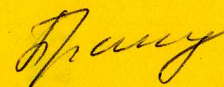


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ ПО РЫБОЛОВСТВУ

МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Бражная Инна Эдуардовна



РАЗРАБОТКА АРОМАТИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРЕСЕРВОВ НА ОСНОВЕ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ ДЫМА
ФРИКЦИОННЫМ СПОСОБОМ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Мурманск

1998

815

На правах рукописи

БРАЖНАЯ ИННА ЭДУАРДОВНА

**РАЗРАБОТКА АРОМАТИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРЕСЕРВОВ НА ОСНОВЕ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ ДЫМА
ФРИКЦИОННЫМ СПОСОБОМ**

- 05.18.12 - "Процессы и аппараты пищевых производств"
- 05.18.04 - "Технология мясных, молочных и рыбных продуктов"

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ВНЦРО
№ _____
Библиотека

Мурманск - 1998

Работа выполнена в Мурманском государственном техническом университете Департамента по рыболовству Министерства сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Ершов А. М.

Научные консультанты: доктор технических наук, профессор Глазунов Ю. Т.
кандидат биологических наук, профессор Перетрухина А. Т.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Большаков А. С.
кандидат технических наук, доцент Фатыхов Ю. А.

Ведущая организация: ОАО НПЦ "Севрыбтехцентр" г. Мурманск

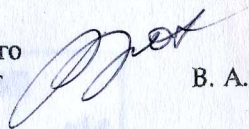
Защита состоится "23" октября 1998 г., в 11⁰⁰ часов на заседании специализированного ученого Совета К 117.06.01. при Мурманском государственном техническом университете.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ.

Ваши отзывы (в двух экземплярах, заверенные печатью) просим присылать по адресу: 183010, г. Мурманск, ул. Спортивная, 13, МГТУ. Ученому секретарю специализированного Совета К 117.06.01.

Автореферат разослан "22" сентября 1998 г.

Ученый секретарь специализированного Совета, кандидат технических наук, доцент



В. А. Гроховский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. При производстве консервов и пресервов все более широкое применение находят различные соусы и заливки, растительное масло, ароматизированное специями или коптильными препаратами, и полуфабрикат, ароматизированный дымовоздушной смесью.

Производство малосоленых пресервов из подкопченного филе в масле позволяет расширить ассортимент деликатесной продукции. Однако, введение в технологический процесс дополнительной операции копчения значительно усложняет приготовление пресервов. Его можно существенно упростить, применяя вместо дыма коптильные препараты. При этом уменьшается объем дымовых выбросов в атмосферу, процесс хорошо поддается механизации и автоматизации, возможно его регулирование по степени прокопченности полуфабриката, а готовая продукция не будет содержать вредных для здоровья веществ типа 3,4-бензпирена, нитрозодиметиламина и других нитрозосоединений.

В последнее время повышенное внимание уделяют пресервам в ароматизированном масле. Для ароматизации используют коптильные препараты типа "Вахтоль", ВНИРО, ВНИИМП, "Амафил" и другие. Однако, качество рыбных изделий с данными коптильными препаратами не по всем параметрам отвечает современным требованиям. Лучшими показателями обладает препарат ВНИРО, но его свойства зависят от типа используемого дымогенератора, поэтому возможны значительные колебания химического состава и как результат - качества готовой рыбной продукции. Таким образом, совершенствование технологии получения несодержащих канцерогенных, токсичных веществ коптильных препаратов стабильного химического состава и использование их в качестве вкусо-ароматической добавки при производстве пищевых продуктов является актуальной задачей.

Цель работы. Целью настоящей работы является совершенствование процесса генерации дыма во фрикционном дымогенераторе и разработка на этой основе нового вкусового ароматизатора для пресервов.

Для достижения данной цели в настоящей работе поставлены следующие задачи:

1) на основе процесса дымообразования во фрикционном дымогенераторе разработать технологию получения коптильного препарата с улучшенными технологическими свойствами (с разработкой НТД);

2) определить органолептические, физические и химические характеристики копильного препарата;

3) разработать технологию применения нового копильного препарата для производства пресервов из разделанной рыбы в ароматизированном масле (с разработкой НТД).

4) провести поиск предпочтительных условий ароматизации масла и установить возможность многократного использования копильного препарата при проведении данного технологического процесса.

Научная новизна работы. Впервые разработан способ получения копильного дыма во фрикционном дымогенераторе с использованием древесины с начальной массовой долей воды от 50 до 70 %.

Исследован процесс сгорания древесины фрикционным способом в диапазоне влажностей от 50 до 70 %. Предложена математическая модель, адекватно описывающая его.

Установлена зависимость скорости прогревания древесины от ее начальной влажности.

Изучены органолептические, физические, химические и биологические показатели копильного препарата, полученного путем абсорбции дыма из фрикционного дымогенератора.

Установлено оптимальное соотношение свежего и отработанного копильного препарата при повторном его использовании для ароматизации масла в производстве пресервов.

Исследованы органолептические, биохимические и микробиологические показатели пресервов с использованием копильного препарата, полученного из дыма фрикционного дымогенератора.

Практическая ценность. Разработана технология получения копильного препарата "Сквама" на основе конденсации паровой фазы дыма в воде, полученного при низкотемпературном пиролизе на фрикционном дымогенераторе. Разработана соответствующая нормативно-техническая документация: ТИ 2455-001-11796723-94 по производству копильного препарата "Сквама", ТУ 2455-001-11796723-94 "Копильный препарат "Сквама". Технические условия".

Разработана технология пресервов из разделанной рыбы в ароматизированном масле с использованием копильного препарата "Сквама" в качестве ароматизатора. Разработана соответствующая нормативно-техническая документация:

ТИ 9272-003-11796723-97 по производству пресервов из разделан-

ной рыбы в ароматизированном масле;

ТУ 9272-003-11796723-97 "Пресервы из разделанной рыбы в ароматизированном масле. Технические условия".

Дополнительный годовой экономический эффект от внедрения новой технологии производства пресервов из разделанной рыбы в ароматизированном масле на предприятии ТОО "Сквама" составит ориентировочно 540,8 млн. руб. (в ценах 1997 г.).

Внесение масла, ароматизированного копильным препаратом "Сквама", в количестве около 25 % от массы нетто увеличивает сроки хранения пресервов с массовой долей соли от 4,5 до 5,5 % до 4 месяцев; от 5,5 до 7,0 % до 5 месяцев, что на 1 месяц больше, чем для традиционных видов.

Основные положения работы, выносимые на защиту

1. Результаты исследований процесса дымообразования во фрикционном дымогенераторе, математическая модель процесса.

2. Технология получения копильного препарата "Сквама".

3. Технология производства пресервов в ароматизированном масле с использованием копильного препарата "Сквама" в качестве ароматизатора.

4. Результаты сравнительных исследований органолептических, химических и микробиологических характеристик пресервов в масле и пресервов в ароматизированном масле, выработанных по разработанной технологии.

5. Техничко-экономические показатели эффективности внедрения разработанной технологии производства пресервов из разделанной рыбы в ароматизированном масле в промышленных условиях.

Внедрение результатов исследований. В промышленных условиях Товарищества с ограниченной ответственностью "Сквама" по разработанной технологии выработано 70 литров копильного препарата "Сквама". Копильный препарат, изготовленный по Технологической инструкции № 2455-001-11796723-94, соответствовал требованиям ТУ 2455-001-11796723-94 "Копильный препарат "Сквама". Технические условия". Пресервы "Сельдь филе-кусочки в ароматизированном масле" в количестве 1000 физических банок № 2 (0,57 туб) с использованием копильного препарата "Сквама" в качестве ароматизатора были изготовлены в промышленных условиях на ОАО "Мурманский рыбокомбинат" по Технологической инструкции № 9272-003-11796723-97 и

соответствовали требованиям ТУ 9272-003-11796723-97 "Пресервы из разделанной рыбы в ароматизированном масле. Технические условия".

Образцы пресервов были представлены на дегустациях в НПО "Севрыбтехцентр", Полярном научно-исследовательском институте морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича, Мурманском морском биологическом институте РАН, Мурманском государственном техническом университете. Продукция получила положительные отзывы дегустаторов.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы представлены на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава, аспирантов и сотрудников МВИМУ-МГТУ (1991-1997 гг.); научно-технической конференции "Наука-производству" (Москва, 1991 г.); научно-технической конференции на международной выставке "Инрыбпром-92" (Ленинград, 1992 г.); отраслевой научно-технической конференции "Современные технологии и оборудование для переработки гидробионтов" (Мурманск, МГАРФ, 1994 г.)

Разработанные образцы продукции были представлены на выставке-ярмарке "Наука-производству" (Москва, 1991 г.), выставке "Рыба-98" и награждены Серебряной медалью ВДНХ.

Экспериментальная часть работы выполнена на кафедре технологии рыбных продуктов Мурманского государственного технического университета в рамках НИР по госбюджетной теме "Разработка малооперационных технологических процессов получения сушеных и копченых изделий из водного сырья" (№ госрегистрации 01900025623). Результаты внедрены в учебный процесс при преподавании дисциплин "Основы технологии продуктов питания" и "Технология производства продуктов из водного сырья".

Основное содержание диссертации опубликовано в 16 работах, в том числе двух депонированных статьях. Получено положительное решение о выдаче патента на изобретение РФ по заявке № 96108847/13 (015099) "Способ получения копильного дыма".

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на 219 страницах, содержит 17 таблиц и 29 рисунков. Список литературы включает 168 наименований, из них 25 зарубежных авторов. В приложении представлены акты лабораторных и производственных испытаний, технические условия и технологические инструкции, расчет

ожидаемого экономического эффекта от внедрения разработанной технологии, протоколы дегустационных совещаний.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель исследований и научная новизна, показана практическая ценность результатов для рыбной промышленности.

В первой главе "Обзор литературы" рассмотрены способы получения копильного дыма, его химический состав и свойства.

Проанализировано влияние различных факторов на качество дыма и, соответственно, готового продукта. Рассмотрены известные данные об образовании токсичных и канцерогенных веществ при дымообразовании. Отмечено, что повышение температуры пиролиза древесины выше 350 °С нецелесообразно. Дан обзор существующих фрикционных дымогенераторов, в которых процесс дымообразования протекает при низких температурах, позволяющих получать копильный дым практически свободный от нежелательных вредных веществ.

Обобщены литературные сведения о применяемых для производства пищевой продукции в настоящее время в нашей стране и за рубежом копильных препаратов. Дан анализ их свойств, способов получения и очистки. Подробно рассмотрены способы применения копильных препаратов при производстве пищевых продуктов.

При производстве консервов и пресервов все более широкое применение находят различные соусы и заливки, растительное масло, ароматизированное специями или копильными препаратами, и полуфабрикат, ароматизированный дымовоздушной смесью.

Производство малосоленых пресервов из подкопченного филе в масле позволяет расширить ассортимент деликатесной продукции. Однако, введение в технологический процесс дополнительной операции копчения значительно усложняет приготовление пресервов. Его можно существенно упростить, применяя вместо дыма копильные препараты. При этом ликвидируются дымовые выбросы в атмосферу. Процесс хорошо поддается механизации и автоматизации, возможно его регулирование по степени прокопченности полуфабриката, а готовая продукция не будет содержать вредных для здоровья веществ типа 3,4-бензпирена, нитрозодиметиламина.

Использование копильных жидкостей позволят получать высоко-

качественную продукцию, сократить затраты труда и времени на производство, организовать выпуск продукции в ароматизированном масле на предприятиях не имеющих коптильных установок. Выпуск данного вида консервов и пресервов можно легко организовать в условиях моря.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что совершенствование процесса дымообразования фрикционным способом и получение на этой основе нового коптильного препарата, изучение возможности его использования в качестве ароматизатора при производстве пресервов из малоценного сырья является актуальной проблемой.

Во второй главе "Организация эксперимента и методы исследования" определены объекты исследования, порядок отбора проб. Приведены условия проведения экспериментов, методики построения математических моделей исследуемых процессов и порядок статистической обработки экспериментальных данных.

Основным объектом исследований была выбрана мороженая рыба океанического промысла: сельдь, скумбрия атлантические, ставрида океаническая по качеству не ниже 1 сорта и одинаковой степени упитанности, отвечающая требованиям существующей нормативно-технической документации. Данные виды рыб являются основными объектами промысла и являются прекрасным сырьем для пресервного производства.

Подготовку сырья, соленого полуфабриката и вспомогательных материалов (размораживание, разделку на филе, посол, мойку, порционирование, фасование, закатку) осуществляли согласно Технологической инструкции по производству пресервов.

Для ароматизации масла использовали коптильный препарат "Сквама", приготовленный путем абсорбции дыма с фрикционного дымогенератора в воде. Коптильный препарат "Сквама" соответствовал требованиям ТУ 2455-001-11796723-94 "Коптильный препарат "Сквама". Технические условия", разработанным на основании результатов настоящей диссертационной работы.

Для получения коптильного препарата "Сквама" использовали древесину лиственных пород, удовлетворяющую по всем показателям требованиям соответствующей нормативно-технической документации, с начальной влажностью от 50 до 70 %.

Для построения температурных полей внутри образца были проведены эксперименты в статическом режиме. Моделирование про-

цесса пиролиза проводили в обычных условиях с использованием электронагревательного прибора. Для измерения температуры пиролиза использовали тарированные хромель-копелевые термопары и цифровой потенциометр ХК (L) с интервалом измеряемых температур от 0 до 800 °С (0,15/0,05). Время достижения определенных температур измеряли секундомером. Изучение поля температурного распределения в древесине и скорости пиролиза в динамических условиях проводили на промышленном фрикционном дымогенераторе.

В лабораторных условиях коптильный препарат "Сквама" получали путем абсорбции дыма с фрикционного дымогенератора в воде.

Промышленная партия коптильного препарата была произведена на опытно-промышленной установке, установленной в коптильном цехе ТОО "Сквама".

Массовую долю воды в древесном сырье, отбор проб, подготовку их к испытанию проводили стандартными методами (ГОСТ 16483.7-71, ГОСТ 17231-77).

Органолептические показатели (внешний вид и запах) коптильного препарата "Сквама", плотность, общую кислотность определяли по стандартным методикам (ГОСТ 14618.0-78, ГОСТ 18995.1-73); массовую долю фенолов - колориметрически с применением 4-аминоантипирина (Курко, 1977); массовую долю остатка от испарения - путем упаривания коптильного препарата на песчаной бане (Курко, 1977).

Присутствие метанола в коптильном препарате определяли на спектрофотометре UV-3101 PC ("Shimadzu", Япония) по поглощению излучения в ближней инфракрасной области (2100-2400 нм).

В процессе эксперимента и при промышленном апробировании разработанной технологии производства пресервов в ароматизированном масле определяли качественные показатели полуфабриката и готовой продукции. Общий химический состав (содержание воды, липидов, общего азота, небелкового азота) определяли стандартными методами (ГОСТ 7636-85). Долю аминного азота - методом формольного титрования (Лазаревский, 1955). Содержание хлорида натрия (NaCl), массовую долю консервантов, буферность - стандартными методами (ГОСТ 27207-87, ГОСТ 27001-88, ГОСТ 19182-89). Определение органолептических показателей, массы нетто и массовой доли составных частей - по ГОСТ 26664-85. Содержание основных коптильных компонентов определяли с предварительным извлечением их из мышечной

ткани рыбы дистилляцией в растворе хлористого лития (Potthast, 1976) колориметрическим методом по окрашенному комплексу с 4-аминоантипирином и 2,4-динитрофенилгидразином (Базарова, 1978; Курко, 1977). Общую кислотность (в пересчете на уксусную кислоту) - титрованием 0,1 моль/дм³ раствором щелочи (Курко, 1977).

Содержание бензпирена (БП) в копильном препарате, рыбном сырье и в пресервах определялось на спектрофлуориметре MRF-4 ("Hitachi", Япония), а нитрозодиметиламинов (НДМА) - хроматографически на газохроматографической установке с хемилюминисцентным детектором TEA-502 ("Termo Electron Corporation") (Дикун, 1965; Шабал, 1970). Онкогигиеническая оценка экспериментальных образцов проводилась лабораторией онкологии НИИ онкологии им. проф. Н. Н. Петрова (г. Санкт-Петербург).

Содержание гистамина определяли фотометрически на КФК-2 (Методические указания ... ВНИРО, 1988).

Содержание тяжелых металлов (свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, медь, цинк, олово) определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на приборах "Hitachi Model 180-50" ("Hitachi", Япония) и "Spectra AA-20 Plus" ("Varian", США) (Методические указания ... Госкомитета Санэпиднадзора РФ, 1992).

Анализ на хроническую токсичность пресервов проводили в Центральной ветеринарной лаборатории Мурманской области по биопробе на белых мышцах (Курко, 1977).

Органолептические показатели определяли по специально разработанной для этого вида пресервов пятибалльной шкале с введением коэффициентов значимости.

При микробиологическом контроле все образцы пресервов исследовали на присутствие мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАНМ) (ГОСТ 10444.15-94), бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий) (БГКП) и бактерий семейства *Enterobacteriaceae* (ГОСТ 29184-91, ГОСТ Р 50474-93), бактерий рода *Salmonella* (ГОСТ Р 50480-93), *Staphylococcus aureus* (КПС) (ГОСТ 10444.2-94), *Proteus*, *Morganella*, *Providencia* (ГОСТ 26560-90), дрожжевых и плесневых грибов (ГОСТ 10444.12-88), а также сульфитредуцирующих клостридий (СРК) (ГОСТ 29185-91).

Отбор проб пресервов, подготовку их для микробиологического анализа и культивирование микроорганизмов проводили стандартными

методами (ГОСТ 26668-85, ГОСТ 26669-85, ГОСТ 26670-85).

В третьей главе "Результаты исследований и их обсуждение" обобщены результаты исследований процесса дымообразования во фрикционном дымогенераторе, технологии получения копильного препарата и пресервов в ароматизированном масле в лабораторных и промышленных условиях.

На основании анализа литературных данных и результатов экспериментов установлено, что для получения качественной продукции холодного копчения целесообразно использовать древесину с начальной влажностью от 50 до 70 %.

Изменение влажности древесины приводит к изменению ее теплофизических характеристик. Поэтому в процессе работы была проведена серия экспериментов по определению влияния начальной влажности древесины на скорость ее прогревания.

Анализ результатов экспериментов по определению температурных полей в древесине при одностороннем ее нагревании (Рис. 1-3) показывает, что скорость прогревания древесины существенно зависит от ее влажности. Это связано с изменением теплофизических характеристик древесины при ее обезвоживании.

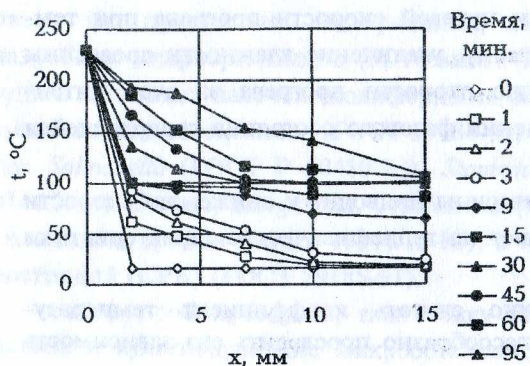
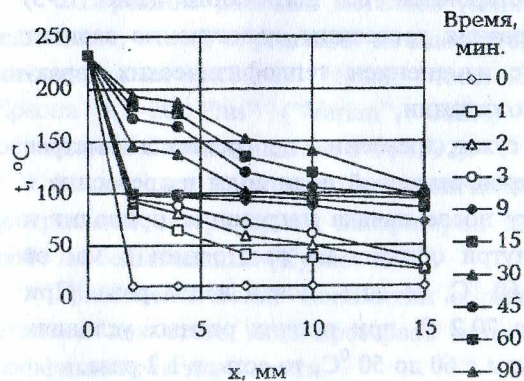
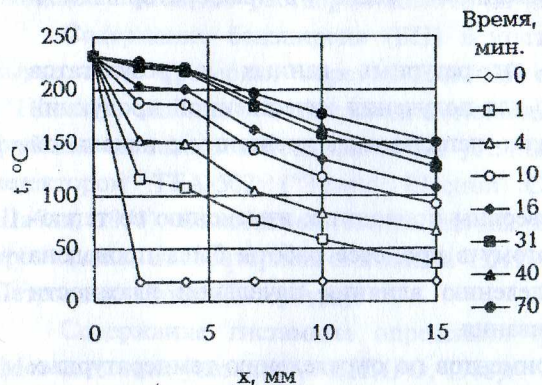
Из рисунков видно, что сухая древесина прогревается быстрее увлажненной. Например, увеличение массовой доли воды в древесине с 3,0 до 56,3 % через одну минуту после начала нагревания приводит к снижению температуры слоя внутри образца на расстоянии 5 мм от поверхности нагрева со 110 до 60 °С, то есть, почти в два раза. При увеличении влажности с 56,3 до 70,2 % при прочих равных условиях наблюдается снижение температуры с 60 до 50 °С, то есть, в 1,2 раза.

Полученные экспериментальные кривые имеют ярко выраженную ступень, соответствующую почти нулевой скорости прогрева при температуре около 100 °С. По-видимому, увеличение влажности древесины приводит к заметному снижению скорости прогрева за счет интенсивного отвода тепла при изменении фазового состояния содержащейся в древесине воды.

Поскольку увлажнение древесины приводит к снижению скорости ее прогревания, значит оно влияет на теплофизические характеристики древесины.

Важнейшей из них можно считать коэффициент температуропроводности (a). Поэтому целесообразно проследить его зависимость

от начальной влажности древесины (W), применяемой для дымообразования. Полученные результаты позволяют решить эту проблему, поскольку эксперименты проводились с древесиной, начальная влажность которой изменялась в пределах от 3,0 до 70,8 %.



На основании решения дифференциального уравнения второго порядка при граничных условиях первого рода была получена следующая зависимость:

$$t(x, \tau) = t_0 + (t_n - t_0) \left(1 - \frac{x}{\sqrt{12a\tau}} \right)^2 \quad (1)$$

Из выражения (1) по известным из эксперимента температурным полям, начальным и граничным условиям определен коэффициент температуропроводности среды:

$$a = \frac{1}{12\tau} \left[\frac{x}{1 - \sqrt{\frac{t(x, \tau) - t_0}{t_n - t_0}}} \right]^2 \quad (2)$$

Используя экспериментальные результаты (Рис. 1-3), полученные для распределения температур в древесине различной влажности, и выражение (2) можно вычислить значение коэффициента температуропроводности для древесины с различным влагосодержанием. При изменении влажности от 3 до 70 % этот коэффициент для березы изменяется в пределах от 1,7 до 10,5 мм²/мин. и хорошо аппроксимируется прямой вида:

$$a(W) = 10,27 - 0,12W, \quad (3)$$

где W - влажность древесины, %;

a - коэффициент, мм²/мин.

Нагревание древесины при пиролизе определяется несколькими процессами: теплопередачей от греющей поверхности, массопереносом воды и пара, дополнительным выделением тепла при собственном тлении древесины. В нашем случае коэффициент температуропроводности учитывает влияние на перенос тепла массоперенос воды и пара.

Данные о влиянии начальной влажности древесины на скорость ее прогревания были проверены на промышленном фрикционном дымогенераторе (Рис. 4)

Во фрикционном дымогенераторе процесс прогревания древесины идет одновременно с процессами истирания и дымообразования. Из рисунка 4 видно, что увеличение начального содержания воды в древесине замедляет процесс ее прогревания. Время достижения температуры

$(100 \pm 2)^\circ\text{C}$ внутри образца увеличивается с ростом начальной влажности от 210 секунд при 3 % до 380 при 65 %. У всех кривых есть участок, на котором скорость прогрева при достижении температуры $(100 \pm 2)^\circ\text{C}$ остается практически постоянной. С ростом начального содержания воды продолжительность этого участка увеличивается. Наличие этого участка объясняется процессом испарения основного количества воды. После окончания этого процесса наблюдается резкое возрастание температуры до 350°C . На этом участке происходит дымообразование и истирание древесины.

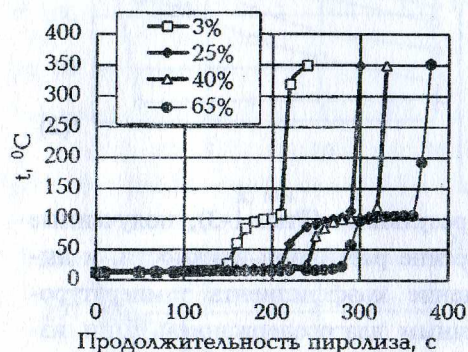


Рисунок 4 - Изменение температуры внутри бруска от времени истирания во фрикционном дымогенераторе при различной начальной массовой доле воды и постоянном усилии прижатия.

Полученные зависимости показывают, что интенсивному прогреванию подвергается только тонкий приповерхностный слой древесины, в то время как более глубокие слои сохраняют низкую температуру (около 100°C). Повышенное начальное содержание воды в древесине способствует сохранению низких температур в глубине образцов в процессе пиролиза во фрикционном дымогенераторе.

Таким образом, результаты изучения влияния начальной влажности древесины на динамику ее прогрева в процессе дымообразования во фрикционном дымогенераторе согласуются с результатами исследования данного процесса в статических условиях.

Результаты исследования зависимости скорости пиролиза от коэффициента теплового рассеивания приведены на рисунке 5.

Из графика видно, что с увеличением коэффициента теплового рассеивания, т. е. с уменьшением начального содержания влаги в образце в соответствии с формулой (2), скорость сгорания (v) увеличивается. Данная кривая хорошо описывается уравнением вида:

$$v = k_1 (1 - \exp(-k_2 a)), \quad (4)$$

где k_1 , k_2 - коэффициенты регрессии, которые соответственно равны 0,8016 и 5249.

Коэффициент корреляции равен 0,991.

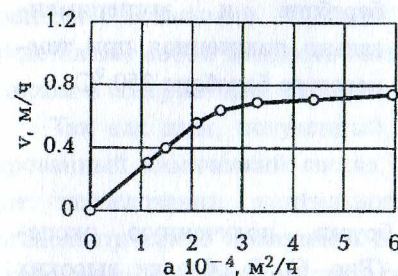


Рисунок 5 - Зависимость скорости пиролиза от коэффициента теплового рассеивания при температуре барабана 350°C .

Таким образом, полученные данные показывают, что с увеличением начальной влажности древесины снижается скорость ее пиролиза во фрикционном дымогенераторе. С другой стороны, с увеличением влажности увеличивается содержание паровой фазы дыма, которая способствует более интенсивному насыщению воды копильными компонентами при получении копильного препарата.

Для исследования процесса сгорания древесины использовался метод сеток. Согласно предположения, что при достижении температуры интенсивного горения, равной 230°C в приповерхностном слое, этот слой разрушается вращающимся барабаном фрикционного дымогенератора, и температура поверхности становится равной температуре барабана, метод сеток был модифицирован следующим образом: при достижении на заданном шаге от края бруска "критической" температуры (230°C) эта часть исключается из расчета, имитируя истирание бруска; затем расчет повторяется для оставшейся части бруска, учитывая полученное в предыдущем расчете температурное поле.

Расчет по модифицированному методу сеток показал, что скорость истирания линейно зависит от начальной влажности древесины в диапазоне интересующих нас влажностей (от 50 до 70 %).

Произвольно изменяя температуру барабана, при одинаковых прочих условиях получили серию прямых, выходящих из начала координат (Рис 6).

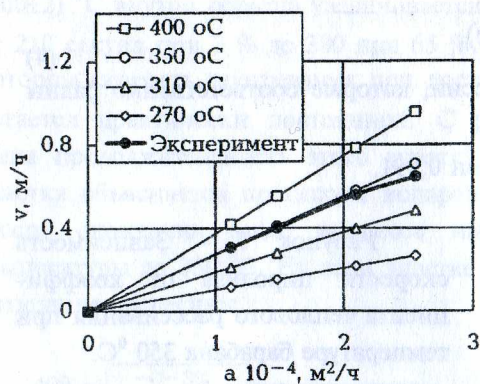


Рисунок 6 - Зависимость скорости пиролиза от коэффициента теплового рассеивания, рассчитанная при различных температурах барабана и экспериментально полученная при температуре барабана 350 °C.

Сравним скорость истирания бруска, полученную экспериментально, с рассчитанной по модели (Рис. 6). В области высоких влажностей результаты экспериментов хорошо совпадают с расчетными данными.

Таким образом, получена аналитическая зависимость, адекватно описывающая процесс сгорания древесины с начальной массовой долей воды от 50 до 70 % и показана возможность применения модифицированного метода сеток для анализа процесса пиролиза во фрикционном дымогенераторе. Зависимость, приведенная на рисунке 6, позволяет определять скорость сгорания при различных температуре поверхности контакта и начальной влажности древесины.

Согласно имеющимся литературных сведений и по результатам настоящей работы установлено, что фрикционный дым из древесины с начальной влажностью от 50 до 70 % позволяет получить качественную паровую коптильную среду. При производстве рыбы холодного копчения часть этой коптильной среды (около 95 %) выбрасывается в атмосферу. Чтобы уменьшить выбросы, было решено выбрасываемую часть дыма использовать для получения коптильного препарата.

Для производства коптильного препарата выбран способ абсорбции дыма в воде, разработанный во Всероссийском НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии, как наиболее простой, эффективный и апробированный в промышленных условиях. При этом способе получения коптильный препарат не требует больших дополнительных затрат на очистку.

С точки зрения безвредности готового продукта в процессе получе-

ния коптильного препарата влажность древесины и температуру пиролиза следует поддерживать в интервалах от 50 до 70 % и от 230 до 350 °C соответственно. Процесс абсорбции необходимо проводить при температурах близких к 20 °C, так как эффективность данного процесса снижается при высоких температурах.

При этих условиях методом абсорбции был получен коптильный препарат, названный "Сквама". Коптильный препарат "Сквама" представляет собой жидкость светло-желтого цвета с приятным дымовым запахом и содержанием фенолов около 0,01 %.

Так как дым, полученный методом трения, имеет более сбалансированный химический состав, чем полученный при тлении опилок, при исследовании коптильного препарата "Сквама" определяли органолептические показатели и количественный групповой состав, а также динамику органолептических, физических и химических показателей в процессе хранения.

Изменение качественных показателей коптильного препарата "Сквама" приведено в таблице 1.

При использовании фрикционного дымогенератора, благодаря низкотемпературному пиролизу, образуется дым и, соответственно, коптильная жидкость типа "Сквама" с меньшим содержанием нежелательных веществ, более стабильного химического состава по сравнению с существующими коптильными препаратами.

Таблица 1 - Изменение качественных показателей коптильного препарата "Сквама" в процессе хранения

Показатель	Продолжительность хранения, мес.			
	0	1	6	12
Плотность, г/см ³	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,1
Кислотность, %	0,09±0,003	0,09±0,003	0,12±0,005	0,18±0,003
Массовая доля фенолов (в пересчете на гваякол), %	0,015	0,010	0,010	0,008
Массовая доля карбонильных соединений (в пересчете на фурфурол), %	0,26±0,03	0,21±0,05	0,20±0,01	0,15±0,04
Массовая доля остатка от испарения, %	0,28	0,28	0,30	0,29
Присутствие метанола	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует

Концентрация бензпирена и нитрозодиметиламина в коптильном препарате "Сквама" не превышает уровень содержания этих агентов в

копильном препарате типа ВНИРО. Исследование готовой продукции показало, что ароматизация масла копильным препаратом "Сквама" не увеличивает содержание в продукте канцерогенных веществ.

На основании результатов проведенных исследований разработана соответствующая нормативно-техническая документация на копильный препарат "Сквама".

Целью исследований, проведенных при разработке технологии производства пресервов в ароматизированном масле с использованием нового копильного препарата "Сквама", являлось установление предпочтительных соотношений масла и препарата при ароматизации, а также исследование влияния ароматизированного масла на скорость созревания, сроки хранения пресервов и динамику их качественных показателей.

В основу производства пресервов в ароматизированном масле положены существующие традиционные технологические схемы.

Для исследований была изготовлена опытная партия пресервов с использованием копильного препарата "Сквама" для ароматизации масла с предварительным посолом и подсушкой рыбы с последующей заливкой в банки ароматизированного масла и с предварительным посолом без подсушки рыбы с последующей заливкой ароматизированного масла. Масло настаивали на копильном препарате при разных соотношениях в течение суток. Были использованы следующие объемные соотношения масла и препарата для ароматизации: 1:1, 2:1, 3:1. Дополнительно для сравнения были приготовлены пресервы из копченой рыбы в масле и из рыбы в масле.

Дегустаторами отмечен более сбалансированный, нежный и мягкий аромат копчения в образцах с ароматизированным маслом, полученном при соотношении масла и копильного препарата при ароматизации 2:1 (средний балл дегустационной оценки равен 18,2±0,5). В результате оптимальным было принято соотношение масла и препарата при ароматизации 2:1. Часть пресервов была изготовлена из соленого полуфабриката с подсушкой. Дегустаторы отметили, что подсушка не влияет на вкусовые свойства продукта.

Для изучения процесса созревания пресервов в ароматизированном масле были произведены три партии с соленостью от 6,0 до 7,0 %. Для сравнения были произведены пресервы из разделанной рыбы в масле и из копченого полуфабриката в масле.

Для характеристики процессов созревания при хранении пресервов использовали объективные показатели, такие как буферность и отношение содержания аминного азота к содержанию общего азота (AA/OA). Результаты изменения буферности и отношения AA/OA в процессе хранения представлены на рисунках 7 и 8.

Отмечено замедление скорости созревания пресервов в ароматизированном масле по сравнению с пресервами в масле, что благоприятно сказывается на сроках хранения пресервов.

Аналогичные результаты получены и для пресервов, изготовленных из сельди и скумбрии.



Рис. 7 - Изменение буферности в процессе хранения в пресервах из ставриды: 1 - "Ставрида филе-кусочки копченые в масле"; 2 - "Ставрида филе-кусочки в масле"; 3 - "Ставрида филе-кусочки в ароматизированном масле".

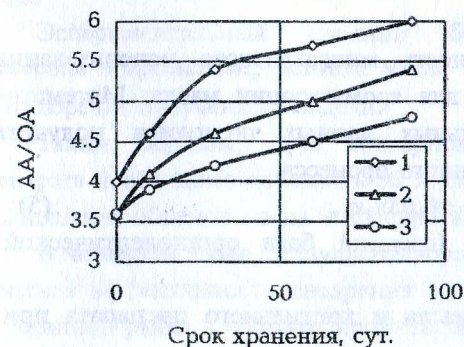


Рис. 8 - Изменение отношения содержания аминного азота к содержанию общего азота в процессе хранения в пресервах из ставриды: 1 - "Ставрида филе-кусочки копченые в масле"; 2 - "Ставрида филе-кусочки в масле"; 3 - "Ставрида филе-кусочки в ароматизированном масле".

В процессе работы было изучено влияние способа ароматизации масла на органолептические свойства и скорость созревания пресервов. Ароматизацию масла выполняли традиционным и интенсивным ме-

тодами.

Анализ изменения буферности и отношения содержания аминного азота к содержанию общего азота в процессе хранения показывает, что способ ароматизации масла не влияет на скорость созревания пресервов.

Результаты исследований показывают, что ароматизация масла не влияет на содержание, динамику накопления тяжелых металлов и гистамина в пресервах. Анализ на хроническую токсичность пресервов дал отрицательный результат.

На основании проведенных микробиологических исследований, можно сделать вывод, что копильный препарат "Сквама" обладает бактериостатическим действием, так как в процессе хранения пресервов в ароматизированном масле такой показатель как МАФАНМ изменяется незначительно и не превышает допустимых значений.

Исследование органолептических и микробиологических показателей пресервов в ароматизированном масле с массовой долей хлорида натрия, удовлетворяющей требованиям ГОСТ 7453-86, показало, что возможно установить предельный срок их хранения 5 месяцев с даты изготовления; для слабосоленых пресервов (с массовой долей хлорида натрия менее 5,5 %) из разделанной рыбы в ароматизированном масле - 4 месяца с даты изготовления.

На основании проведенных исследований и результатов работы на пресервы в ароматизированном масле с использованием копильного препарата "Сквама" разработана соответствующая нормативно-техническая документация.

В работе доказана возможность многократного использования копильного препарата "Сквама" для ароматизации масла. Математическая обработка экспериментальных данных позволила получить следующее уравнение регрессии данного процесса:

$$y = 17,68 - 0,48x_1 + 1,08x_2 + 0,63x_1x_2, \quad (5)$$

где y - параметр оптимизации (средний балл органолептической оценки качества пресервов);

x_1 - соотношение объемов масла и копильного препарата при ароматизации;

x_2 - концентрация свежего копильного препарата в смеси свежего и использованного, %.

После построения уравнения регрессии (5) провели оптимизацию процесса методом "крутого восхождения" по поверхности отклика.

Результаты оптимизации по каждому из факторов представлены на рисунке 9.

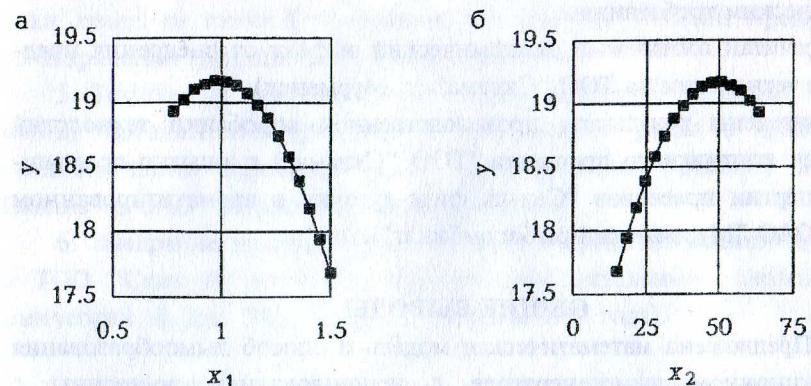


Рис. 9 - Зависимость параметра оптимизации от соотношения объемов масла и копильного препарата (а) и концентрации свежего копильного препарата в смеси свежего и использованного (б).

Проведенный "мысленный" эксперимент показал, что поверхность отклика имеет оптимальную точку при значениях факторов:

$$\bar{x}_1 = 0,972 \approx 1; \quad \bar{x}_2 = 50,64 \approx 50 \%$$

Расчетное значение параметра оптимизации: $y_n = 19,17 \approx 19,2$ балла.

Экспериментальный средний балл дегустационных оценок пресервов в ароматизированном масле составил $19,3 \pm 0,3$ балла, что не противоречит полученной модели.

Таким образом, при повторном использовании копильного препарата необходимо добавлять 50 % свежего препарата и использовать соотношение объемов масла и препарата 1:1 при ароматизации.

В четвертой главе "Результаты промышленной проверки и экономическая эффективность внедрения нового ассортимента пресервов из разделанной рыбы в ароматизированном масле" приведен расчет экономической эффективности разработанной технологии. Рассчитана цена готового продукта с учетом его себестоимости. Отмечена конкурентоспособность пресервов в ароматизированном масле. Определен срок окупаемости капитальных вложений по внедрению предложенной

технологии, который составил 0,11 года, что в настоящее время приемлемо для предприятий малого бизнеса и отвечает современным экономическим требованиям.

Рассчитан ожидаемый экономический эффект от внедрения предлагаемой технологии на ТОО "Сквама" (г. Мурманск).

Приведены результаты производственной апробации технологий получения копильного препарата (ТОО "Сквама") и опытно-промышленной партии пресервов "Сельдь филе-кусочки в ароматизированном масле" (ОАО "Мурманский рыбокомбинат").

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Предложена математическая модель и способ дымообразования во фрикционном дымогенераторе с использованием древесины с начальной массовой долей воды от 50 до 70 % и установлен его приоритет (решение о выдаче патента РФ "Способ получения копильного дыма").

2. Получена аналитическая зависимость, адекватно описывающая процесс сгорания древесины и показана возможность применения модифицированного метода сеток для анализа процесса пиролиза во фрикционном дымогенераторе.

Установлено, что скорость пиролиза древесины линейно зависит от ее начальной влажности в интервале от 50 до 70 %.

3. На основе предложенного способа дымообразования во фрикционном дымогенераторе разработана технология получения копильного препарата "Сквама" с минимальным содержанием канцерогенных веществ. Отработаны режимы получения на промышленной установке. Разработана нормативно-техническая документация: ТИ 2455-001-11796723-94 по производству копильного препарата "Сквама", ТУ 2455-001-11796723-94 "Копильный препарат "Сквама". Технические условия".

4. Разработана технология производства деликатесных пресервов из разделанной рыбы в ароматизированном масле с использованием копильного препарата "Сквама" в качестве ароматизатора. Разработана нормативно-техническая документация: ТИ 9272-003-11796723-97 по производству пресервов из разделанной рыбы в ароматизированном масле, ТУ 9272-003-11796723-97 "Пресервы из разделанной рыбы в ароматизированном масле. Технические условия". Установлены

оптимальное соотношение свежего и отработанного копильного препарата при повторном его использовании для ароматизации масла и сроки хранения готовой продукции, которые на 1 месяц превышают сроки хранения традиционных видов пресервов.

5. Технология получения копильного препарата "Сквама" и технология производства пресервов из разделанной рыбы в ароматизированном масле апробированы в промышленных условиях в ТОО "Сквама" и ОАО "Мурманский рыбокомбинат".

6. Внедрение производства пресервов в ароматизированном масле на ТОО "Сквама" позволит получить дополнительный годовой экономический эффект 540,8 млн. руб. (в ценах 1997 года).

Список работ, опубликованных по материалам диссертации

1. Воронина И. Э., Ершов А. М., Овчинникова С. И. Способы получения, очистки и применения копильных жидкостей // Тез. докл. науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, аспирантов, научных и инженерно-технических работников МВИМУ.- Мурманск: МВИМУ, 1991. - Ч. 2.- С. 193-194.

2. Ершов А. М., Воронина И. Э., Овчинникова С. И. Экспериментальные стенды получения копильных препаратов и результаты исследований // Тез. докл. науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, аспирантов, научных и инженерно-технических работников МВИМУ.- Мурманск: МВИМУ, 1991. - Ч. 2.- С. 197.

3. Ершов А. М., Перетрухина А. Т., Кривенкова Т. П., Воронина И. Э. Санитарно-микробиологический контроль производства новых видов пресервов // Тез. докл. науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, аспирантов, научных и инженерно-технических работников МВИМУ.- Мурманск: МВИМУ, 1991. - Ч. 2.- С. 201-202.

4. Ершов А. М., Воронина И. Э., Овчинникова С. И. Сравнительная характеристика копильных препаратов "Амафил" и "Сквама" // Тез. докл. науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, аспирантов, научных и инженерно-технических работников МГАРФ.- Мурманск: МГАРФ, 1992. - Ч. 2.- С. 81-82.

5. Ершов А. М., Воронина И. Э. Медико-биологические показатели пресервов с применением копильного препарата "Сквама" // Тез. докл. науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, аспирантов, научных и инженерно-технических работников МГАРФ.- Мурманск:

МГАРФ, 1993. - Ч. 1. - С. 117-118.

6. Ершов А. М., Воронина И. Э., Овчинникова С. И., Перетрухина А. Т. Исследование качества пресервов с применением коптильной жидкости "Сквама" // Тез. докл. науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, аспирантов, научных и инженерно-технических работников МГАРФ.- Мурманск: МГАРФ, 1993. - Ч. 1. - С. 133-134.

7. Бражная И. Э., Ершов А. М., Овчинникова С. И., Перетрухина А. Т. Разработка коптильных препаратов в качестве вкусоароматических добавок // Сб. докл. науч.-техн. конф. "Современные технологии и оборудование для переработки гидробионтов".- Мурманск: МГАРФ, 1994.- С. 95-99.

8. Бражная И. Э., Ершов А. М. Результаты исследований процесса генерации дыма во фрикционном дымогенераторе // Сб. тез. 6-ой науч.-техн. конф. МГТУ.- Мурманск: МГТУ, 1995.- Ч. 1.- С. 101-102.

9. Ершов А. М., Дубровин С. Ю., Гроховский В. А., Воронина И. Э. Применение компьютерных технологий при подготовке инженеров-технологов по специальности 2710 "Технология рыбы и рыбопродуктов" // Сб. тез. науч.-методической конф., посвященной 45-летию МГАРФ.- Мурманск: МГТУ, 1995.- С. 27-28.

10. Бражная И. Э., Глазунов Ю. Т. О решении одной обратной задачи теплопроводности // Сб. тез. 7-ой науч.-техн. конф. МГТУ.- Мурманск: МГТУ, 1996.- Ч. 1.- С. 101-102.

11. Бражная И. Э. Применение метода сеток в исследовании тепло-массопереноса во фрикционном дымогенераторе // Тез. 8-ой Науч.-техн. конф. МГТУ. Ч. 3.- Мурманск: МГТУ, 1997.- С. 16-18.

12. Бражная И. Э. Изучение качества рыбных пресервов с использованием коптильного препарата "Сквама" в качестве ароматизатора.- Мурманск: МГТУ, 1997.- 12 с., Библ. 6 назв.- (Рук. деп. во ВНИЭРХ 17.06.97, № 1315-рх97).

13. Бражная И. Э. Исследование процесса дымообразования во фрикционном дымогенераторе.- Мурманск: МГТУ, 1997.- 11 с., Библ. 6 назв.- (Рук. деп. во ВНИЭРХ 21.11.97, № 1317-рх97).

14. Ершов А. М., Бражная И. Э. Коптильный препарат "Сквама": Инф. лист 144-96.- Мурманск: ЦНТИ, 1994.

15. Бражная И. Э. Получение коптильного дыма с помощью фрикционного дымогенератора: Инф. лист 49-97.- Мурманск: ЦНТИ, 1997.

16. Ершов А. М., Бражная И. Э. Способ получения коптильного дыма: Заявка № 96108847/13(015099), МПК⁶ А 23 В 4/052.- Заявл. 08.05.96 г.- Решение о выдаче Патента на изобретение РФ.

За помощь, оказанную при работе над диссертацией, автор выражает глубокую благодарность Глазунову Ю. Т. в решении дифференциального уравнения теплопроводности, Перетрухиной А. Т. и Котляровой М. В. в постановке, проведении микробиологических исследований и обсуждении их результатов, Томскому Г. И. при постановке эксперимента по определению скорости прогревания древесины, Овчинниковой С. И. и Николаенко О. А. в проведении химических анализов, Новикову В. Ю. в математической обработке результатов.