



Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный технический университет» в Ташкентской области Республики Узбекистан

Факультет высшего образования

Кафедра «Водные биоресурсы и технологии»

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ СЫРЬЯ
ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ, ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ И
ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ**

Методические указания к практическим работам по дисциплине «Моделирование продуктов целевого назначения из сырья животного происхождения, водных биоресурсов и объектов аквакультуры»

для обучающихся по направлению

19.04.03 Продукты питания животного происхождения

Направленность «Технология продуктов из сырья животного происхождения»

Автор - д.т.н., проф. Цибизова М.Е.

Рецензент – д.т.н., проф. Бредихина О.В.

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Моделирование продуктов целевого назначения из сырья животного происхождения, водных биоресурсов и объектов аквакультуры» для обучающихся по направлению 19.04.03 Продукты питания животного происхождения.

Методические указания разработаны с целью ознакомления обучающихся с требованиями к выполнению практических работ по дисциплине «Моделирование продуктов целевого назначения из сырья животного происхождения, водных биоресурсов и объектов аквакультуры».

В методических указаниях приводятся темы практических работ, даны методические рекомендации по их выполнению, представлен список рекомендуемой литературы.

Методические указания к практическим работам по дисциплине «Моделирование продуктов целевого назначения из сырья животного происхождения, водных биоресурсов и объектов аквакультуры» для обучающихся по направлению 19.04.03 Продукты питания животного происхождения направленность «Технология продуктов из сырья животного происхождения» рассмотрены и одобрены на заседании кафедры ВБиТ: протокол № 7 от «21» февраля 2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 «Гигиеническая оценка полноценности питания»	6
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 «Формирование базы данных проектируемого продукта»	12
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 «Методологический подход к анализу ассортимента продукции, выпускаемой на производстве и его востребованности потребителем, выбор аналога (прототипа) для модернизации»	19
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 «Использование методов математического моделирования для расчета многокомпонентных рецептур пищевых продуктов»	23
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 «Математическое моделирование процесса и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований»	31
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6 «Использование программного обеспечения для оптимизации расчета многокомпонентных рецептур продуктов» (информативная)	36
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	42

Введение

Методические указания предназначены для обучающихся по направлению 19.04.03 Продукты питания животного происхождения направленность «Технология продуктов из сырья животного происхождения».

Методические указания составлены на основании учебного плана и утвержденной рабочей программы дисциплины «Моделирование продуктов целевого назначения из сырья животного происхождения, водных биоресурсов и объектов аквакультуры».

Цели данной дисциплины в овладении необходимыми знаниями, навыками и умениями в области моделирования продуктов целевого назначения из сырья животного происхождения, водных биоресурсов и объектов аквакультуры, реализуемые в управлении качеством проектируемой пищевой продукции с применением методов математического моделирования и оптимизации их состава на основе научных исследований в области переработки сырья и производства продуктов животного происхождения, ВБР и объектов аквакультуры.

Основными методами обучения на занятиях является индивидуальная самостоятельная работа обучающегося под управлением преподавателя по овладению знаниями, умениями и практическими навыками по моделированию продуктов целевого назначения из сырья животного происхождения, водных биоресурсов и объектов аквакультуры.

Перед выполнением практических работ обучающиеся должны самостоятельно изучить соответствующие темы дисциплины, что позволит им приобрести базовые знания, необходимые для выполнения заданий.

Практические занятия по дисциплине «Моделирование продуктов целевого назначения из сырья животного происхождения, водных биоресурсов и объектов аквакультуры» реализуются в форме аудиторных работ по изучаемым темам и представляет собой фактическое решение ситуационных задач, что позволяет развивать у обучающихся самостоятельность и способности к самоорганизации, живому творческому обсуждению по рассматриваемой тематике; углублять, систематизировать и закреплять знания, полученные ими в процессе самостоятельной работы; анализировать проблемные вопросы.

Преподаватель в конце занятия подводит итог и дает оценку работы, выполненной каждым обучающимся по результатам устного опроса и отчету по заданию.

Реализация дисциплины направлена на формирование общепрофессиональной компетенции:

ОПК-4: Способен использовать методы моделирования продуктов и проектирования технологических процессов производства продукции из сырья животного происхождения.

В процессе освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать методы моделирования продуктов питания целевого назначения из сырья животного происхождения, водных биоресурсов и объектов аквакультуры.

Уметь применять методы моделирования продуктов питания целевого назначения из сырья животного происхождения, водных биоресурсов и объектов аквакультуры.

Владеть навыками разработки рецептур продуктов целевого назначения с использованием методов моделирования продуктов из сырья животного происхождения, водных биоресурсов и объектов аквакультуры.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Гигиеническая оценка полноценности питания

1. Цель работы: ознакомить студентов с методикой оценки питания по данным меню и научить обучающихся по расчетам суточного рациона для определенных групп населения составлять заключение об адекватности питания и давать рекомендации по его коррекции с учетом физиологических норм питания.

2. Задание:

2.1. Предложить рацион питания для лиц, относящихся к различным группам населения (по заданию преподавателя). Рассчитать энергетическую ценность и качественный состав рациона (по определенным макро- и микронутриентам, содержанию макро- и микроэлементам).

2.2. Рассчитать распределение энергетической ценности по отдельным приемам пищи.

2.3. Дать гигиеническую оценку полученным сведениям по энергетической ценности и качественному составу рациона.

2.4. Оценить режим питания.

2.5. Составить рекомендации к устранению выявленных недостатков в питании.

2.6. Предложить по теоретической части, по контрольным вопросам, т.е. ответам на них, тестовые задания в объеме не менее 20 вопросов: 10 тестов открытого типа и 10 тестов закрытого типа.

3. Теоретическая часть

Гигиена – наука о здоровье человека, изучающая влияние внешней среды на его организм. Гигиена питания – это один из важнейших разделов гигиенической науки о рациональном питании населения. Ее задачей является разработка научно-обоснованных норм питания человека, методов кулинарной обработки, хранения, перевозки и реализации пищи.

Санитария – практическое осуществление гигиенических норм и правил. В организации общественного питания она направлена на соблюдение строгого санитарного режима в процессе хранения и транспортировки пищевых продуктов, приготовления, реализации пищи и обслуживания посетителей.

Питание является одним из факторов, в значительной степени определяющих состояние здоровья. Рациональное питание должно соответствовать энергетическим затратам организма (количественная сторона питания), восполнять его потребность в пищевых веществах – белках, жирах, углеводах, витаминах, минеральных солях и микроэлементах (качественная сторона питания). При этом пищевые вещества должны поступать в определенных, наиболее благоприятных, соотношениях (сбалансированность питания). Рациональное питание обеспечивается ис-

пользованием разнообразного набора пищевых продуктов, их правильной кулинарной обработкой, а также выполнением санитарных правил при их получении, хранении и обработке. Обязательным условием рационального питания является соблюдение режима питания, т.е. правильное распределение пищи между отдельными приемами и прием ее в установленное время с соблюдением определенных интервалов. Объем пищи должен создавать ощущение насыщаемости.

Простейшим методом определения достаточности питания является наблюдение за динамикой массы тела человека. Установить соответствие питания потребностям организма по всем компонентам можно на основании лабораторного анализа рациона, когда определяется содержание в нем белков, жиров, углеводов, минеральных солей и витаминов.

Другим методом оценки питания является определение качественного состава и энергетической ценности рациона с использованием таблиц химического состава продуктов. Для подсчета количественного состава рациона необходимо иметь перечень и количество продуктов, входящих в суточный рацион (меню-раскладка). Этот метод несколько уступает по точности первому, но является наиболее доступным.

При оценке питания следует руководствоваться нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации (методические рекомендации МР 2.3.1.0253-2021), утвержденными руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой 22 июля 2021 г..

Физиологические нормы питания дифференцированы в зависимости от профессиональной деятельности, возраста, пола. Выделены 5 групп взрослого трудоспособного населения по интенсивности труда, 2 группы лиц пенсионного возраста. Дети и подростки разделены на 9 возрастных групп с дополнительной дифференцировкой подростковой группы по полу. Предусмотрены специальные нормативы для беременных и кормящих женщин.

В физиологических нормах питания приведена суточная потребность в энергии, белках (в том числе животных), жирах (в том числе растительных), углеводах, витаминах (А, D, В₁, В₂, РР, В₆, В₁₂, фолатин, С), минеральных солях (кальций, фосфор, магний, железо) для указанных групп населения.

4. Порядок выполнения работы

Для выполнения задания обучающийся получает от преподавателя задание на составление меню суточного рациона для питания населения определенной физиологической группы и группы интенсивности труда с указанием их количества и произведенным подсчетом химического состава рациона. Составленное меню представляет в виде табл. 1.

На основании полученных данных расчета химического состава рациона, его калорийности, потребления белков растительных и животных, жиров, углеводов, минеральных веществ и витаминов студент составляет заключение о полноценности питания с учетом физиологических норм для соответствующей профессиональной или возрастной группы и рекомендаций по организации режима питания (табл. 2).

Таблица 1 - Суточный рацион

Наименование продукта	Масса продукта	Химический состав, %			Калорийность, ккал	Минеральные вещества, мг						Витамины, мкг (или мг)						
		белки		жиры		углеводы	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	A	Д	В ₁	В ₂	РР	С
		всего	ж*															
Завтрак																		
.....																		
Итого																		
Обед																		
.....																		
Итого																		
Полдник																		
.....																		
Итого																		
Ужин																		
.....																		
Итого																		
Всего																		
Норма физиологической потребности																		
% удовлетворения суточной																		

Наименование продукта	Масса продукта	Химический состав, %			Калорийность, ккал	Минеральные вещества, мг						Витамины, мкг (или мг)						
		белки		жиры		углевод ы	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	A	Д	В ₁	В ₂	РР	С
		всего	ж*															
потребности																		

Прим.: * - белки животные

Таблица 2 - Распределение энергетической ценности суточного рациона по отдельным приемам (в процентах от общей)

Прием пищи	Энергетическая ценность суточного рациона при питании		Распределение суточного рациона
	трехразовом	четырёхразовом	
Первый завтрак	30	20-30	
Второй завтрак	-	10-25	
Обед	45-30	40-50	
Ужин	20-25	15-20	

В заключении должны быть отражены следующие вопросы:

1. Энергетическая ценность рациона и ее соответствие энерготратам.
2. Качественный состав рациона:

а) общее количество белков, их соответствие нормам. Количество белков животного происхождения, выраженное в процентах к общему количеству белка (рекомендуемая норма - 60 %, для детей - 60-80 %);

б) общее количество жиров, их соответствие нормам. Количество жиров растительного происхождения в процентах к общему количеству жиров (рекомендуемое количество для взрослых 25-30 %);

в) количество углеводов, их соответствие нормам;

г) соотношение белков, жиров и углеводов;

д) количество солей кальция и фосфора, соответствие нормам и их соотношение (оптимальное соотношение 1:1-1:1,5 для разных возрастных групп);

е) содержание витаминов А, В₁, В₂ и С, их соответствие нормам.

При оценке С-витаминной обеспеченности рациона следует учитывать только 50 % полученного при расчете количества витамина С, так как он разрушается при кулинарной обработке пищи. При оценке обеспеченности рациона витамином А принимают во внимание, что суточная потребность организма в этом витамине должна на 1/3 покрываться за счет ретинола и на 2/3 - за счет каротина. При этом следует учитывать, что витаминная активность каротина в продуктах практически

в 3 раза меньше активности ретинола. В связи с этим для покрытия суточной потребности в витамине А взрослого человека (1,0 мг) необходимо 0,3 мг ретинола и 2 мг (0,7х3) каротина.

3. Режим питания: а) кратность приемов пищи; б) распределение энергетической ценности по отдельным приемам пищи.

4. Рекомендации к устранению выявленных недостатков в питании.

Пример решения типовой задачи

Гигиеническая оценка питания детей в возрасте от 7 до 10 лет по данным меню.

1. Энергетическая ценность рациона (8110 кДж) недостаточна для покрытия энерготрат, так как физиологическими нормами питания для детей указанного возраста предусматривается энергетическая ценность пищи, равная 10048 кДж (2400 ккал).

2. Качественный состав рациона:

а) общее количество белков в рационе 54,9 г, т.е. значительно ниже рекомендуемой физиологическими нормами величины (79 г).

При этом особенно недостаточно белков животного происхождения - 22,6 г (41 %) вместо 47 г (60 %);

б) общее количество жиров 48,8 г также значительно ниже рекомендуемой потребности (79 г). При этом приблизительно в 2 раза снижено количество растительных жиров (8,2 г вместо 16 г);

в) количество углеводов снижено незначительно (приблизительно на 16 г);

г) соотношение белков, жиров и углеводов 1:0,9:5,7 (54,9:48,8:308) свидетельствует о преобладании углеводов в питании;

д) отмечается резкий недостаток солей кальция (317,5 мг при норме 1100 мг) и фосфора (1081,5 мг при норме 1650 мг) и неблагоприятное их соотношение 1:3 (317:1081) при оптимальной величине 1:1,5;

е) содержание витаминов А (0,2 мг ретинола и 0,7 мг каротина при рекомендуемой потребности для детей в возрасте от 7 до 10 лет 0,2 мг ретинола и 1,5 мг каротина), В₁ (1 мг при потребности 1,4 мг), В₂ (0,7 мг при потребности 1,6 мг) также недостаточно. Не обеспечен рацион в достаточной степени и витамином С. С учетом разрушения его при кулинарной обработке фактическая обеспеченность составит около 20 мг, что значительно ниже рекомендуемой (60 мг).

3. Четырехразовое питание соответствует гигиеническим рекомендациям, однако, распределение пищи по отдельным приемам нерационально (завтрак 33 %, обед 33 %, полдник 12 %, ужин 22 % общей энергетической ценности).

З а к л ю ч е н и е. Питание детей недостаточно и качественно неполноценно. Отмечается дефицит белков (особенно биологически наиболее ценных белков жи-

вотного происхождения), жиров, кальция и фосфора, витаминов и несбалансированность питания (неблагоприятное соотношение между белками, жирами и углеводами, белками животного и растительного происхождения, кальцием и фосфором).

Для устранения выявленных недостатков необходимо ввести в рацион детей молоко и молочнокислые продукты (молока 500 г и кефира 200 г), что позволит увеличить содержание животного белка на 20 г, жира на 25 г, кальция на 840 мг, фосфора на 665 мг, энергетическую ценность на 1817 кДж (434 ккал), повысить обеспеченность рациона ретинолом, тиамином и рибофлавином. Включение указанных продуктов позволит улучшить показатели сбалансированности питания (соотношение между белками, жирами и углеводами, белками животного и растительного происхождения и особенно между содержанием в рационе кальция и фосфора).

Для увеличения содержания витамина С и каротина рекомендуется ввести в рацион свежие ягоды, овощи (черная смородина, отвар шиповника, морковный сок, зеленый лук и т.д.). Необходимо также увеличить содержание в рационе растительных масел.

Для нормализации режима питания следует несколько облегчить завтрак (до 25 % от общей энергетической ценности) и увеличить прием пищи в обед (до 35-40 %).

Контрольные вопросы

1. Раскройте структуру методических рекомендаций МР 2.3.1.0253-21. Укажите группы населения, нуждающихся в специализированном питании.
2. Раскройте принципы дифференциации физиологических норм питания.
3. Принципы дифференциации групп населения РФ.
4. Дайте характеристику групп населения, дифференцированных по уровню физической активности.
5. Раскройте проблемы питания населения
6. Что такое формула сбалансированного питания по А.А. Покровскому?
7. Сформулируйте научные основы теории сбалансированного питания.
8. Сформулируйте формулу пищи XXI века.
9. Что такое адекватное питание. Раскройте его сущность.
10. Что такое сбалансированное питание. Раскройте его сущность.
11. Что такое лечебное питание. Раскройте его сущность.
12. Что такое лечебно-профилактическое питание. Раскройте его сущность.
13. Что такое детское питание. Раскройте его сущность.
14. Что такое специализированное питание. Раскройте его сущность.
15. Дайте определение функциональному питанию.
16. Дайте определение здоровому питанию.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Формирование базы данных проектируемого продукта

1. Цель работы: познакомить студентов с принципами формирования база данных проектируемого продукта.

2. Задания

1. Выбрать традиционную рецептуру продукта
2. Сформировать базу данных по выбранному продукту, по химическому, аминокислотному, витаминному, минеральному составам.
3. Рассчитать химический состав и содержание микронутриентов выбранного продукта
4. Провести сравнительный анализ химического и микронутриентного состава каждого компонента, оценить с точки зрения пищевой ценности продукт, полученный по традиционной рецептуре и сделать заключение о возможности его обогащения.
5. Предложить по теоретической части, по контрольным вопросам, т.е. ответам на них, тестовые задания в объеме не менее 20 вопросов: 10 тестов открытого типа и 10 тестов закрытого типа.

3. Теоретическая часть

Пищевое сырье растительного и животного происхождения характеризуется химическим составом, который можно классифицировать как неорганический и органический, а также молекулярный и элементарный. К неорганическим составляющим относят минеральные вещества и воду, к органическим – содержание белков, жиров, углеводов, витаминов, ферментов и т.д. Элементарный состав характеризуется присутствием в сырье и продуктах отдельных химических элементов, таких как кислород, углерод, водород, кальций, фосфор, калий, натрий, хлор, медь, бром, йод, железо и др.

Под молекулярным химическим составом подразумевают содержание в теле различных химических соединений: воды, белков, жиров, углеводов, витаминов, гормонов, ферментов и т.д.

Молекулярный химический состав показывает содержание в сырье отдельных химических соединений, имеющих пищевое, кормовое или техническое значение, а также характеризующих степень его свежести.

Сырье животного происхождения отличается высоким содержанием белков и жиров, растительное - отличается высоким содержанием углеводов (табл.1). Химический состав тканей сырья определяет ее пищевую ценность.

Азотистые вещества мяса (животного происхождения) представлены белковыми и небелковыми (экстрактивными) азотистыми веществами. Белки – важнейшая составляющая часть мяса. По содержанию белков рыбы делятся на низко бел-

ковые (менее 16%), белковые (16 – 20%) и высокобелковые (свыше 20%). Азотистые экстрактивные вещества (АЭВ) – продукты промежуточного и полного распада белков, образующихся при жизни и после смерти рыб. По количественному и качественному составу АЭВ можно судить о специфике вкуса и аромата рыбы, степени развития посмертных изменений и степени порчи.

Таблица 1 - Средний химический состав сырья животного и растительного происхождения

Сырье и пищевые продукты	Массовый состав, %				
	Белок	Жир	Вода	Углеводы (молочный сахар, клетчатка)	Минеральные вещества
Злаковые	5,0 – 28,7	0,7- 17,0	10,0 -12,5	42,5-69,2	2,5-5,0
Ягоды	0,4-2,0	0,5 – 1,5	70,0-95,0	0,5- 20,0	0,2-2,0
Мясное сырье	10,3- 13,2	2,6 -17,4	60,4 – 70,8	-	1,5- 2,5
Овощи	0,2 – 4,3	-	80,0 – 95,5	1,4-16,0	10,0-13,0
Молоко	2,8 – 4,0	2,9 – 6,0	85,0–89,0	4,0–4,7	0,7-1,0
Нерыбные объекты	15, 3—22,7	0,3-2,5	71,5-75,6	2,0 -3,5	2,0 -4,0
Макаронные изделия	9,0-13,0	1,0 – 1,2	14,0	70,0-79,0 /0,1-0,6	0,5-0,9
Рыбные объекты	12,0-24,0	0,1- 34,0	58,0- 86,0	0,1- 1,3	0,4- 22,0

По содержанию липидов можно судить о нежности мяса, его питательности и склонности продукта к окислению.

Вода в рыбе является растворителем. В воде растворены минеральные вещества, витамины, экстрактивные вещества и др. Вода участвует в автолитических, тепловых и диффузионных процессах, протекающих при обработке рыбы. Технологи необходимо знать не только количество воды, но и форму связи ее с белком. Форма при замораживании и воздействии тепла и других факторов. Изменение формы связи воды с белком сопровождается изменением структуры и структурно – механических свойств рыбных продуктов.

Химический состав овощей и плодов разнообразен и зависит от их вида, сорта, зрелости, сроков уборки, способов хранения и других факторов. Вещества, входящие в состав овощей и плодов, делят на нерастворимые и растворимые в воде. К нерастворимым относится клетчатка, гемицеллюлозы, протопектин, крахмал, жиры, большинство азотистых, минеральных веществ и некоторые другие. Растворимыми соединениями являются сахара, органические кислоты, пектин, часть азотистых веществ, дубильные и красящие вещества, большинство витаминов, гликозиды и др.

Вода придает растительной ткани сочность, тургорное (упругое) состояние,

является растворителем основной массы сухих веществ и создает благоприятную среду для высокой активности различных биохимических процессов в плодах и овощах как в период их роста, так и при хранении.

Свежие овощи и плоды отличаются высоким содержанием воды. Это содержание зависит от вида овощей и плодов, их сорта и условий выращивания и колеблется от 70 до 95%. Часть ее (10—20%) прочно удерживается коллоидами плодов и овощей и трудно испаряется. Эту воду обычно называют связанной. Другая часть содержится главным образом в клеточном соке и легко подвергается испарению; ее называют свободной.

Во время хранения овощи и плоды за счет испарения теряют некоторое количество воды. Величина этих потерь зависит от строения, размера, физиологического состояния овощей и плодов, температуры, относительной влажности окружающего воздуха и других факторов.

Для разработки рецептурного состава проектируемого продукта необходимо знать его биологическую ценность, которая характеризуется аминокислотным, жирнокислотным, витаминным, минеральным составами.

4. Порядок выполнения работы

Необходимо составить рецептуру проектируемого продукта, основываясь на рецептуре продукта, получаемого по традиционной рецептуре. Традиционная рецептура является контрольной рецептурой (табл. 2).

Таблица 2 – Рецептура продукта, полученного по традиционной рецептуре

Наименование компонентов	Содержание компонентов	
	г/100 г продукта	%
Итого		100

При этом необходимо заметить, что сумма всех компонентов проектируемого продукта должна составлять 100%.

После представления традиционной рецептуры необходимо заполнить данные химического и микронутриентного составов, аминокислотного состава каждого компонента. Для этого создается таблица химического и аминокислотного состава (табл.3), включающая в себя характеристику всех компонентов, которые будут входить в проектируемый продукт.

Таблица 3 - Химический и аминокислотный состав компонентов проектируемого продукта

Содержание макро-и микро- нутриентов	наименование компонента				Продукт, полу- ченный по тради- ционной рецеп- туре
	№1	№2	№3	N	
вода, %					
белок, %					
жир, %					
углеводы, %					
Зола (мин. в-ва), %					
Содержание витаминов ¹ , мг/г					
В ₁					
В ₂					
С					
А					
Д					
Содержание минеральных веществ ² , мг/г					
Са					
Р					
Fe					
К					
Mg					
Содержание незаменимых аминокислот					
Валин					
Изолейцин					
Лейцин					
Лизин					
Метионин+цистеин					
Треонин					
Триптофан					
Фенилаланин+тирозин					

¹Допускается при согласовании с преподавателем изменить перечень витаминов

²Допускается при согласовании с преподавателем изменить перечень минеральных веществ

После заполнения указанных выше таблиц формирование базы данных по проектируемому продукту считается законченным.

Следующий этап – расчет химического и микронутриентного составов продукта, полученного по традиционной рецептуре и расчет содержания каждой незаменимой аминокислоты в готовом продукте.

По уже сформированной базе данных химического и компонентного состава продукта производится расчет массовой доли белка в продукте:

$$S_{\text{белка}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \quad (1)$$

где $S_{\text{белка}}$ – массовая доля белка в продукте, %;

X_i – массовая доля i -того компонента в рецептуре;

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

По аналогичной формуле делается расчет содержания жира, углеводов, минеральных веществ и витаминов.

Расчет содержания жира:

$$S_{\text{жира}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \quad (2)$$

где $S_{\text{жира}}$ – массовая доля жира в продукте, %;

X_i – массовая доля i -того компонента в рецептуре;

S_i – массовая доля жира в конкретном i -том компоненте рецептуры, %.

Расчет содержания углеводов:

$$S_{\text{углеводов}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \quad (3)$$

где $S_{\text{углеводов}}$ – массовая доля углеводов в продукте, %;

X_i – массовая доля i -того компонента в рецептуре;

S_i – массовая доля углеводов в конкретном i -том компоненте рецептуры, %.

Расчет содержания золы (минеральных веществ):

$$S_{\text{зола}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \quad (4)$$

где $S_{\text{зола}}$ – массовая доля золы в продукте, %;

X_i – массовая доля i -того компонента в рецептуре;

S_i – массовая доля золы в конкретном i -том компоненте рецептуры, %.

После расчета химического состава проводят расчет содержания воды в продукте по следующей формуле:

$$B = 100 - (B + Ж + M + Y), \% \quad (5)$$

Где: B – содержание воды, %;

B – содержание белка, %;

$Ж$ – содержание жира, %;

M – содержание минеральных веществ, %;

Y – содержание углеводов, %.

Расчет содержания витамина (каждого из наименований по таблице 3):

$$S_{\text{витамина}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \quad (6)$$

где $S'_{\text{витамина}}$ – массовая доля витамина в продукте, %;

X_i – массовая доля i -того компонента в рецептуре;

S_i – массовая доля витамина (каждого витамина) в конкретном i -том компоненте рецептуры, %.

Расчет содержания минерального вещества (микронутриента - каждого по таблице 3):

$$S_{\text{мин-ва}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \quad (7)$$

где $S'_{\text{мин в-ва}}$ – массовая доля микронутриента в продукте, %;

X_i – массовая доля i -того компонента в рецептуре;

S_i – массовая доля микронутриента (каждого минерального вещества) в конкретном i -том компоненте рецептуры, %.

Далее проводится расчет количественного содержания каждой из незаменимых аминокислот в белковом компоненте проводится по формуле:

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i \cdot M_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i} \quad (8)$$

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

X_i – массовая доля i -того компонента в рецептуре;

S_i – массовая доля белка в данном компоненте, %;

M_{jj} – массовая доля конкретной НАК в данном компоненте, %.

Все полученные по расчету данные заносятся в таблицу 3 в графу «**Продукт, полученный по традиционной рецептуре**».

На основании полученных данных делается заключение о проделанной работе.

Контрольные вопросы:

1. Дайте характеристику химическому составу.
2. Что такое макро- и микронутриенты, элементарный и молекулярный состав продукта, компонента пищевого продукта.
3. Как рассчитать содержание белка в проектируемом продукте.
4. Как рассчитать содержание жира в проектируемом продукте.
5. Как рассчитать содержание углеводов в проектируемом продукте.
6. Как рассчитать содержание минеральных веществ в проектируемом продукте.
7. Как рассчитать содержание отдельных минеральных элементов в проектируемом продукте.
8. Как рассчитать содержание отдельных витаминов в проектируемом продукте.
9. Как рассчитать содержание отдельной незаменимой аминокислоты в проектируемом продукте.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Методологический подход к анализу ассортимента продукции, выпускаемой на производстве и его востребованности потребителем, выбор аналога (прототипа) для модернизации

1. Цель работы: провести анализ ассортимента продукции выбранной группы и его востребованности потребителем, выбор аналога (прототипа) для модернизации

2. Задания

1. Проанализировать место выбранного продукта на рынке и его потенциальную востребованность у потребителей
2. Рассчитать степень удовлетворенности потребителя данным продуктом, исходя из суточной потребности его в питательных веществах.
3. Оценить аминокислотную сбалансированность белка выбранного продукта
4. Сделать заключение о проделанной работе.
5. Предложить по теоретической части, по контрольным вопросам, т.е. ответам на них, тестовые задания в объеме не менее 20 вопросов: 10 тестов открытого типа и 10 тестов закрытого типа.

3. Порядок выполнения работы

1. Для проведения анализа места выбранного продукта на рынке и его потенциальной востребованности у потребителей необходимо провести анализ наличия данного продукта в торговых предприятиях Астраханской области, изучив поставщиков и производителей. Проанализировать данные сети Интернет и наличие данного продукта в других регионах России и за рубежом.

2. Для выполнения задания № 2 необходимо изучить суточную потребность потребителя определенной физиологической группы (см. практическую работу № 1) и рассчитать степень удовлетворения данной потребности выбранным продуктом при его употреблении. Расчет представить в виде таблицы (табл. 1).

Таблица 1 – Степень удовлетворенности потребителя пищевым продуктом, исходя из суточной потребности его в питательных веществах

Содержание макро-и микронутриентов	Нормы физиологической потребности	Содержание питательных веществ продукта с учетом массы порции	Удовлетворение суточной потребности, %

3. Для оценки аминокислотной сбалансированности белка выбранного продукта необходимо иметь данные аминокислотного состава белка продукта, полученные в Практической работе № 2 и использовать их для выполнения задания.

Таблица 2 – Аминокислотный скор белка продукта и коэффициент утилитарности j-той НАК

Содержание незаменимых аминокислот	Содержание аминокислот эталона	Пищевой продукт, полученный по традиционной рецептуре	Аминокислотный скор, C_i	k_j
Валин				
Изолейцин				
Лейцин				
Лизин				
Метионин+цистеин				
Треонин				
Триптофан				
Фенилаланин+тирозин				

Расчетные формулы для расчета аминокислотной сбалансированности белка:

- Расчет аминокислотного сора по основным НАК:

$$C = \frac{M_{\text{прод}}}{M_{\text{эт}}} * 100, \text{ где} \quad (1)$$

C – аминокислотный скор, %

$M_{\text{прод}}$ – содержание НАК в белковом компоненте готового продукта, г/100г белка

$M_{\text{эт}}$ – содержание той же НАК в эталонном белке ФАО, г/100г белка

Аминокислотный скор рассчитывается по каждой незаменимой аминокислоте.

- Расчет коэффициента различий аминокислотного сора

$$K_{\text{РАС}} = \frac{\sum \Delta P_{\text{АС}}}{n}, \text{ где} \quad (2)$$

$K_{\text{РАС}}$ – коэффициент различий аминокислотного сора, %

$\Delta P_{\text{АС}}$ – различие аминокислотного сора аминокислоты

$$\Delta P_{\text{АС}} = C_i - C_{\text{min}}, \text{ где} \quad (3)$$

C_i – скор j-той НАК по отношению к физически необходимой норме (эталону), %

C_{min} – минимальный из скоров НАК исследуемого белка по отношению к эталону, %

n – количество НАК

- Расчет биологической ценности (БЦ) пищевого продукта

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС}, \% \quad (4)$$

- Расчет коэффициента утилитарности j -той НАК, доли единиц

$$k_j = C_{\min} / C_j \quad (5)$$

- Расчет коэффициента рациональности аминокислотного состава (R_c , доли ед.), характеризующий сбалансированность НАК по отношению к физиологически необходимой норме (эталону).

$$R_c = \frac{\sum_{i=1}^k (A_i \cdot k_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (6)$$

Где: A_i – количество конкретной НАК

$A_{эi}$ – количество конкретной НАК в эталоне.

- Расчет показателя сопоставимой избыточности содержания НАК (σ , мг/г белка эталона). Общее количество незаменимых аминокислот в белке оцениваемого продукта, которое из-за взаимонесбалансированности по отношению к эталону не может быть утилизировано организмом, служит для оценки сбалансированности состава НАК по показателю «сопоставимой избыточности»

$$\sigma_{\text{НА}} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i - C_{\min} A_{эi})}{C_{\min}} \quad (7)$$

Где: A_i – количество конкретной НАК

$A_{эi}$ – количество конкретной НАК в эталоне.

По полученным данным представить сводную таблицу:

Сводная таблица полученных данных для проектируемого продукта

Показатели	Пищевой продукт
$C_{\min}$	
КРАС	
БЦ	
$R_{\text{обобщ}} \rightarrow 1$	
$G \rightarrow 0$	

На основании полученных данных делается заключение о проделанной работе.

Контрольные вопросы:

1. Дайте характеристику заменимым и незаменимым аминокислотам.
2. Раскрыть физиологическую роль незаменимых аминокислот.
3. Что такое аминокислотный скор. Как его рассчитать?
4. Какие показатели характеризуют сбалансированность белка пищевого продукта?
5. Охарактеризуйте биологическую ценность пищевого продукта. Как рассчитывается биологическая ценность пищевого продукта?
6. Охарактеризуйте коэффициент различий аминокислотного сора, как его рассчитать?
7. Как рассчитываются коэффициент утилитарности j-той НАК, коэффициент рациональности аминокислотного состава?
8. Что характеризует показатель сопоставимой избыточности содержания НАК, как он рассчитывается?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Использование методов математического моделирования для расчета многокомпонентных рецептур пищевых продуктов. Оценка аминокислотной и жирно-кислотной сбалансированности

1. Цель работы: использовать методы математического моделирования для расчета рецептуры многокомпонентного продукта питания. Провести оценку аминокислотной сбалансированности продукта питания.

2. Задания

1. Провести анализ потребности потребителя определенной физиологической группы в питательных веществах.

2. Определить направления обогащения пищевого продукта, полученного по традиционной рецептуре, для повышения степени удовлетворения потребителя данным продуктом, используя результаты практических работ № 2 и 3.

3. Сформировать базу данных по выбранному компоненту, используемому для обогащения или комбинирования традиционной рецептуры, по химическому, аминокислотному, витаминному, минеральному составам. Рассчитать степень удовлетворенности потребителя продуктом с введенным пищевым ингредиентом, исходя из суточной потребности его в питательных веществах.

4. Провести корректировку традиционной рецептуры продукта, обосновав дозу введения нового компонента.

5. Провести расчет химического и микронутриентного составов продукта, полученного по скорректированной рецептуре и рассчитать степень удовлетворенности потребителя пищевыми продуктами, полученным и по скорректированным рецептурам исходя из суточной потребности его в питательных веществах.

6. Провести оценку аминокислотной сбалансированности продукта.

7. Сделать заключение о проделанной работе.

8. Предложить по теоретической части, по контрольным вопросам, т.е. ответам на них, тестовые задания в объеме не менее 20 вопросов: 10 тестов открытого типа и 10 тестов закрытого типа.

3. Теоретическая часть

Пищевая комбинаторика объединяет в себе принципы и методы реализации результатов конструирования пищевых продуктов как материальных объектов с заранее задаваемыми свойствами, создаваемых из отдельных элементов, индивидуально эти свойства не обеспечивающих. Научные основы и методологические подходы к решению проблемы проектирования состава сбалансированных пищевых продуктов исследованы и теоретически обобщены в серии работ академиков

РАСХН И.А. Рогова и Н.Н. Липатова. В результате работ сформулированы следующие принципы проектирования состава сбалансированных продуктов и содержащих их рационов:

- соответствие рационально сбалансированной рецептуре;
- соответствие сбалансированности аминокислотного состава белоксодержащих ингредиентов статистически обоснованному эталону;
- возможность целенаправленно изменять жирнокислотный состав внесением дополнительных жиросодержащих ингредиентов;
- максимальное приближение к задаваемому соотношению между насыщенными, моновенасыщенными и полиненасыщенными жирными кислотами в любом наборе жиросодержащих ингредиентов;
- рецептуру продукта, входящего в рацион, рассчитывать с учетом состава блюд и продуктов, употребляемых одновременно с проектируемым;
- состав многокомпонентного продукта в одноразовом и суточном рационах должен балансировать их по энергетической ценности, соотношению макро- и микронутриентов и набору балластных компонентов пищи.

Реализация принципов проектирования сбалансированных пищевых продуктов связана с использованием критериев нутриентной адекватности и краткими характеристиками их структуры:

- количественно рассчитываемые показатели утилитарности и рациональности аминокислотного состава, дол. ед.;
- коэффициент сопоставимой избыточности незаменимых аминокислот, г/100 г белка эталона;
- коэффициент рациональности фракционного состава суммарного белка разрабатываемого продукта, дол. ед.;
- показатель нормированной перевариваемости суммарного белка разрабатываемого продукта, % к исходному тирозину;
- показатель рациональности жирнокислотного состава, дол. ед.;
- показатели нормированного элементного и витаминного несоответствия, мг/1г белка.

Пищевая ценность - это предполагающая безвредность совокупная способность продукта питания обеспечивать материальный и энергетический баланс организма с учетом физиологических и психологических особенностей индивидуального потребителя или группы потребителей, объединенных региональными, национальными, возрастными, профессиональными или иными признаками.

Такое понятие охватывает три основных предназначения продукта: биологическая ценность, энергетическая ценность, органолептические показатели.

Важнейшим показателем биологической ценности является аминокислотная сбалансированность белковых компонентов. Этот показатель характеризует адекватность набора и соотношения незаменимых аминокислот выбираемому эталону. Количественно аминокислотная сбалансированность характеризуется следующими критериями: коэффициент утилитарности U ; коэффициент рациональности аминокислотного состава R_c , численно характеризующий сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме (эталону); коэффициент сопоставимой избыточности, характеризующий суммарную массу не утилизируемых незаменимых аминокислот в таком количестве белка оцениваемого продукта, которое эквивалентно по их потенциально утилизируемому содержанию 100 г белка эталона.

Для оценки жирнокислотной сбалансированности использовался критерий, представляющий собой частную интерпретацию общего критерия алиментарной адекватности, предложенного Н.Н. Липатовым Н.Н и А.Б. Лисицыным, и выражается коэффициентом жирнокислотного соответствия.

Энергетическая ценность продукта может быть оценена с помощью формулы, учитывающей то обстоятельство, что основным предназначением белковых компонентов пищи, незаменимых жирных кислот и некоторых углеводов является не энергогенность, а участие их в формировании и обновлении тканевых элементов организма, включая клеточные структуры головного мозга и нервные ткани.

4. Порядок выполнения работы

1. Для проведения анализа потребности потребителя выбранной физиологической группы в питательных веществах необходимо воспользоваться нормативными документами: Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21.

2. Для выполнения задания № 2 необходимо определить направления обогащения пищевого продукта, полученного по традиционной рецептуре, для повышения степени удовлетворения потребителя данным продуктом, используя результаты практических работ № 2 и 3.

3. После выбора обогащающего компонента необходимо заполнить данные его химического и микронутриентного составов, аминокислотного состава. Для этого создается таблица химического и аминокислотного состава (табл.1), включающая в себя характеристику вводимых новых компонентов, которые будут входить в проектируемый продукт и рассчитать степень удовлетворения суточной потребности потребителя выбранной физиологической группы.

Таблица 1 - Химический и аминокислотный состав компонентов для введения в рецептуру продукта, полученного по традиционной рецептуре

Содержание макро-и микронутри- ентов	Вводимые компо- ненты		Удовлетворение суточной потребности, %	
	№1	№N	№1	№N
вода, %				
белок, %				
жир, %				
углеводы, %				
Зола (мин. в-ва), %				
B ₁				
B ₂				
C				
A				
Д				
Ca				
P				
Fe				
K				
Mg				

4. Для обоснования дозы введения нового компонента необходимо проанализировать рассчитанные степени удовлетворения суточной потребности потребителя и провести корректировку компонентного состава продукта традиционной рецептуры. Предполагаемую рецептуру обогащенного (или комбинированного) продукта представить в табл. 2.

Таблица 2 – Рецептуры продукта, полученного по традиционной и скорректированной рецептурам

Наименование компонентов	Содержание компонентов					
	Традиционная рецеп- тура		Скорректированная рецептура № 1		Скорректированная ре- цептура № N	
	г/100 г про- дукта	%	г/100 г про- дукта	%	г/100 г про- дукта	%

Итого		100		100		100

После представления данной таблицы 2 необходимо сделать обоснование дозы вводимого нового компонента.

5. По уже сформированной базе данных химического и компонентного состава продукта (Практическая работа № 2, 3, таблица 1 Практической работы № 4) произвести расчет химического состава и содержание макро- и микронутриентов скорректированных рецептур. Полученный расчет представить в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Химический состав и содержание макро- и микронутриентов в традиционной и скорректированных рецептурах

Содержание макро-и микронутриентов	Рецептуры продукта		
	традиционная	скорректированная №1	скорректированная №N
вода, %			
белок, %			
жир, %			
углеводы, %			
Зола (мин. в-ва), %			
B ₁			
B ₂			
C			
A			
Д			
Ca			
P			
Fe			
K			
Mg			

Для расчета химического состава и содержания микро- и макронутриентов использовать следующие формулы:

- расчет массовой доли белка в продукте:

$$S_{\text{белка}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \quad (1)$$

где $S_{\text{белка}}$ – массовая доля белка в продукте, %;

X_i – массовая доля i -того компонента в рецептуре;

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

По аналогичной формуле делается расчет содержания жира, углеводов, минеральных веществ и витаминов.

- расчет содержания жира:

$$S_{\text{жира}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \quad (2)$$

где $S_{\text{жира}}$ – массовая доля жира в продукте, %;

X_i – массовая доля i -того компонента в рецептуре;

S_i – массовая доля жира в конкретном i -том компоненте рецептуры, %.

- расчет содержания углеводов:

$$S_{\text{углеводов}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \quad (3)$$

где $S_{\text{углеводов}}$ – массовая доля углеводов в продукте, %;

X_i – массовая доля i -того компонента в рецептуре;

S_i – массовая доля углеводов в конкретном i -том компоненте рецептуры, %.

- расчет содержания золы (минеральных веществ):

$$S_{\text{зола}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \quad (4)$$

где $S_{\text{зола}}$ – массовая доля золы в продукте, %;

X_i – массовая доля i -того компонента в рецептуре;

S_i – массовая доля золы в конкретном i -том компоненте рецептуры, %.

После расчета химического состава проводят расчет содержания воды в продукте по следующей формуле:

$$B = 100 - (B + Ж + M + Y), \% \quad (5)$$

Где: В – содержание воды, %;

Б – содержание белка, %;

Ж – содержание жира, %;

М – содержание минеральных веществ, %;

У – содержание углеводов, %.

- расчет содержания витамина (каждого из наименований по таблице 3):

$$S_{\text{витамина}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \quad (6)$$

где $S'_{\text{витамина}}$ – массовая доля витамина в продукте, %;

X_i – массовая доля i -того компонента в рецептуре;

S_i – массовая доля витамина (каждого витамина) в конкретном i -том компоненте рецептуры, %.

- расчет содержания минерального вещества (микронутриента - каждого по таблице 3):

$$S_{\text{мин-ва}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \quad (7)$$

где $S'_{\text{мин в-ва}}$ – массовая доля микронутриента в продукте, %;

X_i – массовая доля i -того компонента в рецептуре;

S_i – массовая доля микронутриента (каждого минерального вещества) в конкретном i -том компоненте рецептуры, %.

Расчет степени удовлетворенности потребителя пищевыми продуктами, полученным и по скорректированным рецептурам исходя из суточной потребности его в питательных веществах, представить в виде таблицы (табл. 4).

Таблица 4 – Степень удовлетворенности потребителя пищевым продуктом, исходя из суточной потребности его в питательных веществах

Содержание		Удовлетворение суточной потребности, %
------------	--	--

макро-и микро- нутриентов	Нормы физиологической потребности	традиционная рецептура	скорректированная рецептура №1	скорректированная рецептура №N

На основании полученных данных делается заключение о проделанной работе.

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте принципы математического моделирования.
2. Дайте характеристику пищевой комбинаторике.
3. Охарактеризуйте метод наименьших квадратов, применяемый для математического моделирования.
4. Охарактеризуйте криволинейную парную регрессию.
5. Множественная линейная регрессия, ее характеристика.
6. Охарактеризуйте криволинейную регрессию на основе множественной нелинейной регрессии.
7. Интерпретация, ее виды и уровни.
8. Виды интерпретации: синтаксическая, сематическая, качественная, количественная.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Математическое моделирование процесса и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований

1. Цель работы: использовать методы математического моделирования для расчета рецептуры многокомпонентного продукта питания

2. Задания

1. На основании проведенного анализа потребности потребителя определенной физиологической группы в питательных веществах рассчитанных рецептур (практическая работа № 3) провести оценку аминокислотной сбалансированности белка продуктов, полученных по скорректированным рецептурам (использовать скорректированные рецептуры практической работы № 3).

2. Используя результаты оценки аминокислотной сбалансированности белка продуктов, полученных по скорректированным рецептурам, сделать заключение о необходимости оптимизации рецептурных композиций продуктов, полученных по скорректированным рецептурам.

3. Провести оптимизацию разработанных рецептур по алгоритму, представленному в практической работе № 3.

4. Сделать заключение о проделанной работе.

5. Предложить по теоретической части тестовые задания в объеме не менее 20 вопросов: 10 тестов открытого типа и 10 тестов закрытого типа.

3. Теоретическая часть

Применение математических методов в проектировании многокомпонентных продуктов позволяет: оптимизировать рецептурный состав и качественные характеристики традиционных (первое поколение) продуктов питания; расширить ассортимент индустриальных пищевых продуктов второго поколения, т.е. продуктов, в которых, благодаря их многокомпонентному составу, обеспечивается задаваемый уровень соотношения питательных веществ статистически обоснованному эталону, учитывающему специфику метаболизма у конкретных детерминированных групп населения, объединенных национальными, возрастными или иными признаками; создать индустриальные пищевые продукты третьего поколения - т.е. пищевые продукты, в которых массовые доли компонентов подобраны таким образом, что они обуславливают возможность целевого и функционального питания определенных групп населения; в условиях дефицита белоксодержащего пищевого сырья оптимизировать условия использования имеющихся источников и вовлечь в сферу потребления нетрадиционные источники белка, обогатители, биокорректоры, БАДы и т.д., то есть рационально использовать имеющиеся сырьевые источники перерабатывающих отраслей промышленности, включая вторичные и неиспользуемые в обеспечении индустриального производства продуктов здорового

питания, поддерживающих и корректирующих состояние здоровья конкретного человека и в целом нации.

Для обеспечения процесса компьютерного проектирования рецептур пищевых продуктов, адекватных различным детерминированным группам потребителей по совокупности медико-биологических требований, необходима информационная база, содержащая сведения о макро- и микронутриентном составе различных видов сырья растительного, животного, и микробиологического происхождения, гидробионтов, БАД, пищевых добавок, готовых пищевых продуктов и т.д.

Термин «комбинированные продукты питания» отражает не столько особенности рецептурного состава пищевых продуктов, которые в большинстве случаев многокомпонентны и могут представлять собой комбинацию различных видов сырья, ингредиентов, пищевых добавок и т.д., сколько специфику используемого для оптимизации рецептурного состава метода комбинаторного перебора количественных долей отдельных ингредиентов в рецептуре с отысканием структуры с требуемым уровнем адекватности.

База данных аминокислотного состава содержит информацию о количественном содержании незаменимых аминокислот, и, в первую очередь, – изолейцина, лейцина, лизина, метионина, цистина, фенилаланина, треонина, триптофана, валина, гистидина – в массовой доле общего белка. База данных липидного состава характеризует наличие и содержание насыщенных (сумма), моновенасыщенных (сумма), линолевой, линоленовой и арахидоновой жирных кислот в составе жиров возможных рецептурных ингредиентов. База данных углеводного состава включает в себя данные по массовой доле в компонентах рецептуры общих углеводов, моносахаридов, дисахаридов, гидролизующихся и негидролизующихся полисахаридов. Базы данных по минеральному и витаминному составу, уровня перевариваемости, энергетической ценности, и т.п. формируются с учетом специфики конструируемого продукта.

Методика проектирования рецептур комбинированных продуктов питания предусматривает: моделирование аминокислотного состава белка продукта и выбор значения количественного содержания белка в изделии, в максимальной степени удовлетворяющих эталону; оценку жирнокислотного или углеводного состава проектируемого продукта. По результатам оценки выбирают такие массовые доли, которые обеспечивают требуемое физиологическое (эталонное) соотношение между насыщенными, моно- и полиненасыщенными жирными кислотами или обеспечивают необходимое содержание углеводов; расчет энергетической ценности проектируемого продукта (Q , кДж/кг). Расчетную энергетическую ценность Q_p сравнивают с требуемой Q . Если расчетная $Q_p < Q$, то в состав продукта вводят дополнительные технологически допустимые углеводсодержащие или другие компоненты. Если $Q_p > Q$, то уменьшают содержание некоторых высокоэнергетических

КОМПОНЕНТОВ.

4. Порядок выполнения работы

1. По уже сформированной базе данных химического и компонентного состава продукта (Практическая работа № 4, таблицы 2 и 3) провести расчет содержания аминокислот в продуктах, полученных по скорректированным рецептурам. Полученный расчет представить в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Химический состав и содержание макро- и микронутриентов в традиционной и скорректированных рецептурах

Содержание незаменимых аминокислот	Рецептуры продукта		
	традиционная	скорректированная №1	скорректированная №N
Валин			
Изолейцин			
Лейцин			
Лизин			
Метионин+цистеин			
Треонин			
Триптофан			
Фенилаланин+тирозин			
Всего			

2. Для оценки аминокислотной сбалансированности белка продуктов, полученных по скорректированным рецептурам необходимо рассчитать показатели аминокислотной сбалансированности: аминокислотный скор, коэффициента различий аминокислотного сора КРАС, и биологическую ценность (БЦ), коэффициент утилитарности j-той НАК, коэффициент рациональности аминокислотного состава и коэффициент, показатель сопоставимой избыточности содержания НАК. Полученные данные представить в таблицах (таблица 2).

Таблица 2 – Аминокислотный скор белка продукта и коэффициент утилитарности j-той НАК

Содержание незаменимых аминокислот	Содержание аминокислот эталона	Скорректированная рецептура № 1	Аминокислотный скор, C_i	k_j	Скорректированная рецептура № 2	Аминокислотный скор, C_i	k_j
Валин							

Содержание незаменимых аминокислот	Содержание аминокислот эталона	Скорректированная рецептура № 1	Аминокислотный скор, С _i	k _j	Скорректированная рецептура № 2	Аминокислотный скор, С _i	k _j
Изолейцин							
Лейцин							
Лизин							
Метионин+цистеин							
Треонин							
Триптофан							
Фенилаланин+тирозин							

Расчетные формулы для расчета аминокислотной сбалансированности белка:

- Расчет аминокислотного сора по основным НАК:

$$C = \frac{M_{\text{прод}}}{M_{\text{эт}}} * 100, \text{ где} \quad (1)$$

C – аминокислотный скор, %

M_{прод} – содержание НАК в белковом компоненте готового продукта, г/100г белка

M_{эт} – содержание той же НАК в эталонном белке ФАО, г/100г белка

Аминокислотный скор рассчитывается по каждой незаменимой аминокислоте.

- Расчет коэффициента различий аминокислотного сора

$$\text{КРАС} = \frac{\sum \Delta \text{РАС}}{n}, \text{ где} \quad (2)$$

КРАС – коэффициент различий аминокислотного сора, %

ΔРАС – различие аминокислотного сора аминокислоты

$$\Delta \text{РАС} = C_i - C_{\min}, \text{ где} \quad (3)$$

C_i – скор j-той НАК по отношению к физически необходимой норме (эталону), %

C_{min} – минимальный из скоров НАК исследуемого белка по отношению к эталону, %

n – количество НАК

- Расчет биологической ценности (БЦ) пищевого продукта

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС}, \% \quad (4)$$

- Расчет коэффициента утилитарности j-той НАК, доли единиц

$$k_j = C_{\min} / C_j \quad (5)$$

- Расчет коэффициента рациональности аминокислотного состава (R_c , доли ед.), характеризующий сбалансированность НАК по отношению к физиологически необходимой норме (эталону).

$$R_c = \frac{\sum_{i=1}^k (A_i \cdot k_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (6)$$

где: A_i – количество конкретной НАК

A_{ji} – количество конкретной НАК в эталоне.

- Расчет показателя сопоставимой избыточности содержания НАК (σ , мг/г белка эталона). Общее количество незаменимых аминокислот в белке оцениваемого продукта, которое из-за взаимонесбалансированности по отношению к эталону не может быть утилизировано организмом, служит для оценки сбалансированности состава НАК по показателю «сопоставимой избыточности».

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i - C_{\min i})}{C_{\min}} \quad (7)$$

Где: A_i – количество конкретной НАК

A_{ji} – количество конкретной НАК в эталоне.

По полученным данным представить сводную таблицу:

Таблица 3 - Сводная таблица полученных данных для проектируемого продукта

Показатели	Продукт, полученный по традиционной рецептуре	Скорректированная рецептура № 1	Скорректированная рецептура № 2
$C_{\min}$			
КРАС			
БЦ			
$R_{\text{обобщ}} \rightarrow 1$			
$G \rightarrow 0$			

По полученным данным таблицы 3 сделать заключение о проделанной работе.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Использование программного обеспечения для оптимизации расчета многокомпонентных рецептов продуктов (информативная)

1. Цель работы: познакомиться с принципами компьютерного проектирования рецептов продуктов питания и оптимизации их составов

2. Задания

1. Изучить руководство пользователя программы Generic 2.1.
2. Используя результаты лабораторных работ № 4 и № 5 провести оптимизацию рецептуры многокомпонентного пищевого продукта.
3. Сделать заключение о проделанной работе

3. Теоретическая часть

Задача моделирования сбалансированных пищевых рецептов заключается в достижении заданных (эталонных) значений массовых долей входящих в них нутриентов L_i ($k_i \leq i \leq 1$), где k – количество нутриентов. Она может быть сведена к минимизации суммы квадратов отклонений реальных количественных долей нутриентов разрабатываемого продукта от рекомендуемого эталона.

Для получения расчетной информации о содержании нутриентов в составе моделируемой рецептуры использовано уравнение материального баланса:

$$C_i = \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \right) / \sum_{j=1}^n x_j \quad (1)$$

где C_i – массовая доля конкретного макро- или микропитательного вещества в рецептуре; a_{ij} – величина массовой доли i -го нутриента в j -ом ингредиенте (компоненте); x_j – массовая доля j -го компонента в рецептуре.

Учитывая задаваемые при разработке пищевых продуктов ограничения на количественное содержание компонентов (их сумма принята за единицу) и допустимые отклонения значений массовых долей нутриентов от эталонных, для моделирования рецептов предложено использовать функцию Лагранжа и систему уравнений в виде условий теоремы Куна-Таккера для задачи выпуклого программирования. Ее решение позволяет получить вектор x массовых долей рецептуры, максимально сбалансированной по нутриентному составу.

Моделирование наиболее сбалансированной рецептуры не всегда определяет наивысшее качество готового продукта питания, поэтому для его разработки в большинстве случаев требуется не один, а достаточно широкий набор вариантов состава рецептурной композиции. С этой целью предложено разделить процесс ее оптимизации на два этапа. Первый – моделирование рецептуры, как определение всех возможных вариантов количественного соотношения входящих в нее ингредиентов. Второй – качественная оценка и выбор нескольких наиболее оптимальных ее вариантов.

В качестве обобщенного критерия оценки качества моделируемой рецептуры

используется функция желательности Харрингтона, которая обеспечивает независимость свойств частных показателей, обладающих различной размерностью и диапазоном варьируемых значений, и при этом позволяет свести в одну формулу относительные комплексные и простые единичные критерии качества:

$$Y = \sqrt[k]{\prod_{i=1}^k p_i} \quad (2)$$

где Y – комплексный критерий качества; p_i – частные критерии (функции) качества.

При оптимизации рецептур пищевых продуктов питания, как правило, целесообразным является применение функции желательности, использующей двухстороннее ограничение:

$$p_i = \exp(-|y_i'|^{n_i})$$

$$y_i' = \frac{2C_i - (L_{i\max} + L_{i\min})}{L_{i\max} - L_{i\min}} \quad (3)$$

где C_i – массовая доля i -го нутриента (пищевого вещества) в исследуемой рецептуре; $L_{i\min}$, $L_{i\max}$ – границы значений эталона i -го пищевого вещества; параметр n_i определяет характеристику кривой, при $n_i \rightarrow \infty$ кривая принимает прямоугольную форму.

При моделировании рецептуры для каждого компонента предварительно формируются возможные значения его массовой доли в готовом продукте. Представим их в виде векторов с различным количеством элементов:

$$\vec{M}_j(m_{j1}, m_{j2}, \dots, m_{jn}) \quad (4)$$

где M_j – вектор возможных массовых долей компонента j ; m_{j1}, m_{jn} – границы интервала количественного содержания ингредиента j в рецептуре.

С учетом этого задача моделирования рецептур поликомпонентных продуктов решается с помощью поиска возможных вариантов сумм, с участием всех элементов векторов:

$$S_i = m_{1k} + m_{2l} + \dots + m_{zn} \quad (5)$$

где S_i – вариант i -ой суммы атрибутов из всех векторов; m_{1k} – k -ый атрибут вектора M_1 массовых долей первого компонента; m_{2l} – атрибут с индексом l , принадлежащий вектору M_2 ; m_{zn} – атрибут n вектора M_z ; z – количество векторов.

Для решения поставленной задачи предложено использовать рекурсию, развернутую в цикл. Сформулирована зависимость следующего вида для i -го уровня рекурсивного цикла (каждый уровень соответствует числу включенных на данном этапе в процесс моделирования компонентов):

$$S_{ij} = S_{(i-1)a} + m_{iq} \quad (6)$$

где m_{iq} – вариант q массовой доли i -го компонента (вектора); $S_{(i-1)a}$ – сумма a -

го порядка уровня $(i-1)$; S_{ij} – j -ая сумма текущего уровня цикла; $j = \overline{0, (r-1)}$, r – количество всех возможных вариантов сумм массовых долей элементов (слагаемых) уровня i ; $i = \overline{0, (z-1)}$, где z – количество компонентов (векторов) в моделируемой рецептуре; $a = \overline{0, (k-1)}$, где k – количество всех возможных вариантов сумм массовых долей элементов уровня $i-1$; $q = \overline{0, (h-1)}$, где h – количество всех возможных значений массовой доли компонента (вектора) i .

Выражение позволяет реализовать рекурсивный цикл, суть которого заключается в следующем. На первом его уровне определяются возможные варианты всех сумм двух первых векторов M_1 и M_2 , которые сохраняются в S_{ij} . На втором уровне в S_{ij} записываются все варианты всех сумм элементов вектора $S_{(i-1)}$ и третьего вектора M_3 . Последний уровень цикла определяет S_{ij} как, массив, содержащий суммы элементов векторов $S_{(z-2)}$ и M_z . По завершению цикла массив S_{ij} содержит значения всех допустимых вариантов сумм элементов z векторов.

Существенного снижения количества операций и числа участвующих в них элементов в процессе моделирования можно добиться за счет проверки на каждом уровне рекурсивного цикла условия:

$$e_{z-i} \leq 1 - S_{ij} \leq E_{z-i} \quad (7)$$

где $e_{z-i} = \sum_{s=i+1}^{z-1} m_{s \min}$; $E_{z-i} = \sum_{s=i+1}^{z-1} m_{s \max}$; $m_{s \min}$ – минимальная массовая доля компонента s ; $m_{s \max}$ – максимальная массовая доля компонента s ; z – количество компонентов в рецептуре.

Получение отдельного варианта рецептуры сводится к нахождению предыдущего выражения последнего уровня рекурсивного цикла, удовлетворяющего условию, согласно которому сумма всех компонентов продукта при любом варианте его исполнения должна быть равной единице:

$$S_{(z-1)j} = S_{(z-2)a} + m_{(z-1)q} = 1 \quad (8)$$

где $m_{(z-1)q}$ – массовая доля последнего компонента в новой рецептуре.

Обратный переход от верхнего уровня цикла к крайнему нижнему, позволяет поэтапно составить компонентный состав моделируемой рецептуры. Затем для каждой рецептуры рассчитываются частные критерии желательности ее компонентов и значение обобщенной функции желательности Харрингтона. Преимущество **функции желательности Харрингтона** заключается в ее безразмерности, что позволяет производить моделирование с использованием факторов различной размерности и диапазона значений, гибкости программирования функции с учетом разброса величины фактора. Задача **моделирования** с использованием мультипликативной модели сводится к нахождению максимума обобщенного критерия. Процесс моделирования на ЭВМ, модифицированный автором, в общем виде осу-

ществляется циклическим алгоритмом академика Н.Н. Липатова. Задается массовая доля первого ингредиента, относительно которой вычисляются коэффициенты, определяющие массовые доли других ингредиентов, участвующих в моделировании рецептуры.

При изменении значения коэффициентов преобразования в диапазоне от 0 до 1 с шагом 0,1 формируется множество всех возможных значений массовых долей ингредиентов с заданным шагом. В качестве критерия моделирования используется обобщенный показатель качества. В множестве вариантов массовых долей ингредиентов выделяется подмножество, имеющее максимальное значение обобщенного критерия. Частная функция желательности заранее программируется в соответствии с эталонным значением данного компонента, его разбросом и видом ограничения.

4. Порядок выполнения работы

1. Изучить руководство пользователя программы Generic 2.1

Главное окно программы состоит из главного меню, панели инструментов, рабочей области окна.

Главное меню состоит из пунктов:

- 1) Файл - резервирование данных, настройки принтера, печать из меню;
- 2) Редактирование - копирование в буфер обмена, поиск в базе данных;
- 3) Данные - ввод, удаление, редактирование компонентов и элементов;
- 4) Задачи - ввод, удаление, редактирование данных задач моделирования и расчета;
- 5) Рецептуры - подготовка данных по рецептурам, моделирование состава и расчет содержания элементов.

Панель инструментов включает в себя:

- вывод на печать данных текущего открытого окна;
- копирование в буфер обмена данных текущего открытого окна;
- вызов процедуры моделирования состава рецептуры; дублирует пункт меню "Рецептуры"/"Моделирование состава";
- вызов процедуры расчета состава рецептуры/результата моделирования; дублирует пункт меню "Рецептуры"/"Расчет";
- вызов окна редактирования данных компонентов и их состава; дублирует пункт меню "Данные"/"Компоненты";
- вызов окна редактирования данных по элементам; дублирует пункт меню "Данные"/"Элементы";
- вызов окна редактирования данных по рецептурам; дублирует пункт меню "Рецептуры"/"Подготовка";
- вызов окна редактирования данных по задачам; дублирует пункт меню "Задачи"/"Подготовка";
- индикатор наличия результатов моделирования.

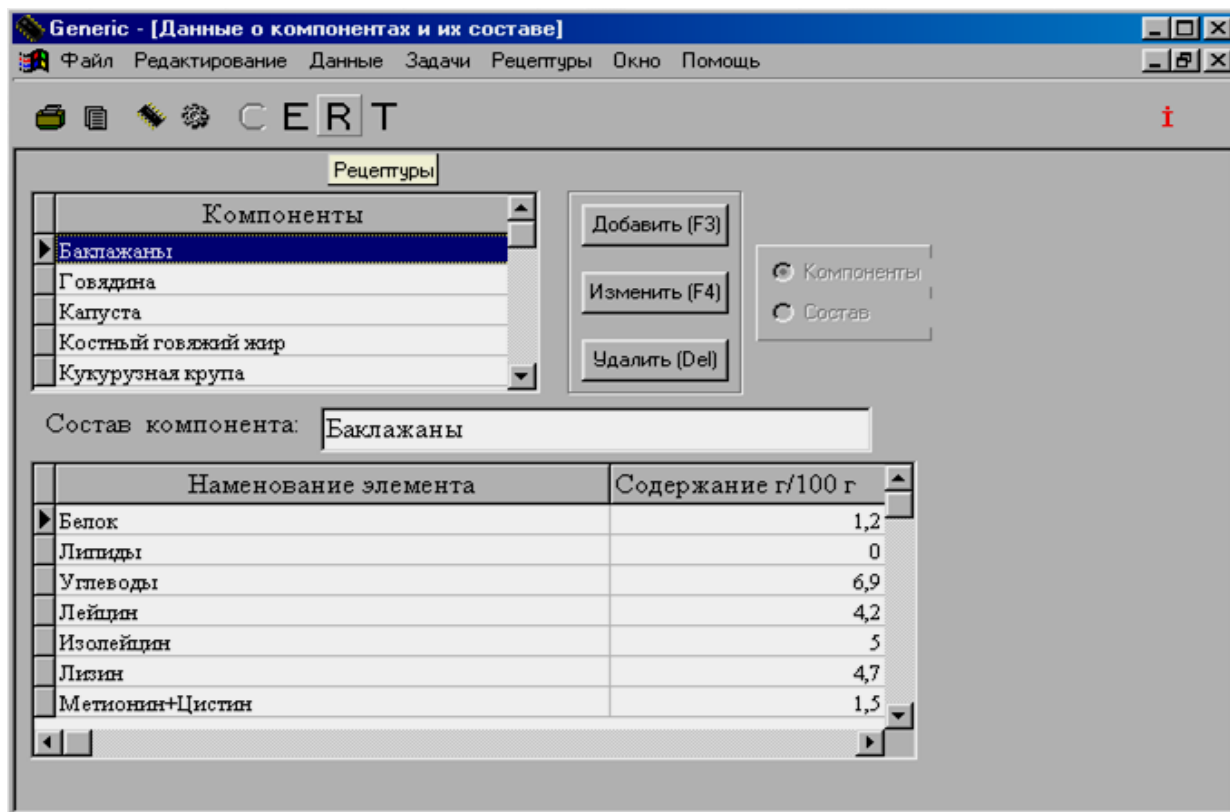


Рис. 1. Окно «Данные о компонентах и их составе»

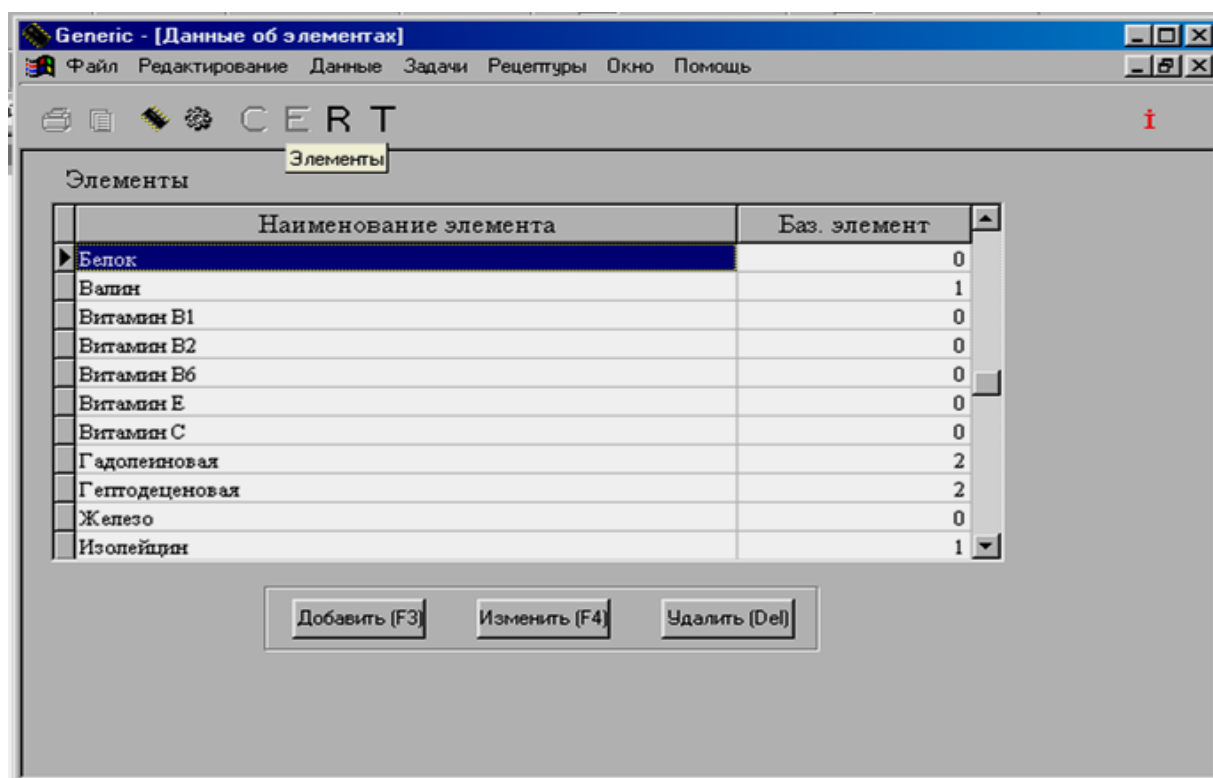


Рис. 2. Окно «данные об элементах»

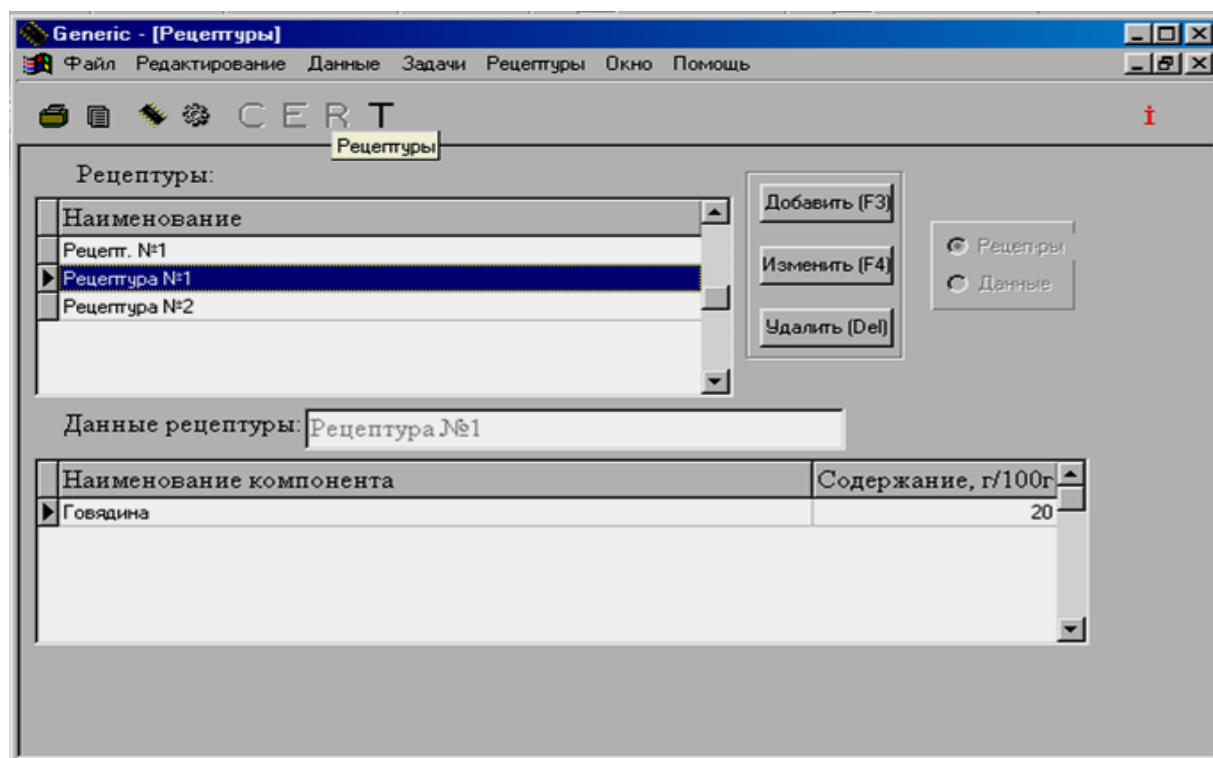


Рис. 3. Окно «Рецептуры»

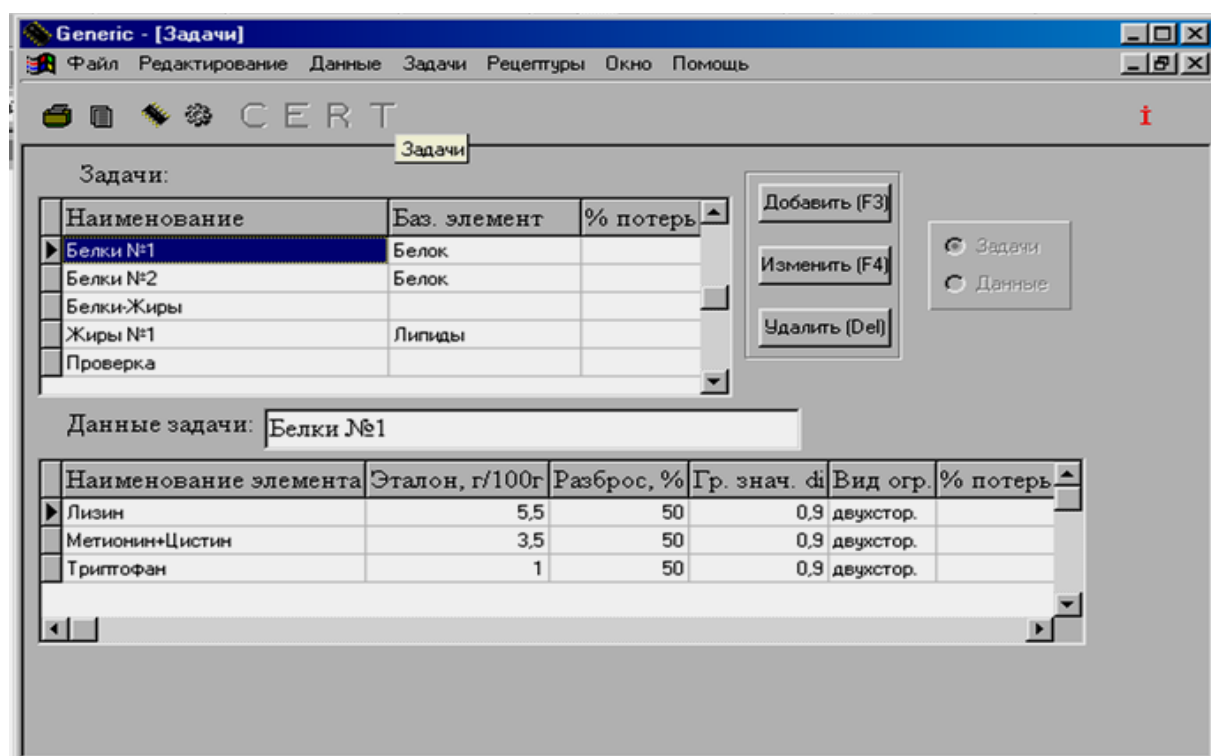


Рис. 4. Окно «Задачи»

Далее выполнить задание 2 и сделать заключение о проделанной работе.

Рекомендуемая литература представлена в рабочей программе