

А.И. Лепешкин, Л.А. Надточий, А.Ю. Чечеткина
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА ПРОДУКТОВ
ПИТАНИЯ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ



Санкт-Петербург
2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

А.И. Лепешкин, Л.А. Надточий, А.Ю. Чечеткина
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА ПРОДУКТОВ
ПИТАНИЯ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ ИТМО
по направлению подготовки 19.04.01 Биотехнология
в качестве учебно-методического пособия для реализации основных
профессиональных образовательных программ высшего образования
магистратуры,

 УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург
2020

Лепешкин А.И., Надточий Л.А., Чечеткина А.Ю., Проектирование состава продуктов питания с заданными свойствами – СПб: Университет ИТМО, 2020. – 46 с.

Рецензент(ы):

Куприна Елена Эдуардовна, доктор технических наук, профессор, профессор (квалификационная категория "профессор практики") факультета пищевых биотехнологий и инженерии, Университета ИТМО.

Надточий Л.А., Чечеткина А.Ю., Лепешкин А.И. Проектирование состава продуктов питания с заданными свойствами: Учеб. – метод. пособие. – СПб. Университет ИТМО, 2020. – 46 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для работы магистрантов направления обучения 19.04.01 «Биотехнология», обучающихся по дисциплине «Методология проектирования состава продуктов питания с заданными свойствами», и включает теоретический материал для освоения курса и методические указания к выполнению расчетно-практических работ. Данное пособие позволяет сформировать у студента комплексное представление о методологических принципах проектирования состава многокомпонентных продуктов с учетом качественных показателей сырья и готовых продуктов.



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2020

© Лепешкин А.И. Надточий Л.А., Чечеткина А.Ю., 2020

Содержание

Глава 1 Проектирование продуктов питания с заданными свойствами	5
1.1 Развитие научного направления в РФ и в мире	5
1.2 Основные положения теории о питании	5
Глава 2 Библиометрический анализ рецептурных методов расчета	8
2.1 Алгебраический метод расчета рецептуры	8
2.2 Матричный метод рецептурных расчетов продуктов питания животного происхождения	8
2.3 Матричный метод рецептурных расчетов продуктов питания из растительного сырья	9
Глава 3 Компьютерное проектирование продуктов питания	9
3.1 Этапы проектирования продуктов питания	10
3.2 Накопление и обработка научно-технической информации	10
Глава 4 Системный анализ сбалансированности продуктов питания	11
4.1. Системное моделирование продуктов питания	11
4.2 Интегральная оценка сбалансированности продуктов питания	12
Расчетно-практическая работа №1	16
Расчетно-практическая работа №2	18
Расчетно-практическая работа №3	20
Расчетно-практическая работа №4	23
Расчетно-практическая работа №5	24
Расчетно-практическая работа №6	27
Расчетно-практическая работа №7	29
Расчетно-практическая работа № 8	32
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	37
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	38
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	40
ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ	42

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует тенденция в области здорового питания, а именно производство продуктов с многокомпонентным составом, который включает в себя не только макронутриенты, но и необходимые организму витамины, минеральные и биологически активные вещества. Производство таких продуктов питания является актуальным, так как за счет большого количества компонентов в составе достигается наиболее полное обеспечение организма человека важными нутриентами в количестве, необходимом для нормальной жизнедеятельности и функционирования. Подобного рода продукты производятся для поддержания здоровья человека и снижения затрат на его восстановление.

Оптимизация индустрии в современном мире требует повышения эффективности производства, экономии сырьевых ресурсов, совершенствования технологических процессов и пр. Важную роль в совершенствовании технологии производства пищевых продуктов играет использование компьютерных систем в проектировании многокомпонентных продуктов питания.

Вычислительные методы приобрели особое значение в связи с развитием цифровых систем компьютерной математики, их основным содержанием являются математические методы решения задач на экстремум, возникающих при планировании и организации пищевого производства.

Учебно-методическое пособие предназначено для работы магистрантов направления обучения 19.04.01 «Биотехнология», обучающихся по дисциплине «Методология проектирования состава продуктов питания с заданными свойствами», и включает теоретический материал для освоения курса и методические указания к выполнению расчетно-практических работ. Данное пособие позволяет сформировать у студента комплексное представление о методологических принципах проектирования состава многокомпонентных продуктов с учетом качественных показателей сырья и готовых продуктов

Глава 1 Проектирование продуктов питания с заданными свойствами

1.1 Развитие научного направления в РФ и в мире

Рецептурные задачи относятся к разделу линейного программирования, сущность которых заключается в том, чтобы из множества возможных вариантов рецептур выбрать по заданному признаку (функции цели) оптимальный.

Исследование задач линейного программирования, разработка общих методов их решения выполнена в 1939 г. советским математиком, лауреатом Нобелевской премии академиком Л.В. Канторовичем [1].

Методы линейного программирования разрабатывались зарубежными американскими учеными. Основной метод решения таких задач – симплекс-метод – опубликован в 1949 г. американским ученым Дж. Данцигом [2].

В пищевой промышленности проблемой оптимизации рецептуры и ассортимента пищевых продуктов плодотворно занимались русские ученые Ю.П. Маркин [3], Ю.А. Ивашкин [4; 5]. На примерах расчета рецептур мороженого и обоснования его ассортимента на фабриках ученые заложили основы решения оптимизационных задач в молочной промышленности. Работы Ю.П. Маркина (1972) и Ю.А. Ивашкина (1989) – учебные пособия, содержащие методику применения методов линейного программирования в пищевой промышленности.

Авторы [6-9] учебных пособий по технологии молока и молочных продуктов рекомендуют рассчитывать рецептуру продуктов графическим, нормативным, алгебраическим методами. В учебных пособиях приводится большой набор справочных (типовых) рецептур пищевых продуктов.

В последние годы отмечено активное внедрение цифровых технологий в проектирование многокомпонентных продуктов питания. В высших учебных заведениях при подготовке магистров пищевой промышленности с 2012 года введена федеральная дисциплина «Методология проектирования продуктов питания с заданными свойствами и составом».

Внедрение современных информационных математических систем дает возможность осуществлять оптимизацию рецептурного состава многокомпонентных пищевых систем, проводить интегральную оценку сбалансированности проектируемых продуктов питания.

Использование математических систем MathCAD, Maple, Mathematica, Matlab, Statistika, Excel позволяет творчески разрабатывать рецептуру пищевых многокомпонентных продуктов с заданной пищевой, биологической и энергетической ценностью.

1.2 Основные положения теории о питании

В настоящее время общеприняты теории сбалансированности питания, адекватного, оптимального и функционального питания.

Согласно *теории сбалансированного питания*, основоположником которой является академик А.А. Покровский, в организме человека должен осуществляться баланс питательных веществ и энергии.

В основе концепции *сбалансированного питания* лежит определение пропорций отдельных пищевых веществ в рационе, отражающих сумму обменных реакций, которые характеризуют обеспечивающие жизнедеятельность организма химические процессы.

Исходя из формулы сбалансированного питания, полноценный рацион (от латинского слова *ratio* – расчет, мера – порция пищи определенного состава на известный срок) должен содержать питательные вещества пяти классов:

- источники энергии – белки, жиры, углеводы;
- незаменимые аминокислоты;
- витамины;
- незаменимые жирные кислоты;
- неорганические элементы.

В формуле сбалансированного питания по А.А. Покровскому представлены данные, включающие перечень пищевых компонентов с потребностями в них в соответствии с физиологическими особенностями организма. По формуле сбалансированная суточная норма питания равна 3000 ккал.

Теория сбалансированного питания требует *обеспечения* оптимального соотношения между макронутриентами пищи [10]:

- белки : жиры : углеводы = 1 : 1,2 : 4;
- животные белки : растительные белки = 55 : 45;
- животные жиры : растительные жиры = 7 : 3;
- моно- и дисахара : крахмал = 25 : 75;
- суточная норма пищевых волокон = 25–30 г.

Сбалансированное питание связано с учетом всех его факторов, их взаимосвязью в обменных процессах, а также соответствием ферментированных систем химическим превращениям в организме. Но балансовый подход к питанию привел к ошибочному заключению, что ценными являются только усваиваемые организмом компоненты пищи, остальные же относятся к балласту.

На принципах теории сбалансированности питания возникла *теория адекватного питания*, большой вклад в ее развитие внес академик А.М. Уголев. Теория адекватного питания учитывает основные постулаты теории сбалансированности питания и развивает их с учетом новых положений:

1. продукты питания должны быть нерафинированными и содержать балластные вещества.

2. продукты питания должны способствовать нормальному функционированию кишечной системы. В состав продуктов должны входить витамины, минеральные вещества, их поступление в организм должно быть систематическим и регулярным.

3. пищевые продукты должны поддерживать внутреннюю экологию человека за счет поступления полезной микрофлоры для работы кишечника. Необходимо использование пробиотиков, пребиотиков и синбиотиков.

Продолжение развития теории адекватного питания привело к разработке *теории оптимального питания*, предложенной академиком В.А. Тутельяном.

Основные положения теории сводятся к следующему:

- уточнение рекомендуемых норм физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах;
- разработка индивидуальной диеты каждого человека с учетом стереотипа питания, ассортимента продуктов питания, выбранного режима питания;
- обеспечение потребности организма биологически активных компонентов пищи (парафармацевтиков);
- научное обоснование применения биологически активных добавок (БАД) к пище для устранения дефицита макро- или микронутриентов организма человека.

Современная *теория оптимального питания – функционального питания* зародилась в начале 1980-х годов в Японии. Согласно данной теории, предполагается наличие в пище так называемых функциональных продуктов, то есть продуктов питания, содержащих ингредиенты, которые оказывают профилактическое действие заболеваниям и позволяют сохранять активный образ жизни.

Пища для человеческого организма – прежде всего, источник энергии. Именно при ее превращениях – окислении и распаде сложных веществ на более простые – происходит выделение энергии, необходимой организму в процессах жизнедеятельности, именно энергия, содержащаяся в пищевых веществах, является мерой потребности человека в пище. Энергию выражают в килокалориях (ккал) или килоджоулях (кДж). Роль основных источников энергии принадлежит макронутриентам – белкам, жирам и углеводам.

Доля энергии, которая может высвободиться в процессе метаболизма из макронутриентов в ходе биологического окисления, характеризует энергетическую ценность (калорийность) продукта.

В продуктах питания белки, жиры и углеводы, участвующие в процессе биологического окисления, выделяют в среднем 38,8 кДж энергии из 1 г жира, 17,2 кДж из 1 г белка, 15,7 кДж из 1 г углеводов. С учетом данных значений математическая модель энергетической ценности проектируемого продукта, отнесенная к 100 г массы, имеет вид

$$Q = 38,8 \cdot Ж + 17,2 \cdot Б + 15,7 \cdot У, \text{ кДж/100 г}$$

где *Ж*, *Б*, *У* – массовые доли соответственно жира, белка и углеводов, %; 38,8; 17,2; 15,7 – коэффициенты, кДж/(%г). При пересчете энергетической ценности продукта в ккал следует учитывать, что 1 ккал = 4,187 кДж.

Глава 2 Библиометрический анализ рецептурных методов расчета

2.1 Алгебраический метод расчета рецептуры

Алгебраический метод основан на решении системы уравнений с тремя или четырьмя неизвестными. Содержание входящих в смесь отдельных пищевых продуктов обозначают буквами X, Y, Z и т.д. Их суммарную массу A определяют по сумме масс смеси и других компонентов (сахара, стабилизатора, воды и др.), что является основанием для составления первого уравнения [11].

$$X + Y + Z = A.$$

2.2 Матричный метод рецептурных расчетов продуктов питания животного происхождения

Расчет рецептур многокомпонентных пищевых продуктов с заданными потребительскими свойствами – востребованное в настоящее время научное и прикладное направление в пищевой промышленности. В связи с этим поиск методологических особенностей решения данных задач весьма актуален.

Фактором, определяющим соответствие многокомпонентных систем их ожидаемым свойствам, является обоснование их рецептурного состава. При моделировании продуктов сложного сырьевого состава используют основной принцип теории сбалансированного питания – пищевые нутриенты должны поступать в организм человека в определенном количестве и соотношении.

Сложность решения многокомпонентной рецептурной задачи заключается также и в том, что сегодня при проектировании продуктов питания применяют большое количество ингредиентов (от 5 и более). Использование в этом случае рассмотренных выше методов расчета рецептур затруднено.

С математической точки зрения рецептурные расчеты представляют решение системы линейных балансовых уравнений и неравенств. Система уравнений и неравенств позволяет адекватно описывать изменение энергетической ценности, химического, витаминного, минерального, жирнокислотного и аминокислотного состава разрабатываемых пищевых композиций в зависимости от соотношения и норм используемых ингредиентов [12,13].

Производственный интерес представляет неопределенная система, у которой множество неотрицательных решений. С технологической точки зрения это означает множество вариантов рецептур разрабатываемого продукта. Задача инженера-технолога состоит в том, чтобы из множества вариантов выбрать рецептуру с заданными параметрами (минимальная себестоимость, максимальная энергетическая ценность, качественные показатели продукта, максимальный объем использования сырьевых ресурсов и др.) [13].

Для снижения себестоимости продукта инженеры-технологи в настоящее время широко практикуют замену натуральных продуктов, например, молочных

(молоко, крестьянское, сливочное масло), относительно дешевыми ингредиентами – растительными жирами (пальмовым, кокосовым), молочным жиром, сывороткой и водой.

Использование симплекс-метода для оптимизации рецептур многокомпонентных пищевых продуктов позволяет получить значительное снижение себестоимости проектируемого продукта без потери его качественных показателей. В основе решения рецептурной задачи положен фундаментальный закон – закон сохранения массы вещества, реализация которого основана на симплекс-методе [13].

2.3 Матричный метод рецептурных расчетов продуктов питания из растительного сырья

В хлебобулочной и кондитерской отрасли рецептурные расчеты трудоемки, так как в основном выполняются «вручную» с использованием калькуляторов. В большинстве в практике используются традиционные рецептуры, на базе которых при необходимости осуществляются перерасчеты с учетом характеристик новых ингредиентов. Использование современных информационных систем в рецептурных расчетах в хлебобулочной, кондитерской промышленности наблюдается в единичных случаях.

Глава 3 Компьютерное проектирование продуктов питания

Основы компьютерного проектирования многокомпонентных продуктов питания заложены в 1995–2001 гг. академиком Н.Н. Липатовым на основе принципов пищевой комбинаторики.

При проектировании продуктов питания следует учитывать: они должны быть сбалансированными по нутриентному составу, с регулируемым содержанием жира, наличием легкоусвояемых углеводов, высоким содержанием белка.

Современные биотехнологии позволяют создавать уникальные по составу и свойствам ферментированные пищевые продукты с контролируемым химическим составом, заданными физиолого-биохимическими свойствами. Это достигается за счет комбинации продуктов животных и растительных компонентов, в частности, фруктово-ягодных наполнителей и злаковых культур.

Реализация методов проектирования осуществляется с помощью различных компьютерных математических систем. Наиболее распространённая программа – система Microsoft Excel с надстройкой «Поиск решения». Работа с табличным процессором Excel основана на введении необходимых для вычисления данных, расчетных формул в соответствующие ячейки электронной таблицы. Эффективными математическими системами при проектировании продуктов питания являются MathCAD, Maple, Mathematica.

3.1 Этапы проектирования продуктов питания

Под проектированием будем понимать разработку математических моделей, регламентирующих этапы создания пищевых продуктов с заданными функциональными свойствами.

Методологическое поэтапное решение задачи проектирования рецептурного состава многокомпонентного продукта заключается в следующем:

1. Формируется информационный банк данных, который должен включать вид, химический состав, оптовые цены ингредиентов и стандартный состав разрабатываемого многокомпонентного пищевого продукта.

2. На основании банка данных составляются линейные балансовые уравнения по любому из компонентов химического состава конечного продукта (например, по содержанию жира, СОМО, влаги, углеводам).

3. Устанавливаются технологические ограничения на использование отдельных видов ингредиентов согласно нормативной документации.

4. Определяется функция цели (критерий) для проведения оптимизации рецептуры.

5. Линейные балансовые уравнения и неравенства решают в компьютерной математической системе.

6. С технологической и экономической точек зрения анализируют варианты рецептур и выбирают отвечающий поставленным целям.

3.2 Накопление и обработка научно-технической информации

Проектирование состава продукта питания с заданными свойствами – новое самостоятельное направление, заключающееся в разработке сложного многокомпонентного состава продукта питания, удовлетворяющего основному принципу теории сбалансированного питания: нутриенты должны поступать в организм человека в определённом количестве и соотношении. Изменяя компонентный состав смесей при создании рецептур, например, при внесении эссенциальных нутриентов, можно добиться определённого физиологического воздействия на организм.

Высокий уровень конкуренции на рынке пищевых продуктов приводит к необходимости постоянного расширения ассортимента. Однако продукты с многокомпонентным составом являются конкурентноспособными на рынке, так как существует возможность моделирования потребительских характеристик готовых изделий и прогнозирования их биологической безопасности, качества и функционально-технологических свойств.

При разработке новых продуктов питания рекомендуется следовать основным принципам пищевой комбинаторики, а именно:

- 1) определение гигиенической безопасности новых источников сырья и готовых пищевых продуктов;
- 2) использование пищевых и вкусоароматических добавок согласно имеющимся гигиеническим требованиям, предъявляемым органами здравоохранения;
- 3) сочетание органолептических показателей новых продуктов с предпочтениями потребителей, традициями и национальными особенностями в питании отдельных групп населения;
- 4) сбалансированность продуктов по содержанию основных нутриентов, стойкость при хранении, доступность для потребителя;
- 5) указание направленности продукта, характеризующейся определённой пищевой и биологической ценностью;
- 6) осуществление целенаправленного контроля показателей качества со стороны государственных органов.

Глава 4 Системный анализ сбалансированности продуктов питания

4.1. Системное моделирование продуктов питания

Системное моделирование представляет собой универсальный научный метод, объединяющий множество решаемых проблем при разработке сложных взаимосвязанных систем в различных областях пищевой промышленности.

Системное моделирование – стратегия изучения биосистем, каковыми, в частности, являются технологические процессы производства продуктов питания.

Основоположником системного моделирования является американский биолог Л. Берталанфи, в 1937 г. он предложил «теорию открытых систем и состояний подвижного равновесия», где «система есть комплекс элементов, находящихся во взаимодействии» [3].

Важный аспект системного моделирования – возможность целенаправленного проектирования рецептурного состава многокомпонентных пищевых продуктов функционального назначения.

В качестве метода исследования используется математическое моделирование, а основным принципом системного моделирования является декомпозиция сложной биосистемы на более простые подсистемы (принцип иерархии системы). В этом случае математическая модель системы строится по блочному принципу: общая модель подразделяется на блоки, которым можно дать сравнительно простые математические описания. Все подсистемы взаимодействуют между собой и составляют общую единую математическую модель.

Главный принцип системного моделирования – целостность, единство биосистемы, достигаемое посредством взаимосвязей и взаимодействий

ингредиентов биосистемы и проявляющееся в возникновении новых качественных свойств пищевого продукта, которыми ингредиенты системы не обладают.

Возникновение новых свойств в пищевом продукте – свойство эмерджентности (от англ. emerge – возникать, появляться). Эмерджентность – принцип, отвечающий за наличие у системы таких свойств, которые не присущи ни одному ее элементу. Утверждается, что нельзя понять всех свойств системы, изучив все свойства подсистем: некоторые свойства системы появляются (emerge) только благодаря сложному взаимодействию подсистем [3].

Основными принципами системного моделирования являются:

- целостность – рассмотрение биосистемы одновременно как единого целого. Целостность биосистемы означает, что каждый ингредиент многокомпонентного продукта вносит определенный вклад в качественные свойства продукта. Проектируемый пищевой продукт рассматривается как единое целое, а ингредиенты в смеси продукта как подсистемы;
- организованность – принцип, заключающийся в наличии структуры в биосистеме. Непременная принадлежность продукта – их компоненты (ингредиенты), именно те структурные образования, из которых состоит целое и без чего оно невозможно;
- функциональность – проявление определенных свойств (функций) при взаимодействии с внешней средой – функциональность продукта;
- структурированность – принцип, позволяющий анализировать элементы системы (ингредиенты) и их взаимосвязи в рамках структуры продукта. Процесс функционирования системы обусловлен не столько свойствами её отдельных элементов (ингредиентов), сколько свойствами самой структуры (продукта);
- минимизированность – биосистема функционирует при обеспечении организма минимальным (эталонным) нутриентным элементом.
- соответствие – принцип, рассматривающий уровень соответствия нутриентов в моделируемом продукте эталонным значениям.

4.2 Интегральная оценка сбалансированности продуктов питания

В соответствии с современными представлениями понятие «системное моделирование» означает разработку математических моделей, регламентирующих все этапы создания продуктов питания заданного качества и представляющих, с точки зрения математики, систему линейных алгебраических балансовых уравнений, отражающих изменения в составе ингредиентов.

Наличие системы линейных балансовых уравнений позволяет адекватно описывать изменение химического, витаминного, минерального и других составов разрабатываемых композиций в зависимости от соотношения и норм используемых сырьевых компонентов, это дает возможность заменить

экспериментальное исследование процесса формирования состава продуктов анализом и синтезом его математической модели. Поставленная задача решается путем целенаправленного варьирования количественными соотношениями ингредиентов [14].

Все подструктурные элементы проектируемого продукта связаны между собой, в такой взаимосвязи определяется себестоимость продукта, энергетическая, пищевая и биологическая ценность композиционного продукта. Изменение значений (массовых долей) одного из подструктурных элементов рецептурной смеси приводит к изменению значений взаимосвязанных элементов. Например, оптимизация витаминного состава в продукте приведет к изменению рецептуры, энергетической ценности, минерального, жирнокислотного и аминокислотного состава.

Системное проектирование многокомпонентных продуктов позволяет регулировать химический состав продуктов в соответствии с современными требованиями науки о питании. Основное требование заключается в том, что моделируемые многокомпонентные пищевые продукты должны характеризоваться максимально приближенным к эталону (научно обоснованным физиологическим нормам) нутриентным составом [15].

Развитие критериев оценки сбалансированности продуктов питания привело к разработке целого комплекса математических зависимостей, отражающих отдельные качественные оценки нутриентной сбалансированности многокомпонентных пищевых продуктов.

Под сбалансированностью продуктов питания будем понимать уровень соответствия нутриентного состава суточной физиологической норме питания определенной (заданной) группы населения.

Согласно теории сбалансированного питания, в продукте (рационе) должно содержаться количество нутриентов, соответствующее суточной норме возрастной группы населения. В продукте (или рационе) должна содержаться строго определенная норма пищевого нутриента – витамина, макроэлемента и аминокислоты. Как наличие данного элемента ниже допустимой нормы, так и его превышение говорят о несбалансированности продукта.

В настоящее время разработаны критерии биологической оценки сбалансированности многокомпонентных продуктов питания. В научных исследованиях и учебном процессе широко используются критерии, предложенные академиками Н.Н. Липатовым (мл) и И.А. Роговым. Разработанные ими показатели позволяют оценить аминокислотный состав и его сбалансированность в моделируемом продукте. К данным показателям относят коэффициент утилитарности незаменимой аминокислоты, коэффициент рациональности аминокислотного состава, показатель сопоставимой избыточности [15].

Для оценки уровня сбалансированности подструктурных элементов продукта предлагается использовать безразмерные индексы сбалансированности (ИС):

- ИРСР – рецептурного состава (U_p);
- ИСВС – витаминного состава (U_v);
- ИСМС – минерального состава (U_m);
- ИСАС – аминокислотного состава (U_a);
- ИСЖС – жирнокислотного состава ($U_{ж}$);
- ИСЭЦ – энергетической ценности ($U_{э}$);
- ИССР – отношения жир : белок : углеводы (U_s).

Эти индексы позволяют оценить уровень сбалансированности на каждом этапе проектирования продуктов питания. Для комплексной (интегральной) оценки сбалансированности продуктов питания применяется обобщенная функция (критерий) Харрингтона.

Частные индексы сбалансированности рассчитываются как среднее геометрическое значение, например, формула для расчета ИСВС (U_v) запишется в виде формулы (1):

$$U_v = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left(\frac{B_j}{B_{эj}} \right)} \quad (1)$$

где B_j – массовая доля j -го витамина в продукте, мг/%;

$B_{эj}$ – массовая доля j -го витамина, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), мг/%;

n – количество исследуемых витаминов в продукте.

Частный индекс сбалансированности рецептурного состава ИРСР рассчитывается по формуле (2):

$$U_p = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left(\frac{P_j}{P_{эj}} \right)} \quad (2)$$

где P_j – массовая доля j -го рецептурного элемента (жира, белка, углевода) в продукте, мг/%;

$P_{эj}$ – массовая доля j -го рецептурного элемента (жира, белка, углевода), соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), мг/%;

n – количество рецептурных элементов в продукте ($n = 3$).

Частный индекс сбалансированности минерального состава ИСМС оценивается по формуле (3):

$$U_m = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left(\frac{M_j}{M_{эj}} \right)} \quad (3)$$

где M_j – массовая доля j -го минерала в продукте, мг/%;

$M_{эj}$ – массовая доля j -го минерала, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), мг/%;

n – количество исследуемых минералов в продукте.

Частный индекс сбалансированности аминокислотного состава ИСАС рассчитывается по формуле (4):

$$U_A = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left(\frac{A_j}{A_{эj}} \right)} \quad (4)$$

где A_j – массовая доля j -й аминокислоты в продукте, мг/%;

$A_{эj}$ – массовая доля j -й аминокислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), мг/%;

n – количество незаменимых аминокислот в продукте.

Частный индекс сбалансированности жирнокислотного состава ИСЖС оценивается по формуле (5):

$$U_{Ж} = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left(\frac{Ж_j}{Ж_{эj}} \right)} \quad (5)$$

где $Ж_j$ – массовая доля j -го жирного состава в продукте, мг/%;

$Ж_{эj}$ – массовая доля j -го жирного состава, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), мг/%;

n – количество компонентов жирнокислотного состава в исследуемом продукте.

Частный индекс сбалансированности энергетической ценности ИСЭЦ представлен в виде формулы (6):

$$U_{э} = \frac{э_j}{э_{эj}} \quad (6)$$

где $э_j$ – энергетическая ценность продукта, кДж;

$э_{эj}$ – энергетическая ценность продукта, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), кДж.

Идеальная сбалансированность продукта будет достигнута тогда, когда частные критерии желательности будут равны единице, т.е. $U_p = 1$, $U_b = 1$, $U_m = 1$, $U_{жс} = 1$, $U_a = 1$, $U_{э} = 1$.

Обобщенная функция сбалансированности может быть рассчитана по формуле (7) с учетом функции желательности (критерий) Харрингтона (D_i) как среднее геометрическое значение от частных индексов сбалансированности.

$$D_i = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n U_i} = \sqrt[n]{U_p \cdot U_b \cdot U_m \cdot U_{жс} \cdot U_a \cdot U_{э}} \quad (7)$$

Шкала желательности Харрингтона делится в диапазоне от 0 до 1 на пять поддиапазонов: [0-0,2] – «очень плохо», [0,2-0,37] – «плохо», [0,37-0,63] –

«удовлетворительно», [0,63-0,8] – «хорошо», [0,8-1] – «очень хорошо». Конкретные параметры сравнительных систем распределяются в масштабе, соответствующем предъявляемым к ним требованиям, на промежутке эффективных значений шкалы частных показателей

Использование обобщенного критерия Харрингтона позволяет проводить интегральную оценку сбалансированности проектируемых продуктов питания, сравнительную оценку пищевой и энергетической ценности продуктов питания, создавать каталоги (картотеки) продуктов с нутриентным составом и пр. [13].

Разработанная методика системного компьютерного моделирования многокомпонентных пищевых продуктов позволяет целенаправленно и оперативно разрабатывать продукты со сбалансированным рецептурным, витаминным, минеральным и аминокислотным составом. Методика может быть использована в высших учебных заведениях при подготовке бакалавров, магистров и аспирантов, в научных исследованиях, а также в производственной деятельности инженера-технолога при разработке технологии продуктов функционального назначения нового поколения.

Расчетно-практическая работа №1

Определение уровня сбалансированности суточного рациона питания военного РФ

Допуском к занятию является выполнение он-лайн урока, разработанного доц. Надточий Л.А. на базе образовательной платформы Stepik.org [27].

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) – здоровье населения зависит от образа жизни и социальных условий на 50-55%, от генетических факторов на 20-22%, от окружающей среды на 19-20%, от уровня системы здравоохранения и качества медицинской помощи на 7-10%. Таким образом, наиболее значимым фактором здоровья человека является образ жизни, в частности, питание.

Целью настоящей расчетно-практической работы является оценка сбалансированности суточного рациона военного РФ с учетом использования одного из вариантов пайка, представленного в Приложении 1. Работа осуществляется в команде студентов численностью 3-4 студента на команду.

Порядок выполнения работы

1. Команде студентов выдается задание провести анализ суточного рациона для военных РФ на основании спецификации индивидуального пайка (Приложение 1).

2. На первом этапе работы следует заполнить наименования продуктов выбранного рациона питания в таблице 2, распределив их по приемам пищи в течение дня (трехразовое питание).

3. Далее необходимо представить химический состав всех продуктов из расчета на порцию продукта, используя справочник «Химический состав пищевых продуктов» И. М. Скурихина или информационно-справочную систему – базу данных химического состава продуктов, доступную по ссылке: <http://www.intelmeal.ru/> [19, 28].

3. На втором этапе работы следует произвести расчет суммарного содержания макронутриентов по циклам питания и суточному рациону в целом.

4. Рассчитать арифметически энергетическую ценность по циклам питания и суточному рациону в целом, используя коэффициенты энергетической ценности нутриентов (таблица 1).

5. Провести обсуждение полученных данных и сделать выводы с учетом норм физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для военных РФ, выбрав целевую аудиторию по группе физической активности и гендерной принадлежности (Приложение 2 и 3) [16].

Употребление пищи военным должно быть не реже 3-х раз в сутки. При трехразовом приеме пищи распределение энергетической ценности рациона должно соответствовать следующим соотношениям:

- завтрак – 20–35 %;
- обед – 40–50 %;
- ужин – 25–30 %.

Продукты, содержащие белки животного происхождения, рекомендуется употреблять в первой половине дня.

Таблица 1 Коэффициенты энергетической ценности макронутриентов пищи

Нутриенты	ккал/г	кДж/г
Белки	4,00	16,7
Жиры	9,00	37,7
Углеводы	4,00	15,7

Таблица 2 Рацион суточного питания военного РФ (мужчины или женщины)

Режим питания	Наименование продукта	Масса, г	Массовая доля, г				Энергетическая ценность, ккал
			воды	белков	жиров	углеводов	
1-ый прием пищи (завтрак)							
2-ой прием пищи (обед)							
3-ий прием пищи (ужин)							
Итого							

Расчетно-практическая работа №2

Оценка макронутриентного состава продуктов с учетом количественной макронутриентной классификации

При проектировании специализированных продуктов питания необходимо оценивать их химический состав с учетом количественной макронутриентной классификации. Например, в случае высокобелкового продукта белок оценивается как доминирующий макронутриент, что требует количественного подтверждения. Вне зависимости от животного или растительного происхождения к группе высокобелковых продуктов относятся продукты, в которых массовая доля белка (Б) в сухом веществе составляет не менее 75%. По аналогии оцениваются группы высокожировых и высокоуглеводных продуктов, для которых соответственно массовые доли жира (Ж) или углеводов (У) в пересчете на сухое вещество составляют не менее 75%.

К группе белково-жировых продуктов относятся те продукты, для которых справедливы неравенства:

$$75\% \geq \text{Б} > 50\%; 50\% \geq \text{Ж} > 25\%$$

К группе белково-углеводных продуктов относятся продукты, обеспечивающие выполнение неравенств:

$$75\% \geq \text{Б} > 50\%; 50\% \geq \text{У} > 25\%$$

К группе белково-жиро-углеводных продуктов можно отнести те, для которых выполняется следующее неравенство:

$$75\% \geq \text{Б} > 50\%; 50\% \geq (\text{Ж} + \text{У}) > 25\%; 12,5\% > \text{У} \geq 0\%$$

Применительно к белково-углеводно-жировым продуктам эти ограничения выглядят следующим образом:

$$75\% \geq \text{Б} > 50\%; 50\% \geq (\text{У} + \text{Ж}) > 25\%; 12,5\% > \text{Ж} \geq 0\%.$$

В группу жиро-белковых продуктов объединены продукты, для которых выполняется следующее неравенство:

$$75\% \geq \text{Ж} > 50\%; 50\% \geq \text{Б} > 25\%.$$

Для группы жиро-углеводных продуктов неравенства приобретают вид:

$$75\% \geq \text{Ж} > 50\%; 50\% \geq \text{У} > 25\%.$$

По аналогии с предыдущими рассуждениями к группе жиро-белково-углеводных продуктов относятся те, для которых справедливы неравенства:

$$75\% \geq \text{Ж} > 50\%; 50\% \geq (\text{Б} + \text{У}) > 25\%; 12,5\% > \text{У} \geq 0\%$$

В группу жиро-углеводно-белковых продуктов объединены такие виды продуктов, для которых выполняется следующее неравенство:

$$75\% \geq \text{Ж} > 50\%; 50\% \geq (\text{У} + \text{Б}) > 25\%; 12,5\% > \text{Б} \geq 0\%$$

К группе углеводно-белковых (а) или углеводно-жировых (б) продуктов относятся такие виды продуктов, для которых справедливы неравенства:

$$\text{а) } 75\% \geq \text{У} > 50\%; 50\% \geq \text{Б} > 25\%$$

$$\text{б) } 75\% \geq \text{У} > 50\%; 50\% \geq \text{Ж} > 25\%$$

В группу углеводно-белково-жировых продуктов объединены продукты, описываемые следующими неравенствами:

$$75\% \geq У > 50\%; 50\% \geq (Б+Ж) > 25\%; 12,5\% > Ж \geq 0\%$$

К группе углеводно-жиро-белковых продуктов относятся продукты, для которых применимы неравенства:

$$75\% \geq У > 50\%; 50\% \geq (Ж+Б) > 25\%; 12,5\% > Б \geq 0\%$$

Следует понимать, что мясное сырье с учетом химического состава может быть отнесено к таким группам классификации, как белковое, белково-жировое, жиро-белковое или жировое.

Порядок выполнения работы

1. По заданию преподавателя выбрать основной источник белка животного или растительного происхождения, используя справочные данные. Оценить его с учетом количественной макронутриентной классификации, доказав его принадлежность к определенной группе.

2. С целью коррекции продукта относительно одной из выбранных групп макронутриентной классификации следует предложить в качестве дополнительных ингредиентов различные виды сырья животного или растительного происхождения. Оценить их с учетом количественной макронутриентной классификации, доказав их принадлежность к той или иной группе сырья, заполнив пустые ячейки таблицы 3 в каждой строке.

3. Представить состав разрабатываемого продукта (из расчета на 100г готового продукта) с учетом использования в рецептуре дополнительных сырьевых ингредиентов из табл. 3 в количестве не менее пяти. Результаты расчета представить в виде таблицы 4.

4. Рассчитать массовую долю белка или другого макронутриента в композиции продукта по формуле (8):

$$S\bar{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i S_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \quad (8)$$

где $S\bar{\sigma}$ – массовая доля белка или другого макронутриента в продукте, %;

X_i – массовая доля i -го компонента в рецептуре, %;

S_i – массовая доля белка или другого макронутриента в i -ом компоненте рецептуры, %.

5. Сделать вывод об удовлетворении суточной потребности в макронутриентах и энергии при употреблении порции разработанного продукта для определенной группы населения, представив данные расчета в таблице 5.

Таблица 3 Классификация дополнительных сырьевых ингредиентов рецептуры

Группа классификации	Сырьевые ингредиенты / продукты		
белковое			
жировое			
углеводное			
белково-жировое			
белково-углеводное			
белково-жиро-углеводное			
белково-углеводно-жировое			
жиро-белковое			
жиро-углеводное			
жиро-белково-углеводное			
жиро-углеводно-белковое			
углеводно-белковое			
углеводно-жировое			
углеводно-белково-жировое			
углеводно-жиро-белковое			

Таблица 4 Рецептúra разрабатываемого продукта

Наименование ингредиентов рецептуры	Массовая доля ингредиентов на	
	100г	порцию
Основной продукт		
1		
2		
3		
4		
5		
ИТОГО	100г	

Таблица 5 Удовлетворение суточной потребности в макро-нутриентах за счет употребления порции разработанного продукта

Наименования макро-нутриентов	Нормы потребления, г / в сутки	Массовая доля макро-нутриентов в порции продукта, г	Степень удовлетворения суточной потребности, %
Белки			
Жиры			
Углеводы			

Расчетно-практическая работа №3

Определение биологической ценности белковой составляющей продукта

Для выражения биологической ценности белковых продуктов используется метод, основанный на сравнении результатов определения аминокислотного

состава исследуемого продукта с «эталонным» белком. Общеизвестным методом анализа биологической ценности белковой составляющей является метод аминокислотного (химического) скор.

В 1973 г. объединенный экспертный комитет продовольственной и сельскохозяйственной организации при ООН (ФАО) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) предложил использовать «эталонный» белок, содержащий 8 незаменимых аминокислот со следующими количественными характеристиками: изолейцин – 40 мг, лейцин – 70 мг, лизин – 55 мг, метионин+цистин – 35 мг, фенилаланин – 28 мг, треонин – 40 мг, триптофан – 10мг, валин – 50 мг из расчета на один грамм (таблица 6). В последующие года аминокислотный состав «эталонного» белка менялся. По последним данным ФАО ВОЗ от 2011г количественный и качественный состав его был пересмотрен (табл. 7).

Для расчета аминокислотного (химического) скор сопоставляют содержание каждой незаменимой аминокислоты в исследуемом продукте с ее содержанием в «эталонном» белке посредством формулы (9):

$$\text{Аминокислотный скор} = A_x/A * 100, \% \quad (9)$$

где A_x – массовая доля незаменимой аминокислоты в исследуемом продукте, г/100г белка;

A – массовая доля незаменимой аминокислоты в «эталонном» белке, г/100г белка.

Аминокислота, скор которой меньше 100%, называется лимитирующей. При наличии нескольких лимитирующих аминокислот в составе продукта выделяют аминокислоту с наименьшим аминокислотным скором, которая получила название «первая лимитирующая аминокислота».

Порядок выполнения работы

1. Пользуясь справочником И.М. Скурихина «Химический состав пищевых продуктов», представить данные по составу незаменимых аминокислот продукта в г/100г белка.
2. Определить биологическую ценность белковой составляющей продукта методом аминокислотного (химического) скор относительно ФАО ВОЗ от 1973г и 2011г, результаты расчета отобразить в таблице 6 и 7.
3. Сделать выводы по расчету.

Таблица 6 Биологическая ценность белковой составляющей продукта относительно ФАО ВОЗ, 1973г

Незаменимые аминокислоты (НАК)	Массовая доля НАК, г/100г белка		Аминокислотный скор, %
	ФАО/ВОЗ, 1973г	исследуемого	
Валин Изолейцин Лейцин Лизин Метионин +цистин* Треонин Триптофан Фенилаланин			

Таблица 7 Биологическая ценность белковой составляющей продукта относительно ФАО ВОЗ, 2011г

Незаменимые аминокислоты (НАК)	Массовая доля НАК, г/100г белка		Аминокислотный скор, %
	Эталонного белка ФАО/ВОЗ, 2011г	исследуемого продукта	
гистидин	2,00		
изолейцин	3,20		
лейцин	6,60		
лизин	5,70		
метионин +цистеин*	2,70		
фенилаланин +тирозин*	5,20		
треонин	3,10		
триптофан	0,85		
валин	4,30		

* Пары суммируются, так как потребность в одной аминокислоте может быть покрыта за счет наличия другой.

Расчетно-практическая работа №4

Оценка биологической ценности белковой составляющей многокомпонентного продукта

Расчет проводят последовательно, изначально выбрав определенную рецептуру многокомпонентного продукта. С целью его обогащения выбирают белковый компонент, содержащий незаменимые аминокислоты, лимит которых отмечается в молоке (справочные данные). При замене части традиционного вида сырья другими белоксодержащими ингредиентами в производстве поликомпонентных продуктов имеется возможность снизить дефицит традиционного сырья, особенно в период сезонных поставок, и расширить ассортимент вырабатываемой продукции.

Следует учесть, что в 2007, 2011 г. объединенный экспертный комитет организаций, таких как Продовольственная и Сельскохозяйственная организация при ООН (ФАО) и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), пересмотрел аминокислотный состав «идеального» белка (данные представлены в таблице 8).

Порядок выполнения работы

1. Зная рецептурный состав (по заданию преподавателя), процентное содержание (массовую долю) белоксодержащего ингредиента и количество белка в нем, рассчитывают массовую долю белка в полной композиции по формуле (10):

$$S\bar{b} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i s_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \quad (10)$$

где $S\bar{b}$ – массовая доля белка в комбинированной смеси, %;

X_i – массовая доля i -го компонента в рецептуре;

S_i – массовая доля белка в конкретном i -ом компоненте рецептуры, %.

2. Определив общее содержание белка в смеси, оценивают его качественный состав. Для этого осуществляют расчет количественного содержания каждой из незаменимых аминокислот в комбинированной смеси согласно формуле (11):

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_i s_i m_j}{\sum_{i=1}^n x_i s_i} \quad (11)$$

где M_j – содержание конкретной незаменимой аминокислоты в суммарном белковом компоненте рецептуры, %;

s_i – массовая доля белка в данном компоненте, %;

x_i – массовая доля i -го компонента в составе рецептуры, %;

m_{ij} – массовая доля конкретной НАК в данном компоненте, %.

3. Результаты выполненного расчета заносят в таблицу 8 и делают выводы по работе.

Таблица 8 Биологическая ценность белковой составляющей исследуемой рецептуры

Незаменимые аминокислоты (НАК)	Массовая доля НАК, г/100г белка					Аминокислотный скор продукта, %
	ФАО ВОЗ 2011г	Ингредиент 1	Ингредиент 2	Ингредиент 3	Продукт	
гистидин	2,00					
изолейцин	3,20					
лейцин	6,60					
лизин	5,70					
метионин	2,70					
+цистеин*						
фенилаланин	5,20					
+тирозин*	3,10					
треонин	0,85					
триптофан	4,30					
валин						

Расчетно-практическая работа №5

Расчетные показатели, характеризующие качественный состав белкового компонента продукта

Для оценки важнейшей составляющей пищевой адекватности белковых компонентов сырья (готовых продуктов) – биологической ценности их белковой составляющей – используются основополагающие показатели и критерии, предложенные академиками РАСХН Роговым И.А. и Липатовым Н.Н., такие как: коэффициенты различий аминокислотного сора (КРАС), рациональности аминокислотного состава (Rp), сопоставимой избыточности (G) и биологической ценности (БЦ).

В частности, коэффициент КРАС (в %) показывает среднюю величину избытка аминокислотного сора незаменимых аминокислот по сравнению с наименьшим уровнем сора какой-либо незаменимой аминокислоты (избыточное количество незаменимых аминокислот, не используемых на пластические нужды). КРАС рассчитывается по формуле (12):

$$\text{КРАС} = \frac{\sum \Delta PAC}{n} \quad (12)$$

где ΔPAC – различие аминокислотного сора аминокислоты рассчитывается согласно формуле (13);

n – количество незаменимых аминокислот.

$$\Delta PAC = C_i - C_{min} \quad (13)$$

где C_i – скор i -той незаменимой аминокислоты, %;

C_{min} – минимальный из скоров незаменимых аминокислот, %.

Биологическую ценность (БЦ) белковой составляющей определяют по формуле (14):

$$БЦ = 100 - КРАС, \% \quad (14)$$

Коэффициент рациональности j -той незаменимой аминокислоты – a_j , характеризующий возможность утилизации аминокислот организмом, предопределяется минимальным скором одной из них и рассчитывается по формуле (15):

$$a_j = C_{min} / C_j \quad (15)$$

Коэффициент рациональности аминокислотного состава – R_p , численно характеризует сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме (эталону). В случае, когда $C_{min} \leq 1$ (в долях единиц), коэффициент рациональности аминокислотного состава рассчитывается на основании формулы (16):

$$R_p = \frac{\sum_{j=1}^k (a_j A_j)}{\sum_{j=1}^k A_j} \quad (16)$$

Показатель сопоставимой избыточности содержания незаменимых аминокислот – G , характеризует суммарную массу незаменимых аминокислот (НАК), не используемых (из-за несбалансированности аминокислотного состава) на анаболические нужды, в таком количестве белка оцениваемого продукта, которое по содержанию потенциально утилизируемых НАК эквивалентно их количеству в 100г эталонного белка. Определение G осуществляют по формуле (17):

$$G = \frac{\sum_{j=1}^n (A_j - C_{min} A_{эj})}{C_{min}} \quad (17)$$

где A_j – массовая доля j -той незаменимой аминокислоты в сырье, г/100г белка

$A_{эj}$ – массовая доля j -той незаменимой аминокислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), г/100г белка.

Немецкий химик Юстус фон Либих (1803-1873) считается одним из основателей современной агрохимии. Ученый в 1840 году сформулировал экологический и экономический закон ограничивающего фактора, который впоследствии будет называться законом Либиха (рис. 1). Например, ограничивающим фактором для аминокислотного состава белка может быть отсутствие или низкое количество незаменимой аминокислоты.

Закон Либиха можно применить для расчета ряда показателей биологической ценности продукта. Проф. Лисин П.А. [13, 14] впоследствии предложил оценивать биологическую ценность белковой составляющей с использованием индекса аминокислотного состава (U_A) по формуле 18:

$$U_A = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m d_{A_i}} \quad (18)$$

при условии:

$$d_{A_i} = \left(\frac{A_i}{A_{эi}}\right), \text{ если } A_i \leq A_{эi}$$

$$d_{A_i} = \left(\frac{A_{эi}}{A_i}\right), \text{ если } A_i \geq A_{эi}$$

где A_i – массовая доля незаменимой аминокислоты в исследуемом образце, г/100г белка;

$A_{эi}$ – массовая доля незаменимой аминокислоты, соответствующая эталону, г/100г белка.



Рисунок 1. Закон ограничивающего фактора, предложенный Юстус фон Либихом

Нами предложена формула расчета комплексного показателя сбалансированности белковой составляющей продукта, которая позволяет оценить качественный состав белкового компонента по трем расчетным показателям (формула 19).

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n U_i} = \sqrt[m]{U_A \cdot U_{БЦ} \cdot U_R} \quad (19)$$

где U_A – индекс аминокислотного состава;

$U_{БЦ}$ – индекс биологической ценности состава;

U_R – индекс рациональности состава.

Для анализа полученных расчетных данных, которые стремятся к «1», следует применять логистическую функцию Е.К. Харрингтона, известную как «шкала желательности». Шкала желательности делится в диапазоне от 0 до 1 на

пять поддиапазонов: [0-0,2] – «очень плохо», [0,2-0,37] – «плохо», [0,37-0,63] – «удовлетворительно», [0,63-0,8] – «хорошо» и [0,8-1] – «очень хорошо».

Порядок выполнения работы

1. Используя ранее полученные данные (результаты расчетно-практической работы №3 или №4), произвести расчет показателей, характеризующих качественный состав белкового компонента продукта.

2. Результаты работы оформить в виде таблицы 9. Сделать выводы о биологической ценности белковой составляющей исследуемого продукта с учетом функции желательности Е.К. Харрингтона.

Таблица 9 Показатели биологической ценности белковой составляющей продукта

Продукт	Массовая доля белка, %	Количество лимитирующих НАК	Расчетные показатели					
			КРАС, %	БЦ, %	Rp	G	U _A	D

Расчетно-практическая работа №6 Проектирование жирнокислотного состава липидной композиции продукта

При разработке состава жировой композиции комбинированного продукта большое внимание уделяется следующим факторам:

- соотношению между основными группами жирных кислот (насыщенные : мононенасыщенные : полиненасыщенные жирные кислоты);
- соотношению двух главнейших семейств полиненасыщенных жирных кислот, а именно, омега – 6 и омега – 3 жирных кислот.

На основании норм физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ можно сформулировать комплекс исходных требований к полноценному составу жира, обеспечивающему необходимый набор жирных кислот в оптимальных соотношениях для различных групп населения (таблица 10) [16].

Таблица 10 Исходные требования к биологически полноценному жиру

Показатель	Категория людей	
	дети до 1 года	Выбранная категория населения РФ
Содержание жирных кислот, %:		
Насыщенных (НЖК), не более	41,78	
Мононенасыщенных (МНЖК), не более	43,03	
Полиненасыщенных (ПНЖК), не более	12,42	
Линолевая кислота (омега – 6)	10,85	
Линоленовая кислота (омега – 3)	0,62	
Арахидоновая кислота	0,95	

Требования к биологически полноценному жиру положены в основу математической модели, учитывающей зависимость содержания НЖК, МНЖК и ПНЖК от состава жировой смеси.

Содержание жирных кислот какого-либо типа в смеси можно рассчитать по формуле (20):

$$C_{mj} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ki} C_{mji})}{\sum_{i=1}^n C_{ki}} \quad (20)$$

где C_{mj} – содержание кислот какого-либо типа в смеси, %; (например, насыщенных);

C_{ki} – содержание компонента в смеси, %; (например, пальмового масла);

C_{mji} – содержание кислот данного типа в компоненте C_{ki} , % (например, насыщенных жирных кислот в пальмовом масле).

Жирнокислотная сбалансированность потенциальных жиросодержащих ингредиентов рецептур специализированных продуктов может быть оценена с помощью коэффициента жирнокислотного соответствия (дол.ед.) согласно формуле (21):

$$R_L = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m d_{L_i}} \quad (21)$$

при условии:

$$d_{L_i} = \frac{L_i}{L_{\partial i}}, \text{ если } L_i \leq L_{\partial i}$$

$$d_{L_i} = \left(\frac{L_i}{L_{\partial i}}\right)^{-1}, \text{ если } L_i > L_{\partial i}$$

где L_i – массовая доля i -той жирной кислоты в сырье, г/100 г липидов;

$L_{\partial i}$ – массовая доля i -той жирной кислоты, соответствующая физиологически необходимой норме, г/100 г липидов;

$i=1$ соответствует \sum НЖК, $i=2$ – \sum МНЖК, $i=3$ – \sum ПНЖК, $i=4$ – линолевой ($\omega - 6$), $i=5$ – линоленовой ($\omega - 3$), $i=6$ – арахидоновой жирной кислоте (только для продуктов питания детей раннего возраста).

Таблица 11 Биологическая ценность липидной составляющей продукта

Объект исследования	Жирные кислоты, г/100г липидов					Коэффициент жирнокислотной сбалансированности, R_L , дол.ед.	
	НЖК	МНЖК	ПНЖК	$\omega - 6$	$\omega - 3$	$i=3$	$i=5$
Нормы потребления							
Исследуемый продукт							

Порядок выполнения работы

1. Заполните недостающие данные таблицы 10, проанализируйте их.
2. По заданию преподавателя разработайте рецептуру поликомпонентного продукта с учетом его жирнокислотного состава, используя вышепредставленные формулы.
3. Оцените качественный состав липидной составляющей разработанного продукта с помощью коэффициента жирнокислотного соответствия и с учетом функции желательности Е.К. Харрингтона, результаты занесите в таблицу 11.
4. Сделайте выводы о перспективных видах сырья для производства поликомпонентных продуктов питания и предложите способы увеличения их жирнокислотной сбалансированности.

Расчетно-практическая работа №7

Оценка функциональности ингредиента в составе рецептуры продукта

Суточные потребности в пищевых веществах и энергии представлены в документе Методические рекомендации МР 2.3.1.2432 -08 [16].

Порядок выполнения работы

1. Группе студентов (не более 4 человек в группе) выдается задание: произвести пересчет норм потребления пищевых веществ для питания людей определенной категории населения по заданию преподавателя (согласно данным Приложения 2 и 3)
2. Внести данные из первоисточника и данные, полученные в результате пересчета, в таблицу 12.

3. Провести анализ данных по продукту, который будет обогащаться предлагаемым функциональным ингредиентом – ламинарией, из расчета на 100 г продукта и порцию продукта (эта информация устанавливается студентами). Расчетные данные внести в таблицу 12.

4. Проанализировать данные по химическому составу функционального ингредиента – ламинарии (Таблица 13).

5. Спроектировать состав разрабатываемого продукта с ламинарией и провести расчет по микронутриентам, включая йод. Результаты расчета внести в таблицу 14.

6. Сделать вывод о функциональности ламинарии в составе разрабатываемого продукта.

Пересчет весовых единиц в международные единицы:

Витамин А - 1 мг = 3 300 МЕ

Витамин Д - 1 мкг = 40 МЕ

Витамин Е - 1 мг = 1,21 МЕ

Таблица 12 Микронутриентный состав продукта

микро- нутриенты	Норма потребления для взрослого человека в РФ	Удовлетворение суточной потребности при употреблении 100г продукта, %	Удовлетворение суточной потребности в за счет употребления порции продукта (г), %
Витамин А, мг			
Витамин В2, мг			
Витамин В3, мг			
Витамин В6, мг			
Витамин В9, мкг			
Витамин В12, мкг			
Витамин Н, мкг			
Витамин РР, мг			
Кальций, мг			
Магний, мг			
Натрий, мг			
Фосфор, мг			
Цинк, мг			
Медь, мг			
Йод, мкг			

Таблица 13 Химический состав ламинарии вида *Laminaria Digitata*

Показатель	Содержание
Влага, %	6,51
Сырой протеин, %	8,65
Сырая клетчатка, %	11,29
Сырой жир, %	0,48
Сырая зола, %	48,90
Кальций, %	0,69
Фосфор, %	0,38
Натрий, %	4,10
Марганец, мг/кг	97,00
Железо, мг/кг	740,00
Медь, мг/кг	13,50
Цинк, мг/кг	128,00
Кадмий, мг/кг	1,00
Фтор, мг/кг	3,40
Йод, мг/кг	1250,00

В расчете необходимо учитывать потери йода при термической обработке в количестве 65% от начального количества микронутриента в составе продукта. (ламинарии). Доказательный расчет позволит судить о заявленной функциональности разрабатываемого продукта при его употреблении в определенном количестве. Данные таблицы 14 позволяют оценить степень восполнения суточной потребности в йоде при употреблении порции разрабатываемого продукта.

Таблица 14 Оценка содержания йода в разработанном продукте

Микро- нутриент, единицы измерения	Норма потребления для взрослого человека в РФ	Содержание в 100г продукта		Содержание на порцию продукта (...г), с учетом потерь	Восполнение суточной потребности в микронутрие нте за счет употреблени я порции продукта, %
		за счет ламинарии при 5% ее внесении	с учетом потерь йода при термической обработке (- 65%)		
Йод, мкг	150-200	минимум	минимум	минимум	

Расчетно-практическая работа № 8

Оптимизация рецептур продуктов питания с использованием электронных таблиц

Биохимические, физико-химические и микробиологические процессы, которыми оперирует инженер-биотехнолог в процессе своей деятельности, зависят от множества факторов. Для того чтобы правильно реагировать на изменение данных факторов, необходимо не только знать их влияние на параметр и критерий оптимизации, но и обладать навыками моделирования процесса. В этом случае достигается возможность корректировать технологический процесс с помощью автоматических систем управления.

Большую роль в совершенствовании технологии продуктов сложного сырьевого состава и методов экономического анализа играет использование современных подходов с применением компьютерных технологий. С целью разработки многокомпонентного продукта имеет место множество вариантов рецептур. Однако задача специалиста в этой области состоит в том, чтобы из множества вариантов выбрать рецептуру с заданными параметрами (например, с минимальной себестоимостью, высокими качественными показателями, максимальным использованием сырьевых ресурсов).

На первом этапе создания нового продукта питания первостепенной задачей является проектирование рецептуры разрабатываемого продукта таким образом, чтобы она удовлетворяла всем потребностям потребителя. При разработке многокомпонентных продуктов питания с рядом ограничивающих факторов реализовать данную задачу без использования компьютерных технологий сложно и проблематично. Данную проблему решает использование системы табличного редактора Microsoft Excel, обладающего большими возможностями в рецептурных расчетах многокомпонентных пищевых систем.

Наиболее популярным инструментом для решения задач оптимизации является стандартная надстройка «Поиск решения» процессора электронных таблиц Microsoft Excel, который входит в Microsoft Office. Данная надстройка позволяет эффективно решать рецептурные задачи, а представление результатов в виде таблиц обеспечивают удобную для учета и отчетности информацию. Более того, надстройки «Поиск решения» приложения Excel по своим функциональным возможностям не уступают аналогам специальных математических программ, например, MathCAD. При прочих равных условиях общепризнанным преимуществом Excel является простота интерфейса и доступность для широкого пользователя.

Порядок выполнения работы

1. Выполнить частный пример проектирования рецептуры продукта, в частности, продукта для питания детей раннего возраста, с использованием электронной таблицы Microsoft Excel. В качестве исходных данных для

проектирования рецептуры смеси детского питания следует использовать показатели таблицы 15.

Таблица 15 – Исходные данные для разработки рецептуры смеси детского питания

Ингредиенты	X _i	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
		жира	белка	углеводов	воды	
Обезжиренное молоко	X ₁	0,1	2,0	4,8	93,1	73,0
Сухая молочная сыворотка	X ₂	0,3	14,0	67,0	18,7	80,4
Растительные масла	X ₃	99,9	0	0	0,1	62,0
Лактоза	X ₄	0	0	100,0	0	160,0
Пребиотические пищевые волокна	X ₅	0	0	100,0	0	91,4
Пробиотическая культура	X ₆	0	75,5	22,5	2,0	113,8
Витаминный комплекс	X ₇	0	0	0	0	476,3
Микроэлементы	X ₈	0	0	0	0	399,1
Стабилизатор (0,01%)						
Стандарт детской пищевой смеси		27,7	10,6	53,9	7,8*	

*Содержание воды в смеси для детского питания составит: $100 - (27,7 + 10,6 + 53,9) = 7,8 \%$.

2. С помощью Microsoft Excel на рабочем листе табличного редактора следует сформировать таблицу (рисунок 2), в которой будут отражены данные химического состава составных компонентов рецептуры смеси. Неопределенными факторами выступают массовые доли сырьевых компонентов рецептуры, которые требуется определить с учетом целевой функции и ряда ограничений. В качестве функции цели в данном случае будет выбрана себестоимость готового продукта.

3. В ячейке C15 представить вычисление суммарной массы всех компонентов смеси по следующей формуле: = СУММ (C4:C13). В строке 19 осуществить ввод балансовых уравнений, в ячейках с D19 по G19 вычислить массовые доли жира, белка, углеводов и воды в 100 кг смеси для детского питания. Например, формула в ячейке D19 будет выглядеть следующим образом:

$$= \text{СУММПРОИЗВ}(\$C\$4:\$C\$11;D4:D11)/100$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2					Массовая доля, %				
3	Ингредиенты	X	Масса, кг	Жиры	Белки	Углеводы	Вода	Цена, руб/кг	
4	Обезжиренное молоко	X1		0,1	2	4,8	93,1	73	
5	Сухая молочная сыворотка	X2		0,3	14	67	18,7	80,4	
6	Растительные масла	X3		99,9	0	0	0,1	62	
7	Лактоза	X4		0	0	100	0	160	
8	Пребиотические пищевые волокна	X5		0	0	100	0	91,4	
9	Пробиотическая культура	X6		0	75,5	22,5	2	113,8	
10	Витаминный комплекс	X7		0	0	0	0	476,3	
11	Микроэлементы	X8		0	0	0	0	399,1	
12	Стабилизатор		0,01						
13									
14									
15	Итого:		0,01						
16									
17	Стандарт детской пищевой смеси			27,7	10,6	53,9	7,8		
18	Функция цели, руб							0	
19	Ввод балансовых уравнений			0	0	0	0		
20									

Рисунок 2. Исходные данные для оптимизации рецептуры детской смеси в Excel

4. По аналогии заполнить ячейки E19, F19, G19.

5. В ячейке H18 вычислить себестоимость 100 кг смеси как сумму произведений массы отдельного вида сырья в пересчете на его цену. Тогда формула в ячейке примет вид:

$$= \text{СУММПРОИЗВ}(C4:C11;H4:H11)$$

6. В строке 17 указать нормативные показатели детской смеси, а именно содержание жира, белка, углеводов, воды.

7. После ввода исходной таблицы с записью формул следует запустить функцию Поиск решений (Меню→Сервис→Поиск решений) (рисунок 3). На экране появится диалоговое окно «Поиск решений», в котором потребуется выбрать ячейку целевой функции (ячейка H18) – себестоимость смеси без учета стоимости стабилизатора – и установить ее равной минимальному значению. Стабилизатор в расчете себестоимости смеси не учитывается, так как данный ингредиент является постоянным параметром при производстве продукта.

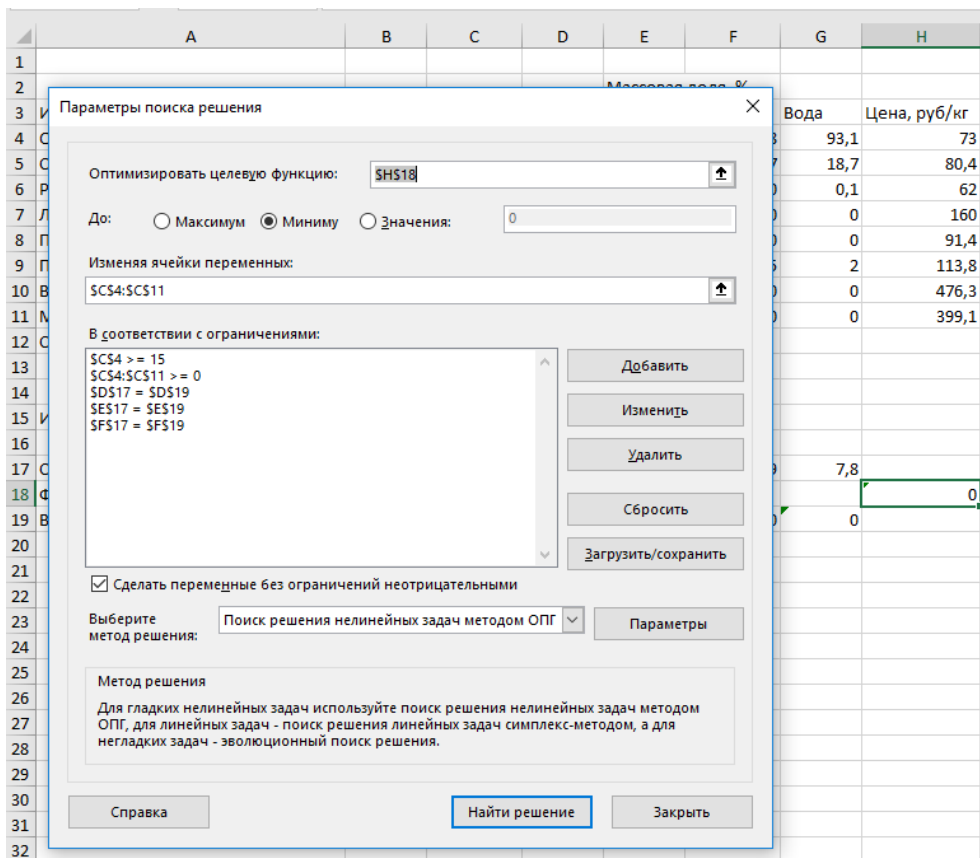


Рисунок 3. Скриншот окна Поиска решений в Excel

Далее необходимо выбрать изменяющиеся ячейки – это ячейки, содержащие массы отдельных видов сыра (C4:C11).

Затем обозначить ограничения функции, например:

- содержание обезжиренного молока в смеси должно быть больше или равным 15 % (C4>=15);
- содержание отдельных видов ингредиентов должно быть больше или равным нулю (C4:C11>=0);
- массовые доли жира, белка, углеводов и воды в 100 кг готового продукта должны быть равны стандартным значениям (D17=D19; E17=E19; F17=F19; G17=G19).

После ввода всех параметров следует активировать кнопку «Выполнить» в окне «Поиск решений» и получить расчет рецептуры смеси для детского питания, оптимизированной по себестоимости (рисунок 4).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2					Массовая доля, %			
3	Ингредиенты	X	Масса, кг	Жиры	Белки	Углеводы	Вода	Цена, руб/кг
4	Обезжиренное молоко	X1	15	0,1	2	4,8	93,1	73
5	Сухая молочная сыворотка	X2	1	0,3	14	67	18,7	80,4
6	Растительные масла	X3	27,7097097	99,9	0	0	0,1	62
7	Лактоза	X4	1	0	0	100	0	160
8	Пребиотические пищевые волокна	X5	48,4821847	0	0	100	0	91,4
9	Пробиотическая культура	X6	13,4569523	0	75,5	22,5	2	113,8
10	Витаминный комплекс	X7	1	0	0	0	0	476,3
11	Микроэлементы	X8	1	0	0	0	0	399,1
12	Стабилизатор		0,01					
13								
14								
15	Итого:		108,658847					
16								
17	Стандарт детской пищевой смеси			27,7	10,6	53,9	7,8	
18	Функция цели, руб							9891,47486
19	Ввод балансовых уравнений			27,7	10,6	53,899999	14,44885	
20								

Рисунок 4. Результаты оптимизации рецептуры смеси для детского питания в Excel

В результате в ячейке H18 будет автоматически рассчитана наиболее низкая стоимость продукта, которую можно получить, используя все перечисленные пищевые компоненты с учетом указанных ограничений. Функцию табличного редактора Microsoft Excel «Поиск решения» можно использовать для целенаправленного и оперативного расчета не только оптимальной себестоимости смеси для питания детей раннего возраста при определенных ограничениях компонентов рецептуры смеси, но и для расчета ее пищевой и биологической ценности.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Общевойсковой паек

Наименование продуктов	Кол-во на 1 человека в сутки (г)
Хлеб из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки 1 сорта	350
Хлеб белый из пшеничной муки 1 сорта	400
Мука пшеничная 2 сорта	10
Крупа разная	120
Макаронные изделия	40
мясо	200
рыба	120
Жиры животные, топленые, маргарин	20
Масло растительное	20
Масло коровье	30
Молоко коровье	100
яйца куриные	4 шт. в неделю
сахар	70
соль	20
чай	1,2
Лавровый лист	0,2
перец	0,3
Горчичный порошок	0,3
уксус	2
Томатная паста	6
Картофель и овощи всего:	900
картофель	600
капуста	130
свекла	30
морковь	50
лук	50
огурцы, помидоры, коренья, зелень	40
Соки плодовые и ягодные	50
Концентрат киселя	30
Поливитаминный препарат «Гексавит»	1

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для мужчин

Показатели, (в сутки)	Группа физической активности, (коэффициент физической активности)															Мужчины старше 60 лет
	I (1.4)			II (1.6)			III (1.9)			IV (2.2)			V (2.5)			
	Возрастные группы															
	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	
	Энергия и макронутриенты															
Энергия, ккал	2450	2300	2100	2800	2650	2500	3300	3150	2950	3850	3600	3400	<4200	3950	3750	2300
2 Белок, г	72	68	65	80	77	72	94	89	84	108	102	96	117	111	104	68
в том числе животный, г	36	34	32.5	40	38.5	36	47	44.5	42	54	51	48	58.5	55.5	52	34
3 Жиры, г	81	77	70	93	88	83	110	105	98	128	120	113	154	144	137	77
4 Углеводы, г	358	335	303	411	387	366	484	462	432	566	528	499	586	550	524	335
Пищевые волокна, г	20															
	Витамины															
Витамин С, мг	90															
Витамин В1, мг	1,5															
Витамин В2, мг	1,8															
Витамин В6, мг	2,0															
Ниацин, мг	20															
Витамин В12, мкг	3,0															
Фолаты, мкг	400															
Пантотеновая Кислота, мг	5,0															
Биотин, мкг	50															
Витамин А, мкг рет.экв.	900															
Бета-каротин, мг	5,0															
Витамин Е, мг ток. Экв.	15															
Витамин D, мкг	10														15	
Витамин К, мкг	120															
	Минеральные вещества															
Кальций, мг	1000														1200	
Фосфор, мг	800															
Магний, мг	400															
Калий, мг	2500															
Натрий, мг	1300															
Хлориды, мг	2300															
Железо, мг	10															

Цинк, мг	12
Йод, мкг	150
Медь, мг	1,0
Марганец, мг	2,0
Селен, мкг	70
Хром, мкг	50
Молибден, мкг	70
Фтор, мг	4,0

*Для лиц, работающих в условиях Крайнего Севера, энерготраты увеличиваются на 15% и пропорционально возрастают потребности в белках, жирах и углеводах.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для женщин

Показатели, (в сутки)	Группа физической активности (коэффициент физической активности)											Женщины старше 60 лет	
	I (1,4)			II (1,6)			III (1,9)			IV (2,2)			
	Возрастные группы												
	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39		40-59
	Энергия и макронутриенты												
Энергия, ккал	2000	1900	1800	2200	2150	2100	2600	2550	2500	3050	2950	2850	1975
2 Белок, г	61	59	58	66	65	63	76	74	72	87	84	82	61
в т.ч. животный, г	30,5	29,5	29	33	32,5	31,5	38	37	36	43,5	42	41	30,5
% от ккал	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
3 Жиры, г	67	63	60	73	72	70	87	85	83	102	98	95	66
Жир, % от ккал	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
МНЖК, % от ккал	10												
ПНЖК, % от ккал	6-10												
Омега-6, % от ккал	5-8												
Омега-3, % от ккал	1-2												
Фосфолипиды, г	5-7												
4 Углеводы, г	289	274	257	318	311	305	378	372	366	462	432	417	284
Сахар, % от ккал	<10												
Пищевые волокна, г	20												
	Витамины												
Витамин С, мг	90												
Витамин В1, мг	1,5												
Витамин В2, мг	1,8												
Витамин В6, мг	2,0												
Ниацин, мг	20												
Витамин В12, мкг	3,0												
Фолаты, мкг	400												
Пантотеновая кислота, мг	5,0												
Биотин, мкг	50												
Витамин А, мкг рет.эquiv.	900												
Бета-каротин, мг	5,0												
Витамин Е, мг ток. экв.	15												
Витамин D, мкг	10											15	
Витамин К, мкг	120												

		Минеральные вещества	
Кальций, мг		1000	1200
Фосфор, мг		800	
Магний, мг		400	
Калий, мг		2500	
Натрий, мг		1300	
Хлориды, мг		2300	
Железо, мг		18	
Цинк, мг		12	
Йод, мкг		150	
Медь, мг		1,0	
Марганец, мг		2,0	
Селен, мкг		55	
Хром, мкг		50	
Молибден, мкг		70	
Фтор, мг		4,0	

*Для лиц, работающих в условиях Крайнего Севера энерготраты увеличиваются на 15%, пропорционально возрастают потребности в белках, жирах и углеводах.

ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

а) основная литература:

1. Канторович Л.В. Экономика и оптимизация / Л.В. Канторович, В. Лассман, Х. Шилар. – М.: Наука, 1990. – 239 с.
2. Данциг Дж. Линейное программирование, его обобщения и применение / Дж. Данциг. – М.: Прогресс, 1966. – 294 с.
3. Маркин Ю.П. Математические методы планирования и управления в мясной и молочной промышленности / Ю.П. Маркин. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 245 с.
4. Ивашкин Ю.А. Моделирование производственных процессов в мясной и молочной промышленности / Ю.А. Ивашкин, И.И. Протопопов, А.В. Бородин. – М.: Агропромиздат. – 1987. – 257 с.
5. Ивашкин Ю.А. Вычислительная техника в инженерных расчетах / Ю.А. Ивашкин. – М.: Агропромиздат, 1989. – 312 с.
6. Гаврилова Н.Б. Технология молока и молочных продуктов: традиции и инновации / Н.Б. Гаврилова, М.П. Щетинин. – М.: КолосС, 2012. – 544 с.
7. Голубева Л.В. Практикум по технологии молока и молочных продуктов. Технология цельномолочных продуктов: учеб. пособие / Л.В. Голубева, О.В. Богатова, Н.Г. Догарева. – СПб.: ЛАНЬ, 2012. – 384 с.
8. Крусъ Г.Н. Технология молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусъ, А.Г. Храмцов, З.В. Волокитина, С.В. Карпычев. – М.: Колос, 2004. – 450 с.
9. Твердохлеб Г.В. Технология молока и молочных продуктов / Г.В. Твердохлеб, Г.Ю. Сажин, Р.И. Раманаскас. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 615 с.
10. Мезенова О.Я. Проектирование поликомпонентных пищевых продуктов: учеб. пособие / О.Я. Мезенова. – СПб.: Проспект науки, 2015. – 224 с.
11. Пасько О.В. Молокосодержащие продукты с растительным сырьем / О.В. Пасько // Молочная промышленность. – 2009. – № 7. – С. 40–41
12. Просеков А.Ю. Современные аспекты производства продуктов питания / А.Ю. Просеков. – Кемерово: Кузбассвузиздат – АСТШ – Университеты России. – 2005. – 370 с.
13. Лисин П.А. Компьютерные технологии в рецептурных расчетах молочных продуктов / П.А. Лисин. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 104 с.
14. Лисин П.А. Компьютерные технологии в производственных процессах пищевой промышленности / П.А. Лисин. – СПб.: ЛАНЬ, 2016. – 256 с.
15. Липатов Н.Н. Принципы проектирования состава и совершенствования технологии многокомпонентных мясных и молочных продуктов: дис. д-ра техн. наук / Николай Николаевич Липатов. – М., 1988. – 356 с.
16. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ, утвержденные Г.Г. Онищенко от 18.12.2008г (см. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432 -08) (в электронном виде по

ссылке: <http://narod.ru/disk/start/38.dl36sf-narod.yandex.ru/37395018001/h25bf3a908f248fc90a18b5fe3165f039/Normy2008.pdf>

б) дополнительная литература:

17. Федеральный закон РФ от 12 июня 2008г. №88 – ФЗ «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» с изменениями от 22 июля 2010г.

18. Макканс и Уиддоусон. Химический состав и энергетическая ценность. /Перевод с англ., 2006г., - 560с.

19. Скурихин И.М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания. – М.: ДеЛипринт, 2007. – 275 с.

20. Нечаев П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Пищевая химия: учебник. 6-е изд., 2012г., - 672 с.

21. Тихомирова Н. А. Технология продуктов лечебно-профилактического назначения на молочной основе: Учебное пособие для вузов. - СПб.: Троицкий мост 2010 г, - 448с.

22. Рогожин В.В. Биохимия молока и мяса: Учебник, 2011г, - 456с.

в) программное обеспечение, Интернет-ресурсы, электронные библиотечные системы:

23. Журналы ««Пищевая промышленность», «Молочная промышленность», «Хранение и переработка сельхозсырья», «DairyScience», «DairyResearch», «Microbiology», «Nahrung».

24. Научная электронная библиотека: <http://elibrary.ru>; Библиотека. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru>.

25. Российская электронная библиотека: [http //www.elbib.ru](http://www.elbib.ru); <http://www.milkbranch.ru/publ/view/118.html>

26. <http://www.fileswat.com>.

27. Он-лайн урок на базе образовательной платформы Stepik.org. Режим доступа: <https://stepic.org/lesson/Основы-правильного-питания-1754/>.

28. База данных химического состава продуктов питания: режим доступа: <http://www.intelmeal.ru/>

Надточий Людмила Анатольевна
Чечеткина Александра Юрьевна
Лепешкин Артем Ильич

**Проектирование состава продуктов питания с
заданными свойствами**

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции
Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО
Зав. РИО Н.Ф. Гусарова
Подписано к печати
Заказ №
Тираж
Отпечатано на ризографе

Редакционно-издательский отдел
Университета ИТМО
197101, Санкт-Петербург, Кронверский пр., 49