

Б-ка

На правах рукописи

УДК 664.951.6

~~Б-ка~~

ВОЛЧЕНКО ВАСИЛИЙ ИГОРЕВИЧ



**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНСЕРВОВ
ИЗ ПЕЧЕНИ ГИДРОБИОНТОВ**

05.18.04 – "Технология мясных, молочных, рыбных продуктов
и холодильных производств"

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Мурманск – 2004

Работа выполнена в Мурманском государственном техническом университете

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент

Гроховский В.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор

Мукатова М.Д.

Кандидат технических наук

Шаповалова Л.А.

Ведущая организация: ОАО "Мурманский траловый флот"

Защита состоится 9 декабря 2004 г в 10 часов на заседании специализированного ученого Совета КМ 307.009.02 при Мурманском государственном университете

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Мурманского государственного университета

Автореферат разослан 5 ноября 2004 г.

Ученый секретарь

специализированного Совета

кандидат технических наук, доцент

И.Э. Бражная

ВНИРО
№ ВР.ХР.
Библиотека

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Современная технология консервов базируется, в основном, на принципах рационального и сбалансированного питания, обеспечения высоких пищевых достоинств и безопасности продукции. Существенный вклад в разработку и совершенствование научно-обоснованных технологий консервирования пищевых продуктов внесли ведущие отечественные и зарубежные ученые: Б.Л. Флауменбаум, И.А. Рогов, С.А. Артюхова, Т.М. Сафронова, Л.Т. Серпунина, З.П. Швидкая, Bigellow, Ball, Stambo и другие.

Из всего разнообразия ассортимента консервированной пищевой продукции можно выделить консервы из гидробионтов по неповторяемости гастрономических достоинств, питательным, лечебно-профилактическим и другим свойствам. Особую группу в них занимают консервы из печени гидробионтов, очень популярные по уникальным пищевым свойствам, высокому содержанию полиненасыщенных жирных кислот и жирорастворимых витаминов. Из этой группы больше всего выпускается консервов из печени трески, очень популярных в нашей стране, причем годовой объем такой продукции составляет десятки миллионов учетных банок.

При изготовлении таких консервов в условиях промысла из печени-сырца получается очень ценный деликатесный продукт. Однако далеко не все суда оснащены необходимыми консервными цехами и участками, поэтому, как правило, печень собирают, проводят первичную обработку, замораживают и транспортируют на береговые консервные предприятия. Объемы печени трески очень велики, только на одном Северном бассейне при среднегодовой квоте по треске 180 тыс. тонн, они могут составить 30–36 тыс. тонн, из которых можно изготовить до 100 миллионов учетных банок консервов.

При изготовлении консервов из мороженой печени зачастую в них появляется привкус горечи. Поэтому целесообразно найти способ, который поможет устранить горький вкус даже при условии длительного хранения

полуфабриката. Другой проблемой, возникающей при производстве натуральных консервов из мороженой печени гидробионтов, является разрушение структуры ткани при замораживании. При размораживании выделяется большое количество жира и это приводит к ухудшению консистенции уже готовых консервов. Кроме того, в процессе стерилизации в консервной банке уменьшается доля плотной части и увеличивается доля выделившегося жира, что нежелательно для потребителя.

Таким образом, поиск факторов, влияющих на проявление привкуса горечи, изыскание путей его устранения в консервах из мороженой печени рыб при обязательном поддержании доли жидкой части продукта на низком уровне является очень важной задачей для рыбоконсервной промышленности, что и обусловило актуальность данной работы.

Цель работы. Цель данной работы предусматривает повышение качественных характеристик консервов из печени рыб путем изыскания научно обоснованных режимов обработки полуфабриката и стерилизации продукта.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Определить наиболее объективные показатели качества консервов из печени рыб и разработать методику сенсорного анализа продукта.
2. Выявить и научно обосновать причины, вызывающие появление привкуса горечи в консервах, изготовленных из мороженой печени рыб.
3. Определить факторы, влияющие на появление привкуса горечи в консервах и экспериментально изучить характер воздействия наиболее значимых из них на качество готового продукта.
4. Изыскать и предложить способы обработки полуфабриката перед изготовлением консервов для улучшения качественных характеристик консервов.
5. Разработать научно обоснованный режим стерилизации консервов из печени рыб по усовершенствованной технологии.
6. Провести производственные испытания разработанного способа производства консервов из печени рыб.

Научная новизна работы. Впервые научно обоснован способ изготовления консервов из мороженой печени рыб с применением СВЧ-нагрева для улучшения качественных характеристик продукта.

Аналитико-экспериментально установлены причины проявления горького вкуса консервов, изготовленных из мороженой печени рыб.

Экспериментально выявлены факторы, влияющие на проявление горького привкуса в печеночных консервах.

Исследовано влияние различных добавок и их комбинаций на изменение качества мороженой печени в процессе ее холодильного хранения.

Впервые предложен режим стерилизации для консервов из печени рыб, приготовленных с использованием СВЧ-нагрева.

Практическая значимость. Разработаны изменения в нормативную документацию по условиям хранения мороженой печени рыб и ее переработке при изготовлении консервов с применением СВЧ-нагрева.

Предложен метод объективной оценки качества консервов из печени рыб, основанный на значениях кислотного числа жира, выделившегося в процессе завершающей тепловой обработки.

Новизна способа производства консервов из печени рыб подтверждена положительным решением о выдаче патента на изобретение.

Основные положения работы, выносимые на защиту.

1. Шкала оценки проявления горечи в консервах из печени рыб и причины возникновения каждой из них.
2. Результаты исследований по взаимосвязи кислотного числа жира, выделившегося из печени в процессе стерилизации, с органолептическими показателями готового продукта.
3. Обоснование необходимости использования пищевых добавок перед замораживанием печени рыб, предназначенной для изготовления консервов.
4. Обоснование технологических режимов СВЧ-обработки печени рыб при изготовлении печеночных консервов.

5. Обоснование режима стерилизации консервов из печени трески, изготовленных с применением СВЧ-нагрева.

Внедрение результатов исследований. Проведены производственные испытания на рыбоконсервных предприятиях ОАО "Гамма-Сервис" и ИП "Овчаренко" по выпуску опытных партий и внедрению технологии консервов "Печень трески бланшированная" с применением СВЧ-нагрева.

Разработанная нормативная документация передана для внедрения в пресервно-консервный цех "Кильдин" консорциума "Мурманский траловый флот" на основании договора № 08–04 от 15.04.2004 между МГТУ и ОАО "МТФ".

Апробация работы. Основные положения работы и экспериментальные образцы консервов были представлены на научно-технической конференции молодых ученых и аспирантов МГТУ (2001 г.), на международной выставке "Море и морепродукты-2001" (г. Мурманск), на международных специализированных выставках "Море. Ресурсы. Технологии-2002, 2003, 2004" (г. Мурманск), на Всероссийской научно-технической конференции (МГТУ, 2003), на научно-практической конференции "Перспективы развития рыбохозяйственного комплекса России – XXI век" (г. Москва, ВВЦ, 27–28 апреля 2002 г.), международной рыбопромышленной выставке "Рыбные ресурсы" (г. Москва, 2003 г.). Новые виды продукции "Печень трески бланшированная" и "Печень трески бланшированная в томатном соусе", изготовленные по разработанной технологии, были удостоены диплома международной специализированной выставки "Море. Ресурсы. Технологии-2004" (г. Мурманск).

Экспериментальная часть работы выполнена на кафедре технологии пищевых производств МГТУ, а также в условиях промысла в Норвежской экономической зоне на ПСТ МГ-1359 "Макеевка" консорциума "Мурманский траловый флот".

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на 161 странице, содержит 41 таблицу и 12 рисунков. Список литературы включает 143 наименований, в том числе 39 зарубежных источников. В 14 приложениях

на 32 страницах представлены акты производственных испытаний, протоколы дегустаций, проекты технических условий и технологических инструкций.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи работы.

В первой главе "Современное состояние проблемы" рассмотрены проблемы, стоящие в наши дни перед рыбоконсервной промышленностью, рассмотрены методы холодильного консервирования сырья, проблемы окислительной стабильности жиросодержащего сырья, в частности, печени тресковых рыб.

Проанализирован механизм окисления липидов в пищевых продуктах. Отмечено, что в печеночном сырье ухудшение качества липидной фракции происходит как за счет окисления липидов, так и за счет ферментативного гидролиза (Долбиш Г.А., Швидкая З.П. и др.). Рассмотрен способ морозильного консервирования печени тресковых рыб с применением термической обработки перед замораживанием. Описан способ консервирования жиросодержащих пищевых продуктов с применением экстрактов прополиса. Данный метод, как отмечает Ушкалова В.Н. и др., предотвращает не только окисление липидов, но и их гидролиз, а также другие негативные процессы, протекающие при морозильном хранении продуктов.

Рассмотрено выделение жира размороженной печенью трески (Корочкина Л.С., 1960; Каминарская А.К., 1959), а также печенью трески при нагревании (Ржавская Ф.М., 1984; Мукатова М.Д., Дубровин С.Ю., 1990), уделено внимание снижению выхода жира с повышением температуры выше 80 °С.

Представлены сведения о химическом составе печени трески и его сезонных колебаниях (Ржавская Ф.М.).

Поднят вопрос об объективности органолептической оценки качества продуктов. Рассмотрено использование коэффициента конкордации в качестве характеристики, показывающей единодушие дегустаторов в оценке качества продукта. Показаны проблемы использования метрических балльных шкал.

Сделан вывод, что, несмотря на свои недостатки, метод органолептической оценки в большинстве случаев незаменим для оценки качества пищевой продукции, консервы из печени трески при этом не являются исключением.

Во второй главе "Объекты и методы проведения эксперимента" определены объекты исследования, описаны методы анализа, методика построения моделей исследования, описаны способы обработки результатов.

В качестве объекта исследования выбраны натуральные и бланшированные консервы из печени гидробионтов, изготовленные из свежего сырья, охлажденного и мороженого полуфабриката с применением различных методов обработки. Основными методами анализа выбраны химические методы оценки качества жировой и белковой фракций продукта, а также органолептическая оценка качества. При этом результаты анализов рассматриваются как параметры оптимизации, тогда как способы обработки и условия хранения полуфабрикатов рассматриваются как факторы, влияющие на качество продукта. За эталонный принимается продукт, полученный без применения замораживания.

Для органолептической оценки качества продукта на основании требований стандарта (ГОСТ 13272-80) была разработана метрическая бальная шкала. Единичные показатели качества оценивались по четырехбалльной шкале (от двух до пяти), тогда как общий балл Б менялся от 4 до 20. Также для определенных целей использовался уровень качества У (от 20 до 100). В ряде случаев для расчетов из этой оценки исключался показатель "Цвет жира". Такой показатель У' в явном виде не включает в себя характеристики жира.

Химическая оценка качества жира заключалась, прежде всего, в оценке кислотного числа, а также содержания оксикислот. Определение кислотного числа, непосредственно характеризующего степень гидролиза жиров, а косвенно – и его степень окисления, осуществлялось стандартным методом для рыбного жира (по ГОСТ 7636-85). При этом проба жира отбиралась либо непосредственно из выделившегося жира, либо из хлороформной вытяжки.

Жирнокислотный состав определялся методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с обращенной фазой на хроматографе Agilent 1100 в лаборатории физико-химических методов исследования пищевых продуктов кафедры технологии пищевых производств МГТУ.

Микробиологические испытания консервов проводились в лаборатории кафедры микробиологии МГТУ.

Стерилизующий эффект определялся с использованием прибора по определению температуры в центре консервной банки фирмы Eilab A/S (Дания) в беспроводной модификации Tracksense Pro по методике Гипрорыбфлота.

В работе использовался метод планирования эксперимента (план Плакетта–Бермана). Обработка результатов осуществлялась статистическими методами с использованием ЭВМ, включая парную и множественную регрессию. Значимость получаемого уравнения регрессии проверялась с помощью F-отношения (критерия Фишера).

В третьей главе "Исследования по совершенствованию технологии консервов" обобщены результаты исследований по выявлению причин горечи в консервах из печени гидробионтов, а также по уменьшению доли жидкой части в таких консервах.

Было отмечено, что в консервах может наблюдаться горечь трех типов: горький вкус и отсутствие послевкусия ("первый" тип), послевкусие горечи ("третий" тип) и смешанный тип ("второй" тип). Эксперименты по обработке печени ферментным препаратом показали, что горечь "первого" типа наблюдается после двух часов протеолиза. Послевкусие горечи наблюдается, как правило, в консервах из печени с явными признаками окислившегося жира, т. е. оно связано с окислением жира. Эту гипотезу подтвердили эксперименты по промывке горьких консервов ("третий" тип горечи) горячим растительным маслом, что позволило значительно снизить привкус горечи.

Гипотеза о том, что привкус горечи вызывается преимущественно присутствием в печени остатков желчи не нашла подтверждения, т. к. консервы из такой печени не имели существенного привкуса горечи.

На качество консервов из печени трески влияют различные факторы, среди которых можно выделить продолжительность и температуру морозильного хранения. Проведены эксперименты по морозильному хранению печени при различных температурах (минус 12 °С, минус 18 °С, минус 30 °С). Отмечено, что после месяца хранения при минус 30 °С органолептические показатели качества (в т. ч. и консистенция) не сильно отличались от показателей качества консервов из свежей и охлажденной печени, кислотное число жира было невысоко (не более 2 мг КОН/1 г жира). Хранение полуфабриката в течение месяца при температуре минус 18 °С давало приемлемые по качеству консервы, в которых наблюдался слабый привкус горечи. Хранение мороженой печени при минус 12 °С в течение месяца приводило к получению консервов среднего качества, кислотное число жира в них было высоким (11,4 мг КОН/г), в них также наблюдался слабый привкус горечи. Таким образом, целесообразно использовать температуры хранения мороженой печени минус 18 °С и (желательно) ниже (минус 25 °С, минус 30 °С).

С целью поиска объективных показателей качества были исследованы свойства консервов "Печень трески натуральная", поступающих в торговую сеть. Среди них были как высококачественные образцы, так и консервы с выраженным привкусом горечи. В результате обработки результатов была обнаружена значимая корреляция между кислотным числом и уровнем качества (без учета цвета жира) с точки зрения органолептической оценки продукта. При этом была выбрана обратная модель регрессии

$$Y' = 1 / (a + b \cdot \text{КЧ})$$

где a , b – коэффициенты регрессии; КЧ – кислотное число, мг КОН/г жира.

В результате статистической обработки коэффициент a равен $0,0108 \pm 0,0007$; b равен $0,00033 \pm 0,00008$. Критерий Фишера для данной модели равен 82,2; тогда как табличное его значение для парной регрессии при 23 экспериментальных точках (доверительная вероятность $P = 0,95$) составляет 3,47; для $P = 0,99$ оно равно 5,78. Это означает, что при значении F , большем 5,78, вероятность того, что данная модель незначима,

меньше 0,01. Коэффициент корреляции составляет 0,86, что говорит о существенной корреляции между уровнем качества и кислотным числом. Данная модель объясняет 79,7 % вариации уровня качества. График регрессионной зависимости представлен на рисунке 1.

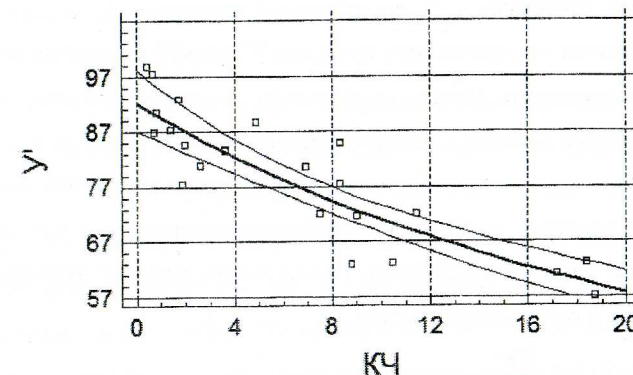


Рисунок 1 – График регрессионной зависимости

Это означает, что существует тесная связь между качеством консервов и кислотным числом выделившегося жира, т. е. кислотное число можно использовать для экспресс-оценки качества консервов.

Тесная связь существует, кроме того, между кислотным числом и индексом горечи ИГ (коэффициент корреляции 0,89; прямая пропорциональность $\text{ИГ} = (0,22 \pm 0,03) \cdot \text{КЧ}$).

Максимально допустимым кислотным числом консервов можно выбрать исходя из допустимого индекса горечи (от 1,5 до 2), чему соответствует значение кислотного числа от 6 до 9 (в среднем 8).

Очевидно, что ухудшение качества консервов связано с изменениями в полуфабрикate при морозильном хранении. Так как причинами ухудшения качества полуфабриката при морозильном хранении являются окислительные и гидролитические процессы, то целесообразно применение способов обработки, позволяющих предотвратить эти явления, в частности,

использование различных пищевых добавок, обладающих антиокислительным, антигидролитическим и антимикробным действиями и предварительной тепловой обработки полуфабриката.

Проведены эксперименты по применению различных добавок к печени (экстракта прополиса – П, аскорбиновой кислоты – А, ионола – И, лимонной кислоты – Л, когильного препарата "Сквама-2" – К, карбамида – М) перед замораживанием. Печень выдерживали в водном растворе, содержащем пищевые добавки. С целью определения их влияния на качество готовых консервов в условиях промысла был разработан дробный факторный план и проведен эксперимент. Матрица планирования и результаты эксперимента приведены в таблице 1 (знак минус означает нулевой уровень фактора, плюс – максимальный).

Таблица 1 – План и результаты эксперимента по использованию добавок

№ эксперимента	П	А	И	Л	К	М	Уровень качества, %	Содержание оксикислот в липидной фракции, %	Кислотное число липидной фракции, мг КОН/1г
1	+	+	+	-	+	-	71,5	1,08	10,6
2	+	+	-	+	-	-	82,5	0,85	11,7
3	+	-	+	-	-	+	59,0	1,533	11,7
4	-	+	-	-	+	+	62,0	0,478	13,3
5	+	-	-	+	+	+	77,0	0,288	12,8
6	-	-	+	+	+	-	75,0	0,5	12,4
7	-	+	+	+	-	+	70,0	0,182	15,76
8	-	-	-	-	-	-	57,5	0,069	15,14

При рассмотрении кислотного числа значимость факторов аскорбиновой и лимонной кислот, а также ионола, невелика. Если мы опустим эти факторы, то адекватность модели, определяемая F-отношением, равным 4,89, превзойдет значение табличного F-отношения для вероятности 0,95 ($F=3,84$), т. е. данная модель адекватна с вероятностью, большей 95 %. Зависимость выразится соотношением

$$КЧ = 12,925 - 1,225 \cdot П - 0,65 \cdot К + 0,465 \cdot М$$

Значимым, однако, в данном случае мы можем считать только прополис.

В случае органолептической оценки незначимым оказывается только ионол. Модель выглядит следующим образом:

$$У = 69,3 + 2,2 \cdot А + 2,1 \cdot К + 6,8 \cdot Л - 2,3 \cdot М + 3,2 \cdot П$$

При этом критерий Фишера составит 98,2, что свидетельствует о высокой значимости модели.

Очевидно, что карбамид в обоих случаях не оказывает позитивного действия, поэтому в дальнейших исследованиях его применять нецелесообразно.

Было отмечено, что применение экстракта прополиса для улучшения морозильного хранения печени трески в ряде случаев оказывало негативное влияние на вкус консервов из такого полуфабриката. Проведенный эксперимент показал, что при обработке печени в течение 5 минут экстрактом прополиса с содержанием сухих нелетучих веществ до 360 мг/л (соотношение экстракт:печень 2:1) вкус консервов из печени не ухудшается, тогда как при более высоких концентрациях экстракта прополиса (720 мг/л) вкус консервов существенно ухудшается. Таким образом, при заготовлении печени в условиях промысла целесообразно применять экстракт прополиса концентрацией до 500 мг/л.

Между тем, применение пищевых добавок не позволяет полностью решить все проблемы, связанные с ухудшением качества; липиды печени трески, даже обработанной экстрактом прополиса, имеет повышенное кислотное число после длительного хранения сырья, а консервы из такого полуфабриката все-таки имеют привкус горечи.

Для дальнейшего улучшения качества консервов были проведены эксперименты по использованию кратковременной тепловой обработки (ошпаривания) перед замораживанием печени. При этом наблюдалось значительное уменьшение привкуса горечи (по сравнению с контрольными образцами), а также уменьшение степени гидролиза жира, хотя консистенция продукта существенно ухудшалась.

С целью устранения этого дефекта, а также для уменьшения массовой доли жидкой части проведены исследования по применению СВЧ-обработки печени перед замораживанием, а также после размораживания и мойки печени трески.

Для определения возможности и режимов СВЧ-обработки перед замораживанием был проведен полный факторный эксперимент 32. Функциями отклика были уровень качества, индекс горечи, кислотное число выделившегося при стерилизации жира и массовая доля жидкой части в готовых консервах. План и результаты эксперимента приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Эксперимент по применению СВЧ-обработки до замораживания

Номер опыта	Факторы		Функции отклика				
	Температура хранения печени, °С (Т)	Удельная мощность СВЧ-обработки перед замораживанием (р)	Уровень качества	Средний индекс горечи	Тип горечи	Кислотное число выделившегося жира, мг КОН/г	Доля жидкой части в готовых консервах, %
1	-18	2000	73±10	1,3	2	3,8	24,4
2	-34	2000	96±4	0,3	—	0,77	31,0
3	-25	0	70±9	1,3	2	9,7	29,1
4	-18	1000	70±6	1,3	2	9,9	41,1
5	-18	0	70±12	1,5	2	16	33,3
6	-25	2000	91±5	0,75	2	1,95	35,9
7	-34	1000	93±6	0,5	2	3,25	36,1
8	-34	0	69±7	1,6	2	4,97	19,9
9	-25	1000	81±5	1,4	3	3,93	38,4

В результате анализа и статистической обработки результатов установлено, что качество консервов повышается при увеличении мощности СВЧ-обработки и снижении температуры хранения, соответственно, индекс горечи и кислотное число выделившегося жира уменьшаются при тех же условиях. Доля жидкой части в готовых консервах будет уменьшаться при отсутствии СВЧ-обработки или же при более жесткой СВЧ-обработке. Таким образом, можно говорить о том, что СВЧ-обработка перед замораживанием позволяет существенно улучшить органолептические показатели качества консервов. Между тем, нельзя утверждать, что применение

СВЧ-обработки до замораживания является эффективным способом снижения доли выделившегося при стерилизации жира.

Для уменьшения доли жира в готовых консервах из мороженой печени трески была применена термическая обработка с использованием СВЧ-нагрева полуфабриката после размораживания перед расфасовкой и стерилизацией. Для поиска оптимального режима обработки, обеспечивающего минимальный выход жира и приемлемые органолептические показатели, был разработан план эксперимента (таблица 3). Факторами были продолжительность обработки (в секундах) и мощность СВЧ-излучения. Эксперимент проводился в микроволновой печи с частотой 2450 МГц. Печень замораживали и хранили непродолжительное время (4–6 суток) при температуре минус 30 °С, размораживали на воздухе, промывали, подвергали тщательной зачистке и направляли на обработку в соответствии с планом эксперимента.

Таблица 3 – План и результаты эксперимента по СВЧ-обработке печени

Номер образца	Продолжительность обработки, с (единиц)	Мощность обработки, Вт (единиц)	Удельная мощность обработки, Вт/кг	Выход жира			Средний уровень качества, %
				при обработке, % к массе сырья до обработки	при стерилизации, % к массе нетто консервов	Суммарный, % к массе сырья до обработки	
	τ	Р	ρ	В ₁	В ₂	В	У
1	180 (+1)	600 (-1)	670	29,5	18,0	42,2	83
2	30 (-1)	600 (-1)	2000	3,3	34,8	37	85,5
3	180 (+1)	1000 (+1)	1820	22,8	18,3	36,9	88
4	30 (-1)	1000 (+1)	2860	9,0	31,7	37,8	84,5
Контроль	0	0	0	—	38,7	38,7	95,5

Для характеристики интенсивности обработки целесообразно, помимо общей мощности СВЧ-излучения, рассматривать удельную мощность (отнесенную к 1 кг полуфабриката), также приведенную в таблице 3.

Эксперимент показал, что достаточно жесткая термическая обработка позволяет свести к минимуму выход жира при стерилизации консервов,

тогда как жир, выделившийся при СВЧ-обработке, может быть собран и использован. Общий выход жира во всех случаях был близок. Уравнения регрессии имеют вид:

$$B_1 = -0,750 - 0,0000417 \cdot \tau \cdot p + 0,187 \cdot \tau + 0,00196 \cdot p; F = 15,11$$

$$B_2 = 39,03 - 0,117 \cdot \tau - 0,00125 \cdot p + 0,00000770 \cdot \tau \cdot p; F = 45,47$$

$$B = 19,0 - 0,0167 \cdot \tau - 0,000920 \cdot p + 0,00000993 \cdot \tau \cdot p; F = 26,59,$$

где F – критерий Фишера.

Эти уравнения представлены на рисунках 2–4.

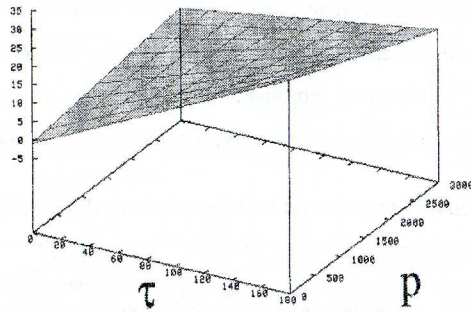


Рисунок 2. Зависимость выхода жира при СВЧ-обработке (B_1) от удельной мощности (p) и времени (τ)

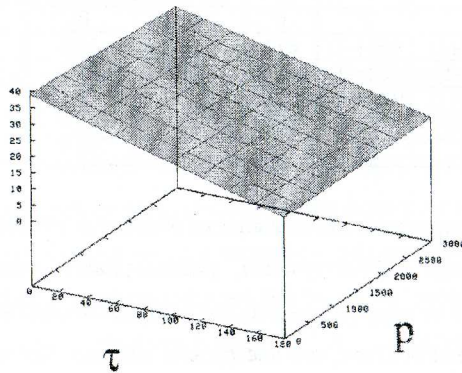


Рисунок 3. Зависимость выхода жира при стерилизации (B_2) от удельной мощности (p) и времени (τ)

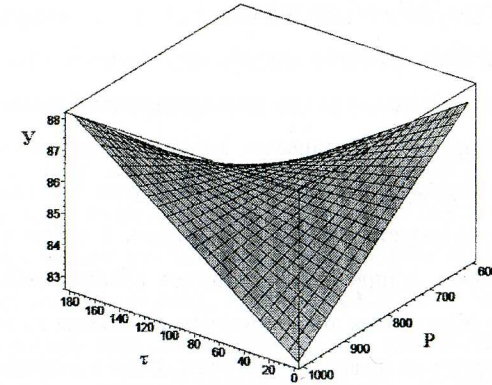


Рисунок 4. Зависимость уровня качества (Y) от удельной мощности (p) и времени (τ)

Наименьшее количество жира в консервах наблюдается при применению интенсивной обработки в течение относительно длительного времени. Наилучшее качество (по органолептическим показателям) консервов наблюдается в случае отсутствия обработки или при достаточно жесткой и продолжительной обработке. Следовательно, для получения оптимальной продукции необходимо использовать высокую мощность обработки и относительно большую продолжительность. Это позволит, с одной стороны, собрать большее количество жира при обработке, с другой стороны, получить как можно меньше жира в банке при стерилизации при сохранении достаточно высоких органолептических показателей продукта.

Последующие эксперименты подтвердили эти выводы. Для практических целей был признан оптимальным режим СВЧ-обработки с удельной мощностью 2000 Вт/кг в течение двух минут, что позволяет, с одной стороны, проварить печени и исключить дальнейший чрезмерный выход жира при стерилизации, а с другой – предотвратить разбрызгивание жира и растрескивание полуфабриката из-за слишком длительной СВЧ-обработки.

Результаты экспериментов могут быть интерпретированы следующим образом. При СВЧ-обработке полуфабриката происходит коагуляция бел-

ковых молекул, в результате чего наблюдается так называемый "эффект заваривания", известный при вытапливании жира из печени рыб. Суть этого эффекта, вероятно, в том, что при разворачивании белковых молекул наружу выходят гидрофобные радикалы, которые способны взаимодействовать с другими гидрофобными радикалами других белковых молекул (в результате чего образуется прочная структура), а также с липидами. В результате капельки липидов захватываются образующейся белковой структурой. После образования этой структуры выделение из нее жира затруднено. Такая структура может образовываться как в консервах при стерилизации, так и при СВЧ-обработке, однако образованию такой структуры предшествует интенсивное выделение жира. Выделение жира нежелательно в укупоренной банке, т. к. увеличение доли жира ведет к уменьшению доли плотной части, которая и используется потребителем. Выделение жира при СВЧ-обработке позволяет предотвратить это явление.

Последующие эксперименты показали, что обработка продукта СВЧ-излучением в течение 2 минут при удельной мощности 2000 Вт/г достаточна для значительного снижения массовой доли жира в готовом продукте. Для оценки влияния предварительной СВЧ-обработки на липидную фракцию консервов оценивалось по содержанию полиненасыщенных жирных кислот в выделившемся жире. Результаты экспериментов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание некоторых ПНЖК в жире консервов из печени трески

Жирная кислота	Содержание в выделившемся жире, %	
	консервов "Печень трески натуральная"	консервов "Печень трески бланшированная"
Линолевая	3,41	3,45
Линоленовая	0,37	0,49
Октадскаптеаеновая	0,86	1,37
Арахидоновая	0,43	0,76
Эйкозапентаеновая	4,36	5,3
Докозагексаеновая	8,49	10,8

Результаты экспериментов, приведенные в таблице 3, позволяют утверждать, что при использовании выбранного режима СВЧ-обработки

не снижается содержание полиненасыщенных жирных кислот в продукте.

Экспериментами было установлено, что традиционная формула стерилизации $\frac{5-15-45-20}{112}$, приведенная в технологических инструкциях, является недостаточной как для натуральных консервов из печени трески, так и для консервов из печени, прошедшей СВЧ-обработку. Фактический стерилизующий эффект для экспериментальных всех образцов консервов, стерилизуемых по этому режиму, не превышал 0,6 усл. мин. Единственной причиной отсутствия микробиологических дефектов была низкая обсемененность сырья (в мороженой печени количество колоний МАФАНМ составило $1 \cdot 10^2$, а в полуфабрикате до стерилизации оно составило $4,1 \cdot 10^3$).

Исследованиями установлено, что формулы стерилизации $\frac{5-15-45-20}{120}$

и $\frac{5-15-60-20}{116}$ позволяют обеспечить F-эффект более 3 усл. минут для консервов из печени, прошедшей СВЧ-обработку.

Актуальной проблемой является расширение ассортимента консервов из печени рыб, в частности, использование для их производства печени пестрой зубатки. На основе действующих технологических инструкций для печени трески были разработаны рецептуры натуральных, паптетных консервов из печени зубатки, а также консервов в томатном соусе. По этим рецептурам из мороженой печени пестрой зубатки были изготовлены экспериментальные образцы консервов. Органолептическая оценка этих образцов консервов показала, что по вкусовым характеристикам они приближаются к соответствующим консервам из печени трески. В натуральных консервах наблюдался заметный привкус горечи; в консервах в томатном соусе он был значительно ослаблен.

В четвертой главе "Производственные испытания и ожидаемый экономический эффект" приведены результаты испытаний технологии консервов "Печень трески бланшированная", а также калькуляция себестоимости консервов "Печень трески бланшированная" по сравнению с базовым вариантом – консервами "Печень трески натуральная" из мороженого сырья.

Технология консервов "Печень трески бланшированная" приведена на рисунке 5.



Рисунок 5. Обобщенная технологическая схема производства консервов

Испытания данной технологии консервов проводились в консервных цехах ООО "Гамма-сервис" и ИП "Овчаренко". Технология была рекомендована к внедрению.

На способ производства консервов из мороженой печени рыб с использованием СВЧ-обработки была подана заявка на изобретение и получено положительное решение на выдачу патента.

Для расчета себестоимости был выбран участок производительностью 5 туб в сутки. Рентабельность расчетного варианта составляет 14,8 %, базового – 13,5 %.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Научно обоснован и предложен способ изготовления консервов из мороженой печени рыб с повышенными качественными характеристиками с использованием СВЧ-нагрева.

2. Установлено, что применение СВЧ-нагрева размороженной печени (2 минуты, 2000 Вт/кг полуфабриката) позволяет и собрать для последующего рационального использования выделившийся жир, и предотвратить появление избыточной доли жидкой части в готовом продукте.

3. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что основными причинами, вызывающими горький привкус в консервах из печени рыб, изготовленных из мороженого полуфабриката, являются: окисление липидов, приводящее к неприятному горькому послевкусию, и гидролиз белковых веществ, приводящий к неприятному привкусу.

4. Выявлено, что использование СВЧ-обработки до замораживания позволяет снизить привкус горечи, затормозить окисление липидов и избежать ухудшения органолептических показателей качества консервов.

5. Исследованиями установлено, что кислотное число выделившегося из печени жира тесно связано с качеством консервов; рекомендовано проводить экспресс-оценку качества консервов по показателям качества выде-

лившегося жира, в т. ч. по кислотному числу. Разработаны математические модели, адекватно описывающие зависимость уровня качества и индекса горечи от кислотного числа.

6. Предложен способ предотвращения ухудшения качества печени рыб во время морозильного хранения путем обработки ее экстрактом прополиса с концентрацией сухих нелетучих веществ до 500 мг/л.

7. Впервые установлено, что консервы из печени зубатки пестрой по органолептическим свойствам незначительно отличаются от консервов из печени трески и при длительном хранении мороженого полуфабриката в них обнаруживается такая же горечь, которая в определенной степени может быть ослаблена при использовании в качестве заливки томатных соусов.

8. Разработаны проекты технических условий и технологических инструкций на изготовление консервов из печени рыб с использованием СВЧ-нагрева.

9. Проведены опытно-промышленные испытания предложенного способа изготовления консервов из печени трески в производственных условиях (ООО "Гамма-сервис", ОАО "Северная Пальмира", ИП "Овчаренко", ОАО "МТФ", судно МГ1359 "Макеевка"). Образцы консервов, изготовленные в производственных условиях по новому способу получили одобрение на дегустациях различного уровня и рекомендованы к промышленному производству.

10. Показано, что внедрение нового способа изготовления консервов из печени трески с применением СВЧ-нагрева позволит получить годовой экономический эффект 770 тыс. рублей в ценах 2003 г.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ

1. Тезисы, материалы научно-технических конференций

1. Волченко, В.И. Возможность производства консервов из печени гидробионтов из мороженого полуфабриката / В. И. Волченко // Молодые ученые и аспиранты МГТУ: Тезисы докладов научно-технической конференции МГТУ (Мурманск, 18–20 апреля, 2001 г.) – Мурманск: МГТУ. – С. 398–400.

2. Волченко, В.И. К вопросу извлечения жира из печени крабов // Наука и образование–2002: Материалы Всерос. науч. конф. (Мурманск, 16–29 апреля 2002 г.) / В.И. Волченко, П.Б. Василевский, В.А. Гроховский – Мурманск, 2002. – С. 646–647.

3. Волченко, В.И. Проблемы производства консервов из печени гидробионтов из мороженого полуфабриката/ В.И. Волченко, В.А. Гроховский // Наука и образование–2002: Материалы Всерос. науч. конф. (Мурманск, 16–29 апреля 2002 г.). – Мурманск, 2002. – С. 647–650.

4. Гроховский, В.А. Направления улучшения качества консервов из мороженой печени некоторых видов рыб / В.А. Гроховский, В.И. Волченко // Море. Ресурсы. Технологии-2002: Материалы науч.-практ. семинара "Стратегия развития берегового рыбоперерабатывающего комплекса и технологий в современных условиях региона". (Мурманск, 13–16 марта 2002 г.). – Мурманск, 2002. – С. 56–60.

5. Волченко, В.И. Некоторые аспекты получения консервов из печени разных видов рыб / В.И. Волченко, В.А. Гроховский // Перспективы развития рыбохозяйственного комплекса России – XXI век: Тез. докл. науч.-практ. конф. (27–28 июня 2002 г., Москва, ВВЦ, пав. № 38 "Рыболовство"). – М.: ВНИРО, 2002. – С. 114–115.

6. Волченко, В.И. Применение тепловой обработки при производстве консервов из печени трески / В.И. Волченко, П.Б. Василевский, В.А. Гроховский // Материалы Всерос. науч.-техн. конф. "Наука и образование-2003". Мурманск, 2003. – Ч. IV. – С. 186–187.

7. Волченко, В.И. Тепловая обработка и проблемы производства консервов из мороженой печени трески / В.И. Волченко, П.Б. Василевский, В.А. Гроховский // Материалы докладов круглого стола "Современные направления переработки гидробионтов" IV Международной специализированной выставки "Море, Ресурсы, Технологии – 2003". – С. 11–14.

2. Научные статьи

1. Волченко, В.И. Производство качественных консервов из мороженой печени рыб / В.И. Волченко, П.Б. Василевский, В.А. Гроховский // Вестник МГТУ: труды Мурман. гос. техн. ун-та. – Т. 6, № 1. – 2003. – С. 35–38.

2. Гроховский, В.А. Консервы из мороженого печёночного полуфабриката / В.А. Гроховский, В.И. Волченко // Рыб. хоз-во. – 2003. – № 4. – С. 54–56.