

На правах рукописи

**КОПЫЛЕНКО ЛИЛИЯ РАФАЭЛЬВНА**

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА  
ТЕХНОЛОГИИ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ИКРЫ  
ОСЕТРОВЫХ И ЛОСОСЕВЫХ РЫБ**

Специальность 05.18.04 – технология мясных, молочных,  
рыбных продуктов и холодильных  
производств

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук



Москва – 2006

Работа выполнена на Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ВНИРО).

Официальные оппоненты:	заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор	Устинова Александра Васильевна
	доктор технических наук	Андреев Михаил Павлович
	доктор технических наук	Новикова Маргарита Владимировна

Ведущая организация: Федеральное государственное унитарное предприятие «Гипрорыбфлот»

Защита состоится: «8» июня 2006 г. в 11 часов на заседании диссертационного Совета Д 307.004.03 при Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» по адресу: 107140, Москва, Верхняя Красносельская 17. Факс: (495)264-91-87

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии.

Автореферат разослан « 5 » мая 2006 г.

Ученый секретарь диссертационного Совета,  
кандидат технических наук, доцент

Е.Н. Харенко

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Икра осетровых и лососевых рыб по вкусовым свойствам и пищевой ценности является одним из лучших деликатесных рыбных продуктов. Проблема её качества всегда была актуальной.

Для консервирования осетровой икры с конца XIX столетия начали использовать борные препараты, которые существенно увеличивали сроки её хранения, однако не отвечали санитарно-гигиеническим требованиям.

Изучению свойств икры осетровых рыб, технологии её консервирования и хранения, поиску безвредного консерванта посвящён ряд обстоятельных работ (Лазаревский А.А., 1931; Макарова Т.И., 1952; Калантарова М.В., 1968; 1970; Ранинская Ю.И., 1961; Остякова Е.Б., 1975; Л.Г. Павельева и др., 1984; 1985). К сожалению работы по совершенствованию технологии велись эмпирическим путем без изучения биохимических процессов и активности ферментов. Поэтому предлагаемые в качестве консервантов соединения различного спектра действия – антисептики, антиоксиданты, ферменты и их ингибиторы, дубители, витамины и другие не давали положительных результатов. Проблема замены борных препаратов возникла уже в тридцатые годы прошлого века и стала особенно актуальной позже по социальным и экономическим причинам.

С середины 90-х годов в условиях резкого сокращения природных запасов осетровых рыб начало развиваться перспективное направление - выращивание осетровых в условиях аквакультуры (Чебанов М.С., Савельева Э.А., 1998; Васильева Л.М., 1998; Иванов В.П., 2000). В последнее десятилетие объемы выращивания осетровых в России существенно возросли, и ряд рыбоводных хозяйств, сориентированных на производство икорной продукции, столкнулся с проблемой изготовления пищевой икры из овулировавшей икры-сырца.

Как известно традиционная технология изготовления икры осетровых рыб предусматривает забой самки, извлечение ястыков, пробивку и посол икры (Зайцев В.П. и др., 1964).

С целью многократного получения икры от самок осетровых рыб в 70-е годы был разработан способ прижизненного получения овулировавшей икры осетровых рыб, позднее усовершенствованный (Бурцев И.А., 1969; Подушка С.Б., 1986; Бурцев И.А., Николаев А.И. и др., 1999). Однако традиционная

технология посола икры оказалась неприемлемой для получения пищевой икры из овулировавшей, получаемой прижизненным способом.

Впервые из овулировавшей икры-сырца осетровых рыб была получена пищевая икра со сроком хранения 1 месяц в 1990 г. (Подушка Б.С., Брусованский Р.Б. и др., 1990). Однако до сих пор остаются неизученными биохимические свойства и безопасность овулировавшей икры, пищевая ценность готовой продукции и изменения её при хранении. Поэтому в условиях развивающегося товарного осетроводства и использования прижизненного способа получения овулировавшей икры разработка научно обоснованной технологии получения икры осетровых рыб из овулировавшей является актуальной.

В комплексе проблем, связанных с обеспечением качества и безопасности икорной продукции, выделяется проблема качества икры лососевых рыб, которое в последние годы значительно ухудшилось, что обусловлено нарушением технологии производства и хранения икры, удаленностью мест окончательной переработки икры от мест вылова лососевых, нарушением допустимых сроков переработки и хранения, а также использованием небезопасного консерванта уротропина.

Несмотря на то, что возможностью применения физических методов для сохранения качества икры лососевых рыб занимались многие исследователи на протяжении ряда лет, ни один из них не был внедрен в промышленность (Солинек В.А., 1947; Лапшин И.И., 1953; 1956; Вахрушева М.Н., Репина З.С., 1986; Маслова Г.В., 1999).

Актуальность обозначенных выше проблем определила цель, задачи, методологию и основные направления настоящих исследований.

**Цель и задачи исследований.** Целью настоящей диссертации является обоснование технологии консервирования икры осетровых и лососевых видов рыб, обеспечивающей безопасность и сохранение пищевой ценности готовой продукции при хранении.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- разработать методологию исследований икры осетровых и лососевых рыб, основанную на оценке совокупности физико-химических и биохимических свойств икры-сырца и готовой продукции при воздействии различных технологических режимов и условий хранения;
- исследовать возможность использования  $\gamma$ -лучей и СВЧ-энергии для консервирования икры осетровых рыб;
- исследовать ферментные системы икры осетровых рыб IV стадии зрелости: протеиназы, фосфатазы, липазы в зависимости от изменения pH, температуры, влияния специфических ингибиторов, борных препаратов, поваренной соли;
- разработать основные требования к консервантам для икры осетровых рыб и на их основе - методику комплексной оценки эффективности потенциальных консервантов;
- разработать технологию консервирования икры зернистой и зернистой пастеризованной осетровых рыб с использованием консервантов, отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям;
- обосновать и разработать способы обработки жировых и ослабленных ястыков осетровых рыб для получения зернистой икры;
- исследовать свойства и безопасность овулировавшей икры - сырца бестера и стерляди;
- обосновать и разработать способы обработки овулировавшей икры-сырца осетровых рыб для получения икры зернистой;
- обосновать физический метод консервирования зернистой икры лососевых рыб;
- оценить эффективность разработанных технологий.

**Научная новизна работы.** Разработана методология комплексных исследований совокупности физико-химических и биохимических свойств икры-сырца и готовой продукции при воздействии различных технологических режимов и условий хранения, позволявшая создать серию консервантов и обосновать ряд технологических решений консервирования икры осетровых и лососевых рыб.

Исследована активность ферментов икры-сырца осетровых рыб – протеиназ, кислых и щелочных фосфатаз, липаз в зависимости от влияния pH, температуры и специфических ингибиторов. Установлено, что борные препараты в концентрации, применяемой для консервирования икры осетровых рыб, не ингибируют активность ферментов и не обладают антиокислительными свойствами, действие их основано на антисептических свойствах и способности поддерживать значение pH на уровне, при котором протеиназы и кислые фосфатазы проявляют наименьшую активность.

Впервые разработана методика комплексной оценки эффективности потенциальных консервантов для икры осетровых рыб на основании систематизации негативных факторов, исследований результатов их воздействия на качество икры рыб при её изготовлении и хранении, а также на основании экспериментально подтвержденных требований к консервантам.

Научно обоснована и разработана технология консервирования икры осетровых рыб зернистой и зернистой пастеризованной с использованием консервантов ЛИВ-1 и ЛИВ-2, сохраняющая органолептические свойства, пищевую ценность и обеспечивающая микробиальную безопасность икры при хранении, что позволило заменить токсичные борные препараты, используемые ранее для консервирования икры осетровых рыб, и внести разработанные консерванты в Международные ГОСТы на икру зернистую и зернистую пастеризованную.

Обоснованы технологические решения получения зернистой икры осетровых рыб высокого качества и длительного срока хранения из жирных и ослабленных ястыков, позволившие получить выход готовой продукции из ястыков севрюги и осетра около 73% и 54% соответственно, что обеспечило рентабельность около 400%.

Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено применение физического метода консервирования икры осетровых рыб из овулировавшей икры-сырца, обеспечивающего безопасность, высокое качество, сохранение пищевой ценности и стабильный выход готовой продукции от 89 до 94%.

Обоснована эффективность способа пастеризации для сохранения качества икры лососевых рыб и установлено преимущество его применения перед химическим способом консервирования.

Новизна технических решений подтверждена двенадцатью патентами и двумя авторскими свидетельствами.

**Научные положения, выносимые на защиту:**

- методология комплексных исследований совокупности физико-химических и биохимических свойств икры-сырца и готовой продукции при воздействии различных технологических режимов и условий хранения;
- зависимость активности ферментных систем икры осетровых и лососевых рыб от pH, температуры и действия специфических ингибиторов;
- научно-обоснованная методика комплексной оценки эффективности потенциальных консервантов для икры осетровых рыб и других видов рыбной продукции, исключая эмпирический подход к поиску адекватных консервантов;
- обоснование технологии консервирования икры зернистой и зернистой пастеризованной осетровых рыб с использованием безопасных консервантов;
- обоснование технологических решений консервирования овулировавшей икры-сырца осетровых рыб;
- обоснование физического метода консервирования икры зернистой лососевых рыб.

**Практическая значимость работы.** На основании анализа и обобщения результатов проведенных исследований разработан и внедрен в производство ряд следующих технологий:

- икры зернистой осетровых рыб с консервантом ЛИВ-1;
- икры зернистой пастеризованной осетровых рыб с консервантом ЛИВ-2;
- икры зернистой осетровых рыб из жировых и ослабленных ястыков (2 варианта);
- икры зернистой осетровых рыб из овулировавшей икры-сырца;
- икры зернистой лососевых рыб пастеризованной;

– комплексных пищевых добавок серии ЛИВ для рыбных продуктов (икры осетровых и лососевых рыб, масел рыбного и икорного, осетровых рыб горячего копчения).

Качество продукции, изготавливаемой по разработанным технологиям, отмечено дипломами и медалями российских и международных выставок, в том числе серебряной медалью им. Екатерины Дашковой за успехи в науке, связанные с разработкой консервантов для икры осетровых рыб.

**Реализация результатов работы.** Новые технологические решения использованы при разработке следующих нормативных документов, предусматривающих изготовление комплексных пищевых добавок и продуктов с их использованием в качестве консервантов: ГОСТ 7442-2002 «Икра зернистая осетровых рыб»; ГОСТ 6052-2004 «Икра зернистая осетровых рыб пастеризованная», «Добавка пищевая комплексная ЛИВ-1» ТУ 9192-008-58580657-03; «Комплексная пищевая добавка ЛИВ-2» ТУ 9192-001-58580657-03; «Добавка пищевая комплексная ЛИВ-4» ТУ 9192-009-58580657-03; «Пищевая добавка-консервант: ЛИВ-5» ТУ 0160-002-20749591-98; «Пищевая добавка-консервант: ЛИВ-6» ТУ 0160-003-20749591-98; «Комплексная пищевая добавка – консервант ЛИВ-7» ТУ 9199-007-585806057-04; «Комплексная пищевая добавка - консервант ЛИВ-10» ТУ 9192-002-58580657-03; «Комплексная пищевая добавка-консервант ЛИВ-11» ТУ 9192-002-20749591-99; «Икра зернистая осетровых рыб «Астраханская» ТУ 15-16-32-94; «Зернистая икра осетровых рыб пастеризованная» ТУ 9264-001-53815423-01; «Икра зернистая осетровых рыб пастеризованная» ТУ 9264-010-58580657-02; «Икра зернистая лососевых рыб пастеризованная» ТУ 9264-140-00474124-03; «Икра лососевых рыб зернистая» ТУ 9264-008-58580657-04; «Осетровые рыбы горячего копчения» ТУ 9263-009-20749591-00»; «Масло икорное» ТУ 15-16-49-96; «Масло рыбное» ТУ 9266-003-58580657-03.

Разработанные технологии консервирования икры осетровых рыб внедрены в промышленность. Так, ОАО «Русская икра» с использованием консервантов ЛИВ-1 и ЛИВ-2 с 1995 по 1998 годы выработано 98 тонн икры осетровых рыб; с 1994 года ОАО «Русская икра» и ряд других предприятий освоили выпуск зернистой икры «Астраханская» из жировых ястыков взамен ястычной.



Высокое качество икры с пищевыми добавками отмечено медалями и призами в России, Дании, Германии, Израиле, Италии, Франции. ООО «Веста-ЛИВ» за 1994-2005 годы изготовлено более 25 тонн консервантов серии ЛИВ. Рыбоперерабатывающими предприятиями Москвы и Московской области, Астрахани, Камчатки, Сахалина, Хабаровского края, Сибири и др. выработано более 500 тонн рыбной продукции с консервантами серии ЛИВ.

В 2000-2004 гг. разработанная технология пастеризованной икры осетровых рыб из овулировавшей апробирована при выработке опытных партий икры бестера и стерляди.

**Апробация работы.** Основные результаты работы доложены и обсуждены на I Всесоюзной конференции по прикладной радиобиологии (Кишинёв, 1981); V Всесоюзном биохимическом съезде (Киев, 1986); 11 International Symposium on Capillary Chromatography (Monterey, 1990); International Conference Chromatography (Budapest, 1990); 13 International Symposium on Capillary Chromatography (Italy, 1991); 15 International Symposium on Capillary Chromatography (Italy, 1993); International Symposium on sturgeon (Moscow-Kostroma-Moscow, 1993); 16 International Symposium on Capillary Chromatography (Italy, 1994); III International symposium on sturgeon (Italy, 1997); Scientific Workshop Cavilm' (Германия, 1998); III Международной конференции «Повышение качества рыбной продукции - стратегия развития рыбопереработки в XXI веке» (Калининград, 2001); III съезде Биохимического общества (С-Петербург, 2002); IV Международной научно-практической конференции «Производство рыбных продуктов: проблемы, новые технологии, качество» (Калининград, 2003); IV International Symposium of sturgeon (Oshkosh, USA, 2002); IV Международной научно-практической конференции «Производство рыбных продуктов: проблемы, новые технологии и качество» (Калининград, 2003); научно-практической конференции «Водные биоресурсы России: решение проблем их изучения и рационального использования» (Москва, 2003); III Международной конференции «Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития» (Астрахань 2004); научно-практической конференции «О приоритетных задачах рыбохозяйственной

науки в развитии рыбной отрасли до 2020 года» (Москва, 2004); V International Symposium of sturgeon (Iran, 2005).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 2 справочных издания, 31 статья, 12 патентов, 2 авторских свидетельства СССР.

**Объем и структура работы.** Диссертация включает введение, 7 глав, основные выводы по работе, список использованной литературы и 120 приложений. Диссертация изложена на 310 страницах основного текста, содержит 83 таблицы, 45 рисунков, список цитируемой литературы из 400 наименований. В приложениях представлена нормативная и техническая документация (титульные листы), патенты, документы, подтверждающие внедрение результатов исследований.

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель, задачи исследований, научная новизна, практическая значимость, научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Анализ научных и практических вопросов производства и технологии консервирования икры осетровых и лососевых рыб», приведены источники получения икры осетровых и лососевых рыб, показаны объемы её производства, описаны свойства икры осетровых и лососевых рыб, способы обработки и методы консервирования икры, обозначены актуальные проблемы, требующие решения.

Во второй главе «Методология комплексных исследований. Объекты и методы исследований» изложен методологический подход к организации проведения исследований, обоснованию объектов и методов исследований, представлена программно-целевая модель исследований (рис.1).

В качестве объектов исследований использовали икру осетровых рыб IV стадии зрелости: осетра - *Acipenser Güldenstädti Brandt*, белуги - *Huso huso(L.)*, севрюги - *Acipenser stellatus (Pall.)*; икру V стадии зрелости: стерляди - *Acipenser ruthenus (L.)*, бестера - пород «Бурцевская» (БС) - гибрид белуги со стерлядью, «Аксайская» (С.БС) - гибрид стерляди с бестером – возвратная форма, «Внировская» (Б.БС) - гибрид белуги с бестером; икру лососевых рыб -

*Oncorhynchus kisutch* (Walb.), нерки - *Oncorhynchus nerka* (Walb), горбуши - *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.), кеты - *Oncorhynchus keta* (Walb).

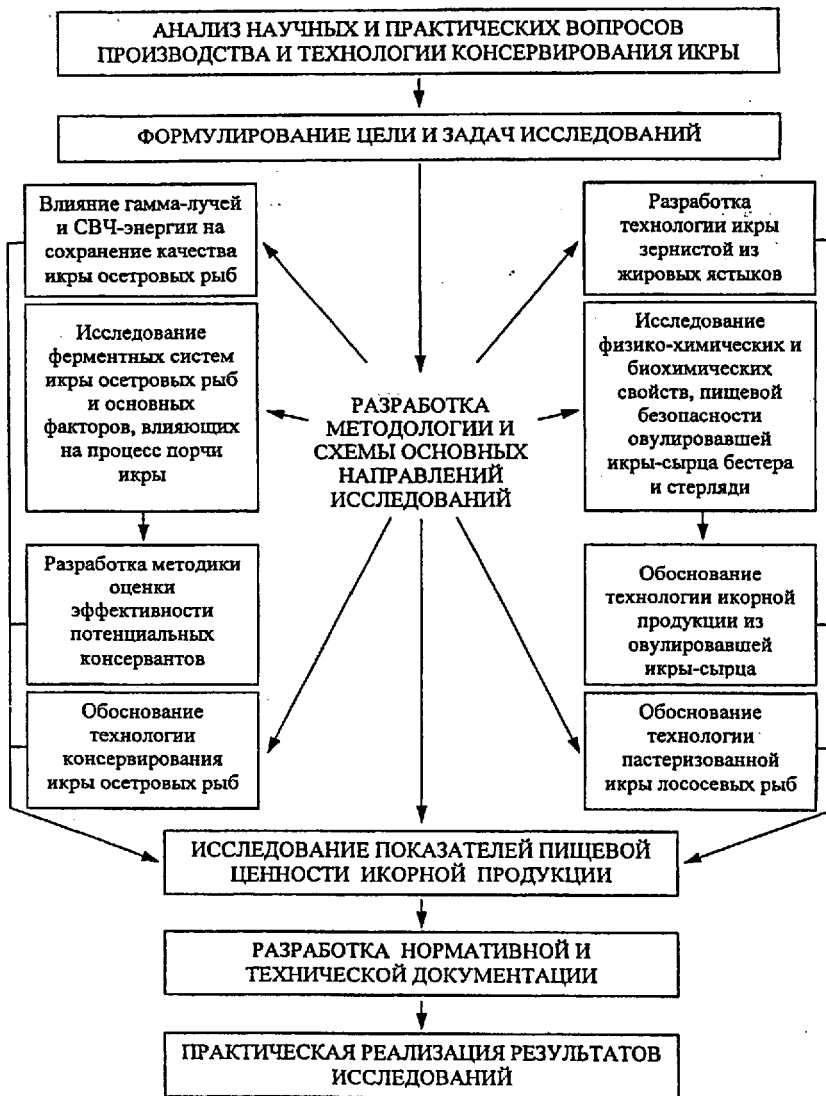


Рис. 1. Программно-целевая модель исследований

Разработку технологии и заготовку опытно-промышленных и промышленных партий икры осетровых рыб проводили на базе КИБПО (Каспийское икорно-балычное производственное объединение), позднее ОАО «Русская икра». Органолептические показатели готовой икорной продукции в процессе хранения оценивали на дегустационных совещаниях производственного объединения «Каспрыба», ОАО «Русская икра», Минрыбхоза СССР и Госкомрыболовства РФ. Овулировавшую икру получали прижизненным способом специалисты ВНИРО в цехе рыбозаводного завода «Казачка» в Ростовской области и в цехе тепловодного садкового хозяйства ЗАО РТФ «Диана».

Отбор проб для оценки качества исходного сырья и готовой продукции проводили по ГОСТ 7631-85, подготовку средней пробы – по ГОСТ 7636-85.

Микробиологические показатели, массовую долю воды, белка, минеральных веществ, содержание небелкового азота, азота летучих оснований, тирозина, оксикислот, кислотное и альдегидное числа жира определяли по общепринятым методикам. Фракционный состав белков икры проводили в 12%-ном полиакриламидном геле по Леммли (Laemmli, 1970). Аминокислотный состав белков определяли по Стейну и Муру (Stein, Moore, 1954) на аминокислотном анализаторе AA835 фирмы «Hitachi». Липиды выделяли по методу Блайя-Дайера (Bligh, Dyer, 1959), жирные кислоты в виде метиловых эфиров (МЭЖК) анализировали на газовом хроматографе GC-16A фирмы «Shimadzu», фракционный состав липидов определяли методом ВЭТСХ по М. Кейтсу (1975), сканирование фракций проводили при  $\lambda=540$  нм на сканнере CS-9000 фирмы «Shimadzu». Содержание жирорастворимых витаминов определяли методом ВЭЖХ на жидкостном хроматографе LC-6A фирмы «Shimadzu».

Общую протеолитическую активность растворимых белков икры осетровых и лососевых рыб исследовали по методу М. Ансона, для определения подклассовой принадлежности протеолитических ферментов использовали ингибиторный анализ (Anson, 1939). Активность фосфатаз и липаз определяли общепринятыми методами (Татарская и др., 1958; Шлыгин и др., 1964).

Содержание микро-, макроэлементов и токсичных элементов определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре AA-670 фирмы «Shimadzu»; содержание хлороорганических пестицидов - на газовом хроматографе GC-9A

фирмы «Shimadzu» (Клисенко и др., 1992). Активность воды измеряли на приборе «AW meter WA-360» фирмы Shibauga, плотность икры - на реометре «Rheometer» фирмы Fudon.

Для гистологических исследований икру фиксировали в 4%-ном формальдегиде, срезы окрашивали гематоксилином по Эрлиху и анализировали с помощью компьютерной системы изображений Optimus с автоматической видеокамерой Leica DC, увеличение 10x10.

Продолжительность времени собственно пастеризации устанавливали экспериментально путём определения регламента прогревания икры в стеклoбанках вместимостью 68 см<sup>3</sup> и 100 см<sup>3</sup> при температуре 62°C.

Инокуляцию икры осуществляли суспензией тест-микроорганизмов: БГКП *Escherihia coli* (музейный штамм ВКМ-8-125) и дрожжами, выделенными из икры осетровых или лососевых рыб, с концентрацией 1x10<sup>7</sup> КОЕ на 1 г икры.

Сроки годности икры устанавливали в соответствии с требованиями МУ Госсанэпиднадзора РФ. Эксперименты проводили в трёхкратных повторностях.

Достоверность экспериментальных данных оценивали общепринятыми методами математической статистики с использованием компьютерных программ при доверительной вероятности  $\geq 95\%$ .

В третьей главе «Исследование возможности использования физических методов консервирования икры осетровых рыб» представлен химический состав икры осетровых рыб (табл. 1) и консервирующее влияние ионизирующей радиации и СВЧ-энергии на физико-химические, биохимические, микробиологические и органолептические показатели качества икры осетровых рыб.

Таблица 1  
Химический состав икры-сырца и икры зернистой осетровых рыб, %

Икра	Влага	Белок	Жир	Зола
Икра осетра				
Икра-сырец	56.4-58.9	24.0-25.6	11.2-17.1	1.4-1.4
С поваренной солью	51.9-55.5	26.3-28.2	12.3-17.2	4.4-4.6
Икра севрюги				
Икра-сырец	54.9-57.6	26.2-26.8	11.9-13.7	1.2-1.3
С поваренной солью	51.6-54.0	27.4-29.1	10.2-18.7	4.6-4.8
Икра белуги				
Икра-сырец	57.9-59.8	24.1-25.2	12.1-15.9	1.4-1.5
С поваренной солью	51.2-54.6	25.4-27.2	11.6-16.9	4.6-4.7

В результате комплекса микробиологических, физико-химических и органолептических исследований установлена принципиальная возможность консервирования икры методами радуризации и СВЧ-энергии, подтвержденная данными фракционного состава белков, фракционного и жирнокислотного состава липидов, стабильностью микробиологических показателей икры в процессе её хранения. Однако по органолептическим показателям икра, обработанная гамма-лучами, уступала икре, пастеризованной обычным способом, и икре, пастеризованной СВЧ-лучами. В связи с этим способ радуризации не был рекомендован в качестве способа пастеризации.

Внедрение способа СВЧ-энергии в промышленности требовало решения ряда технических задач и значительных финансовых затрат, что делало промышленное внедрение этого метода на тот момент экономически неэффективным, и работы в данном направлении временно были прекращены.

В четвертой главе «Обоснование технологии консервирования икры осетровых рыб IV стадии зрелости» исследована активность ферментных систем икры-сырца осетровых рыб в зависимости от влияния pH, температуры, действия специфических ингибиторов, поваренной соли - ПС и смеси соли и борных препаратов (борной кислоты и тетрабората натрия) - БП.

Установлено, что наибольшая протеолитическая активность ферментов икры обусловлена протеиназами, активными в кислой зоне pH с оптимумом действия при pH 2.0-3.5. При значениях pH 6.0-6.2, характерных для свежей икры, уровень активности протеиназ значительно ниже (рис.2).

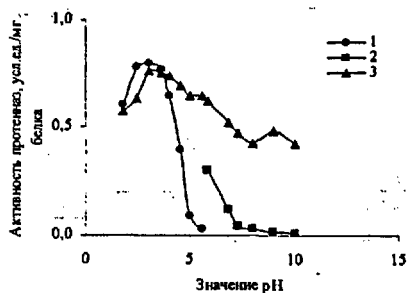


Рис. 2. Зависимость активности протеиназ икры осетра от pH с гемоглобином (1) и с казеином (2) в качестве субстратов; 3- pH-стабильность протеиназ

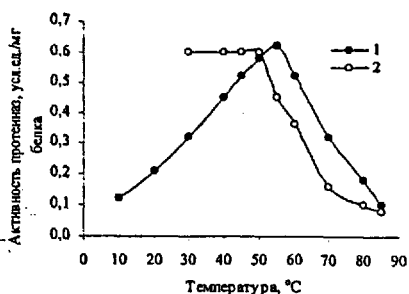


Рис. 3. Зависимость активности протеиназ икры осетра от температуры (1) и термостабильность протеиназ (2)

Исследование зависимости стабильности протеиназ от рН показало значительную устойчивость их при значениях рН в кислой области. Оптимальным для проявления активности протеиназ икры является интервал температуры от 45 до 57°C (рис. 3).

В результате ингибиторного анализа в икре осетровых рыб установлено отсутствие цистеиновых и сериновых протеиназ, а также металлоферментов. Активность протеиназ в основном связана с присутствием карбоксильных протеиназ типа катепсина D.

Активность фосфатаз в икре при различных значениях рН имеет два оптимума действия рН: 4.4-5.2 – в кислой и 8.9-9.6 – в щелочной области (рис. 4).

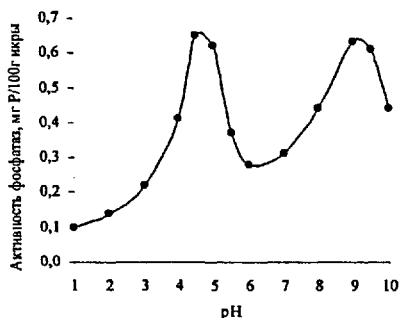


Рис. 4. Зависимость активности кислых и щелочных фосфатаз икры осетра от рН

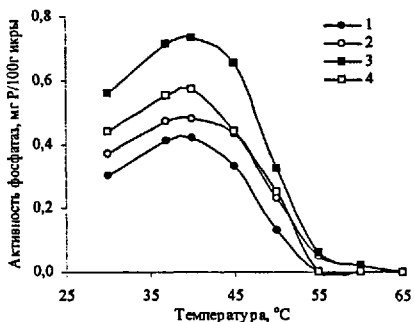


Рис. 5. Зависимость активности кислых (1,3) и щелочных (2,4) фосфатаз икры севрюги (1,2) и белуги (3,4) от температуры

Максимум активности фосфатаз икры наблюдается при 36-44°C, полная инактивация - при 63°C для кислых фосфатаз и 55°C – для щелочных (рис. 5). Принятый для икры осетровых рыб режим пастеризации ингибирует фосфатазы.

В икре осетровых рыб обнаружена низкая активность липаз с оптимумом действия при рН 7.5 и температуре 35-45°C (рис. 6).

Достоверных различий в активности ферментных систем икры осетра, белуги и севрюги весеннего и осеннего вылова не выявлено.

Борные препараты в концентрации, применяемой для консервирования икры, не ингибируют протеиназы, фосфатазы и липазы. По-видимому, их действие

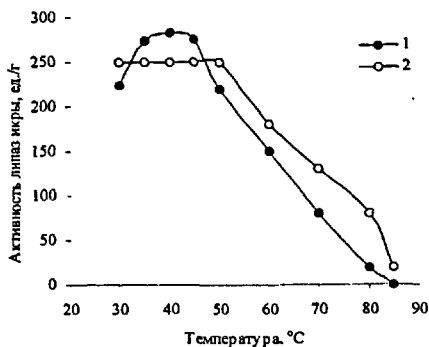


Рис. 6. Зависимость активности липаз икры осетра от температуры (1) и термостабильность (2) липаз

обусловлено проявлением как антисептических свойств, так и способностью поддерживать pH на уровне, при котором протеиназы и кислые фосфатазы наименее активны, что способствует сохранению качества икры при хранении.

В результате анализа литературных данных и собственных исследований обобщены негативные факторы, снижающие качество икры

осетровых рыб и приводящие её к порче на этапах вылова и обработки рыбы, условий хранения икры-сырца, условий посола, расфасовывания, прессования банок с икрой, вакуумирования и хранения готовой продукции. Выявлен характер воздействия этих факторов на микробиальные, гидролитические и окислительные процессы. Так, например, даже промывание икры водой перед посолом (рис. 7а), по времени превышающее рекомендуемое, приводит к оводнению наружного слоя оболочки (рис. 7б), что усиливает микробиальные и окислительные процессы.

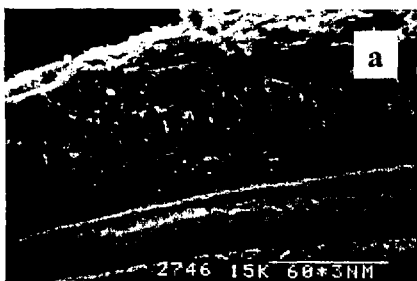


Рис. 7. Сколы оболочки икры IV стадии зрелости русского осетра, исследованной на сканирующем электронном микроскопе: а – икра-сырец перед промыванием водой, б – икра-сырец, промываемая водой.



Результаты анализа влияния негативных факторов на икру осетровых рыб были использованы для научного обоснования требований к консервантам (таблица 2).

Таблица 2

Требования к консервантам для икры осетровых рыб

Наименование показателей	Значение
Соответствие национальным и международным нормам по безопасности, %	100
Отсутствие порочащих органолептических признаков, %	100
Стабильность химического состава при хранении, месяцы, не менее	12
Растворимость в воде, %	99,0
Наименьший коэффициент межфазного распределения	3-6
Способность обеспечивать остаточное содержание влаги в икре, %	50-53
Способность стабилизировать буферную ёмкость икры, рН	6.1-6.5
Наличие антиокислительных свойств, %, не менее	30
Отсутствие проокислительных свойств, %	100
Широкий спектр антисептических свойств (для зернистой икры), высокая (+++) и средняя (++) эффективность: - бактерии	++
- плесневые грибы	+++
- дрожжи	+++
Отсутствие фармакологического действия, %	100
Концентрация консерванта, минимально необходимая, но достаточная для достижения консервирующего эффекта, %, не более*	0.5

\* - без учета содержания поваренной соли

На основании комплекса проведенных исследований разработана методика комплексной оценки эффективности потенциальных консервантов для икры осетровых рыб на модельных системах, которая включает выполнение работ по следующим этапам (Копыленко Л.Р., Вайтман Г.А. и др., 1984):

- определение влияния потенциально эффективного консерванта на вкусовые свойства икры;
- исследование антимикробного действия консерванта на тест-культурах;
- определение способности консерванта стабилизировать буферную ёмкость икры;
- определение антиокислительных свойств консерванта;
- определение стабильности консерванта в хранении.

По результатам многочисленных испытаний, проведенных на модельных системах в соответствии с разработанной методикой, наилучшим препаратом для икры осетровых рыб был признан комплексный консервант БК-2, сочетающий перечисленные выше свойства.

Как показали результаты исследований, содержание белка в исследованных образцах икры осетровых рыб, консервированной БП и БК-2, колебалось от 26 до 28,3%. В результате разделения белков икры осетра (растворенных в SDS) методом электрофореза обнаружены 4 крупные фракции с молекулярными массами (кДа) 204 - 108 - 40 и 13 кДа (рис. 8). В процессе хранения икры наблюдается уменьшение доли высокомолекулярных фракций и образование средне- и низкомолекулярных фракций. В большей степени гидролитические изменения белков выражены в икре с БП, чем в икре с БК-2.

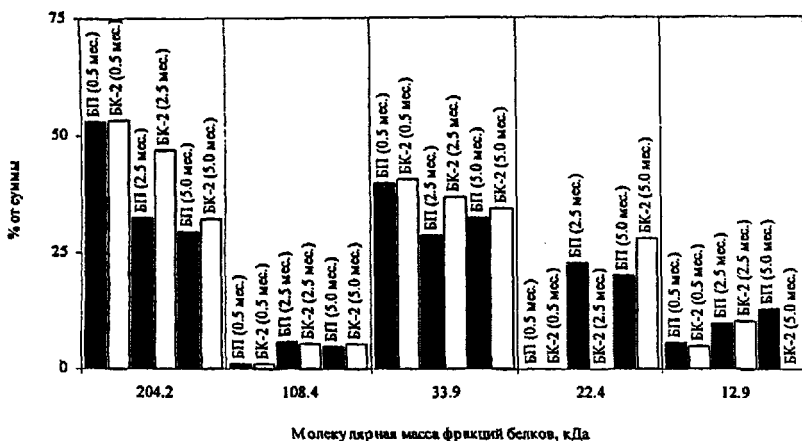


Рис. 8. Влияние продолжительности хранения на фракционный состав белков зернистой икры осетра, консервированной борными препаратами и БК-2

Икра осетровых рыб характеризуется полным набором незаменимых и заменимых аминокислот. Сравнение содержания незаменимых аминокислот «идеального» белка и белков икры осетровых рыб подтверждает полноценность последних. Сумма незаменимых аминокислот в белках икры с борными препаратами и БК-2 составляет около 45% от общего содержания аминокислот.

На примере икры севрюги показано, что на аминокислотный состав и соотношение аминокислот не оказывает влияние ни способ консервирования, ни длительность хранения икры в течение 6 месяцев (табл. 3).

Таблица 3

Аминокислотный состав белков зернистой икры севрюги, консервированной борными препаратами и БК-2, в процессе хранения, г/100г белка

Наименование кислоты	Содержание аминокислоты, г/100г белка			
	БП		БК-2	
	0.5 мес.	6 мес.	0.5 мес.	6 мес.
Незаменимые аминокислоты				
Треонин	4.51±0.17	4.38±0.18	4.48±0.16	4.38±0.14
Метионин	2.11±0.16	2.30±0.17	1.98±0.14	1.78±0.12
Цистин	0.80±0.15	0.75±0.12	0.69±0.11	0.72±0.12
Валин	5.47±0.13	5.62±0.14	5.54±0.13	5.47±0.13
Фенилаланин	3.84±0.14	3.76±0.14	3.90±0.12	3.86±0.12
Тирозин	3.42±0.28	3.45±0.16	3.51±0.14	3.54±0.19
Изолейцин	4.99±0.12	4.87±0.12	5.01±0.10	5.00±0.13
Лейцин	8.01±0.13	7.84±0.16	7.96±0.14	7.80±0.13
Лизин	7.47±0.12	7.50±0.10	7.64±0.13	7.70±0.09
Заменимые аминокислоты				
Аспарагиновая кислота	8.49±0.20	8.50±0.21	8.14±0.21	8.09±0.15
Серин	6.37±0.13	6.40±0.12	6.30±0.10	6.41±0.12
Глутаминовая кислота	14.24±0.10	13.89±0.11	13.98±0.12	13.74±0.13
Пролин	3.97±0.12	3.84±0.11	4.01±0.11	3.87±0.13
Глицян	2.75±0.20	2.68±0.16	2.84±0.15	2.79±0.13
Аланин	6.06±0.22	5.79±0.18	6.21±0.19	6.12±0.12
Гистидин	2.58±0.11	2.58±0.10	2.19±0.12	2.23±0.12
Аргинин	6.59±0.15	6.30±0.12	6.45±0.16	6.37±0.13
Σ аминокислот	91.67±0.15	90.40±0.14	90.83±0.15	89.98±0.13
Σ незаменимых аминокислот	40.62±0.16	40.47±0.15	40.71±0.14	40.24±0.12

Фракционный состав липидов икры зернистой представлен в основном триглицеридами (ТГ) – от 86.7 до 88.9%, фосфолипидами – от 4.0 до 4.9% и стеринами – около 7% (табл. 4).

Таблица 4

Фракционный состава липидов икры зернистой севрюги, консервированной борными препаратами и БК-2, в процессе хранения, % от суммы

Липиды	Икра с БП		Икра с БК-2		
	0 мес.	5.0 мес.	0 мес.	5.0 мес.	6.5 мес.
Полярные	4.0±0.4	4.1.6±0.9	4.9±0.4	4.5±0.8	4.6±0.9
Моноглицериды	-	1.2±0.01	-	-	0.1±0.02
Диглицериды	-	1.9±0.02	-	0.1±0.02	0.3±0.03
Стерины	7.4±0.5	7.6±0.4	7.2±0.6	7.4±0.3	7.5±0.3
СЖК	-	1.6±0.2	-	0.3±0.02	0.8±0.06
Триглицериды	88.6±0.9	80.5±0.9	88.2±1.0	85.1±0.9	83.9±0.8
Эфиры стериннов	-	3.1±0.3	-	2.6±0.4	2.8±0.3

Через 5 месяцев хранения в зернистой икре севрюги с БП на фоне снижения массовой доли триглицеридов с 88.6 до 80.5% появляются моно- и

диглицериды, свободные жирные кислоты (СЖК) и эфиры стероидов. Гидролитические процессы липидов в икре с БК-2 через 6.5 месяцев хранения выражены в меньшей степени, чем в икре с борными препаратами. В фосфолипидах зернистой икры севрюги после посола идентифицированы фосфатидилхолин (ФХ) и фосфатидилэтаноламин (ФЭА), массовая доля которых составляет 70.3-71.3% и 26.9-28.3% соответственно (табл. 5). Судя по представленным данным фракционный состав фосфолипидов икры с БК-2 при хранении на протяжении 6.5 месяцев практически стабилен, в икре с БП через 5 месяцев хранения наблюдается увеличение доли лизопроизводных до 2.7%.

Таблица 5

Фракционный состав фосфолипидов икры зернистой севрюги, консервированной борными препаратами и БК-2, при хранении, % от суммы

Фосфолипиды	Икра с БП		Икра с БК-2		
	0 мес.	5.0 мес.	0 мес.	5.0 мес.	6.5 мес.
Лизопроизводные	-	2.7±0.4	-	0.4±0.1	0.4±0.1
Неидентифицированные	1.8±0.3	1.5±0.1	1.4±0.2	1.2±0.3	2.1±0.7
Фосфатидилхолин	71.3±1.4	70.4±1.2	70.3±1.2	70.2±1.3	69.7±1.2
Фосфатидилэтаноламин	26.9±0.8	25.4±1.0	28.3±0.6	28.2±0.8	27.8±0.6

В икре осетра, белуги и севрюги, консервированной борными препаратами, через 4 месяца хранения отмечается привкус окислившегося жира, а затем и горечь, в икре с БК-2 привкус окислившегося жира и горечь отсутствуют.

Методы газожидкостной хроматографии и хроматомасс-спектрометрии с использованием капиллярной колонки (полярной фазы) позволили в составе суммарных липидов икры осетровых рыб впервые идентифицировать 55 высших жирных кислот, из них 14 насыщенных, 13 мононенасыщенных и 25 полиненасыщенных (табл. 6). Суммарные липиды икры характеризуются высокой степенью ненасыщенности, определяемой моноеновыми (42-44%) и полиеновыми (25-30%) жирными кислотами. Из моноеновых доминируют олеиновая (18:1) – до 35% и пальмитолеиновая (16:1) – до 8%; из полиеновых – эйкозапентаеновая (20:5) – 4-6 % и докозагексаеновая (22:6) – 12-14%.

Следует отметить довольно стабильное содержание в исследованных нами образцах икры осетровых рыб пальмитиновой, пальмитолеиновой и олеиновой кислот, в то время как доля миристиновой кислоты изменяется от 0.4 до 1.2%,

докозапентаеновой - от 0.9 до 3.0%, эйкозапентаеновой - от 4.1 до 6.3%, докозагексаеновой - от 6.8 до 14.0%, эссенциальных кислот - от 2.5 до 7.2%.

Таблица 6  
Основные жирные кислоты липидов икры зернистой осетра, консервированной борными препаратами и БК-2, в процессе хранения, % к сумме

Код кислоты	БК-2			БП		
	0 мес.	4 мес.	6 мес.	0 мес.	4 мес.	6 мес.
14:0	0.40	0.30	0.27	0.30	0.25	0.30
16:0	17.35	18.37	17.66	16.99	16.68	16.44
17:0	0.41	0.42	0.43	0.39	0.40	0.40
18:0	1.61	1.37	1.37	2.41	2.93	2.87
i 17:0	1.00	0.82	1.24	0.98	1.18	1.11
ai 17:0	0.50	0.40	0.82	0.50	0.77	0.77
ai 18:0	0.16	0.18	0.16	0.15	0.13	0.14
16:1w7	7.03	6.99	6.95	6.89	6.83	6.84
17:1w12,9	0.93	0.91	0.87	0.87	0.88	0.84
18:1w12,9,7	32.20	31.56	31.12	32.90	31.88	31.57
20:1w7	1.52	1.41	1.45	1.39	1.35	1.36
20:1w15,12,9	1.08	1.00	1.01	0.98	0.94	0.99
22:1w12,9	-	0.12	-	0.11	-	-
18:2 w6	1.34	1.34	1.33	1.32	1.32	1.32
18:2 w7	0.60	0.52	0.53	0.57	0.52	0.50
20:2 w6	0.40	0.40	0.39	0.35	0.35	0.38
22:2 w6	0.11	0.05	0.14	0.15	0.11	0.14
17:3 w7	0.05	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06
18:3 w6	0.23	0.23	0.19	0.23	0.23	0.18
18:3 w7	0.09	0.08	0.11	0.09	0.10	0.11
18:3 w3	0.58	0.57	0.49	0.32	0.35	0.31
20:3 w6	0.19	0.18	0.18	0.15	0.14	0.17
20:3 w3	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10
18:4 w3	0.50	0.58	0.47	0.48	0.58	1.13
20:4 w6	3.37	3.26	3.38	3.22	3.32	0.51
19:5+19:4	0.05	0.12	-	-	0.10	0.11
20:5 w3	4.59	4.55	4.61	4.47	4.34	4.58
22:5 w3	1.83	1.79	1.75	1.75	1.64	1.66
22:6 w3	14.02	13.99	13.71	13.83	13.42	14.01
Σ насыщенных	24.86	26.75	27.25	26.39	27.64	27.93
Σ мононенасыщенных	44.55	43.48	43.27	44.53	43.36	43.27
Σ полиненасыщенных	30.59	29.77	29.48	29.08	29.00	28.80

В процессе хранения икры не происходит статистически достоверных изменений в содержании жирных кислот, за исключением того, что в икре с БП содержание арахидоновой кислоты уменьшается, полиненасыщенная кислота 23:6 к 6-и месяцам хранения не обнаруживается. При появлении в икре привкуса окислившегося жира достоверных изменений в соотношении жирных кислот не наблюдается.

Процессы окисления липидов, в первую очередь ненасыщенных, могут сдерживаться наличием антиоксидантов, в частности витамина Е, содержание которого в различных образцах икры осетра колебалось от 5.1 до 21.3 мг%, в образцах икры севрюги – от 4.4 до 9.2 мг%. В процессе хранения икры содержание витамина Е достаточно стабильно.

Энергетическая ценность икры с БП и БК-2 на протяжении 6-и месяцев сохранялась на уровне 220-250 ккал для различных образцов осетра, севрюги и белуги. Уровень микробиальной обсемененности обеспечивал безопасность зернистой икры осетра с БК-2 в течение 6 месяцев и пастеризованной – в течение 12 месяцев хранения.

Образцы икры пастеризованной с БК-2 из опытно-промышленной партии через 12.5 месяцев хранения были признаны стандартными, в то время как с борными препаратами - нестандартными. Предложенный способ консервирования икры защищен патентом (Копыленко, Вайтман, Курлапова и др., 1991г.).

Опытно-промышленные партии икры осетровых рыб с консервантом БК-2, выработанные в икорном цехе ОАО «Русская икра» в объёме более 1 тонны, были реализованы на общих основаниях.

Таким образом, в результате выполненных исследований обоснована и экспериментально подтверждена правомерность разработанной методики комплексной оценки эффективности потенциальных консервантов для икры осетровых рыб на примере БК-2. Методика позволила выбрать консервант, обеспечивший консервирующий эффект в условиях промышленного производства и хранения икры зернистой и икры зернистой осетровых рыб пастеризованной.

Одновременно с работами по внедрению препарата БК-2 с целью усиления консервирующего эффекта для зернистой икры проводили экспериментальные работы по испытанию и других композиций консервантов (на основе БК-2), итогом которых явились консерванты ЛИВ-2 и ЛИВ-1.

Как показали результаты проведенных исследований, икра зернистая, консервированная ЛИВ-1, соответствует требованиям СанПиН в течение 10 месяцев (1 месяц резервный), а икра пастеризованная с ЛИВ-2 - в течение 13

месяцев (табл. 7). БГКП (колиформы), *Staphylococcus aureus*, дрожжи, плесени, патогенные микроорганизмы и сульфитредуцирующие кластридии при хранении не обнаруживали.

Таблица 7

КМАФАнМ в икре зернистой осетровых рыб, консервированной ЛИВ-1, в процессе хранения (N=20)

Наименование показателя	ПДК по НД*	Срок хранения, мес.				
		Фон	3	6	9	10
Икра севрюги						
КМАФАнМ, КОЕ / г	$1 \times 10^4$	$4.2 \times 10^1$	$1.4 \times 10^2$	$6.3 \times 10^2$	$1 \times 10^3$	$5.6 \times 10^3$
Икра осетра						
КМАФАнМ, КОЕ / г	$1 \times 10^4$	$5.6 \times 10^1$	$4.7 \times 10^2$	$7.7 \times 10^2$	$3.9 \times 10^3$	$7.2 \times 10^3$

Накопление небелковых форм азота (небелкового азота и азота летучих оснований) в икре с борными препаратами и с ЛИВ-1 протекает аналогично – борные препараты и консервант ЛИВ-1, также как БК-2, сдерживают гидролитические изменения белков в равной степени. Однако процесс накопления свободных жирных кислот в икре с борными препаратами протекает значительно интенсивнее, чем в икре с ЛИВ-1. Увеличение кислотного числа жира в икре с борными препаратами с 1.8 до 4.5-5.3 мг КОН / г жира через 4 месяца хранения сопровождается появлением привкуса окислившегося жира, который позже вызывает изменения во вкусе продукта и становится порочащим. В икре с ЛИВ-1 привкус окислившегося жира на протяжении 10 месяцев хранения отсутствует, при этом кислотное число изменяется с 1.8 до 5.3-5.5 мг КОН / г жира. Массовая доля основных жирных кислот в липидах икры как с борными препаратами, так и с ЛИВ-1 в процессе хранения практически стабильна, что наблюдалось и при хранении икры, консервированной БК-2.

Результаты исследований показывают, что белки икры зернистой и зернистой пастеризованной по содержанию аминокислот превосходят «идеальный» белок, исключение составляет сумма серусодержащих кислот метионина и цистина, которые, как известно, при гидролизе разрушаются в большей степени, чем другие аминокислоты (рис. 9-10).

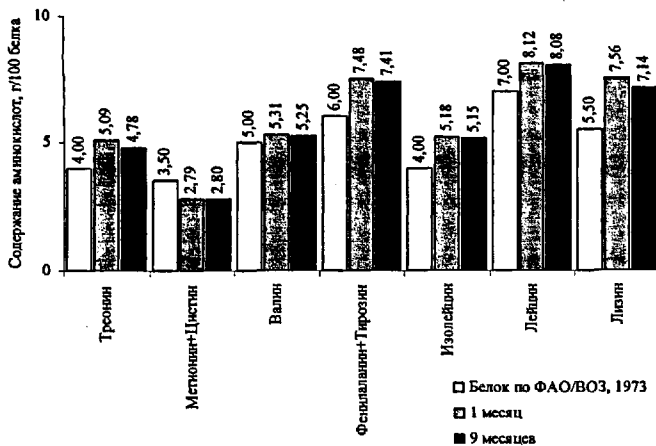


Рис. 9. Влияние продолжительности хранения на содержание незаменимых аминокислот белков икры зернистой белуги, консервированной ЛИВ-1, г/100 г белка

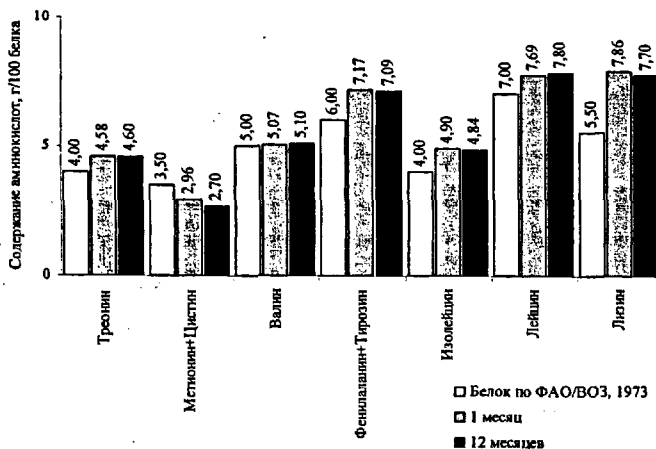


Рис. 10. Влияние продолжительности хранения на содержание незаменимых аминокислот белков икры белуги зернистой пастеризованной, консервированной ЛИВ-2, г/100 г белка

При хранении консервированной икры не отмечено изменений в содержании аминокислот.



По показателям безопасности образцы икры осетровых рыб в основном соответствовали требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01, однако в ряде образцов икры из загрязненных районов были обнаружены нерегламентированные пестициды и полиароматические углеводороды.

Результаты исследований образцов из опытно-промышленных и производственных партий икры показали, что консервант ЛИВ-1 обладает явным консервирующим эффектом, в концентрации 4.65% к массе икры стабилизирует её буферную ёмкость, замедляет автолитические процессы, обеспечивает микробиальную безопасность и сохраняет пищевую ценность. Использование ЛИВ-1 в качестве пищевой добавки позволило увеличить срок хранения зернистой икры осетра, белуги и севрюги с 2,5 до 9 месяцев при температуре  $-2 \pm 4^{\circ}\text{C}$ . В то время как борные препараты обеспечивали микробиальную безопасность икры осетра и севрюги до 4-х месяцев.

Совместное же действие ЛИВ-2 в концентрации 4.45% к массе икры и пастеризации обеспечивает микробиальную безопасность пастеризованной продукции в течение 12 месяцев. Икра с консервантами-комплексными пищевыми добавками ЛИВ-1 и ЛИВ-2 сохраняет хорошие вкусовые качества, в ней отсутствует привкус окислившегося жира, присущий икре с борными препаратами. Составные части консервантов нетоксичны и разрешены для использования в пищевой промышленности как в России, так и за рубежом. Качество икры с ними неоднократно высоко оценивалось как в России, так и за рубежом на Международных выставках.

В связи с запретом Минздрава СССР в 1994 г. борных препаратов для консервирования икры зернистой пастеризованной, а в 1997 г.- для зернистой икры осетровых рыб с 1994 г. на крупнейшем предприятии России ОАО «Русская икра» была внедрена технология консервирования икры осетровых рыб с использованием ЛИВ-2 и с 1997 года – с использованием ЛИВ-1. В настоящее время консерванты ЛИВ-1 и ЛИВ-2 внесены в международные ГОСТ 7442-2002 и ГОСТ 6052-2004.

Как известно, «жировые» и ослабленные ястыки осетровых рыб из-за невозможности традиционно пробить их через грохотку направляли на изготовление ястычной икры, имеющей низкие гастрономические свойства, обусловленные высокой соленостью, наличием жировых пленок, привкусом

окислившегося жира и сроком хранения 4 месяца. С целью повышения качества готовой продукции из жировых ястыков, увеличения выхода икры зернистой пастеризованной и увеличения сроков её хранения нами в соавторстве разработана технология икры зернистой пастеризованной «Астраханская» (рис. 11) с использованием консерванта ЛИВ-2, защищенная патентом №2050780.



Рис. 11. Технологические схемы изготовления икры из жировых ястыков:  
1 – схема по патенту № 2050780, 2- схема по заявке №2006111010

Энергетическая ценность икры севрюги и осетра из жировых ястыков составляет около 220 ккал и сопоставима с энергетической ценностью икры зернистой пастеризованной. Количество и соотношение аминокислот в белках, соотношение жирных кислот в липидах икры с консервантом ЛИВ-2 на протяжении установленных сроков хранения достаточно стабильны. Икра зернистая пастеризованная из жировых ястыков имеет слегка уплотненную консистенцию, нежный вкус, в ней отсутствует привкус окислившегося жира, присущий ястычной икре, содержание соли составляет 3.5% - 4.0%.

Данные общей микробиальной обсемененности, а также отсутствие регламентируемых групп микроорганизмов в икре из жировых ястыков подтверждают безопасность продукции на протяжении 12 месяцев хранения (табл. 8).

Таблица 8

КМАФАнМ в икре зернистой пастеризованной севрюги и осетра из жировых ястыков в процессе хранения

Показатели	ПДК по НД	Срок хранения, мес.				
		Фон	3	6	10	12
Икра севрюги с консервантом ЛИВ-2						
КМАФАнМ, КОЕ / г	$1 \times 10^3$	$<1 \times 10^1$	$1.0 \times 10^1$	$1.7 \times 10^1$	$3.9 \times 10^2$	$4.3 \times 10^2$
Икра осетра с консервантом ЛИВ-2						
КМАФАнМ, КОЕ / г	$1 \times 10^3$	$<1 \times 10^1$	$1.2 \times 10^1$	$2.0 \times 10^1$	$4.6 \times 10^1$	$2.3 \times 10^2$

Выход икры зернистой пастеризованной из жировых ястыков севрюги составляет 72.7%, из жировых ястыков осетра - 54%.

На основании результатов комплекса микробиологических, физико-химических, биохимических и органолептических исследований опытных и опытно-промышленных партий икры из жировых ястыков осетра и севрюги, выработанных в икорном цехе ОАО «Русская икра», разработана техническая документация ТУ 15-16-32-94 «Икра зернистая осетровых рыб пастеризованная «Астраханская» со сроками хранения икры без консерванта – 6, с консервантом ЛИВ-2 – 10 месяцев, не более.

Начиная с 1994 года, на предприятии ОАО «Русская икра» и других рыбоперерабатывающих предприятиях освоена технология зернистой икры из жировых ястыков взамен неэффективной технологии ястычной икры.

В настоящее время приведенную выше технологию (рис.11-1) удалось упростить. Новая технология (рис. 11-2) обладает рядом преимуществ и позволяет исключить из технологической схемы этапы дубления ястыков и икры с последующей отмывкой от дубителя, сократить время посола, степень воздействия на икру дополнительных агентов, исключить при посоле консервант ЛИВ-2. Эта технология обеспечивает более нежную консистенцию икры, приятный вкус, стабильность показателей пищевой ценности и микробиологическую стабильность на протяжении 10 месяцев хранения (Копыленко, заявка № 2006111010).

В пятой главе «Разработка и обоснование технологии пастеризованной икры осетровых рыб из овулировавшей икры-сырца» представлены данные по определению общего химического состава, физико-химических показателей, показателей пищевой ценности и безопасности овулировавшей икры-сырца бестера и стерляди, активности ферментов икры бестера и овариальной жидкости, обоснованию технологии икры зернистой осетровых рыб из овулировавшей икры-сырца; приведены данные об изменениях показателей качества пастеризованной икорной продукции при хранении.

Результаты исследований показали, что икра-сырец бестера и стерляди сопоставима с икрой-сырцом других осетровых рыб IV стадии зрелости по химическому составу, аминокислотному составу белков, жирнокислотному составу липидов и энергетической ценности (табл. 9).

Таблица 9

Химический состав и энергетическая ценность икры-сырца стерляди и бестера V стадии зрелости

Показатели	Икра стерляди	Икра бестера	Икра-сырец осетровых рыб IV стадии зрелости
Массовая доля белка, %	26.7±0.7	25.5±0.8	24.0-26.9
Массовая доля жира, %	14.2±1.2	10.2±2.4	11.9-17.1
Массовая доля воды, %	58.7±0.9	62.6±1.5	54.9-59.8
Массовая доля минеральных веществ, %	1.3±0.20	1.3±0.23	1.2-1.4
Энергетическая ценность, ккал/100г	200-230	200-220	200-240

Икра-сырец рыб из ряда рыбоводных хозяйств по нормируемым показателям является безопасной (табл. 10), и, как следовало ожидать, уровень токсикантов в ней ниже, чем в икре от рыб из естественных водоёмов.

Таблица 10

Содержание регламентируемых токсикантов в овулировавшей икре-сырце бестера и стерляди, выращенных в искусственных условиях

Год	Рыбоводное хозяйство	Токсичные элементы, мг/кг					Хлорорганические соединения, мг/кг			
		Pb	Cd	As	Hg	Zn**	Cu**	ГХЦП	ДДТ	ПХБ
Икра бестера										
2000	ЗАО «Казачка»	<0.001	0.003	0.043	0.033	21.294	1.741	0.004	0.122	<0.01
2001	«-»	0.012	0.030	0.053	0.042	20.135	1.234	0.002	0.012	0.01
2002	«-»	0.008	0.021	0.082	0.036	22.197	1.376	0.001	0.009	0.01
2003	«-»	0.007	0.021	0.074	0.052	22.926	1.414	0.002	0.012	0.01
2004	«-»	<0.001	0.003	0.061	0.033	19.843	0.960	0.001	0.008	<0.01
2005	«-»	0.065	0.005	0.054	0.027	24.759	6.514	0.001	0.011	0.01
Икра стерляди										
2001	ОАО «Диана»	0.001	0.003	0.057	0.029	18.864	1.003	0.001	0.007	<0.01
2004	ОАО «Диана»	0.091	0.006	0.043	0.049	29.968	1.413	0.001	0.005	0.01
2004	Моск. обл.	0.021	0.003	0.054	0.029	21.553	1.122	0.001	0.003	0.01
2005	ОАО «Диана»	0.069	0.002	0.049	0.032	23.836	2.298	0.004	0.037	0.01
2000-2003	Волго-Каспийский бассейн	0.08-0.24	0.08-0.1	0.05-0.23	0.1-0.12	14.124-26.032	1.986-3.181	0.002-0.006	0.016	0.016
МДУ по СанПиН 2.3.2.1078-01		1.0	1.0	1.0	0.2	40	10	0.2	2.0	2.0

\*\* - регламентировались до 2001 года

Исследования показали, что наибольшая протеолитическая активность овулировавшей икры и овариальной жидкости обусловлена протеиназами, активными в кислой зоне с оптимумом pH 1.8 и 3.2, при этом активность протеиназ овариальной жидкости в три раза выше активности протеиназ икры. Оптимальная температура для действия протеиназ - 28-32°C (рис. 12 и 13).

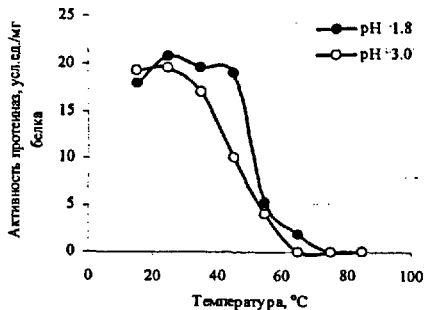


Рис. 12. Термостабильность протеиназ овариальной жидкости при различных значениях pH

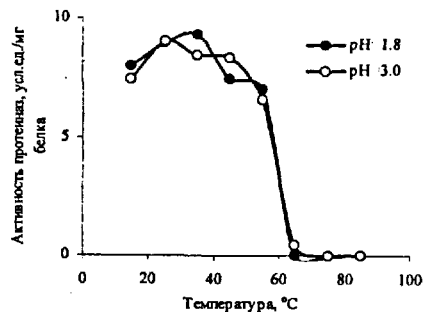


Рис. 13. Термостабильность протеиназ икры при различных значениях pH

Воздействие температуры 65°C инактивирует сначала протеиназы овариальной жидкости, а затем - протеиназы икры, поскольку последние обладают большей термостабильностью.

Максимальная активность кислой фосфатазы наблюдается при температуре 38-42°C, активность щелочной фосфатазы вдвое ниже, при температуре 60°C она становится равной нулю, активность кислой фосфатазы при 60°C минимальная, а при 65°C – нулевая. Оптимальной для активности фосфатаз является температура 40°C.

На основании комплекса проведенных исследований разработана технология, обеспечивающая подавление активности ферментов, предотвращающая клейкость икры, обеспечивающая необходимую плотность оболочки и уровень активности воды икры  $a_w$  0.896-0.898 против 0.920 в икре-сырце, разбористую и в тоже время нежную консистенцию, приятный вкус, а также микробиальную безопасность готовой продукции в течение 12 месяцев при температуре минус 2 - минус 4°C и минус 18°C (рис. 14).

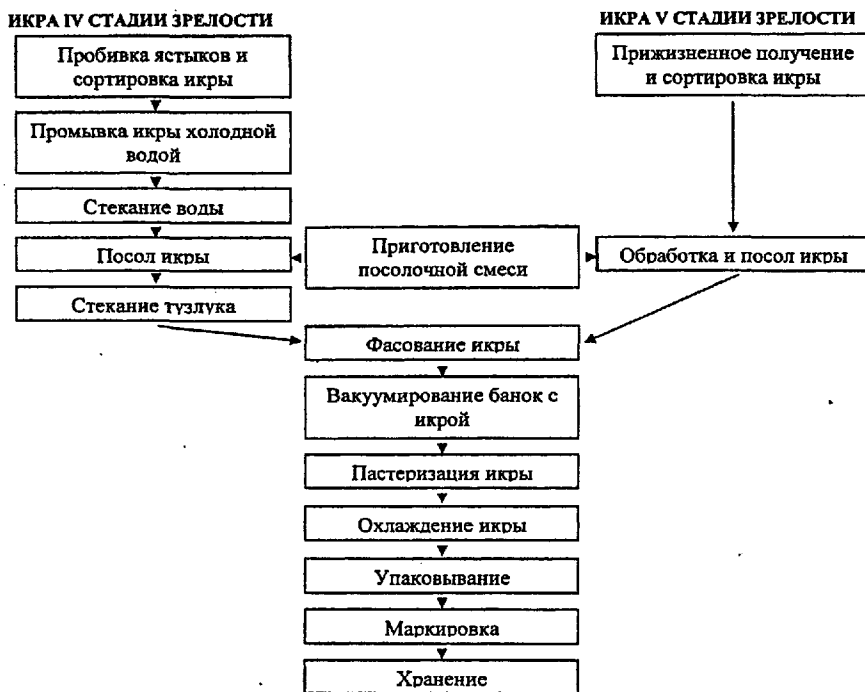


Рис. 14. Схема технологического процесса консервирования икры осетровых рыб V стадии зрелости в отличие от традиционной схемы посола икры IV стадии зрелости

Новая технология способствует также сохранению структуры оболочки икринки, что видно на рисунке 15.

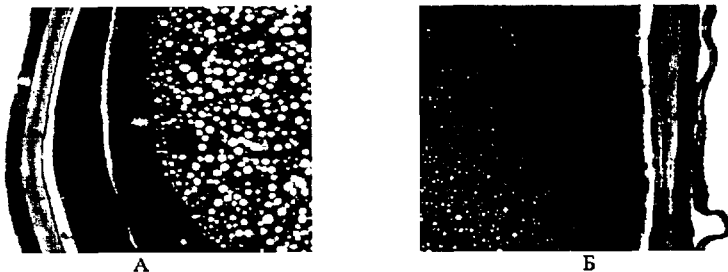


Рис. 15 Гистологические срезы фрагментов икры осетровых рыб: А – бестер, V стадия зрелости, зернистая пастеризованная; Б – русский осётр, IV стадия зрелости, зернистая пастеризованная.

Данные микробиологических показателей образцов икры зернистой пастеризованной бестера и стерляди в процессе хранения при двух температурных режимах указывают на стабильные значения общей обсемененности (табл. 11) и отсутствие других регламентируемых групп микроорганизмов.

Таблица 11  
КМАФАнМ в икре зернистой пастеризованной стерляди и бестера в процессе хранения ( $N > 20$ )

Показатели	ПДК по НД	Срок хранения, мес.					
		Фон	3	6	10	12	13
Икра стерляди, температура хранения – минус 2 – минус 4 <sup>0</sup> С							
КМАФАнМ, КОЕ / г	$1 \times 10^3$	$<1 \times 10^1$	$<1 \times 10^1$	$<3 \times 10^1$	$3 \times 10^1$	$3 \times 10^1$	$3 \times 10^1$
Икра стерляди, температура хранения – минус 18 <sup>0</sup> С							
КМАФАнМ, КОЕ / г	$1 \times 10^3$	$<1 \times 10^1$	$<1 \times 10^1$	$<1 \times 10^1$	$<1 \times 10^1$	$<3 \times 10^1$	$3 \times 10^1$
Икра бестера, температура хранения – минус 2 – минус 4 <sup>0</sup> С							
КМАФАнМ, КОЕ / г	$1 \times 10^3$	$<1 \times 10^1$	$1 \times 10^1$	$<3 \times 10^1$	$3 \times 10^1$	$3 \times 10^1$	$3 \times 10^1$
Икра бестера, температура хранения – минус 18 <sup>0</sup> С							
КМАФАнМ, КОЕ / г	$1 \times 10^3$	$<1 \times 10^1$	$<1 \times 10^1$	$<1 \times 10^1$	$<3 \times 10^1$	$<3 \times 10^1$	$3 \times 10^1$

Результаты содержания небелкового азота, азота летучих оснований (рис. 16), кислотного числа жира и оксикислот (рис. 17), фракционного состава белков (рис. 18) икорной продукции, приготовленной из овулировавшей икры бестера и стерляди, свидетельствует об отсутствии явных гидролитических и окислительных процессов при хранении. Нежная консистенция и гамма вкусовых свойств, присущие зернистой икре осетровых рыб, характеризовали икру, изготовленную из овулировавшей, на протяжении её хранения.

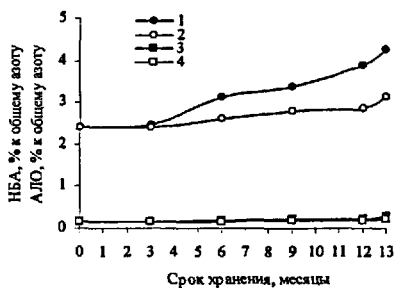


Рис. 16. Изменение содержания небелковых форм азота (НБА – 1,2; АЛО – 3,4) в пастеризованной икре стерляди в хранении при  $-2\text{--}+4^{\circ}\text{C}$  (1,2) и  $-18^{\circ}\text{C}$  (2,4)

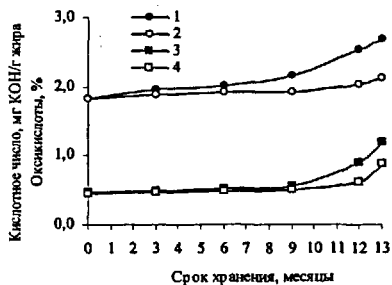


Рис. 17. Изменение кислотного числа жира и содержания оксикислот (КЧ – 1,2; ОК – 3,4) в пастеризованной икре бестера в хранении при  $-2\text{--}+4^{\circ}\text{C}$  (1,2) и  $-18^{\circ}\text{C}$  (2,4)

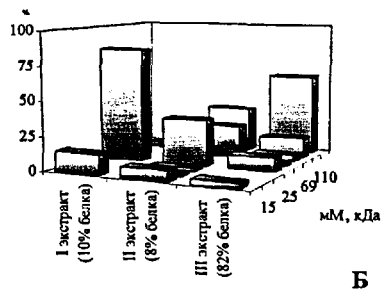
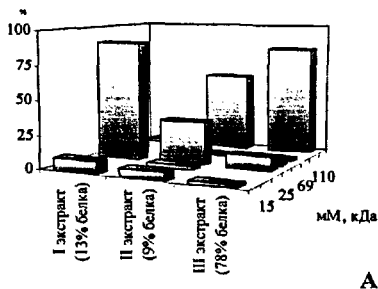


Рис. 18. Изменение фракционного состава белков икры зернистой пастеризованной бестера в хранении: А – 1 месяц, Б – 12 месяцев хранения

Икра бестера и стерляди, также как и икра-сырец, содержит полный набор незаменимых и заменимых аминокислот и характеризуется высокой биологической ценностью - содержание незаменимых аминокислот в 100г белков икры выше, чем в 100г «идеального» белка. Ощутимых различий в соотношении аминокислотного состава икры исследованных образцов не выявлено, что видно на рисунке 19. Стабильное содержание аминокислотного состава белков пастеризованной икры бестера в хранении при двух температурных режимах подтверждает наблюдаемое отсутствие изменений в содержании небелковых форм азота, обеспечивает сохранение биологической ценности белков и указывает на правильность выбора режимов обработки овулировавшей икры-сырца (табл. 12).



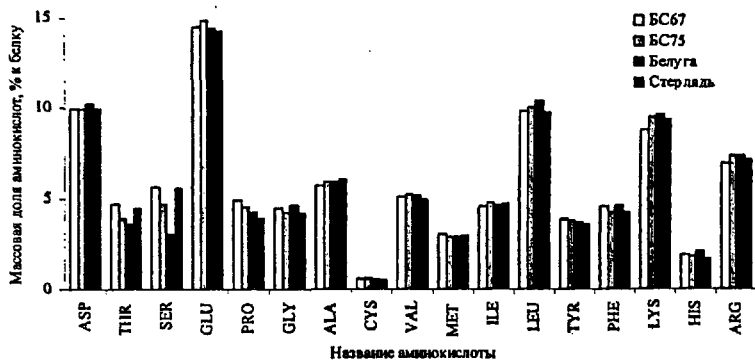


Рис. 19. Аминокислотный состав белка различных образцов икры бестера BC67, BC75, белуги и стерляди

Таблица 12  
Изменение содержания незаменимых аминокислот белков пастеризованной икры бестера породы «Бурцевская» в процессе хранения, г/100г белка

Незаменимые аминокислоты	Температура хранения -2+-4°C				Температура хранения -18°C
	Срок хранения, мес.				
	Фон	4	8	12	13
Треонин	4.59±0.07	4.14±0.05	4.20±0.04	4.40±0.07	4.58±0.08
Метионин	3.03±0.11	2.98±0.09	2.85±0.05	2.98±0.07	2.98±0.12
Цистин	0.53±0.09	0.61±0.07	0.41±0.04	0.52±0.02	0.49±0.05
Валин	5.15±0.03	4.92±0.02	5.01±0.06	4.98±0.05	5.12±0.04
Фенилаланин	4.03±0.07	4.14±0.10	4.10±0.09	4.12±0.12	3.98±0.13
Тирозин	3.13±0.17	3.12±0.14	3.24±0.11	3.14±0.16	3.05±0.11
Изолейцин	4.53±0.19	4.46±0.21	4.38±0.22	4.40±0.20	4.48±0.22
Лейцин	8.91±0.08	8.79±0.13	8.64±0.10	8.79±0.12	8.80±0.14
Лизин	7.83±0.10	7.91±0.14	7.76±0.12	7.64±0.19	7.91±0.14

Исследования фракционного состава липидов пастеризованной икры стерляди и бестера свидетельствуют о высоком содержании в ней триглицеридов – около 91%, доля фосфолипидов составляет 3.1 и 4.1 % соответственно. Спустя 13 месяцев хранения в липидах икры стерляди появляются свободные жирные кислоты, моно- и диглицериды, доля которых не превышает 5.5%. Фракционный состав липидов бестера в хранении практически не меняется.

Жирнокислотный состав липидов трех пород бестера представлен насыщенными кислотами в количестве от 26.96 до 29.48% от суммы жирных кислот, мононенасыщенными - 44.19 – 46.99% и полиненасыщенными - 21.72-

26.12% и сопоставим с липидами икры белуги (рис. 20). Такие же колебания в соотношении жирных кислот отмечены и для липидов стерляди, за исключением доли полиненасыщенных жирных кислот, которая составляет 19.6%.

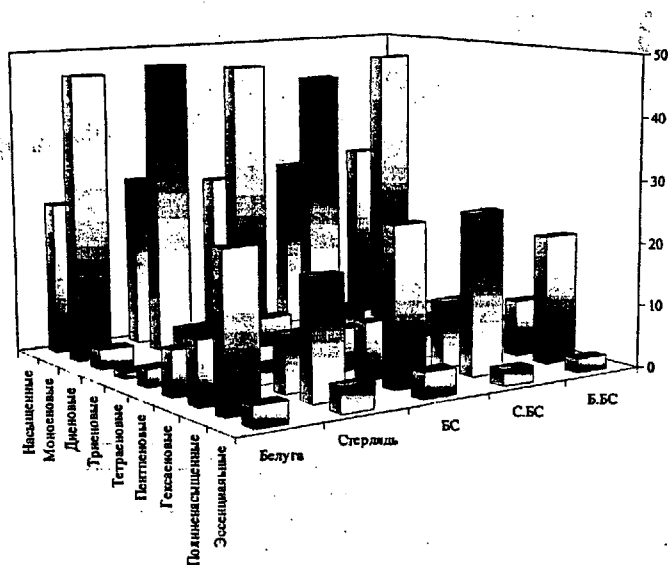


Рис. 20. Насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты липидов пастеризованной икры стерляди, бестера пород «Бурцевская» (БС), «Аксайская» (С.БС), «Внировская» (Б.БС) и белуги, % к сумме

Сумма насыщенных и мононенасыщенных кислот к концу хранения (13 мес.) незначительно увеличивается, что обусловлено увеличением доли кислот 14:0, 16:0, 18:1, одновременно наблюдается тенденция к уменьшению суммы полиненасыщенных жирных кислот. Устойчивость липидов пастеризованной икры бестера и стерляди к окислению может быть связана с высоким содержанием витамина Е: 9,17 мг% в начале хранения и 8,63 мг% - в конце хранения икры.

На новый вид продукции разработана техническая документация ТУ 9264-001-53815423-01 «Зернистая икра осетровых рыб пастеризованная». Способ защищен патентом (Копыленко, Корязова, 2002).

Результаты многократного прижизненного получения овулировавшей икры с последующей выработкой опытных партий икорной продукции показали, что выход пастеризованной икры бестера и стерляди составляет в среднем 94% и 89% соответственно.

В настоящее время разработанная технология может успешно использоваться для икры рыб, выращиваемых в условиях аквакультуры, где исключается воздействие промышленных и сельскохозяйственных загрязнителей и других негативных факторов, что определяет экологическую чистоту исходного сырья и готовой икорной продукции.

В условиях сокращения, а в дальнейшем даже возможного полного исчезновения природных запасов осетровых рыб предлагаемая технология может стать единственным источником такого ценного пищевого продукта, как икра осетровых рыб.

В шестой главе «Разработка и обоснование технологии пастеризованной икры лососевых рыб» представлены результаты по изучению влияния различных режимов пастеризации: I режим -  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  - 30 минут, II режим -  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  - 60 минут, III режим -  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  - 90 минут и условий

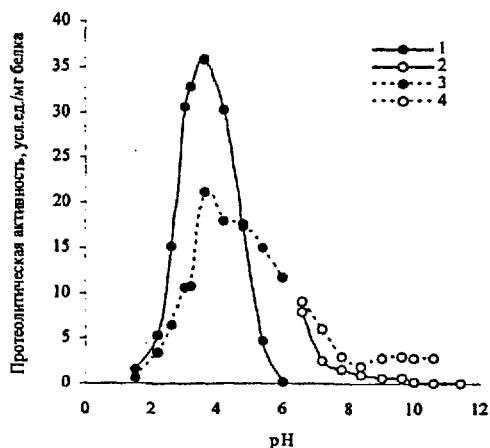


Рис. 21. рН-профиль активности (1,2) и стабильности (3,4) протеиназ икры горбуши (1,3 – гемоглобин; 2,4 – казеин)

хранения на органолептические, физико-химические показатели качества икры лососевых рыб с консервантами (смесью сорбиновой кислоты и уротропина) и без консервантов, данные об активности протеиназ и пищевой ценности. Приведены результаты исследований, подтверждающие выбор рационального режима

пастеризации икры лососевых рыб.

При определении влияния pH и температуры на активность протеиназ икры лососевых рыб установлено, что наибольшая активность обусловлена протеиназами, активными в кислой зоне pH с оптимумом при pH 3.6. pH-профиль активности и стабильности протеолитических ферментов, представленный на рисунке 21, показывает, что протеиназы с оптимумом действия в щелочной области (pH 8.4-11) отсутствуют. Наибольшая активность

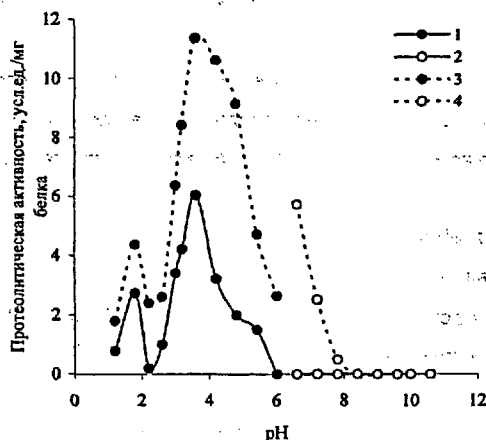


Рис. 22. pH-профиль протеиназ пастеризованной (1,2) и непастеризованной (3,4) икры горбуши (1,3 – гемоглобин; 2,4 – казеин)

что протеолитическая активность икры лососевых рыб в основном связана с присутствием катепсина Д. Инактивирующее действие парахлормеркурийбензоата (12%) и йодацетамида (25%) указывает на присутствие в икре лососевых рыб сериновых протеиназ.

Установлено, что II режим пастеризации на протяжении хранения обеспечивает стабильность микробиологических показателей, показателей буферной емкости, кислотности, активной кислотности.

Характер накопления свободных жирных кислот (рис. 23) и данные по содержанию оксикислот свидетельствуют о том, что пастеризация икры

протеиназ обнаружена в диапазоне температур 33 - 37°C.

Высокая термостабильность протеиназ икры лососевых рыб проявляется в интервале температур 25-35°C, после чего она резко снижается. Второй режим пастеризации полностью инактивирует протеиназы икры (рис. 22).

Для икры лососевых рыб отмечено существенное инактивирующее действие пепстатина (91.4%), это позволило предположить,

лососевых рыб сдерживает гидролитические процессы липидов в большей степени, чем консерванты.

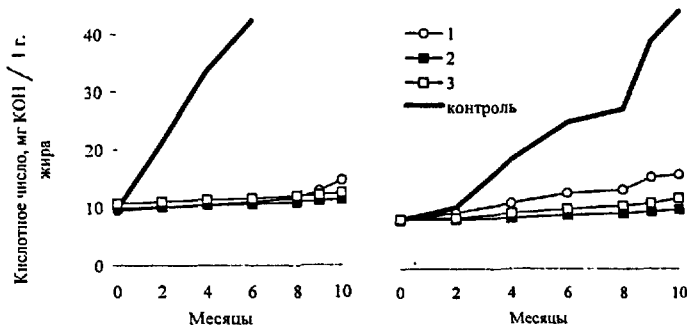


Рис. 23. Изменение кислотного числа жира икры кеты без консервантов (А) и с консервантами (Б) при хранении

В процессе хранения непастеризованной икры без консервантов происходит снижение содержания некоторых аминокислот на 33-43%, с консервантами – на 16%, соответственно уменьшается суммарное содержание аминокислот (табл. 13).

Таблица 13

Изменение содержания незаменимых аминокислот белков икры горбуши в процессе хранения, г/100г белка (N=8)

Аминокислоты	Сроки хранения, мес.					
	Непастеризованная			Пастеризованная		
	2	4	6	2	6	10
Без консервантов						
Треонин	4.68	4.15	3.85	5.01	4.98	4.95
Валин	6.73	5.49	3.67	7.17	7.12	7.10
Метонин	1.54	1.31	1.08	1.60	1.62	1.58
Изолейцин	5.46	4.87	4.34	5.78	5.78	5.74
Лейцин	8.39	7.82	7.05	8.80	8.74	8.72
Фенилаланин	6.75	5.63	3.44	7.19	7.19	7.15
Лизин	6.44	6.08	5.63	6.84	6.52	6.08
Σ незаменимых аминокислот	44.7	38.6	32.5	48.2	47.7	47.1
С консервантами						
Треонин	5.14	5.01	4.47	5.12	5.10	5.09
Валин	7.29	7.16	6.35	7.41	7.30	7.32
Метонин	1.74	1.67	1.43	1.89	1.81	1.73
Изолейцин	5.52	5.21	5.18	5.88	5.84	5.85
Лейцин	8.27	8.63	7.86	8.93	8.93	8.93
Фенилаланин	7.05	6.15	5.71	7.37	7.34	7.31
Лизин	6.94	6.10	6.09	7.18	7.11	7.07
Σ незаменимых аминокислот	46.7	44.3	41.3	48.8	48.4	48.2

В пастеризованной икре наличие консервантов не оказывает влияния на аминокислотный состав белков при хранении. Выбранный режим пастеризации икры лососевых рыб стабилизирует аминокислотный состав на протяжении всего срока хранения в большей степени, чем внесение консервантов.

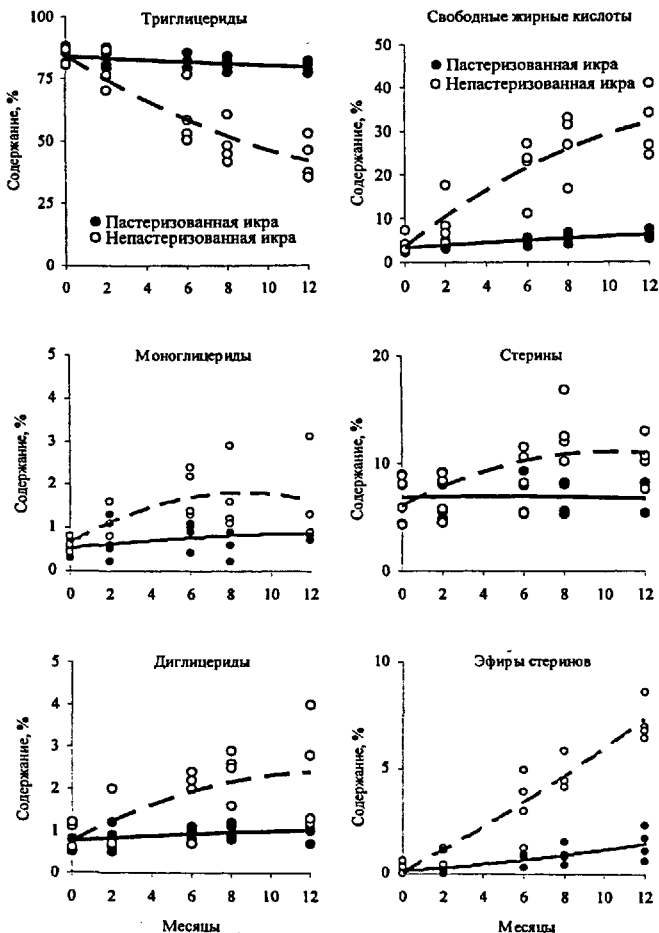


Рис. 24. Изменение фракционного состава нейтральных липидов икры лососевых рыб без консервантов в процессе хранения

В непастеризованной икре лососевых рыб при хранении наблюдается интенсивный гидролиз триглицеридов, при этом отмечается накопление

продуктов распада триглицеридов: моно-, диглицеридов и свободных жирных кислот (рис. 24).

Пастеризация сдерживает процессы гидролиза липидов, что подтверждается стабильностью фракционного состава липидов икры как без консервантов, так и с консервантами.

Из шести идентифицированных фракций в составе фосфолипидов икры преобладает фосфатидилхолин – 74.5%, доля фосфатидилэтаноламина составляет 14.6%, фосфатидилглицерола – 6.0%; доля фракций фосфатидилинозитола и кардиолипина невелика и в сумме не превышает 3.5% (табл. 14).

Гидролитические изменения фосфолипидов в непастеризованной икре лососевых рыб сопровождаются заметным снижением содержания фосфатидилэтаноламина и накоплением первичных продуктов распада лизопроизводных.

Таблица 14

Изменение фракционного состава фосфолипидов непастеризованной и пастеризованной икры горбуши без консервантов, % от суммы

Фракции фосфолипидов	Непастеризованная				Пастеризованная				
	Срок хранения, мес.								
	1сутки	2	6	8	1сутки	2	6	8	10
Лизофосфатидил- холин	-	3,1	5,6	6,3	0,2	0,7	1,7	2,5	2,4
Фосфатидилхолин	74,6	71,0	68,8	67,5	74,3	72,8	70,1	70,3	69,8
Фосфатидил- инозитол	1,6	1,7	1,8	1,7	1,8	1,9	2,1	2,4	2,2
Фосфатидил- глицерол	6,2	6,4	6,4	6,4	5,9	6,2	6,6	6,7	6,9
Фосфатидил- этаноламин	14,6	11,6	7,1	5,3	14,4	14,2	13,7	13,5	13,4
Лизофосфатидил- этаноламин	-	2,9	5,5	7,8	-	-	-	-	-
Кардиолипин	2,9	3,0	3,0	2,9	3,1	3,2	3,3	3,5	3,4
Фосфатидная кислота	-	-	0,5	0,5	-	-	-	-	-

В липидах икры лососевых рыб идентифицировано более 45-ти жирных кислот, при этом большая доля принадлежит полиненасыщенным жирным кислотам – от 39.34 до 45.77% к сумме жирных кислот. Среди них доминируют эйкозапентаеновая – от 11.09 до 18.16%, докозагексаеновая – от 12.31 до 23.48%, сумма эссенциальных составляет 2.73-3.09%. Сумма насыщенных с

преобладанием пальмитиновой кислоты изменяется в зависимости от вида рыбы от 19.60 до 30.12%, сумма мононенасыщенных с преобладанием олеиновой кислоты колеблется от 30.38 до 35.30%. (табл. 15).

Таблица 15

Жирнокислотный состав липидов икры лососевых рыб без консервантов, % от суммы жирных кислот

Жирные кислоты	Горбуша	Кета	Нерка	Кижуч	Горбуша	Кета	Нерка	Кижуч
	Непастеризованная				Пастеризованная			
10:0	0.066	0.151	0.062	0.085	0.112	0.127	0.052	0.084
12:0	0.057	0.059	0.093	0.050	0.052	0.114	0.093	0.052
13:0	0.007	0.007	0.002	0.036	0.008	0.006	0.003	0.037
14:1ω5	0.143	0.224	0.138	0.088	0.162	0.248	0.126	0.155
14:0	3.477	2.991	3.256	2.194	3.064	3.936	3.557	3.078
15:0	0.330	0.017	0.006	0.038	0.303	0.010	0.005	0.033
oil5:0	0.090	0.087	0.101	0.077	0.060	0.093	0.119	0.103
15:0	0.431	0.397	0.347	0.357	0.460	0.419	0.382	0.387
16:2ω6	0.220	0.031	0.125	0.061	0.118	0.192	0.135	0.048
16:1ω9	0.084	0.103	0.361	0.382	0.094	0.151	0.277	0.419
16:1ω7	0.222	0.358	0.309	0.831	0.319	0.482	0.480	0.972
16:1ω5	3.391	4.003	3.498	2.712	5.068	3.108	3.676	3.136
16:0	11.521	18.566	12.781	8.248	11.600	17.298	12.538	8.935
17:0	0.042	0.077	0.022	0.682	0.044	0.034	0.023	0.063
oil7:0	0.181	0.206	0.137	0.182	0.196	0.328	0.275	0.244
17:0	0.324	0.158	0.392	0.388	0.313	0.523	0.342	0.370
18:5ω3	0.345	0.832	0.582	0.240	0.401	0.878	0.332	0.180
18:4ω6	0.278	0.383	0.339	0.420	0.237	0.371	0.212	0.303
18:3ω3	2.266	2.944	2.289	1.723	2.314	2.976	1.435	1.700
18:2ω6	0.531	0.450	0.500	0.382	0.600	0.442	1.064	0.731
18:1ω9	15.784	17.242	18.502	18.415	16.001	17.746	18.555	18.722
18:1ω7	3.531	3.021	3.063	2.659	3.591	3.579	3.895	3.030
18:1ω5	0.588	0.505	0.894	0.989	0.600	0.535	0.883	0.909
18:0	6.473	6.627	6.449	6.748	6.558	6.354	6.303	5.587
19:0	0.287	0.207	0.192	0.210	0.314	0.218	0.081	0.141
20:5ω3	18.162	13.679	11.099	12.575	17.893	13.116	11.451	12.194
20:4ω6	0.297	0.244	0.341	0.241	0.297	0.264	0.260	0.267
20:2ω6	0.326	0.832	0.155	0.923	0.411	0.732	0.842	1.393
20:1ω9	2.098	3.234	4.442	5.119	1.847	3.407	4.567	5.295
20:1ω7	0.561	0.263	0.056	0.358	0.569	0.274	0.074	0.317
20:1ω5	0.848	0.295	0.383	0.202	0.579	0.301	0.403	0.401
20:0	0.110	0.241	0.204	0.167	0.230	0.282	0.135	0.173
21:5ω3	0.144	0.226	0.195	0.179	0.203	0.207	0.294	0.193
22:6ω3	16.231	15.629	21.318	23.469	15.998	15.946	21.273	23.489
22:4ω6	6.078	3.706	4.620	4.296	5.683	3.248	4.195	4.214
22:2ω6	0.327	0.291	0.785	1.130	0.353	0.488	0.433	0.074
22:1ω9	0.123	0.179	0.347	1.358	0.114	0.191	0.199	1.139
22:1ω7	0.160	0.078	0.108	0.122	0.074	0.054	0.106	0.113
22:1ω5	0.082	0.062	0.067	0.067	0.084	0.069	0.069	0.098
22:0	0.056	0.051	0.048	0.051	0.052	0.052	0.049	0.082
23:0	0.052	0.021	0.035	0.060	0.051	0.022	0.036	0.051
24:6ω3	0.044	0.042	0.047	0.063	0.042	0.040	0.045	0.048
24:4ω6	0.032	0.056	0.033	0.076	0.030	0.058	0.033	0.096
24:1ω7	0.720	0.693	0.757	0.052	0.730	0.614	0.210	0.055
24:1ω5	1.001	0.042	0.083	1.012	1.307	0.041	0.082	0.544
24:0	0.677	0.295	0.264	0.130	0.717	0.296	0.262	0.131
26:0	0.110	0.108	0.121	0.145	0.113	0.024	0.120	0.073
Сумма насыщенных	24.291	30.247	24.507	19.847	24.246	30.125	24.371	19.600
Сумма мононенасыщенных	30.384	30.299	33.007	34.364	31.138	30.801	33.601	35.304
Сумма полиненасыщенных	45.280	39.343	42.428	45.776	44.579	38.958	42.004	44.928

Процесс пастеризации не влияет на соотношение жирных кислот липидов поскольку суммарное содержание насыщенных, полиненасыщенных, эссенциальных и биологически активных жирных кислот после пастеризации



остаётся неизменным. Консерванты и пастеризация сдерживают гидролитические изменения в жирнокислотном составе икры в равной степени.

Липиды пастеризованной икры при хранении характеризуются постоянством жирнокислотного состава. Несмотря на довольно высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот в икре, процесс пастеризации стабилизирует липиды, препятствуя процессам порчи икры при хранении.

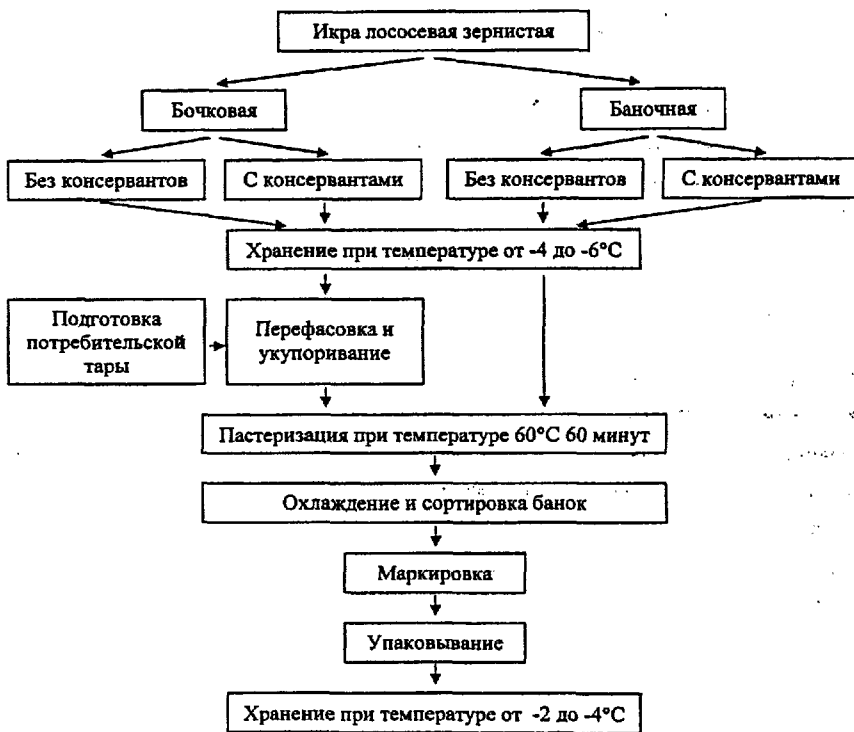


Рис. 25. Технологическая схема производства пастеризованной икры лососевых рыб

В икре горбуши и кеты обнаружено относительно высокое содержание жирорастворимых витаминов, в мг%: А - 1,26, Е - 2,81 и Д - 0,57. В непастеризованной икре их количество при хранении уменьшается на 20-40%, что свидетельствует об ослаблении защитных функций эндогенных

антиоксидантов. В пастеризованной икре содержание жирорастворимых витаминов практически остается на исходном уровне, что, по-видимому, препятствует развитию свободнорадикальных процессов окисления.

Результаты комплексных микробиологических, биохимических, физико-химических и органолептических исследований пастеризованной икры в процессе длительного хранения свидетельствуют о том, что оптимальным режимом пастеризации, обеспечивающим микробную безопасность готовой продукции и ее качество в течение длительного хранения, является II режим.

В результате исследований разработана технология пастеризованной икры лососевых рыб (рис. 25) и установлены сроки хранения пастеризованной икры в течение: 8 месяцев – для икры без консервантов и 9 месяцев – для икры с консервантами.

«Способ консервирования икры лососевых рыб» защищен патентом РФ (Копыленко, Рубцова, Курлапова, № 2240020). На новый вид продукции разработана и утверждена техническая документация ТУ 9264-140-00472124-03 «Икра зернистая лососевых рыб пастеризованная».

В седьмой главе «Оценка эффективности разработанных технологий» показано, что положительный эффект от внедрения разработанных технологий в большинстве случаев имеет социально-экономический характер.

Разработка методики комплексной оценки эффективности потенциальных консервантов исключает эмпирический подход к поиску консервантов и открывает возможность научно-обоснованного поиска консервантов для каждого вида рыбной продукции с учетом его индивидуальных особенностей.

Разработка консервантов, технологии консервирования икры осетровых рыб и внедрение их в производство позволили решить проблему изъятия из технологических процессов предприятий токсичных борных препаратов, используемых более 100 лет при заготовке икры осетровых рыб, и попытки замены которых на безопасные консервирующие препараты предпринимались на протяжении последних семидесяти лет. Разработка нетоксичных консервантов серии ЛИВ дала возможность органам Госсанэпиднадзора РФ

принять решение о запрете борных препаратов третьего класса токсичности для консервирования икры осетровых рыб.

Внедрение технологии икры зернистой пастеризованной из жировых ястыков позволяет обеспечить высокое качество готовой продукции, более длительные сроки её хранения, снижение содержания поваренной соли более чем вдвое. Экономический эффект от внедрения этой технологии составил около 400%.

Сравнительная оценка экономической эффективности традиционной технологии и разработанной нами технологии получения зернистой икры осетровых рыб из овулировавшей икры-сырца показала, что рентабельность производства пищевой икры по нашей технологии в 4 раза выше, чем производство икры традиционным способом. Внедрение разработанной технологии на осетроводческих хозяйствах обеспечит социальный эффект, заключающийся в предотвращении опасности для здоровья потребителей использования в пищу икорной продукции, которая по данным проведенной нами экспертизы на 90% не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям.

Социально-экономический эффект от использования технологии пастеризованной икры лососевых рыб заключается в сохранении качества, обеспечении требований безопасности и увеличения сроков хранения зернистой икры лососевых рыб без консервантов.

Использование методики комплексной оценки потенциальных консервантов для икры и других рыбных продуктов дало возможность разработать ряд консервантов серии ЛИВ (ЛИВ-1, ЛИВ-2, ЛИВ-4, ЛИВ-5, ЛИВ-6, ЛИВ-7, ЛИВ-10, ЛИВ-11), а также нормативную документацию на консерванты и новые виды продукции с их использованием. Значительные объемы производства рыбной, в том числе икорной продукции, выпускаемой многими предприятиями рыбной отрасли, а также объемы производства консервантов серии ЛИВ свидетельствуют о востребованности и эффективности разработанных технологий.

## Выводы

1. Разработана методология комплексных исследований совокупности физико-химических и биохимических свойств икры-сырца и готовой продукции при воздействии различных технологических режимов и условий хранения, позволившая создать серию консервантов и обосновать ряд технологических решений консервирования икры осетровых и лососевых рыб.
2. На основании исследований влияния физических методов консервирования – СВЧ-энергии и гамма лучей на физико-химические, биохимические, микробиологические и органолептические свойства икры осетровых рыб в процессе хранения установлено, что пастеризация икры СВЧ-энергией обеспечивает качество, пищевую ценность и микробиальную безопасность икры, однако внедрение его в промышленности требует сложного технического оснащения. Пастеризация икры гамма-лучами не может быть рекомендована в качестве метода консервирования в связи с ухудшением органолептических показателей икры.
3. Впервые детально исследован фракционный и аминокислотный состав белков, фракционный и жирнокислотный состав липидов, содержание жирорастворимых витаминов, изменения этих показателей в процессе хранения икры осетровых рыб, консервированной разными способами. Установлена зависимость активности ферментов икры осетровых рыб – протеиназ, кислых и щелочных фосфатаз, липаз от pH, температуры и действия специфических ингибиторов. Протеолитическая активность икры осетровых рыб в основном связана с присутствием карбоксильных протеиназ типа катепсина Д. Экспериментально подтверждено отсутствие ингибирующего действия борных препаратов на активность протеиназ, липаз, кислых и щелочных фосфатаз, а также отсутствие антиокислительных свойств; определено, что действие их основано на антисептических свойствах и способности поддерживать значение pH на уровне, обеспечивающем наименьшую активность ферментных систем икры.

4. Впервые разработана методика комплексной оценки эффективности потенциальных консервантов для икры осетровых рыб на основании систематизации негативных факторов, исследований результатов их воздействия на качество икры рыб при её изготовлении и хранении, а также на основании экспериментально подтвержденных требований к консервантам. Методика исключает эмпирический подход к поиску консервантов и открывает возможность научно-обоснованного поиска консервантов для разных видов рыбной продукции с учетом их индивидуальных особенностей. Методика апробирована и реализована при разработке серии консервантов и рыбной продукции с их использованием.
5. Научно обоснована и разработана технология консервирования икры осетровых рыб зернистой и зернистой пастеризованной с использованием консервантов ЛИВ-1 и ЛИВ-2, позволяющая сохранить органолептические свойства, пищевую ценность и обеспечивающая микробиальную безопасность икры при хранении, что позволило внести их в Международные ГОСТы на икру зернистую и зернистую пастеризованную и заменить токсичные борные препараты, используемые ранее для консервирования икры осетровых рыб.
6. Обоснованы технологические решения получения зернистой икры из жировых и ослабленных ястыков, позволившие получить выход готовой продукции из ястыков севрюги и осетра около 73% и 54% соответственно, что обеспечило рентабельность около 400%.
7. Результаты исследований свойств овулировавшей икры-сырца стерляди и трех пород бестера, выращенных в условиях аквакультуры, установленная зависимость активности протеиназ и фосфатаз икры-сырца и овариальной жидкости от влияния рН и температуры позволили теоретически обосновать и экспериментально подтвердить применение физических методов консервирования овулировавшей икры-сырца, обеспечивающих безопасность, высокое качество, сохранение пищевой ценности на протяжении 12 месяцев, а также стабильный выход готовой продукции от 89 до 94%.

8. На основании установленных закономерностей изменений гидролитических и окислительных процессов в икре лососевых рыб непастеризованной и пастеризованной при хранении обоснован и экспериментально подтвержден физический метод консервирования икры лососевых рыб, обеспечивающий сохранение пищевой ценности, качество и микробиальную безопасность икры, а также увеличение сроков хранения икры без использования консервантов: бочковой с 2-х до 9-и, баночной - с 4-х до 11-и месяцев.
9. Комплекс выполненных исследований позволил разработать научно-обоснованные технологии консервирования икры осетровых и лососевых рыб, которые были использованы при подготовке двух ГОСТов и 16 технических документов. Внедрение в промышленность результатов исследований более чем на 40 предприятиях имеет определенный экономический, а также несомненный социальный эффект.

#### *Основные публикации по теме диссертации:*

##### **Справочники и методические пособия:**

1. Абрамова Л.С., Копыленко Л.Р., Кириченко С.Г., Рубцова Т.Е., Митешова Т.С. Информационные сведения о пищевой и энергетической ценности продуктов из гидробионтов.-М.: ВНИРО, 2003.-68с.
2. Методические рекомендации по определению показателей безопасности гидробионтов. Под редакцией Копыленко Л.Р. - М.: ВНИРО, 2004.- 69 с.

##### **Научные статьи:**

3. Кардашев А.В., Бобровская Н.Д., Копыленко Л.Р. и др. Разработка метода консервирования рыбы и рыбных продуктов ионизирующей радиацией. М.: ВНИРО, 1973.- 64 с.
4. Быкова В.М., Бобровская Н.Д., Зусмановский А.С., Копыленко Л.Р. и др. Применение энергии сверхвысоких частот для обработки рыбы и рыбных продуктов. М.: ВНИРО, 1975.- 42 с.
5. Кардашев А.В., Бобровская Н.Д., Копыленко Л.Р. и др. Гамма-радиационное консервирование рыбы и рыбных продуктов // Использование биологических ресурсов мирового океана. М.: Наука, 1980.- С.180-188.
6. Вайтман Г.А., Копыленко Л.Р. Активность протеиназ икры осетровых рыб // Сборник научных трудов «Технология рыбных продуктов». - М.: ВНИРО, 1984.- С. 39-44.

7. Головкова Г.Н., Копыленко Л.Р. Липазы икры осетровых рыб // Сборник научных трудов «Технология рыбных продуктов». – М.: ВНИРО, 1984. – С.45-50.
8. Копыленко Л.Р., Мицкевич Л.Г., Вайтман Г.А., Мосолов В.В. Протеиназы икры осетровых рыб // Прикладная биохимия и микробиология.- 1984.-Т. XX.- Вып. 3.- С. 373-377.
9. Копыленко Л.Р., Вайтман Г.А. и др. Методика предварительной оценки эффективности консерванта для икры осетровых рыб // Сборник научных трудов «Технология рыбных продуктов». – М.: ВНИРО, 1986.- С.154-163.
10. E.Gankina, L.Litvinova, N.Pisareva, M.Zhakevich, L.Kopylenko. Optimization of separation of lypophylic fractions of hydrobionts by thin layer chromatography//Journ.of Planar Chromatogr.- 1989.-V.2.-P.158-160.
11. Копыленко Л.Р., Шевцов В.К. и др. Биохимические исследования осетровых с расслоением мышечной ткани // Сборник «Физиолого-биохимический статус Волго-Каспийских осетровых в норме и при расслоении мышечной ткани (кумулятивный токсикоз)». Рыбинск.- 1990.- С.176-181.
12. Копыленко Л.Р., Вайтман Г.А. Активность фосфатаз в икре осетровых рыб//Известия ВУЗОВ «Пищевая технология».-1992.-№1.- С.16-18.
13. Копыленко Л.Р., Громова В.А., Курлапова Л.Д. Новый консервант для икры осетровых рыб // Сборник научных трудов «Технология рыбных продуктов».- М.: ВНИРО, 1994.- С. 72-76.
14. Копыленко Л.Р., Громова В.А. Консервант ЛИВ-2 для пастеризованной икры осетровых рыб. // Рыбное хозяйство. - 1994.-№5.- С.53.
15. Копыленко Л.Р., Громова В.А., Курлапова Л.Д. Новый консервант для икры осетровых рыб// Сборник научных трудов «Технология рыбных продуктов».- М.: ВНИРО, 1997.- С.72 -77.
16. Kopylenko L., Gromova V., Ponamarev M., Kopylenko L. A method for tanning ovulated sturgeon eggs // Journal of Applied Ichthyology. 1999.- V.15, N.4-5.- P.329.
17. Копыленко Л.Р., Громова В.А. Пищевые добавки для сохранения качества рыбы и рыбных продуктов // Материалы III Международной конференции «Повышение качества рыбной продукции-стратегия развития рыбопереработки в XXI веке». Калининград, 2001. – С.74.
18. Копыленко Л.Р. и др. Изучение динамики изменений показателей качества икры лососевых рыб в полимерной таре при хранении // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Производство рыбных продуктов: проблемы, новые технологии, качество». Калининград, 2003.- С. 165-168.
19. Копыленко Л.Р. О качестве и безопасности пищевых продуктов из гидробионтов // Рыбное хозяйство.- 2002.-№ 3.- С. 51-52.
20. Копыленко Л.Р., Корязова И.Л. и др. Научное обоснование технологии получения зернистой икры из овулировавшей икры осетровых рыб // Материалы IV Международной научно-практической конференции

- «Производство рыбных продуктов: проблемы, новые технологии и качество».- Калининград, 2003. - С.169-171.
21. Платонова Н.А., Курлапова Л.Д., Абрамова Л.С., Копыленко Л.Р. Изучение динамики изменений показателей качества икры лососевых рыб в полимерной таре при хранении // Материалы IУ Международной научно-практической конференции «Производство рыбных продуктов: проблемы, новые технологии и качество».- Калининград, 2003. - С.165-168.
  22. Копыленко Л.Р., Корязова И.Л. Технология получения зернистой икры из овулировавшей икры бестера. // Материалы научно-практической конференции «Водные биоресурсы России: решение проблем их изучения и рационального использования». Москва, 2003.- С.182-185.
  23. Копыленко Л.Р. История совершенствования способа консервирования икры осетровых рыб // Сборник научных трудов «Прикладная биохимия и технология гидробионтов».- М.: ВНИРО, 2004.- Т.143. С.45-59.
  24. Кириченко С.Г., Курлапова Л.Д., Хромых Н.Н., Копыленко Л.Р. и др. Экспертиза продуктов из гидробионтов // Сборник научных трудов «Прикладная биохимия и технология гидробионтов».- М.: ВНИРО, 2004. - Т.143. С.42-45.
  25. Копыленко Л.Р., Рубцова Т.Е., Курлапова Л.Д. Разработка и обоснование технологии пастеризованной икры лососевых рыб // Сборник научных трудов «Прикладная биохимия и технология гидробионтов».- М.: ВНИРО, 2004. -Т.143. С.149-164.
  26. Корязова И.Л., Копыленко Л.Р. Исследование влияния активности протеиназ овулировавшей икры бестера на процесс её обесклеивания // Сборник научных трудов «Прикладная биохимия и технология гидробионтов».- М.: ВНИРО, 2004. -Т.143. С.164-169.
  27. Андрианов Д.П., Бурцев И.А., Копыленко Л.Р., Котенев Б.Н. Состояние и перспективы развития производства пищевой черной икры, как нового направления товарного осетроводства // Материалы докладов III Международной конференции «Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития». – Астрахань, 2004.- С.17-20.
  28. Копыленко Л.Р., Рубцова Т.Е. Влияние пастеризации на активность протеиназ икры лососевых рыб // Прикладная биохимия и микробиология.- 2004.-Т.40.-№ 5.-С.513-516.
  29. Копыленко Л.Р. Свойства, пищевая ценность и безопасность овулировавшей икры бестера и стерляди // Материалы У Международной научно-практической конференции «Производство рыбных продуктов: проблемы, новые технологии и качество».- Калининград, 2005. - С. 60-65
  30. Копыленко Л.Р., Бурцев И.А., Корязова И.Л., Николаев А.И., Шевцов В.К. Пищевая ценность и безопасность икры бестера. // Материалы научно-практической конференции «О приоритетных задачах рыбохозяйственной науки в развитии рыбной отрасли до 2020года». М.: ВНИРО, 2004 - С. 200-201.



31. Копыленко Л.Р. Научно-обоснованный подход к консервированию икры осетровых рыб и других рыбных продуктов // Техника и технология.-2006.- №2.- С.85-89.
32. Копыленко Л.Р. Разработка и обоснование технологии икорной продукции из овулировавшей икры осетровых рыб // Рыбная промышленность. -2006.- № 2.- С. 21-23.
33. Копыленко Л.Р. Основные требования к консерванту для сохранения качества и безопасности рыбных продуктов // Рыбная промышленность. - 2006.-№ 2 .- С. 27-28.

#### Авторские свидетельства и патенты:

34. А. С. № 1158147 СССР. Способ консервирования икры осетровых рыб/ Копыленко Л.Р., Мишкевич Л.Г., Вайтман Г.А., Комачкова Р.А., Мельникова Л.П.-1985. Бюл.№ 30.
35. А. С. № 1662469 СССР. Способ консервирования икры рыб/ Копыленко Л.Р., Вайтман Г.А. Курлапова Л.Д. и др.-1991. Бюл.№15.
36. Патент РФ № 1662469 Способ консервирования икры рыб/ Копыленко Л.Р., Вайтман Г.А. и др.-1996. Бюл.№ 06.
37. Патент РФ № 2048111 Композиция для консервирования рыбы и рыбопродуктов / Копыленко Л.Р., Громова В.А.-1995. Бюл.№ 20.
38. Патент РФ № 2050780 Способ консервирования икры рыб/ Копыленко Л.Р., Громова В.А. и др.-1995. Бюл.№ 27.
39. Патент РФ № 2056759 Способ предварительной обработки икры осетровых рыб перед посолом Копыленко Л.Р., Громова В.А.-1996. Бюл.№ 27.
40. Патент РФ № 2081620 Способ консервирования икры рыб/ Ежов В.Н., Богерук А.К., Копыленко Л.Р. и др.-1997. Бюл.№ 20.
41. Патент РФ № 2109453 Способ производства копченой рыбы/ Громова В.А., Копыленко Л.Р., Мельникова Л.П.-1998. Бюл.№27.
42. Патент РФ № 2110921 Способ консервирования рыбной икры/ Копыленко Л.Р., Громова В.А. и др.- 1998. Бюл.№ 20.
43. Патент РФ 2126218 Способ приготовления зернистой икры из овулировавшей икры рыб/ Копыленко Л.Р., Корязова И.Л., Громова В.А.- 1999. Бюл.№ 20.
44. Патент РФ № 2126639 Способ приготовления лососевой зернистой икры / Громова В.А., Копыленко Л.Р.- 1999. Бюл.№ 27.
45. Патент РФ №2138184 Способ производства икры из готовой икорной продукции / Копыленко Л.Р., Громова В.А.- 1999. Бюл.№ 27.
46. Патент РФ 2232523 Способ получения зернистой икры из овулировавшей икры осетровых рыб/ Копыленко Л.Р., Корязова И.Л.- 2004. Бюл.№ 27.
47. Патент РФ №2002133085 Способ консервирования икры лососевых рыб/ Копыленко Л.Р., Рубцова Т.Е., Курлапова Л.Д.- 2004. Бюл.№ 20.

От автора

Глубокую благодарность выражаю директору ВНИРО к.г.н. Котеневу Б.Н., зам. директора д.т.н. Абрамовой Л.С., д.т.н. Новиковой, д.т.н. проф. Подкорыгтовой А.В., к.б. н. Бахштанскому Э.Л. за поддержку, помощь и ценные советы при подготовке диссертации.

Выражаю сердечную благодарность сотрудникам, которые помогли выполнять настоящие исследования: Курлаповой Л.Д., Полуякову В.Ф., к.т.н. Рубцовой Т.Е., к.т.н. Быковой В.М., к.х.н. Шевцову В.К., Вайтману Г.А., Головковой Г.Н., к.б. н. Мицкевич Л.Г.

Особую признательность хочу выразить лауреату премии Правительства РФ к.б.н. Бурцеву И.А. за предложение заняться исследованием овулировавшей икры бестера и разработкой технологии получения из неё «пищевой» икры, а также к.б.н. Андрианову Д.А., к.б.н. Николаеву А.И., к.б.н. Сафронову А.С., Филипповой О., которые на протяжении ряда лет обеспечивали возможность выполнения настоящих исследований, осуществляя прижизненное получение икры бестера и стерляди.

Искреннюю благодарность выражаю всем, кто способствовал практической апробации и внедрению в производство технологии консервирования икры осетровых рыб — Леонтьеву К.А., Мельниковой Л.П., Миронову В.И., Н.А.Ширманову, Комачковой Р.А.

Подп. в печать 3.05.06 Объем 3,0 п.л. Тираж 100 экз. Заказ 88

ВНИРО. 107140, Москва, В. Красносельская, 17



