

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка экспресс-анализатора для определения синтетических красителей в пищевых продуктах

УДК 667.28.664:543

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Песенкова Яна Александровна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Липских Ольга Ивановна	к.х.н., доцент		

Соруководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШИП	Громова Татьяна Викторовна	к.х.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Михеева Елена Валентиновна	к.х.н., доцент		

Рецензент

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий лабораторией «Инновационно-технологический центр» СФТИ	Сачков Виктор Иванович	д.х.н., доцент		

Планируемые результаты обучения по ООП 18.03.01 (бакалавр)
 направление «Химическая технология»
 специальность «Химическая технология в биологии и медицин»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОПК -1, 2, 3) Критерий 5 АИОР (п.1.1), СДИО(п. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС ВО (ПК-1, 4,18), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2), СДИО (п. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС ВО (ПК-1, 2, 4, 16 ОПК-2,3), Критерий 5 АИОР (пп.1.2), СДИО (1.2, 2.1, 4.5)
P4	Разрабатывать <i>новые</i> технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, <i>проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-4, 5, 11), Критерий 5 АИОР (п.1.3), СДИО (п.1.3, 4.4, 4.7)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС ВО (ПК-10, 16), Критерий 5 АИОР (п.1.4), СДИО (п. 2.2)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, <i>выводить на рынок новые материалы</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС ВО (ПК-6,10,12,13,14,15, ОПК-6), Критерий 5 АИОР (п.1.5) СДИО (п. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС ВО (ОК-1,2,3,4,6,7), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), СДИО (п.

		2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС ВО (ОК-7), Критерий 5 АИОР (2.6), СДИО (п. 2.4)
P9	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС ВО (ОК-5, ПК-20), Критерий 5 АИОР (п.2.2), СДИО (п. 3.2, 3.3)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <i>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</i> , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС ВО (ОК-6, 7, ПК-14) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3) СДИО (п. 4.7, 4.8, 3.1)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 18.03.01 «Химическая технология»
 Уровень образования: бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ): Отделение химической инженерии
 Период выполнения: весенний семестр 2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	<i>Литературный обзор</i>	
	<i>Разработка экспресс-анализатора для определения синтетических красителей в пищевых продуктах. Доказательство корректности его работы. Изучение состава и свойств образующегося комплекса</i>	

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Липских Ольга Ивановна	к.х.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Михеева Елена Валентиновна	к.х.н., доцент		

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 18.03.01 «Химическая технология»
 Отделение школы (НОЦ): Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
Михеева Е.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2Д83	Песенковой Яне Александровне

Тема работы:

Разработка экспресс-анализатора для определения синтетических красителей в пищевых продуктах	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	95-70/с от 05.04.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является разработка экспресс-анализатора для определения синтетических красителей в пищевых продуктах. Область применения: пищевая промышленность.</p>
---	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>		В рамках исследования проведен обзор литературы, разработан экспресс-анализатор для определения синтетических красителей в пищевых продуктах, изучен состав и свойства образующегося комплекса, произведена оценка правильности работы разработанной методики.	
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>			
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>			
Раздел		Консультант	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение		Креницына Зоя Васильевна	
Социальная ответственность		Гуляев Милий Всеволодович	
Соруководитель ВКР как Start-Up			
Старший преподаватель ШИП		Громова Татьяна Викторовна	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель/консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Липских Ольга Ивановна	к.х.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Песенкова Яна Александровна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д83	Песенкова Яна Александровна

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ»
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- районный коэффициент- 1,3; - накладные расходы – 16%; - норма амортизации 10%
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации. Отчисления во внебюджетные фонды – 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Определение потенциальных потребителей результатов исследования; проведение анализа конкурентных технических решений; SWOT-анализ
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения исследования, бюджет исследования.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет сравнительной эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Криницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Песенкова Яна Александровна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
2Д83		Песенкова Яна Александровна	
Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 <i>Химическая технология</i>

Тема ВКР:

Разработка экспресс-анализатора для определения синтетических красителей в пищевых продуктах	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Объект исследования:</i> разработка экспресс-анализатора для определения синтетических красителей в пищевых продуктах - <i>Методика:</i> спектрофотометрия и ТСХ. - <i>Области применения:</i> пищевая промышленность. - <i>Рабочая зона:</i> 213 аудитория ОХИ НИ ТПУ. - <i>Размеры помещения:</i> 10*8*4 (м). - <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> спектрофотометр, ПК, аналитические весы, дистиллятор.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:	<ul style="list-style-type: none"> - Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018); - СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; - Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»; - ГОСТ 12.1.019-2017 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:	<p>Опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ):</p> <ul style="list-style-type: none"> - токсичность; - недостаток естественного и искусственного освещения; - отклонение показателей микроклимата; - электроопасность; - пожароопасность. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. приточно-вытяжная вентиляция; 2. питьевая проточная вода; 3. нейтрализующие растворы; 4. медицинская аптечка; 5. халат хлопчатобумажный; 6. медицинские резиновые перчатки; 7. защитные очки.
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	<p>Воздействие на литосферу: сброс растворов красителей.</p> <p>Воздействие на гидросферу: сброс растворов красителей.</p> <p>Воздействие на атмосферу: выбросы мелкодисперсных частиц сухих красителей.</p>

<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</p>	<p>Потенциальные ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Природные катастрофы (наводнения, ураган); - Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории); - Техногенные аварии: - Внезапное обрушение здания, аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения, пожар, угроза пандемии. <p>Наиболее типичная ЧС:</p> <p>пожар.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Песенкова Яна Александровна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«КОНЦЕПЦИЯ СТАРТАП-ПРОЕКТА»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Д83	Песенкова Яна Александровна

Школа	ИШПР	Направление	18.03.01
Уровень образования	Бакалавр		«Химическая технология»

Перечень вопросов, подлежащих разработке:

<i>Проблема конечного потребителя, которую решает продукт, который создается в результате выполнения НИОКР (функциональное назначение, основные потребительские качества)</i>	<i>Импортозамещение развивающихся детских химических наборов отечественным продуктом по доступной цене, обновление и расширение уже существующего ряда развивающихся детских химических наборов, подогрев потребительского интереса к таким наборам</i>
<i>Способы защиты интеллектуальной собственности</i>	<i>Выбор подходящего способа защиты интеллектуальной собственности</i>
<i>Объём и ёмкость рынка</i>	<i>Расчёт объёма и ёмкости рынка</i>
<i>Современное состояние и перспективы отрасли, к которой принадлежит представленный в ВКР продукт</i>	<i>Анализ состояния отрасли, к которой принадлежит представленный в ВКР продукт</i>
<i>Себестоимость продукта</i>	<i>Расчёт себестоимости единицы продукции</i>
<i>Конкурентные преимущества создаваемого продукта</i>	<i>Определение конкурентных преимуществ готового продукта</i>
<i>Сравнение технико-экономических характеристик продукта с отечественными и мировыми аналогами</i>	<i>Проведение анализа конкурентов</i>
<i>Целевые сегменты потребителей создаваемого продукта</i>	<i>Выявление целевых сегментов разрабатываемого продукта</i>

<i>Бизнес-модель проекта</i>	<i>Составление бизнес-модели проекта</i>
<i>Производственный план</i>	<i>Описание производственного плана</i>
<i>План продаж</i>	<i>Описание плана продаж</i>
Перечень графического материала:	
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы (например, бизнес-модель)</i>	<i>Карта сегментирования рынка, опросный лист респондентов – представителей бизнес-секторов, сравнение конкурентных технических решений, бизнес-модель проекта, воронка продаж, схема устройства продукта и его действие, листы-дешифраторы, SWOT-анализ, график безубыточности, график зависимости NPV от ставки дисконтирования, оценка рисков</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант по разделу «Концепция стартап-проекта» (со-руководитель ВКР):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШИП	Громова Татьяна Викторовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Песенкова Яна Александровна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 156 страниц, 27 рисунков, 62 таблицы, 47 источников.

Ключевые слова: тартразин (E102), хинолиновый желтый (E104), кармуазин (E122), понсо 4R (E124), синий патентованный V (E131), синий блестящий FCF (E133), пищевые красители, комплексообразование, сульфат меди (II).

Объектом исследования являются синтетические пищевые красители E102, E104, E122, E124, E131 и E133.

Цель работы – разработка экспресс-анализатора для определения синтетических красителей в пищевых продуктах.

В процессе эксперимента были исследованы комплексообразующие свойства некоторых синтетических пищевых красителей с различными неорганическими солями металлов, а также выполнено доказательство корректности работы разработанной методики методами спектрофотометрии и тонкослойной хроматографии.

В результате исследования была разработана методика качественного и полуколичественного определения некоторых синтетических пищевых красителей в продуктах питания.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: научно-исследовательская работа проводилась в аналитической лаборатории ОХИ ИШПР ТПУ, оснащённой всем необходимым для исследования оборудованием.

Степень внедрения: работа находится на стадии исследований.

Область применения: пищевая промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы: использование разработанного анализатора в качестве предварительного экспресс-теста в лабораториях, лабораторной работы в школах, развивающего игрового набора для детей школьного возраста.

В будущем планируется сделать анализатор более экологичным.

Оглавление

Введение	18
1 Литературный обзор.....	20
1.1 История появления пищевых красителей	21
1.2 Классификация пищевых красителей	22
1.3 Теории цветности	24
1.4 Характеристика и свойства пищевых красителей	25
1.4.1 Азокрасители	25
1.4.2 Трифенилметановые красители	28
1.5 Действие синтетических пищевых красителей на организм человека.....	29
1.6 Методы определения синтетических красителей.....	32
1.6.1 Спектрофотометрические методы	32
1.6.2 Хроматографические методы	34
1.6.3 Метод зонного капиллярного электрофореза	34
1.6.4 Электрохимические методы	35
1.7 Методы извлечения красителей из пищевой матрицы.....	36
1.7.1 Твердофазная экстракция.....	36
1.7.2 Жидкостная экстракция	36
1.7.3 Мицеллярная экстракция	36
1.8 Выводы по разделу.....	37
2 Экспериментальная часть	38
2.1 Технология производства	38
2.2 Характеристика продукта	38
2.3 Идентификация комплекса	43

2.4 Проверка корректности работы экспресс-анализатора	49
2.4.1 Спектрофотометрический метод	49
2.4.2 Метод тонкослойной хроматографии.....	53
2.5 Выводы по главе.....	55
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	56
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	57
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	57
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений	59
3.1.3 SWOT – анализ	62
3.2 Планирование научно- исследовательской работы	66
3.2.1 Определение трудоёмкости выполнения работ	67
3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования	68
3.3 Бюджет научно – технического исследования	74
3.3.1 Расчет материальных затрат научно- технического исследования	74
3.3.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для экспериментальных работ.....	76
3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	78
3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	80
3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	81
3.3.6 Накладные расходы	82
3.3.7 Формирование бюджета затрат научно - исследовательской работы..	82
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	84

3.5. Выводы по разделу	88
4 Социальная ответственность	89
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	90
4.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства	90
4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	91
4.2 Производственная безопасность.....	93
4.2.1 Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов производственной среды	93
4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя.....	95
4.3 Экологическая безопасность	103
4.3.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	103
4.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	103
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	105
4.5 Вывод по разделу	108
5. Концепция Start Up проекта.....	109
5.1 Резюме.....	109
5.2 Рынок	111
5.2.1 Анализ современного состояния и перспектив развития отрасли	111
5.2.2 Целевая аудитория.....	112
5.2.3 Объём и ёмкость рынка.....	114
5.2.4 Анализ конкурентной среды.....	116
5.2.5 Бизнес-модели проекта. Производственный план и план продаж.....	119

5.2.6	Стратегия продвижения продукта на рынок.....	120
5.2.7	Выводы.....	122
5.3	Продукт.....	123
5.3.1	Характеристика проекта.....	123
5.3.2	Описание продукта как результата НИР (ВКР).....	123
5.3.3	Интеллектуальная собственность.....	127
5.3.4	SWOT – анализ.....	127
5.3.5	Выводы.....	131
5.4	Экономическое обоснование проекта.....	132
5.4.1	Потребность в основных производственных фондах.....	132
5.4.2	Расчет амортизационных отчислений и остаточной стоимости основных фондов.....	132
5.4.3	Потребность в оборотных средствах.....	133
5.4.4	Потребность в заработной плате персонала.....	133
5.4.5	Планируемая себестоимость продукции.....	134
5.4.6	Потребность в инвестициях.....	136
5.4.7	Прогноз доходов и расходов.....	137
5.4.8	Анализ безубыточности.....	137
5.4.9	Расчет чистого денежного потока (ЧДП).....	139
5.4.10	Расчёт чистой текущей стоимости (NPV).....	140
5.4.11	Расчёт внутренней ставки доходности (IRR).....	141
5.4.12	Дисконтированный срок окупаемости инвестиций.....	142
5.4.13	Статистический метод оценки инвестиций.....	142
5.4.14	Технико-экономические показатели деятельности предприятия.....	143
5.4.15	Выводы.....	143

5.5 Анализ потенциальных рисков	144
5.5.1 Анализ потенциальных рисков	144
5.5.2 Выводы.....	145
5.6 Выводы по разделу.....	146
Заключение	147
Список публикаций.....	148
Список использованных источников	149

Введение

Производство современных пищевых продуктов невозможно без использования различных пищевых добавок. С продуктами питания в организм человека могут поступать значительные количества веществ, опасных для его здоровья, поэтому необходимость проведения строго контроля содержания пищевых добавок в продуктах питания является в настоящее время актуальной задачей.

Постоянно возрастающая потребность в контроле качества и безопасности пищевых продуктов и лекарственных препаратов вызывает необходимость разработки экспрессных и надежных методик их физико-химического анализа.

Цель данной работы – разработка экспресс-анализатора синтетических пищевых красителей в продуктах питания. Он позволит быстро определить наличие пищевого красителя в продуктах даже в домашних условиях.

Объект исследования – синтетические пищевые красители E102, E104, E122, E124, E131 и E133.

Предмет исследования – экспресс-анализатор синтетических пищевых красителей в продуктах питания и медикаментах.

Научная новизна – автором ВКР разработана методика качественного и полуколичественного определения некоторых синтетических пищевых красителей в продуктах питания. В процессе эксперимента были исследованы комплексобразующие свойства некоторых синтетических пищевых красителей с различными неорганическими солями металлов, а также выполнено доказательство корректности работы разработанной методики методами спектрофотометрии и тонкослойной хроматографии.

Научно-исследовательская работа проводилась в аналитической лаборатории ОХИ ИШПР ТПУ, оснащённой всем необходимым для исследования оборудованием.

Степень внедрения: работа находится на стадии исследований.

Область применения: пищевая промышленность.

Практическая значимость результатов ВКР: предполагается использование разработанного анализатора в качестве предварительного экспресс-теста в лабораториях, лабораторной работы в школах, развивающего игрового набора для детей школьного возраста.

В будущем планируется сделать анализатор более экологически безопасным.

Реализация и апробация работы: результаты по теме ВКР были представлены на:

- XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, посвященной 125-летию со дня основания Томского политехнического университета;
- XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, на Всероссийская Школа-конференция молодых ученых «Дни науки в ИГХТУ»;
- V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных «Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований»;
- Всероссийский инженерный конкурс РФ.

1 Литературный обзор

В данном разделе освещена вся теоретическая сторона работы, виды красителей, их свойства, методы их качественного и количественного анализа, а также теории цветности органических веществ.

Питание – это важнейшее условие для жизни человека. На качество жизни человека влияет не только количество потребляемой пищи, но и соответствующее качество продуктов и их ассортимент, а также режим принятия пищи [1].

Современная пищевая промышленность ориентируется на увеличивающуюся потребность в качественной продукции. Но чтобы продукция не теряла свои товарные качества при хранении и перевозке необходимо применять дополнительные средства [2].

В процессе тепловой обработки или при хранении продукты теряют свой привлекательный вид, поэтому в технологии применяют красители для восстановления утраченной первоначальной окраски [3].

Использование синтетических красителей, конечно, улучшает цвет продуктов, но в то же время позволяет недобросовестным производителям подменять разрешенный в РФ краситель на другой более дешевый, а также превышать максимально допустимое содержание добавки в пищевом продукте [4].

В фармацевтической промышленности также используются синтетические красители для подкрашивания лекарственных средств и, это нередко приводит к их фальсификации.

Часто пищевые красители вызывают пищевую аллергию, а также бывают причиной гиперактивного поведения у детей [5]. Поэтому становится очевидной необходимость разработки новых экспрессных методик, позволяющих проводить идентификацию и определение синтетических красителей в продуктах питания и медикаментах.

1.1 История появления пищевых красителей

Изначально основной целью окрашивания пищевых продуктов было их использование для проведения религиозных обрядов, а не для улучшения внешнего вида. С развитием промышленного производства, корректировку цвета пищевой продукции стали выполнять практически для всего ассортимента.

В литературе существуют описания случаев окрашивания пищи ядовитыми химикатами. Вредная, но привлекательная пища лучше продавалась [6].

Высокая стоимость натуральных красителей, их быстрое разрушение от действия тепла и света, привела к их замене на более дешевые синтетические соединения. Примечательно, что некоторые красители были получены совершенно случайно.

В литературе описываются случаи подкрашивания вина фуксином во Франции. В США с 1886 года красители добавляли в масло и сыр, а к 1900 году уже окрашивали синтетическими красителями и многие другие продукты [6].

Принимая во внимание вред, приносимый людям ядовитыми красящими веществами, правительства многих стран пытались законодательно запретить применение химических веществ в производстве пищевых продуктов. Были разработаны списки разрешенных к использованию красителей, все остальные красители были запрещены.

1.2 Классификация пищевых красителей

Принято делить пищевые красители на три вида: натуральные, синтетические и неорганические. Красящие вещества, получают из сырья растительного или животного происхождения и называют натуральными красителями. Они состоят из антоцианов, каротиноидов, флавоноидов, хлорофилла и других растительных веществ.

Но данное определение не подходит, например, для рибофлавина, так как его получают тоже химическим путём. Такие вещества принято называть синтетическими аналогами натуральных красителей [7].

Все синтетические пищевые красители (СПК) производят в химических лабораториях. Эти вещества не встречаются в природе, поэтому они называются искусственными.

В 1953 году Европейский Союз разработал систему маркировки добавок. Название всех пищевых добавок, в том числе и красителей, должно начинаться с буквы E. Цифры в названии каждой добавки показывают, к какой группе относится данный вид пищевой добавки.

Существуют и другие классификации красителей, например, общая для всех видов пищевых и непищевых красителей Англо-Британо-Швейцарская классификация C1, представленная в таблице 1.1 .

В отличие от Международной «E»-классификации, классификация C1 учитывает не цветность красителя, а его химическую структуру и происхождение [8].

Таблица 1.1 – Англо-Британо-Швейцарская классификация C1

Группа	Диапазон номеров	Группа	Диапазон номеров
1	2	3	4
Нитрозо	10000–10299	Нитро	10300–10999
Моноазо	11000–19999	Диазо	20000–29999
Триазо	30000–34999	Тетракисазо	35000–35999

Продолжение Таблицы 1.1

1	2	3	4
Полязо	36000–36999	Азо	37000–39999
Стилбене	40000–40799	Каротины	40800–40999
Дифенилметан	41000–41999	Триарилметан	42000–44999
Ксантен	45000–45999	Акридин	46000–46999
Хинолин	47000–47999	Метин	48000–48999
Тиазол	49000–49399	Индамин	49400–49699
Индофенол	49700–49999	Азин	50000–50499
Азагетероциклы	50500–50999	Оксазин	51000–51499
Бензоксазол	51500–51999	Тиазины	52000–52999
Сера	53000–54999	Лактоны	55000–55999
Аминокетоны	56000–56999	Гидроксикетоны	57000–57999
Антрахинон	58000–72999	Индигоид	73000–73899
Хинакридон	73900–73999	Фталоцианин	74000–74999
Натуральные красители	75000–75999	Основы окисления	76000–76999
Неорганические пигменты	77000–77999		

1.3 Теории цветности

Необходимость в широком использовании органических красителей стимулировала не только работы в области их синтеза, но и различные теоретические исследования о соотношении цвета и структуры окрашенных соединений [9].

В настоящий момент наиболее новой и актуальной является электронная теория цветности, разработанная В. А. Измаильским в 1915 году. В этой работе была сформулирована идея о том, что цвет – это результат взаимодействия света с молекулами красителя [10].

Электронной теории цветности предшествовали более ранние теории, разработанные А. М. Бутлеровым. В 1864-1866 году он установил, что в случае присоединения водорода к цветным органическим соединениям, они обесцвечиваются. Если же вводить в бесцветные органические соединения, например, нитрозогруппы, то цвет этих соединений восстанавливается [9].

В дальнейшем русский учёный П.П.Алексеев в своих трудах доработал эту теорию, предположив, что для образования сильно окрашенных соединений вместе с нитрозогруппами должны присутствовать окси- и аминогруппы [11].

Отто Николаус Витт, русский и немецкий химик-органик в 1876 году выдвинул хромофорно-ауксохромную теорию, которая устанавливала связь явления цветности со строением молекул.

Основные хромофорные группы:

- N=O нитрозогруппа;
- N=N—азогруппа;
- CH=CH—этиленовая группа;
- COOH карбоксильная группа.

Ауксохромами являются:

- ОН группа;
- NH₂ аминогруппа.

1.4 Характеристика и свойства пищевых красителей

Значительный интерес представляет вопрос особенности строения вещества, которое делает его окрашенным [12].

Наиболее важными свойствами красящих соединений являются их растворимость и химические свойства. В соответствии с технической классификацией, выделяют несколько основных классов красителей:

- кислотные красители, представляющие собой водорастворимые соли органических кислот;
- основные красители это водорастворимые соли органических оснований;
- жирорастворимые и спирторастворимые красители.

К основным группам синтетических красителей относятся азокрасители, трифенилметановые красители, индигоидные, хинолиновые и ксантовые красители [13].

1.4.1 Азокрасители

Азокрасители – это органические соединения, которые были созданы искусственно в химических лабораториях. Они применяются в качестве красящих веществ. Красящие свойства этим веществам придают содержащиеся в них группы —N=N— .

Азокрасители отличаются между собой не только химическим составом, но и расположением, последовательностью, количеством различных атомных групп в молекуле [14].

К азокрасителям красного цвета относятся E122 и E124, а E102 относится к красителям желтого цвета [15].

1.4.1.1 Кармуазин (E122)

Химическая формула кармуазина – $\text{C}_{20}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_7\text{S}_2$. Молекулярная масса – 502,44 г/моль. Полное химическое название – 4-Гидрокси-3- (4-сульфо-1-нафтилазо) нафталин-1-сульфонат динатриевая соль. Кармуазин хорошо

растворим в воде, обладает низкой светочувствительностью и устойчивостью к термообработке. Запаха и вкуса не имеет. [15].

Пищевой краситель кармуазин это порошок или гранулы от красного до тёмно-бордового цвета. Структурная формула кармуазина представлена на рисунке 1.1.

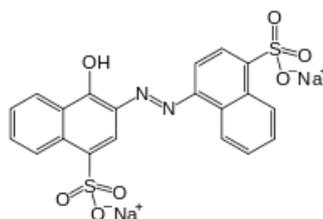


Рисунок 1.1 - Структурная формула кармуазина (E122)

1.4.1.2 Понсо 4R (E124)

Краситель пунцовый Понсо 4R или пунцовый 4R, кошенилевый красный А – синтетически получаемая пищевая добавка с ярко-выраженными окрашивающими свойствами. Химическая формула – C₂₀H₁₁N₂NaO₁₀S₃. Молекулярная масса – 604,48 г/моль.

Структурная формула Понсо 4R представлена на рисунке 1.2.

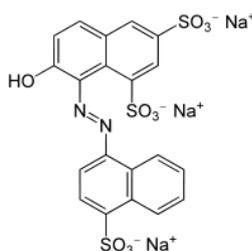


Рисунок 1.2 - Структурная формула Понсо 4R

Понсо 4R – 2-гидрокси-1-(4-сульфонато-1-нафтилазо) - 6,8-нафталиндисульфонат тринатрия. Краситель E124 хорошо растворяется в воде.

Понсо 4R (E124) отдельно или в смеси с другими красителями применяется в окрашивании кондитерских изделий, напитков, мороженого.

1.4.1.3 Тартразин (E102)

Тартразин или E102 – синтетический краситель, хорошо растворимый в воде порошок желтого цвета с золотым оттенком. По своей природе является каменноугольным дёгтем, относится к промышленным отходам. Тартразин – один из самых дешевых синтетических красителей.

Формула – $C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$, молекулярная масса – 534,37 г/моль.

Название – тринатрий-5-гидрокси-1-(сульфонатофенил)-4-4-(сульфонатофенилазо)-н-пиразол-3- карбоксилат.

Структурная формула тартразина представлена на рисунке 1.3.

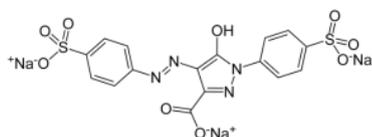


Рисунок 1.3 - Структурная формула тартразина

1.4.1.4 Хинолиновый жёлтый (E 104)

Структура красителя представляет собой органическое соединение гетероциклического ряда, которое содержит, кроме атомов азота, несколько атомов серы, по сути это натриевая соль. Полное химическое название 2 2-(2-хинолил)-1,3-индандиондисульфоновой кислоты динатриевая соль, формула $C_{18}H_9NO_8S_2Na_2$.

Структурная формула хинолинового жёлтого (E104) представлена на рисунке 1.4.

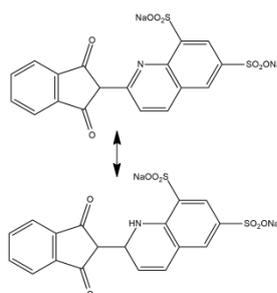


Рисунок 1.4 - Структурная формула хинолинового жёлтого (E104)

На основании некоторых особенностей молекулярного строения, различают две разновидности E104: хинолиновый жёлтый WS, отлично растворяющийся в воде, и его сульфированная форма – хинолиновый жёлтый SS – растворяющийся в спиртах.

Пищевой краситель хинолиновый жёлтый является полностью синтетическим, его получают при конденсации 2-метилхинолина с фталевым ангидридом. Результат реакции подвергают сульфированию. В структуре могут быть примеси хлорида и сульфата натрия.

Хинолиновый жёлтый (E104) представляет собой жёлтый порошок, водный раствор которого имеет жёлто лимонный цвет.

Температура плавления хинолинового жёлтого выше 150 °С, он отличается устойчивостью к кислым и щелочным средам, а также к воздействию света и температуры.

1.4.2 Трифенилметановые красители

К трифенилметановым красителям относятся Синий Блестящий FCF и Синий патентованный V [16].

1.4.2.1 Синий Блестящий FCF (E133)

E 133 – это краситель синтетического типа, производство которого проходит в процессе органического синтеза каменноугольной смолы. Внешне краситель – это красный с синим отливом порошок.

Формула – $C_{37}H_{34}N_2Na_2O_9S_3$, молекулярная масса – 792,86 г/моль.

Структурная формула Синего Блестящего (E133) представлена на рисунке 1.5

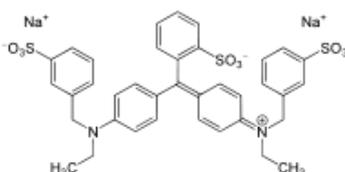


Рисунок 1.5 - Структурная формула Синего Блестящего (E133)

Полное химическое название динатрий-3(N-этил-N-(4-((4-(N-этил-N-(3-сульфонатобензил)-амино)фенил)(2-сульфонато-фенил)метил)-2,5-циклогексадиен-1-илиден)аммониометил)-бензосульфат [16].

1.4.2.2 Синий патентованный V (E131)

Пищевой краситель Синий патентованный V (E131) представляет собой темно-синий порошок или гранулы хорошо растворимые в воде. Цвет раствора красителя синий. Растворимость в этаноле у него средняя, а в растительных маслах он не растворяется. Температура плавления – 200 °С.

Структурная формула (E131) представлена на Рисунке 1.6.

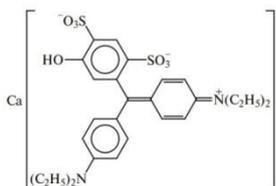


Рисунок 1.6 - Структурная формула Синего патентованного V (E131)

Химическая формула Синего патентованного V (E131) – $C_{27}H_{31}N_2O_7S_2Na$, молекулярная масса – 582,67 г/моль или $C_{27}H_{31}N_2O_7S_2\frac{1}{2}Ca$ – молекулярная масса – 579,72 г/моль. Химическое название – 2-[(4-диэтиламинофенил)(4-диэтил-имино-2,5-циклогексадиен-1-илиден)метил]-4-гидрокси-1,5-бензол-дисульфат натриевая или кальциевая соль [16].

1.5 Действие синтетических пищевых красителей на организм человека

По степени воздействия на организм человека красители относятся к веществам умеренно опасным [17].

Величина допустимого суточного поступления это токсикологическая характеристика синтетических красителей. Определение безопасности пищевых красителей в продуктах питания в каждой стране выполняется по собственным критериям и это является важной проблемой во всем мире [18].

Созданный в 1956 году Комитет по пищевым добавкам анализирует информацию об их токсичных свойствах и выдает рекомендации о возможности их применения в пищевой промышленности.

В РФ количество СПК в пищевых продуктах определяется преимущественно такими документами как СанПиН 2.3/2.4.3590-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения" [19] и СанПиН 2.3.2.1293 – 03 «Продовольственное сырьё и пищевые продукты. Гигиенические требования по применению пищевых добавок» [20].

Есть сведения, что многие азокрасители и продукты их восстановительного расщепления, а также химически связанные ароматические амины влияют на здоровье человека, вызывая аллергию и другие заболевания [21].

В таблице 1.2 приведены гигиенические регламенты применения пищевых красителей E102, E104, E122, E124, E131, E133.

Таблица 1.2 – Гигиенические регламенты применения красителей E102, E104, E122, E124, E131, E133.

Индекс	Индекс красителя	Пищевой продукт	Максимальный уровень в продуктах
п.3.11.1	Тартразин (E102), Азорубин (E122), Понсо4R (E124), Синий Блестящий FCF(E133), Желтый хинолиновый (E104), Синий патентованный V (E131)	Безалкогольные газированные напитки	100 мг/л
		Фрукты и овощи глазированные	200 мг/кг
		Сахаристые и кондитерские изделия	300 мг/кг
		Декоративные покрытия	500 мг/кг
		Сдобные хлебобулочные и кондитерские изделия	200 мг/кг
		Мороженое	150 мг/кг
		Десерты, включая молочные продукты ароматизированные	150 мг/кг
		Сыры плавленые	100 мг/кг
		Соусы, приправы	500 мг/кг
		Горчица	300 мг/кг
	Паста рыбная и из ракообразных	100 мг/кг	

Пищевые продукты, в производстве которых допускаются только определённые красители, приведены в таблице 1.3

Таблица 1.3 – Пищевые продукты, в производстве которых допускаются только определённые красители

Пищевые продукты	Индекс красителя	Максимальный уровень в продуктах
Горькие содовые напитки, изготовленные по рецептам, согласованным с Госсанэпиднадзором Минздрава РФ	E102, E122, E124	100 мг/кг
Джемы, желе, мармелады и другие подобные продукты переработки фруктов, включая низкокалорийные	E124	100 мг/кг

Канцерогенность многих азокрасителей обусловлена продуктами их распада, таким как, например, бензидин. Бензидин вызывает различные опухоли у человека и животных. Другой компонент азокрасителя п-фенилендиамин является контактным аллергеном.

1.6 Методы определения синтетических красителей

Для определения содержания СПК в продуктах питания существует множество классических методов: метод спектрофотометрии, тонкослойной хроматографии (ТСХ), высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), метод инфракрасной спектроскопии (ИК), метод ультрафиолетовой спектроскопии (УФ), денситометрический метод, метод зонного капиллярного электрофореза, способ определения пьезоэлектрическими сенсорами, вольтамперометрические методики определения.

1.6.1 Спектрофотометрические методы

Методы спектрофотометрического анализа основаны на качественном и количественном изучении спектров поглощения различных веществ.

Возможно определение данным методом содержания в карамели:

- тартразина (E102), хинолинового жёлтого (E104);
- кармуазина (E122), Понсо 4R (E124);
- Синего патентованного V (E131), Синего Блестящего FCF (E133);
- смесевых красителей, в состав которых входят два индивидуальных красителя, максимумы светопоглощения которых находятся в диапазонах длин волн 400 ÷ 450 нм и 590 ÷ 640 нм [22].

Молярная масса и максимум светопоглощения некоторых пищевых красителей представлены в таблице 1.4 (ГОСТ 34229-2017) [23].

Таблица 1.4 – Молярная масса и максимум светопоглощения синтетических пищевых красителей

Наименование красителя (СПК)	Формула красителя	Молярная масса, г/моль	Максимум светопоглощения, нм	Молярный коэффициент поглощения, моль ⁻¹ ·см ⁻¹ ·дм ³
1	2	3	4	5
Тартразин (E102)	C ₁₆ H ₉ N ₄ Na ₃ O ₉ S ₂	534,36	426	2,43*10 ⁴
Желтый "солнечный закат" FCF (E110)	C ₁₆ H ₁₀ N ₂ Na ₂ O ₇ S ₂	452,37	485	2,22*10 ⁴
Желтый хинолиновый (E104)	C ₁₈ H ₉ O ₈ NS ₂ Na ₂	477,0	411	2,25*10 ⁴
Азурubin (E122)	C ₂₀ H ₁₂ N ₂ Na ₂ O ₇ S ₂	502,43	516	1,45*10 ⁴
Понсо 4R (E124)	C ₂₀ H ₁₁ N ₂ Na ₃ O ₁₀ S ₃	604,47	505	12,02*10 ⁴
Красный очаровательный AC (E129)	C ₁₈ H ₁₄ N ₂ Na ₂ O ₈ S ₂	496,42	504	2,41*10 ⁵
Синий патентованный V (E131)	C ₂₇ H ₃₁ N ₂ O ₇ S ₂ *0,5Ca	579,71	638	22,9*10 ⁴
Индигокармин (E132)	C ₁₆ H ₈ N ₂ Na ₂ O ₈ S ₂	466,35	610	8,1*10 ³
Синий блестящий FCF (E133)	C ₃₇ H ₃₄ N ₂ Na ₂ O ₉ S ₃	792,85	620	1,12*10 ⁵

Кроме того, существуют гибридные методы анализа на основе спектрофотометрии. Один из таких методов основан на сорбции красителей из раствора анализируемой карамели твердыми сорбентами, десорбции аммиаком, удалении аммиака выпариванием и определении массовой доли красителей по интенсивности окраски полученного раствора при характеристической длине волны.

Сообщается о новом методе определения тартразина в желатине со вкусом лимона и папайи, конфетах и фруктовом сиропе. Способ основан на каталитическом действии наночастиц серебра (AgNPs) на реакцию окисления тартразина йодатом калия в ацетатной буферной среде [24].

Достаточно сложно определить наличие красителя в пищевых продуктах спектрометрическим методом, если в продукте присутствуют несколько красителей с близкими максимумами поглощения.

1.6.2 Хроматографические методы

1.6.2.1 Метод тонкослойной хроматографии

ТСХ – способ анализа смесей жидких или твёрдых веществ, основанный на различном средстве разделяемых веществ к неподвижной фазе (сорбент) и подвижной фазе (элюент).

Методом ТСХ определяют, например, наличие синтетических красителей в пряностях [25].

Данный метод простой и доступный, он не требует дорогого и очень сложного оборудования, но присутствие в пробе сахара или жиров может сделать определение невозможным.

1.6.2.2 Высокоэффективная жидкостная хроматография

ВЭЖХ – усовершенствованный метод колоночной хроматографии.

Колонки заполняют пористым материалом, являющимся неподвижной фазой и с большой скоростью пропускают через него соответствующий растворитель, называемый элюентом [26].

Методом ВЭЖХ можно быстро произвести разделение всех анализируемых компонентов при оптимальных условиях.

1.6.3 Метод зонного капиллярного электрофореза

Метод капиллярного электрофореза основан на разделении компонентов сложной смеси в кварцевом капилляре под действием приложенного электрического поля.

Подготовка пробы для определения красителей данным методом достаточно трудоёмка, однако метод позволяет проводить определение от трёх до десяти красителей в пищевых продуктах [27].

1.6.4 Электрохимические методы

В настоящее время становятся востребованными электрохимические методы определения СПК в продуктах питания и лекарственных препаратах.

Электрохимические методы подразделяются:

- полярографию (вольтамперометрию) – измерение зависимости: величина тока – напряжение;
- амперометрию – измерение величины тока при постоянном потенциале;
- кондуктометрию – измерение величины сопротивления;
- потенциометрию – измерение величины потенциала;
- кулонометрию – количественный электролиз.

1.7 Методы извлечения красителей из пищевой матрицы

Для определения синтетических пищевых красителей в продуктах питания или в лекарственных препаратах методами спектрофотометрии и хроматографии необходимо предварительно выделить эти красители из пищевой матрицы. Для этих целей применяются твердофазная и жидкофазная экстракция.

1.7.1 Твердофазная экстракция

Твердофазная экстракция – это метод подготовки проб, основанный на процессах распределения вещества между фазами в результате сорбционных или ионообменных взаимодействий.

Метод твердофазной экстракции не требует применения больших объёмов органических растворителей и является удобным и недорогим способом извлечения красителей из пищевой матрицы [28].

1.7.2 Жидкостная экстракция

Жидкостная экстракция – это перевод одного или нескольких компонентов раствора из одной жидкой фазы в другую, не смешивающуюся с ней фазу. В литературе есть описание применения данного метода для извлечения до семи синтетических красителей из продуктов [29].

Недостатком жидкостной экстракции является необходимость использования большого количества растворителей, которые бывают токсичными. А также процесс этот достаточно трудоёмкий.

1.7.3 Мицеллярная экстракция

Достоинствами мицеллярной экстракции являются отсутствие органических растворителей, экспрессность метода и его простота, высокая степень извлечения веществ.

Данный метод в основном применяется для подготовки образцов при спектрофотометрии.

1.8 Выводы по разделу

В данном разделе были рассмотрены наиболее актуальные и современные сертифицированные на территории России методы качественного и количественного анализа потенциально канцерогенных синтетических красителей в пищевых продуктах и медикаментах.

Кроме того, были приведены наиболее часто встречающиеся в мировой научной литературе классификации красителей, а также показаны основные свойства СПК, используемых в данной выпускной квалификационной работе.

Обсуждались трансформировавшиеся во времени теории цветности веществ и действие синтетических пищевых красителей на организм человека.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время применение синтетических красителей в пищевой промышленности определяется дефицитом натуральных красителей, их дороговизной и нестойкостью к физико-химическому воздействию.

Окраска пищевой продукции делает ее более привлекательной для потребителя, однако самая большая проблема использования таких красителей в том, что они могут быть опасными для людей. Проводимые учёными многих стран исследования показывают, что синтетические красители в пищевых продуктах приводят к появлению гиперактивности у детей, астмы, крапивницы, расстройств пищеварения и некоторых других заболеваний.

Основной трудностью при определении синтетических пищевых красителей в продуктах питания является дороговизна и сложность применяемых для этих целей приборов, необходимость специальной подготовки персонала при работе с данными установками.

Цель данной работы – разработка экспресс-анализатора синтетических пищевых красителей в продуктах питания. Он позволит быстро определить наличие пищевого красителя в продуктах даже в домашних условиях.

Объектом исследования являются пищевые красители: тартразин (E102), хинолиновый жёлтый (E104), кармуазин (E122), Понсо 4R (E124), Синий патентованный V (E131), Синий блестящий (E133).

Перспективность данного научного исследования определяется не только его актуальностью, но и коммерческой ценностью разработки.

В данном разделе производится учет всех технико-экономических факторов на каждой стадии проектирования. Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследования, а также определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Основной задачей данного раздела является оценка перспективности разработки и планирование финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках НТИ.

Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на такие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, какой бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- определение потенциальных потребителей результатов исследования;
- оценка коммерческого потенциала разработки;
- планирование научно-исследовательской работы;
- расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель работы – разработка экспресс-анализатора синтетических пищевых красителей в продуктах питания.

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования могут являться:

- самостоятельные покупатели – для использования указанного анализатора в качестве детской развивающей игрушки в домашних условиях;

- детские образовательные организации и средние общеобразовательные школы на территории Томска и Томской области– в качестве учебных пособий для проведения лабораторных работ.

В зависимости от потребительских предпочтений к данной разработке, проведена сегментация потребителей и представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Карта сегментирования рынка покупателей

Критерий	«Развивающие игровые наборы»			«Среднее образование»		
	Развивающие игровые наборы			Лабораторные наборы для школьников		
	«горячие» лиды	«теплые» лиды	«холодные» лиды	«горячие» лиды	«теплые» лиды	«холодные» лиды
Размер бизнеса/школы						
Крупный						
Средний						
Мелкий						
География бизнеса/школы						
Удаленное от центра региона						
Близкое к центру региона						
Уровень доходов заказчика						
Высокий						
Низкий						
Отношение к товару						
Доверяют						
Не доверяют						

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, так как рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование.

В данном исследовании предлагается разработка экспресс-анализатора синтетических пищевых красителей, аналогов которому на данный момент на территории РФ в указанных ранее бизнес - сегментах нет.

Так как данные, полученные в ходе исследования, будут использоваться в разработке экспресс-анализатора синтетических пищевых красителей, то целесообразно провести анализ существующих в настоящее время технических решений, которые могут составить конкуренцию.

Данный анализ произведен для конкурентов в сегменте «Развивающие игровые наборы» и в сегменте «Среднее образование» с помощью оценочной карты, которая приведена в таблицах 3.2 и 3.3.

Предлагаемая разработка – экспресс-анализатор синтетических пищевых красителей (тест – система) представляет собой пластиковый контейнер 10x2x2 см и работает по принципу лакмусовой бумаги, т.е. анализируемый продукт, при наличии в нём синтетических красителей, изменяет цвет при контакте с определёнными реагентами, находящимися в анализаторе.

Сегмент «Развивающие игровые наборы»:

- конкурент №1 - Развивающие игровые наборы «Attivio»;
- конкурент №2- Развивающие игровые наборы ToysLab.

Сегмент «Среднее образование»:

- конкурент №1 – ООО «Химлабо» наборы для химических опытов в школе;
- конкурент №2 – ООО «Глобус» наборы для химических опытов в школе.

Таблица 3.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) сегмента «Развивающие игровые наборы»

Критерии оценки	Вес критерия, В	Баллы, Б			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность продукта	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2. Многообразие	0,1	0	3	0	0,0	0,3	0,0
3. Упаковка	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
4. Безопасность	0,0	3	4	4	0,0	0,0	0,0
5. Аналоги у других фирм	0,1	5	0	0	0,5	0,0	0,0
6. Производство на территории РФ	0,1	5	5	0	0,5	0,5	0,0
7. Срок годности	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
8. Зрелищность опытов	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена сырья	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
2. Цена за единицу товара	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
Итого	1,0	39	39	30	3,9	3,5	2,6

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность конкурента;

V_i – вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Коэффициент конкурентоспособности:

$$K_{kc} = K_{\phi} / K_{ki}, \quad (2)$$

Коэффициент конкурентоспособности предлагаемой разработки:

$$K_{kc} = \frac{3,9}{3,5} = 1,1 > 1,$$

значит, разработка конкурентоспособна в секторе «Развивающие игровые наборы».

Таблица 3.3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) сегмента «Среднее образование»

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность продукта	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2. Надёжность продукта	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
3. Удобство в эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
4. Зрелищность опытов	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
5. Безопасность	0,1	3	3	3	0,3	0,3	0,3
6. Многообразие	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
7. Срок годности	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
8. Новизна методики	0,1	5	2	2	0,5	0,2	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена сырья	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
2. Цена за единицу товара	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
Итого	1,0	44	35	35	4,4	3,5	3,5

Коэффициент конкурентоспособности предлагаемой разработки:

$$K_{kc} = \frac{4,4}{3,5} = 1,26 > 1,$$

разработка конкурентоспособна в секторе «Среднее образование»

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является актуальным и перспективным и оно конкурентоспособно.

3.1.3 SWOT – анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз. Т.к. в разных секторах реализуется один и тот же продукт, целесообразно применить одну и ту же матрицу к обоим секторам бизнеса.

На первом этапе составлена матрица SWOT, в которой описаны слабые и сильные стороны проекта, выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Результаты приведены в Таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно – исследовательского проекта:	Слабые стороны научно – исследовательского проекта:
	<p>С1 Более низкая стоимость конечного продукта по сравнению с другими технологиями</p> <p>С2 Новизна методики</p> <p>С3 Зрелищность метода определения пищевых красителей</p> <p>С4 Удобство в эксплуатации</p>	<p>Сл1 Не налажен таргет</p> <p>Сл.2 Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых для проведения исследования</p> <p>Сл3 Анализ полуколичественный</p> <p>Сл.4 Предназначен для одноразового использования</p>

<p>Возможности:</p> <p>В1 Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В2 Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3 Импортозамещение</p> <p>В4 Масштабирование проекта за пределы ТО</p>		
<p>Угрозы</p> <p>У1 Падение общей покупательной способности у населения</p> <p>У2 Введение дополнительных государственных требований и сертификации продукции</p> <p>У3 Использование продукции не по назначению</p> <p>У4 Развитая конкуренция технологий производства</p>		

На втором этапе на основании матрицы SWOT построены интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 3.5 ÷ 3.8.

Таблица 3.5 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	-	-
	B2	+	+	+	+
	B3	+	+	+	+
	B4	+	+	+	+

Таблица 3.6 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл.1	Сл.2	Сл.3	Сл.4
	B1	-	-	-	-
	B2	-	-	-	-
	B3	-	+	-	-
	B4	-	+	-	-

Таблица 3.7 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	+	+	+	+
	У2	-	+	-	-
	У3	-	+	+	+
	У4	+	+	+	+

Таблица 3.8 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл.1	Сл.2	Сл.3	Сл.4
	У1	-	-	-	-
	У2	-	+	+	-
	У3	-	-	-	-
	У4	+	+	+	+

Результаты анализа представлены в итоговой Таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Итоговая таблица SWOT- анализа

	Сильные стороны научно – исследовательского проекта:	Слабые стороны научно – исследовательского проекта:
	<p>С1 Более низкая стоимость конечного продукта по сравнению с другими технологиями</p> <p>С2 Новизна методики</p> <p>С3 Зрелищность метода определения пищевых красителей</p> <p>С4 Удобство в эксплуатации</p>	<p>Сл1 Не налажен таргет</p> <p>Сл.2 Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых для проведения исследования</p> <p>Сл3 Анализ полуколичественный</p> <p>Сл.4 Предназначен для одноразового использования</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1 Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В2 Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3 Импортозамещение</p> <p>В4 Масштабирование проекта за пределы ТО</p>	<p>Благодаря низкой стоимости конечного продукта и новизне методики, растет конкурентоспособность проекта и покупательская заинтересованность в нем, что также способствует масштабированию проекта на другие регионы России. Рекомендуется тестирование и последующие возможные поставки в других регионах.</p>	<p>В общем случае помешать развитию проекта может несовершенная система поставок сырья по независимым от разработчиков причинам. Рекомендуется наладить тесное сотрудничество с поставщиками из близлежащих к производству регионов.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1 Падение общей покупательной способности у населения</p> <p>У2 Введение дополнительных государственных требований и сертификации продукции</p> <p>У3 Использование продукции не по назначению</p> <p>У4 Развитая конкуренция технологий производства</p>	<p>Основной угрозой проекта является падение покупательной способности ЦА, т.к. проект относится к развлекательным товарам. Также свой отпечаток может оставить потенциальное ужесточение требований сертификации. Защиту производителя от последствий нецелевого использования продукта конечным потребителем планируется осуществлять путем составления соответствующей документации. Развитая конкуренция и желание уже существующих производителей остаться на рынке в условиях кризиса может создать проблемы при выходе на большой рынок. Рекомендуется с частью конкурентов установить сотрудничество, а для случая потенциального падения покупательской способности заранее разработать наборы более низкой стоимости.</p>	<p>Слабая узнаваемость бренда ведет к проблемам с выходом на рынок в условиях жесткой конкуренции. Рекомендуется наладить таргет и сделать бренд узнаваемым.</p>

По результатам SWOT – анализа можно говорить о том, что преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее слабыми сторонами. Кроме того, были даны основные рекомендации по стратегии развития продукта. Результаты анализа учтены в дальнейшей работе.

3.2 Планирование научно- исследовательской работы

Для выполнения научного исследования формируется рабочая группа, в состав которой входят: инженер, научный руководитель, соруководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы.

Составим перечень этапов работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ.

Перечень этапов работ и распределение исполнителей приведен в Таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания.	научный руководитель, консультанты по ЭЧ и СО, инженер
Выбор направления исследования	2	Ознакомление с экспериментальными данными и выбор направления исследований	инженер, научный руководитель
	3	Подбор и изучение материалов по теме	научный руководитель, инженер
	4	Патентный обзор литературы	инженер
	5	Календарное планирование выполнения НИР	инженер, научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение экспериментов, изготовление и лабораторное испытание опытного образца.	инженер
	7	Проведение теоретических расчётов и обоснований эксперимента	инженер
	8	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	научный руководитель, инженер

1	2	3	4
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	научный руководитель, инженер
	10	Определение целесообразности проведения ВКР	научный руководитель, инженер
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	11	Оценка эффективности применения проектируемого изделия	инженер, консультант по ЭЧ, соруководитель
	12	Разработка социальной ответственности по теме	инженер, консультант по СО
Оформление комплекта документации по ВКР	13	Составление пояснительной записки	инженер
	14	Оформление патента	инженер, научный руководитель, соруководитель

3.2.1 Определение трудоёмкости выполнения работ

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому для подсчёта стоимости разработки необходимо для каждого участника научного исследования определить трудоёмкость работ.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоёмкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (3)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле:

$$T_{p_i} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (4)$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Результаты расчётов представлены в таблице 3.11

3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого этапа работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{к\ i} = T_{p\ i} \cdot k_{кал}, \quad (5)$$

где $T_{к\ i}$ – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

$T_{p\ i}$ – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Количество календарных дней для 2021/2022 учебного года составит 365.

Количество выходных и праздничных дней примем 52 и 14 соответственно. Тогда коэффициент календарности составит:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22 \quad (7)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году при 6-дневной рабочей неделе;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Таблица 3.11 – Временные показатели проведения научного

исследования:

P^1 – научный руководитель; P^2 – соруководитель; И – инженер; K^1 – консультант по экономической части; K^2 – консультант по социальной ответственности.

№	Название работ	Трудоемкость работ			Исполнитель	T_{P_i} , раб. дни	T_{K_i} , кал. дни
		t_{min} , чел- дни	t_{max} , чел- дни	$t_{ож}$, чел- дни			
1	Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	P^1	1,4	2
		1	2	1,4	И	1,4	2
		1	2	1,4	K^1	1,4	2
		1	2	1,4	K^2	1,4	2
2	Ознакомление с экспериментальными данными и выбор направления исследований	3	5	3,8	P^1	3,8	5
		5	7	5,8	И	5,8	7
3	Подбор и ознакомление с материалами по теме	3	5	3,8	P^1	3,8	5
		3	7	4,6	И	4,6	6
4	Патентный обзор литературы	7	10	8,2	И	8,2	10
5	Календарное планирование работ по теме	1	3	1,8	P^1	1,8	3
		1	3	1,8	И	1,8	3
6	Проведение экспериментов, изготовление и лабораторное испытание опытного образца.	14	21	16,8	И	16,8	21
7	Проведение теоретических расчётов и обоснований эксперимента	3	4	3,4	И	3,4	5

Продолжение таблицы 3.11

8	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	2	3	2,4	P ¹	2,4	5
		2	7	4	И	4	5
9	Оценка эффективности полученных результатов	2	4	2,8	P ¹	2,8	4
		4	7	5,2	И	5,2	7
10	Определение целесообразности проведения ВКР	3	5	3,8	P ¹	3,8	5
		3	5	3,8	И	3,8	5
11	Оценка эффективности применения проектируемого изделия	5	10	7	K ¹	7	9
		5	10	7	И	7	9
		5	10	7	P ²	7	9
12	Разработка социальной ответственности по теме	3	8	5	K ²	5	7
		3	8	5	И	5	7
13	Составление пояснительной записки	25	30	27	И	27	33
Итого						136	171

Календарный план-график проведения научного исследования по разработке экспресс-анализатора синтетических пищевых красителей в продуктах питания представлен в Таблице 3.12.

Таблица 3.12–Календарный план-график проведения научного исследования

P^1 – научный руководитель; P^2 – соруководитель; И – инженер; K^1 – консультант по экономической части; K^2 – консультант по социальной ответственности.

№	Вид работ	Исполнители	T_{ki} кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февраль		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	Составление и утверждение технического задания	P^1	2														
		И	2														
		K^1	2														
		K^2	2														
2	Ознакомление с экспериментальными данными и выбор направления исследований	P^1	5														
		И	7														
3	Подбор и ознакомление с материалами по теме	P^1	5														
		И	6														
4	Патентный обзор литературы	И	10														
5	Календарное планирование работ по теме	P^1	3														
		И	3														
6	Проведение экспериментов, изготовление, лабораторное испытание опытного образца.	И	21														
7	Проведение теоретических расчетов и обоснований эксперимента	И	5														

Продолжение Таблицы 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
8	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	P ¹	5													
		И	5													
9	Оценка эффективности полученных результатов	P ¹	4													
		И	7													
10	Определение целесообразности проведения ВКР	P ¹	5													
		И	5													
11	Оценка эффективности применения проектируемого изделия	K ¹	9													
		И	9													
		P ²	9													
12	Разработка социальной ответственности по теме	K ²	7													
		И	7													
13	Составление пояснительной записки	И	33													

Условные обозначения в таблице:

Научный руководитель	Соруководитель	Инженер	Консультант по ЭЧ	Консультант по СО

3.3 Бюджет научно – технического исследования

При формировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использована следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

3.3.1 Расчет материальных затрат научно- технического исследования

Материальные затраты — это затраты на приобретение сырья и материалов используемых при разработке проекта, в частности, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований).

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i} , \quad (8)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы

Материальные затраты на мерную посуду, материалы и реактивы для данного исследования приведены в Таблице 3.13

Таблица 3.13 – Материальные затраты научно-технического исследования

Наименование	Ед.изм.	Количество	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Мерные колбы лабораторные стеклянные объёмом: 50 см ³ ; 100 см ³ ; 1000 см ³ .	шт	6 1 1	200 230 450	1200 230 450
Стаканы лабораторные стеклянные объёмом: 50 см ³ ; 100 см ³ ; 250 см ³ .	шт	10 2 2	40 50 70	400 100 140
Лакмусовая бумага	уп.	1	250	250
Пробирки химические	шт	8	20	160
Дозатор Ленпипет 0,5-5 мл	шт	1	7500	7500
Дозатор Ленпипет 100-1000 мкл	шт	1	6550	6550
Пластиковые коробочки	шт	3	25	75
Резиновые перчатки	пар	10	1,5	15
Азотнокислая ртуть х.ч.	кг	0,00075	2500	1,9
Сернокислая медь х.ч.	кг	0,020	160	3,2
Хлористый алюминий х.ч.	кг	0,01	2670	2,67
Хлорид железа трёхвалентного х.ч.	кг	0,001	1000	1,0
Хлористый кобальт х.ч.	кг	0,001	1500	4,5
Гидроксид натрия х.ч.	кг	0,008	317	2,5
Ортофосфорная кислота, х.ч.	мл	2,65	1150	3,0
Ледяная уксусная кислота, х.ч.	мл	5,69	622	3,5
Борная кислота, х.ч.	кг	0,0025	424	1,1
Изопропанол	мл	10	520	52,0
Этанол	мл	20	324	6,48
Аммиак 25%-ный	мл	1,0	98	0,1
Тартразин (E102)	кг	0,001	1584	1,6
Кармуазин (E122)	кг	0,001	3150	3,15
Хинолиновый жёлтый (E104)	кг	0,001	5219	5,22
Понсо 4R (E124)	кг	0,001	2200	2,2
Синий патентованный V (E131)	кг	0,001	12408	12,4
Синий блестящий FCF (E133)	кг	0,001	2640	2,64
Пластина для ТСХ Силуфор	шт	1	150	150
Транспортные расходы (5%)				866,31
Итого:				18192,47

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

3.3.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для экспериментальных работ

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{C_{\text{перв}} \cdot H_{\alpha} \cdot a}{100 \cdot 12}, \quad (9)$$

где $C_{\text{перв}}$ – первоначальная стоимость, руб.;

H_{α} – норма амортизации, %; a – срок работы, мес.

Норма амортизации:

$$H_{\alpha} = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (10)$$

где T – срок эксплуатации, год.

Таблица 3.14 – Затраты на оборудование

Наименование оборудования	Кол-во единиц, шт.	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.	Срок эксплуатации, лет	Амортизация годовая, руб.	Время использования оборудования, месяц	Амортизация, руб
Спектрофотометр «Agilent Carry 600» (Германия)	1	570 000	570 000	10	57000	4	19000
pHметр UNITECH	1	40000	40000	5	8000	4	2667
Дистиллятор для приготовления воды очищенной (Россия, ЧЗБТ)	1	92500	92500	10	9250	4	3083
Весы аналитические ACCULAB ALC 210 (класс точности 0,0001г, Россия)	1	51600	51600	7	7371	4	2460
Принтер для печати картонной упаковки, инструкций, документов.	1	55990	55990	10	5599	4	2050
Персональный компьютер	1	49290	49290	5	9858	4	3286
Итого			859380		97078		32546

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья заработной платы исполнителей темы включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 ÷ 30 % от тарифа или оклада:

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (11)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12 ÷ 20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (12)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 3.12).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (13)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года

($M=10,1$ месяца, 6-дневная рабочая неделя, при отпуске в 56 раб.дня);

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дней.

В таблице 3.15 приведен баланс рабочего времени каждого работника ВКР.

Таблица 3.15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель р ¹	Руководитель р ²	Инженер	Консультант по ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	365				
Количество нерабочих дней:					
–выходные дни	52	52	52	52	52
–праздничные дни	14	14	14	14	14
Потери рабочего времени:					
–отпуск	56	56	28	56	56
–невыходы по болезни	0	0	0	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	243	271	243	243

Месячный оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np}) \cdot k_p, \quad (14)$$

где Z_{mc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{mc});

k_p – районный коэффициент (для Томска $k_p = 1,3$).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Должность	З _{тс} , руб	к _{пр}	к _р	З _м , руб	З _{дн} , руб	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Научный руководитель Р ¹	Доцент, кандидат наук	37700	0,3	1,3	63713	2648,15	19,8	52433,37
Инженер	—	19200	0,3	1,3	32448	1317,08	94	123805,52
Консультант по ЭЧ	Доцент, кандидат наук	37700	0,3	1,3	63713	2648,15	8,4	22244,46
Консультант по СО	Старший преподаватель	27132	0,3	1,3	45853	1905,82	6,4	12197,24
Соруководитель Р ²	Старший преподаватель	27132	0,3	1,3	45853	1905,82	6,4	12197,24
Итого:								222877,83

3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{дон} = Z_{осн} \cdot k_{дон}, \quad (15)$$

где $k_{дон}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 ÷ 0,15).

Общая заработная плата исполнителей работы с учётом дополнительной заработной платы в 15 % представлена в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Общая заработная плата исполнителей

Заработная плата	Научный руководитель	Соруководитель	Консультант по ЭЧ	Консультант по СО	Инженер
Основная	52433,37	12197,24	22244,46	12197,24	123805,52
Дополнительная	7865,01	1829,59	3336,67	1829,59	18570,83
Итого	60298,38	14026,83	25581,13	14026,83	142376,35

3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды отражают обязательные отчисления от затрат на оплату труда работников по установленным законодательством Российской Федерации нормам: органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС).

Величина этих отчислений определяется по следующей формуле:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{доп} + Z_{осн}), \quad (16)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Общий совокупный тариф отчислений составляет 30 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 3.18.

Таблица 3.18 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	52433,37	7865,01
Соруководитель	12197,24	1829,59
Инженер	123805,52	18570,83
Консультант по ЭЧ	22244,46	3336,67
Консультант СО	12197,24	1829,59
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого:		
Научный руководитель	18089,51	
Соруководитель	4208,05	
Инженер	42712,91	
Консультант по ЭЧ	7674,34	
Консультант СО	4208,05	

3.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (17)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Результаты расчёта накладных расходов представлены в таблице 3.19.

3.3.7 Формирование бюджета затрат научно - исследовательской работы

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в

качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на ВКР по теме «Разработка экспресс-анализатора синтетических пищевых красителей в продуктах питания» представлено в таблице 3.19.

Таблица 3.19 – Расчёт бюджета затрат НИИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1	Материальные затраты	18192,47	Таблица 3.13
2	Затраты на оборудование	32546	Таблица 3.14
3	Основная заработная плата исполнителей	222877,83	Таблица 3.16
4	Дополнительная заработная плата исполнителей	33431,69	Таблица 3.17
5	Отчисления во внебюджетные фонды	76892,86	Таблица 3,18
6	Накладные расходы	49127,68	16% от статей 1 ÷ 4
7	Бюджет затрат исследования	433068,53	Сумма статей 1 ÷ 6

3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (18)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Результаты расчета приведены в таблице 3.20

Таблица 3.20 – Расчет интегрального финансового показателя исполнения проекта сегмента «Среднее образование»

№ исп.	Стоимость исполнения	Максимальная стоимость исполнения	Интегральный финансовый показатель
1	433068,53	433068,53	1
2	400522,53		0,93
3	400522,53		0,93

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i b_i, \quad (19)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности в сегменте «Среднее образование» представлен в таблице 3.21.

Таблица 3.21 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта сегмента «Среднее образование»

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Разработанный вариант Исп. 1	ООО «Химлабо» Исп. 2	ООО «Глобус» Исп. 3
1. Актуальность продукта	0,1	5	5	5
2. Надёжность продукта	0,1	4	3	3
3. Удобство в эксплуатации	0,2	5	4	4
4. Зрелищность опытов	0,1	5	3	3
5. Безопасность	0,1	3	3	3
6. Многообразие	0,1	4	4	4
7. Срок годности	0,1	4	4	4
8. Новизна методики	0,2	5	2	2
Итого	1,0	4,5	3,4	3,4

$$I_{p-исп1} = 5*0,1 + 4*0,1 + 5*0,2 + 5*0,1 + 3*0,1 + 4*0,1 + 4*0,1 + 5*0,2 = 4,5;$$

$$I_{p-исп2} = 5*0,1 + 3*0,1 + 4*0,2 + 3*0,1 + 3*0,1 + 4*0,1 + 4*0,1 + 2*0,2 = 3,4;$$

$$I_{p-исп3} = 5*0,1 + 3*0,1 + 4*0,2 + 3*0,1 + 3*0,1 + 4*0,1 + 4*0,1 + 2*0,2 = 3,4$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.} \quad (20)$$

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (21)$$

Таблица 3.22 – Сравнительная эффективность разработки в сегменте «Среднее образование»

№	Показатели	Разработанный вариант Исп. 1	ООО «Химлабо» Исп. 2	ООО «Глобус» Исп. 3
1	2	3	4	5
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1,0	0,93	0,93
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,4	3,4
3	Интегральный показатель эффективности	4,5	3,7	3,7
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,22	1	1

Расчет интегрального финансового показателя исполнения проекта сегмента «Развивающие игровые наборы» представлен в таблице 3.23.

Таблица 3.23 – Расчет интегрального финансового показателя исполнения проекта сегмента «Развивающие игровые наборы»

№ исп.	Стоимость исполнения	Максимальная стоимость исполнения	Интегральный финансовый показатель
1	433068,53	433068,53	1
2	400522,53		0,93
3	400522,53		0,93

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности в сегменте «Развивающие игровые наборы» представлен в таблице 3.24.

Таблица 3.24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта в сегменте «Развивающие игровые наборы»

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Разработанный вариант Исп. 1	наборы «Attivio» Исп. 2	наборы ToysLab; Исп. 3
1	2	3	4	5
1. Актуальность продукта	0,2	5	5	5
2. Многообразие	0,1	0	3	0
1	2	3	4	5
3. Упаковка	0,2	5	4	4
4. Безопасность	0,0	3	4	4
5. Аналоги у других фирм	0,1	5	0	0
6. Производство на территории РФ	0,2	5	5	0
7. Срок годности	0,1	5	5	5
8. Зрелищность опытов	0,1	5	4	4
Итого	1,0	4,8	4,0	2,7

$$I_{p-исп1} = 5*0,2 + 0*0,1 + 5*0,2 + 3*0,0 + 5*0,1 + 5*0,2 + 5*0,1 + 5*0,1 = 4,8;$$

$$I_{p-исп2} = 5*0,2 + 3*0,1 + 4*0,2 + 4*0,0 + 0*0,1 + 5*0,2 + 5*0,1 + 4*0,1 = 4,0;$$

$$I_{p-исп3} = 5*0,2 + 0*0,1 + 4*0,2 + 4*0,0 + 0*0,1 + 0*0,2 + 5*0,1 + 4*0,1 = 2,7.$$

Таблица 3.25 – Сравнительная эффективность разработки в сегменте «Развивающие игровые наборы»

№	Показатели	Разработанный вариант Исп. 1	ООО «Химлабо» Исп. 2	ООО «Глобус» Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1,0	0,93	0,93
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	4,0	2,7
3	Интегральный показатель эффективности	4,8	4,3	2,9
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,66	1,48	1

3.5. Выводы по разделу

В разделе проведен комплексный анализ проводимой исследовательской работы. Определена конкурентоспособность разработки, установлен объем затрат по каждой из статей, а также общий объем затрат. На основании таблиц 3.22 и 3.25, приведенных в разделе, можно сделать вывод о том, что была создана конкурентоспособная разработка (Исп.1), отвечающая необходимым современным критериям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения для успешной реализации проекта.

4 Социальная ответственность

В настоящее время применение синтетических красителей в пищевой промышленности определяется дефицитом натуральных красителей, их дороговизной и нестойкостью к физико-химическому воздействию.

Окраска пищевой продукции делает ее более привлекательной для потребителя, однако, проводимые учёными многих стран исследования показывают, что синтетические красители в пищевых продуктах приводят к появлению заболеваний у людей.

Цель данной работы – разработка экспресс-анализатора синтетических пищевых красителей в продуктах питания. Объектом исследования являются пищевые красители: тартразин (E102), хинолиновый жёлтый (E104), кармуазин (E122), Понсо 4R (E124), Синий патентованный V (E131), Синий блестящий (E133).

Эксперименты проводятся в химической лаборатории (аудитория № 213 корпуса № 2) отделения химической инженерии Томского политехнического университета.

Для эксперимента используется следующее оборудование: спектрофотометр Agilent Technologies Cary 60-UV-Vis, персональный компьютер, аналитические весы.

Так как при проведении исследования применяются химические реагенты, а оборудование находится под электрическим напряжением, то не исключены аварийные ситуации, поэтому необходимо выполнять требования техники безопасности и пожарной безопасности.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности является одним из национальных приоритетов в целях сохранения человеческого капитала, что неразрывно связано с решением задач по улучшению условий и охраны труда, промышленной и экологической безопасности.

Правовую основу обеспечения безопасности и здоровья составляет Конституция РФ, которая гарантирует право граждан на труд, отдых, охрану здоровья.

Необходимый уровень безопасности и безвредности труда призвана обеспечить система охраны труда.

В круг правовых и организационных вопросов охраны труда входят:

- законодательство по охране труда;
- расследование, учёт и анализ производственного травматизма;
- разработка стандартов и инструкций по охране труда;
- организация обучения персонала безопасным методам работы;
- организация службы техники безопасности и общественного контроля по охране труда и т. д.

4.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

Основные правовые гарантии в части обеспечения производственной безопасности регламентирует Трудовой кодекс Российской Федерации [34].

Согласно данному документу, режим рабочего времени определяется с учётом особенностей проводимой работы.

К работе в химической лаборатории допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование.

Так как производственная деятельность сотрудников химической лаборатории связана с воздействием вредных веществ, работодатель обязан обеспечить каждого сотрудника средствами индивидуальной защиты, а также выполнить ряд организационно-технических и санитарно-гигиенических мероприятий.

В тех случаях, когда работодатель не может в полном объеме обеспечить соблюдение гигиенических нормативов на рабочих местах, он должен установить рациональные режимы труда и отдыха.

Работник имеет право получить достоверную информацию об условиях труда на рабочем месте, степени их вредности и о возможных неблагоприятных последствиях для здоровья.

Вновь поступающие на работу сотрудники допускаются к исполнению своих обязанностей только после прохождения вводного инструктажа о соблюдении мер безопасности и инструктажа на рабочем месте.

4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Проведение экспериментов в химической лаборатории (аудитория № 213 корпуса № 2) отделения химической инженерии Томского политехнического университета проводится в стоячем и сидячем положениях и поэтому рабочее место исследователя должно соответствовать требованиям [35,36].

К рабочему месту сотрудника химической лаборатории предъявляются требования организационного, технического, эргономического, санитарного, гигиенического и экономического характера, к ним относятся:

- наличие естественного и искусственного освещения, в соответствии с требованием СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и

требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [37];

- поддержание температуры воздуха в соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [37];
- вентиляции, которая обеспечивает необходимый воздухообмен для сотрудников, а также способствует поддержанию уровня влажности и температуры. Установка и выбор вентиляции осуществляется в соответствии с ГОСТ 32548-2013 «Вентиляция зданий. Воздухораспределительные устройства» [38];
- полы помещений химической лаборатории должны быть выполнены из водонепроницаемого и кислотоупорного материала, обеспечивать возможность влажной уборки и дезинфекции;
- поверхности лабораторных столов должны быть изготовлены из материалов, не сорбирующих вредные вещества. Столы должны быть оборудованы с трех сторон бортиками высотой 20 мм;
- ширина проходов к рабочим местам или между рядами оборудования должна быть не менее 1,5 м;
- электроприборы включают в сеть под соответствующим напряжением, что позволяет избежать поломки оборудования и возникновения пожароопасных ситуаций;

Вывод:

Рабочее место сотрудника химической лаборатории (аудитория № 213 корпуса № 2) отделения химической инженерии Томского политехнического университета соответствует требованиям СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

4.2 Производственная безопасность

На здоровье и работоспособность человека в процессе труда оказывает влияние совокупность факторов производственной среды и трудового процесса.

Так как в процессе исследования осуществляется работа с химическими реактивами, нагревательными приборами и оборудованием под напряжением, необходимо знать и неукоснительно соблюдать правила техники безопасности и пожарной безопасности.

4.2.1 Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов производственной среды

Вредными факторами на рабочем месте при выполнении исследовательской работы в химической лаборатории (аудитория № 213 корпуса № 2) отделения химической инженерии Томского политехнического университета могут быть:

- воздействие химических веществ;
- опасность поражения электрическим током;
- отклонение показателей микроклимата;
- отсутствие или недостаточность естественного или искусственного освещения;
- пожароопасность.

Перечень опасных и вредных производственных факторов на различных этапах работы исследователя и нормативные документы, регламентирующие нормы данных факторов на рабочем месте приведён в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Опасные и вредные производственные факторы

Факторы ГОСТ 12.0.003-2015	Этапы работы			Нормативные документы
	Разработка	Исследование	Эксплуатация	
1	2	3	4	5
1. Воздействие химических веществ	+	+	+	ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения) [39]
2. Электроопасность	+	+	-	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [40] ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов» [41]
3. Отклонение показателей микроклимата	+	+	-	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; производственных помещений» [37]
4. Недостаточность освещенности рабочей зоны	+	+	-	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; [37]
5. Пожароопасность	+	+	-	ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования» [42]; Федеральный закон №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [43]

4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя

Для снижения воздействия вредных и опасных факторов, при работе в химической лаборатории (аудитория № 213 корпуса № 2) отделения химической инженерии Томского политехнического университета, необходимо проводить определённые мероприятия.

4.2.2.1 Воздействие химических веществ

В процессе исследовательской работы используются опасные и вредные химические вещества. В таблице 4.2 представлены характеристики химических веществ, применяемых в экспериментах и их влияние на человека и окружающую среду.

Таблица 4.2 – Характеристика вредных химических веществ, используемых в исследовательской работе

Наименование вещества	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Класс опасности	Воздействие на человека и окружающую среду
1	2	3	4
Азотнокислая ртуть (II) тах разовая среднесменная	0,2 0,05	1	очень токсичное вещество. В высоких концентрациях вредно влияет на центральную нервную систему. Негорюч, но способствует возгоранию других веществ. В огне выделяет раздражающие или токсичные пары
Сернокислая медь (II) 5-водная	0,5	2	при попадании внутрь организма вызывает отравление, при попадании на кожу и слизистые оболочки – раздражение..
Хлористый алюминий 6-водный	0,04	8 подкласс 8.1	вызывает раздражение слизистых оболочек органов дыхания, желудочно-кишечного тракта, кровоточивость десен. Раздражает кожу и глаза.

Продолжение Таблицы 4.2

1	2	3	4
Хлорид железа (III) 6-водный	0,04	8 подкласс 8.1	действует прижигающе на пищеварительный канал и вызывает рвоту.
Хлористый кобальт 6-водный	0,05	1	может вызывать токсические явления: потерю аппетита, рвоту, покраснение лица и конечностей, а также острый дерматит
Гидроксид натрия	0,5	2	в виде раствора и пыли действует прижигающе на кожные покровы и слизистые оболочки. Может вызывать ожоги и хронические заболевания кожных покровов.
Ортофосфорная кислота	1,0	2	пары ортофосфорной кислоты вызывают атрофические процессы слизистых оболочек и крошение зубов, а также воспалительные заболевания кожи
Уксусная кислота	5,0	3	пары уксусной кислоты действуют раздражающе на слизистую оболочку верхних дыхательных путей.
Борная кислота	10	3	в виде пыли вызывает раздражение кожных покровов и слизистых оболочек.
Тартразин (E102)	5	3	аллерген. При его неконтролируемом попадании в организм человека возникает сильная крапивница
Хинолиновый жёлтый (E104)	–	3	вызывает аллергические реакции на теле, дерматит и крапивницу.
Кармуазин (E122)	2	3	сильнейший аллерген, способный вызвать тяжелые последствия, вплоть до удушья.
Понсо 4R (E124)	3	3	вызывает астму; сенную лихорадку; крапивницу; гиперактивность;
Синий патентованный V (E131)	2	3	вызывает расстройства пищеварения, аллергические реакции, астму, бессонницу и гиперактивность. Анафилактический шок.

Продолжение Таблицы 4.2

1	2	3	4
Синий блестящий FCF (E133)	2	3	вызывает астму, крапивницу; сенную лихорадку, аллергические реакции; канцероген

При работе с указанными в таблице 4.2 химическими веществами следует применять индивидуальные средства защиты [39]:

- респираторы;
- защитные очки;
- резиновые перчатки. На перчатках не должно быть порезов, проколов и других повреждений;

4.2.2.2 Отклонение показателей микроклимата

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей (учитывается температура поверхностей ограждающих конструкций, устройств, технологического оборудования);
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения

Требуемые параметры микроклимата в химической лаборатории обеспечиваются общей и местной системами вентиляции, а также лаборатория снабжена системой отопления в холодный период года, а для охлаждения в теплый период года – кондиционером.

Работа в химической лаборатории относится к категории средней тяжести – I б.

К категории I б относятся работы интенсивностью энерготрат 121-150 ккал/ч (140-174 Вт) производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений представлены в таблице 4.3

Теплый период года - период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха выше +10° С. Холодный период года - период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха, равной +10 °С и ниже.

Таблица 4.3 – Допустимые и фактические величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22 ÷ 24	21 ÷ 25	40 ÷ 60	0,1
Тёплый	23 ÷ 25	22 ÷ 26	40 ÷ 60	0,1
Фактические значения характеристик микроклимата				
Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	20 ÷ 23	19 ÷ 24	15 ÷ 55	0,1
Тёплый	21 ÷ 25	20 ÷ 25	15 ÷ 55	0,1

Длительное воздействие на человека неблагоприятных показателей микроклимата ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям.

Вывод: Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; производственных помещений» [37] микроклимат химической лаборатории (аудитория № 213 корпуса № 2) отделения химической инженерии Томского политехнического университета соответствует допустимым нормам.

4.2.2.3 Недостаточность освещённости рабочей зоны

Свет влияет на физиологическое состояние человека. Правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность.

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление, способствует развитию близорукости.

Для улучшения условий труда, в химической лаборатории, где проводилось исследование, используется комбинированная система освещения, то есть общее искусственное и местное освещение.

Нормированная минимальная освещенность по стандарту DIN 5035 составляет 15 лк и допустима для ориентации в пространстве. Установленная минимальная освещенность для длительного пребывания людей составляет 120 лк. Средняя освещенность на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должна быть не менее 200 лк [37, таблица 5.23, таблица 5.25].

Вывод: Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; производственных помещений» [37] освещенность химической лаборатории (аудитория № 213 корпуса № 2) отделения химической инженерии Томского политехнического университета соответствует допустимым нормам.

4.2.2.4 Электроопасность

Поражение электрическим током может произойти при прикосновении к токоведущим частям, находящимся под напряжением, на которых остался заряд или появилось напряжение [40].

Наиболее распространенными причинами электротравм в химической лаборатории являются:

- дефекты электрооборудования, приборов и защитных средств (брак при их изготовлении, монтаже и ремонте);

- неисправности электроприборов и защитных средств, возникшие в процессе эксплуатации;
- несоответствие типа установленного оборудования и защитных средств условиям применения;
- использование защитных средств с истекшим сроком периодических испытаний.

Основными факторами, определяющими опасность поражения электрическим током, являются:

- сила тока;
- продолжительность воздействия электрического тока;
- частота электрического тока;
- пути прохождения электрического тока через организм;
- состояние организма.

К средствам коллективной защиты от поражения электрическим током в химической лаборатории относятся [41]:

- оградительные устройства;
- устройства автоматического контроля и сигнализации;
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления и зануления;
- устройства автоматического отключения;
- предохранительные устройства;
- знаки безопасности.

Основные средства индивидуальной защиты человека от поражения электрическим током напряжением до 1000В являются:

- диэлектрические перчатки;
- изолирующие штанги;
- слесарно-монтажный инструмент с изолирующими ручками.

Дополнительные средства индивидуальной защиты человека от поражения электрическим током напряжением до 1000В, которые используются совместно с основными средствами:

- диэлектрические галоши;
- диэлектрические коврики;
- изолирующие подставки.

Вывод: электроустановки в химической лаборатории (аудитория № 213 корпуса № 2) отделения химической инженерии Томского политехнического университета выполнены в соответствии с требованиями ПУЭ. Наличие средств защиты предусмотрено в рабочей зоне. Также в целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности.

4.2.2.5 Пожаробезопасность

Химическая лаборатория относится к пожароопасным помещениям группы В1, так как в ней имеются горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы [42].

Технические мероприятия, осуществляемые для устранения возможности пожара:

- лаборатория оснащена пожарными кранами (не менее одного на этаж) с пожарными рукавами;
- в помещении химической лаборатории имеются в наличии асбестовое полотно, песок, а в помещениях с огнеопасными и легковоспламеняющимися веществами – дополнительные средства пожаротушения:
- порошковые огнетушители ОП-5;
- углекислотные огнетушители ОУ-5.

Пути и проходы для эвакуации людей поддерживаются свободными. Запрещается устанавливать предметы, загромождающие проходы и доступ к средствам пожаротушения.

В помещении лаборатории на видном месте вывешен план эвакуации сотрудников в случае возникновения пожара. Распоряжением по лаборатории назначен ответственный за пожарную безопасность помещения.

Объем находящихся в лаборатории ЛВЖ и ГЖ не превышает разрешенный объем. Все работы, связанные с ЛВЖ и ГЖ проводятся в вытяжном шкафу, включённом за 30 минут до начала работы.

Оборудовано специальное место для курения.

Организационные мероприятия, осуществляемые для устранения возможности пожара:

- все сотрудники и студенты, работающие в лаборатории, обучены правилам обращения с огнеопасными и взрывоопасными веществами, газовыми приборами, а также умеют обращаться с огнетушителями и другими средствами пожаротушения, имеющимися в лаборатории;
- по графику выполняется проведение плановых периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- в работе используется только исправное электрооборудование;
- установка лабораторных и нагревательных приборов, пуск их в эксплуатацию, ремонт или изменение схемы подключения электроприборов выполняется с разрешения начальника лаборатории и лица, ответственного за противопожарные мероприятия;
- по окончании работ производится отключение электрооборудования, освещения и электропитания помещения.

Вывод: помещение химической лаборатории (аудитория № 213 корпуса №2) ОХИ ТПУ соответствует требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования» [42].

4.3 Экологическая безопасность

4.3.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

В настоящее время воздействие хозяйственной жизни на окружающую среду определяется значительными объемами выбросов в нижние слои атмосферы, водопотреблением для промышленных целей и выбросом сточных вод. Уровень и состав загрязнений дифференцируется по всей территории России и определяется отраслевой спецификой производства.

Обеспечение экологической безопасности производства является основным фактором производственного процесса и включает целый комплекс мероприятий по обезвреживанию газовоздушных выбросов, сточных вод и твёрдых отходов. При этом осадки и шламы, образующиеся в результате процессов очистки сточных вод и газовоздушных выбросов, являются дополнительными источниками образования твёрдых или полужидких промышленных отходов.

Количественный и качественный состав отходов определяется исходным составом газовоздушных выбросов и сбросов сточных вод и зависит от источника загрязнения и от используемой технологии очистки.

4.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Химическая лаборатория относится к третьему классу экологической опасности. Предприятия этой группы оказывают незначительное воздействие на природную среду, объемы выбросов загрязняющих экологию небольшие, а уровень их опасности минимален.

Существует два основных подхода к проблеме защиты окружающей среды: путем максимально эффективной очистки и путем создания замкнутой безотходной технологической системы.

Для лаборатории наиболее оптимален выбор первого варианта.

4.3.2.1 Воздействие на атмосферу

Так как в условиях лаборатории выбросы в атмосферу характеризуются незначительным содержанием вредных газов и паров, то для очистки достаточно использование адсорбционного фильтра. Для этого в лаборатории на выходе вентиляционных труб установлены перегородки, поверх которых уложен слой адсорбента. В качестве адсорбента наиболее часто используют активированный уголь. Воздушный поток, пройдя через слой адсорбента, очищается от вредных газов и паров.

4.3.2.2 Воздействие на гидросферу

Все сбросы в канализацию подвергаются обезвреживанию и очистке. Для этих целей все отработанные кислотные и щелочные сливы собираются в отдельную для каждого вида тару, затем подвергаются нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию с их предварительным 10-кратным разбавлением водопроводной водой. Отработанные органические растворы собираются в специальную герметически закрытую тару, которую по мере заполнения отправляют на обезвреживание и утилизацию.

4.3.2.3 Воздействие на литосферу

Твердые отходы собираются в специальные сборники и увозятся для уничтожения. Наиболее опасными отходами для литосферы в условиях лаборатории являются отработанные люминесцентные лампы, относящиеся к 1 классу опасности.

В ходе деятельности организация также создает бытовой мусор (канцелярские, пищевые отходы, искусственные источники освещения), который должен быть утилизирован в соответствии с определенным классом опасности или переработан, чтобы не оказывать негативное влияние на состояние литосферы.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В ходе эксплуатации оборудования химической лаборатории может возникнуть ряд внештатных ситуаций. Такие как техногенные аварии:

- внезапное обрушение здания;
- аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения (прорыв отопительной системы, внезапное отключение электроэнергии);
- возгорание оборудования и пожар;
- утечка химикатов в лаборатории;
- резкое ухудшение состояния сотрудников, угроза пандемии.

Возможны также природные катастрофы и геологические воздействия: наводнения, ураган, землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории.

При работе в химической лаборатории наиболее вероятны следующие виды несчастных случаев: отравления, ранения, термические и химические ожоги.

Причиной термических ожогов могут быть прикосновение незащищенными руками к раскаленным или сильно нагретым предметам, к нагревательному лабораторному оборудованию, воспламенение легковоспламеняющихся или горючих жидкостей.

Химические ожоги возникают от действия на кожу различных химических веществ, главным образом кислот и щелочей.

В этих случаях необходимо оказать пострадавшему первую медицинскую помощь, вызвать врача, поставить в известность руководителя о несчастном случае.

В результате неисправности нагревательных приборов, неисправности газопроводов и электрических проводов в лабораториях может возникнуть пожар. Очень часто пожары в химических лабораториях возникают в результате работы с огнеопасными веществами.

В этом случае необходимо включить пожарную сигнализацию. эвакуировать персонал и студентов из лаборатории в соответствии с планом эвакуации (рисунок 4.3), сообщить о пожаре руководителю.



Рисунок 4.3 – План эвакуации

В зависимости от объекта возгорания необходимо применять различные виды средств пожаротушения согласно ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования» [42], [43].

После получения сигнала о чрезвычайной ситуации все работники лаборатории должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты и эвакуированы в безопасное место в соответствии с планом эвакуации.

В случае разлива ядовитых веществ, сотрудникам и студентам необходимо надеть противогазы и обесточить лабораторию. После дезактивации ядовитых веществ помещение лаборатории должно быть проветрено.

Привлечение аварийно спасательных служб и аварийно-спасательных формирований к ликвидации чрезвычайных ситуаций осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 22.8.01-96 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Ликвидация чрезвычайных ситуаций. Общие требования» [44].

4.5 Вывод по разделу

В соответствии с заданием к разделу «Социальная ответственность»:

- определены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности труда в химической лаборатории (аудитория № 213 корпуса № 2) отделения химической инженерии Томского политехнического университета, определены ответственные лица за организацию и выполнение мер безопасности труда;
- выполнен анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов производственной среды на рабочем месте исследователя;
- проведёно обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя;
- проведён анализ экологической безопасности выполнения исследования пищевых красителей при разработке экспресс-анализатора пищевых красителей в продуктах питания.

Заключение

В ходе выполнения исследовательской работы были получены следующие результаты:

1. рассмотрены наиболее актуальные и современные сертифицированные на территории России методы качественного и количественного анализа потенциально канцерогенных синтетических красителей в пищевых продуктах и медикаментах;
2. приведены наиболее часто встречающиеся в мировой научной литературе классификации красителей;
3. показаны основные свойства синтетических пищевых красителей, используемых в данной выпускной квалификационной работе;
4. изучены трансформировавшиеся во времени теории цветности веществ;
5. показано действие синтетических пищевых красителей на организм человека;
6. предложен ряд химических реакций комплексообразования неорганических солей металлов с синтетическими пищевыми красителями, которые легли в основу разработанной методики определения;
7. указаны характеристики экспресс-анализатора синтетических красителей в пищевых продуктах;
8. доказана полная корректность работы всех его основных функций методами спектрофотометрии и тонкослойной хроматографии;
9. подробно, с приведением практического примера, расписана методика определения красителей с помощью нового экспресс-анализатора;
10. экспериментальным путем выявлены состав и свойства образующегося комплекса;
11. обозначены основные достоинства разработанного анализатора.

Список публикаций

1. Песенкова Я.А. Создание экспресс-анализатора синтетических пищевых красителей в продуктах питания и медикаментах для лабораторного и домашнего анализа / Я.А. Песенкова // Химия и химическая технология в XXI веке. XXII Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых. – 2021. – т.2. – С. 321-322. – URL <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46573196&pff=1> (дата обращения: 20.04.2022). – Текст: электронный

Ожидают публикации:

1. Песенкова Я.А. Определение состава и свойств комплекса металла и синтетического пищевого красителя в рамках создания химической маркерной тест – системы содержания синтетических пищевых красителей в продуктах питания / Я.А. Песенкова // Химия и химическая технология в XXI веке. Материалы XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых. – Томск – 2022.

2. Песенкова Я.А. Разработка тест-системы для полуколичественного определения синтетических пищевых красителей в продуктах питания и медикаментах // Международная школа-конференция студентов, аспирантов, молодых учёных «Инноватика». – Томск. – 2022.

3. Песенкова А.Я. Определение состава и свойств комплексного соединения синтетического пищевого красителя кармуазина с ионами меди (II) // Всероссийская Школа-конференция молодых ученых «Дни науки в ИГХТУ», – Иваново, – 2022

4. Песенкова Я.А. Разработка тест-системы для полуколичественного определения синтетических пищевых красителей в продуктах питания и медикаментах // V Всероссийская национальная научная конференция молодых учёных «Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований». – КНАГУ. – 2022

Список использованных источников

1. Лакиза Н.В. Анализ пищевых продуктов: учебное пособие /Н. В. Лакиза, Л. К. Неудачина.– Екатеринбург: Уральский университет, 2015,– 188 с.– ISBN 978-5-7996-1568-0
2. ГОСТ Р 52481-2010. Красители пищевые. Термины и определения: дата введения 2011-07-01. – URL <https://docs.cntd.ru/document/1200083095>. (дата обращения: 19.04.2022).– Текст: электронный
3. Caroch, M. Adding Molecules to Food, Pros and Cons: A Review on Synthetic and Natural Food Additives / M. Caroch, M. F. Barreiro, P. Morales, I. Ferreira// Compr. Rev. Food Sci. F. – 2014. – Vol.13. - pp. 377-399.– <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12065>
4. Болотов В.М. Пищевые красители: классификация, свойства, анализ, применение /В.М.Болотов, А.П.Нечаев, Л.А.Сарафанова. – СПб: ГИОРД, 2007,–240 с.– ISBN 978-5-98879-057-0
5. Титова Н.Д. Пищевые добавки как алиментарные аллергены /Н.Д.Титова // Иммунопатология, аллергология, инфектология.– 2008.– № 2.– С. 41÷46.– URL [file:///D:/!Users/Downloads/immpat_57%20\(3\).pdf](file:///D:/!Users/Downloads/immpat_57%20(3).pdf) (дата обращения: 15.03.2022).– Текст: электронный
6. Смирнов Е. В. Пищевые красители: справочник /Е.В.Смирнов; — СПб: Профессия, 2009–352 с.– ISBN978-5-93913-164-3
7. Sharma, V. A Global Perspective on the History, Use, and Identification of Synthetic Food Dyes / V. Sharma, H. T. McKone, P. G. Markow // J. Chem. Educ. – 2011. - Vol. 88. - No. 1. - pp. 24-28.– DOI: 10.1021/ed100545v
8. Venkataraman, K. The chemistry of synthetic dyes. / K. Venkataraman. - Academic Press: New York, 2012. – Vol. 4. - 548 p.
9. DIN 55944 . In: German Institute for Standardization e. V. (Ed.): Dyes 1 . 7th edition. DIN-Taschenbuch 49, Berlin, Vienna, Zurich.– 2012.– p. 522 - https://deru.abcdef.wiki/wiki/Colour_Index.– ISBN 978-3-410-23202-5

10. Бородкин В.Ф. Химия красителей: учебник /В.Ф. Бородкин;– Москва: Химия, 1981– 248 с.– URL <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/borodkin1981.pdf>

11. Михеев В.В. Химия красителей и крашения: учебное пособие / В.В.Михеев, М.М.Миронов, В.Х.Абдулина.– Казань: КГТУ,2009.–81 с.–ISBN 5-7882-0053-9

12. Codex Alimentarius: General standard for food additives. - Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2011. - 332p.– DOI:[10.1007/978-3-319-57042-6_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-57042-6_2)

13. Amchova, P. Health safety issues of synthetic food colorants / P. Amchova, H. Kotolova, J. Ruda-Kucerova // Regul. Toxicol. Pharmacol. – 2015. – Vol. 73. – pp. 914-922. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.09.026>

14. Bafana, A. Azo dyes: past, present and the future / A. Bafana, S. S. Devi, T. Chakrabarti // Environ. Rev. - 2011. – Vol. 19. – pp. 350–370.– <https://doi.org/10.1139/a11-018>

15. ГОСТ Р 555–79–2013. Добавки пищевые Азокрасители: дата введения 2015-01-01. – URL <https://docs.cntd.ru/document/1200105564> (дата обращения: 20.04.2022).– Текст: электронный

16. ГОСТ 32745-2014. Добавки пищевые. Красители триарилметановые: дата введения 2016-01-01. –URL <https://docs.cntd.ru/document/1200111760>(дата обращения: 20.03.2022).– Текст: электронный

17. ГОСТ 12.1.007– 76. Вредные вещества: дата введения 1977-01-01.– URL <https://docs.cntd.ru/document/5200233> (дата обращения: 19.05.2022). Текст: электронный

18. Oplawska-Stachowiak, M. Food colors: Existing and emerging food safety concerns / M. Oplawska-Stachowiak, C. T. Elliott // Crit. Rev. Food. Sci. Nutr. – 2017. – Vol. 57. – No 3. – pp. 524-548.– <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2014.889652>

19. Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения. СанПиН 2.3/2.4.3590-20: дата введения 2020-10-27. –URL <https://docs.cntd.ru/document/566276706> (дата обращения: 19.05.22). Текст: электронный

20. Продовольственное сырьё и пищевые продукты. Гигиенические требования по применению пищевых добавок. СанПиН 2.3.2.1293 – 03: дата введения 2003-04-18. –URL https://mibio.ru/docs/110/sanpin_2.3.2.1293-03_po_primeneniyu_pishchevih_dobavok.pdf (дата обращения: 04.04.2022). Текст: электронный

21. Chung, K. T. Azo dyes and human health: A review / K. T. Chung // J. Environ. Sci. Health, Part C. – 2016. – Vol. 34. – No 4. – pp. 233-261.– <http://dx.doi.org/10.1080/10590501.2016.1236602>

22. ГОСТ 32050-2013. Продукты пищевые. Методы идентификации и определения массовой доли синтетических красителей в карамели: дата введения 2014-01-01. – URL <https://docs.cntd.ru/document/1200103778> (дата обращения: 19.05.2022).–Текст: электронный

23. ГОСТ 34229-2017. Продукция соковая. Определение синтетических красителей методом высокоэффективной жидкостной хроматографией: дата введения 2019-01-01.–URL <https://docs.cntd.ru/document/556494210> (дата обращения: 19.05.2022).–Текст: электронный

24. Sahraei, R. A nanosilver-based spectrophotometry method for sensitive determination of tartrazine in food samples / R. Sahraei, A. Farmany, S. S. Mortazavi // Food Chem. 2013. – Vol. 138. – pp. 1239–1242.– <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.029>.

25. ГОСТ 31701-2012. Продукты пищевые. Метод определения наличия синтетических красителей в пряностях: дата введения 2013-07-01. – URL <https://docs.cntd.ru/document/1200100058> (дата обращения: 20.05.2022).– Текст: электронный

26. Zou, T. Determination of seven synthetic dyes in animal feeds and meat by high performance liquid chromatography with diode array and tandem mass detectors / T. Zou, P. He, A. Yasen, Z. Li // Food Chem. – 2013. – Vol. 138. – pp. 1742– 1748. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.084>.

27. Rývolová, M. Sensitive determination of erythrosine and other red food colorants using capillary electrophoresis with laser-induced fluorescence detection / M. Rývolová, P. Táborský, P. Vrábel, P. Krásenský, J. Preisler // J. Chromatogr. A. – 2007. – Vol. 1141. – No 2. – pp. 206-211. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2006.12.018>

28. П.С.Фёдоров. Твёрдофазная экстракция органических веществ. Нетрадиционные методы и подходы /Фёдоров П.С., Малофеева Г.И., Савонина Е.Ю., Спиваков Б.Я // Журнал аналитической химии.– 2019.– т.74 №3.– С. 163–172.

29.А.Л.Гулевич. Экстракционные методы разделения и концентрирования веществ: учебное пособие / А. Л. Гулевич, С. М. Лещев, Е. М. Рахманько. – Минск: БГУ, 2009. – 153 с.– ISBN 978-985-518-090-7

30. Шматкова И.В. Образование координационных соединений в растворе, их состав, устойчивость, реакционная способность: учебное пособие / И.В.Шматкова, И.И.Сейфуллина – Одесса: ОНУ им. И.И.Мечникова, 2014– 129 с. – ISBN 2304-0947

31.Булатов М.И. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа / М.И.Булатов, И.П. Калинин.– Москва: Химия,1985 – 432с. –ISBN 978-5-458-31327-8

32. N. Shahabadi, A. Akbari, M. Jamshidbeigi, S. M. Fili, Interaction studies of copper complex containing food additive carmoisine dye with human serum albumin (HSA): Spectroscopic investigations, 2017

33. ГОСТ 34229-2017. Продукция соковая. Определение синтетических красителей методом высокоэффективной жидкостной хроматографией: дата введения 2019-01-01.–URL

<https://docs.cntd.ru/document/556494210> (дата обращения: 19.05.2022).–Текст: электронный

34. Российская Федерация. Законы. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 28.03.2021) // Российская газета— Федеральный выпуск № 0(2868)

35. ГОСТ 12.2.033-78. (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. –URL <https://docs.cntd.ru/document/1200005187> (дата обращения: 20.05.2022). – Текст: электронный

36. ГОСТ 12.2.032- 78. (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. –URL <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения: 12..05.2022).– Текст: электронный

37. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания; производственных помещений. СанПиН 1.2.3685-21: дата введения 2021-01-28. –URL <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 05.03.2022). Текст: электронный

38. ГОСТ 32548-201. Вентиляция зданий. Воздухораспределительные устройства. Общие технические условия: дата введения 2015-01-01. -URL <https://docs.cntd.ru/document/1200110084> (дата обращения: 20.05.2022).–Текст электронный

39. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения): дата введения: 2003-09-04.–URL <https://docs.cntd.ru/document/1200044235> (дата обращения:20.04.2022).–Текст: электронный

40. ГОСТ 12.1.019-2017. (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты: дата введения 2019-01-01.–URL <https://docs.cntd.ru/document/1200161238> (дата обращения: 15.04.2022).–Текст: электронный

41. ГОСТ 12.1.038-82. (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов: дата введения 1983-07-01.–URL <https://docs.cntd.ru/document/5200313> (дата обращения: 15.04.2022).–Текст: электронный

42. ГОСТ 12.1.004-91. (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования: дата введения 1992-07-01. –URL <https://docs.cntd.ru/document/9051953> (дата обращения: 15.04.2022).–Текст: электронный

43.Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон №123-ФЗ: [принят Государственной Думой 4 июля 2008 года]. –URL <https://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 20.04.2022).– Текст: электронный

44. ГОСТ Р 22.8.01-96. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Ликвидация чрезвычайных ситуаций. Общие требования: дата введения 1998-01-01.–URL <https://docs.cntd.ru/document/1200001528> (дата обращения 21.04.2022).–Текст: электронный

45. Администрация города Томска. Официальный сайт :Муниципальные общеобразовательные учреждения. –URL <https://admin.tomsk.ru/pgs/2dh> (дата обращения: 04.04.2022).– Текст: электронный

46. Справочник. Общеобразовательные школы в Томске.– URL <https://tomsk.spravka.ru/nauka-i-obrazovanie/obshheobrazovatelnye-shkoly> (дата обращения: 15.04.2022).– Текст: электронный

47. Фатхутдинов Р. А. Конкурентоспособность организации в условиях кризиса. Экономика, маркетинг, менеджмент /Р.А. Фатхутдинов;— Москва.: Маркетинг, 2002–885 с–ISBN 5-94462-137-0.