ошибки – 1 балл



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Биотехнологии»

9-10 классы

Заключительный этап

2024-2025

Задания, ответы и критерии оценивания

Проектная задача для 9-10-го классов (включает в себя 6 частных задач)

Пробиотики – живые микроорганизмы, которые при введении в адекватных количествах оказывают благотворное физиологическое воздействие на организм хозяина. Однако пробиотики чрезвычайно чувствительны к экстремальным условиям окружающей среды, что существенно ограничивает их способность выживать в пище. Инкапсуляция клеток пробиотиков с помощью подходящего материала для стенок помогает сохранить жизнеспособность пробиотиков во время промышленной обработки и при прохождении через желудочно-кишечный тракт. Процесс инкапсуляции пробиотиков основан на создании полимерных систем в форме гидрогелевых матриц и микрокапсул с иммобилизованными микробными клетками. Вам предстоит решить ряд задач, позволяющих получить пробиотический продукт.

Внимание!!! Максимальный балл, указанный в скобках, начисляется только при наличии решения и ответа.

Задача №1. (5 баллов) Известно, что для получения капсул обычно используют различные биополимеры. Выберите наиболее подходящие материалы для инкапсуляции бифидобактерий (несколько вариантов):

- А) глюкоза
- Б) аминокислота
- В) альгинат натрия
- Г) желатин
- Д) лактоза

Ответ: В, Г

За оба верных ответа (без дополнительных ответов) – 5 баллов. Если обозначено 2 ответа, один из которых верный; если обозначено несколько ответов, 2 из которых верно – начисляется 2 балла

Задача №2. (20 баллов). Для оценки эффективности инкапсуляции (ЭИ) используют формулу:

$$\text{ЭИ}(\%) = \frac{N \cdot M}{N_0} \cdot 100$$

где N – количество жизнеспособных клеток, высвобожденных из 1,0 г микрокапсул,

M – общая масса собранных микрокапсул,

N_0 – количество свободных клеток перед микрокапсулированием.

Определите, из какого материала (см. Таблицу 1) получится больше капсул для достижения одинаковой эффективности инкапсуляции бифидобактерий *Bifidobacterium Bifidum*. Начальное количество бактерий определите по условиям задачи №3. Если вы не смогли справиться с задачей №3, то примите инокулированное количество бактерий 1×10^9 КОЕ/г. Ответ подтвердите расчетами.

Таблица 1

Материал капсул	Количество жизнеспособных клеток, высвобожденных из микрокапсул, КОЕ/г
хитозан	$1,7 \times 10^8$ КОЕ/г
сывороточный протеин	$4,2 \times 10^7$ КОЕ/г
желатин	$2,1 \times 10^8$ КОЕ/г

Примечание: Решение этого задания оценивается двумя оценками: при верном решении задачи с использованием верного начального количества бактерий, найденного в задаче №3 – 20 баллов; при верном решении задачи с использованием начального количества бактерий из данной задачи – 15 баллов.

Ответ: сывороточный протеин

Решение. Выразим из приведенной формулы массу капсул:

$$M = \frac{\text{ЭИ} \cdot N_0}{N \cdot 100}$$

Посчитаем массу капсул для каждого материала с использованием результатов задачи №3:

$$M_{(\text{хитозан})} = \text{ЭИ} \cdot (2,99 \times 10^9) / (100 \cdot 1,7 \times 10^8) = \text{ЭИ} \cdot 0,176$$

$$M_{(\text{сывороточный протеин})} = \text{ЭИ} \cdot (2,99 \times 10^9) / (100 \cdot 4,2 \times 10^7) = \text{ЭИ} \cdot 0,71$$

$$M_{(\text{желатин})} = \text{ЭИ} \cdot (2,99 \times 10^9) / (100 \cdot 2,1 \times 10^8) = \text{ЭИ} \cdot 0,142$$

Посчитаем массу капсул для каждого материала с использованием данных задачи:

$$M_{(\text{хитозан})} = \text{ЭИ} \cdot (1 \times 10^9) / (100 \cdot 1,7 \times 10^8) = \text{ЭИ} \cdot 0,059$$

$$M_{(\text{сывороточный протеин})} = \text{ЭИ} \cdot (1 \times 10^9) / (100 \cdot 4,2 \times 10^7) = \text{ЭИ} \cdot 0,24$$

$$M_{(\text{желатин})} = \text{ЭИ} \cdot (1 \times 10^9) / (100 \cdot 2,1 \times 10^8) = \text{ЭИ} \cdot 0,048$$

При одинаковом значении ЭИ очевидно, что наибольшая масса капсул из сывороточного протеина

Ответ верный и представлено решение с использованием данных задачи №3 – 20 баллов

Ответ верный и представлено решение с использованием только данных задачи №2 – 15 баллов

Логика ведения расчетов верная, но имеются вычислительные ошибки – 10 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 1 балл

Задача №3. (15 баллов) Для определения эффективности инкапсуляции необходимо знать инокулированное количество бактерий. Для этой цели провели посев 7-го и 8-го разведения бактериального препарата бифидобактерий на питательную среду. Для подсчета результатов отобрали по 2 чашки Петри каждого разведения с количеством колоний 263; 296 и 41; 57, соответственно. Определите среднее количество микроорганизмов в бактериальном препарате (КОЕ/г) по формуле:

$$N = \frac{c}{(n_1 + 0,1 \cdot n_2) \cdot d},$$

где c – сумма подсчитанных колоний на всех чашках;

n_1 – количество чашек первого разведения;

n_2 – количество чашек второго разведения;

d – коэффициент первого разведения;

0,1 – коэффициент, учитывающий кратность первого и второго разведения.

Ответ: $2,99 \cdot 10^9$ КОЕ/г

Решение. В двух последовательных разведениях 10^{-7} и 10^{-8} были получены результаты: 263; 296 и 41; 57 колоний соответственно.

Количество микроорганизмов в бактериальном препарате равно:

$$N = \frac{263 + 296 + 41 + 57}{(2 + 0,1 \cdot 2) \cdot 10^{-7}} = 2,99 \cdot 10^9 \text{ КОЕ/г}$$

Ответ верный и представлено решение – 15 баллов

Логика ведения расчетов верная, но имеются вычислительные ошибки – 7 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 1 балл

Задача №4. (25 баллов) При хранении продукта некоторое количество капсул может разрушиться. Согласно техническому регламенту содержание бифидобактерий в обогащенном продукте должно составлять не менее $1 \cdot 10^6$ колониеобразующих единиц (микробных клеток) в 1 г продукции, чтобы оказывать пробиотический эффект. Определите, через какой период хранения продукт с инкапсулированными бифидобактериями уже не будет относиться к обогащенному, если через 4 дня хранения потери капсул составили 17%, через 6 дней хранения – 33%, через 8 дней хранения – 41%, а через 10 дней хранения – 45%. Известно, что на капсулирование направили $1 \cdot 10^7$ КОЕ/г живых бактерий. Эффективность инкапсуляции составила 89% при внесенном количестве капсул – 5% от массы продукта, которую можно принять за 100 г. Ответ подтвердите расчетами.

Ответ: через 10 дней

Решение. из формулы определения эффективности инкапсуляции определим количество жизнеспособных клеток, высвобожденных из 1,0 г микрокапсул:

$$N = \frac{N_0 \cdot \mathcal{EИ}}{M \cdot 100} = (89 \cdot 1 \cdot 10^7) / (100 \cdot 5) = 1,8 \cdot 10^6 \text{ КОЕ/г, где } M = 5 \cdot 100 / 100 = 5 \text{ г.}$$

Найдем потери бактерий в капсулах:

через 4 дня: $(17 \cdot 1,8 \cdot 10^6) / 100 = 0,31 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Найдем остаток бактерий через 4 дня хранения продукта: $1,8 \cdot 10^6 - 0,31 \cdot 10^6 = 1,49 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Так как оставшееся количество бактерий больше, чем минимально допустимое $1 \cdot 10^6$ КОЕ/г, то продукт через 4 дня хранения можно считать обогащенным.

через 6 дней: $(33 \cdot 1,8 \cdot 10^6) / 100 = 0,59 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Найдем остаток бактерий через 6 дней хранения продукта: $1,8 \cdot 10^6 - 0,59 \cdot 10^6 = 1,21 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Так как оставшееся количество бактерий больше, чем минимально допустимое $1 \cdot 10^6$ КОЕ/г, то продукт через 6 дней хранения можно считать обогащенным.

через 8 дней: $(41 \cdot 1,8 \cdot 10^6) / 100 = 0,74 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Найдем остаток бактерий через 8 дней хранения продукта: $1,8 \cdot 10^6 - 0,74 \cdot 10^6 = 1,06 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Так как оставшееся количество бактерий больше, чем минимально допустимое $1 \cdot 10^6$ КОЕ/г, то продукт через 8 дней хранения можно считать обогащенным.

через 10 дней: $(45 \cdot 1,8 \cdot 10^6) / 100 = 0,81 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Найдем остаток бактерий через 10 дней хранения продукта: $1,8 \cdot 10^6 - 0,81 \cdot 10^6 = 0,99 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Так как оставшееся

количество бактерий меньше, чем минимально допустимое $1 \cdot 10^6$ КОЕ/г, то продукт через 10 дней хранения нельзя считать обогащенным.

Ответ верный и представлено решение – 25 баллов

Логика ведения расчетов верная, но имеются вычислительные ошибки – 10 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 1 балл

Задача №5. (30 баллов) Количество бактерий можно установить и по интенсивности светорассеяния. Величину светорассеяния измеряют с помощью фотоэлектроколориметра (ФЭК). Для определения количества клеток сначала строят кривую зависимости показаний ФЭК от числа клеток (калибровочную кривую) и затем по этой кривой, предварительно измерив светорассеяние, определяют содержание клеток. По данным таблицы 2 постройте калибровочную кривую с осями x – количество микроорганизмов $\lg$ КОЕ/см³; y – оптическая плотность. По графику найдите в интервале оптической плотности 0,25–0,29 количество микроорганизмов ($\lg$ КОЕ/см³), точно характеризующее степень разведения.

Таблица 2

Наименование показателя	Результаты исследований					
	Разведение бактериального препарата					
	1:10	1:10 ³	1:10 ⁴	1:10 ⁶	1:10 ⁸	1:10 ¹⁰
Кол-во клеток в 1 см ³	1518	910	318	124	11	3
Оптическая плотность	0,03	0,18	0,22	0,35	0,43	0,55

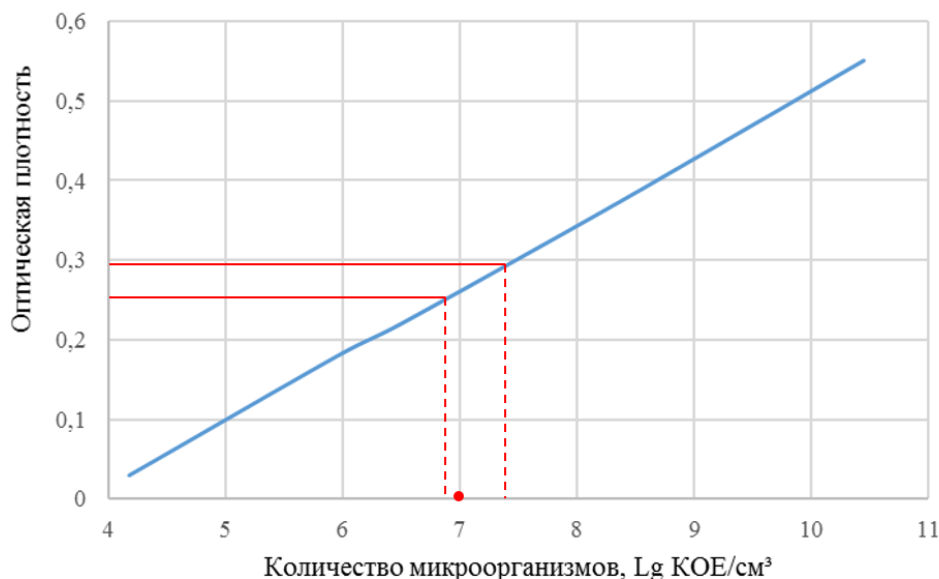
Ответ: 7 $\lg$ КОЕ/см³ точно характеризует степень седьмого разведения

Решение. По данным таблицы 2 найдем значения $\lg$ КОЕ/см³, вычисляя логарифм произведения количества клеток и степени разведения: $\lg (1518 \cdot 10) = 4,18$; $\lg (910 \cdot 10^3) = 5,96$ и т.д.

Результаты сведем в таблицу.

Наименование показателя	Результаты исследований					
	Разведение бактериального препарата					
	1:10	1:10 ³	1:10 ⁴	1:10 ⁶	1:10 ⁸	1:10 ¹⁰
Кол-во клеток в 1 см ³	1518	910	318	124	11	3
Кол-во клеток $\lg$ КОЕ/см ³	4,18	5,96	6,50	8,09	9,04	10,45
Оптическая плотность	0,03	0,18	0,22	0,35	0,43	0,55

Построим график по данным таблицы:



Для указанного диапазона оптической плотности только 7 lg КОЕ/см³ точно характеризует степень разведения, а именно седьмого.

Верный ответ с решением и построенным графиком – 30 баллов,

График построен верно, но ответ неверный – 10 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 1 балл

Задача №6. (5 баллов) Подытожим результаты работы и сведем их в единую схему. Расставьте в правильной последовательности процессы, позволяющие получать пробиотический продукт с инкапсулированными бифидобактериями.

- 1 А) формирование капсул капельным методом
- 2 Б) фильтрация капсул
- 3 В) приготовление раствора альгината натрия
- 4 Г) введение капсул в состав продукта
- 5 Д) введение активизированного бактериального препарата в раствор альгината натрия

Ответ: 1-В, 2-Д, 3-А, 4-Б, 5-Г, или ВДАБГ

Ответ верный – 5 баллов

Имеются 1-2 ошибки – 2 балла



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Биотехнологии»

7-8 классы

Заключительный этап

2024-2025

Задания, ответы и критерии оценивания

Проектная задача для 7-8-го классов (включает в себя 6 частных задач)

Пробиотики – живые микроорганизмы, которые при введении в адекватных количествах оказывают благотворное физиологическое воздействие на организм хозяина. Однако пробиотики чрезвычайно чувствительны к экстремальным условиям окружающей среды, что существенно ограничивает их способность выживать в пище. Инкапсуляция клеток пробиотиков с помощью подходящего материала для стенок помогает сохранить жизнеспособность пробиотиков во время промышленной обработки и при прохождении через желудочно-кишечный тракт. Процесс инкапсулирования пробиотиков основан на создании микрокапсул с иммобилизованными микробными клетками. Вам предстоит решить ряд задач, позволяющих получить пробиотический продукт.

Внимание!!! Максимальный балл, указанный в скобках, начисляется только при наличии решения и ответа.

Задача № 1. (5 баллов) Известно, что для получения капсул обычно используют различные полисахариды. Выберите наиболее подходящие материалы для инкапсуляции бифидобактерий (несколько вариантов):

- А) глюкоза
- Б) лактоза
- В) крахмал
- Г) пектин

Ответ: В, Г

За оба правильных ответа – 5 баллов

За 1 правильный ответ – 2 балла

Задача № 2. (20 баллов) При проведении инкапсуляции важным показателем является эффективность инкапсуляции (ЭИ), которая определяется по формуле:

$$\text{ЭИ}(\%) = \frac{N \cdot M}{N_0} \cdot 100$$

где N – количество жизнеспособных клеток, высвобожденных из 1,0 г микрокапсул,

M – общая масса собранных микрокапсул,

N₀ – количество свободных клеток перед микрокапсуляцией.

Определите, какой из приведенных материалов (см. Таблицу 1) эффективнее использовать для получения капсул при инкапсуляции бифидобактерий *Bifidobacterium Bifidum*, если инокулированное количество бактерий составило 1×10^9 КОЕ/г. Ответ подтвердите расчетами.

Материал капсул	Количество жизнеспособных клеток, высвобожденных из микрокапсул, КОЕ/г	Масса микрокапсул, г
хитозан	$1,7 \times 10^8$ КОЕ/г	4,8
сывороточный протеин	$4,2 \times 10^7$ КОЕ/г	5,3
желатин	$2,1 \times 10^8$ КОЕ/г	3,7

Ответ: хитозан

Решение. Посчитаем ЭИ для каждого материала капсул:

$$\text{ЭИ(хитозан)} = 100 \times (1,7 \times 10^8) \times 4,8 / 1 \times 10^9 = 81,6\%$$

$$\text{ЭИ(сывороточный протеин)} = 100 \times (4,2 \times 10^7) \times 5,3 / 1 \times 10^9 = 22,3\%$$

$$\text{ЭИ(желатин)} = 100 \times (2,1 \times 10^8) \times 3,7 / 1 \times 10^9 = 77,7\%$$

Наибольшее значение ЭИ у капсул из хитозана.

Ответ верный и представлено решение – 20 баллов

Логика ведения расчетов верная, но имеются вычислительные ошибки – 10 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 1 балл

Задача № 3. (20 баллов) На эффективность инкапсуляции влияет не только выбранный материал капсул, но и дополнительная выдержка в растворе хлорида кальция для упрочнения структуры капсул. По данным таблицы 2 постройте график зависимости эффективности инкапсуляции от времени выдержки капсул. Определите, сколько нужно выдержать капсулы в растворе хлорида кальция для получения эффективности инкапсуляции 85%. Ответ укажите в виде диапазона в минутах, например, 8–9 мин.

Время выдержки	0 мин	5 мин	10 мин	15 мин	20 мин
ЭИ, %	38	52	65	78	91

Ответ: 17–18 мин

Решение. Построим график по данным таблицы

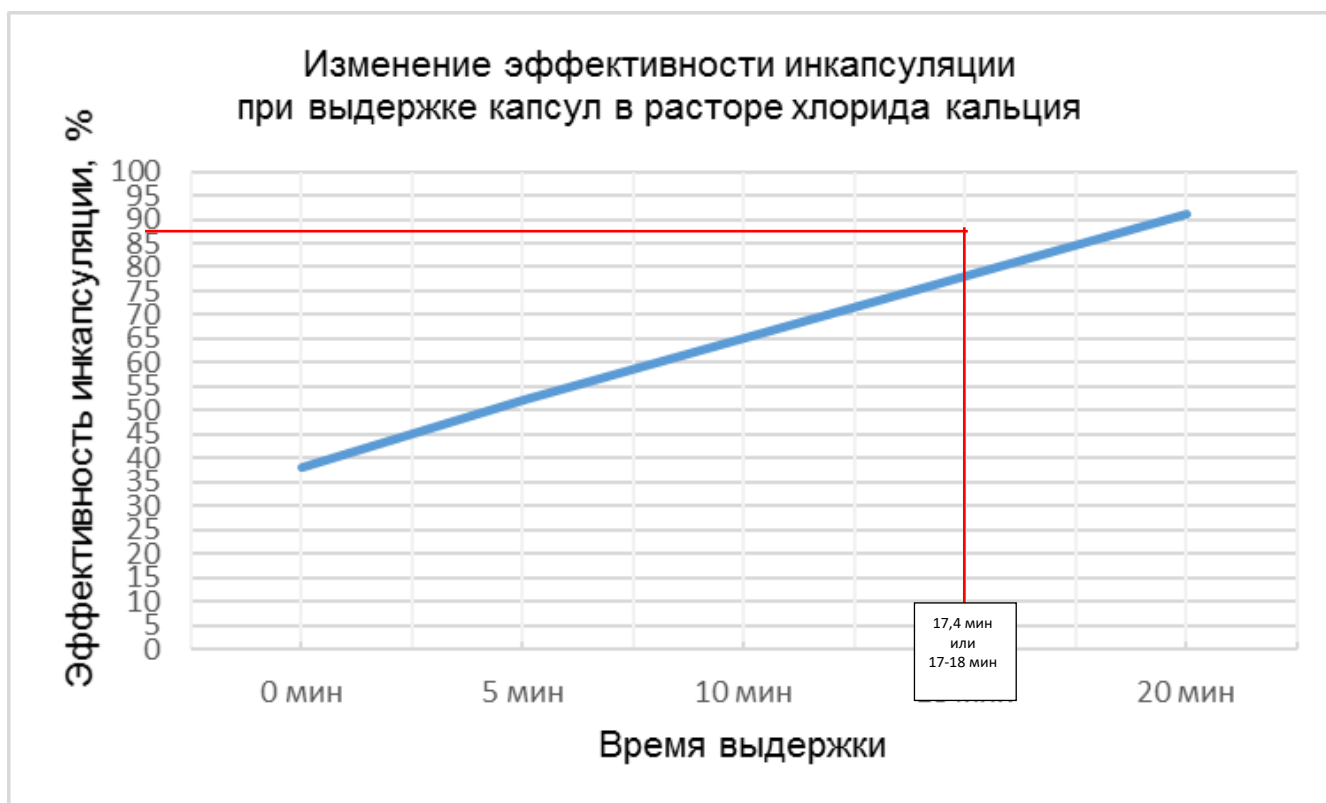


График построен верно, ответ верный – 20 баллов

График построен верно, но ответ неверный – 10 баллов

График не построен, задача решена верно аналитически – 10 баллов.

Задача № 4. (15 баллов) При моделировании процесса пищеварения в желудочно-кишечном тракте установлено, что потери капсул с пробиотиками от введенного количества составили 26%. Определите минимально необходимую для потребления массу капсул если известно, что в 20-ти граммах капсул окажется достаточное количество пробиотиков для оказания положительного эффекта на организм.

Ответ: 27 г

Решение. Капсулы, прошедшие через желудочно-кишечный тракт, составили: $100 - 26 = 74\%$, что должно соответствовать 20 г. Найдем минимально необходимую для потребления массу капсул, принимая ее за 100%: $20 \cdot 100 / 74 = 27$ г

Ответ верный, представлено решение – 15 баллов

Логика ведения расчетов верная, но имеются вычислительные ошибки – 7 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 1 балл

Задача № 5. (30 баллов) При хранении продукта некоторое количество капсул может разрушиться. Согласно техническому регламенту содержание бифидобактерий в обогащенном продукте должно составлять не менее 10^6 колониеобразующих единиц (микробных клеток) в 1 г продукции, чтобы оказывать пробиотический эффект. Определите, можно ли продукт с инкапсулированными бифидобактериями

отнести к обогащенному, если к концу срока хранения потери капсул составили 34%, а инкапсуляции подвергли $1 \cdot 10^8$ КОЕ/г живых бактерий. Эффективность инкапсуляции составила 94% при внесенном количестве капсул – 20% от массы продукта, которую можно принять за 100 г. Возможным ростом бактерий внутри капсул при хранении пренебречь.

Ответ: продукт можно отнести к обогащенному

Решение: из формулы определения эффективности инкапсуляции определим количество жизнеспособных клеток, высвобожденных из 1,0 г микрокапсул:

$$N = \frac{N_0 \cdot \mathcal{E}I}{M \cdot 100} = (94 \cdot 1 \cdot 10^8) / (100 \cdot 20) = 4,7 \cdot 10^6 \text{ КОЕ/г, где } M = 20 \cdot 100 / 100 = 20 \text{ г.}$$

Найдем потери бактерий в капсулах: $(34 \cdot 4,7 \cdot 10^6) / 100 = 1,598 \cdot 10^6$ КОЕ/г.

Найдем остаточное количество бактерий:

$(4,7 \cdot 10^6) - (1,598 \cdot 10^6) = 3,1 \cdot 10^6$ КОЕ/г, что больше $1 \cdot 10^6$, значит продукт можно отнести к обогащенному

Ответ верный, представлено решение – 30 баллов

Логика ведения расчетов верная, но имеются вычислительные ошибки – 10 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 0 баллов

Задача № 6. (10 баллов) Подытожим результаты работы и сведем их в общую схему.

Рассмотрите внимательно отдельные этапы получения капсул в лабораторных условиях и применения их в составе продукта питания. Составьте схему в логической последовательности, указав в ответе верную последовательность нумерации картинок.



Ответ: 2, 5, 3, 1, 4

Верный ответ – 10 баллов

Имеется 1-2 ошибки – 5 баллов