

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

О. Я. Мезенова

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ  
ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

Учебно-методическое пособие по лабораторным работам для студентов  
бакалавриата по направлению подготовки  
Биотехнология

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2022

УДК 613.8 (076)

Мезенова, О. Я.

Проектирование поликомпонентных продуктов питания: учебно-методическое пособие по лабораторным работам для студентов бакалавриата по направлению подготовки Биотехнология / О. Я. Мезенова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 94 с.

Рассмотрены ключевые темы теории и практики проектирования поликомпонентных продуктов питания: оценка биотехнологического потенциала продовольственного сырья; моделирование и оптимизация рецептур и технологий поликомпонентных продуктов питания; разработка концептуальной схемы конструирования поликомпонентных продуктов питания функционального назначения; проектирование пищевых изделий повышенной пищевой ценности на основе критериев аналитической комбинаторики; проектирование обогащенных пищевых изделий с учетом принципов пищевой сбалансированности. Приведены примеры проектирования продуктов по данным темам, даны индивидуальные задания, позволяющие их выполнять. Для закрепления материалов после каждой темы представлены контрольные вопросы.

Рис.12, табл. 33, список лит. – 23 наименования.

Учебно-методическое пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой пищевой биотехнологии «18» февраля 2022 г., протокол № 6

Учебно-методическое пособие по лабораторным работам для студентов бакалавриата по направлению подготовки Биотехнология рекомендовано к переизданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» «01» марта 2022 г., протокол № 02

УДК 613.8 (076)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2022 г.

© Мезенова О. Я., 2022 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Список сокращений.....</b>	<b>4</b>
<b>Введение.....</b>	<b>5</b>
<b>Лабораторная работа 1</b> Оценка биотехнологического потенциала продовольственного сырья.....	<b>8</b>
<b>Лабораторная работа 2</b> Моделирование и оптимизация рецептов поликомпонентных продуктов питания.....	<b>21</b>
<b>Лабораторная работа 3</b> Моделирование технологического процесса производства поликомпонентных продуктов питания и оптимизация его факторов.....	<b>38</b>
<b>Лабораторная работа 4</b> Разработка концептуальной схемы конструирования поликомпонентных продуктов питания функционального назначения.....	<b>48</b>
<b>Лабораторная работа 5</b> Проектирование пищевых изделий повышенной пищевой ценности на основе критериев аналитической комбинаторики.....	<b>68</b>
<b>Лабораторная работа 6</b> Проектирование обогащенных пищевых изделий с учетом принципов пищевой сбалансированности.....	<b>78</b>
<b>Литература.....</b>	<b>92</b>

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

*БЦ* – биологическая ценность

*БАВ* – биологически активные вещества

*БАД* – биологически активные добавки

*ВАД* – вкусо-ароматические добавки

*ВЭЖХ* – высокоэффективная жидкостная хроматография

*ДНК* – дезоксирибонуклеиновая кислота

*ИНАК* – индекс незаменимой аминокислоты

*ППП* – поликомпонентные пищевые продукты

*КСБ* – коэффициент сбалансированности белка

*НЖК* – насыщенные жирные кислоты

*МЕ* – международные единицы

*МНЖК* – мононенасыщенные жирные кислоты

*НАК* – незаменимая аминокислота

*ОЦКП* – ортогональное центральное композиционное планирование

*ПВ* – пищевые волокна

*ПНЖК* – полиненасыщенные жирные кислоты

*ПФЭ* – полный факторный эксперимент

*ПДК* – предельно допустимая концентрация

*РНК* – рибонуклеиновая кислота

*ФТС* – функционально-технологические свойства

*ЦКП* – центральное композиционное планирование

*ЭДТА* – этилендиаминтетрауксусная кислота

## ВВЕДЕНИЕ

Большинство традиционных продуктов питания, а также современные обогащенные и функциональные пищевые изделия, биологически активные добавки к пище имеют сложный химический состав, являясь поликомпонентными пищевыми продуктами (ППП). Для обоснования рецептур и технологий данных ППП биотехнолог пищевой промышленности должен знать научные основы их проектирования. Это предопределяет тщательное изучение многофакторного механизма формирования качества комбинированного пищевого продукта, который связан как с биопотенциалом продовольственного сырья, так и факторами его сохранения через технологию и биотехнологию.

При проектировании ППП важно учитывать принципы пищевой комбинаторики, в реализации которых широко применяются компьютерные методы. В современных методах проектирования ППП широко применяются также теория планирования и оптимизации эксперимента, рациональная при моделировании рецептур и технологий, что позволяет минимизировать количество опытов, получая максимальную информацию объективными методами.

*Целью освоения дисциплины* является формирование у студентов знаний и навыков в части проектирования рецептур, технологий и качества обогащенных, функциональных и специализированных пищевых продуктов, отвечающих принципам пищевой комбинаторики и удовлетворяющих медико-биологическим требованиям, предъявляемым к пищевым продуктам.

*Задачи изучения дисциплины:*

- усвоение государственной политики в области здорового, функционального и специализированного питания;
- знакомство с проектированием основных групп поликомпонентных пищевых продуктов;
- обоснование использования продовольственного сырья для получения продукции заданного состава и свойств;
- изучение принципов создания продуктов питания, отвечающих критериям пищевой и аналитической комбинаторики;
- освоение методов математического моделирования и оптимизации рецептур поликомпонентных продуктов питания;
- изучение особенностей проектирования продуктов детского и геродиетического питания;
- изучение принципов и способов обогащения пищевых продуктов биологически активными компонентами;
- ознакомление с медико-биологическими требованиями, предъявляемыми к проектируемым продуктам питания различных групп;
- освоение методов компьютерного проектирования рецептур и математического моделирования технологических процессов.

*Целью лабораторного практикума* является приобретение у обучающихся компетенций, позволяющие формализовать процессы проектирования пищевой продукции с заданными качественными характеристиками с учетом факторов сырья и технологического процесса.

*Задачами лабораторного практикума* являются формирование знаний, умений и навыков по:

- оценке биотехнологического потенциала сырья;
- моделированию и оптимизации рецептур комбинированных продуктов питания и технологического процесса;
- разработке концептуальной схемы конструирования комбинированных продуктов питания функционального назначения;
- проектированию изделий повышенной пищевой ценности на основе критериев аналитической комбинаторики;
- проектированию обогащенных пищевых изделий с учетом принципов пищевой сбалансированности.

При освоении дисциплины обучающийся должен:

*Знать:*

- концепцию государственной политики здорового питания;
- классификацию поликомпонентных продуктов питания;
- методы планирования эксперимента и компьютерного проектирования рецептур;
- показатели пищевой ценности;
- нормы физиологической потребности пищевых компонентов;
- принципы пищевой и аналитической комбинаторики;
- особенности питания детей и пожилых людей;
- медико-биологические требования, предъявляемые к различным пищевым продуктам.

*Уметь:*

- спроектировать и оптимизировать рецептуру и технологию нового пищевого продукта;
- определить показатели пищевой ценности;
- обосновать способ обогащения заданного продукта биологически активными веществами;
- рассчитать потери витаминов при кулинарной обработке;
- определять содержание витаминов и минеральных веществ;
- разработать рекомендации по созданию продуктов питания для детей разного возраста и пожилых людей.

*Владеть:*

- методами определения пищевой и энергетической ценности пищевых продуктов;

- методикой планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных;
- способами внесения микронутриентов в обогащаемые пищевые продукты;
- методами определения витаминов и минеральных веществ;
- навыками конструирования продуктов питания на принципах пищевой и аналитической комбинаторики.

Биотехнолог должен владеть методологией создания концептуальных схем проектирования ППП, которая связывает все составляющие формирования качества. Последнее предопределяет необходимость изучения состава и свойств исходного сырья, критериев аналитической комбинаторики, позволяющих оценить пищевую ценность, органолептические свойства, технологичность, стоимость и другие характеристики, с применением которых возможно изготавливать разнообразные продукты, предназначенные для многих групп населения.

Критерием качества продуктов здорового питания сегодня является его биологическая ценность, учитывающая содержание витаминов, минеральных веществ и других биологически активных веществ (БАВ). С этой целью в пособии подробно освещен механизм оценки принципов пищевой сбалансированности и критериев аналитической комбинаторики, что позволяет учитывать многие факторы формирования качества ППП.

Перечисленные аспекты относятся к проектированию многих важных видов пищевых продуктов и являются важными в практике создания хлебобулочных и кондитерских изделий, мясных и рыбных продуктов, молока и молочных изделий, быстрозамороженных полуфабрикатов, овощных и фруктовых смесей, напитков и многих других пищевых изделий.

Автор надеется, что материалы пособия будут полезны не только студентам пищевых специальностей, но и аспирантам, а также специалистам, занимающимся обоснованием новых рецептов, технологий и биотехнологий пищевых продуктов.

Автор выражает благодарность рецензенту профессору С. Н. Максимовой за помощь и поддержку, оказанные при написании данного пособия.

## Лабораторная работа 1

### ОЦЕНКА БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ

**1 Цель:** провести комплексную оценку пищевой ценности продовольственного сырья и обосновать рациональное направление его использования в технологии поликомпонентных пищевых продуктов (ППП) с заданными свойствами.

#### 2 Теоретический материал

Любое продовольственное сырье (растительного, животного происхождения) характеризуется индивидуальным биотехнологическим потенциалом, под которым подразумевается совокупность его индивидуальных природных химических веществ, обуславливающих пищевую ценность и возможность изготовления полезных продуктов с заданными свойствами.

Пищевые продукты в основном являются комбинированными продуктами питания и представляют физиологическую, пищевую, эстетическую и эмоциональную ценность для человека. Питание есть средство поддержания жизни и подготовки организма к нагрузкам. В связи с этим по составу пищевые продукты должны быть физиологически полноценными и безвредными для организма потребителей.

*Пищевая ценность* – это совокупность всех полезных свойств продукции, характеризующаяся ее органолептическими показателями, калорийностью, биологической ценностью и безопасностью.

При выборе пищи человек ориентируется, прежде всего, на те ее свойства, которые могут быть оценены его органами чувств (органолептические).

Человек оценивает продукты питания по вкусу, запаху, консистенции, окраске и другим органолептическим признакам. Полученные оценки являются показателями эмоциональной ценности пищи, или ценности ее восприятия, дополняющими пищевую ценность.

Большинство продуктов питания являются комбинированными, полученными сочетанием различных видов основного сырья, пищевых материалов и добавок.

Животные продукты являются источниками биологически ценных белков, насыщенных жиров, витаминов группы В и жирорастворимых витаминов, фосфора, усвояемого железа, но они практически лишены углеводов (кроме молочных продуктов) и балластных веществ.

По количеству и качеству сухих веществ, белков, витаминов и других компонентов отдельные группы продуктов растительного происхождения резко различаются между собой. Только немногие из них содержат значимые количества биологически ценных белков. Однако сочетание в рационе различных продуктов позволяет устранить дефицит незаменимых аминокислот. В основном

растения являются источниками углеводов, ненасыщенных жиров, водорастворимых витаминов, каротинов, микроэлементов, балластных соединений и других биологически активных веществ.

Зная особенности состава отдельных пищевых продуктов, можно сочетать их таким образом, чтобы обеспечить сбалансированность компонентов в соответствии с формулой оптимального питания, заданными органолептическими и энергетическими показателями, а также с учетом особенностей потребления различных групп населения.

## 2.1 Основные определения

*Поликомпонентные пищевые питания (ППП)* – изделия, включающие не менее двух компонентов, потенциально сочетающихся между собой и позволяющих создавать готовые к употреблению продукты с заданными свойствами.

*Биологическая ценность* оценивается качественным составом и количеством биологически активных веществ (незаменимые аминокислоты, жирные кислоты и сахара, витамины, минеральные вещества, пищевые волокна, минорные компоненты, парафармацевтики и др.), оказывающие благотворный биологический эффект.

*Энергетическая ценность (калорийность)* – это содержание углеводов, жиров и белков из расчёта на 100 г продукта. Иными словами, это количество энергии, высвобождаемой в организме человека из продуктов питания в процессе пищеварения, при условии её полного усвоения. Энергетическая ценность продукта измеряется в килокалориях (ккал) или килоджоулях (кДж) в расчете на 100 г продукта.

*Функциональный пищевой продукт* – это (по ГОСТ Р 52349-2005) специальный пищевой продукт, предназначенный для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, обладающий научно обоснованными и подтвержденными свойствами, снижающий риск развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращающий дефицит или восполняющий имеющийся в организме дефицит питательных веществ, сохраняющий и улучшающий здоровье за счет наличия в его составе функциональных пищевых ингредиентов в количестве не менее 15 % от физиологической нормы.

*Обогащенный пищевой продукт* – это (по ГОСТ Р 52349-2005) функциональный пищевой продукт, получаемый добавлением одного или нескольких физиологических функциональных пищевых ингредиентов к традиционным пищевым продуктам с целью предотвращения возникновения или исправления имеющегося в организме человека дефицита питательных веществ.

## 2.2 Концепция сбалансированного питания

Академиком А. А. Покровским в соавторстве с учеными-нутрициологами в 60-е годы 20-го столетия была разработана научная концепция сбалансированного питания, уточненная в настоящее время. В соответствии с

данной концепцией в организме постоянной должен обеспечиваться баланс веществ и энергии. Для осуществления нормальной ежедневной деятельности человека обязательным условием является поступление в организм основных пищевых компонентов (белков, липидов, углеводов, витаминов, минеральных солей, пищевых волокон и др.) в установленном соотношении, определяемом питательными свойствами каждого из компонентов, с учетом их участия в процессах жизнедеятельности организма и потраченной организмом энергии.

Для расчета состава пищевых продуктов с учетом концепции сбалансированного питания следует пользоваться следующими основными критериями:

1. *Соответствие энергетической ценности пищи затратам энергии на все виды жизнедеятельности организма.* Для расчета можно принять, что в среднем в состоянии покоя человек расходует 1 ккал на 1 кг массы тела за 1 ч.
2. *Наличие в пище всех незаменимых пищевых веществ (витаминов, ряда минеральных веществ, незаменимых аминокислот, фосфолипидов и т. д.).*
3. *Оптимальное соотношение отдельных компонентов пищи в соответствии с потребностями данного индивидуума, в том числе:*
  - соотношение «кислой» и «щелочной» пищи рекомендуется придерживаться на уровне 1:6, чтобы поддерживать кислотно-щелочное равновесие в организме;
  - соотношение макронутриентов должно быть близким следующему:  
белки : жиры : углеводы = 1 : 1, 2 : 4;  
животные белки : растительные белки = 55 : 45;  
животные жиры : растительные жиры = 3 : 7;  
моно- и дисахара : крахмал = 25 : 75;  
суточная норма пищевых волокон = 25 – 30 г.
4. *Наличие защитных компонентов в пище.*
5. *Обеспечение органолептических достоинств пищи, способствующих ее перевариванию и усвоению.*
6. *Применение щадящих методов технологической обработки пищи, обеспечивающих удаление вредных веществ и не вызывающих уменьшения биологической ценности пищи, а также образования токсических соединений.*
7. *Распределение пищи по приемам в течение суток в соответствии с биоритмами, режимом и характером трудовой и иных видов деятельности.*

Минздравом РФ предложена формула сбалансированного питания (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Средняя формула сбалансированного питания взрослого человека

Пищевые вещества	Суточная потребность	Пищевые вещества	Суточная потребность
Вода, г, в том числе: питьевая (чай, сок) в супах в продуктах питания	1750 – 2200 800 – 1000 250 – 500 700	Минеральные вещества, мг, в том числе: натрий калий хлориды магний железо цинк марганец хром медь кобальт молибден селен фториды йодиды	4000 – 6000 2500 – 5000 5000 – 7000 300 – 500 15 10 – 15 5 – 10 2 – 2,5 2 0,1 – 0,2 0,5 0,5 0,5 – 1,0 0,1 – 0,2
Белки, г, в т.ч.: животные	80 – 100 40 – 50		
Незаменимые аминокислоты, г, в том числе: триптофан лейцин изолейцин валин треонин лизин метионин фенилаланин	1 4 – 6 3 – 4 3 – 4 2 – 3 3 – 5 2 – 4 2 – 4		
Заменимые аминокислоты, г, в том числе: гистидин аргинин цистеин тирозин аланин серин глутаминовая кислота аспарагиновая кислота пролин гликокол	1,5 – 2 5 – 6 2 – 3 3 – 4 3 3 16 6 5 3	Витамины, мг, в том числе: аскорбиновая кислота (С) тиамин (В1) рибофлавин (В2) ниацин (РР) пантотенат (В3) пиридоксин (В6) кобаламин (В12) биотин (Н) холин рутин (Р) фолацин (В9) вит. Д (разл. формы) вит. А (разл. формы) каротин вит. Е (разл. формы) вит К (разл. формы) липоевая кислота инозит, г	50 – 70 (до 100) 1,5 – 2,0 2, 0 – 2,5 15 – 25 5 – 10 2 – 3 0,002 – 0,005 0,15 – 0,30 500 – 1000 25 0,2 – 0,4 0,025 – 0,01 1,5 -2,5 3,0 – 5,0 10 – 20 0,2 – 3,0 0,5 0,5 – 1,0
Углеводы, г, в том числе: крахмал сахар	400 – 500 300 – 400 50 – 100		
Органические кислоты, г	2		
Балластные вещества, г	25 – 30		
Жиры, г, в том числе: растительные незаменимые ПНЖК холестерин фосфолипиды	80 – 100 20 – 25 2 – 6 0,06 – 0,3 5		
Общая калорийность, ккал		3000	

### 2.3 Концепция адекватного питания

В теорию адекватного питания, получившую мировое признание, большой вклад внес академик А. М. Уголев. Она учитывает основные критерии теории сбалансированного питания и развивает их с учетом следующих новых положений:

1. Пища должна быть нерафинированной и содержать балластные вещества, так как последние являются эволюционно важным компонентом пищи.

2. Пища должна способствовать нормальному функционированию кишечной гормональной системы, влияющей на все виды деятельности организма.

Учение о различных типах пищеварения (полостное, пристеночное и мембранное) привело к открытию кишечной гормональной системы, которая при нормальном функционировании пищеварительной системы, функционируя в стенках кишечника, подобно железам внутренней секреции, вырабатывает более 20 видов гормонов.

Основные гормоны кишечной гормональной системы: *секретин* – стимулирует секрецию жидкой части панкреатического сока, выработку инсулина; *холецистокинин* – стимулирует секрецию ферментов поджелудочной железы, сокращение желчного пузыря, моторику кишечника; *гастрон* – стимулирует секрецию соляной кислоты желудка, торможение моторики двенадцатиперстной кишки, эвакуации содержимого из желудка; *глюкагон* – мобилизует гликоген печени, стимулирует дыхание печени.

3. Пища должна поддерживать внутреннюю экологию человека (эндоэкологию), т. е. служить источником питания для полезной микрофлоры кишечника, создавать заданный природой баланс между веществами и микроорганизмами.

Пища и пищеварительные соки, микроорганизмы пищи и собственно пищеварительной системы создают в организме этеральную среду, которая является буферной между внешней (воздух, почва) и внутренней (кровь, лимфа). Последняя является стерильной и микрофлоры не содержит.

Учение о симбиозном пищеварении (микробиоте), то есть о расщеплении пищевых веществ с помощью симбитов (микрофлоры) в толстом кишечнике, – одно из важнейших в теории адекватного питания. Пища извне должна обеспечивать постоянную работу «своей» микрофлоре, иначе будет развиваться гнилостная, подавляя полезную. Это может привести к интоксикации организма, дисбактериозу и даже гибели человека.

## 2.4 Теория оптимального питания

Данная теория, связанная с именем директора ФИЦ «Питания и биотехнологии» академиком В. А. Тутельяна, является продолжением концепции адекватного питания, уточняя ее в части рекомендуемых норм физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах. Данные научно обоснованные нормы стали исходными для разработки *индивидуальной диеты* каждого человека с учетом стереотипов питания, ассортимента доступной пищевой продукции, избранного режима питания и т. д.

Теория оптимального питания показывает необходимость и обязательность полного обеспечения потребностей организма не только в энергии, эссенциальных макро- и микронутриентах, но и в целом ряде необходимых *минорных непищевых биологически активных компонентов пищи*, перечень и значение которых сегодня растет и его нельзя считать окончательно установленными.

Теория оптимального питания научно обосновывает применение разнообразных биологически активных добавок (БАД) к пище, необходимых для компенсации дефицита макро- или микронутриентов.

## 2.5 Теория функционального питания

Данная теория является относительно молодой, поскольку зародилась в начале 1980-х годов, родоначальником ее считается Япония, где она популярна до сих пор. Основой теории является употребление в пищу преимущественно так называемых *функциональных продуктов*, т. е. продуктов питания, содержащих ингредиенты, которые приносят благотворную пользу здоровью человека, повышают его сопротивляемость заболеваниям, способных улучшить физиологические процессы в организме человека, позволяющих ему долгое время сохранять активный образ жизни.

Теория функционального питания формулирует новый взгляд на пищу как на средство профилактики и лечения некоторых заболеваний. Последние успехи в биохимии, клеточной биологии, физиологии и патологии подтвердили гипотезу о том, что пища также контролирует и моделирует различные функции в организме и, как следствие, участвует в поддержании здоровья и снижении риска возникновения ряда заболеваний.

Концепция *функционального питания* провозглашает, что все продукты позитивного (функционального) питания должны содержать ингредиенты, придающие им *функциональные свойства*. На сегодняшнем этапе развития рынка эффективно используются семь основных видов функциональных ингредиентов: *пищевые волокна* (растворимые и нерастворимые), *витамины* (А, группы В, D и т. д.), *минеральные вещества* (такие как кальций, железо), *полиненасыщенные жиры* (растительные масла, рыбий жир, омега-3-жирные кислоты), *антиоксиданты*: бета-каротин и витамины С, Е; *олигосахариды* (как субстрат для полезных бактерий), а также группа, включающая *микроэлементы, бифидобактерии* др. Несомненно, что по мере накопления и анализа данных в этом направлении не только возникает проблема нормирования специфических веществ пищи, оказывающих положительное влияние на обменные и физиологические функции организма, но и встают задачи по изучению профилактического и лечебного действия конкретных микронутриентов и биологически активных веществ применительно к отдельным патологиям.

### 3 Ход работы

- 1) Выбрать конкретный вид продовольственного сырья.
- 2) Охарактеризовать общий массовый и химический состав данного сырья.
- 3) Определить показатели пищевой ценности сырья (БАВ, минорные компоненты).
- 4) Оценить возможные способы консервирования и извлечения природных БАВ сырья.
- 4) Охарактеризовать традиционные технологии его переработки, оценить влияние параметров ключевых операций на пищевую ценность.
- 5) Обосновать рациональные технологии новых комбинированных пищевых продуктов из заданного продовольственного сырья с учетом требований современных научных теорий питания.
- 6) Получить поликомпонентный пищевой продукт по новым рациональным технологиям и определить показатели его качества.
- 8) Определить, для каких групп населения можно рекомендовать новый комбинированный пищевой продукт.

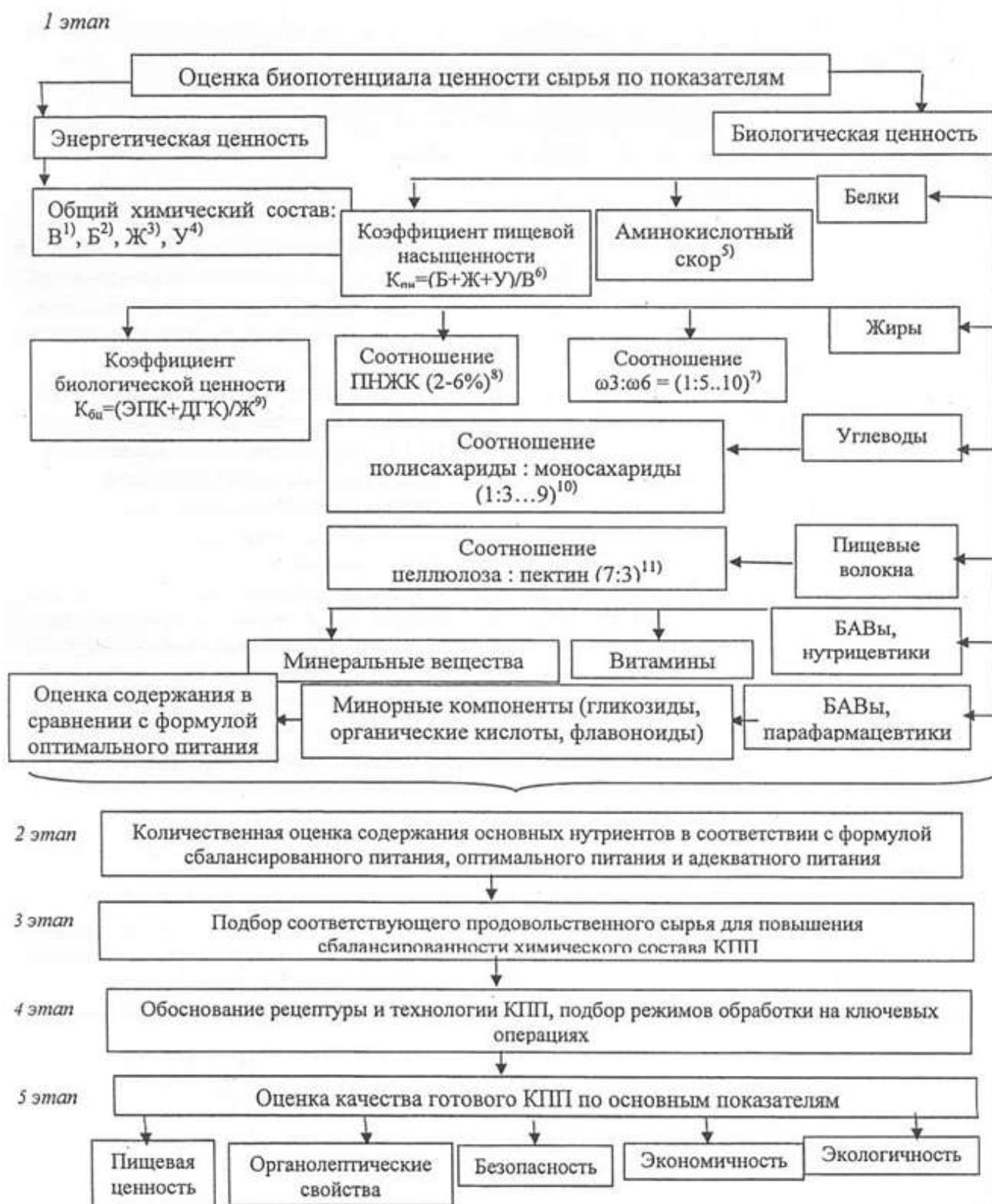


Рисунок 1.1 – Схема поэтапного обоснования рациональных направлений сырья в технологии КПП с заданными свойствами:

- 1) В – вода; 2) Б – белки; 3) Ж – жиры; 4) У – углеводы; 5) сравнивается с «идеальным» белком ФАО ВОЗ; 6) чем больше  $K_{пи}$ , тем выше пищевая насыщенность; 7) оптимальное соотношение  $\omega_3$  и  $\omega_6$  жирных кислот; 8) оптимальное соотношение полиненасыщенных жирных кислот; 9) чем выше  $K_{би}$ , тем выше биологическая ценность; 10) оптимальное соотношение поли- и моносахаридов; 11) оптимальное соотношение целлюлозы и пектина

#### 4 Задание к работе

Виды продовольственного сырья, выбираемого студентом для оценки его биотехнологического потенциала и обоснования рациональных направлений его использования в технологии ППП, представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Продовольственное сырье в технологии комбинированных продуктов питания

Номер варианта	Продовольственное сырье	Номер варианта	Продовольственное сырье
1	Нут	21	Печень
2	Рожь	22	Мозги говяжьи
3	Овес	23	Почки говяжьи
4	Гречиха	24	Молочная творожная сыворотка
5	Кукуруза	25	Язык говяжий
6	Горох	26	Сердце свиное
7	Молоко коровье	27	Печень свиная
8	Молоко козье	28	Жир гуся
9	Масло рапсовое	29	Желудок индейки
10	Стевия	30	Тушка утки
11	Баклажаны	31	Яичный порошок куриного яйца
12	Капуста брюссельская	32	Сухой желток куриного яйца
13	Свекла сахарная	33	Желатин пищевой
14	Кабачки	34	Печень утиная
15	Морковь красная	35	Сердце осетров
16	Тыква	36	Мышечная ткань акулы катран
17	Дыня	37	Покровная ткань дельфина
18	Рябина черноплодная	38	Водоросли бурые (ламинария)
19	Груша	39	Водоросли красные (фурцеллярия)
20	Топинамбур	40	Твердые отходы от разделки рыб (плавники, головы, кожа, кости)

#### 5 Пример

*Задание: оценить биопотенциал твердых отходов, образующихся при разделке рыб, и обосновать рациональные направления их переработки с целью создания ППП с биологически активными свойствами*

### 1. Характеристика общего состава твердых отходов от разделки рыб и его пищевой ценности

Отходы, полученные при разделке рыбы, сортируют на пищевые и непищевые. К пищевым отходам рыбы относятся икра, молоки, жир, голова, кости, кожа, плавники, визига и чешуя. К непищевым отходам относятся внутренности, мочевой пузырь, печень, головы. Из пищевых отходов к твердым можно отнести кости, кожу, плавники, визигу, чешую, которые можно назвать опорно-каркасными и покровными тканями (ОКиПТ) рыб.

Состав твердых отходов (ОКиПТ) рыб определяется с учетом состава отдельных частей и их процентного соотношения при разделке рыб.

В итоге 100 г ОКиПТ содержат (в г): белка – 17,5; жира – 2 ; воды – 70; минеральных веществ – 10,5.

Из витаминов имеется витамин РР (ниациновый эквивалент) – 2,905 мг.

Из макроэлементов преобладает хлор – 165 мг.

Из микроэлементов присутствуют: цинк (0,7 мг), хром (55 мкг), фтор (430 мкг), молибден (4 мкг), никель (6 мкг).

Энергетическая ценность 100 г – 88 кКал.

### 2. Оценка влияния термической обработки на органолептические показатели сырья

ОКиПТ перед направлением на пищевые продукты необходимо термически обработать – сварить, что позволит обеспечить их микробиологическую безопасность и повысить органолептические свойства.

Органолептические показатели ОКиПТ после термической обработки: внешний вид всех отходов, кроме кожи, остался без изменений; кожа сжалась, уменьшилась в размерах. Вкус и запах полученного бульона характерен для запаха вареной рыбы.

### 3. Оценка пищевой ценности

Определение наличия в сырье биологически активных веществ (БАВ) и минорных компонентов показывает, что в твердых отходах фиксируется наличие минеральных веществ на уровне 1...2 % массы и экстрактивных веществ – 1,5...3,9 % массы.

Минеральные вещества представлены ионами и солями фосфора, кальция, магния, калия, натрия, серы и других, входящих в состав белков, витаминов, ферментов, гормонов.

#### 4. Анализ способов сохранения биологически активных веществ (БАВ) в сырье показал, что наиболее рациональным является холодильная обработка

Холодильная обработка является универсальным способом сохранения качества и биопотенциала рыбного сырья. Она широко используется в рыбной промышленности как для производства охлажденной и мороженой продукции, так и в качестве способа консервирования сырья и готовой продукции.

Преимуществом охлаждения перед другими методами консервирования рыбного сырья (замораживанием, копчением, посолом) является максимальное сохранение БАВ в продукции в процессе хранения. Рыбные отходы относятся к группе скоропортящихся продуктов, поэтому актуальной является задача сохранения их свежести в течение определенного периода хранения.

Способы охлаждения рыбы и других морепродуктов весьма разнообразны, но по характеру охлаждающей среды их можно разделить на две группы:

1 – в гомогенной среде (в холодном воздухе или холодной жидкости);

2 – во льду.

Охлаждение рыбного сырья в воздухе температурой минус 2...минус 3 °С применяется очень редко, поскольку из-за длительности процесса и дальнейшего хранения ухудшается товарный вид. Перспективно охлаждение рыбного сырья погружение в холодную жидкую среду, орошение холодным рассолом и охлаждение дробленным льдом. Из этих способов наиболее рациональным является охлаждение рыбных отходов дробленным льдом, поскольку этот процесс эффективен по времени, имеется оборудование, сохраняется высокое качество продукции, он наименее затратен.

#### 5. Оценка способов извлечения БАВ из рыбных отходов

Эффективным, простым и доступным способом извлечения БАВ из твердых отходов от разделки рыб является их экстракция растворителем, например, спиртовыми, водными или жировыми растворами. Однако наиболее рациональным представляется их сохранение в виде природного сырьевого комплекса, предварительно высушив и измельчив данное сырье.

#### 6. Анализ традиционных способов переработки рыбных отходов:

- кости, кожу, плавники после тщательной промывки используют для варки бульонов и приготовления ухи;
- хрящи используют на гарнир к «рыбе в рассоле», к рыбе «по-русски» и к «холодной рыбе в маринаде». Их также кладут в рыбную жидкую солянку, в раковый суп и в рыбную солянку с капустой на сковороде. Для этого хрящи заливают холодной водой и дополнительно варят 3 – 4 ч до мягкости;

- чешую используют для приготовления рыбного желе. Для этого чешую заливают холодной водой (3 л воды на 1 кг чешуи), медленно нагревают (так, чтобы закипело минут через 40) и варят при слабом кипении 1,5–2 ч. После варки бульон процеживают и, чтобы сделать его прозрачным, осветляют икрой или яичным белком, затем снова процеживают и используют для приготовления рыбных заливных блюд. Способ медленного нагревания используют при варке ухи, чтобы чешуя успела раствориться и придала ухе неповторимый рыбный вкус и богатый навар.

#### 7. Оценка новых рациональных технологий ППП из твердых отходов от разделки

Предлагается изготовить рыбный холодец из твердых отходов с красной икрой. Кости, кожа, плавники, визига, чешуя промываются и заливаются холодной водой, длительно варятся 3–4 ч, добавляют морковь и лук. Бульон процеживают и варят еще 20 мин, перед окончанием приготовления в бульон вносятся лавровый лист и икра.

Обоснование выбора обогащающей добавки: красная икра лососевых рыб – один из любимых многими деликатесов. Красная икра с давних времен известна как продукт, поддерживающий жизненные силы и тонус организма. Людям, перенесшим тяжелые заболевания, потерю крови или облучение, красная икра прописывалась как лекарство благодаря ее способности повышать уровень гемоглобина в крови. Она обладает целым набором полезных для организма свойств. Она представляет большую биологическую ценность для человека, поскольку на 30 %: состоит из белка, который легко усваивается организмом. Содержащиеся в икре липиды, витамины А, С, Д, Е, фосфор, калий, полиненасыщенные жирные кислоты семейства омега-3 превращают красную икру в ценный источник БАВ. Эти БАВы улучшают деятельность мозга, укрепляют зрение, повышают иммунитет и сопротивляемость организма различным болезням. Благодаря содержанию витамина Е, красная икра помогает сохранить молодость. Икра оказывает активное воздействие на кожу человека, наполняя ее полезными веществами и активизируя выработку верхними слоями ее особых ферментов, количество которых в организме человека с возрастом уменьшается.

#### 8. Оценка качества новых ППП из рыбных отходов

Рыбный холодец из твердых отходов с красной икрой имеет приятный внешний вид, прозрачный желеобразный бульон, в котором равномерно распределены красные икринки лососевых рыб. Вкус и запах – приятные, рыбные

специфические, свойственные данной продукции. Консистенция – упругая, желеобразная.

9. Основные группы населения, которым рекомендуется новый КПП – холодец из ОКипТ с красной икрой, это – пожилые люди, спортсмены, люди, чья профессия связана с повышенной нагрузкой на суставы и опорно-двигательный аппарат, а также широкому кругу населения в качестве профилактического питания для укрепления суставов, костей, улучшения эластичности и состава кожи, ногтей, волос.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение понятиям «поликкомпонентные продукты питания» и «пищевая ценность», биологическая и энергетическая ценность пищи.
2. Что является показателями «эмоциональной ценности пищи»?
3. Дайте краткую характеристику биопотенциалу продуктов растительного происхождения.
4. Опишите основные пищевые ингредиенты продуктов животного происхождения.
5. Какой продукт можно назвать функциональным, обогащенным?
6. Охарактеризуйте концепцию сбалансированного питания. В чем суть ее основных критериев? Назовите основные ингредиенты в составе пищи в соответствии с данной концепцией.
7. Охарактеризуйте теорию адекватного питания. В чем она заключается? Каковы ее критерии?
8. Охарактеризуйте теорию оптимального питания. Что такое индивидуализация питания.
9. Как традиционно перерабатывают рыбные отходы? Зачем их варят?
10. Расскажите об этапах обоснования рациональных направлений сырья в технологии ППП с заданными свойствами.

## Лабораторная работа 2

### МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУР ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

**1 Цель:** освоить основы теории математического планирования эксперимента, с применением которых получить математическую модель (функцию отклика) рецептуры поликомпонентного пищевого продукта и определить оптимальные значения массовых долей основных ингредиентов.

#### 2 Теоретический материал

Мысль о том, что эксперимент можно планировать, восходит к глубокой древности. Применение планирования эксперимента делает поведение экспериментатора целенаправленным и организованным, существенно способствует повышению производительности его труда и надежности полученных результатов. Важным достоинством метода является его универсальность, пригодность в огромном большинстве областей исследования, интересующих современного человека.

##### 2.1 Основные понятия и определения

*Параметр оптимизации (целевая функция, отклик)* – характеристика цели исследования, четко сформулированная и имеющая количественную характеристику (оценку). Параметр оптимизации должен быть доступен для измерения и выражаться одним числом, должен всесторонне характеризовать объект, иметь физический смысл.

Целевых функций может быть несколько, в этом случае они называются *частными параметрами оптимизации (частными откликами)* и характеризуют не всю цель исследования, а только ее часть.

Для получения *обобщенного параметра оптимизации*, объединяющего частные отклики, применяют несколько способов, которые позволяют объединять различные по физическому смыслу отклики в единый, передавая более качественно и наиболее объективно количественную характеристику цели.

Рациональным считается способ расчета обобщенного параметра оптимизации  $Y$  методом «приближения к идеалу»:

$$Y = (y_1 - y_{10})/y_{10})^2 + (y_2 - y_{20})/y_{20})^2 + \dots + (y_i - y_{i0})/y_{i0})^2,$$

где  $y_1, y_2, \dots, y_i$  и  $y_{10}, y_{20}, \dots, y_{i0}$  – соответственно экспериментально полученные и «идеальные» значения 1-го, 2-го ... и  $i$ -го частных откликов  $y$ .

В этом случае мы складываем не абсолютные, а безразмерные относительные величины (возведенные в квадрат относительные разницы полученных значений частных откликов, рассчитанные относительно их «идеалов»). «Идеал» – это количественное значение частного отклика, к которому надо стремиться для достижения цели при оптимизации эксперимента. Например, если

целевой функцией является достижение высокого качества нового пищевого продукта ( $Y$ ), частными параметрами оптимизации могут являться органолептическая оценка ( $y_1$ ), «идеалом» которой можно взять максимальную балльную оценку (например, 20 баллов по разработанной шкале), содержание пищевого вещества ( $y_2$ ), ответственного за качество (например, поваренной соли при ее «идеальном» содержании на вкусовом уровне 1,7 %), а также содержание функционального ингредиента ( $y_3$ ), например, аскорбиновой кислоты («идеалом» может служить ее количественный уровень в сырье или обогащающей добавке, например, 250 мг/100 г).

При расчете обобщенного параметра оптимизации по предложенной методике получается, что чем меньше его значение, тем ближе характеристика цели к «идеалу» («идеальнее» значения частных откликов), тем лучше условия для данного опыта в эксперименте.

*Математическая модель (функция отклика)* – это уравнение, связывающее параметр оптимизации с факторами.

В общем виде функция отклика может быть представлена уравнением:

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k), \quad (1)$$

где  $y$  – параметр оптимизации;  $x$  – независимые переменные факторы.

Часто приходится решать экстремальные задачи при неполном значении механизма оптимизируемого процесса. В этом случае аналитическое выражение функции отклика неизвестно и поэтому приходится ограничиваться представлением ее в виде полинома:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + \dots + b_{kk}x_k^2. \quad (2)$$

Модель называется *адекватной*, если в некоторой области, в которую входят координаты выполненных опытов, значения функций отклика, вычисленные с помощью модели, отличаются от фактических значений не более, чем на некоторую наперед заданную величину.

На первом этапе планирования эксперимента функцию отклика аппроксимируют *полиномом первой степени*:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_kx_k, \quad (3)$$

где  $k$  – число факторов.

Для определения коэффициентов уравнения достаточно реализовать факторный эксперимент типа  $2^k$ ; где  $2$  – количество уровней;  $k$  – количество факторов. Планы экспериментов *типа  $2^k$*  называются планами *первого порядка*.

Область оптимума чаще всего удаётся описать полиномом второй степени:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + b_{12}x_1x_2 + b_{(k-1)k}x_{(k-1)}x_k + b_{11}x_1^2 + \dots + b_{kk}x_k^2. \quad (4)$$

Чтобы определить все коэффициенты уравнения, необходимо реализовать план эксперимента типа  $3^k$ , где  $3$  – количество уровней факторов. Однако такие планы требуют выполнения большого числа опытов и применяются редко.

Более рациональными являются *центральные композиционные планы 2-го порядка или дробный факторный эксперимент*.

*Объект исследования* – это процесс, продукт, рецептура или другой объект, который подлежит моделированию, формализации и оптимизации путем планирования эксперимента. На языке математического планирования эксперимента данный объект называется «черный ящик».

Кибернетическая схема («черного ящика») объекта исследования приведена на рисунке 2.1.

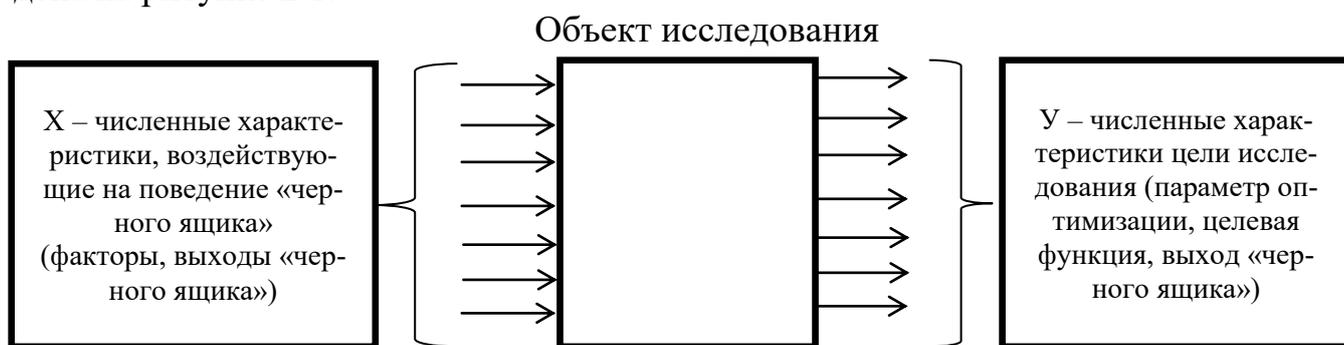


Рисунок 2.1 – Характеристика объекта исследования

*Требования*, предъявляемые к объекту исследования:

- результаты исследования должны быть воспроизводимыми (результаты повторов не превышают некоторой наперед заданной величины);
- объект исследования должен быть управляемым.

*Фактор* – измеряемая переменная величина, принимающая в некоторый момент времени определенные значения. Каждый фактор имеет область определения – совокупность всех значений, которые может принимать фактор. Значения факторов в эксперименте называют уровнями.

*Требования*, предъявляемые к факторам: они должны быть управляемыми; непосредственно воздействующими на объект; совместимыми; независимыми; некоррелируемыми между собой.

*Полный факторный эксперимент (ПФЭ)* – эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней факторов.

Если число уровней каждого фактора  $m$ , а число факторов  $K$ , то число экспериментов  $N$ , определяемое как сочетание всех уровней факторов (число опытов в ПФЭ) вычисляется:

$$N=m^k . \quad (5)$$

В линейной модели (первый этап планирования эксперимента) предусматривается варьирование факторов на двух уровнях, а число опытов равно  $2^K$ .

Выбор *области эксперимента* производится на основе априорной информации, т. е. полученной до начала опытов.

Первоначально необходимо установить основные уровни и интервалы варьирования факторов.

*Основным уровнем фактора* называется значение фактора, принятое за исходное в плане эксперимента. Основные уровни фактора выбираются таким образом, чтобы их сочетание отвечало значению параметра оптимизации, по возможности, более близкому к оптимальному.

*Интервалом варьирования фактора* называется число, прибавление которого к основному уровню дает верхний уровень фактора, а вычитание – нижний.

Для удобства записи условий эксперимента и обработки данных уровни факторов *кодируют*: верхний уровень обозначает + 1, нижний -1, основной - 0. Кодирование значения фактора определяют по выражению:

$$X=(X_i-X_{i0})/E_i, \quad (6)$$

где  $i$  – номер фактора;  $X_i$  – натуральное значение  $i$ -го фактора;  $X_{i0}$  – натуральное значение основного уровня  $i$ -го фактора;  $E_i$  – интервал варьирования  $i$ -го фактора.

ПФЭ осуществляют с помощью *матрицы планирования*, в которой используют кодирование значения уровней факторов (таблица 2.6). Число строк в матрице равно количеству опытов. Числами +1 и -1 обозначают уровни факторов  $X_1$  и  $X_2$  в опытах;  $y_1 \dots y_4$  – значения функции отклика, полученные при выполнении опытов. Строки в матрице – это условия опытов.

ПФЭ позволяет количественно оценить линейные эффекты и все эффекты взаимодействия (эффекты, характеризующие совместное влияние нескольких факторов) на параметр оптимизации.

Для ПФЭ типа  $2^2$  уравнение регрессии с учетом взаимодействия факторов можно представить выражением:

$$Y_0=b_0x_1+b_2x_2+b_{12}x_1x_2. \quad (7)$$

Для этого эксперимента матрица планирования приведена в таблице 2.1. Второй столбец в матрице – фиктивной переменной, он вводится только для количественной оценки свободного члена в уравнении регрессии.

Таблица 2.1 – Матрица ПФЭ типа  $2^2$

Номер опыта	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_1X_2$	$Y$
1	+1	-1	-1	+1	$Y_1$
2	+1	+1	-1	-1	$Y_2$
3	+1	-1	+1	-1	$Y_3$
4	+1	+1	+1	+1	$Y_4$

При увеличении числа факторов количество возможных сочетаний уровней факторов быстро возрастает, поэтому существуют *приемы построения матриц*.

*Первый прием* основан на правиле чередования знаков. В первом столбце знаки чередуются поочередно, во втором – через 2, в третьем – через 4, в четвертом – через 8, в пятом – через 16 и т. д. по  $2^n$ .

*Второй прием* основан на последовательном доразчивании матрицы, т. е. при добавлении нового фактора необходимо повторить комбинации уровней исходного плана сначала при значении нового фактора на верхнем уровне, а затем на нижнем.

## 2.2 Планирование экстремальных экспериментов второго порядка

Функцию отклика в области исследования обычно удастся аппроксимировать полиномом второй степени (8):

$$y = (b_0)^1 + \sum_{(1 \leq i \leq 2)} b_i \cdot x_i + \sum_{(1 \leq i \leq 2)} b_{ii} \cdot x_i \cdot x_i + \sum_{(1 \leq i \leq 2)} b_{ii} (x_i)^2 \quad (8)$$

Для определения всех коэффициентов регрессии необходимо, чтобы каждый фактор принимал не менее трех значений, которые кодировано представляются, как +1, 0 и -1.

При планировании экстремальных экспериментов второго порядка используют различные математические планы и приемы (латинские квадраты, ротатабельное планирование, квазиоптимальные планы и т. д.).

Если нет специальных условий, предъявляемых к технологическому эксперименту, то рационально для его проведения (при оптимизации, например, дозировок рецептуры или факторов процесса) применить *центральное композиционное планирование (ЦКП)*.

Планы ЦКП второго порядка получают достройкой некоторого количества точек «к ядру», образованному линейным планом, то есть планом ПФЭ типа  $2^k$ .

Для двухфакторного эксперимента область исследования и отыскания вида модели согласно плану ЦКП второго порядка может быть представлен в виде схемы (рисунок 2.2) или матрицы (таблица 2.2).

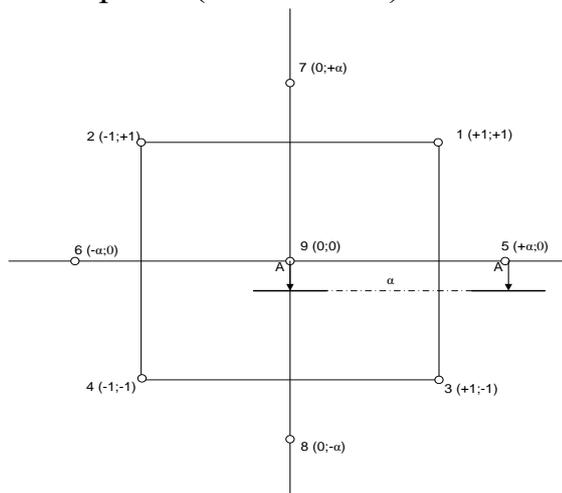


Рисунок 2.2 – Схема ЦКП второго порядка для двух факторов

Таблица 2.2 – Матрица ЦКП второго порядка для двух факторов

Содержание плана	Номер опыта	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_1X_2$	$X_1^2$	$X_2^2$	$Y$
План типа $2^2$	1	+	+	+	+	+	+	$Y_1$
	2	+	-	+	-	+	+	$Y_2$
	3	+	+	-	-	+	+	$Y_3$
	4	+	-	-	+	+	+	$Y_4$
«Звездные» точки	5	+	$+\alpha$	0	0	$\alpha^2$	0	$Y_5$
	6	+	$-\alpha$	0	0	$\alpha^2$	0	$Y_6$
	7	+	0	$+\alpha$	0	0	$\alpha^2$	$Y_7$
	8	+	0	$-\alpha$	0	0	$\alpha^2$	$Y_8$
Нулевая точка	9	+	0	0	0	0	0	$Y_9$

Для трех факторов схема области локализации модели при эксперименте согласно ЦКП второго порядка может быть представлена схемой, представленной на рисунке 2.3.

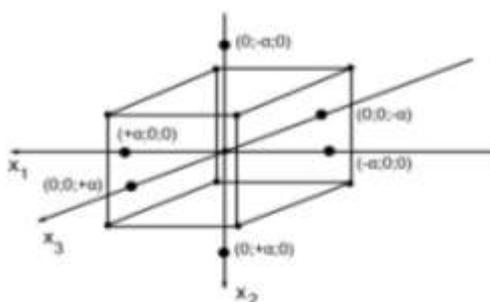


Рисунок 2.3 – Схема ОЦКП второго порядка для трех факторов

Общее число опытов ЦКП второго порядка  $N$  определяется по выражению (9):

$$N = 2^k + 2k + m_0. \quad (9)$$

Величину «звездного» плеча  $\alpha$  и число опытов  $m_0$  в центре плана выбирают в зависимости от принятого критерия оптимальности. За критерий оптимальности обычно принимают ортогональность или ротатабельность плана.

Преимущество ортогональных планов заключается в малом объеме вычислений, так как все коэффициенты регрессии определяются независимо друг от друга.

Ортогонализация достигается выбором плеча  $\alpha$  (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Величина «звездного» плеча  $\alpha$  для ортогональных центральных композиционных планов в зависимости от количества независимых переменных (факторов)

Число независимых переменных	Ядро плана	Число дополнительных опытов	Величина $\alpha$
2	$2^2$	5	1,0
3	$2^3$	7	1,215
4	$2^4$	9	1,424
5	$2^{5-1}$	11	1,547

## 2.3 Ортогональные планы второго порядка

Ортогональные планы должны удовлетворять требованию: сумма почленных произведений двух любых столбцов должна быть равна 0. В матрице ЦКП (таблица 2.2) не все столбцы ортогональны, так как  $\sum_{i=1}^N X_{0j} X_{ij}^2 \neq 0$  (произведение столбца  $X_0$  на столбцы  $X_1^2$  и  $X_2^2$ ). Например, для планов второго порядка для двух факторов (таблица 2.2) вид регрессии будет следующим:

$$\sum_{i=1}^9 X_{0j} X_{1j}^2 = 4 + 2 \alpha^2 = \sum X_{0j} X_{2j}^2 \neq 0 .$$

В этом случае не выполняется правило ортогональности для столбцов:

$$\sum_{i=1}^N X_{ij}^2 X_{ij}^2 \neq 0 .$$

Причиной этому являются переменные второго порядка  $X_{ij}^2$ .

Для ортогонализации плана необходимо преобразовать столбцы матрицы, заменив  $X_{ij}^2$  новой переменной  $X_{ij}^{/2}$ :

$$X_{ij}^{/2} = X_{ij}^2 - \frac{\sum_{i=1}^N X_{ij}^2}{N} = X_{ij}^2 - \dot{X}_{ij}^2 . \quad (10)$$

Тогда: 
$$\sum X_{0j} X_{ij}^{/2} = \sum_{j=1}^N X_{ij}^2 - N \dot{X}_{ij}^2 = 0 . \quad (11)$$

Таким образом, введением новой переменной  $X_{ij}^{/2}$  достигается ортогонализация плана эксперимента. В матрице переменные второго порядка будут записаны следующим образом:

$$X_{ij}^{/2} = X_{ij}^2 - X_{ij}^{\dot{2}} . \quad (12)$$

Для матрицы ЦКОП второго порядка для двух факторов новые переменные второго порядка будут иметь вид:

$$X_1^{/2} = X_2^{/2} = X_1^2 - \frac{4+2\alpha^2}{9} = X_1^2 - \frac{2}{3} (\alpha=1) . \quad (13)$$

Для матрицы ЦКОП второго порядка для двух факторов внешний вид переменных второго порядка изменится следующим образом:

$$X_1^{2/} = X_2^{2/} = X_3^{2/} - \frac{8+2\alpha^2}{15} = X_1^2 - 0,73 (\alpha=1,215) . \quad (14)$$

Матрицы ОЦКП второго порядка для двух и трех факторов с новыми квадратичными переменными представлены в таблицах 2.4 и 2.5.

Благодаря ортогональности матрицы планирования коэффициенты математической модели определяются независимо друг от друга по формуле:

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^N x_{ij} \cdot y_j}{\sum_{j=1}^N (x_{ij})^2} , \quad (15)$$

где  $i$  и  $j$  – соответственно номер столбца и опыта в матрице;  $x_{ij}$  – элементы соответствующего столбца матрицы;  $y_j$  – значение параметра оптимизации в  $j$ -м опыте.

Таблица 2.4 – Матрица ОЦКП второго порядка для двух факторов (M= 2<sup>k</sup> + 2k + n<sub>0</sub>; N=9; k=2; n<sub>0</sub>=1)

Содержание плана	Номер опыта	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> <sup>2</sup> - $\frac{2}{3}$	X <sub>2</sub> <sup>2</sup> - $\frac{2}{3}$	Y
План типа 2 <sup>2</sup> =4	1	+1	+1	+1	+1	+1/3	+1/3	Y <sub>1</sub>
	2	+1	-1	+1	-1	+1/3	+1/3	Y <sub>2</sub>
	3	+1	+1	-1	-1	+1/3	+1/3	Y <sub>3</sub>
	4	+1	-1	-1	+1	+1/3	+1/3	Y <sub>4</sub>
«Звездные» точки с плечом α=1 2k=4	5.	+1	+1	0	0	+1/3	-2/3	Y <sub>5</sub>
	6.	+1	-1	0	0	+1/3	-2/3	Y <sub>6</sub>
	7.	+1	0	+1	0	-2/3	+1/3	Y <sub>7</sub>
	8.	+1	0	-1	0	-2/3	+1/3	Y <sub>8</sub>
Нулевая точка n <sub>0</sub> =1	9.	+1	0	0	0	-2/3	-2/3	Y <sub>9</sub>

Реализация опытов по матрице ЦКОП (с преобразованной квадратичной переменной) позволяет построить модель вида:

$$Y = b_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} b_i X_i + \sum_{1 \leq i < l \leq k} b_{il} X_i X_l + \sum_{1 \leq i \leq k} b_{ii} X_i^2, \quad (16)$$

где  $X_i^2 = X_i^2 + X_i^{2/}$ .

Чтобы перейти к обычной форме записи уравнения регрессии, находят величину b<sub>0</sub>:

$$b_0 = b_0 - b_{11} X_1^2 - \dots - b_{kk} X_k^2. \quad (17)$$

Обработка результатов эксперимента и проверка адекватности уравнения проводится так же, как при реализации плана первого порядка.

Таблица 2.5 – Матрица ОЦКП второго порядка для трех факторов (N=15; k=3; n<sub>0</sub>=1)

Содержание плана	Номер опыта	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> <sup>2</sup> - 0,73	X <sub>2</sub> <sup>2</sup> - 0,73	X <sub>3</sub> <sup>2</sup> - 0,73	Y
План 2 <sup>3</sup>	1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+0,27	+0,27	+0,27	Y <sub>1</sub>
	2	+1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	+0,27	+0,27	+0,27	Y <sub>2</sub>
	3	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	+0,27	+0,27	+0,27	Y <sub>3</sub>
	4	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+0,27	+0,27	+0,27	Y <sub>4</sub>
	5	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+0,27	+0,27	+0,27	Y <sub>5</sub>
	6	+1	-1	+1	-1	-1	-1	+1	+0,27	+0,27	+0,27	Y <sub>6</sub>
	7	+1	+1	-1	-1	-1	+1	-1	+0,27	+0,27	+0,27	Y <sub>7</sub>
	8	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+0,27	+0,27	+0,27	Y <sub>8</sub>
«Звездная» точка с плечом α=1,215 2k=6	9	+1	+1,215	0	0	0	0	0	+0,746	-0,73	-0,73	Y <sub>9</sub>
	10	+1	-1,215	0	0	0	0	0	+0,746	-0,73	-0,73	Y <sub>10</sub>
	11	+1	0	+1,215	0	0	0	0	-0,73	+0,746	-0,73	Y <sub>11</sub>
	12	+1	0	-1,215	0	0	0	0	-0,73	+0,746	-0,73	Y <sub>12</sub>
	13	+1	0	0	+1,215	0	0	0	-0,73	-0,73	+0,746	Y <sub>13</sub>
	14	+1	0	0	-1,215	0	0	0	-0,73	-0,73	+0,746	Y <sub>14</sub>
Нулевая n <sub>0</sub> =1	15	+1	0	0	0	0	0	0	-0,73	-0,73	-0,73	Y <sub>15</sub>

Основные формулы для коэффициента модели, построенной по ЦОКП второго порядка для двух факторов, имеют следующий конкретный вид (формулы (17)–(27)):

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^9 X_0 Y_i}{\sum_{i=1}^9 X_0^2}, \text{ где } \sum_1^9 X_0^2 = N = 9, \quad b_0 = b_0 - b_{11} X_1^2 - b_{22} X_2^2, \quad (18)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^9 X_1 Y_i}{\sum_1^9 X_1^2}, \text{ где } \sum_1^9 X_1^2 = 6, \quad (19)$$

$$b_2 = \frac{\sum_{i=1}^9 X_2 Y_i}{\sum_1^9 X_2^2}, \text{ где } \sum_1^9 X_2^2 = 6, \quad (20)$$

$$b_{12} = \frac{\sum_{i=1}^9 X_1 X_2 Y_i}{\sum_1^9 (X_1 X_2)^2}, \text{ где } \sum_1^9 (X_1 X_2)^2 = 4, \quad (21)$$

$$b_{11} = \frac{\sum_{i=1}^9 (X_1^2 - \frac{2}{3}) Y_i}{\sum_1^9 (X_1^2 - \frac{2}{3})^2}, \text{ где } \sum_1^9 (X_1^2 - \frac{2}{3})^2 = 2, \quad (22)$$

$$b_{22} = \frac{\sum_{i=1}^9 (X_2^2 - \frac{2}{3}) Y_i}{\sum_1^9 (X_2^2 - \frac{2}{3})^2}, \text{ где } \sum_1^9 (X_2^2 - \frac{2}{3})^2 = 2. \quad (23)$$

## 2.4 Проведение эксперимента и обработка его результатов

Эксперимент проводят по матрице, в которой каждая строка предписывает условия опыта. Для исключения систематических ошибок рекомендуется опыты, предусмотренные матрицей, проводить в случайной последовательности (проводить *рандомизацию*), при этом порядок проведения опытов выбирается по таблице случайных чисел.

Обработку результатов опытов рекомендуется проводить статистическими приемами, основанными на методе наименьших квадратов, в следующей последовательности:

1. *Оценка ошибки опытов* по параллельным опытам (определяется как корень квадратный из дисперсии опыта) и отсеивание сомнительных результатов по критерию Стьюдента.

2. *Вычисление коэффициентов модели*

Свободный член  $b_0$  определяют по формуле:

$$b_0 = \frac{\sum_{j=1}^N Y_j}{N}, \quad (24)$$

где  $N$  – количество опытов;  $Y_j$  – значение параметра оптимизации в  $j$ -м опыте.

Коэффициенты регрессии, характеризующие линейные эффекты, вычисляют по выражению:

$$b_i = (\sum_{j=1}^N X_{ij} Y_j) / N. \quad (25)$$

Коэффициенты, характеризующие эффекты взаимодействия, определяют по формуле:

$$b_{il} = (\sum_{j=1}^N X_{ij} X_{lj} Y_j) / N, \quad (26)$$

где  $i, l$  – номер фактора;  $j$  – номер опыта в матрице планирования;  $X_{ij}$ ,  $X_{lj}$  – кодированные значения ( $\pm 1$ ) факторов  $i$  и  $l$  в  $j$ -м опыте.

3. *Расчет доверительных интервалов* коэффициентов по формуле:

$$\Delta b_i = \pm t S_{bi}, \quad (27)$$

где  $t$  – табличное значение критерия Стьюдента.

$$S_{bi} = + \sqrt{\frac{S_y^2}{N}}, \quad (28)$$

а  $S_y^2$  – дисперсия параметра оптимизации.

Коэффициент значим, если его абсолютная величина больше доверительного интервала.

4. *Проверка гипотезы адекватности* модели по критерию Фишера ( $F$ ), табличное значение которого берется из приложения ( $F_T$ ):

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_y^2} \text{ расчетное значение,} \quad (29)$$

где  $S_{ад}^2$  – дисперсия адекватности, которая определяется по формуле:

$$S_{ад}^2 = \frac{\sum_{j=1}^N \Delta y_j^2}{f}, \quad (30)$$

где  $\Delta y_j$  – разность между вычисленным по модели значением параметров оптимизации и полученным в  $j$ -м опыте;  $f$  – число степеней свободы для линейной модели, определяется по формуле:

$$f = N - (k+1),$$

где  $k$  – число факторов.

Необходимо помнить, что при вычислении коэффициентов модели при отыскании ее вида значения факторов подставляют в **кодированном** виде.

Модель адекватна, если расчетное значение критерия Фишера  $F_p$  меньше его табличного значения  $F_T$  для принятых доверительной вероятности и числе степеней свободы  $f$ .

5. *Переход к натуральным математическим моделям* путем подстановки в кодированные адекватные модели кодированных значений факторов:

$$X_i = (X^{\wedge}_i - X^{\wedge}_{i0}) / \Delta X^{\wedge}_i, \quad (31)$$

где  $X_i$  и  $X^{\wedge}_i$  – соответственно кодированное и натуральное значения факторов;  $X_i$  – конкретное значение факторов на нулевом уровне;  $\Delta X_i$  – конкретное значение интервала варьирования факторов.

## 2.5 Порядок анализа полученных данных по модели

Анализ полученной кодированной модели проводят по формализованным признакам. *Значения коэффициентов* при независимых переменных в кодированной модели указывают на силу влияния факторов. Чем больше численная величина коэффициента, тем большее влияние оказывает фактор на параметр оптимизации. Если коэффициент имеет знак «+», то с увеличением значения



4) Провести эксперимент, варьируя факторы по заданным в матрице уровням и измеряя параметр оптимизации, заполнить таблицу с планом эксперимента данными по значению параметра оптимизации.

5) Рассчитать математическую модель рецептуры комбинированного продукта в кодированном и натуральном виде.

6) Проанализировать математическую модель рецептуры в кодированном виде, выяснить направления влияния факторов и интенсивность их влияния;

7) Рассчитать оптимальные значения изменяемых факторов.

8) Построить геометрическую модель рецептуры (объемный график).

8) Получить ППП, проведя эксперимент по его изготовлению согласно рецептуре с оптимальными значениями рассчитанных дозировок ингредиентов.

#### **4 Задание к работе**

Спланировать эксперимент, получить математическую модель и оптимизировать рецептуру:

1) обогащенного хлеба;

2) функционального освежающего напитка;

3) сливочного мороженого;

4) желейного мармелада;

5) биологически активной добавки к пище на основе экстрактов лекарственных трав;

6) биологически активной добавки к пище на основе вторичного рыбного сырья;

7) биологически активной добавки к пище для спортивного питания;

8) биологически активной добавки к пище хондропротекторного действия;

9) обогащенной пищевыми волокнами вареной колбасы;

10) функционального йогурта;

11) рыборастворительных палочек;

12) роллов японской кухни;

13) салатов на основе морских водорослей;

14) конфитюра с использованием дикорастущих ягод;

15) мясного хлеба;

16) мясного пудинга для детского питания;

17) холодного чая с фруктовыми добавками;

18) сырокопченых колбасок с ореховыми шротами;

19) жировой композиции с добавлением жира морепродуктов;

20) сушеных рыбных стейков, обогащенных при посоле функциональными ингредиентами.

## 5 Пример

**Задание:** спланировать эксперимент, получить математическую модель и оптимизировать рецептуру творожного изделия, обогащенного сушеной ламинарией и курагой, и провести математический анализ.

В качестве творожного изделия выбран творожный сырок массой 100 г. В качестве основных изменяемых параметров при оптимизации рецептуры выбраны:

- $x_1$  – содержание ламинарии, г;
- $x_2$  – содержание кураги, г.

Диапазон измерения основных факторов, подлежащих оптимизации (Мл, Мк), а также пределы их варьирования, приведенные в таблице 2.6, были установлены на основе предварительных экспериментов.

Таблица 2.6 – Значение изменяемых факторов (дозировок ламинарии и кураги), их интервала и предельного значения

Факторы	Уровни			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
Содержание ламинарии (Мл), г	0,60	0,75	0,90	0,15
Содержание кураги (Мк), г	2,0	2,5	3,0	0,5

Качество творожного изделия оценивалось по следующему показателю (частному отклику):

О – органолептическая оценка, баллы (идеальное значение 15,0 баллов)

План эксперимента в соответствии с матрицей ОЦКП второго порядка для двух факторов, а также данные для обработки полученных данных, приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Матрица ортогонального планирования и план эксперимента при моделировании рецептуры обогащенного творожного изделия

№ опыта	План эксперимента				Данные для математической обработки				
	содержание ламинарии, г		содержание кураги, г		$x_0$	$x_1x_2$	$x_1^{2-2/3}$	$x_2^{2-2/3}$	у
	по матрице $x_1$	натурально Мл	по матрице $x_2$	натурально Мк					
1	+1	0,90	+1	3,0	+1	+1	+ $\frac{1}{3}$	+ $\frac{1}{3}$	$y_1$
2	-1	0,60	+1	3,0	+1	-1	+ $\frac{1}{3}$	+ $\frac{1}{3}$	$y_2$
3	+1	0,90	-1	2,0	+1	-1	+ $\frac{1}{3}$	+ $\frac{1}{3}$	$y_3$
4	-1	0,60	-1	2,0	+1	+1	+ $\frac{1}{3}$	+ $\frac{1}{3}$	$y_4$
5	+1	0,90	0	2,5	+1	0	+ $\frac{1}{3}$	- $\frac{2}{3}$	$y_5$
6	-1	0,60	0	2,5	+1	0	+ $\frac{1}{3}$	- $\frac{2}{3}$	$y_6$

7	0	0,75	+1	3,0	+1	0	-2/3	+1/3	y <sub>7</sub>
8	0	0,75	-1	2,0	+1	0	-2/3	+1/3	y <sub>8</sub>
9	0	0,75	0	2,5	+1	0	-2/3	-2/3	y <sub>9</sub>
x <sub>ij</sub>	0		0		9	0	0	0	

План эксперимента и результаты органолептической оценки качества полученных обогащенных творожных изделий приведены в таблице 2.8. При этом органолептическая оценка качества оценивалась по 15-балльной специально разработанной шкале с учетом коэффициентов значимости отдельных показателей.

В данной таблице показан также расчет обобщенного параметра оптимизации, исходя из того, что в идеальном случае обогащенный продукт должен иметь органолептическую оценку 15 баллов. Чем ниже значение обобщенного параметра оптимизации, тем ближе по качеству частный продукт к «идеальному», т. е. тем выше его качество.

Таблица 2.8 – План эксперимента и результаты его реализации

№ опыта	План эксперимента		Частные отклики О, балл	Частные безразмерные отклики S <sub>o</sub> <sup>2</sup>	Обобщенный параметр оптимизации
	Мл, г	Мк,г			
1	0,90	3,0	12,2	0,035	0,035
2	0,60	3,0	13,7	0,0075	0,075
3	0,90	2,0	13,7	0,0075	0,075
4	0,60	2,0	13,0	0,018	0,018
5	0,90	2,5	14,2	0,0028	0,028
6	0,60	2,5	14,5	0,0011	0,0011
7	0,75	3,0	13,7	0,0075	0,0075
8	0,75	2,0	14,5	0,0011	0,0011
9	0,75	2,5	15,0	0	0

Безразмерный параметр оптимизации  $y_i$  устанавливают с применением способа введения метрики, задающей близость к «идеалу»:

$$y_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{y_{ui} - y_{u0}}{y_{u0}} \right), \quad (33)$$

где  $y_{ui}$  – значение экспериментального частного отклика;  $y_{u0}$  – наивысшее значение  $i$ -го отклика («идеал»);  $n$  – количество частных откликов.

Приведенная формула позволяет учесть влияние на  $y_i$  всех ее составляющих, независимо от их размерности и абсолютных значений. Чем ближе  $y_i$  к нулю, тем «идеальнее» условия эксперимента.

Сравнительный анализ результатов таблицы показал, что для качества творожного изделия оптимальными являются масса ламинарии 0,75 г и масса кураги 2,5 г (опыт 9). Совокупность благоприятных значений частных откликов отразилась в минимальной величине обобщенного параметра оптимизации – 0.

Близки к оптимальным также условия 6 и 8 экспериментов, о чем свидетельствуют небольшие значения параметров оптимизации – 0,0011.

В результате вычисления коэффициентов математической регрессии при аппроксимации функции отклика полиномами второй степени, а также проверки значимости полученных значений коэффициентов путем их сравнения с соответствующими доверительными интервалами была получена кодированная математическая модель рецептуры:

$$y = -0,0069 + 0,019x_1 + 0,002x_2 + 0,009x_1x_2 - 0,013x_1^2 + 0,011x_2^2,$$

где  $x_1$  – содержание ламинарии, г;  $x_2$  – содержание кураги, г.

Сравнивая абсолютные значения коэффициентов друг с другом, можно установить, что несколько более высокие значения первого фактора ( $x_1$ ) свидетельствуют о большем влиянии содержания ламинарии на качество творожного изделия, чем дозировка кураги.

Переход к математической модели рецептуры творожного изделия с натуральными значениями факторов дает возможность прогнозировать качество полученного продукта:

$$y = 0,0631 + 0,697M_{\text{Л}} - 0,306M_{\text{К}} + 0,12M_{\text{Л}}M_{\text{К}} - 0,578M_{\text{Л}}^2 + 0,044M_{\text{К}}^2.$$

Уравнение дает возможность рассчитать оптимальную рецептуру творожного изделия:

$$\begin{aligned}\frac{dy}{dx_1} &= 0,697 + 0,12M_{\text{К}} + 1,156M_{\text{Л}}. \\ \frac{dy}{dx_2} &= -0,306 + 0,12M_{\text{Л}} + 0,88M_{\text{К}}.\end{aligned}$$

Расчетные оптимальные значения дозировок ламинарии и кураги, полученные методом дифференцирования уравнений в натуральном виде, оказались следующими:

- содержание ламинарии  $M_{\text{Л}}=0,77$  г;
- содержание ароматического экстракта  $M_{\text{К}}=2,2$  г.

По формуле (30) была рассчитана дисперсия адекватности при числе степеней свободы  $N = 7$ .

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{0,0147}{7} = 0,0021.$$

Проверена гипотеза адекватности по критерию Фишера (формула (28)), в соответствии с которой модель является адекватной, так как расчетный критерий Фишера оказался меньше его табличного значения:

$$F_{\text{р}} = \frac{0,0021}{2,5} = 0,00084 \approx 0.$$

Табличное значение критерия Фишера для числа степеней свободы 7 равно:  $F_{\text{т}} = 18,5$ .

В связи с тем, что  $F_T > F_p$ , утверждаем – полученная модель рецептуры творожного изделия является адекватной, т. е. пригодной для моделирования, прогнозирования и аппроксимации информации в пределах заданного пространства (области моделирования).

### Контрольные вопросы

1. Что такое планирование эксперимента? Какими принципами следует руководствоваться при планировании эксперимента?
2. Какими преимуществами обладает спланированный математически эксперимент перед классическим однофакторным экспериментом?
3. Что такое параметр оптимизации? Какие требования предъявляются к нему?
4. Что такое математическая модель? Какая модель называется адекватной? Как определить адекватность модели?
5. Что такое объект исследования? Какие требования предъявляются к нему?
6. Что такое фактор в эксперименте по моделированию? Какие требования предъявляются к нему? Как выбираются факторы в планировании эксперимента?
7. Какой эксперимент является полным факторным экспериментом?
8. Что такое основной уровень фактора? Как он показывается в кодированных расчетах?
9. Что такое интервал варьирования фактора? Как он учитывается при переходе от кодированной к натуральной модели?
10. Какими преимуществами обладают ортогональные планы? Назовите основной алгоритм определения коэффициентов модели при применении ОЦКП 2-го порядка для двух факторов.

## Лабораторная работа 3

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЕГО ФАКТОРОВ

**1 Цель:** применить теорию математического планирования эксперимента для получения математической модели технологического процесса производства поликомпонентных продуктов питания и оптимизация его.

#### 2 Теоретический материал

Моделирование технологического процесса производства ППП проводится по тому же алгоритму, что и моделирование рецептуры продукта (см. тему 2). При этом в качестве изменяемых факторов выбираются факторы технологического процесса, непосредственно влияющие на его протекание (температура, рН, влажность, продолжительность и т. д.), подлежащие регулированию и управлению, имеющие количественно определяемые уровни.

В качестве параметров оптимизации выбираются частный ( $\epsilon$ ) отклик(и), характеризующие качество процесса (скорость, потери массы, выход продукции и т. д.) или качество конечного продукта (содержание компонента, органолептические свойства, показатели пищевой ценности и т. д.).

В случае, если параметр оптимизации определяется несколькими частными откликами, его обобщают, используя метод «приближения к идеалу».

#### 3 Ход работы

1) Проанализировать технологию производства заданного комбинированного пищевого продукта.

2) Выбрать два изменяемых фактора технологии (продолжительность операции, скорость процесса, потери массы, выход продукции и т. д.), параметр оптимизации (частные отклики, обобщенный параметр оптимизации).

3) Разработать план эксперимента на основе матрицы ОЦКП второго порядка для двух факторов.

4) Провести эксперимент, варьируя факторы по заданным в матрице уровням и измеряя параметр оптимизации, заполнить таблицу с планом эксперимента данными по значению параметра оптимизации.

5) Рассчитать значения коэффициентов математической модели технологии комбинированного продукта в кодированном и натуральном виде.

6) Проанализировать математическую модель технологии в кодированном виде, выяснить направления и интенсивность влияния факторов.

7) Рассчитать оптимальные значения изменяемых факторов технологии.

8) Дать геометрическую интерпретацию модели технологии.

8) Получить ППП, проведя эксперимент по его изготовлению согласно оптимальным значениям факторов технологии.

#### 4 Задание к работе

Спланировать эксперимент, получить математическую модель и оптимизировать его технологию по изменяемым факторам, определяющим качество:

- 1) обогащенного хлеба;
- 2) функционального освежающего напитка;
- 3) сливочного мороженого;
- 4) желейного мармелада;
- 5) биологически активной добавки к пище на основе экстрактов лекарственных трав;
- 6) биологически активной добавки к пище на основе вторичного рыбного сырья;
- 7) биологически активной добавки к пище для спортивного питания;
- 8) биологически активной добавки к пище хондропротекторного действия;
- 9) обогащенной пищевыми волокнами вареной колбасы;
- 10) функционального йогурта;
- 11) рыборастворительных палочек;
- 12) роллов японской кухни;
- 13) салатов на основе морских водорослей;
- 14) конфитюра с использованием дикорастущих ягод;
- 15) мясного хлеба;
- 16) мясного пудинга для детского питания;
- 17) холодного чая с фруктовыми добавками;
- 18) сырокопченых колбасок с ореховыми шротами;
- 19) жировой композиции с добавлением жира морепродуктов;
- 20) сушеных рыбных стейков, обогащенных при посоле функциональными ингредиентами.

#### 5 Пример

*Задание:* спланировать эксперимент, получить математическую модель технологии получения желированных биодобавок к пище остеотропного и хондропротекторного действия на основе чешуи и голов рыб, остающихся при производстве консервов; оптимизировать их технологию по изменяемым факторам, определяющим технологичность процесса и качество готовых изделий.

Первоначально выполняем анализ технологии биодобавки «Биошуппжеле», которая изготавливается путем желирования фитокомпозиции с включением тонко измельченной пищевой добавки из сваренной чешуи, получившей название «Биошуппе». Технологическая схема изготовления пищевой добавки «Биошуппе» представлена на рисунке 3.1.

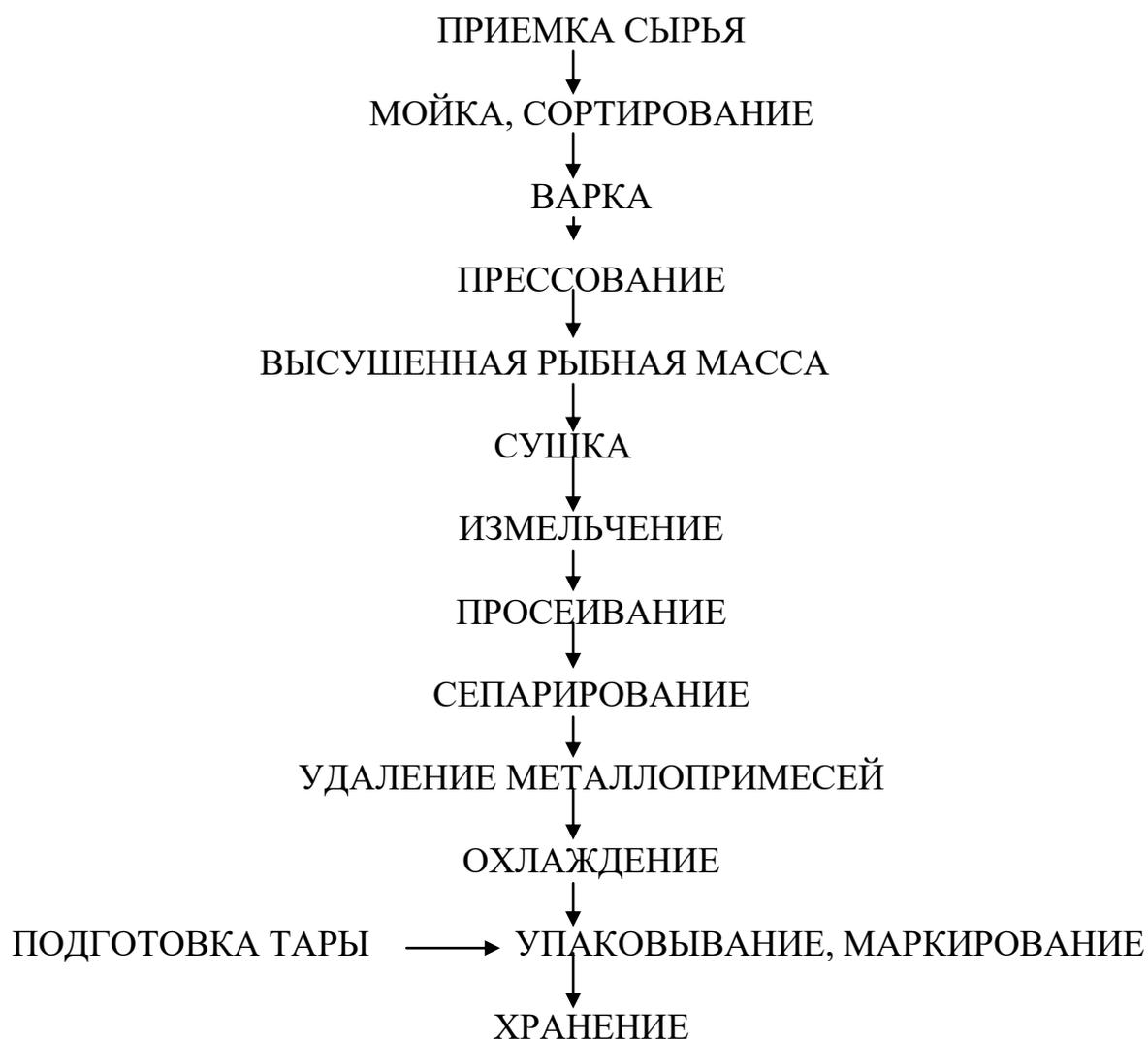


Рисунок 3.1 – Технологическая схема изготовления пищевой добавки из чешуи рыб «Биошуппе»

Технологическая схема изготовления биодобавки «Биошуппжеле», обогащенной пищевой добавкой «Биошуппе», представлена на рисунке 3.2.

В исследованиях по оптимизации факторов технологии биодобавки «Биошуппжеле» использован ортогональный центральный композиционный план второго порядка для двух факторов.

Целевыми биопродуктами являлась биодобавка «Биошуппжеле», содержащая пищевую добавку «Биошуппе» (сушеная и тонко измельченная чешуя сардины) с фитоконпонентами, перешедшими в желированную часть в результате настаивания фитосбора (череда трехраздельная трава, шалфей листья, мята перечная листья) при температуре около 40 °С.

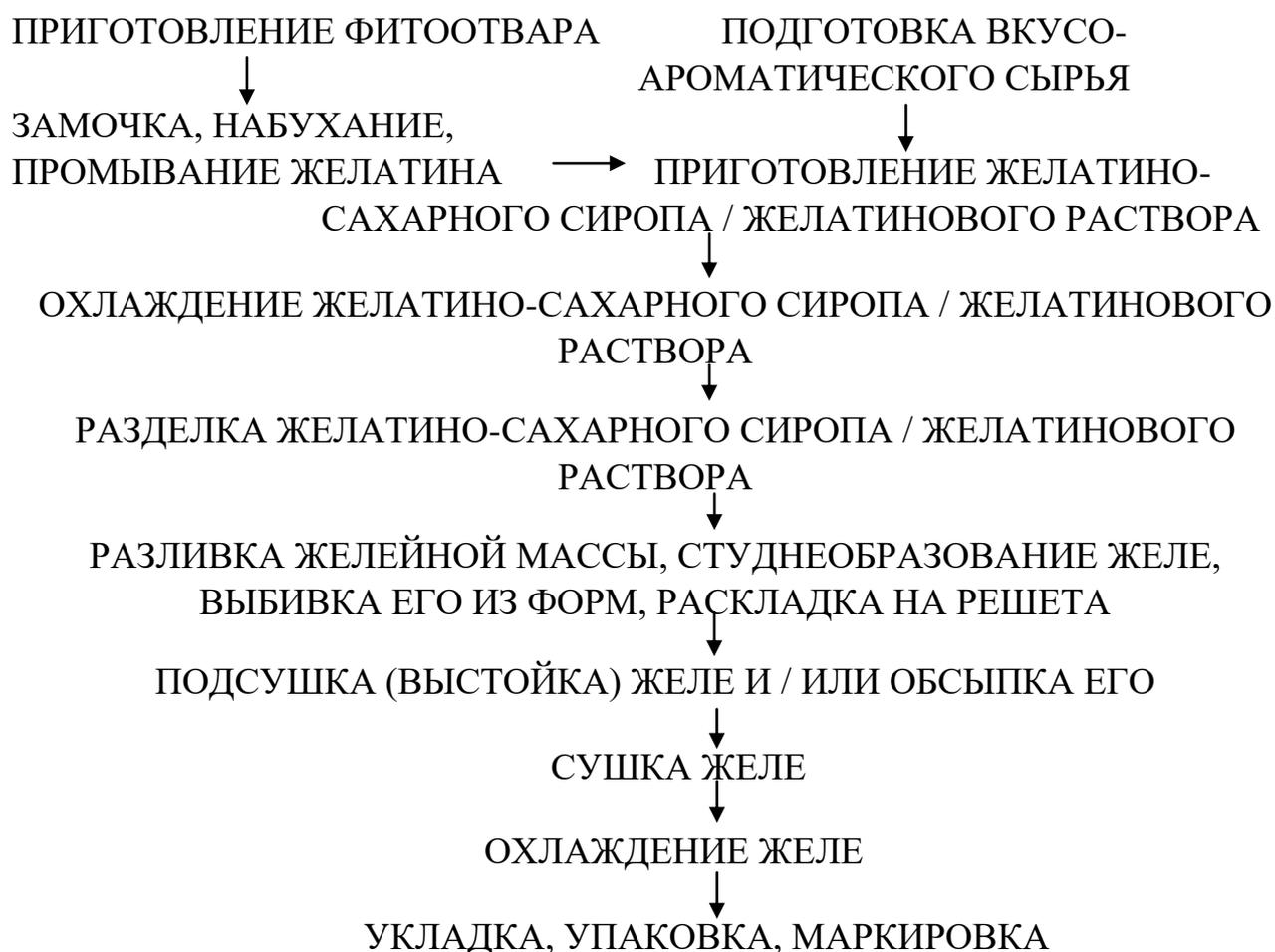


Рисунок 3.2 – Технологическая схема изготовления биодобавки «Биошуппжеле»

На основе априорной информации были выбраны основные факторы технологии, диапазон их изменения, а также пределы варьирования приведены в таблице 3.1. В качестве параметра оптимизации обосновано принята балльная органолептическая оценка качества биодобавки (максимальная оценка 5 баллов).

Таблица 3.1 – Пределы варьирования и уровни изменяемых факторов в технологии биодобавки «Биошуппжеле» на основе чешуи рыб

Фактор	Уровень			Интервал варьирования $\Delta\ddot{X}$
	+1	0	-1	
Продолжительность экстрагирования желированной биодобавкой фитокомпонентов, $\ddot{X}_1$ , ч	4,0	3,0	2,0	1,0
Продолжительность созревания БАД в итоговой композиции, $\ddot{X}_2$ , ч	3,5	3,0	2,5	0,5

Реализация эксперимента была осуществлена согласно матрице ОЦКП после ее рандомизации. Условия опытов, а также значения частных показателей качества биопродукта, полученные в результате исследований, приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – План эксперимента согласно матрице ОЦКП и результаты оценки качества образцов биодобавки на основе чешуи и голов рыб

Содержание плана	Номер опыта	Условия опытов								Параметр оптимизации $\bar{y}$ , органолептическая оценка, баллы
		$\bar{X}_0$	$\bar{X}_1, \text{ г}$		$\bar{X}_2, \text{ г}$		$\bar{X}_1\bar{X}_2$	$\bar{X}_1^2 - 2/3$	$\bar{X}_2^2 - 2/3$	
			код.	нат.	код.	нат.				
План $2^2$	1	+1	+1	4,0	+1	3,5	+1	+1/3	+1/3	2
	2	+1	-1	2,0	+1	3,5	-1	+1/3	+1/3	3
	3	+1	+1	4,0	-1	2,5	-1	+1/3	+1/3	1
	4	+1	-1	2,0	-1	2,5	+1	+1/3	+1/3	3
«Звездные» точки с плечом $\alpha=1$ $2K=4$	5	+1	+1	4,0	0	3,0	0	+1/3	-2/3	2
	6	+1	-1	2,0	0	3,0	0	+1/3	-2/3	4
	7	+1	0	3,0	+1	3,5	0	-2/3	+1/3	4
	8	+1	0	3,0	-1	2,5	0	-2/3	+1/3	3
Нулевая точка $n_0=1$	9	+1	0	3,0	0	3,0	0	-2/3	-2/3	5

Параметр оптимизации  $Y$  в данных экспериментах оценивался по характеристикам аромата и вкуса при разжевывании по пятибалльной шкале.

За основу при аппроксимации функции отклика было взято уравнение второго порядка для двух факторов. При использовании плана ОЦКП расчет коэффициентов математической модели ведем по матрице в кодированном виде:

$$b_0 = \sum(x_0 y_i) / \sum(x_0^2) = 27/9 = 3;$$

$$b_1 = \sum(x_1 y_i) / \sum(x_1^2) = -5/6 = -0,833;$$

$$b_2 = \sum(x_2 y_i) / \sum(x_2^2) = 0,333;$$

$$b_{12} = \sum(x_1 x_2 y_i) / \sum(x_1 x_2)^2 = 0,25;$$

$$b_{11} = \sum(x_1^2 - 2/3) y_i / \sum(x_1^2 - 2/3)^2 = -1,5;$$

$$b_{22} = \sum(x_2^2 - 2/3) y_i / \sum(x_2^2 - 2/3)^2 = -1.$$

В результате данных расчетов получена так называемая кодированная математическая модель исследуемого процесса, представляющая собой зависимость органолептической оценки от продолжительности экстракции фитокомпонентов и продолжительности созревания биодобавки (выдержки при заданной температуре) в виде:

$$y = 4,67 - 0,833x_1 + 0,333x_2 + 0,250x_1x_2 - 1,500x_1^2 - x_2^2.$$

Анализ модели в кодированном виде показывает следующее. Значение знака перед первым фактором ( $X_1$  – продолжительности экстракции фитокомпонентов) указывает на то, что в исследованном интервале ее желательно увеличивать для улучшения органолептических показателей готового биопродукта ( $Y$  – органолептическая оценка в данном случае стремится к «идеалу» - 5 баллов). Разные знаки перед  $X_2$  свидетельствуют о некотором оптимуме внутри интервала значений созревания за счет перераспределения фитокомпонентов. Сравнивая абсолютные значения коэффициентов друг с другом, можно констатировать, что несколько большие значения первого фактора свидетельствуют о большем воздействии на органолептические показатели готовой продукции времени экстракции БАВ фитокомпонентов, чем времени их перераспределения при созревании биодобавки.

Проверку значимости коэффициентов модели ведем путем сравнения абсолютной величины коэффициента с его доверительным интервалом  $\Delta b_i$ :

$$\Delta b_i = \pm t S_{b_i},$$

где  $t$  – критерий Стьюдента и равен 2,31 при  $g=0,05$  и  $f=8$ ;  $S_{b_i}$  – дисперсии коэффициентов модели.

$$S_{b_0}^2 = 2/9 = 0,22; S_{b_1}^2 = S_{b_2}^2 = 2/6 = 0,33; S_{b_{12}}^2 = 2/4 = 0,5; S_{b_{11}}^2 = S_{b_{22}}^2 = 2/2 = 1.$$

Коэффициент значим, если его абсолютная величина больше доверительного интервала:

$$\Delta b_0 = \pm 2,31 * 0,47 = \pm 1,09 \text{ – коэффициент } b_0 \text{ значим;}$$

$$\Delta b_1 = \Delta b_2 = \pm 2,31 * 0,57 = \pm 1,32 \text{ – коэффициенты } b_1 \text{ и } b_2 \text{ значимы;}$$

$$\Delta b_{12} = \pm 2,31 * 0,71 = \pm 1,64 \text{ – коэффициент } b_{12} \text{ значим;}$$

$$\Delta b_{11} = \Delta b_{22} = \pm 2,31 * 1 = \pm 2,31 \text{ – коэффициенты } b_{11} \text{ и } b_{22} \text{ значимы.}$$

Проверку адекватности полученного в кодированном виде уравнения ведем по критерию Фишера (F-критерию) путем сравнения его расчетного значения  $F_{рс}$  табличным  $F_t$ .

$F_t = 18,5$  для доверительной вероятности 95 % и числа степеней свободы  $f_{числ} = K - I = K$ ;  $f_{знам} = n_j - 1 = 3 - 1 = 2$ , где  $K$  – число факторов;  $n_j$  – число параллельных опытов. Модель адекватна, если  $F_{рс} < F_t$ . Расчетное значение критерия Фишера находим по формуле:

$$F_{р} = S_{ад}^2 / S_y^2,$$

где  $S_{ад}^2$  – дисперсия адекватности модели, рассчитывается по формуле:

$$S_{ад}^2 = \sum \Delta y_i^2 / f,$$

где  $f$  – число степеней свободы:  $f = N - (K + 1) = 9 - 3 = 6$ , где  $K$  – число факторов.

Полученные значения  $\check{y}_i$ :

$$\check{y}_1 = 3,587; \check{y}_2 = 4,753; \check{y}_3 = 2,421; \check{y}_4 = 4,587; \check{y}_5 = 4,003; \check{y}_6 = 5,669; \check{y}_7 = 5,670; \check{y}_8 = 5,004; \check{y}_9 = 6,336.$$

$$\Delta \check{y}_1 = 1,587; \Delta \check{y}_2 = 1,753; \Delta \check{y}_3 = 1,421; \Delta \check{y}_4 = 1,587; \Delta \check{y}_5 = 2,003; \Delta \check{y}_6 = 1,669; \Delta \check{y}_7 = 1,67; \Delta \check{y}_8 = 2,004; \Delta \check{y}_9 = 1,336.$$

$\Delta\ddot{y}_1^2=2,519$ ;  $\Delta\ddot{y}_2^2=3,073$ ;  $\Delta\ddot{y}_3^2=2,019$ ;  $\Delta\ddot{y}_4^2=2,455$ ;  $\Delta\ddot{y}_5^2=4,012$ ;  $\Delta\ddot{y}_6^2=2,786$ ;  
 $\Delta\ddot{y}_7^2=2,789$ ;  $\Delta\ddot{y}_8^2=4,016$ ;  $\Delta\ddot{y}_9^2=1,785$ .  $\Sigma \Delta\ddot{y}_i^2=25,454$ .

Таким образом, расчетное значение дисперсии адекватности

$$S_{ад}^2=25,454/6=4,242.$$

$$F_p=4,242/2=2,121<18,5.$$

Следовательно, модель адекватна, т. е. применима для анализа и оптимизации процесса получения биодобавки.

Для отыскания оптимальных значений факторов технологии подставим натуральные значения факторов (см. таблицу 3.1) в кодированную модель:  $X_1=(\ddot{X}_1-3)/2$  и  $X_2=(\ddot{X}_2-2)/1$ . После приведения подобных полиномиальная модель второго порядка в натуральном виде, описывающая технологию биодобавки остеотропного и хондропротекторного действия, будет иметь вид:

$$y=-39,829+6,667x_1+23,166x_2+0,500x_1x_2-1,500x_1^2-4,000x_2^2.$$

Натуральная модель пригодна для отыскания оптимальных значений факторов, которые также являются координатами точки экстремума аппроксимированной геометрически функции отклика (рисунок 3.3).

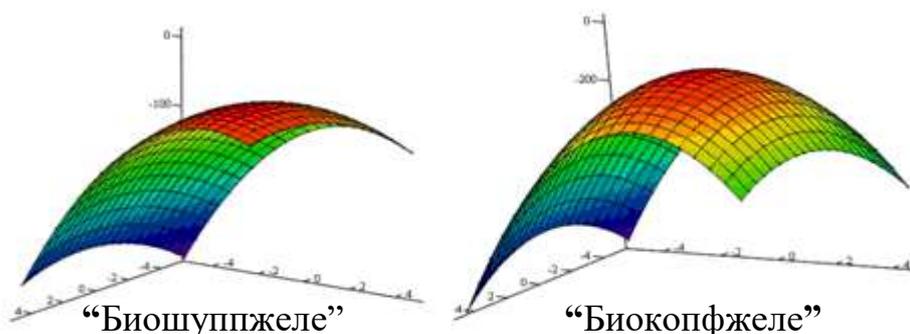


Рисунок 3.3 – Геометрическая интерпретация моделей рецептур биодобавок

Расчет координат экстремума полученных моделей позволил обосновать продолжительности экстракции и созревания соответствующих биопродуктов: соответственно «Биошуппжеле» с добавкой «Биошуппе» – 6,2 и 6,9 ч; «Биокопфжеле» с добавкой «Биокопф» – 6,8 и 8,9 ч.

Биопродукты «Биошуппжеле» и «Биокопфжеле» биопродукты изготавливают в желейном виде на основе студнеобразователя желатин, формовыми.

По органолептическим показателям биопродукты должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Органолептические показатели биодобавок

Показатель	Характеристика	
	Биопродукт «Биошуппжеле»	Биопродукт «Биокопфжеле»
Вкус	Приятный, сладковатый, легкий, отдает травяным вкусом, без рыбного вкуса, без постороннего привкуса	Свойственный рыбному изделию, сбалансированный, с оттенком используемых пряностей, без постороннего привкуса
Запах	Приятный, очень легкий, с травяным оттенком, не резкий, без рыбного запаха, без постороннего запаха	Свойственный рыбному изделию, сбалансированный, не резкий, с оттенком используемых пряностей, без постороннего запаха
Цвет	Светло-коричневый, прозрачный, на просвет янтарный, без видимых частичек добавки, ровный, однородный	Светло-коричневый, с включениями используемых добавки и специй по всему объему
Консистенция	Затяжистая, плотная, но не жесткая, постепенно тает во рту, пузырьки отсутствуют, не липкий	Затяжистая, плотная, но не жесткая, постепенно тают во рту, пузырьки отсутствуют, не липкий
Форма	Правильная, с четким контуром, без деформации	Правильная, с четким контуром, без деформации
Поверхность	Глянцованная или обсыпанная корицей, на изломе также глянцованная	Глянцованная, на изломе также глянцованная

По физико-химическим показателям биодобавки должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Физико-химические показатели биодобавок

Наименование показателя	Норма	
	Влажность, %	15–23
Общая кислотность, град.	7,5–22,5	7,5–22,5
Белок, %	15–20	50–60
Кальций, %	1–2	0,2–0,3
Фосфор, %	0,4–0,5	0,2–0,3

Содержание токсичных элементов не должно превышать норм, утвержденных Министерством здравоохранения РФ.

*Разработка рекомендаций по применению новых биодобавок*

В связи с тем, что разработанные биодобавки являются, прежде всего, источником белка, кальция и фосфора, находящихся в сбалансированном для человека соотношении, удовлетворяющие суточную потребность в этих веществах соответственно на 20,7 и 26,1 % (для мужчин и женщин), 152,1, 53,6 % («Биошуппжеле»), на 62,4 и 78,8 % (для мужчин и женщин соответственно), 28, 34,2 % («Биокопфжеле»), они могут быть рекомендованы к применению при заболеваниях опорно-двигательного аппарата, особенно при остеопорозе (повреждение и истончение костной ткани), артрозе (поражение хрящевой ткани суставных поверхностей), артрите (поражение суставов), а также в качестве хондро- и остеопротекторов, предназначенных для профилактики этих заболеваний. Поскольку наиболее востребованы в данных веществах растущие организмы детей, активно тренирующихся спортсменов, людей, занятых на тяжелых физических работах, а также пожилых людей, страдающих, как правило, уже хроническими формами данных заболеваний, следует рекомендовать к употреблению данные продукты, прежде всего, этим целевым группам населения.

Принимать новые биопродукты на желатиновой основе следует как обычный жевательный мармелад.

Расчеты потребления, произведенные в соответствии с нормами поступления биологически активных веществ [30], исходя из требуемого количества кальция, фосфора, аминокислот, незаменимых жирных кислот, позволяют сделать следующие рекомендации по потреблению: «Биошуппжеле» – не менее 17 изделий в сутки (массой 4,5 г), «Биокопфжеле» – не менее 8 изделий в сутки (массой 6,5 г).

При этом биопродукт «Биошуппжеле» рекомендуется, прежде всего, детям, как сладкое изделие, а биопродукт «Биокопфжеле» – пожилым людям как источник многих функциональных биокомпонентов без сахара.

## Контрольные вопросы

1. Какова цель планирования технологического эксперимента?
2. Какие требования предъявляются к факторам при моделировании технологического процесса?
3. Как выбрать частные и обобщенный параметр оптимизации?
4. Почему первоначально определяют математическую модель в кодированном виде?
5. Почему первоначально надо определить значимость коэффициентов модели?
6. Что такое адекватность модели?
7. Какие требования предъявляются к факторам при планировании технологического эксперимента?
8. Как кодируются уровни факторов? Что дает кодирование значений факторов?
9. Как перейти от кодированной математической модели к натуральной? Что дает натуральная математическая модель?
10. Как получить геометрическую интерпретацию модели и какую информацию она несет? Как определить оптимальные значения факторов?

## Лабораторная работа 4

### РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ СХЕМЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**1 Цель:** разработать концептуальную схему конструирования поликомпонентного продукта питания, связывающую основные факторы формирования качества и функциональности продукта, с его потребительскими свойствами, как единого комплекса показателей качества, в виде обобщенного функционального уравнения.

#### 2.1 Теоретический материал

##### 2.1.1 Концептуальная схема конструирования ППП

Разработка концептуальной схемы конструирования новых поликомпонентных пищевых продуктов базируется на учете всех факторов, определяющих функциональные и потребительские свойства разрабатываемого пищевого продукта, как единого комплекса показателей, связанных друг с другом. Общий вид концептуальной схемы конструирования пищевых продуктов приведен на рисунке 4.1.

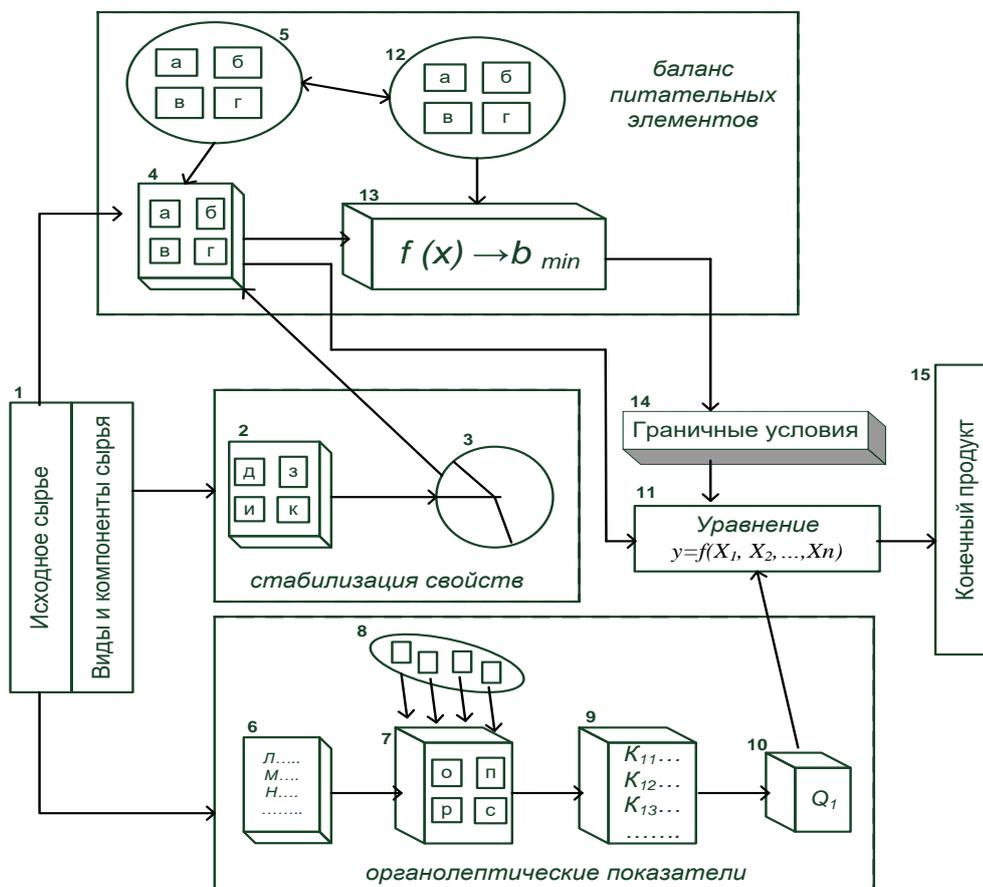


Рисунок 4.1 – Концептуальная схема конструирования поликомпонентных пищевых продуктов

Согласно предлагаемой схеме обоснование качественного и количественного состава проектируемого ППП проводится сразу в трех направлениях: по балансу питательных веществ, по стабилизации свойств и по органолептическим показателям. Первым и определяющим шагом в таком конструировании становится выбор исходного сырья и вида конечного продукта, модификацию состава которого желательно провести путем обогащения, чтобы получить функциональный (обогащенный) продукт. Качество и функциональность конечного продукта обуславливают, прежде всего, составляющие сырья, биопотенциал которых предопределяет состав и свойства готового продукта.

На первом этапе конструирования производится предварительная оценка всех положительных и отрицательных сторон исходного сырья, основных предполагаемых путей модификации традиционной технологии и обогащения состава с целью проявления признака функциональности, а также обоснование путей стабилизации свойств и достижения высоких органолептических характеристик готового продукта.

Заключительным этапом конструирования является обобщенное выражение функции отклика качества готового продукта ( $y$ ) от основных факторов, его формирующих ( $x$ ):  $y=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ .

### **2.1.2 Влияние факторов технологии на пищевую ценность КПП**

Около 80 % пищевых продуктов проходит ту или иную тепловую обработку, при которой до определенных пределов повышается усвояемость, происходит размягчение продуктов, что делает их доступными для разжевывания, обработки пищеварительными ферментами и всасывания. Многие виды мяса, зернобобовые и ряд овощей исчезли бы из нашего питания, если бы не подвергались тепловой обработке. Воздействие теплоты приводит к разрушению вредных микроорганизмов и некоторых токсинов, что обеспечивает необходимую санитарно-гигиеническую безопасность продуктов, в первую очередь животного происхождения (мясо, птица, рыба, молочные продукты) и корнеплодов. Таким образом, тепловая обработка повышает микробиологическую стойкость пищевых продуктов и продлевает срок их хранения. При тепловой обработке некоторых продуктов (например, зернобобовых, яиц) разрушаются ингибиторы ферментов пищеварительного тракта человека, при обработке зернобобовых (особенно кукурузы) высвобождается витамин РР (ниацин) из неусвояемой неактивной формы – ниацитина. Наконец, немаловажным фактором является то, что различные виды тепловой обработки позволяют разнообразить вкус продуктов, что снижает их «приедаемость».

Однако все это вовсе не означает, что тепловая обработка продуктов не лишена недостатков. При тепловой обработке разрушаются витамины и некоторые биологически активные вещества, частично извлекаются и разрушаются белки, жиры, минеральные вещества, могут образовываться нежелательные вещества (продукты полимеризации жиров, меланоидины и др.). Таким образом, задача поиска рационального метода тепловой обработки сырья заключается в

том, чтобы нужная цель была достигнута при минимальной потере его полезных свойств.

Учитывая особенности кулинарной обработки растительных и животных продуктов, рассмотрим их отдельно.

Растительные продукты. Отличительной особенностью растительных продуктов является высокое содержание в них углеводов (свыше 70 % сухих веществ).

Абсолютное большинство растительных продуктов, используемых в питании человека, – это части растений с живыми паренхимными клетками, в которых и содержатся вещества, представляющие интерес с точки зрения питательности: моно- и олигосахариды и крахмал. Эти клетки имеет первичную оболочку, состоящую из низкомолекулярной целлюлозы и низкомолекулярных фракций гемицеллюлоз, важной отличительной особенностью которых является преобладание между структурными единицами  $\beta$ -1,4-связи, и именно эта связь не разрушается пищеварительными ферментами человека. В срединной пластинке и межклетниках находятся пектиновые вещества, в основе которых лежат остатки Д-галактуроновой кислоты, соединенные между собой  $\alpha$ -1,4-связями (эта связь также не разрушается пищеварительными ферментами человека). Однако в зависимости от фазы развития живой клетки степень полимеризации может сильно колебаться: от 20 до 200 и более остатков. С увеличением степени полимеризации уменьшается растворимость пектиновых веществ в воде и увеличивается механическая прочность. Так называемый протопектин, с которым связывают механическую прочность плодов, ягод и овощей, представляет собой в действительности высокомолекулярный пектин, образующий за счет связывания воды вторичную структуру, которая благодаря особым свойствам связанной воды придает твердость растительным продуктам. Вместе с тем все растения содержат активные пектинэстеразы и менее активные полигалактуроназы. В определенный период жизни растения эти ферменты активизируются и начинают разрушать вторичную структуру пектина с образованием низкомолекулярных пектинов и воды. При этом происходит размягчение продукта. Этот ферментативный процесс может происходить и при хранении. Поскольку первичная стенка легкопроницаема, а вторичной и тем более третичной стенок в живых клетках нет, образовавшиеся под действием пектолитических ферментов низкомолекулярный пектин и вода частично переходят в протоплазму клеток.

Тепловая обработка растительных продуктов, содержащих заметное количество пектинов (овощи, фрукты, картофель, корнеплоды), также направлена на разрушение вторичной структуры пектина и частичное освобождение воды. Этот процесс начинается при температуре свыше 60 °С и затем ускоряется примерно в 2 раза на каждые 10° повышения температуры. В результате в готовом продукте механическая прочность уменьшается более чем в 10 раз. Например, механическая прочность при сжатии сырого картофеля составляет  $13 \cdot 10^5$  Па, вареного –  $0,5 \cdot 10^5$ , свеклы – соответственно  $29,9 \cdot 10^5$  и  $2,9 \cdot 10^5$  Па.

Следует отметить, что механическая прочность растительных продуктов зависит также от содержания в них воды. Чем меньше в продукте свободной

воды, тем больше его прочность при других равных условиях. (Сублимированные продукты не содержат свободной воды и обладают высокой механической прочностью, которая снижается при их гидратации). Выделение воды при разрушении протопектина также способствует размягчению продукта.

С учетом сказанного рассмотрим основные процессы, происходящие при тепловой кулинарной обработке. При варке помимо термического распада вторичной структуры пектина происходит насыщение клеток водой (внедрение воды в белки, пектины, крахмал). При этом особое значение имеет гелеобразование крахмала и низкомолекулярного пектина, которые при температуре 60–80 °С внутри продукта становятся частично растворимыми в воде. Хотя крахмал и остается в плазме клетки, а пектин – в межклеточном пространстве, извлечение крахмала и пектина происходит не только с поверхностных разрушенных клеток, но и из внутренних слоев. Одновременно при варке экстрагируется ряд водорастворимых веществ (сахаров, аминокислот, органических кислот, минеральных веществ и витаминов) из слоев продукта, соприкасающихся с водой.

В целом же, при варке часто происходит абсолютная потеря воды, величина которой зависит от природы продукта (например, при варке картофеля 2–6 %, капусты – 7–9 %, что объясняется разрушением вторичной структуры пектинов).

Длительность варки зависит от температуры и размеров продукта. При варке под давлением, когда температура повышается против обычной на 2–3 °, длительность варки сокращается примерно в 1,5 раза. Мелкие кусочки прогреваются до 70–80 °С во всем объеме быстрее крупных, но при этом увеличивается извлечение водорастворимых веществ. Поэтому степень измельчения не должна быть сильной. На практике установлены оптимальные режимы длительности варки и степени измельчения продукта.

Варка неочищенных продуктов (свеклы, моркови, картофеля в кожуре) не отражается на длительности, но приводит к заметному уменьшению потерь пищевых веществ, так как плотный поверхностный слой (эпидермис, перидерма) препятствует экстрагированию.

Варка на пару также уменьшает потери пищевых веществ по сравнению с варкой в воде, так как экстрагирование идет только с самых поверхностных слоев.

При жарке происходит в основном термический распад вторичной структуры пектинов с образованием растворимых пектинов и воды. Крахмальные зерна и низкомолекулярный пектин начинают реагировать с водой и частично переходят в гелеобразное состояние. Однако, если испарение воды из продукта при жарке происходит достаточно интенсивно, гель высыхает, и продукт снова

становится твердым, его механическая прочность увеличивается в несколько раз.

Нередко жарку проводят в большом количестве жира (во фритюре). Фактически это не жарка, а варка в жире. При этом температура среды сказывается выше, чем при обычной варке, и размягчение происходит быстрее. Жирорастворимых веществ в растительных продуктах мало, поэтому потери пищевых веществ при жарке во фритюре незначительны, за исключением, конечно, распадающихся при этом витаминов.

Тепловая обработка растительных продуктов, содержащих незначительное количество пектина, но много крахмала (зерновые, зернобобовые), сопровождается клейстеризацией крахмала и заключается, как правило, в варке в воде. Поглощение воды клейстеризующимся крахмалом достигает 100–200 %.

Животные продукты. В животных продуктах наиболее ценными в пищевом и кулинарном отношении являются белки.

Механическая прочность мясных изделий обусловлена определенной жесткостью третичной структуры белков. Наибольшей жесткостью обладают белки соединительных тканей (коллаген и эластин). Одним из основных, но не единственным фактором, обуславливающим жесткость третичной структуры большинства белков животного происхождения за исключением яиц и икры, является присутствие в них воды (в форме прочно-связанной, гидратной и др., которые здесь не рассматриваются). В мясных продуктах вода в третичной структуре белка связана главным образом с мышечными белками, а не соединительнотканными. Содержание соединительнотканых белков зависит от характера сырья, возраста животного и ряда других условий. В среднем, меньше всего их в рыбе (1–4 %), затем в молодых птицах и свинине (до 8 %), больше всего (8–15 %) в убойном мясе говядины и баранины. Тепловая обработка животных продуктов и заключается в частичном разрушении соединительнотканых, а также мышечных белков. Разрушение происходит за счет воды, участвующей в образовании третичной структуры мышечных белков (практически вода в мясе связана главным образом с этими белками) и освобождающейся при их температурной коагуляции. При тепловой обработке высвобожденная вода внедряется непосредственно во вторичную структуру белков (главным образом коллагена), разрушая их и приводя соединительнотканые белки в желатинообразное состояние. Эту фазу часто рассматривают как образование из коллагена глютина. Механическая прочность мясных продуктов при этом заметно уменьшается. Температурная коагуляция белков в зависимости и от их природы начинается с 60 °, но в большинстве случаев с 70 °С. При варке и жарке мяса температура внутри изделия в зависимости от вида мяса и величины куска обычно достигает 75–95 °С.

Потери пищевых веществ при варке происходят за счет частичного вытапливания жира и экстрагирования ряда экстрактивных компонентов из тканей (минеральные, азотистые и безазотистые вещества, витамины). При жарке потери обусловлены вытапливанием жира, частичным выделением сока, термическим разрушением витаминов.

Потери воды происходят не только при жарке, но и при варке мясных продуктов в воде, достигая (в отличие от растительных продуктов) заметных величин – в среднем от 30 до 50 % в зависимости от вида мяса. Эти потери происходят за счет разрушения третичной структуры мышечных белков при коагуляции. В то же время вторичная структура неспособна уже удерживать большое количество воды, которая выделяется вместе с рядом водорастворимых веществ во внешнюю воду.

Варка мясных продуктов под давлением вследствие повышения температуры ускоряет желатинизацию и сокращает, таким образом, время до получения готового продукта.

Минимальные потери пищевых веществ наблюдаются при тушении и запекании. Сравнительно небольшие потери происходят при использовании мяса в виде котлет (выделяющиеся при жарке вещества удерживаются находящимся в котлетах хлебом).

### **Основные потери при тепловой обработке пищевых продуктов**

В растительных продуктах большая часть пищевых веществ теряется при жарке: в среднем 5 % белков и 10 % жира, причем главным образом не собственного, которого в растительных продуктах содержится в большинстве случаев очень мало, а добавленного для жарки. Велики потери углеводов (10–20 %) и минеральных веществ (до 20 %) в результате вытекания сока и образования корочки.

Потери при варке в сильной степени зависят от способа термической обработки. Если варка производится без слива (например, при варке супов, киселей, компотов, некоторых каш и т. д.), потери почти всех пищевых веществ минимальны: 2–5 % белков, жиров, углеводов и минеральных веществ. Наблюдается сильное разрушение витамина С (60 %) и лишь частичное (10–15 %) разрушение витаминов группы В и β-каротина. При варке большинства овощей, некоторых каш (рис), макаронных изделий, где производится слив, потери с отваром белков, жиров, витаминов, минеральных веществ увеличиваются в 2–3 раза и приближаются к потерям при жарке.

#### Потери при тушении, запекании, припускании и пассеровании

Необходимо отметить особенности приготовления отдельных видов продуктов. Например, при варке картофеля в кожуре потери углеводов и минеральных веществ и всех витаминов, в том числе витамина С, уменьшаются примерно в 1,5 раза по сравнению с потерями при варке очищенного картофе-

ля. При тушении же капусты потери ряда пищевых веществ в 2–3 раза выше, чем при припускании. Величина потерь зависит также от степени измельчения продукта, интенсивности тепловой обработки и т. п.

Наибольшие потери важных пищевых веществ в процессе тепловой обработки животных продуктов наблюдаются при варке: белков 10 %, жиров 25 %, минеральных веществ и витаминов группы В 30 %, витамина А 50 % и витамина С 70 % за счет перехода в бульон и частичного распада. При жарке мяса потери минеральных веществ и витаминов примерно в 1,5 раза меньше, чем при варке, белка – такие же, а жира – несколько больше (за счет потерь жира, добавленного при жарке). Эти потери происходят в основном в результате вытекания сока, образования корочки и частичного разложения пищевых веществ при нагревании. Минимальные потери (5 % белков, жиров и минеральных веществ, 15–30 % витаминов, кроме витамина С, последний разрушается на 70%) наблюдаются при тушении и запекании, которое можно рассматривать как один из видов тушения.

При жарке мелкими кусками потери всех пищевых веществ значительно (почти в 2 раза) меньше, чем при жарке крупным куском, вследствие меньшей длительности тепловой обработки мелкокускового полуфабриката мяса.

Потери ряда пищевых веществ при тепловой обработке рыбы в сильной степени зависят от ее жирности. Так, потери белка (8 %) и жира (9 %) при варке тощей рыбы (жирностью до 4 %) были в среднем в 1,5 раза меньше, чем при варке жирной (жирностью более 8 %) – 14 % белка и 12 % жира. При жарке наоборот, потери белка (12 %) и жира (27 %) в процессе обработки тощей рыбы значительно выше, чем жирной (9 % белка и 13 % жира). При припускании жирность рыбы в значительно меньшей степени влияет на потери белка и жира. Поскольку большое влияние на величину потерь оказывает видовой состав рыб, сделать какие-либо общие рекомендации по потерям при тепловой обработке рыбы весьма затруднительно.

Значительная (до 1/3) доля животного сырья в общественном питании используется для приготовления котлет. Это весьма рациональный способ кулинарной обработки. Потери белка при жарке котлет по сравнению с натуральным продуктом сокращаются примерно в 2 раза (5 % против 10 %), жира – на 1/3, минеральных веществ и витаминов – в 1,5–2 раза. Но все же эти потери выше, чем при тушении. Пищевые вещества в котлетах сохраняются за счет того, что сок, выделяющийся из мяса при жарке, впитывается, как указывалось выше, в хлеб, добавленный в котлетную массу, и в минимальной степени попадает на жарочную поверхность. Еще меньше (почти в 2 раза) потери пищевых веществ, особенно жира, минеральных веществ и витаминов, – при варке котлет на пару. Потери пищевых веществ в этом случае весьма близки к потерям при тушении. Для быстрого и приближенного расчета рационов часто бывает необходимо знать величины суммарных потерь пищевых веществ при различных видах тепловой кулинарной обработки. В таблице 4.1 приведены усредненные данные по потерям пищевых веществ, обычно учитываемых при составлении диет, в растительных и животных продуктах с учетом двух наиболее

распространенных видов тепловой обработки: варки и жарки. Там же приведены аналогичные сведения в целом по дневному рациону (при соотношении растительных и животных продуктов 7:3).

Таблица 4.1 – Обобщенные величины потерь пищевых веществ при тепловой обработке продуктов из сырья растительного и животного происхождения, %

Продукт	Белки	Жиры	Углеводы	Минеральные вещества				Витамины					Энергетическая ценность, ккал	
				Ca	Mg	P	Fe	A	β-каротин	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PP		C
Растительные	5	6	9	10	10	10	10	-	20	25	15	20	60	-
Животные	8	25	-	15	20	20	20	40	-	35	30	20	60	-
В среднем	6	12	9	12	13	13	13	40	20	28	20	20	60	10

Из данных таблицы 4.1 следует, что:

1) потери белков в животных продуктах выше, чем в растительных, так как абсолютное содержание белка в последних, как правило, довольно низкое, и он более прочно связан. То же самое относится и к жировым составляющим растительных и животных тканей. Потери минеральных веществ в животных продуктах в среднем в два раза больше, чем в растительных. Исключение составляет кальций, который при некоторых видах тепловой обработки продукта с костями (например, птицы или некоторых видов рыб) частично переходит из костей в мясо;

2) основные потери витаминов объясняются не извлечением их или удалением при варке или жарке, а разрушением вследствие воздействия высокой температуры. По меньшей мере, половина потерь витаминов обусловлена тепловым разрушением, а для витамина С эта величина может достигать 75–100 %.

3) средние потери энергетической ценности всех продуктов составляют около 10 %.

### 3 Ход работы

- 1) Выбрать базовый продукт и обогащающие сырьевые ресурсы.
- 2) Обосновать биопотенциал базового продукта и обогащающего сырья для достижения заданного уровня функциональности комбинированного продукта питания.
- 3) Разработать концептуальные схемы конструирования функционального обогащенного комбинированного продукта по:
  - балансу питательных веществ (согласно формуле оптимального питания);
  - стабилизации свойств (должно быть отсутствие отрицательных эффектов при комбинировании выбранного сырья в рецептуре и при воздействии факторов технологии);
  - органолептическим показателям (обеспечение традиционных либо с некоторой спецификой, обусловленной обогащением, но без порочащих признаков).
- 4) Составить уравнение функции отклика, учитывающее основные факторы формирования качества (химический состав сырья, параметры технологии, закономерности образования органолептических свойств).

### 4 Задания к работе

Разработать концептуальную схему конструирования функционального пищевого продукта:

- 1) хлеба ржаного;
- 2) хлеба пшеничного;
- 3) печенья затяжного;
- 4) печенья песочного;
- 5) мармелада фруктового;
- 6) кваса;
- 7) освежающего напитка на основе творожной сыворотки;
- 8) плодово-ягодного вина;
- 9) колбасы вареной из свинины;
- 10) сосисок вареной группы из говядины;
- 11) колбасы варено-копченой из мясного сырья;
- 12) мясного зельца;
- 13) наггетсов из мяса птицы;
- 14) замороженных полуфабрикатов котлет из куриного мяса;
- 15) рыбных палочек;
- 16) рыбных пресервов из филе-сельди в масле;
- 18) скумбрии горячего копчения;
- 19) джема из ламинарии
- 20) кисломолочного напитка.

## 5 Пример

*Задание:* разработать концептуальную схему конструирования функционального сливочного мороженого.

В качестве обогащающего компонента стандартного сливочного мороженого были выбраны продукты переработки кедрового ореха – кедровая мука и кедровое масло.

Кедровая мука отличается приятным вкусом и высокой биологической ценностью. В составе кедровой муки имеется около 35 % массы белков, 1–2 % жиров, в среднем 9,2 % влаги. Протеины кедровых орехов на 95% усваиваются организмом человека и превосходят по своему аминокислотному составу и питательной ценности протеины большинства злаковых и бобовых культур, а также некоторые белки животного происхождения. 100 г кедровой муки удовлетворяет суточную потребность человека в незаменимых аминокислотах. Кедровая мука богата минеральными веществами и витаминами и содержит: Mg – 551,6 мг/100г, Fe – 19 мг/100 г, витамина С – 64 мг/100 г, витамина Е – 32,8 мг/100 г. Также 100 г муки удовлетворяет суточную потребность человека в Mn, Cu, K, Mg, Zn, Co.

Кедровое масло богато полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК), витаминами А (0,09 мг%), В<sub>1</sub> (0,60 мг%), В<sub>2</sub> (0,87 мг%), Е (55 мг%), F (94 мг%).

Введение кедрового масла и кедровой муки в состав сливочного мороженого преследует следующие цели:

- спроектировать продукт, функциональный по витамину Е (ответственен за нормализацию жирового обмена, предупреждение развития атеросклероза, укрепление стенок кровеносных сосудов, предотвращение образования тромбов, замедление старения клеток);
- спроектировать продукт, функциональный по витамину F (ответственен за жировой обмен и нормализацию нервной деятельности);
- сбалансировать аминокислотный состав сливочного мороженого.

Разработку начинаем с анализа типовой рецептуры сливочного мороженого (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Стандартная рецептура сливочного мороженого, кг/т

Сырье	Масса
Молоко коровье стерилизованное (жир 3,2 %, СОМО 8 %)	90
Сливки из коровьего молока (жир 35 %, СОМО 4,8 %)	240
Молоко нежирное сгущенное с сахаром (СОМО 26 %, сахар свекловичный 44 %)	266
Молоко коровье сухое цельное (жир 25 %, СОМО 68 %)	4,5
Сахар свекловичный	43,0
Агар	3,0
Вода питьевая	343,7
Всего с.в., %, в том числе, %	3,6
жир	9
СОМО	10
сахар свекловичный	16

Оценим биопотенциал сырья, из которого изготовлено сливочное мороженое. В таблицах 4.3–4.5 представлены данные по аминокислотному составу, содержанию витаминов и минеральных веществ в составляющих стандартного мороженого (до обогащения).

Таблица 4.3 – Содержание незаменимых аминокислот в компонентах сливочного мороженого и процент удовлетворения в них суточной потребности

Компонент	Масса, г/100 г мороженого	Содержание, мг									
		валин	изолейцин	лейцин	лизин	метионин	треонин	триптофан	фенилаланин	аргинин	гистидин
Молоко коровье цельное стерилизованное	9	14,22	14,04	24,12	19,35	6,48	11,34	3,78	12,78	9,09	6,66
Сливки из коровьего молока	24	39,60	34,56	51,36	42,24	14,88	24,96	7,68	26,40	20,40	14,64
Молоко нежирное, сгущенное с сахаром	26,6	184,07	169,97	218,65	219,45	67,03	123,69	38,57	130,07	97,62	69,16
Молоко коровье сухое цельное	0,45	5,43	5,97	11,00	6,62	2,85	5,22	1,58	5,51	3,00	2,34
Молоко сухое коровье обезжиренное	0,98	17,24	8,95	34,93	21,16	8,90	16,55	4,26	17,53	9,52	7,43
<b>Итого:</b>		260,56	243,49	340,06	308,82	100,14	181,76	55,87	192,29	139,63	100,23
<b>Суточная потребность</b>		910	780	1040	780	650	520	195	1040	800	380
<b>% от суточной потребности</b>		28,6	31,2	32,7	39,6	15,4	35,0	28,7	18,5	17,5	26,4

Таблица 4.4 – Содержание витаминов в компонентах сливочного мороженого и процент удовлетворение в них суточной потребности

Компонент	Масса, г/100 г мороженого	Содержание витаминов														
		А, МКГ	β-кар., МКГ	В <sub>1</sub> , МКГ	В <sub>2</sub> , МКГ	РР, МКГ	С, МКГ	В <sub>9</sub> , МКГ	Д, МКГ	Е, МКГ	В <sub>6</sub> , МКГ	В <sub>12</sub> , МКГ	Н, МКГ	В <sub>3</sub> , МКГ	В <sub>4</sub> , МГ	F, МГ
Молоко коровье цельное стерилизованное	9	1,8	9,0	1,80	11,70	9,0	54,0	0,405	-	-	-	-	-	-	-	7,2
Сливки из коровьего молока	24	60,0	28,8	4,80	26,40	16,8	48,0	1,300	0,0528	196,8	14,4	0,1080	0,9600	72,0	11,424	398,4
Молоко нежирное сгущенное с сахаром	26,6	-	-	15,96	39,90	53,2	266,0	-	-	-	34,6	0,1330	0,8512	212,8	7,98	5,3
Молоко коровье сухое цельное	0,45	0,6	0,5	1,22	5,90	3,2	13,0	0,135	0,0011	2,0	0,9	0,0135	0,0450	12,2	0,365	5,3
Молоко сухое коровье обезжиренное	0,98	0,1	-	2,94	17,64	1,2	39,2	0,2548	0,0003	-	2,9	0,0441	0,1500	32,5	1,078	0,4
<b>Итого</b>		62,5	38,3	26,7	101,5	83,4	425,2	2,5948	0,0542	198,8	52,8	0,2986	2,006	329,5	20,847	416,6
<b>Суточная потребность</b>		900	5000	1500	1800	20000	90000	400	10	15000	2000	3	50	5000	500	10000
<b>% от сут. потребности</b>		6,9	0,8	1,8	5,6	0,4	0,5	0,6	0,6	1,3	2,6	10,0	4,0	6,6	4,2	4,2

Таблица 4.5 – Содержание минеральных веществ в компонентах сливочного мороженого и процент удовлетворения в них суточной потребности

Компонент	Масса, г/100г мороженого	Макроэлементы, мг						Микроэлементы, мкг									
		Na	K	Ca	Mg	P	Cl	Fe	I	Co	Mn	Cu	Mo	Se	F	Cr	Zn
Молоко коровье цельное стерилизованное	9	4,50	13,14	10,89	1,26	8,19	9,00	6,30	0,81	0,081	0,45	1,08	0,45	0,09	1,8	0,18	36,0
Сливки из коровьего молока	24	7,44	21,60	20,64	1,68	13,92	17,28	48,00	2,16	0,072	0,72	5,04	1,2	0,096	4,08	-	62,4
Молоко нежирное, сгущенное с сахаром	26,6	34,58	101,1	84,32	9,04	60,91	63,31	53,20	1,86	0,532	1,86	7,98	-	0,798	9,31	-	266
Молоко коровье сухое цельное	0,45	7,80	5,4	4,5	0,54	3,56	3,69	2,25	0,23	0,032	0,23	0,54	0,16	0,054	0,50	0,08	15,39
Молоко сухое коровье обезжиренное	0,98	4,33	12,00	11,32	1,57	9,02	9,02	4,90	0,54	0,029	0,54	1,20	0,35	0,098	1,47	0,17	33,32
<b>Итого:</b>		52,65	153,2	131,7	14,09	95,60	102,3	114,65	55,60	0,75	3,80	15,84	2,16	1,14	17,16	0,43	413,11
<b>Суточная потребность</b>		1300	2500	1000	400	800	2300	18000	150	10	5000	1000	70	55	4000	50	12000
<b>% от сут. потребности</b>		4,1	6,1	13,2	3,5	12,0	4,4	0,6	3,7	7,5	0,1	1,6	3,1	2,1	0,4	0,9	3,4

Выбираем пределы варьирования дозировок вносимых добавок ( $\omega$ ):

$\omega_{\text{кедровой муки}}$ : 1 – 4,5 % от массы рецептурной смеси

$\omega_{\text{кедрового масла}}$ : 2 – 4,5% от массы рецептурной смеси

В таблице 4.6 приведена рецептура нового обогащенного мороженого, в состав которого ввели кедровую муку и кедровое масло. Мороженое получило название «Орешек».

Таблица 4.6 – Рецептура обогащенного мороженого «Орешек»

Сырьевые компоненты	Масса, г/100 г
Молоко коровье цельное стерилизованное (жир 3,2 %, СОМО 8 %)	9
Сливки из коровьего молока (жир 35 %, СОМО 4,3 %)	20,5
Молоко нежирное, сгущенное с сахаром (СОМО 26 %, сахар свекловичный 44 %)	26,6
Молоко коровье сухое цельное (жир 25 %, СОМО 68 %)	0,45
Молоко сухое коровье обезжиренное (СОМО 93 %)	0,98
Кедровое масло	4,0
Кедровая мука	3,5
Сахар свекловичный	0,8
Агар	0,3
Вода питьевая	34,37

Проанализируем химический состав обогащенного мороженого по показателям биологической ценности, по которым ранее была проведена оценка стандартного продукта (таблицы 4.7–4.9), с учетом суточной потребности в данных компонентах.

Анализ содержания витаминов показывает, что введение кедрового масла и кедрового шрота в сливочное мороженое позволяет получать обогащенный продукт, функциональный по витамину Е и F, необходимых организму для нормализации жирового обмена, предупреждения развития атеросклероза, укрепления стенок кровеносных сосудов, предотвращения образования тромбов, замедления старения клеток и других процессов в организме.

Среди других показателей биологической ценности следует отметить, что по показателю аминокислотной сбалансированности сбалансированность аминокислотного состава сливочного мороженого повысилась.

Таблица 4.7 – Содержание незаменимых аминокислот в компонентах обогащенного мороженого «Орешек» и процент удовлетворения в них суточной потребности

Компонент	Масса, г/100 г мороженого	Содержание, мг									
		валин	изолейцин	лейцин	лизин	метионин	треонин	триптофан	фенилаланин	аргинин	гистидин
Молоко коровье цельное стерилизованное	9	14,22	14,04	24,12	19,35	6,48	11,34	3,78	12,78	9,09	6,66
Сливки из коровьего молока	20	33,00	28,80	42,80	35,20	12,40	20,80	6,40	22,00	17,00	12,20
Молоко нежирное, сгущенное с сахаром	26,6	184,07	169,97	218,65	219,45	67,03	123,69	38,57	130,07	97,62	69,16
Молоко коровье сухое цельное	0,45	5,43	5,97	11,00	6,62	2,85	5,22	1,58	5,51	3,00	2,34
Молоко сухое коровье обезжиренное	0,98	17,24	8,95	34,93	21,16	8,90	16,55	4,26	17,53	9,52	7,43
Кедровая мука	4	31,85	27,30	36,40	27,30	22,75	18,20	6,83	36,40	28,00	13,30
<b>Итого:</b>		285,81	265,03	367,90	329,08	120,41	195,80	61,42	224,29	164,23	111,09
<b>Суточная потребность</b>		910	780	1040	780	650	520	195	1040	800	380
<b>% от суточной потребности</b>		31,4	34,0	35,4	42,2	18,5	37,7	31,5	21,6	20,5	29,2

Таблица 4.8 – Содержание витаминов в компонентах обогащенного мороженого «Орешек» и процент удовлетворения в них суточной потребности

Компонент	Мас-са, г/100 г мороженого	Содержание витаминов														
		А, МКГ	β-кар., МКГ	В <sub>1</sub> , МКГ	В <sub>2</sub> , МКГ	РР, МКГ	С, МКГ	В <sub>9</sub> , МКГ	Д, МКГ	Е, МКГ	В <sub>6</sub> , МКГ	В <sub>12</sub> , МКГ	Н, МКГ	В <sub>3</sub> , МКГ	В <sub>4</sub> , МГ	F, МГ
Молоко коровье цельное стерилизованное	9	1,8	9,0	1,80	11,70	9,0	54,0	0,405	-	-	-	-	-	-	-	7,2
Сливки из коровьего молока	20	50,0	24,0	4,00	22,00	14,0	40,0	1,500	0,0440	164,0	12,0	0,090	0,80	60,0	9,52	332,0
Молоко нежирное сгущенное с сахаром	26,6	-	-	15,96	39,90	53,2	266,0	-	-	-	34,6	0,1330	0,8512	212,8	7,98	5,3
Молоко коровье сухое цельное	0,45	0,6	0,5	1,22	5,90	3,2	13,0	0,135	0,0011	2,0	0,9	0,0135	0,0450	12,2	0,365	5,3
Молоко сухое коровье обезжиренное	0,98	0,1	-	2,94	17,64	1,2	39,2	0,2548	0,0003	-	2,9	0,0441	0,1500	32,5	1,078	0,4
Кедровая мука	3,5	-	-	-	-	-	2240	-	-	1150	-	-	-	-	-	-
Кедровое масло	4	3,6	-	24	34,8	-	-	-	-	2200	-	-	-	-	-	3760
<b>Итого</b>		56,1	33,5	49,9	131,9	80,6	2657,2	2,2948	0,0454	3516,0	50,4	0,2806	1,846	317,5	18,943	411,0
<b>Суточная потребность</b>		900	5000	1500	1800	20000	90000	400	10	15000	2000	3	50	5000	500	10000
<b>% от сут. потребности</b>		6,2	0,6	3,3	7,3	0,4	3,0	0,6	0,5	23,0	2,5	9,4	3,7	6,4	3,8	41,0

Таблица 4.9 – Содержание минеральных веществ в компонентах обогащенного мороженого «Орешек» и процент удовлетворения в них суточной потребности

Компонент	Масса, г/100г мороженого	Макроэлементы, мг						Микроэлементы, мкг									
		Na	K	Ca	Mg	P	Cl	Fe	I	Co	Mn	Cu	Mo	Se	F	Cr	Zn
Молоко коровье цельное стерилизованное	9	4,50	13,14	10,89	1,26	8,19	9,00	6,30	0,81	0,081	0,45	1,08	0,45	0,09	1,8	0,18	36,0
Сливки из коровьего молока	24	7,44	21,60	20,64	1,68	13,92	17,28	48,00	2,16	0,072	0,72	5,04	1,2	0,096	4,08	-	62,4
Молоко нежирное, сгущенное с сахаром	26,6	34,58	101,1	84,32	9,04	60,91	63,31	53,20	1,86	0,532	1,86	7,98	-	0,798	9,31	-	266
Молоко коровье сухое цельное	0,45	7,80	5,4	4,5	0,54	3,56	3,69	2,25	0,23	0,032	0,23	0,54	0,16	0,054	0,50	0,08	15,39
Молоко сухое коровье обезжиренное	0,98	4,33	12,00	11,32	1,57	9,02	9,02	4,90	0,54	0,029	0,54	1,20	0,35	0,098	1,47	0,17	33,32
Кедровая мука	3,5	-	87,50	-	19,31	-	-	665	4,2	0,35	175	35	-	-	-	-	420
<b>Итого:</b>		51,41	237,12	128,23	33,12	93,28	99,42	771,65	9,44	1,09	178,68	50,00	1,96	1,12	16,48	0,43	822,71
<b>Суточная потребность</b>		1300	2500	1000	400	800	2300	18000	150	10	5000	1000	70	55	4000	50	12000
<b>% от сут. потребности</b>		4,1	6,1	13,2	3,5	12,0	4,4	0,6	3,7	7,5	0,1	1,6	3,1	2,1	0,4	0,9	3,4

Органолептические показатели спроектированного функционального мороженого «Орешек» представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Органолептические показатели обогащенного мороженого «Орешек»

Показатель	Характеристика
Вкус и запах	Чистый, характерный для данного вида мороженого, без посторонних привкусов и запахов, с приятными оттенками кедрового ореха
Консистенция	Плотная
Структура	Однородная, без ощутимых комочков жира, стабилизатора и эмульгатора, частичек белка и лактозы, кристаллов льда. В глазированном мороженом структура глазури однородная, без ощутимых частиц сахара, какао-продуктов, сухих молочных продуктов с включением частиц орехов, арахиса, вафельной крошки и других ингредиентов при их использовании
Цвет	Характерный для данного вида мороженого, от светло-кремового до кофейного, равномерный по всей массе однослойного или по всей массе каждого слоя многослойного мороженого
Внешний вид	Порции однослойного или многослойного мороженого различной формы, обусловленной геометрией формирующего или дозирующего устройства, формой вафельных изделий или потребительской тары, полностью или частично покрытые глазурью, или без глазури. Допускаются незначительные (не более 10 мм) механические повреждения и отдельные (не более 5 на порцию) трещины глазури, печенья или вафель

Из приведенных выше данных по содержанию функциональных БАВ в обогащенном мороженом следует, что по содержанию витаминов Е и F его можно назвать функциональным, поскольку в одной порции (в 100 г) массовые доли данных витаминов превышают 15%-ный барьер их суточного содержания: витамин Е удовлетворяет суточную потребность в нем на 23,0 %, а витамин F – на 41,0 %.

Показатели безопасности также все соответствуют регламентированным нормам и контролируются в соответствии с требованиями СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

Заключительное уравнение, связывающее качество функционального мороженого (У) и управляемые факторы его формирования (дозировки обогащающих ингредиентов), которое позволяет моделировать рецептуры мороженого, предлагается следующим:

$$y=f(\omega_{\text{кедровой муки}}; \omega_{\text{кедрового масла}}).$$

Результатом работы явилась разработка концептуальной схемы конструирования сливочного мороженого «Орешек» (рисунок 4.2).

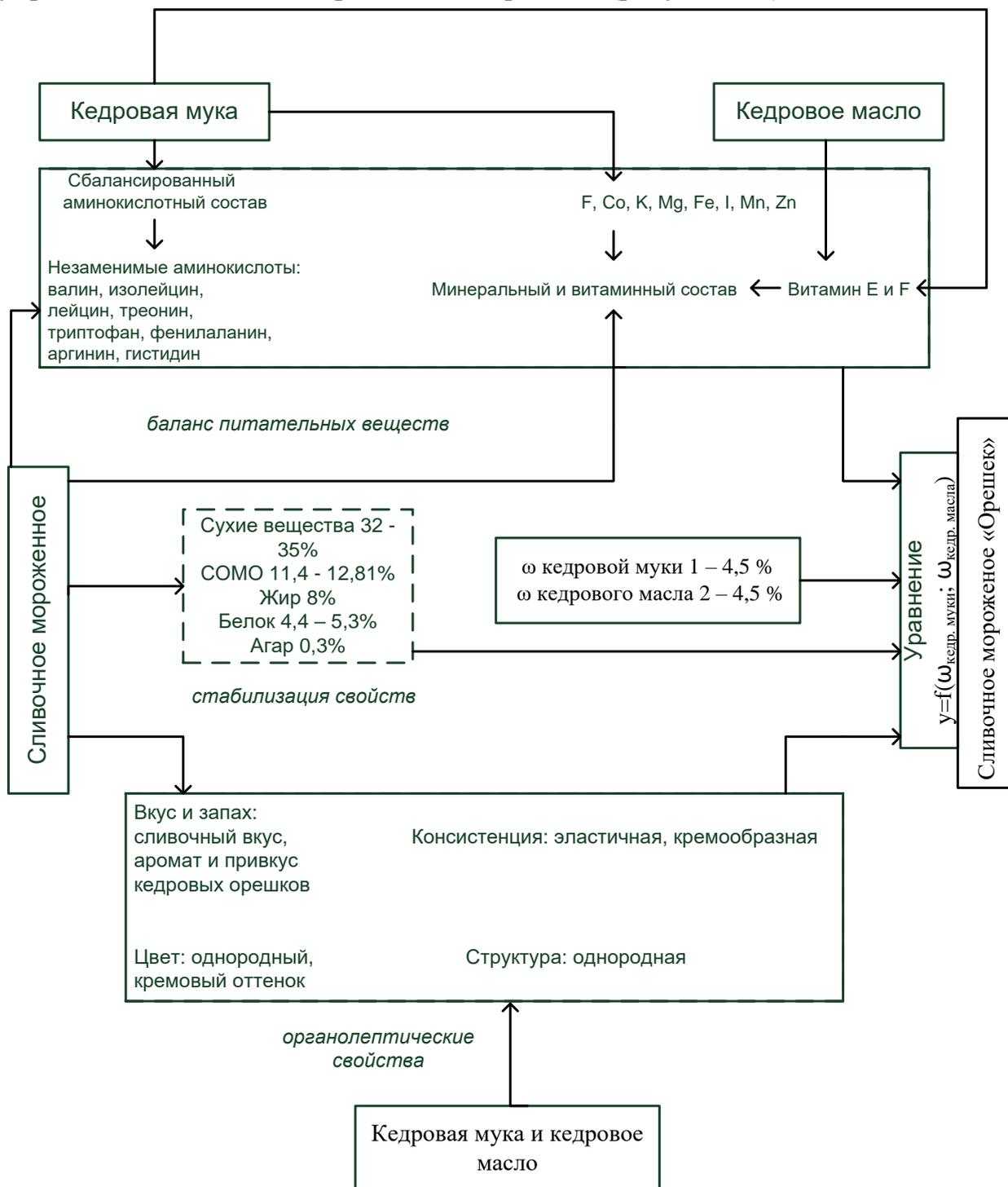


Рисунок 4.2 – Концептуальная схема конструирования сливочного мороженого «Орешек»

## Контрольные вопросы

1. Какую информацию несет концептуальная схема конструирования комбинированного пищевого продукта?
2. Поясните основные этапы конструирования концептуальной схемы комбинированных пищевых продуктов.
3. Охарактеризуйте получение традиционных и обогащенных комбинированных продуктов растительного происхождения.
4. Охарактеризуйте процесс конструирования традиционных и обогащенных продуктов животного происхождения.
5. Каковы основные потери, происходящие при тепловой обработке продуктов растительного происхождения?
6. Опишите основные потери, имеющие место при тепловой обработке продуктов животного происхождения?
7. Как в концептуальной схеме учитываются синергические и антагонистические эффекты взаимодействия при конструировании ППП с заданным уровнем качества?
8. Охарактеризуйте комплексные показатели качества, входящие в состав блока по безопасности ППП.
9. Как правильно определить основные факторы, влияющие на качество конечного комбинированного продукта?
10. Приведите примеры выбора основных факторов при пошаговом конструировании ППП.

## Лабораторная работа 5

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЕВ АНАЛИТИЧЕСКОЙ КОМБИНАТОРИКИ

**1 Цель:** спроектировать пищевой продукт повышенной пищевой ценности, обладающий высокими потребительскими свойствами, и оценить его по критериям аналитической комбинаторики.

## 2 Теоретический материал

### 2.1 Основные понятия и определения

*Проектирование пищевых продуктов* – процесс создания рационального состава ППП, поликомпонентных рецептур, структурно-механических и других свойств готовой продукции, обеспечивающих задаваемый уровень ее пищевой ценности.

*Аналитическая комбинаторика* – это алгоритм, направленный на определение технологических, физико-химических, органолептических и других изменений состава и свойств ППП с заданными показателями качества.

*Пищевая комбинаторика* – процесс создания новых видов комбинированных пищевых продуктов с заданными свойствами путем введения необходимых пищевых и биологически активных веществ или их источников.

*Пищевая ценность* – это совокупность всех полезных свойств продукции, характеризующаяся ее органолептическими показателями, калорийностью, биологической ценностью и безопасностью.

*Биологическая ценность продукта* оценивается качественным составом и количеством биологически активных веществ (незаменимые аминокислоты, жирные кислоты и сахара, витамины, минеральные вещества, пищевые волокна, минорные компоненты, парафармацевтики и др.), оказывающие благотворный биологический эффект.

*Функциональный пищевой продукт* – специальный пищевой продукт, предназначенный для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, обладающий научно обоснованными и подтвержденными свойствами, снижающий риск развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращающий дефицит или восполняющий имеющийся в организме дефицит питательных веществ, сохраняющий и улучшающий здоровье за счет наличия в его составе функциональных пищевых ингредиентов (ГОСТ Р 52349-2005).

*Функциональный пищевой ингредиент* (функциональный ингредиент, физиологически функциональный ингредиент) – вещество или комплекс веществ животного, растительного, микробиологического, минерального происхождения или идентичные натуральным, а также живые микроорганизмы, входящие в состав функционального пищевого продукта, обладающие способностью оказывать благоприятный эффект на одну или несколько физиологических функций, процесс обмена веществ в организме человека при систематическом употреблении в количествах, составляющих не менее 15 % суточной физиологической потребности (ГОСТ Р 52349-2005).

К *натуральным функциональным пищевым продуктам* относятся продукты, изготовленные из природного растительного и (или) животного сырья путем ферментации в целях накопления в составе конечного продукта естественных функциональных пищевых ингредиентов в количестве, составляющем в одной порции продукта не менее 15% от суточной потребности (ГОСТ Р 52349-2005).

*Обогащенный пищевой продукт* – функциональный пищевой продукт, получаемый добавлением одного или нескольких физиологических функциональных пищевых ингредиентов к традиционным пищевым продуктам с целью предотвращения возникновения или исправления имеющегося в организме человека дефицита питательных веществ (ГОСТ Р 52349-2005).

*Обогащение (enrichment)* – это добавление к пищевым продуктам любых эссенциальных нутриентов – витаминов, макро- и микроэлементов, пищевых волокон, полиненасыщенных жирных кислот, фосфолипидов и других биологически активных (функциональных) веществ природного происхождения, безотносительно к их количеству, набору и цели такого вмешательства.

## **2.2 Критерии и принципы обогащения пищевых продуктов**

Обогащение пищевых продуктов витаминами является одной из частей общей проблемы обогащения продуктов перечисленными выше эссенциальными пищевыми веществами. Оно должно осуществляться на основе тех же принципов, которыми принято руководствоваться при разработке и производстве обогащенных продуктов питания.

Основные *критерии обогащения пищевых продуктов* витаминами и другими функциональными ингредиентами, регламентированные международной организацией здравоохранения (ФАО/ВОЗ), следующие:

- очевидная потребность в функциональном веществе одной или более групп населения;

- пищевые продукты, выбранные в качестве носителя функциональных веществ, должны быть доступны представителям соответствующих групп риска;
- количество добавляемого к пищевому продукту функционального вещества должно быть достаточным для удовлетворения потребности в нем при обычном приеме этого продукта в группе риска;
- количество добавляемого функционального вещества не должно оказывать токсического или иного вредного действия при потреблении обогащенного продукта в большом количестве;
- функциональное вещество должно быть биологически доступно и стабильно в продукте, служащем его носителем;
- выбранный продукт не должен заметным образом препятствовать утилизации функционального вещества;
- добавление функционального вещества не должно отрицательно сказываться на вкусе, сохраняемости, цвете, консистенции и приготовлении пищевого продукта;
- обогащение определенного пищевого продукта должно быть технически осуществимым;
- затраты на обогащение не должны вести к значительному повышению стоимости обогащенного пищевого продукта;
- должен быть метод контроля и (или) увеличения уровня обогащения.

При обосновании *принципов обогащения пищевых продуктов* учтены данные современной науки о роли питания и отдельных пищевых веществ в поддержании здоровья и жизнедеятельности человека, о потребности организма в определенных пищевых веществах и энергии, о реальной структуре питания и фактической обеспеченности витаминами, макро- и микроэлементами населения РФ, а также огромный многолетний мировой опыт по разработке, производству, использованию и оценке эффективности обогащенных продуктов питания.

*Основные принципы обогащения пищевых продуктов:*

1. Для обогащения пищевых продуктов следует использовать те микронутриенты, дефицит которых реально существует, достаточно широко распространен и опасен для здоровья. В условиях России это прежде всего витамины С, группы В, фолиевая кислота, каротин, а из минеральных веществ – йод, железо, цинк и кальций.
2. Обогащать витаминами и минеральными веществами следует, прежде всего, продукты массового потребления, доступные для всех групп детского и взрослого населения и регулярно используемые в повседневном питании. К таким продуктам в первую очередь относятся мука и хлебобулочные изделия, мо-

локо и кисломолочные продукты, соль, сахар, напитки, продукты детского питания.

3. Обогащение пищевых продуктов функциональными веществами не должно ухудшать потребительские свойства этих продуктов: уменьшать содержание и усвояемость других входящих в их состав пищевых веществ, существенно изменять вкус, аромат, свежесть продуктов, сокращать срок их хранения.

4. При обогащении пищевых продуктов функциональными веществами необходимо учитывать возможность химического взаимодействия обогащающих добавок между собой с компонентами обогащаемого продукта и выбирать такие сочетания, формы, способы и стадии внесения, которые обеспечивают максимальную их сохранность в процессе производства и хранения.

5. Регламентируемое (гарантируемое производителем) содержание витаминов и минеральных веществ в обогащенном продукте питания должно быть достаточным для удовлетворения за счет данного продукта 30–50 % средней суточной потребности в этих микронутриентах при обычном уровне потребления обогащенного продукта.

6. Количество дополнительно вносимых в продукты функциональных веществ должно быть рассчитано с учётом их возможного естественного содержания в исходном продукте или сырье, используемом для его изготовления, а также потерь в процессе производства и хранения с тем, чтобы обеспечить содержание этих веществ на уровне не ниже регламентируемого в течение всего срока годности обогащенного продукта.

7. Регламентируемое содержание функциональных веществ в обогащаемых продуктах должно быть указано на индивидуальной упаковке этого продукта и строго контролироваться как производителем, так и органами государственного надзора.

8. Эффективность обогащенных продуктов должна быть убедительно подтверждена апробацией на репрезентативных группах людей, демонстрирующей не только их полную безопасность, приемлемые вкусовые качества, но и хорошую усвояемость, способность существенно улучшать обеспеченность организма функциональными веществами и связанные с этими веществами показатели здоровья.

### **2.3 Критерии аналитической комбинаторики**

При создании новых комбинированных пищевых продуктов перспективным является применение *критериев аналитической комбинаторики*. Это показатели эффективности технологических, физико-химических, органолептических и других характеристик процесса и качества ППП с заданными свойствами.

Основными критериями аналитической комбинаторики являются:

1) **критерий стоимости профилактической потребности незаменимого нутриента пищи  $K_c$  (руб):**

$$K_c = \frac{\mu}{c} \cdot 2 \cdot \omega \cdot k, \text{ руб.},$$

где  $\mu$  – суточная потребность в незаменимом нутриенте, мг;  $c$  – стоимость продукта, руб./кг;  $\omega$  – содержание обогащающего нутриента в сырье для обогащения, мг/100 г продукта;  $k$  – коэффициент перевода в кг ( $k=10$ ).

2) **критерий повышения пищевой ценности,  $K_n$  (доли ед.),** показывающий, достаточно ли изменилась пищевая ценность нового продукта по сравнению с исходным; при этом сравнивают полученные значения с физиологической нормой:

$$K_n = \frac{\omega_0 + (x \cdot \omega)}{100 \cdot \mu},$$

где  $\omega_0$  – массовая доля незаменимого нутриента в традиционном продукте, мг/100 г продукта;  $x$  – количество вводимого незаменимого нутриента, мг/100 г продукта.

3) **критерий органолептической оценки  $K_{op}$  (доли ед.),** позволяющий сравнить органолептическую оценку нового продукта с традиционным (с требованиями потребителей). Условная шкала оценки органолептических свойств от 0 до 1 (за 1 принимаются органолептические показатели традиционного продукта);

4) **критерий технологичности  $K_m$  (доли ед.),** позволяющий предусмотреть параметры выпуска новой продукции в условиях промышленности:

$$K_{\text{ТЕХН}} = \frac{\sum \varepsilon \tau \nu}{\sum \varepsilon \tau_0 \cdot \nu_0},$$

где  $\varepsilon \tau$  – продолжительность всех операций технологического процесса с введением обогащающей добавки;  $\varepsilon \tau_0$  – продолжительность всех операций традиционного технологического процесса;  $\nu, \nu_0$  – коэффициенты, учитывающие совмещение технологических операций для нового и традиционного продуктов соответственно.

5) **критерий ограничения  $K_o$  (доли ед.)  $K_o$ ,** дополняющий критерий технологичности:

$$K_o = \frac{\sum \varphi}{100 - \sum \varphi'}$$

где  $\sum \varphi$  – сумма массовых долей наиболее значимых рецептурных компонентов.

### 3 Ход работы

- 1) Выбрать вид обогащаемого продукта, обосновать его базовую рецептуру.
- 2) Подобрать обогащающую добавку, исходя из целей обогащения (ликвидация дефицита БАВ; получение функционального продукта по заданному признаку; улучшение органолептических свойств и т. д.).
- 3) Определить минимальную и максимальную дозы вносимой добавки.
- 4) Составить технологическую схему изготовления нового продукта.
- 5) Рассчитать критерии аналитической комбинаторики.
- 6) Сделать вывод о рациональности обогащения базового продукта и производства обогащенного изделия.

### 4 Задание к работе

- 1) булка витаминизированная;
- 2) хлеб ржаной для пожилых людей;
- 3) печенье йодированное;
- 4) вафли с  $\beta$ -каротином;
- 5) мороженое витаминизированное;
- 6) вермишель с флавоноидами;
- 7) сыр плавленый с железом;
- 8) сыр твердый йодированный;
- 9) сосиски мясные с пищевыми волокнами;
- 10) колбаса вареная с кальцием;
- 11) колбаса сырокопченая с антиоксидантами;
- 12) пиво с биофлавоноидами;
- 13) мармелад с хитозаном;
- 14) растительное масло с витамином D;
- 15) рис, обогащенный фолиевой кислотой;
- 16) сливочное масло с каротином;
- 17) рыбные пресервы с пищевыми волокнами;
- 18) рыбные палочки с растительными добавками ;
- 19) чипсы с витаминно-минеральными добавками;
- 20) карамель с витамином С.

### 5 Пример

Разработать обогащенное фитокомпонентами творожное изделие повышенной пищевой ценности с учетом критериев аналитической комбинаторики.

В Калининградской области анализ питания и здоровья населения позволил установить дефицит йода, необходимого для нормального функционирования многих органов. Для его восполнения рационально производить обогащенные им пищевые изделия. В работе в качестве обогащаемого продукта был

выбран творог 5%-ной жирности, распространенный продукт питания многих групп населения. В качестве обогащающей добавки предложен йодсодержащий фитосбор растений.

Цели обогащения:

- восполнить дефицит йода в твороге;
- повысить усвояемость йода в сочетании с белковым продуктом;
- получить функциональный творожный продукт.

В таблице 5.1 приведен перечень растений йодсодержащего фитосбора и количественные данные его присутствия.

Таблица 5.1 – Состав фитосбора и содержание йода в его компонентах

Компонент	Содержание в 100 г фитосбора, г	Содержание йода в указанной массе компонента, мг
Ламинария	60	0,48
Плоды шиповника	12	0,022
Цветы липы	6	0,048
Цветы ромашки аптечной	18	0,0042
Всего	100	0,55

Содержание йода в 100 г натурального творога незначительно и составляет примерно 0,003 мг. Суточная потребность взрослого человека в йоде составляет 0,2 мг. Согласно ГОСТ Р 52349-2005 «Продукты пищевые функциональные» функциональным считается продукт, содержащий функциональные ингредиенты в количестве не менее 15 % от их суточной физиологической потребности. Таким образом, минимальная доза обогащающей добавки (15 % от суточной потребности) должна содержать 0,03 мг йода. С учетом того, что 100 г фитосбора содержат 0,55 мг йода, минимальная доза для обогащения творога должна:

$$M_{\min} = \frac{100 \cdot 0,03}{0,55} = 5,45 \text{ г (на 100 г творога)}.$$

При применении добавки следует учитывать ее влияние на органолептические свойства продукта, могут быть выражены посторонние лекарственные привкусы. Рационально вносить добавку в количестве 3–6 % к массе творога.

Технологическая схема изготовления творога, обогащенного фитосбором, представлена на рисунке 5.1.



Рисунок 5.1 – Технологическая схема производства творога, обогащенного фитосбором

Молоко (100 кг) подогревается, сепарируется, нормализуется, пастеризуется, охлаждается, заквашивается введением стандартной молочнокислой закваски, приготовленной на культурах мезофильных молочнокислых стрептококков, при температуре молока 30 °С, и выдерживается для сквашивания 8 ч. Образовавшийся творожный сгусток нарезают на кубики размером 2,0×2,0×2,0 см, нагревают 45 мин путем введения пара до 42 °С, осторожно перемешивают.

вая. В результате нижние нагретые слои массы постепенно поднимаются вверх, а верхние – опускаются вниз. Нагретый сгусток выдерживают при данной температуре 40 мин для выделения сыворотки и уплотнения, затем охлаждают на 15 °С и вводят 3 кг (3 % массы полуфабриката) сушеной фитосмеси влажностью 8 %. Смесь предварительно тонко измельчают на коллоидной мельнице, дозируют взвешиванием, вносят в сформированный творожный сгусток и перемешивают 10 мин. Для этого в специальной емкости включают мешалку, после чего смесь равномерно перемешивают со скоростью 60 об/мин для набухания фиточастиц. Частицы растений впитывают в себя влагу сыворотки и ее компоненты, увеличиваясь в размерах. За счет компонентов растений и сыворотки, входящих в состав фитотворожной смеси и взаимодействующих между собой, система структурируется, повышается ее влагоудерживающая способность, образуются прочные комплексы, при этом происходит поглощение 37 % от общего количества сыворотки. Консистенция творожной массы становится нежной, мягкой, мажущейся.

Далее творожный полуфабрикат направляется на самопрессование. Для этого смесь сливают на серпянку, натянутую на пресс-тележку, и выдерживают в течение 1 ч для охлаждения и самопрессования для удаления основной части сыворотки. После этого на серпянку помещают металлическую пластину, на которую подается давление от винта пресса для прессования. Это принудительное удаление сыворотки или прессование проводится в течение 2 ч 30 мин.

Йод из фитосмеси переходит в новую биоформу – в виде йодтирозина и йодказеина. Это повышает его сохраняемость, биологическую ценность, а также уменьшает специфический «йодный» запах, свойственный фитосбору, который обусловлен его летучестью в той форме, в которой он находится в составе индивидуальных растений.

В ходе работы был получен функциональный продукт – творог, обогащенный фитосбором. В состав фитосмеси входят сушеная ламинария, цветы липы, плоды шиповника и цветы ромашки аптечной. Творожный фитопродукт, наряду с выраженными остеотропными свойствами, благодаря своей творожной основе, богатой кальцием, дополнительно обладает свойством предотвращать возникновение йододефицита в организме человека за счет содержания массовой доли функционального вещества (йода) в пределах 10–50 % от суточной потребности человека (в соответствии с рекомендацией ГОСТ 52349-2005) и обладает улучшенными органолептическими показателями, так как все компоненты содержат йод, а некоторые обладают, кроме того, выраженными ароматическими свойствами.

В технологической схеме производства данного функционального продукта улучшены условия для протекания массообменных процессов после введения фитосмеси в основу.

Рассчитаем критерии аналитической комбинаторики для обогащенного фитокомпонентами творожного продукта:

1. Критерий стоимости профилактической потребности незаменимого нутриента пищи:

$$K_C = (0,2/300) \cdot 2 \cdot 0,55 \cdot 1000000 = 733 \text{ руб.}$$

2. Критерий повышения пищевой ценности:

$$K_{\Pi} = (0,003 + 0,02 \cdot 0,55) \cdot 100 \cdot 0,2 = 0,28 = 28 \text{ \%}.$$

3. Показатель пищевой сбалансированности:

$$\text{ППСб} = 0,00055 \cdot 3 \cdot 100 \cdot 100 / 0,0002 = 82,5 \text{ \%}.$$

4. Критерий технологичности:

$$K_{\text{ТЕХН}} = 845/835 \approx 1 \approx 100 \text{ \%}.$$

5. Критерий ограничения:

$$K_O = 3/(100 - 3) = 0,03.$$

С учетом стоимости фитосбора и его количества (вносили только 6 % фитосбора), критерий стоимости обогащенного творога будет равен 44 руб.

*Вывод:* Анализ выбранной обогащающей добавки, технологии обогащенного ею творога, а также расчет критериев аналитической комбинаторики свидетельствуют о рациональности внедрения новой разработки в производство.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение основным понятиям (аналитическая и пищевая комбинаторика, пищевая и биологическая ценность продукта, обогащение).
2. Что такое функциональный пищевой продукт, функциональный пищевой ингредиент?
3. Каковы основные критерии обогащения пищевых продуктов?
4. В чем заключаются принципы обогащения пищевых продуктов?
5. Каковы основные критерии аналитической комбинаторики? Что такое критерий стоимости профилактической потребности незаменимого нутриента пищи?
6. Каковы основные критерии аналитической комбинаторики? Объясните критерий повышения пищевой ценности.
7. Перечислите основные критерии аналитической комбинаторики. Охарактеризуйте критерий органолептической оценки.
8. В чем заключается сущность критерия технологичности?
9. В чем заключается смысл критерия ограничения?
10. Как по совокупности критериев аналитической комбинаторики сделать выводы о целесообразности производства данного ППП?

## Лабораторная работа 6

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАЩЕННЫХ ПИЩЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ С УЧЕТОМ ПРИНЦИПОВ ПИЩЕВОЙ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ

**1 Цель:** разработать обогащенный пищевой продукт, оценить его соответствие принципам пищевой сбалансированности.

## 2 Теоретический материал

### 2.1 Обогащение пищевых продуктов: основные определения

*Обогащение (enrichment)* – это добавление к пищевым продуктам любых эссенциальных нутриентов – витаминов, макро- и микроэлементов, пищевых волокон, полиненасыщенных жирных кислот, фосфолипидов и других биологически активных (функциональных) веществ природного происхождения, безотносительно к их количеству, набору и цели такого вмешательства.

*Нутрификация (nutrification)* – термин, близкий к термину *обогащение*, который подчеркивает цель добавления функциональных ингредиентов – для увеличения пищевой ценности продукта питания.

*Восстановление (restoration)* – имеет более узкий смысл, чем два предыдущих термина, означает добавление к продуктам питания эссенциальных нутриентов для восполнения их потерь в процессе производства, хранения и использования. Примером такого процесса может служить восполнение содержания витаминов группы В в муке первого и высшего сортов до уровня их в исходном зерне.

*Фортификация или усиление (fortification)* – дополнительное обогащение продуктов недостающими витаминами и другими эссенциальными веществами до уровня, превышающего естественный в данном продукте.

*Стандартизация (standardisation)* – это добавление эссенциальных нутриентов для выравнивания, приведения к единому стандартному уровню содержания их в различных видах или партиях однотипной продукции. Примером может служить стандартизация содержания витамина С в плодовых соках на уровне 15–20 % суточного рекомендуемого потребления.

*Саплементация (supplementation)* – это дополнительный прием микро-нутриентов в форме фармацевтических препаратов (таблетки, капсулы, сиропы и т. п.) для восполнения их недостаточного поступления с пищей или достижения дополнительного положительного эффекта. Термин широко используется в зарубежной литературе и не относится к введению витаминов и других эссенциальных пищевых веществ в состав обогащаемого продукта.

*Витаминизация* – обогащение продуктов витаминами, в естественных условиях их практически не содержащих. Примером может служить добавление витамина А к тростниковому сахару в странах Латинской Америки в целях профилактики слепоты или добавление витамина С к молоку в России.

Данный термин до сих пор часто употребляется применительно не только к продуктам питания, но и к людям, обозначая восполнение недостатка витаминов в организме человека или больших групп населения путем приема витаминных препаратов или обогащенных витаминами продуктов питания.

В настоящее время наиболее целесообразно использовать термин «обогащение» с указанием конкретных добавок (обогащение витаминами, комплексами микронутриентов и т. п.) и целей обогащения (восполнение потерь, повышение пищевой ценности и пр.), поскольку целый ряд упомянутых выше терминов не нашел в отечественной литературе привычных эквивалентов.

Пищевые продукты, обогащенные витаминами и минеральными веществами, входят в обширную группу *продуктов функционального питания*, т. е. обогащенных функциональными физиологически полезными пищевыми ингредиентами, улучшающими здоровье человека. К этим ингредиентам, наряду с витаминами и минеральными веществами, относятся пищевые волокна, липиды, содержащие полиненасыщенные жирные кислоты, живые культуры бифидобактерий, необходимые для их питания олигосахариды, многие растительные компоненты – фитопарафармацевтики (флавоноиды, алкалоиды, эфирные масла, гликозиды, органические кислоты и т. д.).

## 2.2 Оценка биологической ценности белковых продуктов.

Биологическую ценность белков пищевого продукта определяют сравнением их аминокислотного состава с аминокислотным составом белков эталонов. В качестве эталонных используют белки грудного молока, куриного яйца, мышечной ткани трески и др. В 1973 г. решением Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и Всемирной продовольственной организации (ВПО) введен показатель биологической ценности пищевых белков – **аминокислотный скор (АКС)**:

$$\text{АКС} = \frac{A_i}{A_{эi}} \cdot 100\%,$$

где  $A_i$  – содержание незаменимой  $i$ -й аминокислоты в 1 г исследуемого белка, мг/г;  $A_{эi}$  – содержание  $i$ -й аминокислоты в 1 г «эталонного» белка, мг/г; 100 – коэффициент пересчета в %.

Пищевая ценность любого белка сравнивается с эталонным (абстрактным) белком, АКС которого сбалансирован и идеально соответствует потребностям человеческого организма в каждой незаменимой аминокислоте (НАК) (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Рекомендуемая суточная потребность человека в НАК

Незаменимые аминокислоты	ФАО/ВОЗ, мг/г белка				Масса тела, мг/кг
	Дети 2–5 лет	Дети 10–12 лет	Подростки	Взрослые	
Валин	50	35	25	13	10
Изолейцин	40	28	28	13	10
Лейцин	70	66	44	19	14
Лизин	55	58	44	16	12
Метионин + цистин	35	25	22	17	13
Фенилаланин + тирозин	60	63	22	19	14
Треонин	40	34	28	9	7
Триптофан	10	11	9	5	3,5

При расчете АКС содержание аминокислоты в конкретном белке выражается в процентном отношении к ее содержанию в эталоне. Аминокислота, АКС которой имеет самое низкое значение, называется лимитирующей кислотой. Она будет определять степень использования этого белка. В основу данного аналитического расчета биологической ценности белка положена гипотеза о доминирующем влиянии первой лимитирующей аминокислоты.

Избыточное количество НАК, не используемых на пластические нужды, характеризуется *коэффициентом различия аминокислотных скоров (КРАС, %)*. Его определяют по формуле:

$$\text{КРАС} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i - 100)}{n},$$

где  $n$  – количество НАК.

По величине КРАС оценивают *биологическую ценность (БЦ, %)* белоксодержащего продукта:

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС}.$$

При оценке биологической ценности многокомпонентных белковых продуктов учитывают не только содержание и АКС всех незаменимых аминокислот, но и комплекс показателей их биологической эффективности, рекомендуемых академиком Н.Н. Липатовым: *минимальный скор, коэффициент рациональности аминокислотного состава, показатель сопоставимой избыточности*.

*Коэффициент рациональности аминокислотного состава ( $R_c$ , доли единиц)* характеризует сбалансированность НАК по отношению к физиологически необходимой норме (эталону). В случае  $C_{\min} \leq 1$  коэффициент рациональности рассчитывают по формуле:

$$R_c = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i k_i)}{\sum_{i=1}^n A_i},$$

где  $k_i$  – коэффициент утилитарности  $i$ -й НАК по отношению к лимитирующей аминокислоте, доли ед.

**Коэффициент утилитарности**  $k_i$  является численной характеристикой, отражающей сбалансированность НАК по отношению к эталону. Расчет ведут по формуле:

$$k_i = \frac{C_{min}}{C_i},$$

где  $C_{min}$  – минимальный скор НАК оцениваемого белка по отношению к эталонному белку, доли ед.

Общее количество незаменимых аминокислот в белке оцениваемого продукта, которое из-за взаимной несбалансированности по отношению к эталону не может быть утилизировано организмом, служит для оценки сбалансированности состава НАК ( $\sigma$ , мг/г белка эталона) по показателю **сопоставимой избыточности**. Данный показатель характеризует суммарную массу НАК, не используемых на анаболические нужды, в таком количестве оцениваемого продукта, которое эквивалентно по их потенциально утилизируемому содержанию 1 г белка эталона. Расчет ведут по формуле:

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i - C_{min} A_{эi})}{C_{min}}.$$

Для полной характеристики белоксодержащих продуктов результаты расчетов показателей белковой сбалансированности оформляют в виде таблицы 6.2.

Таблица 6.2 – Биологическая ценность белка исследуемого пищевого продукта

Аминокислоты	Содержание белка в продукте, мг/г		АКС, %	КРАС, %	БЦ, %	R <sub>c</sub>	σ
	эталонном	исследуемом					
Изолейцин							
Лейцин							
Лизин							
Метионин + цистин							
Фенилаланин + тирозин							
Треонин							
Триптофан							
Валин							
<b>Всего</b>							

**2.3 Биологическая эффективность липидов пищевого продукта** оценивается по сбалансированности их жирнокислотного состава.

Для определения жирнокислотного состава рыб применяют различные хроматографические методы определения жирных кислот, например, газожидкостную хроматографию (ГЖХ). Непосредственному определению смеси жирных кислот липидов методом газожидкостной хроматографии предшествует

перевод жирных кислот в метиловые эфиры при кипячении пробы липидов в абсолютном метаноле с метилатом натрия и экстрагировании полученного продукта диэтиловым эфиром. Разделение полученной смеси метиловых эфиров происходит в газовом хроматографе. Подвижной фазой является газ-носитель (азот). Исследуемый образец метиловых эфиров поступает в колонку хроматографа в газообразном виде, для чего между дозатором и колонкой устанавливают подогреватель, обеспечивающий мгновенное испарение образца.

В методе высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) образец в хроматограф вводят в виде раствора, а разделение происходит при комнатной температуре. Метод ВЭЖХ требует меньших материальных затрат на определение жирных кислот, позволяет получить достоверные результаты, однако он относится к дорогостоящим.

Для качественной идентификации разделенных кислот параллельно при тех же условиях (скорость газа-носителя, температура и т. д.) прописывают хроматограмму известной стандартной кислоты, чаще всего пальмитиновой.

Биологическую эффективность липидов оценивают **по коэффициенту эффективности метаболизации жирных кислот (КЭМ)**, отражающему отношение концентрации арахидоновой (20:4) кислоты (как главного представителя высоконенасыщенных жирных кислот в нормальных митохондриальных липидах), к сумме всех других полиненасыщенных жирных кислот с 20 и 22 углеродными атомами:

$$\text{КЭМ} = \frac{|20:4|}{|20:2| + |20:3| + |20:5| + |22:3| + |22:5| + |22:6|}$$

Для липидов тихоокеанской ставриды, например, КЭМ равен 0,158, для липидов атлантической ставриды – 0,115. Следовательно, биологическая эффективность липидов тихоокеанской ставриды выше, чем у атлантической.

Установлено, что снижение величины КЭМ находится в тесной связи с отрицательными изменениями процессов жизнедеятельности организма, поэтому более ценными являются липиды с более высоким значением КЭМ (в данном случае – липиды тихоокеанской ставриды).

**Коэффициент биологической значимости жира (липидов)  $K_{бзж}$**  вычисляется по отношению суммы  $\omega$ -3 полиненасыщенных жирных кислот эйкозопентаеновой (ЭПК) и докозгексагеновой (ДГК) к массовой доле (общих липидов) в пищевом сырье или продукте в процентах или долях единицы (таблица 6.3).

$$K_{бзж} = (\text{ЭПК} + \text{ДГК}) / \text{Ж.}$$

Наибольшие величины  $K_{бзж}$  отмечают для жира тресковой печени, а также мышечного жира кальмара и ставриды. Средние значения зафиксированы у дальневосточных лососевых, ракообразных, сайры, сардины, скумбрии. Самые низкие значения характеризуют жир леща, кильки и севрюги. При общей потребности в ПНЖК от 3 до 6 г в сутки,  $\omega$ -3 ПНЖК должны составлять не менее 0,3–0,6 г. В пересчете на мясо скумбрии со средним значением  $K_{бзж}=0,15$

это означает употребление в пищу ежедневно не менее 2–4 г жира, содержащегося в 20–40 г филе жирностью 10 %.

Таблица 6.3 – Содержание ЭПК, ДГК, массовая доля жира и коэффициент его биологической значимости в пищевом сырье

Пищевое сырье	ЭПК, %	ДГК, %	Жиры, %	$K_{\text{бзж}}$ , %
Лещ	0,03	0,07	4,1	0,02
Севрюга	0,07	0,37	10,3	0,04
Килька балтийская	0,04	0,44	9,0	0,05
Тунец	0,16	0,22	4,27	0,09
Салака	0,30	0,30	6,3	0,10
Мойва весенняя	0,39	0,37	7,1	0,11
Сельдь	0,90	0,62	12,1	0,13
Семга	0,43	0,88	10,1	0,13
Скумбрия атлантическая	0,71	1,32	13,2	0,15
Сардина	0,86	0,70	10,0	0,16
Сайра	0,21	1,0	7,0	0,17
Кета	0,48	0,82	6,4	0,20
Горбуша	0,57	1,19	6,5	0,27
Ставрида	0,60	0,90	4,5	0,33
Печень трески	12,03	12,20	62,0	0,39
Печень кальмара	5,55	2,66	52,0	0,16
Кальмар	0,40	1,04	4,2	0,34
Креветка	0,33	0,12	2,2	0,20
Краб	0,55	0,17	3,6	0,20

Для оценки жирнокислотной сбалансированности липидов продуктов использовался критерий, представляющий собой частную интерпретацию *общего критерия алиментарной адекватности*, предложенного академиками Н. Н. Липатовым и А. Б. Лисицыным, характеризующий набор и массовые доли насыщенных (НЖК), моновенасыщенных (МНЖК) и полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в составе и готовой продукции в сравнении с заданными эталонами:

$$R_L = \left( \prod_{i=1}^6 d_{Li} \right)^{1/6},$$

где  $d_{Li} = L_i / L_{\text{эi}}$ , если  $L_i \leq L_{\text{эi}}$  и  $d_{Li} = (L_i / L_{\text{эi}})^{-1}$ , если  $L_i > L_{\text{эi}}$ ,  $R_L$  – коэффициент жирно-кислотного соответствия, доли ед.;  $L_i$  – массовая доля  $i$ -й жирной кислоты в сырье, г/100 г жира;  $L_{\text{эi}}$  – массовая доля  $i$ -й жирной кислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г жира;  $i=1$  соответствует  $\sum$  НЖК;  $i=2$  – сумма моновенасыщенных жирных кислот ( $\sum$  МНЖК);  $i=3$  – сумма полиненасыщенных жирных кислот ( $\sum$  ПНЖК);  $i=4$  –

для линолевой кислоты;  $i=5$  – для линоленовой кислоты;  $i=6$  – для арахидоновой кислоты.

## **2.4 Формализация требований к сбалансированности по основным питательным веществам**

Исходя из формализаций требований по комбинированию пищевых ингредиентов конструирование ППП подлежит компьютерному моделированию.

Компьютерное моделирование сбалансированных по составу пищевых продуктов включают три этапа.

*На первом этапе* осуществляется моделирование аминокислотного состава белка проектируемого ППП и выбирается состав пищевых компонентов с учетом рационального использования незаменимых аминокислот.

*На втором этапе* осуществляется моделирование жирнокислотного состава с учетом того, что массовые доли компонентов, содержащих помимо жира и белки, постоянны, как predeterminedенные первым этапом проектирования. По результатам моделирования выбираются такие массовые доли жиросодержащего компонента, которые обеспечивают требуемое приближение к физиологически необходимому соотношению между насыщенными, моно- и полиненасыщенными жирными кислотами.

*На третьем этапе* рассчитывается энергетическая ценность продукта. Специалистами разработан ряд компьютерных программ по моделированию продуктов с задаваемым составом. Они успешно апробированы при разработке рецептур сбалансированных по составу продуктов на мясо-растительной основе для людей с различными энергетическими нагрузками, пожилого и преклонного возраста, для детей и школьников, для больных, раненых и травмированных.

*Формализация требований к сбалансированным по составу продуктам* является одним из этапов проектирования комбинированных пищевых продуктов для среднего «условного» взрослого человека. При этом исходят из физиологических потребностей человека в пищевых веществах и энергии («Нормы физиологических потребностей...», 2008 г.).

Учитывая, что в среднем человек в сутки потребляет 1600 г пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2.1078-01), рассчитаны рекомендуемые нормы содержания пищевых веществ в 100 г проектируемого продукта.

Формализованные требования для проектирования сбалансированных продуктов на рыбной основе массового потребления приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Суточная потребность в основных питательных веществах среднестатистического человека и их содержание в 100 г «идеального» ППП

Основные питательные вещества	Суточная потребность	Содержание в 100 г КПП
<i>Энергетическая ценность, ккал</i>	2500	156,25
<i>Белки, г, в том числе незаменимые аминокислоты, г/100 г белка</i>	75	4,68
Изолейцин	1,3	0,06
Лейцин	1,9	0,09
Лизин	1,6	0,07
Метионин + цистин	1,7	0,08
Фенилаланин	1,9	0,09
Треонин	0,9	0,04
Триптофан	0,5	0,02
Валин	1,3	0,06
<i>Жиры, г, в том числе соотношение жирных кислот, %:</i>	83	5,18
Полиненасыщенные	10	0,52
Мононенасыщенные	60	3,11
Насыщенные	30	1,55
<i>Усвояемые углеводы, г, в том числе сахар (сахароза)</i>	365	22,81
	65	4,06
<i>Пищевые волокна, г</i>	30	1,87
<i>Минеральные вещества, мг:</i>		
Железо	14	0,87
Йод	0,15	0,09
Цинк	15	0,93
Селен	0,07	0,004
Кальций	1000	62,50
Магний	400	25,00
Фосфор	1000	62,50
Калий	3500	218,75
<i>Витамины, мг</i>		
А (на ретиноловый эквивалент)	1,0	0,062
В <sub>1</sub> (тиамин)	1,5	0,093
В <sub>2</sub> (рибофлавин)	1,8	0,112
В <sub>6</sub>	2,0	0,125
В <sub>9</sub> (фолиевая кислота)	0,2	0,012
С (аскорбиновая кислота)	70	4,38
Д	0,005	0,0003
Е (на токофероловый эквивалент)	10	0,62
РР (на ниациновый эквивалент)	20	1,25
Натрий хлористый (пищевая соль), не более, г	6,15	0,38

### 3 Ход работы

1. Исходя из актуальности темы и критериев обогащения, выбрать обогащаемый продукт, составить его базовую рецептуру.
2. Исходя из дефицита базового продукта в функциональном веществе, подобрать обогащающую добавку, описать её состав и свойства.
3. Определить дозу обогащающей добавки и способ её внесения.
4. Определить состав обогащенного продукта, среднесуточную норму его потребления и содержание функциональных веществ в этой норме.
5. Описать технологическую схему производства обогащенного продукта.
6. Привести характеристику органолептических показателей обогащенного продукта.
7. Рассчитать показатели пищевой сбалансированности обогащенного продукта (ППСБ) по функциональным ингредиентам с ориентацией на суточную норму.

### 4 Задания к работе

Виды обогащаемых продуктов:

- 1) хлеб ржаной, обогащенный пищевыми волокнами (отруби пшеничные);
- 2) хлеб пшеничный, обогащенный ламинарией сушеной;
- 3) печенье затяжное, обогащенное белково-минеральной добавкой (сушеные измельченные рыбные кости);
- 4) печенье песочное, обогащенное фосфолипидами;
- 5) мармелад фруктовый, обогащенный хитозаном;
- 6) крабовые палочки, обогащенные хитозаном;
- 7) рыбные палочки, обогащенные крилевым фаршем;
- 8) мясная говяжья колбаса вареная, обогащенная фаршем минтая;
- 9) свиные сосиски, обогащенные фаршем трески;
- 10) стейки из акулы сушеные, обогащенные оливковым маслом;
- 11) рапсовое масло, обогащенное облепиховым маслом;
- 12) гидролизат мышечной ткани путассу, обогащенный мидийным гидролизатом;
- 13) майонез, обогащенный соевым концентратом;
- 14) томатный соус, обогащенный топинамбуром;
- 15) квас, обогащенный витаминно-минеральным премиксом;
- 16) вино, обогащенное флавоноидами;
- 17) творог, обогащенный каррагинанами и соевым белком;
- 18) кефир, обогащенный комплексом полиненасыщенных жирных кислот;
- 19) молоко, обогащенное жирорастворимыми витаминами А и D;
- 20) леденцы, обогащенные аскорбиновой кислотой и антоцианами;
- 21) чипсы картофельные, обогащенные топинамбуром.

## 5 Пример

**Задание.** Разработать рецептуру обогащенного батона из пшеничной муки высшего сорта путем добавления к муке витаминно-минерального премикса «Валетек-8» и оценить его пищевую сбалансированность по витаминно-минеральному составу и углеводам.

*Актуальность темы.* Как свидетельствуют данные Института питания РАМН, наиболее распространенным нарушением в питании является недостаточное потребление витаминов и ряда минеральных веществ, наносящее серьезный ущерб здоровью детей и взрослых.

Эффективным и удобным способом кардинального улучшения витаминной обеспеченности населения является включение в его рацион продуктов, дополнительно обогащенных необходимыми микронутриентами до уровня, соответствующего физиологическим потребностям организма. В этом отношении обогащение хлебобулочных изделий, как продукта массового потребления, является наиболее целесообразным.

Научно доказано, что наиболее рациональным и технологичным способом обогащения пищевого продукта является использование премиксов. Однако внесение в пищевые массы витаминно-минеральных добавок, содержащих нерастворимые или трудно растворимые компоненты, является проблемным. Поэтому используют предварительно приготовленные витаминно-минеральные обогатители на пищевом носителе, к которым относится премикс «Валетек-8». К преимуществам использования премикса «Валетек-8» следует также отнести:

- упрощение технологического процесса обогащения пищевого продукта;
- отсутствие процесса взвешивания добавки, что исключает возможность ошибки при обогащении продукта;
- надежная упаковка и длительный срок хранения – 12 месяцев.

Премикс «Валетек-8» представляет собой смесь витаминов группы В (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>), никотиновой и фолиевой кислот, железа и кальция. Состав премикса «Валетек-8» представлен в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Состав витаминно-минерального премикса «Валетек-8» и суточная потребность взрослого человека в микронутриентах

Показатель	Содержание, мг/100 г	Суточная потребность, мг
Тиамин (В <sub>1</sub> )	90	1,5
Рибофлавин (В <sub>2</sub> )	55	1,8
Пиридоксин (В <sub>6</sub> )	133	3,05
Ниацин (РР)	1150	17
Фолиевая кислота (В <sub>9</sub> )	8,5	0,4
Железо	550	10-18
Кальций	1920	1000
Углеводы	33120	246

Витамины в премиксе применяются в виде специальных форм, стабильность которых при некоторых видах технологической обработки максимальна. В качестве носителя используется пшеничная мука. С 300 г обогащенного хлеба, а это среднедушевое потребление в России хлеба в сутки, человек получает значительное количество необходимых организму элементов пищи.

Содержание микронутриентов в обогащенном батоне из пшеничной муки высшего сорта без внесения премикса «Валетек-8» представлено в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Содержание микронутриентов в обогащенном и исходном батоне из пшеничной муки высшего сорта, мг/100 г продукта

Объект	Содержание микронутриентов						
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>6</sub>	PP	B <sub>9</sub>	Fe	Ca
Батон из пшеничной муки высшего сорта	0,18	0,08	0,17	0,67	0,03	1,90	35
Обогащенный батон из пшеничной муки высшего сорта	0,39	0,21	0,32	4,49	0,11	3,14	83,99

Стандартная рецептура батона исходного приведена в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Базовая рецептура батона из пшеничной муки высшего сорта

Наименование сырья	Расход сырья, кг на 100 кг готового продукта
Мука пшеничная высшего сорта	100,0
Дрожжи прессованные	1,0
Соль	1,5
Сахар	6,0
Маргарин	3,5
<b>Итого</b>	<b>112,0</b>

Рецептура обогащенного батона из пшеничной муки высшего сорта премиксом «Валетек-8» представлена в таблице 6.8.

При выпечке из 112,5 кг теста образуется 100 кг готовой продукции (батон). При этом содержание добавки «Валетек-8» в одном батоне массой 300 г (суточная норма хлеба) составит 1,5 г (0,5 % массы батона).

Таблица 6.8 – Рецептура обогащенного батона из пшеничной муки высшего сорта

Наименование сырья	Расход сырья, кг на 100 кг продукта
Мука пшеничная высшего сорта	100,0
Дрожжи прессованные	1,0
Соль	1,5
Сахар	6,0
Маргарин	3,5
«Валетек-8»	0,5
<b>Итого</b>	<b>112,5</b>

Технологическая схема производства обогащенного батона из пшеничной муки высшего сорта на основе базовой рецептуры приведена на рисунке 6.1.

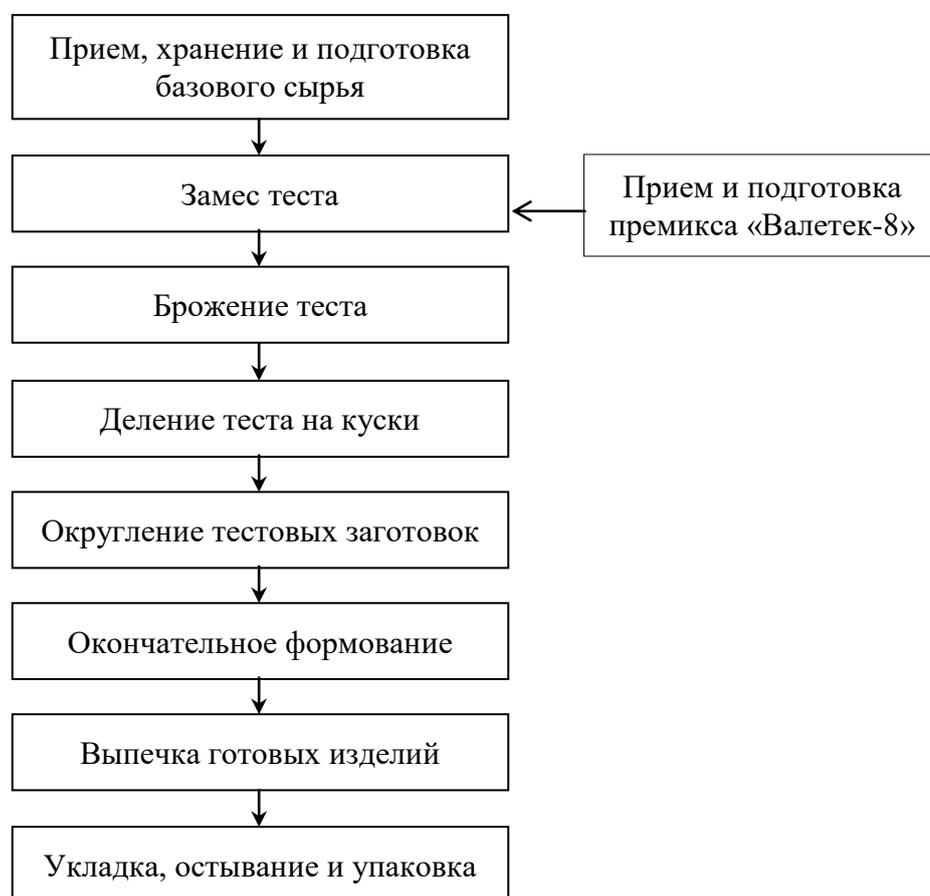


Рисунок 6.1 – Технологическая схема производства обогащенного батона из пшеничной муки высшего сорта

«Валетек-8» расфасован по 500 г в пакеты из полимерного металлизированного материала. Содержимое упаковки перед замесом теста равномерно распределяется по поверхности муки в деже или месильной камере тестоме-

сильной машины из расчета 500 г на 100 кг муки. Далее процесс осуществляется по традиционной технологии.

По физическим и органолептическим показателям обогащенные батоны не отличаются от традиционных и отвечают требованиям, приведенным в таблице 6.9.

Таблица 6.9 – Органолептические показатели стандартного и обогащенного батонов из пшеничной муки

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид: форма и поверхность цвет	Форма овальная, поверхность гладкая, глянцевая от светло-желтого до темно-желтого
Состояние мякиша (пропеченность, промес, пористость)	Пропеченный, не влажный на ощупь, без следов непромеса. Хорошо развитая, тонкостенная пористость
Вкус	Приятный, свойственный изделию данного вида, ярко выражен, без постороннего привкуса
Запах	Приятный, свойственный изделию данного вида, без постороннего запаха

Показатель пищевой сбалансированности (ППСБ в %) продукта по содержанию витаминов, минеральных веществ, углеводам и другим БАВ оценивается по формуле:

$$\text{ППСБ} = \frac{\text{содержание ингредиента в обогащаемом продукте}}{\text{суточная потребность в ингредиенте}} * 100\% .$$

Показатели пищевой сбалансированности (ППС), оцененные по витаминно-минеральному составу батона массой 300 г относительно суточной потребности, имеют следующие значения:

- 1) для витамина В<sub>1</sub>: ППСБ = (0,09 г · 1,5 г)/0,0015 г = 90 %;
- 2) для витамина В<sub>2</sub>: ППСБ = (0,055 г · 1,5 г)/0,0018 г = 45,8 %;
- 3) для витамина В<sub>6</sub>: ППСБ = (0,133 г · 1,5 г)/0,00305 г = 65,4 %;
- 4) для витамина РР: ППСБ = (1,15 г · 1,5 г)/0,017 г = 101,5 %;
- 5) для витамина В<sub>9</sub>: ППСБ = (33,12 г · 1,5 г)/0,0004 г = 31,9 %;
- 6) для углеводов: ППСБ = (33,12 г · 1,5 г)/246 г = 0,2 %;
- 7) для железа: ППСБ = (0,55 г · 1,5 г)/0,018 г = 45,8 %;
- 8) для кальция: ППСБ = (1,92 г · 1,5 г)/1 г = 2,9 %.

**Вывод:** обогащенный премиксом «Валетек-8» батон массой 300 г будет удовлетворять потребность организма в витамине В<sub>1</sub> на 90 %, в витамине В<sub>2</sub> – на 45,8 %, в витамине В<sub>6</sub> – на 65,4 %, в витамине РР – на 101,5 %, в витамине В<sub>9</sub> – на 31,9 %, в углеводах на 0,2 %, в железе – на 45,8 %, в кальции – на 2,9 %.

## Контрольные вопросы

1. Дайте определение основным понятиям, оперируемым при обогащении пищевых продуктов (обогащение, нутрификация, восстановление, фортификация, саплементация, стандартизация, витаминизация).
2. По каким показателям проводится оценка биологической ценности белковых продуктов? Что такое аминокислотный скор?
3. Что характеризуется коэффициентом различия аминокислотных скоров? Приведите формулу данного показателя.
4. Что оценивает показатель биологической ценности и коэффициент рациональности аминокислотного состава? Дайте определения.
5. Что такое коэффициент утилитарности и показатель сопоставимой избыточности?
6. Как оценивается биологическая эффективность липидов пищевого продукта?
7. Что показывает коэффициент эффективности метаболизации жирных кислот?
8. В чем заключается компьютерное моделирование сбалансированных по составу пищевых продуктов?
9. Охарактеризуйте коэффициент биологической значимости жира.
10. Составьте технологическую схему производства обогащенного батона.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Байдалинова, Л. С. Биохимия сырья водного происхождения: учеб. пособие / Л. С. Байдалинова, А. А. Яржомбек. – Москва: МОРКНИГА, 2011. – 506 с.
2. Барьерная технология гидробионтов: учеб. пособие / под ред. Т. М. Сафроновой – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2011. – 336 с.
3. Инновационные технологии сырья животного происхождения: учеб. пособие: в 2 ч. / О. В. Бредихина, М. П. Артамонова, Р. В. Артемов, Ю. М. Бухтеева. – Москва: Троицкий мост, 2021. – Ч. 1. Мясо и мясные продукты. – 234 с.
4. Инновационные технологии сырья животного происхождения: учеб. пособие: в 2 ч. / О. В. Бредихина, М. П. Артамонова, Р. В. Артемов, Ю. М. Бухтеева. – Москва: Троицкий мост, 2021. – Ч. 2. Рыба и рыбные продукты. – 234 с.
5. Мезенова, О. Я. Проектирование комбинированных продуктов питания: учеб. пособие / О. Я. Мезенова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. – 172 с.
6. Жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд. – Москва: ДелЛипринт, 2009. – 396 с.
7. Землякова, Е. С. Биологически активные композиции остеотропного и хондропротекторного действия на основе вторичного сырья гидробионтов / Е. С. Землякова, О. Я. Мезенова. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2011. – 169 с.
8. Ключко, Н. Ю. Парафармацевтики в продуктах на основе гидробионтов: монография / Н. Ю. Ключко, О. Я. Мезенов. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2009. – 346 с.
9. Мезенова, О. Я. Проектирование поликомпонентных пищевых продуктов: учеб. пособие / О. Я. Мезенова. – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2015. – 224 с.
10. Мезенова, О. Я. Проектирование биотехнологических производств: учеб. пособие / О. Я. Мезенова, Н. Ю. Ключко. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. – 248 с.
11. Мезенова, О. Я. Гомеостаз и питание: учеб. пособие / О. Я. Мезенова. – Санкт-Петербург: Изд-во «Лань», 2019. – 224 с.
12. Мезенова, О. Я. Математическое моделирование в пищевой биотехнологии / О. Я. Мезенова, Н. Ю. Мезенова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 103 с.
13. Мезенова, О. Я. Современные биотехнологии продуктов животного происхождения: учеб. пособие: в 2 ч. / О. Я. Мезенова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2010. – Ч. 2. – 233 с.

14. Мезенова, О. Я. Технология, экология и оценка качества копченых продуктов: учеб. пособие / О. Я. Мезенова, Э. Н. Ким. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2009. – 488 с.

15. Мезенова, О. Я. Технология и качество продуктов питания на основе сырья животного происхождения: учеб. пособие / О. Я. Мезенова, Л. С. Байдалинова, Н. С. Сергеев. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. – 257 с.

16. Научные основы проектирования продукции с заданными свойствами и составом: учеб.-метод. пособие / сост.: С. К. Чич; З. Т. Тазова / Майкопский государственный технологический университет. – Майкоп: Изд-во «ИП Магарин», 2018. – 84 с.

17. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / под ред. В. Б. Спиричева. – Новосибирск: Сиб. универ. изд-во, 2005. – 548 с.

18. Основные принципы переработки сырья растительного, животного, микробиологического происхождения и рыбы: учеб. пособие. – Санкт-Петербург: СПГУНиПТ, 2010. – 370 с.

19. Пищевая биотехнология: учеб. пособие: в 2 кн. / Л. А. Иванова, Л. И. Войно, И. С. Иванова; под ред. И. М. Грачевой. – Москва: КолосС, 2008. – Кн. 2. Переработка растительного сырья.— 472 с.

20. Проектирование состава продуктов питания с заданными свойствами: учеб.-метод. пособие / Л. А. Надточий, А. Ю. Чечеткина, А. И. Лепешкин. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2020. – 46 с.

21. Сенсорный анализ продуктов из гидробионтов: учеб. пособие / Г. Н. Ким [и др.]. – Москва: Колос, 2008. – 534 с.

22. Технология рыбы и рыбных продуктов: учебник / под ред. А. М. Ершова. – Москва: Колос, 2010. – 1064 с.

23. Рогов, И. А. Химия пищи: учебник / И. А. Рогов, Л. В. Антипова, Н. И. Дунченко. – Москва: КолосС, 2007. – 853 с.

Локальный электронный методический материал

Ольга Яковлевна Мезенова

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Редактор Е. Билко

Локальное электронное издание

Уч.-изд. л. 7,0. Печ. л. 5,9

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»,  
236022, Калининград, Советский проспект, 1