



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

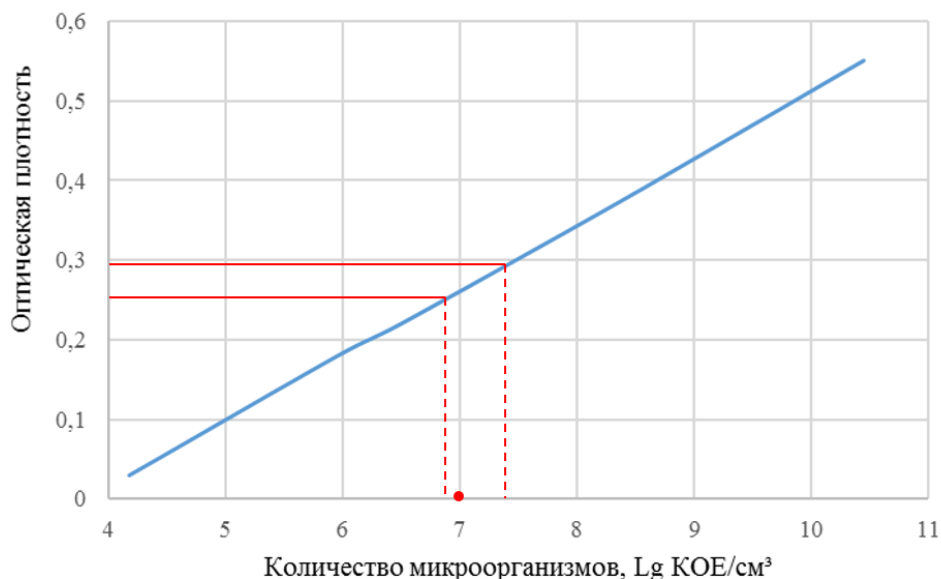
Ответ: 7 $\lg$ КОЕ/см³ точно характеризует степень седьмого разведения

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 лг 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