

На правах рукописи



СНУРНИКОВА ЮЛИЯ АЛЕКСАНДРОВНА

**Разработка пищевой системы производства продуктов на основе
круп быстрого приготовления**

4.3.3. Пищевые системы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2023

Работа выполнена на кафедре «Технология и организация общественного питания» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск

Научный руководитель

доктор технических наук, профессор
Тошев Абдували Джабарович

Официальные оппоненты:

Беляева Марина Александровна
доктор технических наук, доцент
(ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», профессор кафедры пищевых технологий и биоинженерии)

Ермолаева Евгения Олеговна
доктор технических наук, доцент
(ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», профессор кафедры «Управление качеством»)

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Защита состоится «14» декабря 2023 г. в 14⁰⁰ ч. на заседании диссертационного совета 24.2.335.01 при ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» по адресу: 109004, г. Москва, ул. Земляной Вал, д. 73, ауд. 309.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)». Полный текст диссертации размещен в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» (<http://www.mgutm.ru>). Автореферат размещен в сети Интернет на сайтах ВАК Минобрнауки РФ по адресу: (<https://vak.minobrnauki.gov.ru>) и ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» (<http://www.mgutm.ru>).

Автореферат разослан «_____» _____ 2023 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.т.н., доцент



Казарцев Д.А.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Производство продуктов питания из зерна и бобовых является важной и основной задачей пищевой промышленности. Продукты этой группы в той или иной мере употребляет каждый человек. По данным Росстата хлеб и хлебные продукты составляют до 20 % рациона питания гражданина РФ. К данной группе относят хлеб и хлебобулочные изделия, макаронные изделия, кондитерские мучные изделия, крупы. Обеспеченность данными продуктами является критерием благополучия государства.

Таким образом, разработка технологии круп быстрого приготовления (КБП) с применением современных способов обработки и создание продуктов питания на их основе являются **актуальными**, что и определило выбор темы, цели и задач исследования.

Рост спроса на продукты быстрого питания в 2019 году составил более 6 %, в 2020 году – 2 %. В основном данную группу продуктов представляют лапша быстрого приготовления, супы и каши быстрого и моментального приготовления.

Большой вклад в разработку производства зерновых продуктов быстрого приготовления и расширение применения СВЧ-технологии в производстве продуктов питания внесли ученые Андреева А.А., Бессонов В.В., Вихарева И. Н., Воробьев В.В., Гинзбург Н.С., Доронин А.Ф., Карпов В.И., Касаткин В.В., Коденцова В.М., Королев А.А., Кочеткова А.А., Магомедов Г.О., Никитин И.А., Рахманкулов Д. Л., Рисник Д.В., Сидоренко Ю.И., Тришканева М.В., Тюрина С.Б., Ушакова Н.Ф., Шавшукова С. Ю., Орловцева О.А., Нечаев А.П., Keying Q., Radzaminska, M., Narasym J., Krongworakul N., Li R., Naivikul O., Nelson S.O.

Данными вопросами занимаются также научно-производственное объединение «Агро-Симо-Машбуд», «ВНИИЗ», ФГБОУ ВО "ВГУИТ", университеты Манитобы, Виннипег, Южно-китайский сельскохозяйственный университет, Харбинский технологический институт (НТ).

Цель и задачи исследования. Целью данного исследования является разработка эффективной пищевой системы производства продуктов питания на основе круп быстрого приготовления.

Для достижения поставленной цели были определены следующие **задачи**:

1) разработать структурно-функциональную модель пищевой системы производства продуктов на основе круп быстрого приготовления;

2) изучить способы производства круп быстрого приготовления, выявить основные тенденции развития оборудования и определяющие факторы;

3) обосновать использование сверхвысокочастотной (СВЧ) обработки для производства круп быстрого приготовления;

4) определить оптимальные режимы СВЧ обработки, а также определить необходимость дополнительных технологических операций (увлажнение, сушка);

5) исследовать влияние СВЧ обработки на потребительские свойства круп: продолжительность варки, сроки хранения готовой продукции, изменение пищевой, биологической, энергетической ценности;

6) методом математического анализа составить рецептуры и разработать технологию приготовления продуктов на основе круп быстрого приготовления;

7) определить математические постановки задач, параметры работы оборудования (режим обработки);

8) разработать технологические инструкции, технические условия производства, патенты и технико-технологические карты на продукты;

9) провести экономическую оценку эффективности вышеуказанного способа производства.

Научная новизна. Диссертационная работа содержит научную новизну в соответствии с пунктами 4, 11, 16, 19, 25 паспорта специальности.

На основании проведенных исследований:

– в соответствии с технологией структурного анализа и проектирования разработана структурно-функциональная модель пищевой системы производства продуктов на основе круп быстрого приготовления, позволившая обосновать структуру и функции системы в соответствии с ГОСТ Р 50.1.028-2001.

– теоретически и практически обоснована целесообразность функции СВЧ обработки в производстве круп быстрого приготовления;

– обоснованы необходимые технологические операции при обработке гречневой и овсяной круп с применением СВЧ-технологии;

– сформулирована математическая постановка задачи определения оптимальной режима использования СВЧ, обеспечивающего требуемые показатели качества, для решения поставленной задачи разработана компьютерная программа.

– сформулирована математическая постановка задач расчета оптимальных рецептур новых видов продукции (гранола; каша гречневая с луком и морковью; каша перловая с соевым мясом, луком и морковью). Для решения поставленных задач разработаны компьютерные программы.

Предметом данного исследования являются методология проектирования и исследование пищевых зерновых систем.

Практическая значимость. Разработанные рецептуры и технологии апробированы в условиях производства ООО «Косов». Утверждены техническая документация ТУ и ТИ на гранолу гречневую, а также рецептуры следующих каш: гречневая с луком и морковью, перловая с соевым мясом, луком и морковью. Материалы диссертации используются в учебном процессе кафедры «Технология и организация общественного питания» Южно-Уральского государственного университета для студентов, обучающихся по направлению 19.03.04 и 19.04.04 Технология продукции и организация общественного питания.

Новизна технических решений подтверждена патентом РФ № 2557721 С1 «Способ производства круп быстрого приготовления» от 27.07.2015.

Методология проведения исследования. В работе использовали методологию системного анализа и проектирования, а также общепринятые и специальные химические, физико-химические, органолептические, микробиологические методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовых изделий, методологию общей теории систем, методы математической статистики.

Положения, выносимые на защиту:

- 1) структурно-функциональная модель пищевой системы производства продуктов питания на основе круп быстрого приготовления с использованием СВЧ обработки;
- 2) результаты исследования влияния СВЧ обработки на потребительские свойства круп;
- 3) технология производства продуктов питания на основе круп быстрого приготовления в составе пищевой системы;
- 4) постановка и решение задачи оптимизации режимов СВЧ обработки крупы;
- 5) рецептуры и результаты использования круп для создания новых продуктов питания;
- 6) экономическая эффективность внедрения пищевой системы.

При оценивании степени достоверности результатов экспериментов использовали методы математической статистики, программы MICROSOFT Office, MatCad.

Исследования проводили многократно (не менее пяти повторности) с максимальной погрешностью до 5 %.

Апробация результатов. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на симпозиумах, конгрессах, конференциях, в том числе: 4th International Conference on Innovations in Sports, Tourism and Instructional Science (ICISTIS 2019), «Наука ЮУрГУ» 70-я, 73-я, 74-я научная конференция (Челябинск, 2018 г., 2021 г., 2022 г.); Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы пищевой промышленности и общественного питания» (г. Екатеринбург, 2017 г.), VIII Международный симпозиум по фундаментальным и прикладным проблемам науки (Челябинск, 2013 г.), Международная научно-практическая конференция «Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства» (Челябинск, 2013 г.); Международная научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания» (Челябинск, 2011, 2012 г.). Результаты исследования используются в учебном процессе бакалавров и магистров по направлению «Технология продукции и организация общественного питания».

Публикации. По материалам исследований опубликовано 27 печатных работ, в том числе 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, а также ряд статей в материалах конференций, симпозиумах, 1 работа – Web of Science. Получен патент на способ производства РФ № 2557721 «Способ производства круп быстрого приготовления» от 27.07.2015. Издана монография «Разработка энерго- и ресурсосберегающей технологии производства круп быстрого приготовления» (г. Челябинск, 2019).

Объём работы. Диссертация состоит из введения и 5 глав, включающих обзор литературы, экспериментальную часть, выводы, список литературы, приложения. Основной текст изложена на 150 страницах, проиллюстрирован 28 таблицами и 29 рисунками. В список литературы входит 142 источника, в том числе 46 иностранных.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении охарактеризована перспективная задача и условия современного развития мукомольно-крупяной отрасли пищевой промышленности в России и представлены требования, предъявляемые потребителями к готовым продуктам. Обоснована актуальность темы; обозначены цель и задачи исследований; представлены научная новизна и практическая значимость диссертационной работы; выделены основные положения, выносимые на защиту; дана информация об апробации и публикациях результатов работы; охарактеризованы структура и объем диссертации.

В первой главе приведен обзор литературы, рассмотрена общая характеристика крупяного сырья, используемого при производстве круп быстрого приготовления, проведен анализ традиционной технологии производства и современные тенденции их развития. Рассмотрена возможность использования сверхвысокочастотного (микроволнового) излучения для производства каш быстрого приготовления с сохранением при этом большей части микронутриентов и улучшением потребительских характеристик и показателей безопасности продукта.

Во второй главе «Методология исследования» приводится описание объектов и методов исследования. Основной методологией диссертационного исследования является методология структурного анализа пищевых систем на основе круп быстрого приготовления.

Объектами исследования являлись крупы, не прошедшие дополнительную обработку с целью уменьшения времени варки, а также вода, лук жареный сушеный, морковь сушеная, соевое мясо, чеснок сушеный. Для проведения лабораторных исследований было выбрано 2 вида круп: гречневая и перловая: крупа перловая, ГОСТ 5784–22 (контроль); крупа перловая, обработанная СВЧ; крупа перловая, (обработана на установке УТЗ-4); крупа гречневая, ГОСТ 5550–21 (контроль); крупа гречневая, обработанная СВЧ; крупа гречневая, (обработана на установке УТЗ-4).

Методология SADT широко применяется при разработке сложных систем, и ее можно использовать для широкого спектра приложений, от разработки программного обеспечения до инженерных и производственных процессов. Разработана структурно- функциональная модель системы производства круп быстрого приготовления и продуктов на их основе.

Прототипом пищевой структурно-функциональной модели пищевой системы является линия получения круп быстрого приготовления и хлопьев не требующих варки (установка УТЗ-4).

Сравним структурно-функциональные модели пищевых системы производства КБП и продуктов на их основе с применением ИК нагрева (см. рис. 1) и с применением СВЧ обработки (см. рис.2).

Отличием является наличие блока А4 «Произвести продукты на основе КБП» в схеме с применением СВЧ.

Система включает 5 функциональных блоков:

A1 Функциональный блок «Складировать сырье». Данный блок обозначает процессы приемки сырья по количеству и качеству, в соответствии с требованиями ГОСТ и ТР ТС 021/2011, его хранения, передачи информации о качестве и количестве основного и вспомогательного сырья. Процессы осуществляют при помощи специалистов и оборудования.

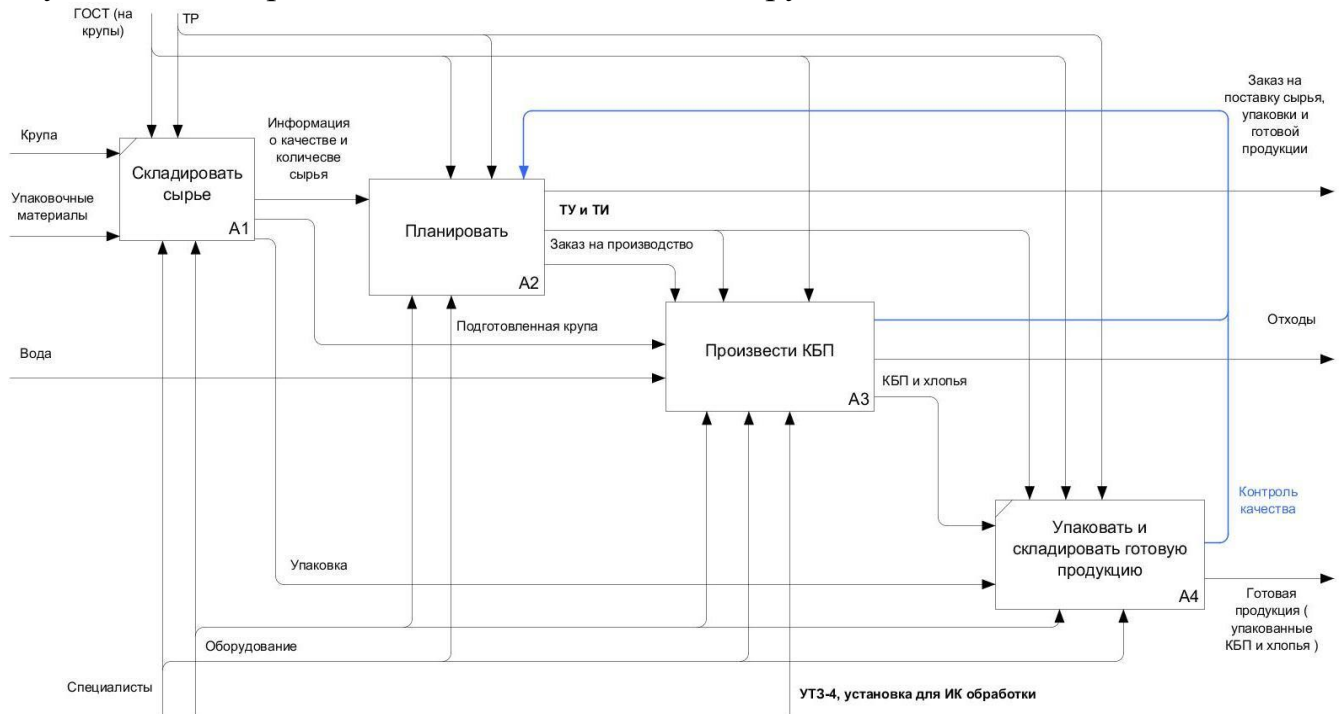


Рисунок 1 – Структурно-функциональная модель пищевой системы производства КБП и продуктов на их основе (прототип)

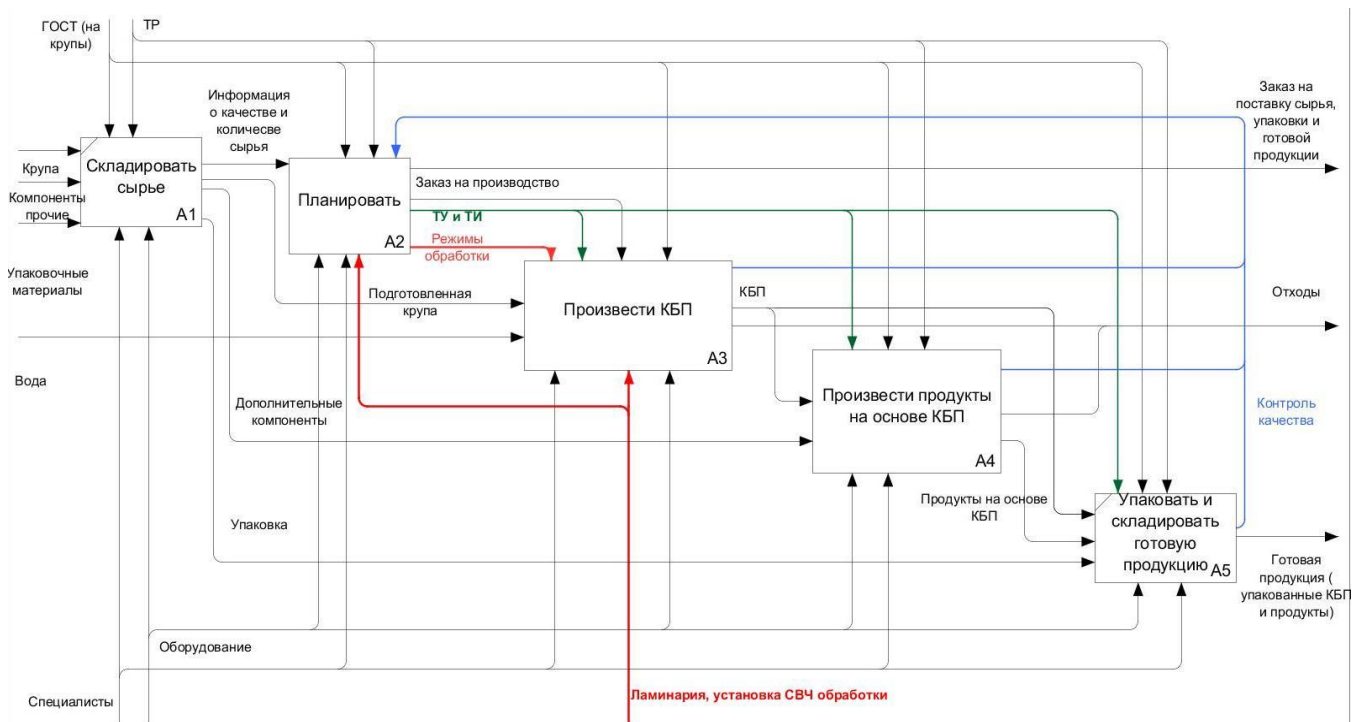


Рисунок 2 – Структурно-функциональная модель пищевой системы производства КБП и продуктов на их основе (проект)

А2 Функциональный блок «Планировать» обозначает множество действий и процессов, связанных с организацией производства КБП, оценкой их потребительских характеристик, определением зависимостей и подбором оптимальны режимов обработки круп. Составление нормативной документации (ТИ и ТУ) и заказа на производство.

А3 Функциональный блок «Произвести КБП» отвечает за непосредственное производство КБП из подготовленной крупы, в соответствии с заданием и режимами обработки, выданными блоком А2 «Планировать». Производство осуществляют специалисты с применением оборудования, в частности установки для СВЧ обработки «Ламинария».

А4 Функциональный блок «Произвести продукты на основе КБП». Данный блок обозначает процессы производства продуктов на основе КБП, по рецептурам из блока А2. В процессе производства специалистами применяются оборудование.

А5 Функциональный блок «Упаковать и складировать готовую продукцию» включает процессы упаковки и контроля качества готовой продукции и ее складирования с последующим хранением.

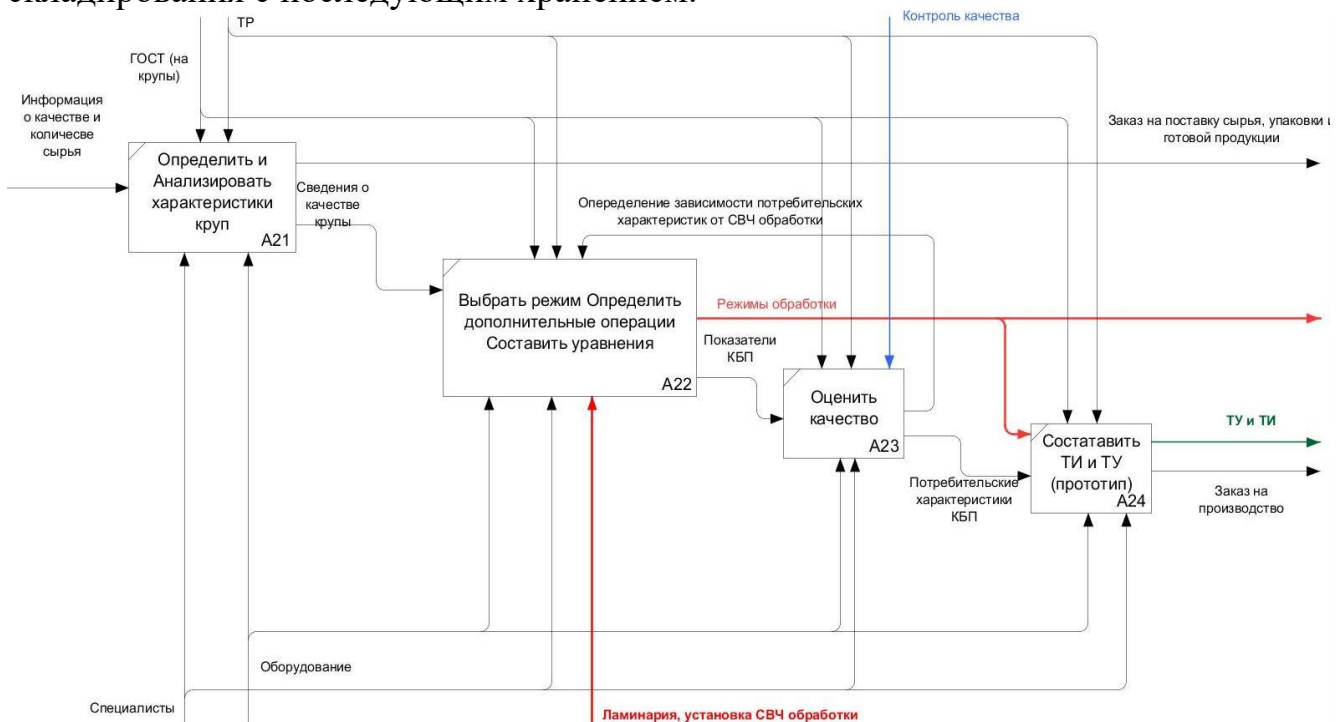


Рисунок 3 – Декомпозиция блока А2 «Планировать»

В родительском блоке А2 «Планировать» выделим 4 функциональных блока. Функциональный блок А21 «**Определить и анализировать характеристики круп**» необходим для обработки входящей информации о качестве и количестве сырья. Данная информация сравнивается с требованиями ГОСТ (ГОСТ 5784–22 Крупа перловая, ГОСТ 5550–21 Крупа гречневая) и ТР ТС 021/2011.

Данные сведения передаются на блок А22 «**Выбрать режим. Определить дополнительные операции. Составить уравнения**». В данном блоке происходит анализ полученной информации; для заданной крупы подбирается

оптимальный режим обработки (длительность СВЧ обработки и ее мощность), необходимые дополнительные технологические операции (увлажнение сырья), определяются зависимости потребительских характеристик от СВЧ обработки. На основе анализа составляются математические уравнения зависимости потребительских характеристик (времени варки и влажности сырья) от длительности и мощности СВЧ обработки.

Функциональный блок **A23 «Оценить качество»** является важным этапом в производстве крупы. Он используется для определения соответствия полученного продукта требованиям качества, установленным ГОСТ и ТР. Функциональный блок **A24 «Составление ТИ и ТП (проект)»** играет важнейшую роль в составлении нормативной документации по производству крупы. Блок составляет ТИ (технологические инструкции) и ТП (технологический проект) на основе результатов работы блоков A22 и A23.

В третьей главе проведено исследование влияния СВЧ обработки на потребительские характеристики круп и определение оптимального режима обработки методом математического программирования.

Для успешного внедрения способа производства КБП на предприятии необходимо подобрать режим обработки СВЧ, при котором потребительские характеристики будут выше, чем у контроля. К ним относятся длительность варки, органолептические показатели и влажность крупы. Выбор оптимального режима обработки осуществили на основе математического моделирования. Режим обработки должен обеспечивать наименьшие показатели по таким позициям, как время варки крупы до готовности, ее влажность после СВЧ обработки, и высокие органолептические показатели.

Для круп быстрого приготовления продолжительность варки является определяющей характеристикой. Изучение влияния СВЧ обработки проводили на крупах перловая первого сорта и гречневая первого сорта.

На рисунке 4 изображена зависимость скорости варки перловой крупы от продолжительности и мощности излучения.

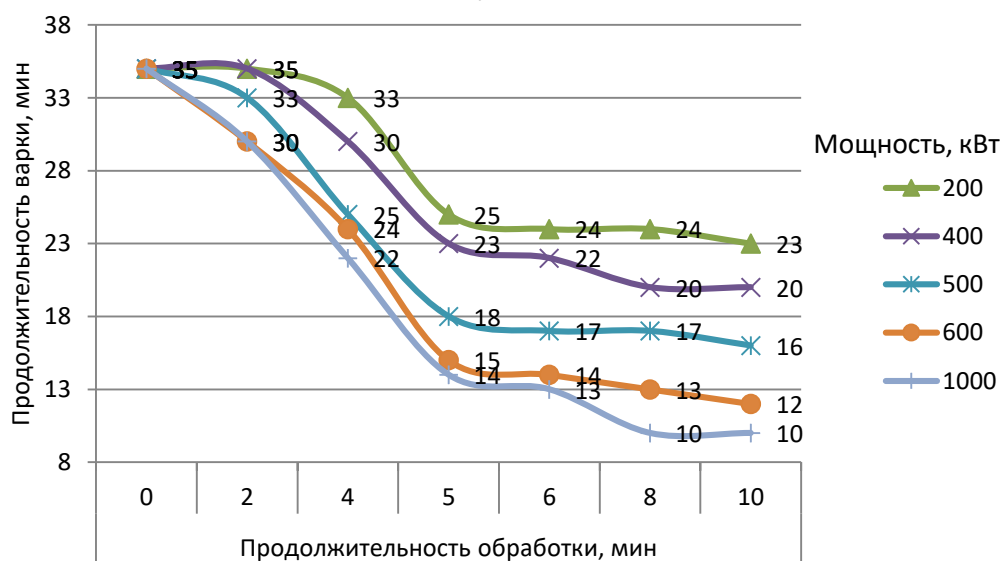


Рисунок 4 – Зависимость скорости варки перловой крупы от продолжительности и мощности обработки СВЧ

График зависимости для гречневой крупы аналогичен. Облучение при мощности в 200 Вт в течении 10 минут недостаточно, так как крупа не приобретает необходимые свойства: крупа остается влажной, и время варки до готового продукта уменьшается по сравнению с контрольной пробой на 16,7% для гречневой крупы, на 28,6% для перловой крупы. Длительность обработки более 10 минут нецелесообразна с экономической точки зрения. При облучении 400 Вт в течение 5 минут крупа не успевает приобрести нужных потребительских свойств, но достигается хороший результат при облучении 10 минут. Облучение мощностью выше 700 Вт – также не дало хороших результатов, крупа начинает стгорать при обработке.

Применяя метод наименьших квадратов, получаем следующие уравнения зависимостей:

– перловая крупа: $y_1 = 34 - 1,85x_1 - 0,013x_2$;

– гречневая крупа: $y_1 = 13,5 - 0,7x_1 - 0,006x_2$;

где y_1 – продолжительность варки крупы до готовности, мин;

x_1 – продолжительность обработки в поле СВЧ, мин;

x_2 – установленная мощность СВЧ обработки, Вт.

Далее для каждого уравнения рассчитываем коэффициенты Фишера и сравниваем его с табличным: перловая крупа: $F_p=35, 98$; $F(0,05;2;34)=19,46$; гречневая крупа: $F_p=39,15$; $F(0,05;2;34)=19,46$. Поскольку расчетное значение критерия Фишера больше табличного, уравнения считаются значимыми.

На рисунке 5 представлена зависимость влагосодержания в перловой крупе от продолжительности и мощности обработки СВЧ.

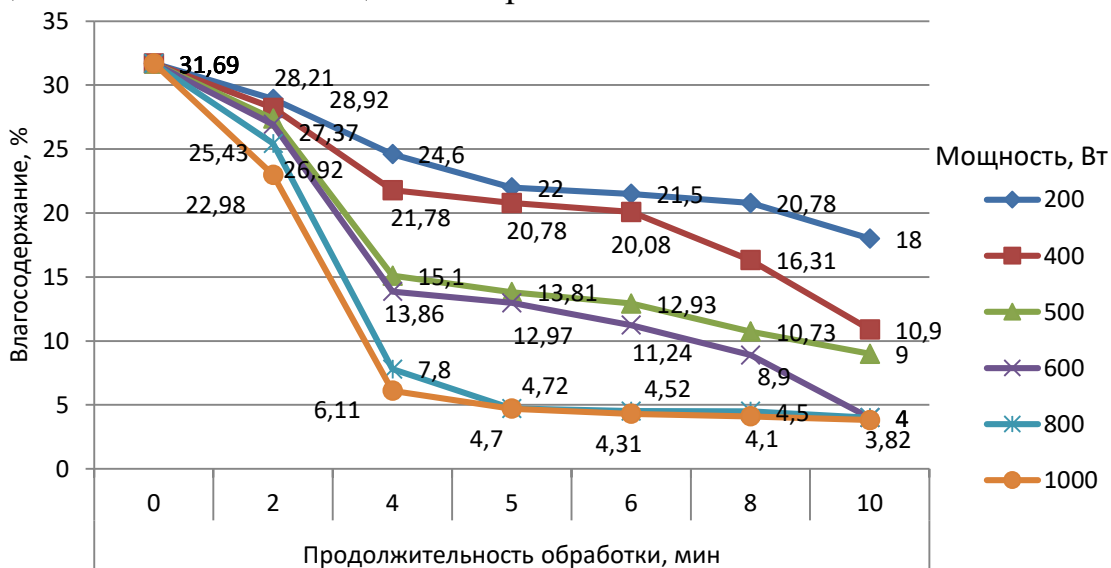


Рисунок 5 – Зависимость влагосодержания в перловой крупе от продолжительности и мощности обработки СВЧ

На рисунке 5 показана тенденция уменьшения влажности при обработке СВЧ полем. При большей мощности СВЧ обработки уменьшение влажности выше, о чем свидетельствует угол наклона линий.

При обработке СВЧ полем выше 600 Вт и длительностью от 6 мин крупа начинает сгорать в поле СВЧ. Наилучшие показатели влажности установлены при обработке 400...600 Вт и времени воздействия 4...6 мин: для гречневой крупы от 6 до 15%, для перловой крупы от 11,24 до 21,8%.

Составим уравнения зависимостей:

– перловая крупа: $y_2 = 34 - 1,3x_1 - 0,03x_2$;

– гречневая крупа: $y_2 = 26,5 - 1,3x_1 - 0,002x_2$;

где y_2 – влажность крупы, %;

x_1 – продолжительность обработки в поле СВЧ, мин;

x_2 – установленная мощность СВЧ обработки, Вт.

Далее для каждого уравнения рассчитываем коэффициенты Фишера и сравниваем его с табличным: перловая крупа: $F_p=28,56$; $F(0,05;2;34)=19,46$; гречневая крупа: $F_p=51,82$; $F(0,05;2;34)=19,46$. Поскольку расчетное значение критерия Фишера больше табличного, уравнения считаются значимыми.

Органолептическую оценку качества круп проводили согласно ГОСТ 26312.2. Отбор проб осуществляли согласно ГОСТ 26312.1.

Органолептическую оценку осуществляли по пяти балльной системе: вкус, цвет и запах. Критерии оценки приведены в таблице 1.

Таблица 1– Критерии оценки по пятибалльной системе

Оценка	Критерии, описание готового продукта
1	Крупа сгорела, запах гари, темный цвет, вкус, не свойственный данному виду продукта
2	Крупа сырая либо пересушенная, запах сырости, возможно потемнение цвета, вкус, не свойственный данному виду продукта
3	Крупа сырая или пересушенная, цвет оптимальный, запах сырости, вкус оптимальный
4	Крупа, незначительно пересушенная или сырая, возможен легкий запах сырости, оптимальный цвет, оптимальный вкус
5	Оптимальный вариант, крупа в меру сухая, вкус, запах и цвет соответствуют данному виду продукта

Данные эксперимента оценки органолептических показателей для перловой крупы приведены на рисунке 6.

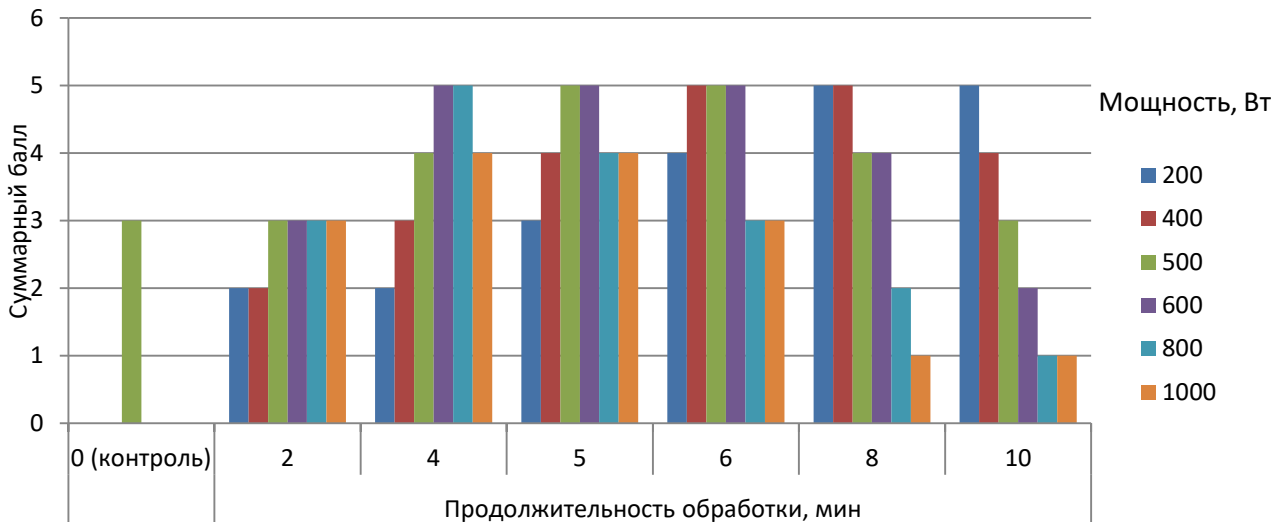


Рисунок 6 – Зависимость органолептических показателей перловой крупы от продолжительности и мощности обработки СВЧ

В гистограмме пики представляют наибольшие суммарные баллы, которые будут использоваться как ограничения для выбора режима обработки. Наиболее подходящим режимом обработки крупы СВЧ полем являются: для перловой крупы: 400 Вт и 6 минут, 500 Вт и 5 минут, 600 Вт и 4 минуты. Для гречневой крупы результаты эксперимента составили: 500 Вт 5 минут, 600 Вт и 4 минуты.

Построение математической модели выбора оптимального режима обработки крупы

Математическая постановка задачи для выбора оптимального режима обработки крупы: время варки до готовности (y_1), влажность крупы после обработки (y_2) стремятся к минимуму, ограничением является (y_3) – суммарный балл максимальный (5).

Имеются два критерия

$$y_1 = A_{01} + A_{11} \times x_1 + A_{21} \times x_2 \rightarrow \min;$$

$$y_2 = A_{02} + A_{12} \times x_1 + A_{22} \times x_2 \rightarrow \min.$$

Определим эталон:

$$et_1 = \frac{y_{1_{max}} + y_{1_{min}}}{2};$$

$$et_2 = \frac{y_{2_{max}} + y_{2_{min}}}{2};$$

Определим интегральный критерий :

$$krint = \sqrt{\left(\frac{et_1 - y_1}{et_1}\right)^2 + \left(\frac{et_2 - y_2}{et_2}\right)^2},$$

оптимальным решением будем называть такие значения x_1 и x_2 , при которых $krint \rightarrow \min$.

Содержательно, при таком критерии ищется решение, при котором y_1 и y_2 попадают в середину допустимых решений для y_1 и y_2 .

Решение поставленной задачи осуществили методом математического нелинейного моделирования программой на платформе C++Builder 6.0/.

Ниже на рисунках представлен интерфейс и решение задач.

Для перловой крупы приняли следующие ограничения:

- время варки до готовности (y_1) принято от 15 до 20 мин;
- влажность крупы (y_2) в пределах от 6% до 20%;
- время обработки в поле СВЧ (x_1) от 4 до 8 минут;
- мощность СВЧ обработки (x_2) от 400 до 800.

Данные критерии выбраны на основе анализа органолептических показателей.

На рисунке 7 представлен интерфейс программы и решение.

The screenshot shows a window titled 'Form1' with the following elements:

- Input fields for constraints:
 - x_{1min} : 4, x_{1max} : 8
 - x_{2min} : 400, x_{2max} : 1000
 - y_{1min} : 15, y_{1max} : 20
 - y_{2min} : 6, y_{2max} : 20
- A 'Решить' (Solve) button.
- Equation for cooking: $y_1 = a_{01} + a_{11}x_1 + a_{21}x_2$ with $a_{01} = 34$, $a_{11} = -1.85$, $a_{21} = -0.013$.
- Equation for drying: $y_2 = a_{02} + a_{12}x_1 + a_{22}x_2$ with $a_{02} = 34$, $a_{12} = -1.3$, $a_{22} = -0.03$.
- A list of 10 candidate solutions:

$x_1=7$	$x_2=600$	$y_1=13.2$	$y_2=6.9$
$x_1=7$	$x_2=700$	$y_1=11.9$	$y_2=3.9$
$x_1=7$	$x_2=800$	$y_1=10.6$	$y_2=0.9$
$x_1=7$	$x_2=900$	$y_1=9.3$	$y_2=-2.1$
$x_1=7$	$x_2=1000$	$y_1=8.0$	$y_2=-5.1$
$x_1=8$	$x_2=400$	$y_1=14.0$	$y_2=11.6$
$x_1=8$	$x_2=500$	$y_1=12.7$	$y_2=8.6$
$x_1=8$	$x_2=600$	$y_1=11.4$	$y_2=5.6$
$x_1=8$	$x_2=700$	$y_1=10.1$	$y_2=2.6$
$x_1=8$	$x_2=800$	$y_1=8.8$	$y_2=-0.4$
$x_1=8$	$x_2=900$	$y_1=7.5$	$y_2=-3.4$
$x_1=8$	$x_2=1000$	$y_1=6.2$	$y_2=-6.4$
- The optimal solution is highlighted: $x_1=5$, $x_2=500$, $y_1=18.25$, $y_2=12.50$, with $kvar=10$.

Рисунок 7 – Интерфейс программы подбора оптимального режима для перловой крупы

По решению видно, что из 10 вариантов, подошедших под критерии, оптимальным является режим обработки 5 минут при мощности поля 500 Вт.

Решение задачи для гречневой крупы выставлено с ограничениями: по времени варки составляют от 5 до 10 минут, влажности в пределах 5...15%, время и мощность обработки сохраняются как для перловой крупы.

Результаты решения показали, что из 16 вариантов, подошедших под критерии, оптимальным является режим обработки 5 минут при мощности поля 500 Вт.

Таким образом, оптимальным режимом обработки для производства КБП является 5 минут и мощность 500 Вт.

Далее исследовали влияние СВЧ обработки на кислотность круп и кислотное число жира. Данные эксперимента подтверждают, что при мощности от 400 Вт до 600 Вт и времени обработки 4-6 мин. градус кислотности не изменяется, при этом внешний вид крупы имеет максимальные баллы, а влажность – менее 10%. Максимальный эффект сохранения внешнего вида и влажности крупы наблюдается при мощности 500 Вт и времени от 4 до 6 мин. КЧЖ обработанной крупы ниже 13, что соответствует требованиям безопасности и качества, рекомендованных ВНИИЗ.

Изменение объёма оценивалось в % соотношении от начального. На рисунке 8 для примера показано изменение объёма перловой крупы.

Наглядно видно, что крупы увеличиваются в объеме. Происходит это из-за изменений в строении крахмала и белка зерна. Результаты исследований показали, что перловая крупа максимально увеличилась в объеме – на 65 %, а гречневая крупа – на 39 %, содержание углеводов в крупах 67–70 % и 62–67 % соответственно.

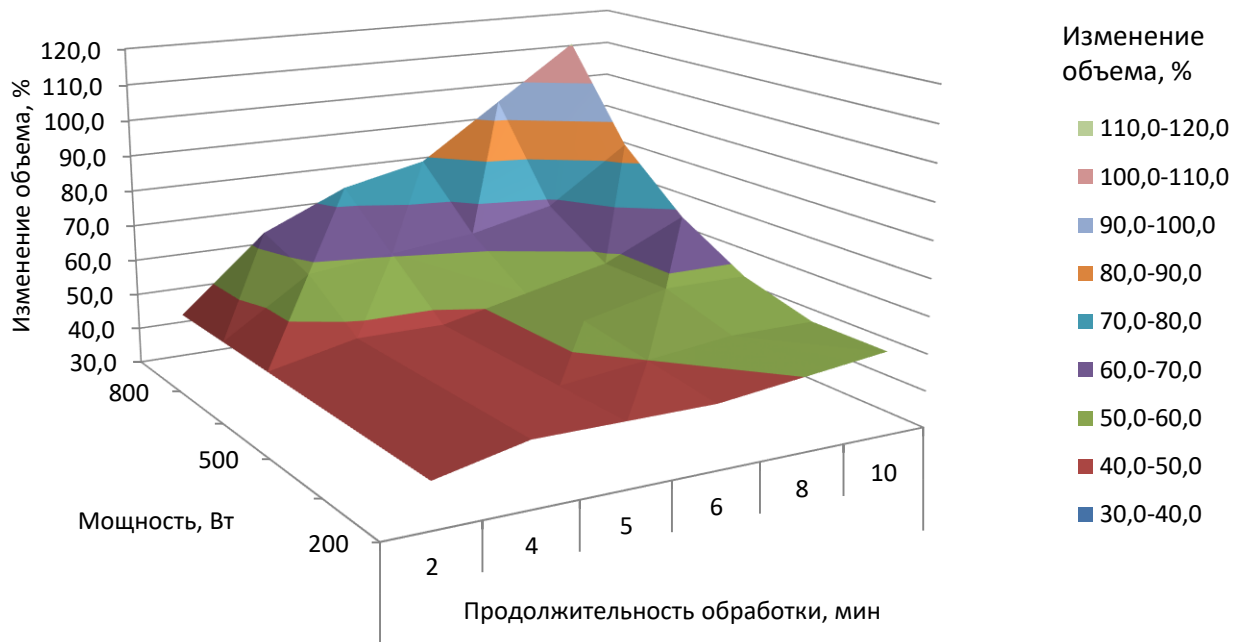


Рисунок 8 – Изменение объёма перловой крупы от продолжительности и мощности СВЧ-излучения

Исследовали влияние СВЧ обработки на активность амилолитических ферментов круп (гречневой и перловой) от продолжительности СВЧ обработки при 500 Вт: активность снижается при обработке СВЧ.

В четвертой главе представлено сравнение органолептических показателей и пищевой ценности крупы, обработанной по технологии с применением СВЧ-обработки, с крупой необработанной (контроль), а также обработанной ИК-нагревом (УТЗ-4). Режим СВЧ обработки крупы – 5 минут, 500 Вт. Разработаны рецептуры смесей на основе КБП с овощами.

Органолептические показатели особенно важны для потребителя: если крупа будет иметь несоответствующий цвет, неприятный привкус или запах, покупатель откажется от покупки такого продукта. Крупы, обработанные СВЧ, соответствуют требованиям стандартов, а по некоторым показателям превосходят их (цвет, запах, продолжительность варки).

Из физико-химических показателей в первую очередь необходимо контролировать влажность и кислотность.

Проведено сравнение пищевой ценности круп гречневой (ядрицы), быстрого приготовления, прошедшей ИК и СВЧ обработки.

Химический состав и энергетическая ценность круп при различных способах обработки на 100 г продукта представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав и энергетическая ценность круп

Наименование показателя	Крупа (необработанная дополнительно)	КБП (после ИК- обработки)	КБП после СВЧ- обработки
Гречневая крупа (ядрица)			
Массовая доля белка, %	13,91±0,02	13,83±0,02	14,21±0,02
Массовая доля жира, %	3,3±0,02	3,3±0,02	3,3±0,02
Массовая доля углеводов, %	57,1±0,2	56±0,3	55,96±0,2
в т.ч.			
– крахмал, г	55,4±0,2	54,3±0,2	54,29±0,2
– моно- и дисахариды, г	1,4±0,2	1,37±0,2	1,37±0,2
Энергетическая ценность, ккал	308,5	300,82	303,86
Влажность, %	12±0,5	6,4±0,5	10,5±0,5
Массовая доля белка в пересчете на сухое вещество, %	15,81	14,78	15,79
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %	3,75	3,53	3,67
Массовая доля углеводов в пересчете на сухое вещество, %	64,89	59,83	62,18
Перловая крупа			
Массовая доля белка, %	11,85±0,02	11,6±0,02	11,44±0,02
Массовая доля жира, %	1,1±0,02	1,1±0,02	1,1±0,02
Массовая доля углеводов, %	66,9±0,2	65,61±0,4	65,56±0,3
в т.ч.			
– крахмал, г	65,70±0,2	64,43±0,2	64,38±0,2
– моно- и дисахариды, г	0,90±0,2	0,88±0,2	0,88±0,2
Энергетическая ценность, ккал	327,90	321,58	321,92
Влажность, %	11±0,5	10,8±0,5	13±0,5
Массовая доля белка в пересчете на сухое вещество, %	13,31	13,00	13,15
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %	1,24	1,23	1,26
Массовая доля углеводов в пересчете на сухое вещество, %	75,17	73,55	74,9

Сохранность основных (БЖУ) пищевых веществ в крупах после СВЧ выше, чем при ИК-обработке, в среднем на 1,6 %.

Например, в пересчете на сухое вещество в контрольной пробе (крупа необработанная гречневая) массовая доля белка равна 15,81 %, в крупе после СВЧ обработки – 15,79 %, в ИК – 14,78.

В перловой 13,31%, 13,15% и 13,00 % соответственно.

Углеводов в гречневой крупе сохраняется при микроволновом облучении на 3,6 % больше, чем при ИК-обработке, в перловой на 1,8%.

Обусловлено это, прежде всего тем, что СВЧ-обработка более «мягкая»: крупа равномерно нагревается по всему объёму, температура нагрева поднимается до 95-98 °С. ИК-нагрев характеризуется небольшой глубиной проникновения и более резким перепадом температур в слоях крупы.

Изучение влияние СВЧ обработки на биологическую ценность круп проводилось на примере водорастворимых витаминов группы В (табл.3).

Таблица 3 – Показатели содержания витаминов в крупах, в пересчете на сухое вещество

Витамин	Необработанная крупа	КБП после СВЧ обработки	КБП (обработанная ИК)
Крупа гречневая (ядрица)			
В ₁	0,35	0,3	0,28
В ₂	0,27	0,25	0,26
Ниацин	5,57	3,74	3,56
Крупа перловая			
В ₁	0,83	0,72	0,69
В ₂	0,18	0,16	0,14
Ниацин	2,92	2,1	2,03

Уменьшение количества витамина связано с мойкой крупы и ее нагревом при производстве. При СВЧ-обработке сохраняемость витаминов находится на том же уровне или выше в среднем на 2...6% в сравнении с ИК-нагревом.

Для изучения влияния СВЧ обработки на микробиологические показатели крупы провели сравнительный анализ-исследование необработанной крупы (гречневой и перловой 1 сорта), обработанной СВЧ (5 минут, 500 Вт) и ИК обработка (УТЗ-4). Исследование проводили по показателям: бактерии группы кишечных палочек (БГКП), количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) и плесневелые грибы.

БГКП – не были обнаружены в 1 г каждого из исследуемых образцов. Показатели КМАФАнМ уменьшились после СВЧ обработки на 56% для перловой крупы, в сравнении с контролем; на 8% для гречневой.

Разработка и проектирование продуктов на основе КБП (методом математического анализа)

Разработка пищевого продукта, сбалансированного по белкам, жирам и углеводам, требует систематического подхода, включающего несколько этапов.

Определим цель разработки рецептуры продукта питания: необходимо разработать продукты питания для взрослого населения, при этом количество белков, жиров и углеводов должно быть сбалансировано. Принимаем продукт для мужчины 30 лет, 2 категория труда. Готовый продукт (каша) должен удовлетворять потребности мужчин в пищевых веществах и энергии на 10% в сутки. Принимаем данное соотношение за эталон.

Крупу быстрого приготовления, обработанную СВЧ, можно применять для приготовления гарниров и блюд из сборников рецептов на предприятиях общественного питания.

Математическая постановка задачи для составления оптимальной рецептуры.

Вектор эталона качества продукта:

$$etalon = \langle etalon(j) \rangle, j=1, M \quad (1)$$

где $etalon(1)$ – белки (г) в 100 г продукта,

$etalon(2)$ – жиры (г) в 100 г продукта,

$etalon(3)$ – углеводы (г) в 100 г продукта,

$etalon(4)$ – энергетическая ценность (ккал) в 100 г продукта,

$etalon(5)$ – витамин В1 (мг) в 100 г продукта,

$etalon(6)$ – витамин В2 (мг) в 100 г продукта,

$etalon(7)$ – ниацин (мг) в 100 г продукта;

набор ингредиентов:

$$Ingr(i) = \langle ingr(i,j) \rangle \quad i=1, N \quad j=1, M \quad (2)$$

где $ingr(i, j)$ – j -тый показатель качества i -го ингредиента.

Набор показателей качества ингредиентов совпадает с показателями качества эталона.

$$\text{Определяем: вектор } X = \langle x(i) \rangle \quad i = 1, N \quad (3)$$

где $x(i)$ – доля i -го ингредиента в купаже рецептуры, в %, причем, значения этих долей могут принимать только из множества 0,1,2, 3. Таким образом решение ищется с точностью до одного процента.

$$qur(j) = \sum_{i=1}^N ingr(i, j) * x(i) \quad (4)$$

Допустимое решение:

Допустимым решением будем называть такой k – тый вариант вектора для которого справедливо:

$$\sum_{i=1}^N x(k, i) = 100 \quad (5)$$

$$\forall k \forall i \quad \text{minen}(i) \leq x(k, i) \leq \text{maxen}(i) \quad (6)$$

где $\text{minen}(i)$, $\text{maxen}(i)$ – соответственно минимальное и максимальное допустимое значение ингредиента в купаже (задается технологом).

Критерий оптимальности:

Рассматриваются два варианта критерия:

1. Критерий 1. Оценивает нормированную разницу между эталоном и купажем:

$$Q1 = \sqrt{\sum_{j=1}^M (etalon(j) - qur(j))^2 / etalon(j)^2} \quad (7)$$

2. Критерий 2. Оценивает компоненту с максимальным нормированным абсолютным отклонением от соответствующей эталонной:

$$Q2 = \max_j \frac{|etalon(j) - qur(j)|}{etalon(j)} \quad (8)$$

Оптимальное решение:

1. Оптимальным решением 1 будем называть такой допустимый вектор $X(k)$, который минимизирует $Q1$:

$$Q1 = \min_k Q1(k, X(k)) \quad (9)$$

2. Оптимальным решением 2 будем называть такой допустимый вектор $X(k)$, который минимизирует $Q2$

$$Q2 = \min_k Q2(k, X(k)) \quad (10)$$

Поставленная задача по своему классу относится к задачам целочисленного нелинейного математического программирования. Для ее решения разработан алгоритм и программа, реализующие схему направленного формирования допустимых вариантов с отсевом недопустимых. Программа реализована на платформе C++Builder 6.0/.

Каша перловая с соевым мясом, луком и морковью

Обосновано и предложено в состав каши ввести соевые продукты. Такой продукт можно отнести и к группе вегетарианских блюд, увеличив содержание белка и расширив спектр аминокислот .

Основные компоненты каши – это крупа перловая, обработанная СВЧ, лук жареный сушеный, морковь сушеная, соевое мясо, а также смесь специй и пряностей для придания более яркого вкуса и аромата (чеснок сушеный).

На рисунке 9 приведён результат решения задачи.

Таким образом, в результате математического планирования задачи составлена оптимальная рецептура каши перловой с морковью, луком и соевым мясом, приведенной в таблице 4.

ЭТАЛОН, КУПАЖИ, ИНГРЕДИЕНТЫ, КРИТЕРИИ

	ЭЦ, ккал	Белок, г.	Жиры, г.	Углев. г.	В1, мг.	В2, мг.	Ниацин, мг.	Критерий-1	Критерий-2
Эталон	275	8,9	9,2	39,2	0,15	0,18	2		
Купаж-1	159,36	7,18	3,46	26,00	0,24	0,10	0,691	1,303	
Купаж-2									
Каша перло	102,2	3,74	0,37	20,98	0,21	0,05	0,76		
Лук сушеный	299	12,97	0,44	74,68	0,08	0,03	0,3		
Морковь суш	277	13	1	54	0,53	0,42	1,04		
Чеснок суш	352	16	0	72	0,08	0,08	2,8		
Мясо соево	298	52	2	18	0,94	0,85	0		
Масло олив	898,2	0	99,8	0	0	0	0		

ОГРАН. ПО ИСПОЛ. ИНГРЕД

	Минимум	Максимум
Каша, свар	30	90
Лук суш. жа	6	8
Морковь, су	3	5
Чеснок суш	1	1
Мясо соево	5	8
Масло слив	1	3

ОПТИМ. КУПАЖ

80

ОТЛАДОЧНОЕ ОКНО

```

*****ИНГРЕДИЕНТЫ*****
102.20 3.74 0.37 20.98 0.21 0.05 0.76
299.00 12.97 0.44 74.68 0.08 0.03 0.30
277.00 13.00 1.00 54.00 0.53 0.42 1.04
352.00 16.00 0.00 72.00 0.08 0.08 2.80
298.00 52.00 2.00 18.00 0.94 0.85 0.00
898.20 0.00 99.80 0.00 0.00 0.00 0.00
*****ЭТАЛОН*****
275.00 8.90 9.20 39.20 0.15 0.18 2.00
i= 0 min=90 max=90
i= 1 min=6 max=8
i= 2 min=3 max=5
i= 3 min=1 max=1
i= 4 min=5 max=8
  
```

РАССЧИТАТЬ

Рисунок 9 – Результат решения задачи

Таблица 4 – Рецептура и химический состав каши перловой с соевым мясом, луком и морковью

Показатели	Масса, г	ЭЦ, ккал	Белок, г	Жиры, г	Углеводы, г	Витамин В ₁ , мг	Витамин В ₂ , мг	Ниацин, мг
Эталон	100	275	8,9	9,2	39,2	0,15	0,18	2
Купаж смеси	100	156,37	7,05	3,45	25,25	0,24	0,10	0,69

Для получения 80 г каши перловой, необходимо взять 27 г крупы. Итоговая рецептура смеси для приготовления каши перловой с морковью, луком и соевым мясом приведена в таблице 5.

Таблица 5 – Рецептура каши перловой с морковью, луком и соевым мясом

Наименование сырья	Масса нетто, г	
	КБП перловая	27
Лук сушеный жареный	7	11
Морковь сушеная	3	5
Чеснок сушеный	1	2
Мясо соевое	5	8
Масло оливковое	3	5
Выход готовой каши	100	150

Технология приготовления: В предварительно подсолённую кипящую воду высыплют смесь, тщательно перемешивают и варят при слабом кипении от 15 до 18 минут. Количество воды для варки одной порции каши рассыпчатой – 100 мл.

Одна порция такой каши массой 150 г восполнит 8,55 % суточной потребности в энергии.

Также разработали рецептуру каши гречневой с луком и морковью. В состав входят крупа гречневая, обработанная СВЧ, лук жареный сушеный, морковь сушеная. Постановка задачи и решение идентичны задаче выше.

Таблица 6 – Рецептура смеси для приготовления каши гречневой с луком и морковью

Наименование сырья	Масса нетто, г	
	КБП гречневая	38
Лук сушеный жареный	7	11
Морковь сушеная	4	6
Масло оливковое	9	14
Выход готовой каши	100	150

Сухие компоненты необходимо засыпать в кипящую подсолённую воду, тщательно перемешать и варить 10 минут. Рекомендованное количество соли пищевой поваренной – 1,5 г. Количество воды для варки 1 порции каши рассыпчатой – 110 мл, для варки вязкой каши – 230 мл.

Если принять выход готовой каши 150 г, то каша перловая с луком, морковью и соевым мясом покроет 6% от суточной нормы ккал (от 2750 ккал), а каша на основе гречневой крупы овощами на 8,3%.



Рисунок 10 – Смесь крупяная перловая с соевым мясом, морковью и луком



Рисунок 11 – Смесь крупяная гречневая с соевым мясом, морковью и луком

На рисунках 10 и 11 представлены фотографии готовых смесей.

Упаковка смесей круп должна быть герметичной, так как все компоненты имеют высокое влагопоглощение. Рекомендуется применять пакеты дой-пак с zip-замком для упаковки, на них же нанести логотипы и основную информацию о продукте в соответствии с ТР ТС 022/2012 и ТР ТС 005/2012.

В пятой главе рассмотрена целесообразность изменения способа обработки круп с технологии ИК-нагрева на технологию СВЧ-излучения в производстве круп быстрого приготовления с экономической точки зрения. Представлены результаты анализа потребительского спроса на крупяные продукты.

Полная себестоимость 1 кг СВЧ-обработанной крупы составит 37,14 руб. для гречневой крупы и 15,6 рублей для перловой. Цена ИК-обработанной гречневой крупы 38, 2 рублей, то есть уменьшение себестоимости составит 2,8%; для перловой крупы себестоимость уменьшается на 6,3%. Срок окупаемости линии производства КБП с применением СВЧ обработки составляет менее полугода. Рентабельность –22,4%.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Разработана структурно-функциональная модель пищевой системы производства продуктов на основе КБП. Это позволило получить более полное представление о работе производственной системы, изучить структуру и функциональные компоненты, определить различные входы, процессы и выходы, участвующие в производственном процессе, и то, как они взаимосвязаны. Модель обеспечила основу для анализа различных элементов производственной системы и их влияния друг на друга.

2. Теоретически исследованы современные способы производства круп быстрого приготовления, выявлены основные тенденции и действующие факторы. Современное производство направлено на уменьшение энерго- и ресурсозатрат, при одновременном увеличении производительности. Способ производства определяется тепловым воздействием на крупу (ИК, дополнительная ГТО, микронизация) или экструзионные процессы. К недостаткам существующих технологий относят: изменение в процессе производства внешнего вида крупы, путем дробления или плющения. Обоснована целесообразность применения СВЧ обработки для производства круп быстрого приготовления.

3. Поставлена и решена задача оптимизации режимов СВЧ обработки крупы при производстве КБП. Режим обработки обеспечивает наименьшие показатели по таким позициям, как время варки крупы до готовности и её влажность после обработки СВЧ, а также высокий балл по органолептическим характеристикам. Составлены и обоснованы уравнения зависимостей времени варки и влажности от продолжительности и мощности СВЧ обработки. Разработана программа, позволяющая выбрать оптимальных режим СВЧ обработки.

4. Получены результаты по исследованию влияния СВЧ обработки на потребительские свойства круп:

а) установлено влияние СВЧ на длительность варки крупы: она снижается обратно пропорционально мощности и времени облучения СВЧ. Продолжительность варки гречневой крупы по сравнению с необработанной (контроль) уменьшилась на 75%, для перловой крупы значения составили 51,5%;

б) влажность крупы уменьшается с увеличением мощности и продолжительности обработки СВЧ: для гречневой крупы влажность составила 10%, для перловой – 13%;

в) кислотное число жира, в пересчете на объем КОН, в крупе, обработанной СВЧ (8,38 для гречневой, 5,63 для перловой), ниже, чем в сыром зерне (13,39 для гречневой, 7,9 для перловой);

г) в пересчете на сухое вещество, в контрольной пробе (крупа необработанная) гречневая массовая доля белка в контроле равна 15,81 %, в крупе после СВЧ-обработки – 15,79 %, а после ИК обработки – 14,78%. В перловой крупе – 13,31%, 13,15% и 13,00 % соответственно;

д) углеводов в гречневой крупе сохраняется при микроволновом облучении на 3,6 % больше, чем при ИК-обработке, в перловой – 1,8%.

е) витамин В1 сохраняется лучше после СВЧ-обработки на 6,07 % для гречневой крупы, а для перловой на 3,35%; РР витамин – на 3,3% и 2,28% соответственно;

ж) активность амилазы уменьшалась (на 89,9% в перловой крупе, на 91,2% в гречневой крупе);

з) санитарно-эпидемиологические показатели круп соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011.

5. Установлен рациональный режим СВЧ обработки: 5 минут при мощности 500 Вт, а также дополнительные технологические операции: предварительная мойка зерна, сушка (отволаживание), досушка крупы.

6. Разработаны рецептуры и технологии приготовления продуктов на основе круп быстрого приготовления: каши рассыпчатые.

7. Определена пищевая ценность круп: в пересчете на сухое вещество в контрольной пробе (крупка необработанная гречневая) массовая доля белка равна 15,81 %, в крупе гречневой после СВЧ обработки – 15,79 %, а в ИК – 14,78. Также оценивались каши, приготовленные на основе обработанных круп

8. Методом математического анализа разработаны рецептуры продуктов на основе КБП: каша гречневая с морковью и луком, каша перловая с морковью, луком и соевым мясом, а также гранола.

9. Разработаны технологические инструкции, технические условия производства, патенты и технико-технологические карты на продукты.

10. Определено, что производительность технологии СВЧ-излучения выше по сравнению с производительностью технологии ИК-нагрева в 2,5 раза. Прибыль на 1 т продукции составит 25,35 тыс. руб. для перловой и 74,55 тыс. руб. для гречневой круп, что подтверждает необходимость внедрения предложенной технологии.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

I. Статьи в журналах, рецензируемых ВАК Минобрнауки РФ

1. Снурникова, Ю.А. Влияние СВЧ-обработки на деструкцию крахмала и ферментативную активность в крупе / Ю.А. Снурникова, А.Д. Тошев // Вестник КрасГАУ. – 2022. – №11. – С. 202-207.

2. Снурникова, Ю.А. Разработка смеси для вторых блюд на основе круп быстрого приготовления / Ю.А. Снурникова, С.А. Гурованов, А.Д. Тошев // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов.–2022.– №5(76).– С. 14-17.

3. Гурованов, С.А. Разработка туристических продуктов питания с заданными свойствами из крупяного сырья / С.А. Гурованов, Ю.А. Снурникова, А.Д. Тошев // Вестник КрасГАУ. – 2022.– № 9. – С. 199-204.

4. Кирьянова, Л.А. Анализ востребованности быстрорастворимых круп / Л.А. Кирьянова, Кузнецова А.В., Рушиц А.А., Снурникова Ю.А. // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2018. – №1(48).– С. 109-112.

5. Тошев, А.Д. Разработка продуктов с повышенной пищевой ценностью из круп / А.Д. Тошев, Ю.А. Снурникова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов.–2017.– №2(43) – С. 34–38.

6. Снурникова (Шалагина), Ю.А. Возможность создания функциональных продуктов питания на основе быстрорастворимых круп / Ю.А. Снурникова (Шалагина), Б.М. Кисимов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2014.– Т. 2, №1. – С. 91-93.

II. Публикации в научных журналах Web of Science:

7. Snurnicova, G. Instant grains in sports nutrition: effect of microwave processing on moisture content and moisture-binding capacity / G. Snurnicova, B. Kisimov, V. Mezentcev, N. Shepeleva // Proceedings of the 4th International Conference on Innovations in Sports, Tourism and Instructional Science (ICISTIS 2019). – 2019. – Vol. 17. – P. 115-118.

III. Патенты и программы:

8. Патент № 2557721 Российская Федерация, МПК А23L 1/10(2006.01), А23В 9/04(2006.01), А23L 1/025(2006.01). Способ производства круп быстрого приготовления: № 2014119664: заявл. 15.05.2014 : опубл. 27.07.2015/ Тошев А.Д., Кисимов Б.М., Шалагина (Снурникова) Ю.А.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) (ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ)).

IV. Монографии:

9. Снурникова, Ю.А. Разработка энерго- и ресурсосберегающей технологии круп быстрого приготовления / Ю.А. Снурникова, А.Д. Тошев. – Челябинск.: Издательский центр ЮУрГУ, 2019.– 96 с.

V. Другие публикации:

10. Посполитак, Н.Р. Изменение рациона питания студентов очного отделения / Н.Р. Посполитак, Ю.А. Снурникова // Молодой исследователь: материалы 9-й научной выставки-конференции научно-технических и творческих работ студентов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. – 2022. – С. 380-385.

11. Гурованов, С.А. Сравнение промышленной технологии ИК-нагрева и СВЧ-излучения при разработке крупы быстрого приготовления / С.А. Гурованов, А.Д. Тошев, Ю.А. Снурникова, Е.С. Орлова // Заметки ученого. – Ростов-на-Дону: Издательство Южный университет – 2021. – № 5-2. – С. 109-113.

12. Гурованов, С. А. Методические рекомендации по составлению рациона питания для работников умеренного труда (в Т.Ч. Учителя начальных классов) / С. А. Гурованов, Ю. А. Снурникова, Н. Ф. Шалагина // Фундаментальная и прикладная наука: Состояние и тенденции развития: Сборник статей XII Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 07 июня 2021 года. – г. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2021. – С. 17-22.

13. Гурованов, С.А. Технология разработки снека "ГРАНОЛА" для питания спортсменов / С.А. Гурованов, Ю.А. Снурникова, А.Д. Тошев // Молодой исследователь: материалы 7-й научной выставки-конференции научно-технических и творческих работ студентов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2020 –№7.– С. 373-380.

14. Снурникова, Ю.А. Тенденции развития технологического оборудования для производства быстро разваривающихся круп / Ю.А. Снурникова // Наука ЮУрГУ: материалы 70-й научной конференции. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – С. 663-668.

15. Тошев, А. Д. Особенности блюд из круп в питании человека / А.Д. Тошев, Ю.А. Снурникова // Актуальные проблемы пищевой промышленности и общественного питания: материалы Международной научно-практической конференции. – Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2017. – С. 281-285.

16. Снурникова (Шалагина), Ю.А. Изменение объема крупы при СВЧ обработке / Ю.А. Снурникова (Шалагина) // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) Ежемесячный научный журнал. – 2016. – Т.4. – С. 49-52.

17. Снурникова (Шалагина), Ю.А. Определение изменений микробиологических показателей круп / Ю.А. Снурникова (Шалагина) // Приоритетные направления развития пищевой индустрии. – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2016. – С. 620-625.

18. Снурникова (Шалагина), Ю. А. Тенденции развития современного технологического оборудования для производства готовых завтраков и круп / Ю. А. Снурникова (Шалагина) // Наука ЮУрГУ: материалы 68-й научной конференции. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – С. 501-505.

19. Снурникова (Шалагина), Ю. А. Влияние СВЧ излучения на кислотность и влажность круп / Ю. А. Снурникова (Шалагина) // Наука ЮУрГУ: материалы 67-й научной конференции. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – С. 552-560.

20. Снурникова (Шалагина), Ю.А. Обзор способов производства круп быстрого приготовления / Ю.А. Снурникова (Шалагина), Н.С. Шибанов // Современное бизнес-пространство: актуальные проблемы и перспективы. Молодежный журнал. – 2015. – Т. 2. – С. 147-149.

21. Снурникова (Шалагина), Ю. А. К вопросу о потребительских свойствах полуфабрикатов высокой степени готовности / Ю. А. Шалагина // Наука ЮУрГУ: материалы 66-й научной конференции. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – С. 355-359.

22. Кретьева, Ю.И. Перспективы использования СВЧ-обработки при производстве функциональных продуктов питания / Ю.И. Кретьева, Ю.А. Снурникова (Шалагина) // Товаровед продовольственных товаров. – 2014. – Т. 11. – С.10-14.

23. Кисимов, Б.М. Оценка эффективности индукционной плиты ПЭИ-4 / Б.М. Кисимов, В.В. Чаплинский, Ю.А. Снурникова (Шалагина) // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2013. – № 1. – С. 19-22.

24. Снурникова (Шалагина), Ю.А. Разработка энергосберегающей технологии производства круп быстрого приготовления / Ю.А. Снурникова (Шалагина) // Торгово-экономические проблемы регионального бизнес пространства. – 2013. – Т.1. – С. 352-354.

25. Снурникова (Шалагина), Ю.А. Технологические свойства круп / Ю.А. Снурникова // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: материалы VI Международной научно-практической конференции. – Челябинск: Южно-Уральский

государственный университет (национальный исследовательский университет), 2013. –Т.2– С. 29-33.

26. Кисимов, Б.М. Влияние СВЧ-излучения на осахаривание крахмала / Б.М. Кисимов, А.А. Рущиц, Ю.А. Снурникова (Шалагина) // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: материалы IV Международной научно-практической конференции. – Челябинск: Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 2011. – Т.2. – С. 125-127.

27. Снурникова, Ю.А. Современные технологии приготовления пищи и изменение потребительских свойств / Ю.А. Снурникова (Шалагина) // Научный поиск: материалы третьей научной конференции аспирантов и докторантов. – Челябинск: Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 2011.–Т. 1.– С. 176-179.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БГКП – бактерии группы кишечной палочки

ГТО – гидротермическая обработка

ИК – инфракрасный

КБП – крупы быстрого приготовления

КМАФАнМ – количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов

КЧЖ – кислотное число жира

ПП – перегретый пар

СВЧ – сверх высокочастотный