

**Московская олимпиада школьников по экологии
2024–2025 учебный год
11 класс**

Задание 1. «Даурский заповедник» (16 баллов)

*Задание предоставлено партнёром олимпиады –
Межрегиональным общественным движением «Друзья заповедных островов».*



На юге Забайкальского края, у самой границы с Монголией, расположен один из биосферных заповедников нашей страны – Даурский. Заповедник был организован в 1987 году для охраны природного комплекса степных озёр и водно-болотных угодий, занимающих более 80 % его территории. Степная зона Забайкалья отличается уникальным климатом: чередование влажного и засушливого периодов происходит примерно каждые 30–35 лет. Вследствие этого происходят ежегодные колебания уровня воды в степных озёрах, вплоть до полного исчезновения водоёмов в засушливые годы. По берегам озёр и на островах гнездятся десятки видов водоплавающих и околоводных птиц. К их числу относится реликтовая чайка – редчайший вид, гнездовые колонии которого сохранились лишь на нескольких озёрах в Центральной Азии, а общая численность не превышает нескольких тысяч особей. Реликтовая чайка внесена в Красные Книги Международного союза охраны природы (МСОП) и Российской Федерации.

Помимо озёр и водно-болотных угодий, в Даурском заповеднике охраняются степные экосистемы. К моменту образования заповедника биом Даурских степей уже сильно пострадал из-за распашки и высадки лесополос, а неконтролируемая охота серьёзно подорвала численность важных средообразователей степей – копытных млекопитающих. Были полностью уничтожены такие виды копытных, как лошадь Пржевальского, кулан, аргали (дикий баран) и монгольский дзерен – один из двух видов антилоп, обитающих на территории России. Попали в категорию редких и другие виды степных млекопитающих, например монгольский сурок – тарбаган и дикий кот – манул. Среди птиц незамедлительных мер по охране требовали несколько видов журавлей (в том

Критерии оценивания

числе и символ будущего заповедника – даурский журавль), дрофа и многие виды пернатых хищников. Появление заповедника позволило резко снизить антропогенное воздействие на хрупкие степные экосистемы и сохранить уникальный природный комплекс. Численность большинства редких видов стабилизировалась и начала расти. С прилегающей территории Монголии в заповедник начали заходить дзерены, но в первые годы существования заповедника их численность не превышала 10–15 особей. Восстановить численность степной антилопы удалось только после расширения охраняемых территорий в степях Забайкальского края (в 2011 году был организован федеральный заказник «Долина дзерена») и включения их в состав международного заповедника (трансграничного резервата) «Даурия» (наряду с Даурским заповедником и заказником «Долина дзерена» в него входят со стороны Монголии строго охраняемая природная территория «Монгол Дагуур» и со стороны Китая биосферный заповедник «Далайнор»). В настоящее время на российской территории постоянно обитает 10–15 тысяч дзеренов, а в некоторые годы огромные (до нескольких десятков тысяч особей) стада приходят с территории Монголии. В 2017 году эта природная территория была включена в список всемирного наследия ЮНЕСКО как международный объект.

Вопросы к заданию 1

1.1. Почему высадка лесополос оказывает негативный эффект на степную экосистему?

Ответ:

- Лесополосы служат экологическими коридорами, по которым в степную зону проникают инвазионные виды, негативно влияющие на состояние экосистемы. Лесополосы изменяют влажность почвы, в результате чего ксерофитные степные растения проигрывают конкуренцию более влаголюбивым видам.

Критерии оценивания: 2 балла за полный ответ, 1 балл за краткий ответ.

1.2. Почему лесополосы оказывают положительное влияние на искусственные агроэкосистемы?

Ответ:

- Благодаря защитным свойствам лесополос и их роли экологических коридоров биологическое разнообразие искусственных экосистем повышается.

Критерии оценивания: 2 балла за полный ответ, 1 балл за краткий ответ.

1.3. Какую роль играют копытные млекопитающие в степной экосистеме? Чем опасно для экосистемы степей исчезновение копытных?

Ответ:

- Крупные стада копытных сдерживают рост растений за счет выедания и вытаптывания.
- После исчезновения копытных запускаются сукцессионные процессы, что может привести к серьезным изменениям и даже исчезновению степей.

Критерии оценивания: 2 балла, 1 балл за каждый ответ.

1.4. Почему для восстановления численности степных антилоп необходимо было расширить заповедную территорию и создать трансграничный резерват?

Как может измениться численность дзерена в Даурском заповеднике в связи с происходящими климатическими изменениями?

Ответ:

- Степные антилопы совершают регулярные миграции, в том числе и через государственные границы. Поддержание их популяции возможно только на обширной территории, при отсутствии физических преград на границе государств и наличии режима охраны по обе ее стороны.
- Климатические изменения в условиях степей Забайкалья приводят к более частым засухам, вызывающим миграции дзеренов на территорию Даурского заповедника из более южных и засушливых регионов.

Критерии оценивания: 2 балла, 1 балл за каждый ответ.

1.5. Режим охраны природных комплексов в биосферном заповеднике гораздо более строгий, чем в заказнике. Почему для восстановления численности дзерена оказалось достаточно создания заказника, без расширения территории биосферного заповедника?

Ответ:

- Главной причиной падения численности дзерена была неумеренная охота. Режим охраны заказника подразумевает полный запрет охоты, поэтому для восстановления численности дзерена не было необходимости расширения территории заповедника.

Критерии оценивания: 2 балла за полный ответ, 1 балл за краткий ответ.

1.6. Известно, что, несмотря на самые строгие меры охраны, численность реликтовых чаек в Даурском заповеднике сильно колеблется, а в некоторые годы они вообще не гнездятся.

Какие факторы определяют такую динамику численности этого вида?

Какое влияние на численность реликтовой чайки могут оказать происходящие климатические изменения?

Ответ:

- Реликтовая чайка устраивает колонии на островах среди степных озер, поэтому численность этого вида сильно зависит от уровня воды в озёрах, который меняется ежегодно.
- Изменение климата может привести к пересыханию озер и полному исчезновению вида на территории России.

Критерии оценивания: 2 балла, 1 балл за каждый ответ.

1.7 Почему восстановление численности тарбагана в Даурском заповеднике положительно сказалось на многих других степных животных? Почему здоровье популяции этого зверька очень тщательно контролируется даже в условиях биосферного заповедника?

Ответ:

- Тарбаган служит основной добычей для хищных птиц и млекопитающих Даурских степей, поэтому восстановление его численности положительно сказалось на представителях вышележащих трофических уровней.
- Популяции тарбагана служат природным резервуаром для возбудителя чумы, поэтому контроль за их здоровьем необходим для предотвращения эпидемий этой опасной инфекционной болезни.

Критерии оценивания: 2 балла, 1 балл за каждый ответ.

1.8 В чём заключаются сложности для развития экологического туризма на трансграничных охраняемых территориях?

Ответ:

- Необходимость соблюдения пограничного режима и визовых требований для туристов, необходимость ежегодного формирования и согласования бюджета для финансирования совместных программ в области экологического туризма.

Критерии оценивания: 2 балла за полный ответ, 1 балл за краткий ответ.

Задание 2. «Экологическая катастрофа в Керченском проливе» (16 баллов)
*Задание предоставлено партнёром олимпиады –
Московским государственным институтом международных отношений
Министерства иностранных дел РФ*



15 декабря 2024 года, в Керченском проливе, во время шторма произошёл разлом корпусов двух нефтяных танкеров. В результате крушения один танкер затонул, второй потерял управление и дрейфовал, пока не сел на мель, произошел разлив нефтепродуктов, часть из которых смешалась с толщей воды, часть — вынесена на берег. Выброс мазута отмечен на побережьях Кубани и Крыма. Данные по попавшему в морскую воду количеству мазута разнятся от 2,4 до 3,7 тонн. Всего суда перевозили 9,2 тыс. тонн топлива.

В начале января 2025 года, Президент России Владимир Путин поручил создать федеральный штаб для ликвидации последствий аварии. Ежедневно проводятся заседания Правительственной комиссии для координации работ по ликвидации последствий чрезвычайной ситуации. 25 января Правительство выделило 1,5 млрд. рублей на ликвидацию последствий разлива. На всех пляжных территориях Краснодарского края лабораториями Роспотребнадзора ведётся анализ проб грунта и песка. Данные замеров проб воздуха, питьевой воды, биоресурсов, проведённых лабораториями Роспотребнадзора, остаются в норме. К середине февраля очищено 357 км береговой линии, собрано более 186 тыс. т загрязнённого песка и грунта. На площадки временного хранения вывезено порядка 144 тыс. т, для утилизации в специализированные организации вывезено более 48 тыс. т. Данная работа продолжается.

Активные участники ликвидации последствий аварии в Керченском проливе – волонтеры. Добровольцы собирают нефтепродукты в мешки для последующей утилизации, которую осуществит специализированное предприятие. По береговой линии идут работы по спасению птиц, которым необходима помощь. В Краснодарском крае работают шесть центров по спасению птиц, пострадавших от мазута.

Вы изучили предложенный текст по экологической катастрофе в Керченском заливе. Теперь ваша задача определить другие источники поступления нефти и нефтепродуктов в Мировой океан (1); определить, что происходит с нефтью и нефтепродуктами в водной среде и их воздействием на биоту (2), а также показать свои знания по снижению негативного воздействия нефти и нефтепродуктов на природу и человека (3).

Вопросы к заданию 2

2.1. Помимо аварий во время транспортировки, какие ещё существуют источники загрязнения нефтью и нефтепродуктами Мирового океана? Назовите не менее четырёх источников (не включая аварии нефтетанкеров). На какие две группы можно разделить все источники загрязнения нефтью и нефтепродуктами?

Ответ:

- Вынос реками, транспортные перевозки, попадание из атмосферы, природные источники, промышленные отходы, городские отходы, отходы прибрежных нефтеочистительных заводов.
- На природные и антропогенные.

Критерии оценивания: 5 баллов, по 1 баллу за каждый источник (до 4 баллов), 1 балл за группы.

2.2 Используя рисунок, выполните задание:



Наиболее благоприятные условия для разложения нефтяных углеводородов, в том числе попавших в окружающую среду при разливах нефти, наблюдаются в определенных естественных условиях.

Охарактеризуйте эти условия. Приведите не менее трёх условий.

Ответ:

На границе раздела вода-воздух, при действии солнечной радиации, положительных температурах и при достаточном насыщении воды кислородом, наличие микроорганизмов, способных к разложению нефти и нефтепродуктов.

Критерии оценивания: 3 балла, за каждое верное условие – 1 балл.

2.3 Какие риски существуют для волонтеров, которые принимают участие в ликвидации аварийных разливов нефти, сборе нефтезагрязнённых грунтов, очистке птиц от нефтепродуктов? Приведите 4 примера. Для каждого риска предложите меру защиты. Ответ запишите в таблицу.

Примерные направления ответов:

Вдыхание испарения от нефтепродуктов; риски для здоровья из-за контакта с нефтепродуктами; стресс, вызванный эмоциональной нагрузкой; риски из-за погоды: шторм, ветер, туман, холод и т.п.; риски из-за режима работы: обезвоживание, дефицит энергии; риски травмы из-за ландшафта: камни, уступы, обрывы и т.п.; риски из-за контакта с пострадавшими птицами: птица может поранить волонтера.

- вдыхание испарения от нефтепродуктов – использовать респиратор
- риски для здоровья из-за контакта с нефтепродуктами – использовать специальный защитный костюм, перчатки;
- стресс, вызванный эмоциональной нагрузкой – работать в паре или в группе, чередовать режим труда и отдыха;
- риски из-за погоды: шторм, ветер, туман, холод и т.п. – использовать непромокаемую одежду при шторме, тёплую одежду при холоде, соответствующую погоде одежду и т.п.;
- риски из-за режима работы: обезвоживание, дефицит энергии – иметь запас воды и калорийной пищи;
- риски травмы из-за ландшафта: камни, уступы, обрывы и т.п. – соответствующая ландшафту обувь; иметь аптечку с необходимыми медицинскими средствами.
- риски из-за контакта с пострадавшими птицами: птица может поранить волонтера – использовать средства защиты: маски, перчатки, защитные костюмы, не брать животных голыми руками, использовать простыни, полотенца, тряпки.

Критерии оценивания: каждый правильный ответ – 1 балл, всего 4 балла за риск; каждый правильный ответ – 1 балл, всего 4 балла за меры.

Всего 8 баллов.

Задание 3. Расчёт индекса устойчивого развития (16 баллов)

*Задание предоставлено партнёром олимпиады –
Российским университетом дружбы народов.*



Компания «Зелёный угол» занимается производством и установкой экологических модульных домов из дерева. Руководство компании решает оценить свой вклад в устойчивое развитие, учесть экологические, социальные и экономические аспекты своей деятельности (ESG).

Цель: рассчитать индекс устойчивого развития компании «Зелёный угол».

Данные:

- использование возобновляемых источников энергии для производства;
- закупка сертифицированных по экологическим стандартам материалов у местных поставщиков;
- формирование новых рабочих мест и содействие развитию местных сообществ;
- наличие спроса на товары компании.

Требуется: разработать методику расчёта индекса устойчивого развития (ИУР) компании, учитывая следующие факторы.

1. Экологический аспект: использование возобновляемых источников энергии и закупка сертифицированных по экологическим стандартам материалов (вес фактора – 30 %).
2. Социальный аспект: формирование новых рабочих мест и содействие развитию местных сообществ (вес фактора – 30 %).
3. Экономический аспект: наличие спроса на товары компании (вес фактора – 40 %).

Каждый фактор оценивается по шкале от 0 до 10 баллов. ИУР рассчитывается как среднее арифметическое всех факторов. Необходимо представить расчёты и интерпретацию результатов.

Учитывайте, что компания «Зелёный угол» достигла следующих результатов.

- Доля возобновляемой энергии – 73 % (максимально возможное значение).
- Количество созданных новых рабочих мест – 8 (среднее значение для среднего предприятия). Учитывайте, что 48 рабочих мест – выполнение показателя на 10 баллов.
- Рост продаж – 18 % (средний показатель роста для развивающейся компании). Учитывайте, что рост продаж в 36 % – выполнение показателя на 10 баллов.

Для решения задачи вам нужно выполнить следующие шаги:

3.1. Определить показатели для каждого аспекта деятельности компании: экологического, социального и экономического.

Примерное направление ответа:

Экологический аспект: использование возобновляемых источников энергии и закупка сертифицированных по экологическим стандартам материалов

- Показатель: доля возобновляемой энергии в общем энергопотреблении компании.
- Шкала оценки: 0–100%.

Социальный аспект: формирование новых рабочих мест и содействие развитию местных сообществ.

- Показатель: количество созданных рабочих мест за последний год.
- Шкала оценки: число рабочих мест.

Экономический аспект: наличие спроса на товары компании.

- Показатель: рост продаж продукции компании за последний год.
- Шкала оценки: процент роста продаж.

Критерии оценивания: 6 баллов, по 2 балла за каждый аспект.

3.2. Оценить каждый показатель по шкале от 0 до 10 баллов, составить таблицу.

Примерное направление ответа:

Учитывая условия делаем вывод, что компания «Зелёный угол» достигла следующих результатов:

- Доля возобновляемой энергии: 73% (максимально возможное значение).
- Количество созданных рабочих мест: 8 новых рабочих мест (48 рабочих мест – выполнение показателя на 10 баллов.)
- Рост продаж: 18% (рост продаж в 36% – выполнение показателя на 10 баллов)

Теперь мы можем оценить каждый показатель в баллах:

Аспект	Показатель	Оценка (баллы)
Экологический	Доля возобновляемой энергии	73 % – 10 баллов (max)
Социальный	Количество созданных рабочих мест	$8 \times 10 / 48 = 1,6$ балла
Экономический	Рост продаж	$18 \times 10 / 36 = 5$ баллов

Критерии оценивания: 6 баллов, по 2 балла за каждый аспект.

3.3. Рассчитать индекс устойчивого развития (ИУР) как среднее арифметическое всех факторов (в баллах) и сделать вывод о вкладе компании в устойчивое развитие.

Ответ:

Индекс устойчивого развития рассчитывается как среднее арифметическое всех оценок: $ИУР = (10 + 1,6 + 5) / 3 \approx 5,53$ балла

Таким образом, индекс устойчивого развития компании «Зелёный угол» составляет примерно 5,53 балла из 10 возможных. Это означает, что компании есть куда расти в плане устойчивого развития, особенно в социальном и экономическом аспектах.

Критерии оценивания: 4 балла, 2 балла – верный расчет, 2 балла – обоснованность вывода.

Задание 4. Технология переработки молочной продукции (16 баллов)

Задание предоставлено партнером олимпиады – Национальным исследовательским университетом ИТМО.



Внимание! Для решения данного задания рекомендуем воспользоваться статьями, приведёнными в приложении (см. ниже).

Цель: разработать комплексную стратегию по переработке побочного продукта при изготовлении творога на молочном предприятии, в частности сыворотки молочной (творожной), с целью сокращения расходов на утилизацию побочного продукта и очистку сточных вод предприятия.

Вводная часть:

Производство молочной продукции является важной стратегической задачей перерабатывающей отрасли в РФ, так как обеспечивает население такими продуктами питания, как молоко питьевое, кисломолочная продукция, включая творог и творожные изделия. В соответствии с Приказом Минздрава России от 19.08.2016 N 614 (ред. от 30.12.2022) «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» установлены рациональные нормы потребления молока и молочных продуктов в объёме 325 кг/год/человека. Однако выработка некоторых молочных продуктов сопряжена с получением побочных продуктов производства, которые нуждаются в дополнительной переработке на действующем предприятии или на другом перерабатывающем предприятии с учётом требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013).

Входные данные:

- физико-химические показатели творожной сыворотки:

- массовая доля сухих веществ – не менее 5 %;
- углеводов (лактозы) – не менее 3,5 %;
- белков – не менее 0,4 %.

- энергетическая ценность продукта – не менее 17 ккал/100 г.

- титруемая кислотность – не более 70 °Т;

- температура хранения продукта – не выше 6 °С (в соответствии с ГОСТ 34352–2017 «Сыворотка молочная – сырьё. Технические условия»).

- объём творожной сыворотки для переработки – до 50 000 кг/сутки.

Требования к разработке решения

Предложенная стратегия должна обеспечивать дополнительную выручку предприятия от реализации продуктов переработки молочной (творожной) сыворотки. (4 балла)

Разработанные решения должны обеспечить существенное снижение нагрузки на очистные сооружения предприятия. (4 балла)

Предложенные решения в перспективе должны привести к снижению степени загрязнения окружающей среды (почв, водоёмов и пр.). (4 балла)

При разработке решений необходимо учитывать общие требования к безопасности пищевого производства молочной продукции. (4 балла)

Максимальная оценка за всю работу – 64 балла.

Приложение (для кейса от НИУ ИТМО)

УДК 641.053.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ СЫВОРОТОЧНОГО НАПИТКА ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ *Simulation of a whey drink for schoolchildren*

В. А. Баландина, студент магистратуры
А. Д. Николина, студент магистратуры
Южно-Уральский государственный университет (НИУ),
(Челябинск, пр. Ленина, 76)

Рецензент: А. В. Степанов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Аннотация

Детям школьного возраста необходимы продукты функционального назначения, которые обеспечивают сбалансированное питание, направленное на развитие благоприятной микрофлоры организма. В статье рассматривается разработка рецептуры сывороточного напитка с использованием плодово-овощных соков и белкового гидролизата. Представлено обоснование использования молочной сыворотки и белкового гидролизата в рецептуре напитка для школьников.

Ключевые слова: молочная сыворотка, функциональный продукт, белковый гидролизат, пектин.

Summary

School-age children need functional products that provide a balanced diet aimed at developing a favorable microflora of the body. The article discusses the development of a whey drink formulation using fruit and vegetable juices and protein hydrolysate. The substantiation of the use of whey and protein hydrolysate in the formulation of a drink for schoolchildren is presented.

Keywords: milk whey, functional product, protein hydrolysate, pectin.

Молоко и молочные продукты играют большую роль в рационе человека. Высокая питательная ценность молока и молочных продуктов заключается в том, что они содержат необходимые организму человека вещества в оптимально сбалансированных пропорциях и в легкоусвояемой форме [1]. В процессе производства молочных продуктов образуется вторичное молочное сырье – обезжиренное молоко, пахта и сыворотка. Зачастую молочные предприятия сливают эти отходы. Однако, вторичное молочное сырье является ценным источником белка. Белки молочной сыворотки – альбумин и глобулин превосходят по биологической ценности белок молока – казеин [2].

Молочная сыворотка обладает высокой пищевой и биологической ценностью. Химический состав представлен 50% сухих веществ, в том числе 20% белков, 10% молочного жира, 95% лактозы, 80% минеральных веществ [3]. Современные ученые утверждают, что продукты из сыворотки имеют диетическое и лечебное значение [4]. Белок молочной сыворотки, состоящий из β -лактоглобулина, α -лактальбумина и сывороточного альбумина, содержит все незаменимые аминокислоты [5]. Сывороточные белки богаты дефицитными незаменимыми аминокислотами (лизин, триптофан, метионин, треонин и цистеин), что позволяет считать их наиболее биологически ценной частью белков молока. Использование сывороточных белков при производстве пищевых продуктов имеет большое практическое значе-

ние. Энергетическая ценность молочной сыворотки составляет 1013 кДж/кг или 36 % от энергетической ценности цельного молока [6].

Белковый гидролизат – это смесь отдельных белковых веществ (пептидов и свободных аминокислот), образующихся в результате реакции гидролиза белка. Белковые гидролизаты получают при ферментативном гидролизе путем расщепления длинных цепей белков на более короткие пептиды и аминокислоты. В результате процесса гидролиза белка молекулы становятся меньше и, таким образом, более легкоусвояемыми организмом. Это позволяет организму быстрее и эффективнее усваивать аминокислоты, необходимые для многих физиологических и метаболических процессов. Также, белковый гидролизат содержит все необходимые аминокислоты, включая незаменимые аминокислоты, которые организм не может производить самостоятельно и должны быть получены из пищи. Это делает его полноценным и качественным источником белка для поддержания здорового общего состояния и функционирования организма [7].

Пектины представляют собой природные полисахариды, которые содержатся почти во всех растениях. На территории России наиболее распространенным пектинсодержащим сырьем являются яблоки, сахарная свекла, цитрусовые, подсолнечник, клубни топинамбура и др. [8]. Пектин – натуральный пребиотик. Он стимулирует рост бифидо- и лактобактерий в кишечнике, способствует увеличению числа полезных бактерий, нормализует двигательную активность ЖКТ. Попадая в желудочно-кишечный тракт, он притягивает на себя воду, помогает продвижению пищи из желудка в кишечник.

Таким образом, эти компоненты в составе напитка могут служить профилактикой заболеваний желудочно-кишечного тракта у школьников, за счет своих свойств.

Для создания рецептуры проводилось математическое моделирование в программе Excel с помощью надстройки Поиск решения, этапы которого приведены на рисунке 1.



Рис. 1. Этапы проведения оптимизации в программе Excel с помощью надстройки Поиск решения

Для моделирования рецептуры составлен банк данных о показателях качества компонентов сывороточного напитка, представленных в таблице 1, и балансовые уравнения, представленные в таблице 2.

Московская олимпиада школьников по экологии, 2024–2025 уч. г., 11 класс
Критерии оценивания

Таблица 1

Банк данных для проведения моделирования рецептуры

Компоненты рецептуры	Белки, %	Жиры, %	Углеводы, %	Пищевые Волокна, %	Сухие вещества, %	Витамин А, мг	Витамин В6, мг	Витамин В12, мг	Кальций, мг	Фосфор, мг	Калий, мг	Себестоимость, руб.
Сыворотка творожная	0,9	0,3	3,5	0	5,0	2,0	0,12	0,29	60	78	130	15
Сок морковный	1,1	0,1	12,6	1,0	15,0	350	0	0	19	26	130	160
Сок яблочный	0,5	0,1	10,1	0,2	12,0	0	0,04	0	7	7	120	80
Сироп лактулозы	0	0	3,5	3,5	0	0	0	0	0	0	0	800
Белковый гидролизат	80	5,5	2,5	0	92,0	0	0	0	0	0	0	1200
Пектин	0,3	0,3	90,0	9,0	90,6	0	0	0	7	0	0	940

Таблица 2

Балансовые уравнения

Балансовый показатель	Уравнения и ограничения
Содержание белка	$0,9 \cdot x_1 + 1,1 \cdot x_2 + 0,5 \cdot x_3 + 80 \cdot x_5 + 0,3 \cdot x_6 \geq 2,2$
Содержание жира	$0,3 \cdot x_1 + 0,1 \cdot x_2 + 0,1 \cdot x_3 + 5,5 \cdot x_5 + 0,3 \cdot x_6 \leq 0,7$
Содержание углеводов	$3,5 \cdot x_1 + 12,6 \cdot x_2 + 10,1 \cdot x_3 + 3,5 \cdot x_4 + 2,5 \cdot x_5 + 90 \cdot x_6$ – не ограничено
Пищевые волокна	$1 \cdot x_2 + 0,2 \cdot x_3 + 3,5 \cdot x_4 + 9 \cdot x_6 \geq 2$
Сухие вещества	$5 \cdot x_1 + 15 \cdot x_2 + 12 \cdot x_3 + 92 \cdot x_5 + 90,6 \cdot x_6$ – не ограничено
Витамин А	$2 \cdot x_1 + 350 \cdot x_2$
Витамин В6	$0,12 \cdot x_1 + 0,04 \cdot x_3$
Витамин В12	$0,29 \cdot x_1$
Кальций	$60 \cdot x_1 + 19 \cdot x_2 + 7 \cdot x_3 + 7 \cdot x_6$
Фосфор	$78 \cdot x_1 + 26 \cdot x_2 + 7 \cdot x_3$
Калий	$130 \cdot x_1 + 130 \cdot x_2 + 120 \cdot x_3$
Себестоимость (функция цели)	$15 \cdot x_1 + 160 \cdot x_2 + 80 \cdot x_3 + 800 \cdot x_4 + 1200 \cdot x_5 + 940 \cdot x_6 \rightarrow \min$

При запуске надстройки «Поиск решения» программа выдала несколько рецептов, удовлетворяющих введенным требованиям, из которых нами выбраны 3, представленные в таблице 3.

Таблица 3

Сводная таблица рецептов напитков

Компоненты	Содержание компонентов, %		
	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 3
Сыворотка творожная	96,3	21,3	67,0
Сок морковный	0,1	42,6	14,1
Сок яблочный	0	27,6	10,4
Сироп лактулозы	0,1	5,0	5,0
Белковый гидролизат	3,0	3,0	3,0
Пектин	0,5	0,5	0,5

На рисунке 2 представлены готовые образцы сывороточных напитков.



Рис. 2. Готовые образцы сывороточного напитка

С помощью математического моделирования в программе Excel можно создавать различные рецепты пищевых продуктов в зависимости от необходимого результата. Метод максимально простой и выполняется с помощью математических программ, благодаря которым разработка продуктов питания в разы ускоряется и в случае необходимости быстро корректируется.

УДК 637.1

Е. А. Лебедянцева, М. Н. Иванцова, И. С. Селезнева
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург
maydrow@gmail.com

ПЕРЕРАБОТКА МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

В работе рассмотрены возможности безотходной переработки молочной сыворотки, являющейся многотоннажным побочным продуктом в молочном производстве. Затраты на ее утилизацию и очистку сточных вод представляют существенную статью расходов предприятий. Предложено использование мембранных технологий для качественной переработки молочной сыворотки с целью получения перспективных продуктов, используемых в пищевой и косметической промышленности.

Ключевые слова: *безотходная технология; молочная сыворотка; мембранные технологии.*

E. A. Lebedyantseva, M. N. Ivantsova, I. S. Selezneva
Ural Federal University, Ekaterinburg

THE WHEY PROCESSING

The possibilities of non-waste processing of whey, which is a large-tonnage by-product in dairy production are considered in this paper. The costs of its disposal and wastewater treatment represent a significant expense item for enterprises. The use of membrane technologies for high-quality whey processing with the aim of obtaining promising products used in the food and cosmetic industry is proposed.

Key words: *non-waste technologies; whey; membrane technologies.*

Молочная промышленность относится к материалоемким и энергоемким отраслям народного хозяйства. В себестоимости молочных продуктов затраты на сырье составляют более 80 %. Промышленная переработка молока на принципах безотходной технологии, полное извлечение всех компонентов, рациональное

использование промежуточных и побочных продуктов, снижение нормативных потерь и исключение неиспользованных отходов являются важнейшими резервами увеличения объемов вырабатываемой молочной продукции и повышения эффективности производства. Безотходная технология обеспечивает исключение загрязнения окружающей среды и, таким образом, имеет большое экологическое значение [1].

Реализация принципов безотходной технологии в молочной промышленности возможна на основе комплексного использования всех компонентов молока для производства продуктов питания либо отдельного извлечения компонентов с последующей переработкой нежирного молочного сырья и промежуточных продуктов [1].

Молочная сыворотка – многотоннажный побочный продукт, образующийся в процессе производства творога, казеина и сыров из молока. За рубежом в основном это подсырная сыворотка, а в России – подсырная и творожная сыворотки – 54 и 45 %, соответственно.

Нормы выхода молочной сыворотки в зависимости от вида конечного продукта (в % от перерабатываемого сырья): сыры – 65–80, творог – 80, казеин – 75. При этом в России из сыворотки, объем которой составляет более 5 млн тонн в год, для промышленной переработки используется не более 15 % [1].

В сыворотку переходит около 50 % сухих веществ молока. Основные сухие компоненты, содержащиеся в сыворотке в г/100 мл (%): лактоза – 4,66 (71,7), белковые вещества (казеин, альбумин, глобулин) – 0,91 (14,0), минеральные вещества – 0,50 (7,7), жир – 0,37 (5,7) [3].

Молочная сыворотка является ценным питательным компонентом, биологическая ценность которой обусловлена содержащимися в ней белками, углеводами, липидами, микро- и макроэлементами, витаминами, органическими кислотами, ферментами, иммунными телами.

Таким образом, представляет интерес выбрать наиболее рациональный способ переработки молочной сыворотки для того, чтобы реализовать весь ее потенциал с точки зрения продукта

Критерии оценивания

питания, обеспечить наиболее полное использование сырья на молочном предприятии и снизить негативное влияние производства на окружающую среду.

Основными продуктами переработки сыворотки являются: сухая сыворотка, концентраты сывороточных белков – КСБ, сухая деминерализованная сыворотка, являющаяся незаменимым компонентом в производстве продуктов детского питания, а также в рецептуре напитков повышенной биологической ценности [4].

Сухая сыворотка широко применяется в производстве хлеба, в кондитерской промышленности (используется вместо дрожжей); в производстве цельномолочной продукции для придания вязкости и текстуры продукта и повышения его питательной ценности; в мясной промышленности; в производстве косметических средств; в спортивном питании; в комбикормах для животных [1].

Концентрат сывороточных белков предназначен для использования в качестве белкового компонента-обогапителя при производстве мясных и молочных продуктов, а также является популярной спортивной добавкой [1].

Переработка и использование продуктов из молочной сыворотки обходится дешевле, чем производство эквивалентного количества молока в сельском хозяйстве. Кроме того, затраты на очистку сточных вод от попавших в них молочных отходов в ряде случаев сравнимы с расходами на организацию сбора и промышленной переработки молочной сыворотки и даже выше их [4].

В процессе производства некоторых видов сыров часть сыворотки (около 30 %) оказывается соленой, что отрицательно отражается на ее вкусовых качествах, а при выработке творога и казеина сыворотка имеет высокую кислотность. Поэтому такая сыворотка нуждается в предварительной обработке [4].

Для обеспечения высокого качества продукта, снижения его потерь, снижения энергоемкости производства, повышения его экологической безопасности наиболее оптимальным решением является использование таких мембранных технологий, как ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос, электродиализ

и, в случае необходимости, микрофльтрация. Для переработки сыворотки часто применяют комбинацию этих методов.

Используя процесс нанофльтрации, можно сконцентрировать белковую и углеводную части сыворотки, получив в качестве фильтрата раствор солей, содержащихся в исходной сыворотке [3].

Применение электродиализа позволяет получать сыворотку и КСБ с уровнем деминерализации 50, 70 и 90 %. Побочным продуктом производства КСБ является пермеат – сыворотка с пониженным содержанием белка. Используя процесс обратного осмоса, пермеат можно концентрировать, а затем высушить, полученную при этом технологическую воду можно вернуть в технологический цикл [2].

Выпуск сухой сыворотки по традиционной технологии подразумевает использование высокоэнергоёмких вакуум-выпарных и сушильных установок. Заменяв в данной линии вакуум-выпарные установки системой обратного осмоса, можно снизить энергозатраты на выпаривание воды на этой стадии в 4–6 раз [3].

Таким образом, применение мембранных технологий позволяет наиболее выгодно переработать молочную сыворотку для получения перспективных продуктов для пищевой и косметической промышленности и сельского хозяйства, с помощью снижения энергозатрат, а также затрат на утилизацию молочной сыворотки как отхода производства.