



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»

---

## **ШКОЛА БИОМЕДИЦИНЫ**

**Департамент пищевых наук и технологий**

**Ермоленко Татьяна Сергеевна**

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНТОЦИАНОВОГО  
ПИГМЕНТА ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОНДИТЕРСКИХ  
ПОЛУФАБРИКАТОВ**

### **МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

по образовательной программе подготовки магистров  
по направлению 19.04.04 «Технология продукции и организация  
общественного питания»

г. Владивосток

2018



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»

---

## **ШКОЛА БИОМЕДИЦИНЫ**

**Департамент пищевых наук и технологий**

**Ермоленко Татьяна Сергеевна**

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНТОЦИАНОВОГО  
ПИГМЕНТА ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОНДИТЕРСКИХ  
ПОЛУФАБРИКАТОВ**

### **МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

по образовательной программе подготовки магистров  
по направлению 19.04.04 «Технология продукции и организация  
общественного питания»

г. Владивосток

2018

Автор работы студент гр. М 7210 И.С. Хотимченко  
подпись

«20» июня 2018 г.

Руководитель ВКР к.б.н., доцент  
(должность, ученое звание)

Н.Ю. Чеснокова  
(подпись) (ФИО)

«20» июня 2018 г.

Назначен рецензент к.т.н.  
(ученое звание)

Л.О. Коршенко  
(ФИО)

«Допустить к защите»

Директор ДПНиТ профессор  
(ученое звание)

Ю.В. Приходько  
(подпись) (ФИО)

«    »                                  2018 г.

Защищена в ГЭК с оценкой

Секретарь ГЭК

подпись И.О. Фамилия

«    »                                  2018 г.

УТВЕРЖДАЮ

Ю.С. Хотимченко /                                  /  
Ф.И.О. Подпись

Директор Школы биомедицины  
«    »                                  2018 г.

**В материалах данной выпускной квалификационной работы не  
содержатся сведения, составляющие государственную тайну,  
и сведения, подлежащие экспортному контролю.**

Ю.С. Хотимченко /                                  /  
Ф.И.О. Подпись

Уполномоченный по экспортному контролю  
«    »                                  2018 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»

**ШКОЛА БИОМЕДИЦИНЫ**

**Департамент пищевых наук и технологий**

**ЗАДАНИЕ**

на выпускную квалификационную работу

студенту (ке) Ермоленко Татьяне Сергеевне группы М 7210  
(фамилия, имя, отчество)

на тему *Изучение возможности использования антоцианового пигмента черной смородины в производстве кондитерских полуфабрикатов*

Вопросы, подлежащие разработке (исследованию):

обзор литературных данных; убедиться в актуальности темы исследования; исследовать влияние ультразвука, температуры и времени экстрагирования на интенсивность выделения антоцианового пигмента; исследовать влияние природы растворителя на степень извлечения антоцианового пигмента; разработать рецептуры кондитерских отделочных полуфабрикатов с добавлением раствора окрашенного антоцианосодержащего структурообразователя; определить основные экономические показатели; разработать СТО на изделие; сделать выводы.

Основные источники информации и прочее, используемые для разработки темы:

печатные и периодические издания, посвященные свойствам и способам выделения антоцианового пигмента; государственные стандарты на методы определения качества пищевой продукции

Срок представления работы «20» июня 2018г.

Дата выдачи задания «14» ноября 2017г.

Руководитель ВКР к.б.н доцент Н. Ю. Чеснокова  
(должность, уч. звание) (подпись) (и.о.ф)

Задание получил Т.С. Ермоленко  
(подпись) (и.о.ф)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «Дальневосточный федеральный университет»

**ШКОЛА БИОМЕДИЦИНЫ**

**Департамент пищевых наук и технологий**

**Г Р А Ф И К**

подготовки и оформления выпускной квалификационной работы

студенту (ки) Ермоленко Татьяны Сергеевны группы М 7210  
 (фамилия, имя, отчество)

на тему *Изучение возможности использования антоцианового пигмента черной смородины в производстве кондитерских полуфабрикатов*

№ п/п	Выполняемые работы и мероприятия	Срок выполнения	Отметка о выполнении
1	Выбор темы и согласование с руководителем	<i>февраль</i>	выполнено
2	Составление плана работы. Подбор первичного материала, его изучение и обработка. Составление предварительной библиографии	<i>февраль-март</i>	выполнено
3	Разработка и представление руководителю первой части работы	<i>февраль-март</i>	выполнено
4	Составление задания на преддипломную практику и сбору материала для выполнения ВКР	<i>март-апрель</i>	выполнено
5	Разработка и представление руководителю второй части работы	<i>апрель-май</i>	выполнено
6	Разработка и представление руководителю третьей части работы	<i>май</i>	выполнено
7	Подготовка и согласование с руководителем выводов, введения и заключения. Подготовка презентации работы	<i>май</i>	выполнено
8	Доработка ВКР в соответствии с замечаниями руководителя	<i>24 мая 2018</i>	выполнено
9	Первая проверка ВКР в системе «Антиплагиат»	<i>29 мая 2018</i>	выполнено
10	Исправление возможных фрагментов плагиата	<i>1 июня 2018</i>	выполнено
11	Предзащита ВКР на заседании выпускающей кафедры	<i>15 июня 2018</i>	выполнено
12	Доработка ВКР в соответствии с замечаниями, высказанными на предзащите	<i>15-20 июня 2018</i>	выполнено
13	Вторая проверка ВКР в системе «Антиплагиат» и представление руководителю на проверку для получения отзыва	<i>21 июня 2018</i>	выполнено
14	Загрузка ВКР на сайт Научной библиотеки ДВФУ	<i>25 июня 2018</i>	выполнено
15	Завершение подготовки к защите (доклад, раздаточный материал, презентация в Power Point)	<i>27 июня 2018</i>	выполнено

Студент *Т.С. Ермоленко*  
 (подпись)

*Т.С. Ермоленко*  
 (и.о. фамилия)

*20* *июня* *2018* г.

Руководитель ВКР *к. б. н., доцент*  
 (должность, уч. звание)

*Н. Ю. Чеснокова*  
 (подпись)

*Н. Ю. Чеснокова*  
 (и.о. фамилия)

*20* *июня* *2018* г.

## ШКОЛА БИОМЕДИЦИНЫ

### Департамент пищевых наук и технологий

## ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ

на выпускную квалификационную работу студента (ки) Ермоленко Т.С.  
(фамилия, имя, отчество)

специальность (направление 19.04.04 *Технология продукции и организация общественного питания*) группа М 7210

Руководитель ВКР к.б.н., доцент Чеснокова Н.Ю.  
(ученая степень, ученое звание, и.о.фамилия)

на тему *Изучение возможности использования антоцианового пигмента черной смородины в производстве кондитерских полуфабрикатов*

Дата защиты ВКР «2» июля 2018 г.

Тема магистерской диссертации Ермоленко Т.С. «Изучение возможности использования антоцианового пигмента черной смородины в производстве кондитерских полуфабрикатов» актуальна, так как в настоящее время является перспективным использованием натуральных красителей для окрашивания продуктов питания.

В ходе работы поставленные задачи решены в полном объеме и соответствуют указанной цели работы. Магистрант обосновал выбор основных источников и методов выделения антоцианового пигмента черной смородины, а также использование его в производстве кондитерских отделочных полуфабрикатов. Кроме того, в магистерской работе изучены физико-химические и органолептические показатели разработанных изделий, составлена нормативная документация на изделие.

При написании магистерской диссертации Ермоленко Т.С. проявила себя как грамотный и квалифицированный специалист в области технологии продукции и организации общественного питания. При выполнении работы отмечена дисциплинированность, компетентность, умение анализировать и обобщать информацию, делать выводы и интерпретировать полученный материал.

Проверка магистерской диссертации в системе Black Board на антиплагиат показала 90% оригинальности.

Магистрант Ермоленко Т.С. заслуживает присвоения квалификации «Магистр», а  
магистерская диссертация – отличной оценки.

---

Руководитель ВКР к.б.н., доцент  
(должность, уч.зван)

  
(подпись)

Н.Ю. Чеснокова  
(и.о.ф)

«\_20\_»\_июня\_2018 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»

**ШКОЛА БИОМЕДИЦИНЫ**

**Департамент пищевых наук и технологий**

**РЕЦЕНЗИЯ**

на выпускную квалификационную работу студента *Ермоленко Татьяны Сергеевны*  
специальность (направление) *Технология продукции и организации общественного*  
*питания* группа М 7210 \_\_\_\_\_

на тему *Изучение возможности использования антоцианового пигмента*  
*черной смородины в производстве кондитерских полуфабрикатов*

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_  
*к.б.н. доцент Н.Ю. Чеснокова*  
(ученая степень, ученое звание, и.о. фамилия)

Дата защиты ВКР « 02 » июля 2018 г.

**1 Актуальность ВКР, ее научное, практическое значение и соответствие заданию**

Работа Ермоленко Татьяны Сергеевны посвящена важной для пищевой промышленности теме – получение натуральных красителей, не уступающих по своим органолептическим свойствам синтетическим и искусственным, но не оказывающих негативного влияния на организм человека. Плоды многих растений издавна используются как естественные источники красителей. Ограниченное их использование в настоящее время в промышленности очевидно. Применение ягод Дальневосточного региона в качестве источников антоцианового пигмента, который, по-видимому, богат и ценными витаминами, важная и актуальная задача.

Для достижения поставленной цели автору необходимо было исследовать влияние ультразвука, температуры и времени экстрагирования на интенсивность извлечения антоцианового пигмента черной смородины; влияние природы растворителя на степень извлечения антоцианового пигмента; разработка рецептуры и технологии кондитерских полуфабрикатов. Татьяна Сергеевна успешно справилась с заданием, поставленным в работе.

**2 Достоинства работы:** умение работать с литературой, последовательно и грамотное излагать материал, оригинальность идей, раскрытие темы, достижение поставленных целей и задач

Работа Ермоленко Т.С. представлена на 90 страницах (без приложений) и состоит из традиционных для выпускной квалификационной работы разделов: введения, литературного обзора, экспериментальной части, обсуждения полученных результатов, выводов, приложений.

Литературный обзор отражает современное состояние изучаемой проблемы и содержит 60 литературных ссылок, как на отечественные, так и на иностранные источники.

Целью работы являлась разработка технологии выделения антоциановых пигментов с улучшенными технологическими характеристиками из ягодного сырья Дальневосточного региона и изучение их свойств и возможности применения для окрашивания кондитерских



полуфабрикатов.

Автором подобраны условия выделения антоцианового пигмента. Обоснован механизм ультразвуковой и тепловой экстракции пигмента. Установлена возможность использования раствора окрашенного антоциансодержащего структурообразователя в производстве кондитерских полуфабрикатов.

В работе использованы современные физико-химические методы анализа, которые позволили автору работы охарактеризовать выделенный продукт.

Работа изложена последовательно и грамотно.

По материал работы опубликованы тезисы.

**3 Недостатки и замечания** (как по содержанию, так и по оформлению)

Представленная работа, однако, не лишена и некоторых замечаний, как по оформлению, так и по содержанию.

В тексте имеются опечатки, выразившиеся в отсутствии согласования второстепенных членов предложения.

**4 Целесообразность** внедрения, использование в учебном процессе, публикации и т.п.

Работа может быть внедрена в практику пищевой промышленности. Использование доступного культивируемого в Дальневосточном регионе сырья позволило бы не только приблизить источник к местам переработки, но и получить достойную замену искусственным и синтетическим красителям. Результаты работы могут быть внедрены и в учебный процесс, как один из аспектов практической подготовки будущих специалистов в области технологии продукции и организации общественного питания.

**5 Общий вывод:** (о присвоении дипломнику соответствующей квалификации и оценка: отлично, хорошо, удовлетворительно).

Не смотря на сделанные замечания, работа Ермоленко Татьяны Сергеевны, несомненно, заслуживает высокой оценки, ее автор присвоения квалификации магистр по направлению 19.04.04 Технология продукции и организация общественного питания.

Оценка отлично

Рецензент

канд. техн. наук, доцент кафедры  
товароведения и экспертизы товаров  
Школы экономики и менеджмента ДВФУ



Л.О. Коршенко  
(и.о.ф.)

25 июля 2018 г.

М.П.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	11
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	14
1.1 Классификация красителей .....	14
1.1.1. Синтетические красители.....	15
1.1.2 Натуральные красители.....	19
1.2 Природа антоцианового пигмента и влияние различных факторов на его свойства .....	28
1.3 Методы и способы выделения антоцианового пигмента .....	31
1.4 Ультразвуковая экстракция .....	33
1.5 Характеристика и свойства структурообразователей .....	37
1.6 Классификация и свойства отделочных кондитерских полуфабрикатов.....	42
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТА .....	47
2.1 Материалы .....	47
2.2 Методы исследований .....	48
2.2.1 Съемка УФ-спектров растворов .....	48
2.2.2 Ультразвуковая экстракция.....	48
2.2.3. Определение количества антоцианового пигмента .....	48
2.2.6. Определение массовой доли жира в пересчете на сухое вещество ...	49
2.2.7. Определение свинца и кадмия .....	49
2.2.8. Определение мышьяка .....	49
2.2.9. Определение ртути. ....	50
ВЫВОДЫ.....	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:.....	52

## ВВЕДЕНИЕ

Цвет – один из основных показателей, определяющий потребительские свойства кондитерских изделий. Для окрашивания кондитерских изделий и полуфабрикатов используют натуральные и синтетические красители. Синтетические красители имеют яркую устойчивую окраску, просты в использовании, но могут вызывать аллергические реакции и оказывать другое патологическое влияние на организм человека. Поэтому интерес к использованию натуральных красителей возрастает.

Для получения натуральных красителей используют растительное сырье: лепестки цветов, плоды, ягоды, овощи и др. Одними из основных природных пигментов, окрашивающими в спектр оттенков от синего до фиолетового, являются антоцианы [57].

Антоцианы - это группа натуральных пигментов, вносящих существенный вклад в окраску растений. Эти соединения ярко окрашены в оранжевый, красный, пурпурный или синий цвет. Источником получения натуральных красных пигментов антоциановой природы является растительное сырье (лепестки цветов, ягоды, плоды овощей и тд.), а также отходы соковых и консервных производств.

По своей структуре антоцианы представляют собой фенольные соединения, являющиеся моно- и дигликозидами, содержащими в качестве агликона-антоцианидина гидрокси- и метоксизамещенные соли флавилия (2-фенилхроменилия) [58].

Растворы антоциановых пигментов кроме красящих компонентов содержат в своем составе такие полезные биологически активные вещества как витамины, гликозиды, органические кислоты, микроэлементы, которые обладают множеством полезных фармакологических свойств: снижают уровень холестерина, препятствуют образованию тромбов, повышают эластичность сосудов, ускоряют заживление ран, благоприятно влияют на зрение,

способствуют профилактике онкологических заболеваний [59,60,61,62]. Поэтому использование антоциановых пигментов в продуктах питания позволяет не только улучшать их органолептические показатели, но и придавать продукту функциональные свойства.

Существуют разнообразные методы извлечения антоциановых пигментов из растительного сырья экстрагентами различной природы [63,64,65], однако вопрос повышения эффективности экстрагирования до настоящего времени остается актуальным.

Цель и задачи исследования. Цель настоящей работы заключалась в изучении влияния ультразвука и условий экстрагирования на интенсивность извлечения антоцианового пигмента черной смородины, а также возможность его использования в производстве кондитерских отделочных полуфабрикатов.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие основные задачи:

1. Изучить влияние ультразвука, температуры и времени экстрагирования на интенсивность извлечения антоцианового пигмента черной смородины.
2. Определить влияние природы растворителя на степень извлечения антоцианового пигмента.
3. Установить возможность использования антоцианового пигмента в производстве кондитерских отделочных полуфабрикатов.

Новизна научной работы. Получены новые данные о влиянии ультразвуковой экстракции на экстрагирующую способность антоцианового пигмента. Установлено, что использование ультразвуковой экстракции позволяет увеличить количество антоцианового пигмента. Повышение температуры позволяет сократить время экстрагирования.

Установлено влияние ультразвука и природы экстрагента на степень извлечения антоцианового пигмента.

Разработаны технологии приготовления кондитерских отделочных полуфабрикатов с использованием антоцианосодержащего

структурообразователя. Определено вносимое в изделие оптимальное количество антоциансодержащего структурообразователя. Подсчитаны экономические показатели разрабатываемого изделия.

Практическая значимость работы. Предложенный способ ультразвуковой экстракции антоцианового пигмента позволяет увеличить его экстрагирующую способность и сократить время экстрагирования.

Основные положения, выносимые на защиту:

- обоснование влияния ультразвука, температур и времени экстрагирования на интенсивность извлечения антоцианового пигмента черной смородины,
- научное обоснование влияния природы растворителя на степень извлечения антоцианового пигмента,
- разработка рецептуры кондитерских отделочных полуфабрикатов с использованием антоциансодержащего структурообразователя.

Апробация результатов исследования. Основные положения были представлены на XVI международной заочной научно-практической конференции «21 век: фундаментальная наука и технологии» (North Charleston, USA, 2018).

Публикации. По материалам диссертации принята в печать статья «Влияние природы экстрагента и ультразвука на степень извлечения антоцианового пигмента и использование его в производстве сладких блюд» в журнале Вестник БГСХ № 3(52).

Структура и объем работы. Диссертация включает введение, обзор литературы, материалы и методы, результаты и обсуждения, выводы и список литературы, содержащий 60 ссылок. Работа изложена на 111 страницах, содержит 20 таблиц, 27 рисунков.

# ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Классификация красителей

Согласно ГОСТу Р 52481-2010 «Красители пищевые. Термины и определения» пищевой краситель – это добавка, которая придает, усиливает или восстанавливает цвет пищевой продукции. К пищевым красителям не относятся пищевые продукты, имеющие вторичный красящий эффект, а также красители, применяемые для окрашивания несъедобных наружных частей пищевых продуктов (оболочка сыров, колбас) [20].

Пищевые красители подразделяются на натуральные, получаемые методом экстракции из природного сырья, и синтетические, не обладающие биологической активностью и не содержащие ни вкусовых веществ, ни витаминов [31].

Международными директивами разрешено более 80 красителей, в нашей стране санитарными правилами и нормами допускается к использованию около 50 [37].

Пищевые красители используются для выполнения следующих задач:

1. Восстановления природной окраски, утраченной в процессе хранения и/или окраски;
2. Увеличение интенсивности природной окраски для повышения органолептических показателей готового продукта;
3. кондитерские изделия, безалкогольные напитки и др. [39]

соответствовать предъявляемым требованиям:

1. Безопасны в применяемых дозах, неконцерогенны, отсутствие мутагенности и ярко выраженной биологической активности;
2. Окраска устойчива к действию света, окислителей и восстановителей, изменениям рН среды и температуры;
3. Низкая концентрация красителя для высокой степени окрашивания;

4. Равномерное распределение в массе пищевого продукта, жиро- и водорастворимые;
5. Не допустима маркировка красителем изменение цвета продукта, вызванное его порчей, нарушением технологического процесса, использованием недоброкачественного сырья [37,39].

Классификация пищевых красителей представлена на рисунке 1.

1.1.1. Синтетические красители. Синтетическими называют химические соединения, которые применяются для окрашивания различных изделий и материалов, в том числе и пищевых продуктов. Отличаются они от натуральных пищевых красителей тем, что их нет в природе, это вещества, которые синтезируются.

Так как создаются эти красители с заданными свойствами, у них есть свои уникальные показатели:

- обычно, они имеют очень яркие и насыщенные цвета, аналоги которым невозможно подобрать в природе;
- у них длительный срок хранения, который может достигать нескольких лет;
- они стойкие к воздействию внешней среды и технологической обработке;

Кроме этих свойств, есть у синтетических пищевых красителей и серьезные недостатки. Они практически не имеют вкуса, лишены витаминов и не имеют никакой биологической активности. Кроме того такие красители, в своем большинстве, вредны для здоровья [32].

Синтетические красители применяются как индивидуально, так и в смесях друг с другом, используются для получения цветов и оттенков, которые нельзя приготовить с помощью индивидуальных красителей. Все синтетические пищевые красители рекомендуется использовать, предварительно растворив или разделив их в небольшом количестве

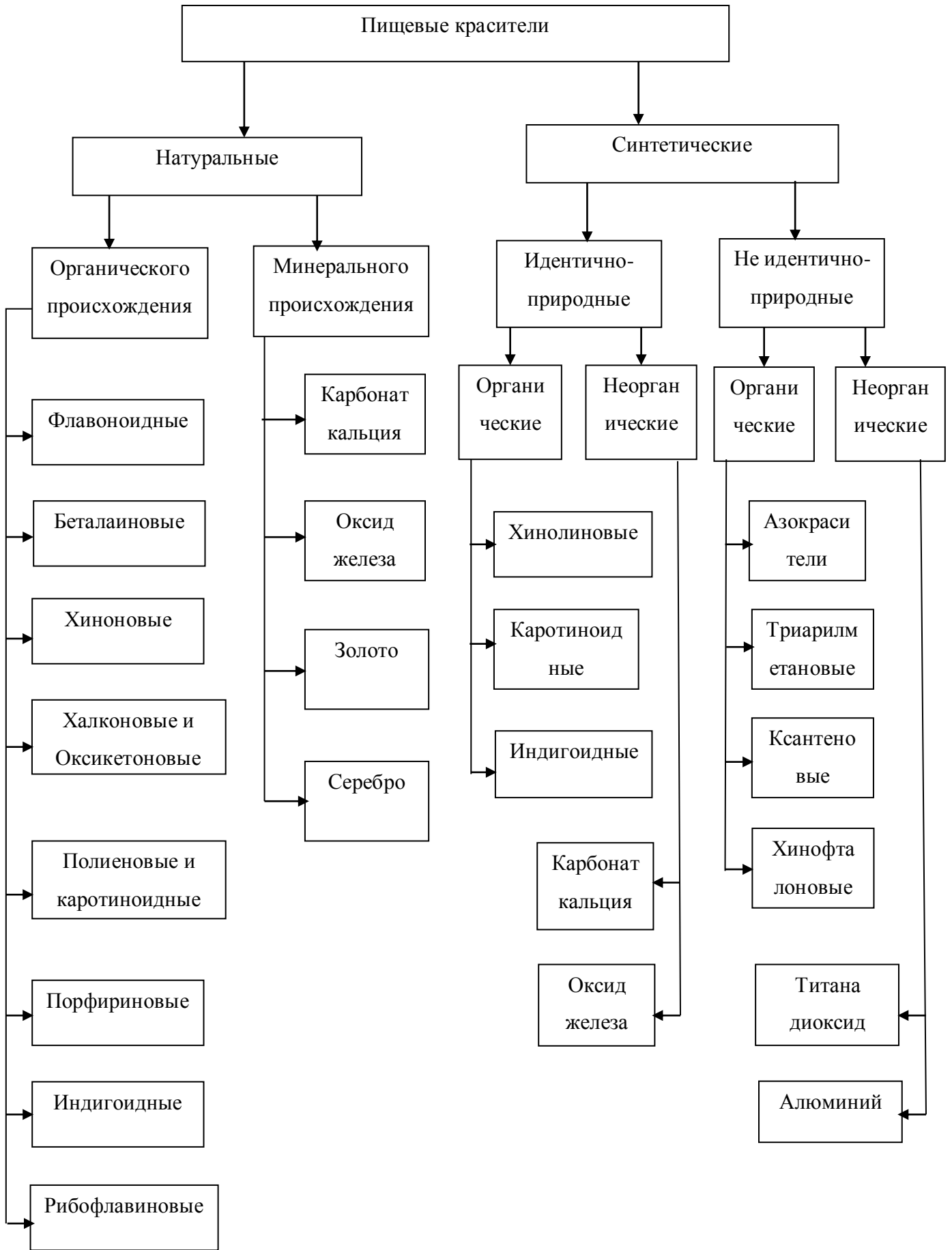


Рисунок 1 – Классификация пищевых красителей



окрашиваемого продукта или одного из его компонентов. Раствор или дисперсию красителя вводят в продукт, как правило, перед последней операцией перемешивания. Выбор и дозировка красителей для производства конкретного пищевого продукта зависят от желаемого цвета, требуемой интенсивности окраски, физико-химических свойств продукта [4].

На сегодняшний день в мировой пищевой промышленности разрешено около 20 пищевых синтетических красителей:

Они представлены следующими классами органических соединений:

1. *Азотокрасители* (Тартазин – E 102; Желтый «солнечный закат» - E110; Кармуазин – E122; Пунцовый 4R – E124; Черный блестящий PN – E151).

Синтетические неорганические вещества получают методом соединения в водной, слабокислой или слабощелочной среде фенолов и диазотированных ароматических производных аммиака (амины). Сырьем чаще всего выступают производные каменноугольной смолы и продукты переработки нефти.

2. *Триарилметановые красители* (Синий патентованный V –E131; Синий блестящий FCF – E133; Зеленый S – E142).

Красители триарилметановые получают из каменноугольных смол методом органического синтеза кислот с ароматическими аминами и фенолами. Имеют яркие насыщенные цвета, которые теряют при взаимодействии с этиловым спиртом. По этой причине триарилметаны редко используют для окрашивания алкогольных напитков;

3. *Хинолиновые* (Желтый хинолиновый – E104).

Получают путем многоступенчатой химической реакции сульфонирования 2–метилхинолина с фталевым ангидридом. Чаще всего можно встретить в жевательных резинках, леденцах и копченой рыбе.

4. *Индигоидные* (Индигокармин – E132). получают из угольного дегтя путем сплавления фенол–глицина с амидом натрия. Дальнейшее сульфанирование дает синий красящий порошок. Разрешен в пищевой промышленности (мороженое, йогурты, кондитерские изделия),

фармацевтике для изготовления лекарств, медицине для тестовой диагностики[7, 30].

Синтетические красители в пищевой технологии применяются как в виде индивидуальных продуктов и соединений с содержанием основного продукта не ниже 70-85 %, так и в смеси друг с другом, и разбавленные наполнителями (поваренная соль, глюкоза, сахароза, крахмал, пищевые жиры и т. д.), что упрощает их использование. Для окрашивания пищевых продуктов используют главным образом водные растворы пищевых красителей. Порошкообразные красители применяют обычно лишь в сухих полуфабрикатах (концентратах напитков, сухих смесей или кексов, желе и т.д.).

При использовании красителей следует помнить, что они теряют часть своей окраски при окрашивании и хранении пищевых продуктов. Синтетические красители азоряда (E102, E110, E122, E124, E129, E151) в процессе окрашивания обесцвечиваются на 7-15 %, при хранении некоторых видов продуктов (карамель) - до 25 %. Наиболее стабильны красители E102 и E129, наименее - E110. Синтетические красители трифенилметанового ряда (E131, E133, E142) в процессе окрашивания карамели обесцвечиваются до 10 %, при хранении - до 18 %. В целом синтетические красители достаточно стабильны, исключение составляют красители трифенилметанового ряда, которые могут обесцвечиваться при хранении алкогольных напитков на свету, и индигоидный краситель E132, который нестабилен в напитках с использованием инвертного сахара.

Максимально разрешенная дозировка синтетических пищевых красителей в индивидуальном виде или суммарно в смесях составляет 500 г/т, рекомендуемая - 10-50 г/т готового пищевого продукта в зависимости от красителя и вида окрашиваемой продукции. Для понсо 4R максимальная дозировка 50 г/т готовой продукции. Прежде чем использовать синтетические красители, необходимо убедиться в их токсикологической безопасности [9].

1.1.2 **Натуральные красители.** Натуральные или природные пищевые красители, это вещества, в основном, растительного происхождения, которые выделили различными способами из растений или продуктов животного происхождения. Натуральные пищевые красители обладают определенной биологической активностью, в отличие от красителей синтетических [30].

Красители натурального происхождения выделяют из животных и растительных источников физическим способом. Химической модификации такие красящие составы фактически не подвергают, только в исключительных случаях, когда нужно подольше сохранить продукт (в условиях заводского производства). В качестве сырья для получения натурального пищевого красителя используют зачастую корнеплоды, ягоды, листья, цветы и другие продукты растительного происхождения.

Яркость красящих составов при подобном производственном процессе зависит от времени года сбора продукции, условий ее произрастания и прочего [32].

Природные красители можно разделить на следующие группы:

- Каротиноидные;
- Индигоидные;
- Хиноновые;
- Халконовые;
- Флавоноидные.

#### *Каротиноидные красители*

Каротиноиды — это желтые и оранжевые пигменты алифатического строения, производные изопрена. Каротиноиды содержатся во всех высших растениях и во многих микроорганизмах. Это самые распространенные пигменты с разнообразными функциями. Каротиноиды, содержащие кислород, получили название ксантофиллы. Основными представителями каротиноидов у высших растений являются два пигмента — каротин (оранжевый) и ксантофилл (желтый). Каротин состоит из восьми изопреновых остатков [5].

Различают два изомера каротина:  $\alpha$ -каротин и  $\beta$ -каротин. Два концевых фрагмента (в-кольца) молекулы в-каротина структурно идентичны. Молекула  $\beta$ -каротина содержит два концевых циклических фрагмента, отличающихся расположением двойной связи в кольце [5]. Структурные формулы  $\alpha$ -каротина и  $\beta$ -каротина представлены на рисунке 2.

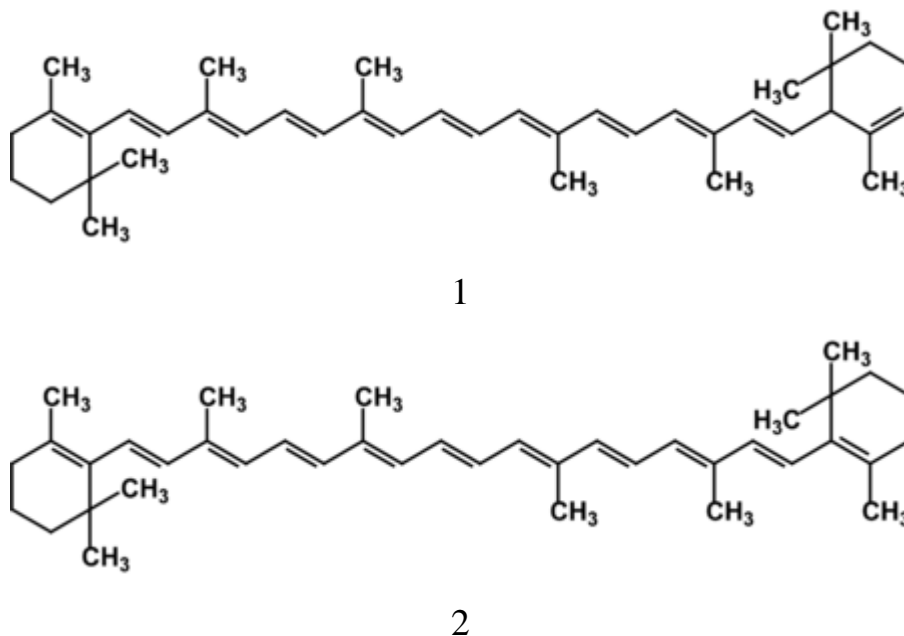


Рисунок 2 – Структурные формулы  $\alpha$ -каротина -1и  $\beta$ -каротина-2

В качестве источников каротиноидов наряду с зелёными частями растений используют водоросли, корнеплоды (например, морковь), плоды шиповника, абрикоса, облепихи, рябины, кожицу томатов, тыкву, цветы бархатцев раскидистых, лепестки цветов подсолнечника, календулы, красное пальмовое масло, а также отходы промышленной переработки ракообразных [26].

Каротиноидные красители хорошо растворимы в жирах и органических растворителях, кислотоустойчивы, но чувствительны к окислению под воздействием света и тепла. Краситель E160a (собственно каротины) получают несколькими путями:

- из каротинсодержащего растительного сырья после многократной экстракции органическими растворителями с последующим

концентрированием экстракта и отгонкой растворителя. Это экстракт натуральных каротиноидов E160a (ii) более известный как  $\beta$ -каротин;

- химическим синтезом из углеводов меньшей молекулярной массы;
- микробиологическим способом из водорослей некоторых видов *Dunaliella*.

Водорастворимые формы каротина менее подвержены окислению, чем жирорастворимые. Для стабилизации каротина в растворах масел в них добавляют соединения, ингибирующие окислительные процессы: витамины E и K, гидрохинон, гваякол и др.

Каротины E160a разрешены в России в качестве красителей в производстве масла коровьего сливочного, включая масла со сниженным содержанием жира и молочный жир, маргаринов и других жировых эмульсий, некоторых видов сыров, сухих завтраков из зерновых, джемов, желе, мармеладов и других подобных продуктов переработки фруктов, в сосисках, сардельках, варёных колбасах, паштетах. Каротины разрешены для розничной продажи, в том числе и для окраски пасхальных яиц [26].

Лютеин - пищевая добавка E161b относится к категории природных красителей желтого цвета. В основном пигмент лютеина содержится в цветах, листьях, плодах некоторых растений и в большом количестве разнообразных водорослей и микроорганизмов. Пигмент, содержащийся в красителе E161b, состоит в группе ксантофиллов (содержащие кислород каротиноиды). В животной среде лютеин E161b содержится в большом количестве в желтках куриных яиц. В растениях больше всего красителя содержится в красно-желтых фруктах и овощах (кукуруза, шпинат, авокадо, брокколи, хурма, морковь, черный виноград, оранжевый болгарский перец) [30]. Структурная формула лютеина представлена на рисунке 3.

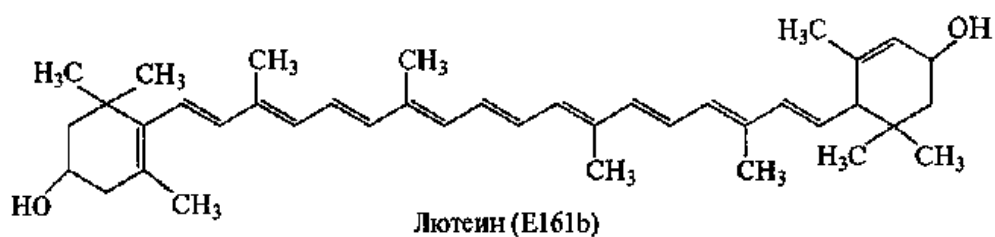


Рисунок 3 – Структурная формула лютеина

Биосинтез лютеина происходит только в растениях, организм человека и животных синтезировать лютеин не в состоянии, поэтому он поступает в организм только с пищей. Для лучшего усвоения добавки E161b нужно обязательно употреблять в пищу липиды (жиры). Лютеин очень важен для зрения человека. Краситель E161b обладает важным свойством светопоглощения, увеличивая остроту зрения. Регулярное употребление лютеина, а следовательно и добавки E161b, в пищу предотвращает помутнение хрусталика и уменьшает риск дегенерации сетчатки глаза. С возрастом сетчатка истончается, что приводит к ухудшению зрения, лютеин помогает поддерживать ее в здоровом состоянии. Кроме этого, добавка E161b, являясь антиоксидантом, способствует защите и обновлению клеток организма [43].

#### *Индигоидные красители*

Индиго – естественный краситель, который может быть выделен из определённых растений и животных.

Индиго содержит бесцветный гликозид индикан. Под воздействием ферментов или слабых кислот он расщепляется на вещества глюкоза и агликон индоксил, который под воздействием воздуха моментально окисляется и преобразуется в индиготин, который называется также синим индиго [43].

Индиго является органическим соединением, которое существует в трёх формах, каждая из которых окрашена по-разному: сам индиго является синим, тогда как монобromoиндиго пурпурный, а дибromoиндиго красновато-фиолетовый. Красители естественного происхождения могут содержать как один из этих пигментов, так и смесь двух или трёх в разных пропорциях, что

приводит к целому диапазону красок от красного к синему [22]. Структурная формула индиго представлена на рисунке 4.

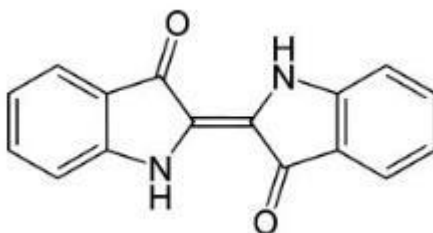


Рисунок 4 – Структурная формула индиго

### *Хиноновые красители*

Хиноны - органические соединения, тесно связанные с фенолами, так как они легко образуются при окислении последних (особенно двух- и трехатомных) и, в свою очередь, легко восстанавливаются до фенолов.

Наиболее широко распространенными и имеющими наибольшее значение как растительные красители являются нафтохиноны и антрахиноны [45, 32].

Антрахиноновые красители содержат в качестве основной хроморфной группы гидроксипантрахинон. Данная группа красителей является самой распространенной в природе. Встречаются в виде гликозидов во многих растениях, относящихся к семействам мареновых (Rubiceae), гречишных (Polygonaceae), бобовых (Leguminosae), лилейных (Liliaceae), зверобойных (Hypericaceae), крушиновых (Rhamnaceae) [4].

К природным пигментам этой группы относятся ализарин, кармин, алканин, кермес. К применяемым и разрешенным в России пигментам этой группы относятся кармин, алканин [42].

Кармин - красный краситель (E120), производное тетраоксиантра-хинона. Структурная формула карминовой кислоты представлена на рисунке 5.

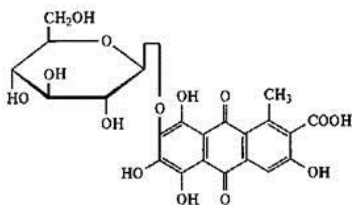


Рисунок 5 – Структурная формула карминовой кислоты (E120)

Кармины (основной компонент — карминовая кислота) представляют собой комплексные соли карминовой кислоты с ионами металлов. Кармины получают экстракцией из кошенили — высушенных и растертых насекомых — червецов вида *Dactylopius coccus (costa)*, обитающих на кактусах, которые произрастают в Южной Америке и Африке. Наиболее богаты кармином самки кошенили, содержащие до 3 % красителя. Карминовая кислота растворима в горячей воде, умеренно — в этаноле. Краситель стабилен к нагреванию, действию кислорода воздуха и свету. Он применяется в кондитерской, безалкогольной, ликероводочной промышленности. В последнее время кармин в больших количествах получают синтетическим путем. ДСД 5 мг/кг [42].

Алканин (алканет) - красно-бордовый краситель (E103), производное 1,4-нафтохинона. Структурная формула алканина представлена на рисунке 6.

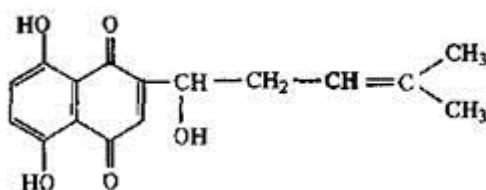


Рисунок 6 – Структурная формула алканина (E103)

Алканин известен как краситель еще с древних времен. Получают из корней растения *Alkanna tinria*, растущего на юге и в центральной части Европы. Он не нашел широкого применения для окраски жиров, так как обладает недостаточной стабильностью и нехарактерной красно-бордовой окраской [42].

#### *Халконовые красители*

Халконы - соединения класса флавоноидов с незамкнутым пирановым кольцом. Соединения с насыщенной  $\alpha$ - $\beta$ -связью в пропановом фрагменте называются дигидрохалконами. Производные 1,2-дифенилпропана с незамкнутым пирановым кольцом носят название изохалканоиды, 1,1-дифенилпропана - неохалканоиды. По наличию гидроксильных групп в кольце В могут быть незамещёнными (2',4'-дигидроксихалкон), моно-, дважды и трижды замещёнными [30,39].



Халконы встречаются в девяти семействах растений, в различных органах, как в виде агликонов, так и в виде гликозидов. Нередко входят в состав хромофорных комплексов, обуславливающих окраску цветков, к примеру, битеин, характерный для семейства сложноцветных, а также содержится в коре ивы остролистной [30, 39].

Битеин (3,4,2',4'-тетраоксихалкон) обнаружен в цветках дерева *Butea frondosa*, произрастающего в Индии и Бирме. Использовался в Индии для окраски тканей в жёлтый цвет, с различными протравами даёт кирпично-красный, коричневый. При действии кислот переходит в бесцветный триоксифлавонон битеин [39]. Структурная формула битеина представлена на рисунке 7.

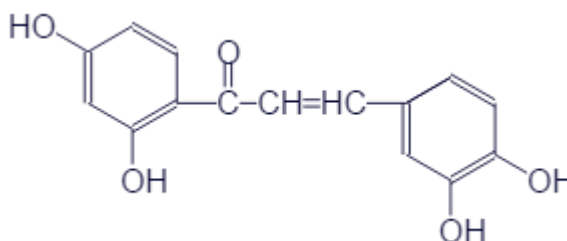


Рисунок 7 – Структурная формула битеина

Куркумины - желтый природный краситель (E100i—ii). Получают из многолетних травянистых растений семейства имбирных — *Curcuma longa* L, произрастающих в Азии, Африке и Северной Австралии. Относится к группе халконовых и оксикетоновых красителей.

Одним из представителей этой группы является куркумин, формула которого представлена на рисунке 8 [42].

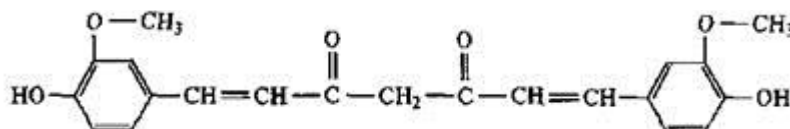


Рисунок 8 – Структурная формула куркумина(E100i)

К этой группе относится также турмерик (E100ii) — порошок корневища куркумы.

Куркумин не растворяется в воде и используется в пищевой промышленности в виде спиртового раствора. Применяется в кондитерской, ликероводочной и пищевых концентратной промышленности [42].

#### *Флавоноидные красители*

Флавоноидами называется группа природных биологически активных соединений - производных бензо-γ-пирона, в основе которых лежит фенилпропановый скелет, состоящий из C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> углеродных единиц. Это гетероциклические соединения с атомом кислорода в кольце [49].

Под термином флавоноиды объединены различные соединения, генетически связанные друг с другом, но обладающие различным фармакологическим действием.

Флавоноиды широко распространены в растительном мире. Особенно богаты флавоноидами высшие растения, относящиеся к семействам Розоцветных (различные виды боярышников, черноплодная рябина), Бобовых (софора японская, стальник полевой, солодка), Гречишных (различные виды горцев - перечный, почечуйный, птичий; гречиха), Астровых (бессмертник песчаный, сушеница топяная, пижма), Яснотковых (пустырник сердечный) и другим [49].

В зависимости от степени окисления и гидроксирования пропанового скелета C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> и положения фенильного радикала флавоноиды делятся на несколько групп.

Флавоны - бесцветные или слегка жёлтого цвета, их гидроксированные формы находятся в цветках пижмы, ромашки (флавоноид апигенин). Фенильная группа расположена во 2-м положении.

Изофлавоны (корни стальника полевого) - фенильная группа находится в 3-м положении [49]. Структурная формула изофлавона представлена на рисунке 9.

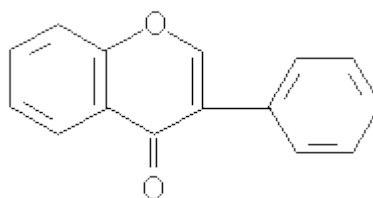


Рисунок 9 – Структурная формула изофлавона

Флавонолы - бледно-жёлтого цвета. Отличаются от флавонов наличием группы OH в 3-м положении.

С увеличением количества гидроксильных групп и в зависимости от их положения возрастает густота окраски. Чаще встречаются соединения с 4-5 гидроксильными группами, например кверцетин - это 3,5,7,3',4'-пентагидрооксифлавонол [49]. Структурная формула кверцетина представлена на рисунке 10.

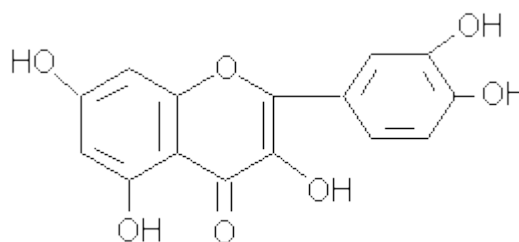


Рисунок 10 – Структурная формула кверцетина

Большое значение имеет для медицины гликозид рутин - 5,7,3',4'-тетрагидрооксифлавонол.

Рутин содержится в гречихе, горцах (перечном, почечуйном, спорыше). Встречаются соединения с семью гидроксильными группами. Метилирование гидроксильных групп ещё больше увеличивает разнообразие оттенков.

Флавононы (гидрированное производное флавона) в отличие от флавона не имеют двойной связи между углеродами во 2-м и 3-м положениях. Представителями являются гесперетин (находится в виде гликозида в плодах цитрусовых - лимонах), гликозид ликвиритин (находится в корне солодки и придаёт ей жёлтый цвет) [49].

Флавононолы отличаются от флавонола отсутствием двойной связи между углеродами во 2-м и 3-м положениях. ОН-группа, как и у флавонола, находится в 3-м положении. Скелет флавонола составляет гликозид аромандрин, содержащийся в листьях эвкалипта.

К флавоноидам относятся производные халкона, катехины, антоцианидины, ауроны.

Флавоноиды - кристаллические соединения, бесцветные (изофлавоны, катехины, флавононы, флавононолы), жёлтые (флавоны, флавонолы, халконы и другие), а также окрашенные в красный или синий цвета (антоцианы) [49].

Флавоноиды обладают оптической активностью, имеют определённую температуру плавления, способны к кислотному и ферментативному гидролизу. Гликозиды флавоноидов, содержащие более трёх глюкозных остатков, растворимы в воде, но нерастворимы в полярных органических растворителях. Под влиянием света и щелочной среды легко окисляются, изомеризуются, разрушаются. При нагревании до температуры 200°C эти соединения возгоняются, а при более высокой температуре разрушаются.

Основой окраски большинства плодов (фиолетовой, синей, красной, розовой, бордовой) являются антоцианы, находящиеся в листьях, цветках и плодах высших растений [49].

## 1.2 Природа антоцианового пигмента и влияние различных факторов на его свойства

Антоцианы — растительные пигменты, которые могут присутствовать у растений как в генеративных органах (цветках, пыльце), так и в вегетативных (стеблях, листьях, корнях), а также в плодах и семенах. Они содержатся в клетке постоянно либо появляются на определенной стадии развития растений или под действием стресса [39].

Антоцианы – гликозиды антоцианидинов и производные одной и той же ароматической структуры – флавилиевого катиона. Этот катион состоит из бензопирилиевого ядра и фенольного кольца [40].

Антоцианидины из-за своей структуры (незначительная доля полярных гидроксильных групп к общей молекулярной массе катиона флавилия) плохо растворяются в основном природном растворителе – воде, потому в растениях антоцианидины существуют в водорастворимой форме в виде гликозидированных производных – антоцианов [40].

Известно более 500 индивидуальных антоциановых соединений, и число их постоянно увеличивается. Многообразие антоцианов объясняется тем, что сахарные остатки могут быть представлены как моносахаридами, так и различными ди-, три- и тетрасахаридами. К тому же у многих антоцианов некоторые гидроксильные группы метилированы или ацилированы [40]. Все они имеют  $C_{15}$ -углеродный скелет — два бензольных кольца А и В, соединенные  $C_3$ -фрагментом, который с атомом кислорода образует  $\gamma$ -пириновое кольцо (С-кольцо, рисунок 11). При этом от других флавоноидных соединений антоцианы отличаются наличием положительного заряда и двойной связи в С-кольце [38].

Структурная формула антоцианов и антоцианидинов представлена на рисунке 11.



Рисунок 11 - Базовая структура антоцианидинов и антоцианов (атомы углерода пронумерованы)

При всем их огромном многообразии антоциановые соединения — производные лишь шести основных антоцианидинов: пеларгонидина, цианидина, пеонидина, дельфинидина, петунидина и мальвидина, которые отличаются боковыми радикалами R1 и R2. Поскольку при биосинтезе пеонидин образуется из цианидина, а петунидин и мальвидин — из дельфинидина, можно выделить три основных антоцианидина: пеларгонидин, цианидин и дельфинидин — это и есть предшественники всех антоциановых соединений [39].

В какой цвет окрасят растение антоцианы, зависит от многих факторов. В первую очередь окраску определяют структура и концентрация антоцианов (она повышается в условиях стресса). Голубой или синий цвет имеют дельфинидин и его производные, красно-оранжевый - производные пеларгонидина, а пурпурно-красную - цианидина. При этом голубой цвет обуславливают гидроксильные группы, а их метилирование, то есть присоединение СН<sub>3</sub>-групп, приводит к покраснению [39].

Кроме того, пигментация зависит от рН в вакуолях, где накапливаются антоциановые соединения. Одно и то же соединение в зависимости от сдвига в величине кислотности клеточного сока может приобретать различные оттенки. Так, раствор антоцианов в кислой среде имеет красный цвет, в нейтральной — фиолетовый, а в щелочной — желто-зеленый [39].

Однако рН в вакуолях может варьировать от 4 до 6, и, следовательно, появление синей окраски в большинстве случаев нельзя объяснить влиянием рН среды. Показано, что антоцианы в клетках растений присутствуют не в виде свободных молекул, а в виде комплексов с ионами металлов, которые как раз и имеют синюю окраску. Комплексы антоцианов с ионами алюминия, железа, магния, молибдена, вольфрама, стабилизированные копигментами (в основном флавонами и флавонолами), называются металлоантоцианинами [39]. Схема образования металлоантоцианина представлена на рисунке 12.



Рисунок 12 - Схема образования металлоантоцианина из шести молекул антоциана, флавона и двух ионов металла (справа приведена пространственная структура протоцианина, выделенного из лепестков василька)

Локализация антоцианов в тканях растений и форма клеток эпидермиса тоже имеют значение, поскольку определяют количество света, достигающего пигментов, а следовательно, интенсивность окраски. Показано, что цветки львиного зева с эпидермальными клетками конической формы окрашены ярче, чем цветки мутантных растений, клетки эпидермиса которых не могут принять такую форму, хотя и у тех и других растений антоцианы образуются в одном и том же количестве [39].

### 1.3 Методы и способы выделения антоцианового пигмента

Существуют различные способы выделения антоцианового пигмента, это зависит от вида используемого сырья, свойств и растворимости извлекаемого пигмента и сопутствующих соединений. Источником антоцианов является традиционное и нетрадиционное растительное сырье: плоды, ягоды, овощи, лепестки цветов и другие части растений. Например, для извлечения используют такие ягоды, как черника, голубика, черная смородина, черноплодная рябина, окрашенные сорта винограда, брусника и др. [43]

Самый применяемый способ получения антоцианов из растительного сырья - экстрагирование водой в присутствии лимонной или других

минеральных кислот [43]. Экстракцией (экстрагированием, диффузией) называется извлечение одного или нескольких компонентов из сложного по составу сырья с помощью растворителя. Экстрагирование растительного сырья является одной из наиболее продолжительных стадий его переработки. На большинстве заводов экстрагирование осуществляется малоэффективными, трудоемкими и длительными методами перколяции и мацерации [28, 35].

Также популярны методы выделения антоцианового пигмента спиртовым и водо-спиртовым растворами. Использование этанола без дополнительного подкисления в качестве растворителя позволяет значительно повысить количество красящих веществ в концентрате. Увеличение содержания красящих веществ объясняется большей стабильностью антоциановых пигментов в среде менее полярного по сравнению с водой этилового спирта. Незначительное содержание кислот и более низкая температура кипения этанола способствуют концентрированию экстрактов красителей с максимальной сохранностью антоциановых соединений [30, 38].

Для увеличения процесса экстрагирования красящих веществ в работе Переверткиной и др. [34] в качестве экстрагента был изучен водно-глицериновый растворитель с массовой долей глицерина 50%. В работе показано, что выделение антоцианов, содержащих гидроксилы у соседних атомов углерода, увеличивается в среде, содержащей многоатомный спирт со структурой  $\alpha$ -гликоля, в результате образования хелатных комплексов посредством водородной связи между молекулами растворителя и антоцианами [34].

С целью расширения возможностей применения антоцианового красителя и сохранения его антиоксидантных свойств в работе Саввина и др. [36], был предложен способ экстрагирования пигмента спиртами с различным строением углеродного скелета. Выделенные с помощью спиртов алифатического ряда антоцианы обладали повышенной стабильностью при длительном хранении.

Используя в качестве экстрагента гидрофильные полимеры (поли-N-винилкапролактама (ПВК), поли-N-винилпирролидона (ПВП) и



полиэтиленгликоля (ПЭГ)) удалось добиться наиболее полного экстрагирования антоцианового пигмента [44]. Система, содержащая в качестве экстрагента ПВК, показала наилучшие результаты. Наличие в молекуле ПВК карбоксильной группы с повышенной электронной полярностью приводит к усилению ион-дипольных взаимодействий между функциональными группами полимера и ароматическими группами антоцианового красителя, что существенно сказывается на экстрагирующей способности пигмента [44].

Изучены методы твердофазного выделения и концентрирования антоциановых пигментов с использованием гидрофобных полимерных сорбентов, ионообменных смол и обращено-фазовых сорбентов [21,50].

В работе Лиу [56] в качестве экстрагента использовалось поверхностно-активное вещество (ПАВ) додецилсульфата натрия (ДДС), образующий с катионом флавилиумом антоцианов стойкий комплекс, способствующий более полному извлечению пигмента из растительного сырья.

В работе Климависиуте и др. [56] в качестве экстрагента был изучен полисахарид сульфат декстрана, способный образовывать стойкие комплексы с противоположно заряженным антоциановым пигментом, что способствовало его лучшему извлечению.

Однако, полисахарид хитозан [54] не оказывает влияние на экстрагирующую способность антоцианового пигмента. Это объясняется электростатическим отталкиванием, возникающим между одноименно заряженными полисахаридом хитозаном и антоциановым пигментом.

Анализируя данные работы можно сказать о существовании различных методик выделения антоцианового пигмента, но технология получения красных красителей требует дальнейшего совершенствования по их стабилизации [43].

#### 1.4 Ультразвуковая экстракция

Одним из наиболее перспективных методов выделения антоцианового пигмента является ультразвуковая экстракция.

Ультразвуковая экстракция является одним из методов интенсификации экстрагирования растительного сырья, позволяющий значительно сократить длительность процесса и обеспечить более полное извлечение веществ. При воздействии ультразвуковых волн нарушается пограничный диффузионный слой, улучшается проникновение экстрагента в материал. В результате сырьё набухает гораздо быстрее, возникают турбулентные и вихревые потоки, способствующие переносу масс, растворению веществ. Происходит интенсивное перемешивание содержимого даже внутри клетки (чего невозможно достичь другими способами экстракции). Всё это приводит к значительному ускорению процесса перехода действующих веществ из сырья в экстрагент [28, 35].

Для ультразвуковой экстракции применяют как воду и водные растворы, так и различные органические жидкости: спирты, бензины и др. или их смеси [25].

Показано, что ультразвуком из сырья растительного происхождения в диапазоне частот 19 кГц – 1 МГц возможно извлекать практически все известные соединения, продуцируемые растениями. Кинетика ультразвуковой экстракции биологически активных веществ зависит от принадлежности к определенной химической группе, а степень извлечения растет в ряду: масла, алкалоиды, фуранохромы, флавоноиды, сапонины, гликозиды [23]. При использовании ультразвука наблюдается не только значительное ускорение процесса, но и увеличение по сравнению с другими способами экстрагирования выхода продукта [8].

Преимуществами ультразвуковой экстракции по сравнению с другими способами выделения являются:

- 1) минимальное применение ручного труда;
- 2) сокращение времени технологических процессов.

Однако недостатком этого метода является то, что ультразвуковое воздействие, используемое для обработки растительного сырья является, очень мощным и достаточно длительным. Проведение процесса в этих условиях

вызывает мощный разогрев раствора, и, следовательно, разрушение некоторых классов биологически активных веществ (БАВ) [33].

Можно выделить несколько основных параметров, которые собственно и делают процесс ультразвукового экстрагирования более эффективным по сравнению с традиционными методами экстракции. К числу факторов, способствующих интенсификации, относятся увеличение скорости обтекания, ускорение пропитки твердого тела жидкостью, увеличение коэффициента внутренней диффузии, кавитационный эффект, влияющий на структуру пористых тел и приводящий к появлению микротрещин [8].

Под действием ультразвуковых колебаний происходит более быстрое и активное разрушение внутриклеточных тканей растительного сырья, что приводит к интенсификации процесса экстракции и дает возможность увеличить содержание биологически активных соединений в растворе.

В акустическом поле, наряду со снятием диффузионных ограничений, большое значение для интенсификации процесса экстракции имеют также другие процессы. Одним из таких важных процессов является диспергирование, другим - нарушение мицеллярной структуры экстрагируемого вещества как в воде, так и в органических растворах [33].

Показано действие акустических колебаний на увеличение межфазной удельной поверхности реагирующих компонентов. Диспергирование при этом идет как за счет разрушения частичек твердой фазы, так и за счет поверхностного трения между твердыми и жидкими фазами. Уменьшается толщина диффузионного пограничного слоя, увеличивая активацию молекул, в результате чего повышается количество результативных соударений молекул реагирующих компонентов. В результате использования вихревой экстракции в процессах экстракции веществ из корня валерианы привело к заключению, что сочетание механического воздействия (размол, разрыв клеток при ультразвуковой обработке) с турбулизацией среды по обе стороны клеточной перегородки положительно сказывается на изменении внутреннего сопротивления [33].

При экстрагировании растительного сырья рекомендуется предварительное замачивание, длительность которого зависит от скорости вытеснения воздуха из клетки. Однако многие капилляры заканчиваются в пачках и фибриллах, не выходя наружу. Ультразвук, создавая звукокапиллярный эффект, не только ускоряет вытеснение таких пузырьков воздуха, но и создает условия для растворения его в жидкостях. На концах капилляра возникает разность давлений в результате турбулентного движения пограничного слоя при наложении ультразвука. Протекая с большой скоростью мимо отверстия капилляра, слой проявляет отсасывающий эффект, то есть формируется зона с пониженным давлением [33].

Решающим фактором ускорения процессов, протекающих в ультразвуковом поле, является кавитация, поэтому рассмотрим её подробнее.

Процесс кавитации наблюдается при действии акустических волн, при этом происходит образование и рост парогазовых пузырьков в жидкости, которые колеблются, пульсируют и схлопываются (быстро сжимаются и могут растворяться в жидкости) [2].

Давление внутри образовавшегося кавитационного пузырька в начальный момент весьма мало по сравнению с давлением в жидкости. Жидкость устремляется при этом к центру, и пузырек схлопывается. В этом случае, так же, как и при фокусировке сходящейся ударной волны, осуществляется концентрирование энергии. Радиальная скорость стенки пузырька и давление в нем возрастают по мере уменьшения радиуса пузырька. При схлопывании пузырька в момент достижения минимального размера в центральной области образуется пик давления и в направлении от центра формируется и распространяется в жидкости сферическая ударная волна. Результаты изучения динамики развития кавитационного поля показали, что при одновременном воздействии ультразвуковых волн двух различных частот (22-44 кГц и 1 МГц) наблюдается значительное повышение эффективности кавитации, гораздо большее, чем при линейном суммировании действия каждого из полей различных частот. Этот факт можно объяснить различием резонансных

радиусов при высоких и низких звуковых частотах: существование крупных кавитационных пузырьков при низкой частоте приводит к их эффективному «размножению» при действии высоких частот, а образование вследствие этого большого числа зародышей кавитации способствует их эффективному росту при низкочастотных ультразвуковых колебаниях. Следовательно, низкие частоты увеличивают средний радиус пузырьков, а высокие частоты – их стационарную концентрацию [2].

Необходимо отметить, что использование ультразвука не всегда приводит к положительным результатам. Так, при озвучивании растительных клеток может происходить разрыв клеточных оболочек, свертывание протоплазмы, переход в растворимую форму ряда веществ и др. Например, при воздействии ультразвука на свекловичную стружку происходит потеря сахара с жомом, соответственно снижается коэффициент извлечения, что может объясняться образованием оптически активных веществ, вращающих плоскость поляризации противоположно продуктам распада сахарозы. Поэтому, метод использования ультразвука для экстрагирования красящих веществ антоциановой природы требует более тщательного изучения [24].

### 1.5 Характеристика и свойства структурообразователей

Эмульсия - это система, состоящая из двух жидкостей (масла и воды), при этом одна из жидкостей диспергирована в другой в виде небольших сферических капель [29].

Эмульсии подразделяются на два типа: масло в воде (сокращенно - м/в) и вода в масле (м/в). В эмульсиях первого типа (прямых) масло является дисперсионной фазой, а вода - дисперсионной средой. В эмульсиях второго типа (обратных) вода является раздробленной в виде капелек дисперсионной фазой, а масло - дисперсионной средой [55].

Типы эмульсий представлены на рисунке 13.

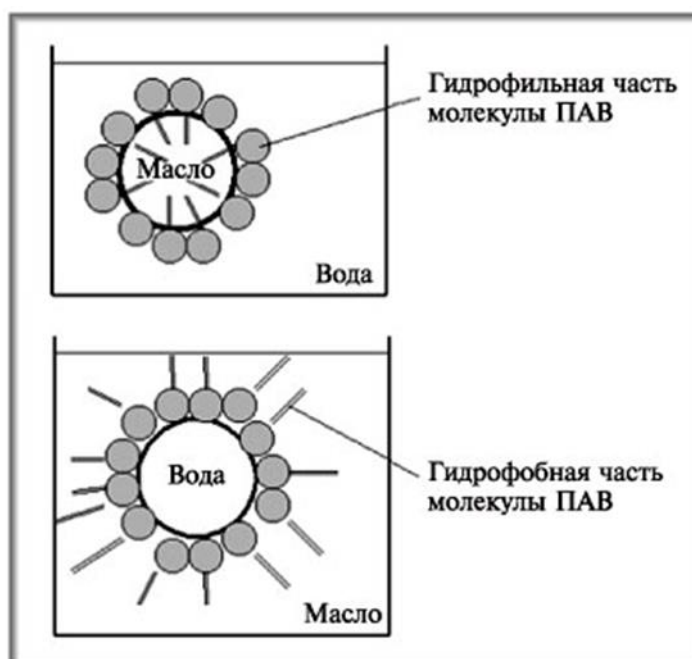


Рисунок 13 - Типы эмульсий

Эмульсии в зависимости от концентрации дисперсной фазы могут быть разбавленными и концентрированными. В разбавленных эмульсиях концентрация дисперсной фазы составляет от 0,01 до 0,1% [1]

Эмульсии - это очень нестабильные системы, имеется тенденция к разрушению. Для их стабилизации вводят специальные вещества-эмульгаторы или загустители [29].

В качестве структурообразователей наиболее часто навыступали лецитин и каррагинан.

Эмульгатор представляет собой поверхностно-активное вещество, которое адсорбируется на поверхности частиц дисперсной фазы эмульсии, образуя при этом защитный слой, препятствующий агрегированию капель. Чаще всего в качестве эмульгаторов используются полисахариды, фосфолипиды, некоторые белки, низкомолекулярные ПАВ. Введение эмульгатора в эмульсию снижает межфазовое натяжение и способствует диспергированию капель в процессе гомогенизации, что приводит к образованию более высокодисперсных эмульсий [29].

Пищевые эмульсии под действие различных физико-химических процессов могут потерять свою устойчивость. Наиболее важными из таких процессов являются действие гравитационного поля, флокуляция, коалесценция, частичная коалесценция, созревание Оствальда и инверсия фаз [29].

Эмульсии характеризует такой показатель как устойчивость. Под термином «устойчивость эмульсии», то под ним понимается способность эмульсии сохранять физико-химические свойства в течение довольно длительного времени. Для каждой пищевой эмульсии будут свои конкретные физические и химические механизмы, отвечающие за устойчивость данной эмульсии, что позволяет выбрать наиболее эффективный способ сохранения ее устойчивости [29].

Наиболее часто в качестве эмульгатора используется лецитин. Лецитины - сложные эфиры аминспирта холина и диглицеридфосфорных кислот; являются важнейшими представителями фосфолипидов. При расщеплении лецитинов образуются высшие жирные кислоты (пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, арахидоновая), глицерин, фосфорная кислота и холин [60].

Лецитин - необходимое для организма вещество. Лецитин является основополагающим химическим веществом для формирования межклеточного пространства, нормального функционирования нервной системы, нормальной рабочей деятельности мозговых клеток, служит одним из основных материалов печени. Лецитин необходим организму как строительный материал для обновления поврежденных клеток, а также выполняет транспортные функции и используется для доставки питательных веществ, витаминов и лекарств к клеткам. Из лецитина состоит 50 % печени, 1/3 мозговых изолирующих и защитных тканей, окружающих головной и спинной мозг. Лецитин является мощным антиоксидантом, предупреждает образование высокотоксичных свободных радикалов в организме. При дефиците лецитина снижается эффективность воздействия лекарственных препаратов. Недостаток лецитина

может привести к ухудшению здоровья, вызвать слабоумие, болезнь Паркинсона, рассеянный склероз и прочие нервные заболевания [60].

Лецитин является поверхностно-активным агентом. Он хорошо работает на поверхности раздела фаз различных субстанций. В присутствии двух несмешиваемых жидких фаз лецитин понижает поверхностное натяжение и действует как эмульгатор. Когда необходимо взаимодействие между твердой и жидкой фазой, лецитин действует как смачивающий и диспергирующий агент [9].

Структурная формула лецитина представлена на рисунке 14.

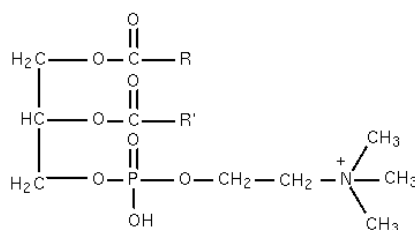


Рисунок 14 - Структурная формула лецитина

Для регулирования вязкости смеси и сохранения структуры разрабатываемого продукта применялся загуститель. Загустителем называют вещество, которое повышает вязкость дисперсионной среды, либо приводит к изменению структуры внутри дисперсионной среды, что замедляет седиментацию капель, а также придает продукту нужные текстурные характеристики [29].

В качестве загустителя использовался каррагинан. Каррагинан — это природный гелеобразователь, получаемый при переработке красных морских водорослей методом экстракции с последующей очисткой от органических и других примесей — многократным осаждением, фильтрацией и промывкой в воде и спирте. каррагена — большие, очень гибкие, и могут формировать закручивающиеся структуры. Они могут образовывать различные гели при комнатной температуре. Часто используются в пищевой промышленности как стабилизирующий и загущающий агент [46].



Все каррагинаны — высокомолекулярные полисахариды, составленные из повторений субъединиц галактозы и 3,6-ангидрогалактозы (3,6-AG), как сульфированных, так и несulfированных. Субъединицы соединены чередующимися гликозидными связями альфа-1-3 и бета-1-4 [48].

В зависимости от степени полимеризации и этерификации каррагинаны классифицируются на 3 группы:

- Каппа: сильные, твёрдые гели (одна сульфатная группа на две молекулы галактозы);
- Йота: мягкие гели (две сульфатные группы на две молекулы галактозы);
- Лямбда: формируют гели в смеси с белками, а не водой; используются для загущения молочных продуктов (три сульфатные группы на две молекулы галактозы).

Структурные формулы каррагинанов представлены на рисунке 15.

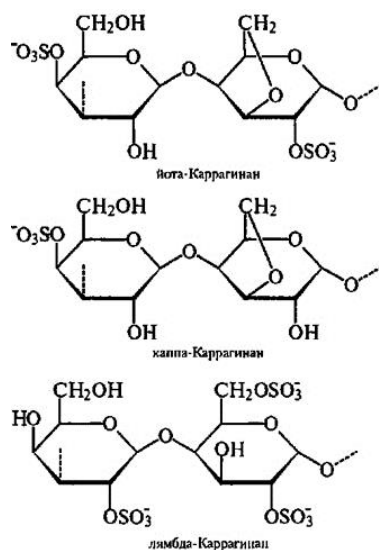


Рисунок 15 – Структурные формулы каррагинанов

Наиболее важным различием, влияющим на свойства классов каррагинанов, является количество и положение сульфатных эфиров на повторяющихся субъединицах галактозы. Больше количество сульфатных эфиров понижает температуру растворения каррагинана и приводит к более

мягким гелям или препятствует образованию гелей (лямбда-каррагинан) [48,51].

## 1.6 Классификация и свойства отделочных кондитерских полуфабрикатов

Поскольку целью дипломной работы является разработка технологии отделочных полуфабрикатов, в данном пункте дана их классификация и особенности технологического процесса.

Отделочные полуфабрикаты применяются для художественной отделки, украшения, прослойки выпеченных полуфабрикатов. Они придают изделиям приятный внешний вид, вкус, аромат.

Большое разнообразие отделочных полуфабрикатов сводится к следующим видам: кремы, сахарные, шоколадные, фруктово-ягодные полуфабрикаты, марципаны, посыпки и др. [6]

Помада - это пластичная мелкокристаллическая масса, получаемая увариванием сахарного сиропа с патокой или инвертным сахаром и быстрым охлаждением массы в процессе сбивания. Помада применяется для отделки поверхности пирожных и тортов, благодаря чему изделия приобретают привлекательный вид и сохраняются более длительное время.

Помада — это продукт кристаллизации сахарозы из ее пересыщенного раствора, образующийся при быстром охлаждении в процессе сбивания.

Так же для отделки тортов и пирожных используют желе в студнеобразном состоянии в виде объемных украшений. Желе для отделки тортов может быть предварительно подкрашено, можно добавить сиропы от компотов, варенья, фруктов в сиропе и т. д. с учетом содержащегося в них сахара; сиропы могут полностью заменять сахар, содержащийся в желе.

Для покрытия всей поверхности изделий используют желе, предварительно разогретое до 60—65 °С.

Фруктово-ягодные полуфабрикаты применяются в производстве мучных кондитерских изделий для прослойки или намазки поверхности тестовых заготовок и изделий, а некоторые виды — для украшения изделий.

Фруктово-ягодное пюре представляет собой протертую мякоть плодов, законсервированную сернистым ангидридом, бензоатом натрия или сорбиновой кислотой.

Основным сырьем для получения фруктово-ягодного пюре являются яблоки и абрикосы. Плоды других фруктов применяют, как правило, в качестве вкусовых добавок.

Марципан используется для изготовления всевозможных объемных художественных украшений тортов, имитирующих фрукты, цветы, ягоды, ово-щи, и в виде различных фигурок животных, птиц и др. Марципан представляет собой вязкопластичную массу, изготовленную из миндаля, сахара, патоки с добавлением различных ароматизаторов и красителей.

При приготовлении вафельных, орехово-бисквитных и бисквитно-глазированных тортов и миндально-ореховых пирожных используют полуфабрикат пралине. Пралине представляет собой тонкоизмельченный полуфабрикат, полученный смешиванием сахарной пудры с тертыми обжаренными ядрами орехов и твердым жиром (какао-маслом, кокосовым маслом, гидрожиром). Пралине высокого качества получают с использованием миндаля. Применяют также ядро ореха фундук, арахис, абрикосовое ядро.

Для придания изделиям привлекательного внешнего вида, для отделки поверхностей тортов и пирожных, а также для предохранения изделий от высыхания и увлажнения, выпеченные полуфабрикаты покрывают глазурью. Для глазирования применяют шоколадную и белковую глазурь.

Из отделочных полуфабрикатов наиболее часто применяются кремы. Кремы - это пластичная пенообразная масса. Сырьем для приготовления кремов служат меланж или яичные белки, сливочное масло, сливки с добавлением сахара-песка, молока, вкусовых и ароматических веществ. При сбивании

вышеназванных видов сырья масса становится пышной за счет насыщения воздухом [6].

Способность продукта насыщаться воздухом при сбивании называется его кремообразующей способностью [6].

Белки обладают кремообразующей способностью. Их объем при сбивании увеличивается в 7 раз. Сливочное масло также обладает этим свойством. Его объем при сбивании увеличивается в 2 и более раз. Хорошей кремообразующей способностью обладают также сливки 36% жирности и сметана 30% жирности.

Высокая пластичность крема, способность создавать из него всевозможные украшения, воспринимать любые цветовые гаммы позволяет широко применять его при отделке тортов, поэтому крем является важнейшим отделочным полуфабрикатом [27].

Несмотря на достоинства, кремы имеют существенный недостаток. Кремы- это скоропортящиеся продукты и очень чувствительны ко всякого рода бактериальным загрязнениям [27].

В производстве мучных кондитерских изделий применяются следующие виды кремов: сливочные, масляные, белковые, заварные.

Сливочные кремы приготавливаются на основе сливочного масла. Они используются не только для украшения поверхности изделий, но и для прослаивания и обмазывания пластов и заполнения полостей выпеченных полуфабрикатов. Все сливочные кремы необходимо использовать в течение 5 часов с момента изготовления [27].

Сливочный крем вырабатывают на сахарной пудре, сахарном песке, с добавлением спиртосодержащих и ароматических добавок, ванильной пудры, кофейного сиропа, какао-порошка, ядра ореха жареного, фруктово-ягодных заготовок (варенья, повидла, джемов). Сливочные джемы достаточно устойчивы в хранении, так как не содержат в рецептуре яиц.

Крем сливочный основной приготавливается на сахарной пудре и сгущенном молоке. Предварительно зачищенное сливочное масло нарезается на

мелкие кусочки или стружку и загружается в вертикальную машину, где перемешивается при малых оборотах венчика в течение 5-7 мин, пока оно не побелеет и станет пышным. После этого частота вращения венчика увеличивается и в сбитое масло постепенно вводится сахарная пудра одновременно с прокипяченным и охлажденным до 25° С сгущенным молоком, а в конце сбивания добавляется ванильная пудра и спиртосодержащие добавки. Общая продолжительность взбивания 10-15 мин, поверхность крема глянцевая.

Масляные кремы отличаются прекрасными вкусовыми качествами и привлекательным внешним видом, пользуются большим спросом у потребителя. Однако данный крем не проявляет устойчивости при хранении за счет высокого содержания молока и яиц и повышенной влажности продукта. Это создает условия для повышенной жизнедеятельности микроорганизмов, несмотря на достаточно высокую концентрацию сахарозы [27].

Масляный основной крем, приготовленный на молоке и яйцах, называется крем «Шарлотт». Масляный основной крем на яйцах – крем «Глясе». Эти крема бывают основными и с введением добавок (какао-порошка и др.) Отдельные виды крема готовятся на агаре.

Крем «Шарлотт» готовится в 2 стадии. Вначале приготавливается молочный сироп, далее сбивается масло с этим охлажденным сиропом.

В открытом варочном котле или в другой варочной аппаратуре подогревается молоко до горячего состояния, вносится сахар-песок и при перемешивании смесь нагревают до кипения и уваривают в течение 25-30 минут. Одновременно в сбивальной машине сбиваются яйца в течение 5-7 минут. Хорошо сбитые белки необходимы для того, чтобы при последующей операции, проходящей при высокой температуре, они не свернулись, так как это ухудшит качество крема [27].

В сбитые яйца вливают процеженный через сито горячий сахарно-молочный сироп при непрерывном и быстром перемешивании. Массу уваривают при перемешивании до 103-104 С в течение 10 мин. Далее сироп

сразу охлаждается. Во избежание кристаллизации первые 10-15 минут сироп перемешивают.

В сбивальную машину загружается нарезанное на кусочки масло, сбивается до получения пышной белой массы. Хорошее качество крема обеспечивается быстрым сбиванием масла и многократным добавлением в него сиропа. Готовность крема определяется по увеличению объема в 2,5 раза. В конце сбивания крема в него добавляют ароматические, спиртосодержащие вещества и другие добавки в соответствии с рецептурой [27].

Таким образом, в данной главе рассмотрена характеристика антоцианового пигмента и различные способов его выделения из растительных объектов. В настоящее время проявляется значительный интерес к методам выделения, способным увеличивать экстрагирование антоцианового пигмента. Одним из перспективных методов выделения антоцианового пигмента может являться ультразвуковая экстракция. При ультразвуковой экстракции в зависимости от экстрагента возможно различное влияние на степень выделения антоцианового пигмента. Также показана возможность использования антоцианового пигмента в качестве красителя в технологии отделочных кондитерских полуфабрикатов.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТА

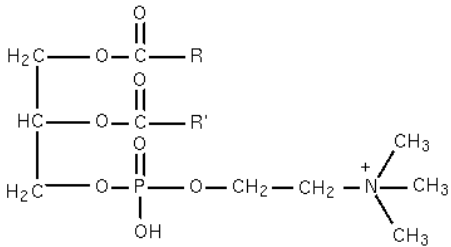
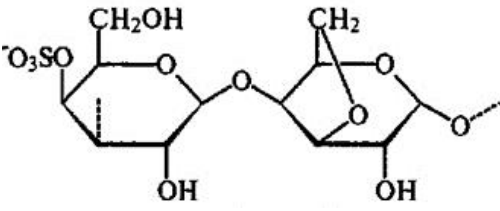
### 2.1 Материалы

В качестве объектов для выделения антоцианового пигмента использовали доступное культивируемое и дикорастущее Дальневосточное сырье - замороженные ягоды черной смородины (*Ribes nigrum*), калины обыкновенной (*Viburnum opulus*), брусники (*Vaccinium vitis-idaea L.*) и лимонника китайского (*Schisandra chinensis*).

Соляная кислота имела квалификацию х.ч., этанол ч.

В качестве структурообразователей использовали анионный полисахарид каппа-каррагинан (MCS, Корея), соевый лецитин (Cargill TSD GmbH & Co.KG, Германия). Структурные формулы структурообразователей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Структурные формулы структурообразователей

Название структурообразователя	Структурная формула
Лецитин	 $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{R} \\   \\ \text{HC}-\text{O}-\text{C}-\text{R}' \\   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\text{P}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$
Каппа-каррагинан	

2.1.2 Способы выделения антоцианового пигмента. Растворы антоцианового пигмента готовились путем экстракции измельченного ягодного сырья водой, 98% этанолом или системой этанол/вода/соляная кислота (69/30/1) в соотношении 1:20 при температуре 25°C, 65°C в течение 30 мин, затем отфильтровывали.

Ультразвуковую экстракцию антоцианового пигмента проводили в аналогичных растворителях при температуре 25°C, 65°C в течение 30 мин.

## 2.2 Методы исследований

2.2.1 Съемка УФ-спектров растворов. Съемку дифференциальных УФ-спектров образцов проводили на спектрофотометре UV-1800 Shimadzu (Япония) в интервале длины волн 400-800 нм.

2.2.2 Ультразвуковая экстракция. Ультразвуковую экстракцию растворов проводили с использованием ультразвуковой ванны Sonorex RK100H (Bandelin, Германия) и ультразвукового гомогенизатора Sonopuls Vitrasoris homogenizer (Bandelin, Германия) в течение 30 мин. Обработка образцов с использованием ультразвуковой ванны проводилась при частоте воздействия 35 кГц и мощности 80 Вт, с использованием ультразвукового гомогенизатора – 20кГц и 75 Вт.

2.2.3. Определение количества антоцианового пигмента. Для определения количества антоцианового пигмента образцы разбавляли системой этанол/вода/соляная кислота (69/30/1) и измеряли их поглощение при длине волны 540 нм на спектрофотометре «SHIMADZU UV-1800» (Япония). Количество антоцианов в растворах рассчитывали по формуле:

$$C=16,7A_{540}d,$$



где  $d$  – коэффициент разбавления,  
 $A_{540\text{нм}}$  – поглощение растворов при длине волны 540 нм,  
 $C$  – содержание антоцианов мг/литр, выраженное как мальвидин-3-гликозид эквивалент.

2.2.4. Определение массовой доли влаги. Массовую долю влаги определяли по ГОСТ 5900-2014 «Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ», пункт 7.

2.2.5. Определение массовой доли общего сахара в пересчете на сухое вещество. Массовую долю общего сахара в пересчете на сухое вещество определяли по ГОСТ 5903-89 «Изделия кондитерские. Методы определения сахара», пункт 6.2.

2.2.6. Определение массовой доли жира в пересчете на сухое вещество. Массовую долю жира в пересчете на сухое вещество определяли по ГОСТ 5867-90 «Молоко и молочные продукты. Методы определения жира», пункт 2.

2.2.7. Определение свинца и кадмия. Содержание свинца и кадмия в креме определяли по ГОСТ 33824-2016 «Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка)».

2.2.8. Определение мышьяка. Содержание мышьяка в креме определяли по ГОСТ 31628-2012 «Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения массовой концентрации мышьяка».

2.2.9. Определение ртути. Содержание ртути в креме определяли по «Методическим указаниям по обнаружению и определению содержания общей ртути в пищевых продуктах методом беспламенной атомной абсорбции».

## ВЫВОДЫ

1. Изучено влияние ультразвука, температуры и времени экстрагирования на интенсивность извлечения антоцианового пигмента черной смородины. Показано, что ультразвуковая экстракция при температуре 25°C в течение 30 минут позволяет увеличить количество антоцианового пигмента на 22%. Повышение температуры ультразвуковой экстракции до 65°C позволяет сократить время экстрагирования до 15 минут. Оптимальными условиями экстрагирования антоцианового пигмента водным раствором является его выделение при 65°C в течение 30 минут.

2. Определено влияние природы растворителя на степень извлечения антоцианового пигмента. Показано, что при извлечении антоцианового пигмента наиболее эффективным является его экстрагирование 98% этанолом и системой этанол/вода/соляная кислота. Использование ультразвука способствует уменьшению экстрагирования с использованием 98% этанола и системы этанол/вода/соляная кислота и увеличению количества антоцианового пигмента в растворе, содержащем в качестве экстрагента воду. Использование ультразвука для выделения антоцианового пигмента позволяет сократить время его экстрагирования до 20 минут с использованием в качестве экстрагента 98% этанола и до 15 минут в водном растворе.

3. Разработана технология приготовления кондитерских отделочных полуфабрикатов на примере крема сливочного основного с использованием раствора окрашенного антоциансодержащего структурообразователя. Определено, что оптимальное количество раствора антоциансодержащего структурообразователя, добавляемого в полуфабрикат, составляет 15%. Подсчитаны экономические показатели разработанного изделия.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ажгихин, И.С. Лекарственная форма и терапевтическая эффективность лекарств / Ажгихин, И.С, Тенцова А.И. - М.: Медицина, 1976. - 336 с.
2. Бабилов, О. И. Ультразвук и его применение в промышленности / Бабилов О. И. - М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1958. – 260 с.
3. Болотов, В.М. Особенности технологии совместного извлечения каротиноидных и антоциановых пигментов / Болотов В.М., Шичкина Е.С., Саввин П.Н., Хрипушин В.В. - Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2012. - № 2. – с. 110-111
4. Болотов, В.М. Пищевые красители: классификация, свойства, анализ, применение: учебное пособие / В.М. Болотов, А.П. Нечаев, Л.А. Сарафанова. - СПб.: ГИОРД, 2008. - 240 с.
5. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов / Бриттон Г. пер. с англ., М., Мир, 1986. — 422 с.
6. Бутейкис, Н.Г. Технология приготовления мучных кондитерских изделий / Бутейкис Н.Г. , М: издательский центр «Академия», 2010.-297 с.
7. Веткатараман К. Химия синтетических красителей / Под редакцией К. Веткатараман в 2-х т. Пер. с англ. Л.: ГНТИ Хим. лит. , 1956. – 804 с.
8. Гершал, Д. А. Ультразвуковая аппаратура / Д. А. Гершал, В. М. Фридман – М.: Энергия, 1967. –300 с.
9. Гордон, П. Органическая химия красителей / П. Гордон, П. Грегори монография, пер с англ. — М.: Мир, 1987. — 344 с.
10. ГОСТ 32052-2013 Добавки пищевые. Лецитины E322. Общие технические условия – М: Стандартинформ. Введен с 2014 – 01 – 01, 2013, 6 стр.
11. ГОСТ 5900-2014 Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ - М: Стандартинформ. Введен с 2016 – 07 – 01, 2015, 9 стр.

12. ГОСТ 5903-89. Изделия кондитерские. Методы определения сахара - М: Стандартиформ. Введен с 1991 – 01 – 01, 2009, 22 стр.
13. ГОСТ 31688-2012 Консервы молочные. Молоко и сливки сгущенные с сахаром. Технические условия - М: Стандартиформ. Введен с 2013 – 07 – 01, 2013, 5 стр.
14. ГОСТ 32261-2013 Масло сливочное. Технические условия – М: Стандартиформ. Введен с 2015 – 07 – 01, 2015, 18 стр.
15. ГОСТ 5867-90 Молоко и молочные продукты. Методы определения жира - М: Стандартиформ. Введен с 1991 – 07 – 01, 2009, 11 стр.
16. ГОСТ 31628-2012 Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения массовой концентрации мышьяка) - М: Стандартиформ. Введен с 2013 – 07– 01, 2014, 14 стр.
17. ГОСТ 33824-2016 Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка) - М: Стандартиформ. Введен с 2017 – 07– 01, 2016, 21 стр.
18. ГОСТ 6829-2015 Смородина черная свежая. Технические условия - М: Стандартиформ. Введен с 2017 – 01 – 01, 2016, 11 стр.
19. ГОСТ Р 53041-2008 Изделия кондитерские и полуфабрикаты кондитерского производства. Термины и определения - М: Стандартиформ. Введен с 2010 – 01 – 01, 2012, 11 стр.
20. ГОСТ Р 52481-2010 Красители пищевые. Термины и определения- М: Стандартиформ. Введен с 2011– 07 – 01, 2011, 14 стр.
21. Дейнека, В.И. Антоцианы и алкалоиды: особенности сорбции природными глинистыми минералами / В.И. Дейнека, В.А. Хлебников, Л.А. Чулков, В.А. Дейнека, В.А. Перистый, В.Н. Сорокопудов // Химия растительного сырья. – 2007. - № 2. – С. 63-66.

22. Дейнека Л.А. Антоцианы: природные красители и не только / А. А. Шапошников В.И.Дейнека, В. Н. Сорокопудов. // Научные ведомости БелГУ. Серия медицина и фармация. 3, вып.4, с.92-100
23. Долинский, А.А. Способ экстрагирования из твердого тела / А. А. Долинский, В. Н. Мудриков, Р. Н. Корчинский (СССР). - №3936068/31-26; Оpubл. 08.08.1985, Б. И. № 22.
24. Жарова, Е. Я. Применение ультразвука при кристаллизации глюкозы / Жарова Е. Я. - М.: Центр НИИИиТЭИ пищевой промышленности, 1974. –32 с.
25. Коган, В.Б. Теоретические основы типовых процессов химической технологии / Коган В.Б. - Л.: Химия. - 1977 – 592 с.
26. Кретович В. Л. Основы биохимии растений / Кретович В. Л. - М.: Высшая школа, 1986 - 503 с.
27. Кузнецова Л. С. Технология приготовления мучных кондитерских изделий / Кузнецова Л. С. - М: Мастерство, 2001- 317 с.
28. Лысянский, В. М. Экстрагирование в пищевой промышленности / Лысянский В. М., Гребенюк С. М. - М.: Агропромиздат, 1987 - 188 с.
29. Маккенна, Б.М. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы/ Маккенна Б.М. (ред.); пер. с англ. Под науч. ред. канд. техн. Наук, доц. Базарновой Ю.Г. – СПб.: Профессия, 2008. – 480 с.
30. Мокеев, А.Н. Красители из природного сырья для улучшения цвета и качества продуктов питания// Пищевые ингредиенты: сырье и добавки, 2001. – С. 18-19.
31. Нечаев, А.П. Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова и др.; Под ред.А.П. Нечаева. - СПб.: ГИОРД, 2001. - 592 с.
32. Нечаев, А.П. Пищевые красители. Пищевые ингредиенты (сырье и добавки) / А.П. Нечаев, В.М. Болотов - М. 2001. – 214 с.
33. Новицкий, Б. Г. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах / Новицкий Б. Г. –М.: Химия, 1983. –192 с.

34. Переверткина, И.В. Влияние глицерина на экстрагирование антоциановых пигментов из растительного сырья. / И.В. Переверткина, А.Д. Волков, В.М. Болотов // Химия растительного сырья - 2011. - 2, - С. 187-188.
35. Прозоровский, А. С. Ультразвук и его применение в фармацевтической практике / Прозоровский А. С., Литвинова Т. П. – М.: Наука, 1960.
36. Саввин, П.Н., Особенности выделения антоцианов спиртами алифатического ряда / П.Н. Саввин, К.С. Игнатова, А.Э. Ломакина // Вестник ВГУИТ.- 2015. - №2. – С. 171-174.
37. Сарафанова, Л.А. Применение пищевых добавок. Технические рекомендации. 6-е изд., испр. и доп. – СПб: ГИОРД, 2005. – 200 с.
38. Степаненко, Б.Н. Химия и биохимия углеводов (полисахариды) / Б.Н. Степаненко - М.: Высшая школа, 1978. - 256 с.
39. Степанов, Б.И. Введение в химию и технологию органических красителей / Б.И. Степанов - М.: Химия, 1984. - 592 с.
40. Таничев, С.С. Антоцианы в плодах и овощах / С. С. Танчев - М.: Пищевая промышленность, 1980. - 302 с.
41. Технический регламент Таможенного союза "О безопасности пищевой продукции" (ТР ТС - 021 - 2011). – Утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 09. 12. 2011 г. № 880
42. Физер Л., Физер М Органическая химия. Углублённый курс / Пер. с англ. под ред. докт. хим. наук Н.С. Вульфсона — М.: Химия, 1966. — 786 с.
43. Харламова, О. А. Натуральные пищевые красители / О. А. Харламова, Б. Ф. Кафка – М.: Пищевая промышленность, 1996. –191 с.
44. Чурилина, Е.В. Извлечение натуральных красителей гидрофильными полимерами / Е.В. Чурилина, Я.И. Коренман, П.Т. Суханов, В.М. Болотов, Г.В. Шаталов // Химия растительного сырья. – 2010. - № 2. – С. 153-158.
45. Эфрос, Л. С. Химия и технология промежуточных продуктов / Л. С. Эфрос, М. В. Горелик - Л.: Химия, 1980. – 544 с.

46. Bulboa C.R., Macchiavello J.E. The effects of light and temperature on different phases of the life cycle in the carrageenan producing alga *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales) // *Bot. Mar.* 2001. Vol. 44. P. 371–374.
47. Chiou A., Panagopoulou E., Gatzali F., De Marchi S., Karathanos V. Antocyanins content and antioxidant capacity of Corinthian currants (*Vitris Vinifera* L. var. *Apyrena*). *Food Chemistry*. 2014. 146. P. 157-165.
48. Craigie J.S. Cell wall // *Biology of the Red Algae* / eds K.M. Cole, R.G. Sheath. Cambridge: Univ. Press, 1990. P. 221–257.
49. D'Alessandro L., Dimitrov K., Vauchel P., Nirov I. Kinetics of ultrasound assisted extraction of anthocyanins from *Aronia melanocarpa* (black chokeberry) wastes // *Chemical engineering research and design*. - 2014, № 92. - P. 1818-1826.
50. Denev P., Giz M., Ambrozova G., Lojek A., Yanakieva I., Kratchanova M. Solid-phase extraction of berries anthocyanins and evaluation of their antioxidative properties // *Food Chemistry*. – 2010, № 123. – P. 1055-1061.
51. Falshaw R., Bixler H.J., Johndro K. Structure and performance of commercial kappa-2 carrageenan extracts. Pt III. Structure analysis and performance in two dairy applications of extracts from the New Zealand red seaweed // *Food Hydrocolloids*. 2003. Vol. 17. P. 129–139
52. Flanigan P.M., Niemeyer E.D. Effect of cultivar on phenolic levels, anthocyanin composition, and antioxidant properties in purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Food Chemistry*. 2014. 164. P. 518-526.
53. Jampani C., Rahavarao K. Process integration for purification and concentration of red cabbage (*Brassica oleracea* L.) anthocyanins. *Separation and Purification Technology*. 2015. 141. P. 10-16.
54. Jing P., Ruan S., Dong., Zhang X., Yue J., Kan J., Slavin M., Yu L. Optimization of purification conditions of radish (*Raphanus sativus* L.) anthocyanin-rich extracts using chitosan // *Food Science and Technology*. – 2011, № 44. – P. 2097-2103.
55. Jonathan L. Hartwell. *Plants used against cancer*. Lawrence, Massachusetts: Quarterman Publications, Inc., 1982. — 709 p.



56. Klimaviciute R., Navikaite V., Jakstas V., Ivanauskas L. Complexes of dextran sulfate and anthocyanins from *Vaccinium myrtillus*: Formation and stability // Carbohydrate polymers. – 2015, № 129. - P. 70-78.

57. Liu S., Fu Y., Nian S. Buffering color fluctuation of purple sweet potato anthocyanins to acidity variation by surfactants // Food Chemistry. – 2014, № 162. – P. 16-21.

58. Lule S.U., Xia W. Food phenolics, pros and cons: a review. Food Reviews International. 2005. 21(4). P. 367-388.

59. Nems A., Peksa A., Kucharska A., Sokol-Letowska A., Kita A., Drozd W., Hamouz K. Anthocyanin and antioxidant activity of snacks with coloured potato. Food Chemistry. 2015. 172. P. 175-182.

60. Лецитины [Электронный ресурс] / Википедия. - Электрон.дан. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%BB%D0%95%D0%96%D0%98%D0%92%D0%98%D0%9D%D0%9B#cite\\_ref-](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%BB%D0%95%D0%96%D0%98%D0%92%D0%98%D0%9D%D0%9B#cite_ref-2)