



Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1. В биотехнологической практике часто необходимо произвести подсчет количества микроорганизмов в лабораторном материале (например суспензии). Для этих целей можно использовать камеру Горяева-Тома (рис. 1).

Эта камера представляет собой толстое предметное стекло, разделенное бороздками. На центральную часть стекла нанесена сетка. Площадь квадрата составляет $1/25 \text{ мм}^2$ (большой квадрат) или $1/400 \text{ мм}^2$ (малый квадрат). Глубина камеры составляет 0,1 мм.

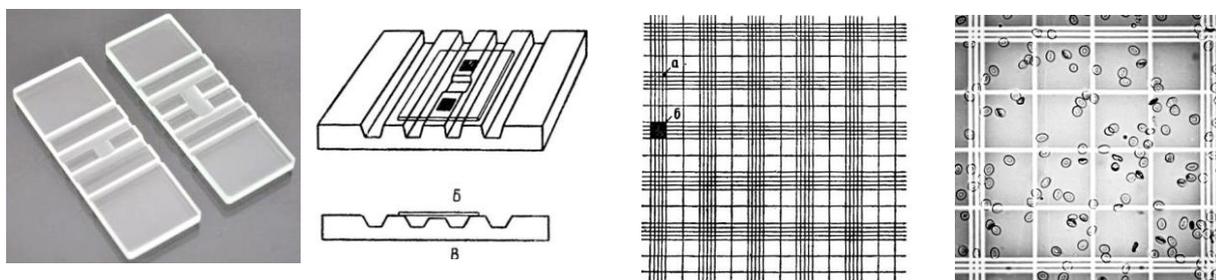


Рис. 1. Камера Горяева-Тома для подсчета количества микроорганизмов

Количество клеток в 1 мл исследуемой суспензии при подсчете в камере Горяева-Тома вычисляют по формуле:

$$x = \frac{a \times 10^3}{h \times S} \cdot n \quad (1)$$

где

x – число клеток в 1 мл суспензии;

a – среднее число клеток в квадрате сетки (в подсчетах не учитываются квадраты, в которых более 20 клеток);

h – глубина камеры в мм;

S – площадь квадрата сетки в мм^2 ;

10^3 – коэффициент перевода см^3 в мм^3 ;

n – разведение исследуемой суспензии ($n=25$).

Задание. Используя представленные ниже данные (табл.1 и 2), определите исходное число микроорганизмов в суспензии и установите температуры, при которых достигается эффект снижения количества микроорганизмов в 10 и более раз (15 баллов).

Таблица 1. Результаты подсчета клеток исходной суспензии микроорганизмов в камере Горяева-Тома

№ квадрата сетки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Число клеток в большом квадрате сетки	15	17	8	14	16	14	24	4	19	21	13	15	16	15	13
№ квадрата сетки	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Число клеток в большом квадрате сетки	11	12	14	12	23	15	16	16	16	10	10	15	21	17	16

Таблица 2. Результаты подсчета клеток суспензии микроорганизмов в камере Горяева-Тома после термического воздействия

Температура, °С	30	40	50	60	70	80
Среднее число клеток в большом квадрате сетки	10,3	3,8	2,6	1,3	1,1	0,8

Решение.

Для установления исходного количества клеток микроорганизмов необходимо использовать формулу (1).

На первом этапе решения следует установить значение a – среднее число клеток в квадрате сетки. Для этого необходимо рассчитать среднее арифметическое значение числа клеток в больших квадратах сетки (по табл.1). При этом учесть условие, что в подсчетах не учитываются квадраты, в которых более 20 клеток, т.е. исключить из расчетов значения в квадратах № 7, 10, 20, 28:

$$(15+17+8+14+16+14+\dots+16)/30=359/26=13,81.$$

На следующем этапе мы можем рассчитать искомое количество клеток:

$$x = \frac{13,81 \times 10^3}{0,1 \times 0,04} \cdot 25 = 86312500 \quad (\text{ответ может быть представлен } 86,3 \times 10^6 \text{ клеток}).$$

Важно учесть, что за значение S мы принимаем $1/25 \text{ мм}^2$ или $0,04 \text{ мм}^2$, поскольку данные представленные в таблице 1 свидетельствуют о том, что подсчёт клеток микроорганизмов вёлся с использованием больших квадратов сетки камеры Горяева-Тома.

Для решения второй части задачи – установление температуры, при которой достигается эффект снижения количества микроорганизмов в 10 раз решение может быть представлено 2 вариантами: коротким и длинным.

Короткое решение предполагает сопоставление значения 13,81 (среднее число клеток в квадрате сетки), найденного на предыдущем этапе со значениями, представленными в таблице 2, получим, что 1,3 (при температуре 60 °С) – это первое значение, которое меньше 13,81 более чем в 10 раз, следовательно

эффект снижения количества микроорганизмов в 10 раз достигается при температуре 60 °С и выше.

Длинный вариант решения может включать последовательные расчеты количества клеток в 1 мл суспензии по формуле (1) и сопоставление полученных значений со значением 86312500. Однако, следует учесть, что в уравнении изменяется только значение *a*.

Короткий вариант решения является более предпочтительным.

Ответ: Количество клеток в 1 мл исследуемой суспензии составляет $88,3 \times 10^6$. Эффект снижения количества микроорганизмов в 10 раз достигается при температуре 60 °С и выше.

Задача 2. Известно, что витамин D преимущественно получают в результате биосинтеза эргостерола (предшественника витамина D) микроорганизмами. Наиболее активные продуценты эргостерола – *Saccharomyces*, *Rhodotoryla*, *Candida*. В промышленных масштабах эргостерол получают при культивировании дрожжей и мицелиальных грибов на средах с избытком сахаров при дефиците азота, высокой температуре и хорошей аэрации.

В среднем дрожжи способны синтезировать 6-7 % эргостерола (к общей биомассе дрожжей), некоторые виды мицелиальных грибов – до 10 %. При этом, важно оценивать экономическую целесообразность процесса биосинтеза, которая характеризуется коэффициентом эффективности биосинтеза (КЭБ):

$$\text{КЭБ} = \frac{DB}{DS} \quad (2)$$

где

DB – прирост сухой биомассы продуцентов, г;

DS – убыль сахаров в питательной среде, г.

Задание. Используя представленные ниже данные (табл. 3), определите среди предложенных микроорганизмов наиболее эффективный продуцент эргостерола. Рассчитайте выход эргостерола для каждого из продуцентов на конец культивирования при условии накопления эргостерола в количестве 6% от сухой биомассы дрожжей. (15 баллов).

Таблица 3. Результаты определения биомассы микроорганизмов и массы сахаров в питательной среде в процессе биосинтеза эргостерола

Продуцент	Масса продуцента, г		Влажность биомассы микроорганизмов, %	Масса сахаров в питательной среде, г	
	На начало культивирования	На конец культивирования		На начало культивирования	На конец культивирования
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	1	4,3	65	6	4,1
<i>Saccharomyces uvarum</i>	1	2,8	72	6	4,6
<i>Candida quilliermondii</i>	1	3,1	70	6	4,3

Решение.

Для установления наиболее эффективного продуцента эргостерола, среди предложенных в таблице 3 необходимо произвести расчеты коэффициента эффективности биосинтеза (КЭБ) для каждого из них, используя формулу 2.

Для расчетов важно понять, что прирост биомассы – это разница между значениями биомассы продуцента на конец и начало процесса биосинтеза.

Под убылью сахаров понимают разницу значений массы сахаров в питательной среде на начало и на конец процесса биосинтеза.

Таким образом,

$$\text{КЭБ (Saccharomyces cerevisiae)} = (4,3-1)/(6-4,1)=1,74;$$

$$\text{КЭБ (Saccharomyces uvarum)} = (2,8-1)/(6-4,6)=1,29;$$

$$\text{КЭБ (Candida quilliermondii)} = (4,3-1)/(6-4,1)=1,24;$$

Выбираем наибольшее значение из полученных – 1,74.

Для решения второй части задачи необходимо учесть условие, что эргостерола накапливается в количестве 6% от сухой биомассы дрожжей.

Учитывая значения влажности биомассы дрожжей, представленные в табл. 3 произведем расчёт массы синтезированного эргостерола для каждого из продуцентов

М1 (*Saccharomyces cerevisiae*):

$$1.1 \text{ Масса сухой биомассы дрожжей составит } 4,3 \times (100-65)/100 = 1,505 \text{ г}$$

$$1.2. \text{ Масса синтезированного эргостерола составит } M1 = 1,505 \times 6/100 = 0,09 \text{ г}$$

$$\text{Решение может быть коротким: } M1 = 4,3 \times 0,35 \times 0,06 = 0,09 \text{ г}$$

Аналогично

$$M2 (\textit{Saccharomyces uvarum}) = 2,8 \times 0,28 \times 0,06 = 0,05 \text{ г,}$$

$$M3 (\textit{Candida quilliermondii}) = 3,1 \times 0,3 \times 0,06 = 0,06 \text{ г}$$

Ответ: наиболее эффективным продуцентом эргостерола из предложенных являются дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, КЭБ=1,74.

Выход эргостерола для каждого из продуцентов на конец культивирования составит:

$$\textit{Saccharomyces cerevisiae} - 0,09 \text{ г}$$

$$\textit{Saccharomyces uvarum} - 0,05 \text{ г}$$

$$\textit{Candida quilliermondii} - 0,06 \text{ г}$$

Задача 3. В настоящее время для производства пищевых продуктов лечебно-профилактического назначения используют технологию обогащения биологически активными веществами (БАВ) в инкапсулированном (защищенном) виде (рис. 2). Для инкапсуляции, например, используют β -циклодекстрин (молярная масса: 1134,987 г/моль)

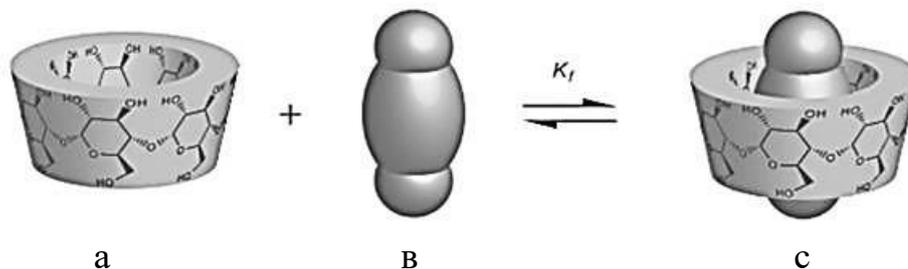


Рис.2. Схематичное изображение инкапсуляции БАВ в β -циклодекстрин: а – β -циклодекстрин, б – БАВ, в – комплекс инкапсулированного БАВ

Задание. Предприятие «N» решило производить биологически активную добавку (БАД) – рутин ($C_{27}H_{30}O_{16}$), инкапсулированный в β -циклодекстрин. Рассчитайте какое количество БАВ и β -циклодекстрина в граммах необходимо использовать для получения 100 г БАД, если для эффективной инкапсуляции необходимо обеспечить молярное соотношение 3:1 (БАВ: β -циклодекстрин). При этом, инкапсулируется только 75 % БАВ, внесенного в исходную смесь (30 баллов).

Решение.

Решать задачу необходимо в несколько этапов.

На первом этапе необходимо определить молярную массу рутина по представленной для него формуле – $C_{27}H_{30}O_{16}$.

Расчет: $12 \times 27 + 1 \times 30 + 16 \times 16 = 324 + 30 + 256 = 610$ г/моль.

На втором этапе необходимо учесть условие, что эффективно процесс инкапсуляции протекает при соотношении рутин: β -циклодекстрин = 3:1.

Следовательно, для приготовления смеси при инкапсуляции соотношение веществ по массе должно быть: $(610 \times 3) : 1134,987$, т.е. 1830г:1134,987г.

Необходимо учесть условие, что только 75 % БАВ, внесенного в исходную смесь инкапсулируется (остальные 25% удаляются из смеси при промывании), Т.е. при соотношении 1830г:1134,987г готовой смеси получится: $1830 \times 0,75 + 1134,987 = 2507,487$ г

На третьем этапе нам необходимо составить уравнение:

Массу рутина β -циклодекстрина примем за x , тогда масса рутина в смеси составит $1830/1134,987 \times 0,75 = 1,21x$, т.е. получим уравнение:

$$x + 1,21x = 100,$$

отсюда $x = 100/1,62 = 45,25$ г (масса β -циклодекстрина)

тогда масса рутина $1,21 \times 45,25 = 54,75$ (или $100 - 45,25 = 54,75$).

Ответ: для получения 100 г БАД – рутина, инкапсулированного в β -циклодекстрин, необходимо использовать смесь, состоящую из 54,75 г рутина и 45,25 г β -циклодекстрина.

Задача 4. Установите последовательность процессов биосинтеза белка в клетке (10 баллов):

- А – Присоединение аминокислоты к т-РНК.
- Б – Выход и-РНК из рибосомы
- В – Синтез и-РНК на ДНК.
- Г – Соединение и-РНК с рибосомой.
- Д – Образование пептидной связи между аминокислотами.
- Е – Перемещение и-РНК из ядра к рибосоме.

Ответ: В-Е-Г-А-Д-Б

Задача 5. Предприятие «N» организует выпуск хлеба, обогащенного витамином В6.

Произведите расчет необходимого количества витамина В6 в рецептуре хлебобулочного изделия (на 100 кг муки).

При решении задачи необходимо учесть:

- рекомендуемая норма потребления витамина В6 составляет 25 мг/сут на человека;
- поступление витамина В6 в составе хлеба должно составлять 30 % от рекомендуемой нормы потребления;
- рекомендуемая норма потребления хлеба – 175 г/сут на человека;
- потери витамина В6 в процессе технологии производства, при брожении теста и выпечке хлеба составят 40 %;
- выход хлеба составляет 140 % (т.е. из 100 г муки получаем 140 г готового продукта) (30 баллов).

Решение.

Решать задачу необходимо в несколько этапов.

1. Рассчитаем, сколько витамина В6 должно поступать в организм человека в сутки с хлебом (по условию задачи 30 %): $25 \times 0,3 = 7,5$ мг/сут (или по пропорции $25 \times 30 / 100$).

Т.е., с учетом указанной в задаче рекомендуемой нормы потребления 7,5 мг витамина В6 должно содержаться в 175 г хлеба.

2. Учитываем потери витамина В6 в процессе технологии производства (40% по условиям задачи).

Необходимо составить уравнение или пропорцию:

60% - 7,5 мг

100% - X мг, отсюда $X = 12,5$ мг.

Т.е., для коррекции потери витамина В6, необходимо внести не 7,5 г, а 12,5 мг на 175 г муки.

3. В задаче указан выход хлеба 140 %, т.е. принимаем условие, что из 100 г муки получится 140 г хлеба, следовательно необходимо составить уравнение или пропорцию:

100 г – 12,5 мг

170 г – X мг, отсюда

$X = 12,5 \times 140 / 175 = 10$ мг на 100 г муки.

4. Рассчитываем какое количество витамина B6 необходимо внести на 100 кг (или 100000 г) муки:

$10 \times 1000 = 10000$ мг или 10 г витамина B6

Расчеты могут быть более компактными, очередность этапов расчета может быть изменена.

Ответ: для обеспечения поступления в организм человека витамина B6 в количестве 30 % от рекомендуемого уровня потребления с учетом нормы потребления хлеба в рецептуру нужно внести 10 г витамина B6 на 100 кг муки.

Критерии оценивания

Решение каждой из представленных задач оценивается по системе 0 – 5 баллов с учетом критериев представленных в таблице:

Количество баллов за решение задачи	Пояснение
5 баллов	Задача решена полностью правильно. Решение задачи подробное и содержит необходимые пояснения.
4 балла	Задача решена правильно, но в решение задачи имеются неточности или решение не содержит необходимые пояснения.
3 балла	Задача решена частично или с ошибками.
2 балла	Задача решена более, чем на 1/3, направление решения верное, но ответ не получен
1 балл	Задача решена менее, чем на 1/3, ответ не получен
0 баллов	Решение отсутствует

Максимальное количество баллов за пять решенных задач составляет **100 баллов**.

Возможное количество баллов для каждой задачи устанавливается с учетом коэффициента сложности:

Номер задачи	Значение коэффициента сложности	Количество баллов за задачу
1	3	0-15
2	3	0-15
3	6	0-30
4	2	0-10
5	6	0-30