

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
“Национальный исследовательский университет ИТМО”

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ОЦЕНКА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ
ХЛЕБА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОБАВОК

Автор Туманян Ирина Акоповна _____
(Фамилия, Имя, Отчество) (Подпись)

Направление подготовки (специальность) 19.03.02 Продукты
(код, наименование)
питания из растительного сырья

Квалификация бакалавр _____
(бакалавр, магистр, инженер)*

Руководитель ВКР Соболева Е.В., преподаватель, к.т.н., доцент _____
(Фамилия, И., О., ученое звание, степень) (Подпись)

Санкт-Петербург, 2020 г.

Обучающийся Туманян Ирина Акоповна
(ФИО полностью)

Группа Т3415 Факультет/институт/кластер Факультет Пищевых биотехнологий и инженерии

Направленность (профиль), специализация 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья

Консультант (ы):

а) _____
(Фамилия, И., О., ученое звание, степень) (Подпись)

б) _____
(Фамилия, И., О., ученое звание, степень) (Подпись)

ВКР принята “ ____ ” _____ 20 ____ г.

Оригинальность ВКР _____ %

ВКР выполнена с оценкой _____

Дата защиты “ ____ ” _____ 20 ____ г.

Секретарь ГЭК Шомрина Ирина Анатольевна
(ФИО) _____ (подпись)

Листов хранения _____

Демонстрационных материалов/Чертежей хранения _____

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	7
1.1 Поиск функциональных продуктов питания для предупреждения заболеваний щитовидной железы.....	7
1.2 Способы фортификации хлебобулочных изделий селеном и йодом.....	8
1.3 Цели и задачи.....	9
ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	11
2.1 Материалы исследований.....	12
2.2 Объекты исследований.....	12
2.3 Методы исследований.....	13
2.3.1 Методы определения качества сырьевых компонентов.....	13
2.3.2 Методы исследования тестовых полуфабрикатов.....	14
2.3.3 Методы исследования готовых изделий.....	15
2.3.4 Методы определения количества селена и йода в готовой продукции.....	16
ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	17
3.1 Выбор функциональных добавок.....	17
3.2 Выбор технологии производства.....	18
3.3 Расчёт количества вносимых добавок.....	24
3.5 Характеристика теста и готовых изделий по качественным показателям.....	27
3.5.1 Органолептические показатели.....	29
3.5.2 Физико-химические показатели.....	33
3.6 Определение количества селена и йода в готовой продукции.....	34
ВЫВОДЫ.....	36
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	37

ВВЕДЕНИЕ

Йод является необходимым нутриентом для человека, поскольку он участвует в синтезе гормона щитовидной железы [1]. Его дефицит в организме человека связан со множественными заболеваниями (эндемический кретинизм, эндемические нейрокогнитивные нарушения, неонатальный зоб, неонатальный гипотиреоз, эндемические нейрокогнитивные нарушения, зоб, в том числе с осложнениями, гипотиреоз, замедленное физическое развитие, нарушение психической функции, спонтанный гипертиреоз в пожилом возрасте), предупреждение которых можно достичь путём адекватного потребления йода [1; 2].

Во всем мире йодная недостаточность по-прежнему остается серьёзной проблемой здравоохранения, затрагивающая в том числе и развитые страны мира. По данным Глобальной сети по борьбе с дефицитом йода, в 2017 году во многих европейских странах потребление йода не достигает рекомендованной Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) дозы 150 мкг для мужчин и небеременных не кормящих женщин [3].

Санкт-Петербург – это город, имеющий выход к Балтийскому морю. На полках супермаркетов можно встретить достаточное разнообразие морских продуктов, потребление которых, казалось бы, даёт нам уверенность в полном потреблении дневной нормы йода. Однако результаты эпидемиологических исследований по оценке обеспеченности Санкт-Петербурга йодом оказались противоречивыми [4]. В исследовании, проведённом в течение 2013-2015 гг, значение медианы йодурии у обследованного взрослого населения соответствовало йододефициту лёгкой степени тяжести (91,2 мкг/л), причём данный показатель у женщин (88,6 мкг/л) оказался несколько ниже, чем у мужчин (99,1 мкг/л). Недостаточное потребление йода выявлено у обследованных беременных женщин (112,4 мкг/л) [5]. Эти данные напрямую говорят о том, что рассматриваемый город является йододефицитным.

Согласно литературным источникам, даже при достаточном потреблении йода развитие и функция щитовидной железы могут быть нарушены сопутствующим дефицитом ряда других важных микроэлементов (селена, железа, цинка, меди и кальция), необходимых для синтеза, секреции, метаболизма и действия тиреоидных гормонов [6].

Известно, что среди всех тканей в организме человека именно щитовидная железа имеет наибольшую концентрацию селена, и, несомненно, значение микронутриента огромна для рассматриваемого органа [6; 7]. Селен необходим для биосинтеза селенопротеинов, которые участвуют в антиоксидантной защите и окислительно-восстановительном контроле транскрипции [8]. Селен-зависимые йодтирониндейодиназы продуцируют активный тиреоидный гормон, трийодтиронин, из его неактивного предшественника, тироксина [7]. Селен в форме глутатионпероксидазы (GPx3) защищает клетки щитовидной железы от пероксида водорода, который вырабатывается для использования тиреоидной пероксидазой во время синтеза трийодтиронина и тироксина из йодида и тиреоглобулина [9; 10]. Несколько исследований показали, что использование добавки селена (80 мкг или 200 мкг в день в виде селенита натрия или селенометионина) эффективно против болезни Хашимото, наиболее распространенной формы аутоиммунного заболевания щитовидной железы [7]. В другом поперечном исследовании с участием 6152 людей удалось определить, что распространённость патологических состояний щитовидной железы (гипотиреодизм, субклинический гипотиреодизм, аутоиммунный тиреодит, увеличенный орган) выражалась в значительно меньшей степени в регионах с адекватным суточным потреблением селена, чем в регионах неадекватным суточным потреблением. Таким образом, низкое потребление селена также ассоциируется с повышенным риском заболеваний щитовидной железы [10].

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Поиск функциональных продуктов питания для предупреждения заболеваний щитовидной железы

Как уже говорилось ранее, заболевания щитовидной железы напрямую зависят от количества поступающего йода и селена в организм человека вместе с пищей. Согласно ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» адекватный уровень потребления йода составляет 150 мкг/сут, а селена – 75 мкг/сут для мужчин и 55 мкг/сут для женщин [11]. Основными пищевыми источниками йода являются сухая морская капуста, морская рыба, кальмары, креветки, моллюски, рыбы, осьминоги, йодированная соль, и источниками селена – бразильские орехи, зерновые продукты, выращенные на почвах, богатые селеном [12; 13]. Однако при низком и нерегулярном потреблении приведённых выше продуктов неизбежно может возникать йододефицит у человека и, следовательно, заболеваний щитовидной железы. Для предотвращения данной проблемы нередко могут быть использованы функциональные продукты питания.

Мировой и отечественный опыт убедительно свидетельствует, что наиболее эффективный и целесообразный с экономической, социальной, гигиенической и технологической точек зрения способ решения проблемы профилактики всех категорий населения от различных заболеваний – это создание промышленного производства различных пищевых продуктов, обогащенных эссенциальными нутриентами [14].

К настоящему моменту времени в продуктовых магазинах можно встретить огромное многообразие продуктов питания функционального назначения, которые занимают особое место в жизни некоторых слоёв населения. Функциональные продукты, содержащие селен и йод, представлены в виде какао, кофе, суп-крема, яиц куриных, пюре картофельного, хлеба, драже, кисели, молочных продуктов, мяса, масла. Особое место при этом занимают хлебобулочные изделия, являющиеся продуктами массового потребления.

1.2 Способы фортификации хлебобулочных изделий селеном и йодом.

На сегодняшний день существует множество способов фортификации хлебобулочных изделий йодом. Простейшим методом реализации этой цели является использование пищевой йодированной соли взамен обычной нейодированной соли, что, несомненно, автоматически превращает получаемый продукт в обогащённый [15]. С другой стороны целесообразно добавлять йодказеин – органическое соединение йода, встроенное в молекулу белка молока [16; 17]. Другим распространённым способом является добавление в составе рецептуры ингредиентов (продуктов), содержащих в себе большое количество йода. К таким продуктам, прежде всего, относятся ламинария – природный источник йода [18; 19; 20; 21; 22; 23]. Её порошок, 100 г которого содержит 160-180 мг йода, как правило, смешивают с мукой затем добавляют в тесто на стадии замеса [12; 18; 23]. Так, при использовании порошка ламинарии в количестве 3,2 %, 3,6 %, 4, 0 % к массе муки содержание йода в готовом продукте составило 59, 65 и 71 мкг, соответственно [23]. Среди пищевых добавок «Йоддилактин S» и «Йоддилактин P» могут быть использованы, которые не только увеличивают стойкость пищевых продуктов к различным видам микробиологической порчи, стабилизируют технологические и органолептические показатели, но и, обогащая пищевые продукты йодом, позволяют минимизировать его потери в ходе технологического процесса при термическом воздействии по сравнению с йодированной солью [24].

Известно, что количество селена в пищевых продуктах питания напрямую зависит от содержания селена в почве [25]. Тем самым, пшеница, выращенная на обеднённой почве селеном, можно обрабатывать селеном во время их роста. Применение такого способ обогащения пшеницы с обработкой 100 г селеном/га земли способен давать от 1800 нг/г селена зерну пшеницы [26]. Другим возможным способом фортификации хлеба селеном заключается в замачивании зёрен (пшеницы, сои, семечек подсолнечника) раствором гидроселенита натрия в

течение нескольких дней и затем дальнейшее их использование в хлебопечении в виде муки или же при прямом их добавлении в тесто во время замеса [25; 27]. В одном исследовании установили, что замачивание бобов сои в растворе гидроселенита натрия с концентрацией селена 1,5 мг/л, что соответствовало 20 мкг селена на 1 грамм соевого боба, привело к накоплению селена, в результате чего его содержание в 1 г сои составило 15-18 мкг [25]. Наконец, существует метод внесения пищевых добавок селена непосредственно в хлебобулочные изделия в процессе их приготовления, а именно на стадии замеса теста [28; 29]. К таким добавкам относят: Селексен, Селен-актив, СеленЕс, Неоселен, Биоселен, Спируллина-Сочи-селен, Витасил [28; 29; 30; 31; 32; 33]. Так, например, добавление пищевой добавки «Селексен» в количестве 20, 30, 40, 50 и 100 мкг придаёт готовому изделию 10, 17, 21, 22 и 45,0 мкг селена, соответственно. Суточная потребность селена при это удовлетворяется на 14,3; 24,3; 30,0; 31,4; 64,3 %, соответственно [32].

1.3 Цели и задачи

Хлебобулочные изделия занимают особое положение в питании населения России, поскольку эти продукты входят в ежедневный пищевой рацион подавляющего большинства потребителей, являясь одним из основных источников энергии и пищевых веществ. Придание ему функциональных свойств имеет огромное социальное значение [34].

На основании имеющихся данных о настоящем состоянии медианы йодурии у жителей города Санкт-Петербурга, роли селена в усвоении йода в организме человека, а также отсутствия на основе литературного обзора продукта хлебопекарного производства, как массового продукта, содержащего в себе комбинацию добавок селена и йода, целью данной выпускной квалификационной работы является разработка рецептуры и оценка потребительских свойств хлеба с использованием добавок йода и селена.

Задачи работы:

- ✓ выбор необходимых функциональных добавок йода и селена и технологии производства хлеба;
- ✓ определение оптимального количества и способа внесения добавок в процессе приготовления хлеба;
- ✓ выпечка хлеба с добавками (опытный образец) и без них (контрольный образец);
- ✓ контроль показателей качества готовых изделий;
- ✓ определение содержания селена и йода в готовых изделиях.

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Исследования выполнялись в лаборатории Международного центра хлебопечения, расположенного на базе Университета ИТМО, в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербург». Экспериментальные работы проводились в несколько этапов, схема исследований которых представлена на рисунке 1.

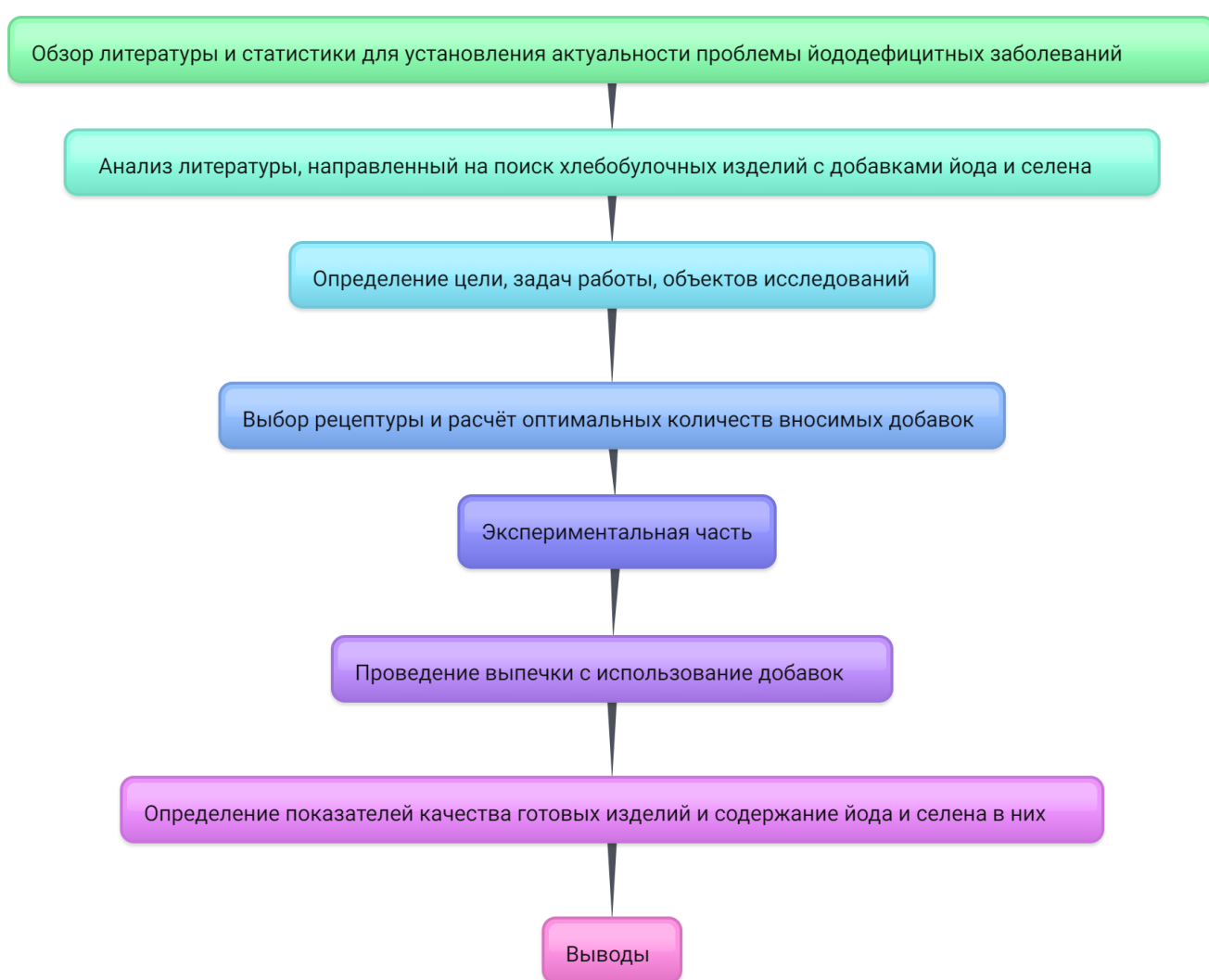


Рисунок 1 – Схема исследований

2.1. Материалы исследований

Для выполнения настоящей работы были применены необходимые сырьевые и расходные материалы, соответствовавшие требованиям действующей нормативной документации. Перечень сырья с указанием соответствующей нормативной документации представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень сырья с указанием нормативной документации

Наименование сырья	Нормативный документ
Мука пшеничная хлебопекарная, высший сорт	ГОСТ 26574-2017 Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия [35]
Соль пищевая поваренная	ГОСТ 51574-2018 Соль пищевая. Общие технические условия [36]
Дрожжи хлебопекарные прессованные	ГОСТ 54845-2011 Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия [37]
Масло подсолнечное	ГОСТ 1129-2013 Масло подсолнечное. Технические условия (с Поправкой) [38]
Сахар белый	ГОСТ 33222-2015 Сахар белый. Технические условия (с Поправкой) [39]
Селен-Актив	СГР № RU.77.99.88.003.Е.003886.09.16 от 06.09.2016 г.
Ламина Форте	ТУ 10.89.19-002-06676922-2018

2.2. Объекты исследований

Во время проведения исследований были контролированы показатели качества у следующих объектов:

- ✓ тестовых полуфабрикатов, приготовленных с использованием добавок йода и селена и без них;
- ✓ готовых изделий – хлеба формового, приготовленных с использованием добавок йода и селена и без них.

Кроме того были определены количественное содержание селена и йода в готовых опытных изделиях.

2.3. Методы исследований

Были использованы методы определения качества сырья, тестовых полуфабрикатов и готовых изделий, регулируемых нормативными документами, а также применены общепринятые методы, используемые при контроле технологических процессов на хлебопекарных и мукомольных производствах [40; 41; 42; 43].

2.3.1 Методы определения качества сырьевых компонентов

Качество сырья и его соответствие нормативным документам определяли по методам, указанным в таблице 2.

Таблица 2 – Компоненты сырья и методы определения показателей качества

Наименование сырья	Определяемый показатель качества	Метод определения качества
Мука пшеничная хлебопекарная, высший сорт	Органолептические показатели	ГОСТ 27558-87 Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста [44].
	Массовая доля влаги	ГОСТ 9404-88 Мука и отруби. Метод определения влажности [45].

	Содержание сырой клейковины	ГОСТ 27839-2013 Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины [46].
	Белизна	ГОСТ 26361-2013 Мука. Метод определения белизны [47].
Дрожжи хлебопекарные прессованные	Органолептические показатели	ГОСТ Р 54731-2011 Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия [37].
	Подъёмная сила	
	Массовая доля влаги	
	Кислотность	

2.3.2 Методы исследования тестовых полуфабрикатов

При выполнении настоящей работы были определены органолептические и физико-химические показатели качества теста контрольных и опытных образцов. В таблице 3 указан перечень показателей и соответствующие методы определения качества.

Таблица 3 – Перечень показателей качества тестовых полуфабрикатов и методы их определения

Наименование показателя качества	Метод определения показателя качества
Органолептические показатели	Определение внешнего вида, цвета, запаха, консистенции [43]
Массовая доля влаги	Экспресс-метод, заключающийся в высушивании теста при температуре 160 °С в течение 5 минут [43]
Титруемая кислотность	Метод, заключающийся в титровании

	суспензии, приготовленной из воды и теста, 0,1 н раствором NaOH [43]
--	--

2.3.3 Методы исследования готовых изделий

Одним из важных задач настоящей работы является определение показателей качества готовых выпеченных изделий, перечень которых и методики их определения отражены в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень показателей качества готовых изделий и методики их определения

Наименование показателя качества	Методика определения показателя качества
Органолептические показатели	Определение внешнего вида, цвета мякиша, цвета корки, характер мякиша, состояние пористости, вкус хлеба, запаха хлеба [40]
Массовая доля влаги	ГОСТ 21094-75. Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности [48]
Кислотность	ГОСТ 5670-96. Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности [49]
Пористость	ГОСТ 5669-96. Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости [50]
Удельный объём	Отношение объёма к массе выпеченных изделий, выражали в см ³ /г [40; 43]
Упёк	Отношения массы горячего хлеба к массе тестовой заготовки перед выпечкой [40; 43]

2.3.4 Метод определения количества селена и йода в готовой продукции

Измерение массовой доли йода необходимо выполнить в соответствии с методическим указанием МУК 4.1.1106-02 «Методы контроля. Химические факторы. Определение массовой доли йода в пищевых продуктах и сырье титриметрическим методом», в основе которого лежит титриметрический метод.

Метод определения массовой доли йода основан на удалении органических веществ, экстракции йодида, окислении йодида в йодат и выделении свободного йода, который оттитровывают серноватистокислым натрием и по расходу которого рассчитывают содержание йода в навеске исследуемого продукта [51].

Для определения количества селена необходимо руководствоваться методическими указаниями МУК 4.1.033-95 «Методы контроля. Химические факторы. Определение селена в продуктах питания». Сущность метода определения селена заключается в осуществлении мокрого сжигания образца хлеба смесью азотной и хлорной кислот, восстановлении шестивалентного селена до Se^{+4} действием соляной кислоты и образовании комплекса селенистой кислоты с 2,3-диаминофталином-пиазоселенола, величина флуоресценции которого пропорциональна содержанию селена в пробе [52].

ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Выбор функциональных добавок

В качестве йодосодержащей добавки была выбрана сушёная пищевая продукция – пищевой продукт «Ламина Форте» (ТУ 10.89.19-002-06676922-2018). Он представляет собой порошок коричневого цвета, нерастворимого в воде и жире. Необходимо хранить в сухом месте. Соответствует ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции». Массовая доля йода равна 0,24 %.

Существует ряд преимуществ порошка «Ламина Форте» перед йодосодержащими пищевыми продуктами:

- ✓ всегда имеет известную массовую долю йода;
- ✓ удобно дозируется;
- ✓ равномерно перемешивается с ингредиентами во время замеса теста и тем самым оказывается равномерно распределённым в тесте;
- ✓ необходим в очень малом количестве для приготовления хлеба;
- ✓ не имеет какого-либо влияния на органолептические показатели готового изделия.

При выборе добавки, содержащего йода, приведённые выше критерии и стали определяющими. Кроме того, по результатам литературного анализа выяснилось, что порошок «Ламина Форте» ещё не подвергалось исследованию в области хлебопечения в качестве функциональной добавки. Данный факт также стал определяющим в выборе порошка среди других источников пищевой добавки йода.

В статьях об обогащении хлеба селеном часто встречается использование пищевой добавки «Селексена» [29; 30; 31; 32; 33]. Для реализации данного эксперимента не удалось приобрести пищевую добавку «Селексен», поэтому в качестве альтернативного варианта был применён БАД «Селен-Актив» (СГР № RU.77.99.88.003.E.003886.09.16 от 06.09.2016 г.). В состав БАДа входят: сорбит

(подсластитель), аскорбиновая кислота, кальций стеарат, «Селексен» (селеноксантен – органический источник селена). За счёт наличия в составе БАДа «Селексена» было принято решение о его использовании в экспериментальных работах. «Селен-Актив» представляет собой таблетки белого цвета с содержанием селена 50 мкг селена в 1 таблетке. Необходимо хранить в сухом, защищённом от света месте при температуре не выше 25 °С.

Селеносодержащая добавка была выбрана прежде всего исходя из факта того, что в ней содержится определённое и известное количество селена, чем в продуктах питания, имеющих в своём составе селен (например, бразильские орехи). Это в огромной степени облегчает расчёт количества добавки. Если рассматривать другие методы фортификации хлебобулочных изделий селеном, то использование метода замачивания, приведённого в пункте 1.2 также не может быть применён в обогащении селеном хлеба, поскольку есть огромная вероятность, что используемые зёрна накопили бы в себя недостаточное или избыточное концентрации селена, что может привести к неточным расчётам вносимого селена. Другими преимуществами БАДа «Селен-Актив» перед селеносодержащими продуктами идентичны с преимуществами «Ламина Форте» перед йодосодержащими продуктами.

3.2 Выбор технологии производства

В качестве продукта для обогащения был выбран формовой хлеб из пшеничной муки высшего сорта, рецептура которой приведена в таблице 5. Хлеб будет приготовлен из 1 кг соответствующей муки.

Для проведения настоящего исследования необходимы 2 вида хлеба – хлеб без внесения добавок и с внесением добавок, которые будут составлять 2 экспериментальным группы – контроль и опыт, соответственно. В дальнейшем изделия будут именованы как контроль и опыт.

Таблица 5 – Нормативная рецептура хлеба без добавок

Наименование сырья	Количество, кг	Массовая доля влаги в сырье, %	Массовая доля сухих веществ, %	Количество влаги, кг	Содержание сухих веществ, кг
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	100,0	14,5	85,5	85,5	85,5
Дрожжи хлебопекарные прессованные	2,0	75	25	1,5	0,5
Соль поваренная пищевая	1,5	0	100	0	1,5
Сахар белый	5,0	0,15	99,85	0,0075	4,9925
Масло подсолнечное	4,0	0,1	99,9	0,004	3,996
Итого	112,0				96,51

Одним из главных ингредиентов в рецептуре является масло подсолнечное. Его наличие обязательно, поскольку, согласно литературным источникам, оно является растворителем добавки, содержащего селен. Кроме того, масло подсолнечное придаёт сдобный вкус и аромат готовому изделию. Благодаря этому ингредиенту объём хлеба становится больше, реологические свойства и структура мякиша улучшаются, хлеб медленнее черствеет. Добавление в тесто сахара способствует получению более сладкого вкуса и зарумяненной корки, а также улучшает структуру и реологические свойства мякиша. Энергетическая ценность хлеба, несомненно, увеличивается ввиду использования сахара и масла в процессе его приготовления. При этом все эти данные приводит к повышению потребительских свойств хлеба [41].

Количество воды в тесто определяется по формуле:

$$G_{\text{в}} = G_{\text{т}} - \sum G_{\text{сыр}}, \quad (1)$$

где $G_{\text{в}}$ – количество воды в тесто, кг;

$G_{\text{т}}$ – выход теста, кг, $\sum G_{\text{сыр}}$ – масса сырья, израсходованного на приготовление теста из 100 кг муки по рецептуре, кг.

Выход теста рассчитывается по формуле:

$$G_{\text{т}} = \frac{\sum G_{\text{св}} * 100}{100 - W_{\text{т}}}, \quad (2)$$

где $\sum G_{\text{св}}$ – сумма сухих веществ сырья по рецептуре, кг;

$W_{\text{т}}$ – влажность теста, %.

$$G_{\text{т}} = \frac{96,51 * 100}{100 - 43,5} = 170,814 \text{ кг.}$$

Количество воды в тесто:

$$G_{\text{в}} = 170,814 - 112,0 = 58,814 \text{ кг} = 59,0 \text{ кг}$$

На приготовление хлеба из 1 кг муки потребуется в 100 раз меньше воды, то есть 590 г. Таким образом, количество воды, требуемое для каждого вида приготовления хлеба составляет 590 г.

В качестве способа приготовления теста был выбран однофазный способ. Результат проведения анализа литературы показал, что использование опары в

приготовлении теста не оказало никакого влияния на вносимые добавки селена и йода (например, на их сохранность в процессе выпечки). При выборе способа приготовления теста также учитывался факт того, что однофазный способ отличается существенными преимуществами перед двухфазным для проведения эксперимента: способ более простой, имеет короткое время брожения. Таким образом, приведённые выше пункты являлись определяющими при выборе способа приготовления теста.

На основании пробной лабораторной выпечки были определены технологические параметры и режимы приготовления хлеба, указанные в таблице 6. Принципиальная технологическая схема изображена на рисунке 2.

Таблица 6 – Технологические параметры и режимы приготовления хлеба

Название технологического параметра	Единица измерения	Значение
Продолжительность замеса теста	мин	7
Температура теста начальная	°С	27-28
Продолжительность брожения	мин	90
Температура воздуха: брожение	°С	28-30
Масса тестовой заготовки	г	600
Продолжительность отлёжки теста после деления на куски	мин	10
Температура воздуха: расстойка	°С	35
Относительная влажность воздуха; расстойка	%	80
Продолжительность расстойки	мин	60
Продолжительность выпечки	мин	30
Температура выпечки	°С	200
Время подаваемого пара на секцию печи	сек	4
Время нахождения подаваемого пара на секцию печи	сек	6

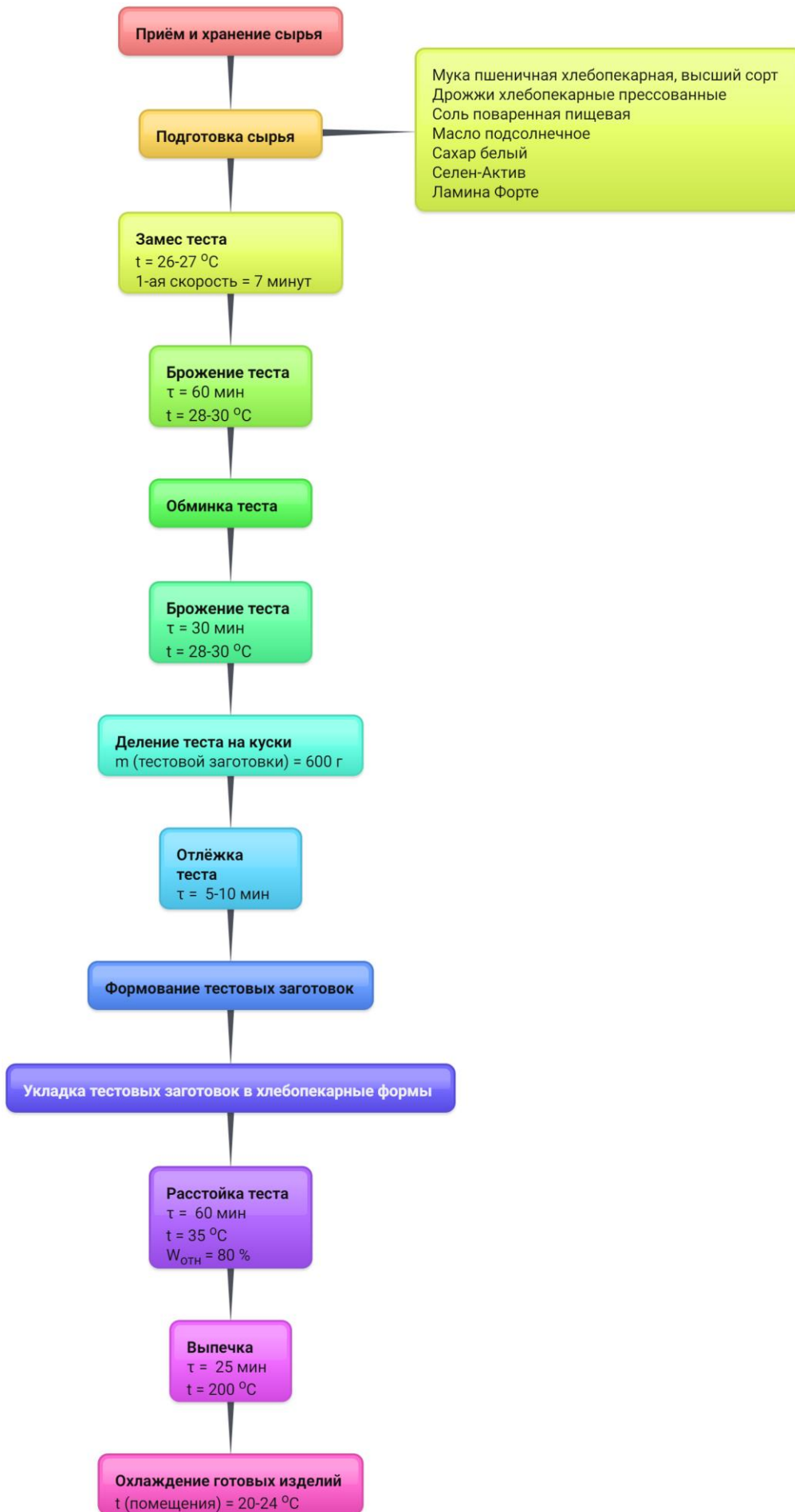


Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема приготовления хлеба

Добавки селена и йода необходимо вносить в процессе замеса теста с целью их однородного перемешивания с остальными ингредиентами и дальнейшего распределения в тесте. БАД «Селен-Актив» – это таблетки, и связи с этим перед их растворением в подсолнечном масле необходимое количество таблеток должны быть подвергнуты механическому измельчению в ступке с помощью пестика до порошкообразного состояния. Затем полученный порошок из таблеток пересыпается в другую ёмкость, и туда же наливается предварительно взвешенное подсолнечное масло, после чего закрытая крышкой ёмкость интенсивно взбалтывается в течение нескольких минут. Порошок «Ламина Форте» не требует никакой предварительной подготовки перед его внесением в тесто. Остальные ингредиенты по рецептуре проходят подготовку в соответствии со стандартами.

Замес теста осуществляется на планетарной тестомесильной машине Silver со спиралеобразным месильным органом. Сначала были в дежу насыпаются все сыпучие компоненты в соответствии с рецептурой для каждой экспериментальной группы, в том числе и соль. Дрожжи непосредственно перед внесением растворяются в воде, взятой из общего количества воды. Затем добавляется подсолнечное масло (с «Селен-Активом» в контроле), остальное количество воды к сыпучим компонентам теста, после чего осуществляется замес теста на 1-ой скорости. Замес теста для изделий контроль и опыт производится в разных дежах с целью предотвращения попадания добавок в тесто контрольного образца и, следовательно, уменьшения количества добавок в контрольном образце.

По окончании замеса, а затем измерения температуры теста и его массы, тесто укладывается в тару, прикрывается полиэтиленовым пакетом и подвергается брожению в термостате в течение 60 мин. Затем оно проходит стадию обминки, после которого снова подвергается брожению при той же температуре внутри термостата в течение 30 минут.

После брожения тесто делится на куски. Масса каждого куска составляет 600 г, которые перед формованием проходят стадию отлёжки на 5-10 минут в условиях пекарни под полиэтиленовым пакетом во избежание заветривания. Далее тестовые куски формируются вручную для придания соответствующей формы, после чего укладываются в формы, предварительно смазанные тонким слоем растительного масла.

Расстойка тестовых заготовок осуществляется в расстойном шкафу Miwe в течение 1 часа. Готовность теста к выпечке определяется органолептически – лёгким касанием пальцем по тесту. Перед выпечкой готовые тестовые заготовки опрыскиваются водой для предотвращения чрезмерного усыхания верхнего слоя хлеба. Процесс выпечки проходит в ротационной печи Revent. Для дополнительного увлажнения верхнего слоя теста в начале выпечки подаётся пар в печи.

Охлаждение выпеченных изделий проходит при температуре помещения пекарни в течение нескольких часов до их полного и равномерного остывания. Не допускается сквозняков в помещении.

3.2 Расчёт количества вносимых добавок

Расчёт функциональных добавок селена и йода производится прежде всего исходя из значений адекватного суточного потребления микроэлементов, отображённых в ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Поскольку целью работы является создание функционального продукта, было принято решение о том, чтобы 250 г (суточная норма потребления хлеба) фортифицированного хлеба содержал в себе суточные нормы потребления йода и селена, то есть 150 мкг йода и 75 мкг для взрослого человека, соответственно. Это означает, что необходимо создать продукт, чтобы при употреблении 250 г разработанного хлеба взрослым человеком в его организм поступила допустимая суточная норма потребления йода и селена.

Второй пункт расчёта основан на исследованиях с использованием идентичных/схожих по составу используемых в настоящей работе добавок. Имеются сведения о том, что под действием высокой температуры количества йода и селена в продукте питания снижаются примерно на 50 % [23; 29; 30; 31; 32; 33; 53; 54]. В связи с этим было принято решение о внесении в тесто на 50 % больше от каждой добавки для того, чтобы в готовом изделии содержание рассматриваемых микроэлементов сохранялось в рамках нормы суточного потребления.

Таким образом, для получения 250 г хлеба с 200 мкг йода и 75 мкг селена (йод взят в избытке, поскольку передозировка им невозможна) необходимо вносить в тесто 400 мкг и 150 мкг йода и селена, соответственно. В случае использования «Селен-Актива» необходимая доза рассчитывается легко: в 1 таблетке содержится 50 мкг селена, следовательно для получения 150 мкг селена необходимо использовать 3 таблетки БАДа. В случае с пищевой добавкой «Ламина Форте» важно также учитывать тот факт, что массовая доля йода составляет 0,24 %, что означает, что в 100 г продукта содержится 240 мг йода. Следовательно, путём составления пропорции получаем, что 400 мкг (0,4 мг) йода содержится в 0,17 г порошка.

Следующим шагом является расчёт «Ламина Форте» и «Селен-Актива» на 100 кг муки для составления нормативной рецептуры. Для расчёта их количества необходимо знать численное значение выхода хлеба в контрольном образце, так как изначально известно, что количество вносимых добавок будет гораздо меньше, чем количество остальных ингредиентов. Это означает, что в расчёте выхода хлеба массами добавок можно пренебречь.

Итак, опираясь на данные из таблицы 5 выход хлеба производится по следующей формуле, кг/100кг:

$$V_x = \frac{\sum G_{\text{сыр}} \times (100 - W_{\text{ср}})}{(1 - (0,01 * \Delta g_{\text{бр}})) \times ((1 - 0,01 * \Delta g_{\text{уп}})) \times ((1 - 0,01 * \Delta g_{\text{ус}}))}, \quad (3)$$

где $W_{\text{ср}}$ – средневзвешенная влажность сырья, %;

$\Delta g_{\text{бр}}$ – затраты при брожении, %;

$\Delta_{\text{гуп}}$ – затраты при выпечке, %;

$\Delta_{\text{гус}}$ – затраты на усушку при охлаждении и хранении хлеба, %.

Среднее содержание сухих веществ в сырье хлеба рассчитывается по формуле, %:

$$СВ_{\text{ср}} = \frac{\sum G_{\text{св}} \times 100}{\sum G_{\text{сыр}}} \quad (4)$$

$$СВ_{\text{ср}} = \frac{96,51 \times 100}{112,0} = 86,057 \%$$

Средневзвешенная влажность сырья рассчитывается по формуле, %:

$$W_{\text{ср}} = \frac{\sum (G_i \cdot W_i)}{\sum G_{\text{сыр}}}, \quad (5)$$

где G_i - количество i -го компонента, кг;

W_i - массовая доля влаги i -го компонента, %.

$$W_{\text{ср}} = \frac{(100,0 \times 14,5) + (1,5 \times 75) + (1,5 \times 0) + (5 \times 0,15) + (4 \times 0,1) + (0,15 \times 0,1)}{112,0}$$

$$= 13,9434 \%$$

$$В_x = \frac{112,0 \times ((100 - 13,943))}{(1 - 0,01 \times 2,28) \times (1 - 0,01 \times 9) \times (1 - 0,01 \times 4)} = 145,82 \text{ кг.}$$

Выход хлеба без добавок составляет 145,82 кг.

Расчёт количества добавок на 100 кг муки производится с использованием пропорций:

✓ БАД «Селен-актив»:

$$145,82 \text{ кг} - x$$

$$0,25 \text{ кг} - 1,5 \times 10^{-7} \text{ кг}$$

$$x = 0,000087492 \text{ кг} = 8,7492 \times 10^{-5} \text{ кг};$$

✓ Порошок «Ламина Форте»:

$$145,82 \text{ кг} - x$$

$$0,25 \text{ кг} - 0,00017 \text{ кг}$$

$$x = 0,0991576 \text{ кг} = 0,09912 \text{ кг.}$$

Таким образом, для производства хлеба из 100 кг муки для удовлетворения суточной потребности йода и селена необходимы 0,09912 кг «Ламина Форте» и $8,7492 \cdot 10^{-5}$ кг «Селен-Актив». Нормативная рецептура с добавками приведена в таблице 7.

Так как хлеб будет выпекаться из 1 кг муки, то количество добавок будут иметь значения в 100 ниже, чем для расчёта на 100 кг муки:

✓ БАД «Селен-актив»:

$$145,82 \text{ кг} - 8,7492 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$$

$$1,4582 \text{ кг} - x$$

$$x = 0,00000087492 \text{ кг} = 874,92 \text{ мкг} = 17,5 \text{ таблеток};$$

✓ Порошок «Ламина Форте»

$$145,82 \text{ кг} - 0,0991576 \text{ кг}$$

$$1,4582 \text{ кг} - x$$

$$x = 0,000991576 \text{ кг} = 0,991576 \text{ г} = 0,9916 \text{ г}.$$

По итогам всех приведённых выше расчётов для удовлетворения суточной потребности рассматриваемых микроэлементов количества вносимых функциональных добавок йода («Ламина Форте») и селена («Селен-Актив») для приготовления хлеба из 1 кг муки равны 0,9916 г и 874,92 мкг (17,5 таблеток), соответственно.

3.5 Характеристика теста и готовых изделий по качественным показателям

Качественная оценка готовых изделий будет осуществляться по органолептическим и физико-химическим показателям.

Таблица 7 – Нормативная рецептура хлеба с добавками «Ламина Форте» и «Селен-Актив»

Наименование сырья	Количество, кг	Массовая доля влаги в сырье, %	Массовая доля сухих веществ, %	Количество влаги, кг	Содержание сухих веществ, кг
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	100,0	14,5	85,5	85,5	85,5
Дрожжи хлебопекарные прессованные	2,0	75	25	1,5	0,5
Соль поваренная пищевая	1,5	0	100	0	1,5
Сахар белый	5,0	0,15	99,85	0,0075	4,9925
Масло подсолнечное	4,0	0,1	99,9	0,004	3,996
«Селен-Актив»	$8,7492 \cdot 10^{-5}$	0	100	0	$8,7492 \cdot 10^{-5}$
«Ламина Форте»	0,0992	1,9	98,1	0,001884	0,09727
Итого	112,0				96,61

3.5.1 Органолептические показатели

Результаты определения органолептических показателей качества теста и готовых изделий контрольного и опытного образцов приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Органолептические показатели теста и готовых изделий

Наименование показателя	Характеристика	
	Контрольный образец	Опытный образец
Тесто		
Внешний вид (после замеса)	Однородное, нормальной консистенции, не липкое, беловато-бежевого цвета, без посторонних включений, запаха	Однородное, нормальной консистенции, не липкое, беловато-бежевого цвета, без постороннего запаха, видны следы порошка «Ламина Форте», равномерно распределённые по всему тесту
Готовые изделия		
Внешний вид	Форма правильная, соответствует данному виду изделия. Подовый хлеб не расплывчатый. Формовые хлеба имеют верхнюю выпуклую корку без боковых наплывов. Все изделия немятые и недеформированные. Имеются надрывы у	Форма правильная, соответствует данному виду изделия. Подовый хлеб не расплывчатый. Формовые хлеба имеют верхнюю выпуклую корку без боковых наплывов. Все изделия немятые и недеформированные.

	основания выпуклой части корки.	
Поверхность изделий	Гладкая, блестящая, нет крупных трещин и подрывов.	
Окраска корок	Равномерная, не бледная, не подгоревшая, соответствует данному виду изделия.	
Состояние мякиша	<p>Неравномерная мелкая (имеют поры покрупнее), но тонкостенная пористость.</p> <p>Нет посторонних включений в виде неразмешанных комочков муки или случайно попавших предметов. Мякиш мягкий, хорошо пропечённый, не липкий, не влажный на ощупь, эластичный. Не наблюдается жёсткости и крошковатости.</p>	<p>Неравномерная мелкая (имеют поры покрупнее), но тонкостенная пористость.</p> <p>Нет посторонних включений в виде неразмешанных комочков муки или случайно попавших предметов. Мякиш мягкий, хорошо пропечённый, не липкий, не влажный на ощупь, эластичный. Не наблюдается жёсткости и крошковатости.</p> <p>Цвет мякиша слегка темнее (имеет слегка тёмно-зелёный цвет).</p>
Вкус и аромат	Соответствуют данному виду изделий.	Соответствуют данному виду изделий, однако слегка наблюдается запах порошка ламинарии.

Фотографии готовых изделий образцов представлены на рисунках 3-6.

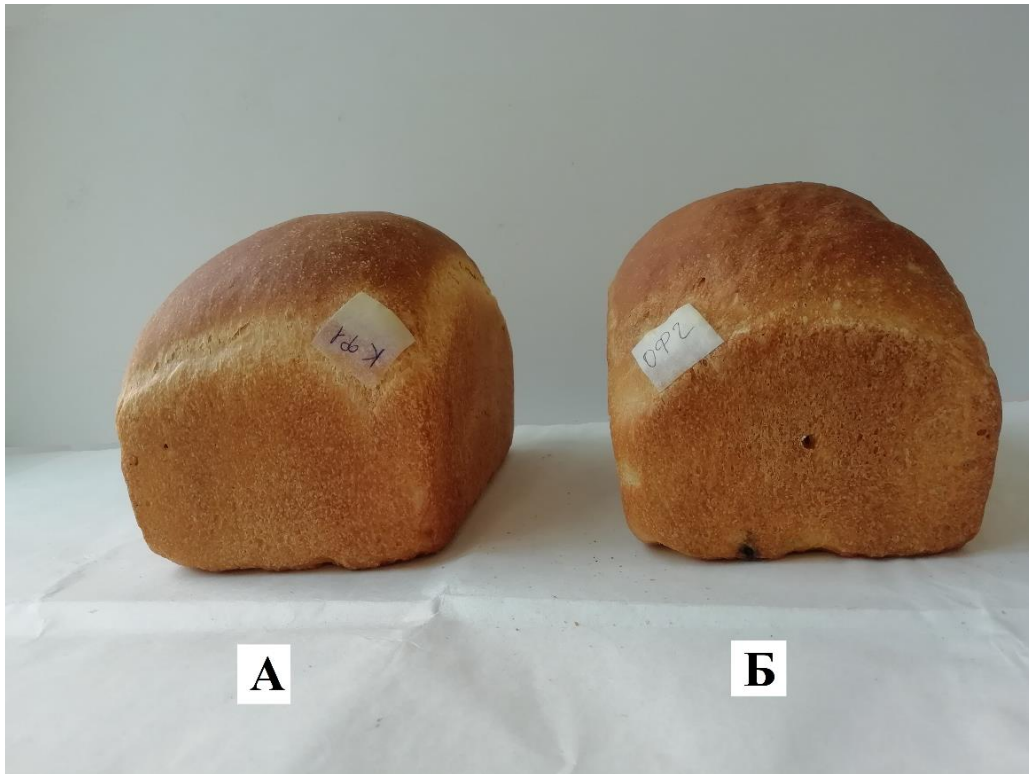


Рисунок 3 – Фотография готовых изделий (вид спереди): А – контроль, Б – ОПЫТ



Рисунок 4 – Фотография готовых изделий (вид сбоку): А – контроль, Б – ОПЫТ

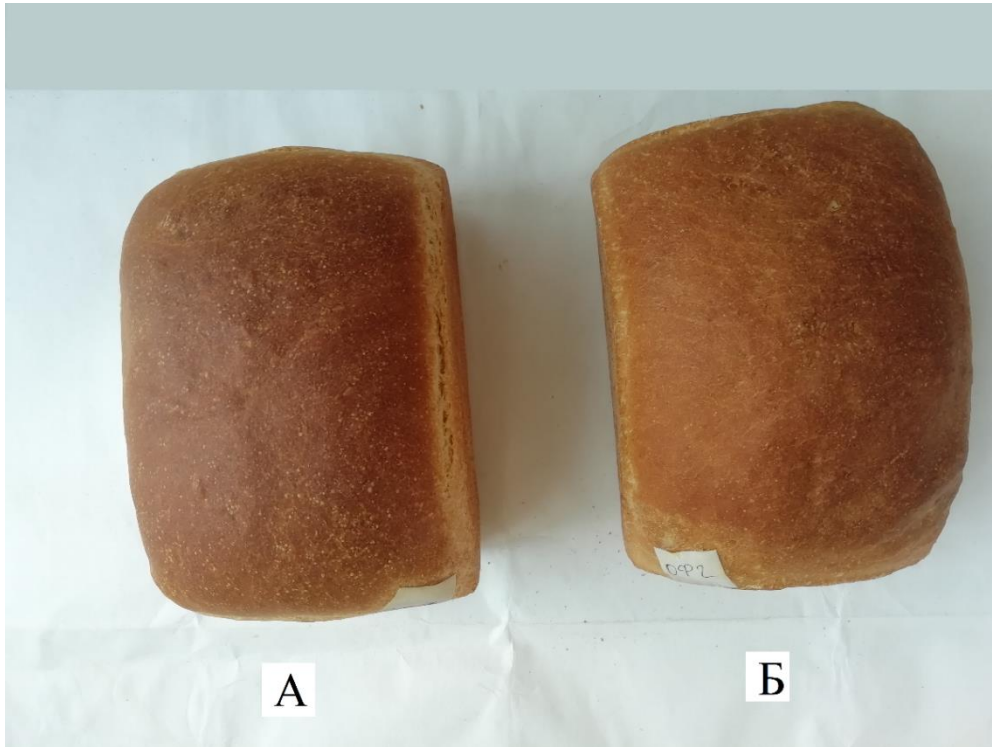


Рисунок 5 – Фотография готовых изделий (вид сверху): А – контроль, Б –
опыт

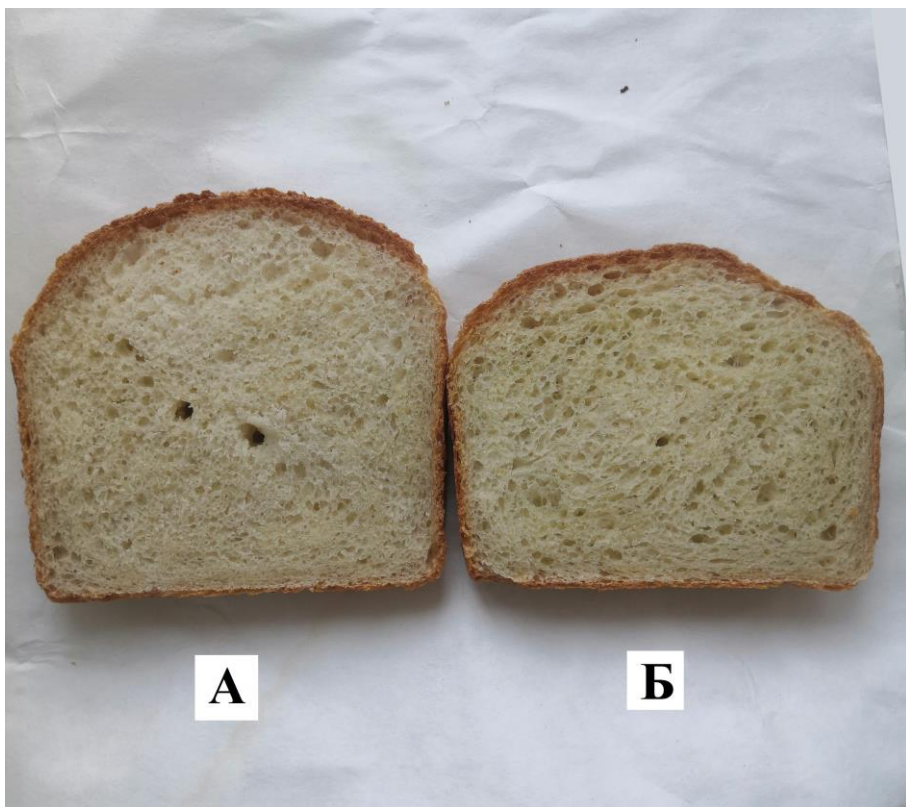


Рисунок 6 – Фотография разреза хлебов: А – контроль, Б – опыт

Таким образом, органолептические показатели хлебов групп контроль и опыт достаточно хорошие. Наличие надрывов на поверхности хлебов связаны с недостаточной расстойкой. Опытный образец почти ничем не отличается от образца контроль. Небольшие изменения цвета и запаха выявлены в опытном образце, которые связаны из-за присутствия порошка «Ламина Форте» в составе рецептуры. Такие отклонения от опытного образца являются некритичными и не портят внешний вид хлеба, его потребительские свойства в том числе. Различия также наблюдаются в формах – вызваны из-за не очень корректной формовки вручную.

3.5.2 Физико-химические показатели

Результаты определения физико-химических показателей качества теста и готовых изделий контрольного и опытного образцов приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Физико-химические показатели теста и готовых изделий

Наименование показателя	Единица измерения	Значение	
		контрольный образец	опытный образец
Массовая доля влаги теста	%	40,0	40,0
Титруемая кислотность теста начальная	град	2,8	2,8
Титруемая кислотность теста конечная	град	3,0	2,8
Массовая доля влаги хлеба	%	38,5	39,0
Кислотность хлеба	град	3,5	3,9
Пористость	%	70,53	66,91 %

Удельный объём формового хлеба	мл на 100 г	3,025	2,93
Упёк	%	7,6	8,1

По результатам физико-химических показателей можно утверждать, что оба образца хлебов полностью соответствуют показателям качества. Существенных различий в показателях между контролем и опытом не обнаружено.

3.6 Определение количества селена и йода в готовой продукции

По результатам анализа хлеба на содержание в нём селена установлено, что его содержание в опытном образце составляет 46,0 мкг/100 г. Путём составления пропорции получаем, что в 250 г образца содержится 115 мкг рассматриваемого микроэлемента. Потеря его во время можно рассчитать в следующем виде:

$$100 \% - \frac{115 \text{ мкг}}{150 \text{ мкг}} \times 100 \% = 23,3 \%$$

Следовательно, ожидаемая доля потери селена во время выпечки (около 50 %) не подтвердилась.

Полученное значение содержания селена в образце превосходит суточную норму потребления селена на 40 мкг, следовательно рассчитанная в пункте 3.2 доза обогащения хлеба определена недостаточно корректно. В связи с этим необходимо внести корректировки в расчётах для получения суточной нормы потребления селена в 250 г хлеба, то есть 75 мкг.

Если принимать фактическую потерю селена во время выпечки (23,3 %) за число, которое не будет меняться при повторной выпечки хлеба по идентичной рецептуре и технологической схеме и параметров, то корректное вносимое количество селена можно рассчитать следующим образом. Полученное количество селена в 250 г продукта распределяем между таблетками:

$$\frac{115 \text{ мкг}}{17,5} = 6,57 \text{ мкг.}$$

Таким образом, 1 таблетка БАД «Селен-Актив» может снабжать 6,57 мкг селена (с учётом потерь в результате выпечки). Тогда для получения хлеба из 1 кг муки с суточной нормой потребления селена необходимо

$$\frac{75 \text{ мкг}}{6,57 \text{ мкг}} = 11,41 \text{ таблеток} \approx 12 \text{ таблеток.}$$

Содержание йода в опытном образце не удалось определить экспериментальным путём. Его содержание можно предположить исходя из научных исследований, в которых потери йода составляют около 50 %. Соответственно, приведённые в пункте 3.2 расчёты могут быть взяты в качестве теоритического его содержания. То есть содержание йода в опытном образце будет составлять 200 мкг.

ВЫВОДЫ

- 1) В качестве функциональных добавок были выбраны «Ламина Форте» и БАД «Селен-Актив» для обогащения йодом и селеном, соответственно.
- 2) Установлена оптимальная технология производства хлеба с вносимыми добавками – безопасный способ приготовления пшеничного теста, внесение функциональных добавок в процессе замеса теста.
- 3) Количество добавок было рассчитано исходя из суточной нормы потребления йода и селена взрослым человеком, а также на основе литературного обзора.
- 4) Выпечка хлеба с добавками сопровождалась с параллельной выпечкой хлеба без добавок с целью сравнения результатов показателей качества хлеба и теста.
- 5) Хлеб с внесёнными добавками соответствовал органолептическим и физико-химическим показателям хлеба.
- 6) Определено содержание селена в опытном образце экспериментальным путём, а йода – теоритическим. Необходимо проводить дальнейшие исследования и выпечки по установлению оптимального количества внесения «Ламина Форте» и «Селен-Актива».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Zimmermann M. B. The importance of adequate iodine during pregnancy and infancy //Hidden Hunger. – Karger Publishers, 2016. – Т. 115. – С. 118-124.
- 2) Eastman CJ, Zimmermann MB. The iodine deficiency disorders. Endotext [Internet]. – MDText. com, Inc., 2018.
- 3) Magri F, Zerbini F, Gaiti M. Poverty and immigration as a barrier to iodine intake and maternal adherence to iodine supplementation. J Endocrinol Invest 2019; 42 (4): 435-442.
- 4) Ю.Л. Скородок Ю.Л, Муллахметова З.И., Бондаренко В.Л., Новоселова Н.В, Вохмянина Н.В., Желенина Л.А. Дефицит йода в мегаполисе на берегу финского залива. миф или реальность? Клиническая и экспериментальная тиреоидология. 2013;9(2):36-40.
- 5) Соболева Д.Е., Дора С.В., Каронова Т.Л., Волкова А.Р., Гринева Е.Н. Обеспеченность йодом взрослого населения Санкт-Петербурга. Клиническая и экспериментальная тиреоидология. 2017;13(4):23-29.
- 6) Köhrle J., Gärtner R. Selenium and thyroid //Best practice & research Clinical endocrinology & metabolism. – 2009. – Т. 23. – №. 6. – С. 815-827.
- 7) Rayman M. P. Selenium and human health //The Lancet. – 2012. – Т. 379. – №. 9822. – С. 1256-1268.
- 8) Li F. et al. Redox active motifs in selenoproteins //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2014. – Т. 111. – №. 19. – С. 6976-6981.
- 9) Schomburg L., Köhrle J. On the importance of selenium and iodine metabolism for thyroid hormone biosynthesis and human health //Molecular nutrition & food research. – 2008. – Т. 52. – №. 11. – С. 1235-1246.
- 10) Wu Q. et al. Low population selenium status is associated with increased prevalence of thyroid disease //The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. – 2015. – Т. 100. – №. 11. – С. 4037-4047.
- 11) ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»

- 12) Беспалов В. Г. Лечебно-профилактические препараты из морских водорослей. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. 160 с.
- 13) Stuss M., Michalska-Kasiczak M., Sewerynek E. The role of selenium in thyroid gland pathophysiology //Endokrynologia Polska. – 2017. – Т. 68. – №. 4. – С. 440-465.
- 14) Смирнова Е. А. и др. Теоретические и практические аспекты разработки пищевых продуктов, обогащенных эссенциальными нутриентами //Пищевая промышленность. – 2012. – №. 11.
- 15) Коденцова В. М. и др. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы //Вопросы питания. – 2017. – Т. 86. – №. 4.
- 16) Бакуменко О. Е. Технология обогащенных продуктов питания для целевых групп. Научные основы и технология. – М.: ДеЛи плюс, 2013. – 287 с.
- 17) Богатырев А. Н. и др. Оценка эффективности использования йодсодержащих добавок в мясных кулинарных изделиях для детского питания //Вопросы питания. – 2016. – Т. 85. – №. 4.
- 18) Сборник рецептур и технологических инструкций по приготовлению хлебобулочных изделий для профилактического и лечебного питания. – М.: Пищепромиздат, 2004. – 252 с.
- 19) Мацейчик И. В., Корпачева С. М. Разработка технологии и рецептур функциональных продуктов с йодсодержащим сырьем //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2016. – №. 10.
- 20) Смертина Е. С., Федянина Л. Н., Лях В. А. Использование отходов производства БАД из морских водорослей в качестве функционального ингредиента в составе хлебобулочных изделий //Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. – 2012. – №. 4 (64).
- 21) Румянцева В. В., Корячкина С. Я. Зефир специального назначения //Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2000. – №. 2-3.

- 22) Кодзокова М. Х., Кунашева Ж. М. Влияние пищевых добавок из морских водорослей на качество хлебобулочных изделий //Новые технологии. – 2018. – №. 4.
- 23) Науменко Н. В., Ашмарина Е. А. Влияние сырьевых компонентов на реологические характеристики теста и качество хлебобулочных изделий //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2018. – Т. 6. – №. 1.
- 24) Никифорова Т. А. Перспективные пищевые добавки для производства высококачественной продукции //Пищевая промышленность. – 2007. – №. 11.
- 25) Stabnikova O. et al. Ukrainian Dietary Bread with Selenium-Enriched Soya Malt //Plant Foods for Human Nutrition. – 2019. – Т. 74. – №. 2. – С. 157-163.
- 26) Hart D. J. et al. Selenium concentration and speciation in biofortified flour and bread: Retention of selenium during grain biofortification, processing and production of Se-enriched food //Food Chemistry. – 2011. – Т. 126. – №. 4. – С. 1771-1778.
- 27) Lintschinger J. et al. Selenium-enriched sprouts. A raw material for fortified cereal-based diets //Journal of agricultural and food chemistry. – 2000. – Т. 48. – №. 11. – С. 5362-5368.
- 28) Голубкина Н. А., Хотимченко С. А., Тутельян В. А. К вопросу обогащения пищевых продуктов селеном //Микроэлементы в медицине. – 2003. – Т. 4. – №. 4. – С. 1-5.
- 29) Наумова Н. Л. Антиоксидантная активность селенсодержащих булочных изделий //Техника и технология пищевых производств. – 2015. – №. 2 (37).
- 30) Наумова Н. Л. Разработка и товароведная оценка хлебобулочных изделий, обогащенных селеном : дис. – Наумова НЛ–Кемерово, 2008.–142 с, 2008.
- 31) Наумова Н. Л., Позняковский В. М. Об эффективности витаминизации булочных изделий, обогащенных селеном //Техника и технология пищевых производств. – 2014. – №. 1 (32).

32) Наумова Н. Л. Определение оптимальной дозировки пищевой добавки «Селексен» для производства функциональных булочных изделий //Техника и технология пищевых производств. – 2015. – №. 1 (36).

33) Наумова Н. Л. Изучение сохранности обогащающих компонентов в процессе производства и хранения модельных образцов заварных пряников //Техника и технология пищевых производств. – 2015. – №. 4 (39).

34) Лукин А. А. Перспективы создания хлебобулочных изделий функционального назначения //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2015. – Т. 3. – №. 1.

35) ГОСТ 26574-2017 Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия

36) ГОСТ 51574-2018 Соль пищевая. Общие технические условия

37) ГОСТ Р 54731-2011 Дрожжи хлебопекарные прессованные.

Технические условия

38) ГОСТ 1129-2013 Масло подсолнечное. Технические условия (с Поправкой)

39) ГОСТ 33222-2015 Сахар белый. Технические условия (с Поправкой)

40) Пучкова Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства: учебное пособие для вузов. 4 издание / Л.И. Пучкова; перераб. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 264с.

41) Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства / Л.Я.Ауэрман .- СПб.:Профессия, 2002. - 414с.

42) Сборник рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия. 13-е изд. – СПб.:Профи, 2011 – 208 стр.

43) Корячкина С.Я. Контроль качества сырья, полуфабрикатов и хлебобулочных изделий / С.А Корячкина, Н.В. Лабутина. – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 496 с.

44) ГОСТ 27558-87 Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста

45) ГОСТ 9404-88 Мука и отруби. Метод определения влажности.

- 46) ГОСТ 27839-2013 Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины.
- 47) ГОСТ 26361-2013 Мука. Метод определения белизны
- 48) ГОСТ 21094-75. Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности.
- 49) ГОСТ 5670-96. Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности.
- 50) ГОСТ 5669-96. Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости.
- 51) Определение массовой доли йода в пищевых продуктах и сырье титриметрическим методом: Методические указания. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002.–15 с.
- 52) Методы контроля Методические указания МУК 4.1.033-95 "Химические факторы. Определение селена в продуктах питания"
- 53) Lu X. et al. Effects of Chinese cooking methods on the content and speciation of selenium in selenium bio-fortified cereals and soybeans //Nutrients. – 2018. – Т. 10. – №. 3. – С. 317.
- 54) Лыгденов Д. В. и др. Разработка рецептуры и оценка потребительских свойств хлеба пшеничного, обогащенного органической формой йода и цинка //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2018. – №. 6 (141).