

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ЗЕРНИСТОЙ ИКРЫ СТЕРЛЯДИ (*ACIPENSER RUTHENUS* (LINNAEUS, 1758))

А. М. Козий, kozij67@gmail.com, Херсонский государственный аграрно-экономический университет, г. Херсон

Цель. Научно обосновать и усовершенствовать технологию получения пищевой икры из овулировавшей икры стерляди, обеспечивающую сохранение природных биологически активных соединений и стабильность показателей качества. Исследовать пищевую икру на предмет микробиологической, токсикологической и токсико-биологической безопасности. Определить перспективы использования данных в практике икорного осетроводства.

Методика. Первичные материалы получены в условиях ОАО «Оазис Бисан». Полученные результаты обрабатывали органолептическими, биохимическими, микробиологическими, токсикологическими, токсико-биологическими методами, а также методом вариационной статистики с использованием пакета соответствующих прикладных программ «Microsoft Excel» с акцентированием внимания на ошибки средних величин.

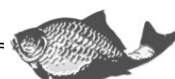
Результаты. Применение режима термической обработки (78°C) овулированной икры стерляди при сокращении общего времени технологического процесса до 1,0 мин. способствует сохранению целостности составляющих пищевого продукта. Икра стерляди из УЗВ отличалась от аналогичного продукта от самок из естественных акваторий пониженным содержанием минеральных веществ (на 1,2%), повышенным — сухого вещества (на 8,1%), протеина (на 7,5%) и липидов (на 3,7%). Данный факт указывает на уменьшение обводнённости продукта и приобретение им оптимальных гастрономических качеств.

Установлено, что белки икры стерляди содержат полный набор незаменимых аминокислот, химический скор которых превышает 100%, лимитирующей аминокислоты не обнаружено. Сравнительный анализ икры стерляди из УЗВ и стерляди из естественных условий обитания показал отсутствие достоверных различий в аминокислотном составе белков, что демонстрирует биологическую ценность продукта.

Применение режима кратковременной высокотемпературной термической обработки позволяет обеспечить достаточную безопасность пищевого продукта. Установлено отсутствие в икре *E. coli* и дрожжей. Содержание в икре стерляди Pb, Cd, As и Hg достоверно ниже предельно допустимых уровней. Суммарное значение ГХЦГ и изомеров составляет 0,0027 мг/кг; ДДТ и метаболитов — 0,016 мг/кг, полихлорированных бифенилов (ПХБ) — 0,017 мг/кг, что соответствует норме. Отсутствие изменённых форм, угнетения роста или гибели тетрахимен подтверждает токсикологическую безопасность готового продукта. Срок годности икры без консерванта составляет 6 месяцев при температуре хранения минус 2°C — минус 4°C, что параметрально соответствует требованиям ТУ У 10.2-37758242-002:2018.

Научная новизна. Научно обоснована и экспериментально апробирована технология обработки овулированной икры стерляди. Представлены новые данные сравнения результатов классической пастеризации и кратковременной высокотемпературной термической обработки икры. Впервые в условиях УЗВ исследован аминокислотный состав икры стерляди, а также проведен анализ зернистой икры на присутствие ГХЦГ и изомеров, ДДТ и метаболитов, полихлорированных бифенилов. Уточнена и дополнена информация о химическом составе икры в процессе технологической обработки.

© А. М. Козий, 2021



Практическая значимость. Определено преимущество усовершенствованной технологии обработки икры-сырца над классическим методом пастеризации. Экспериментально подтверждена целесообразность применения альтернативной технологии в целях энергосбережения и сохранения традиционных органолептических свойств, пищевой ценности и безопасности готового продукта. На основании результатов проведенных исследований разработаны и согласованы в установленном порядке с органами и учреждениями Госсанэпиднадзора и Госстандарта техническая документация ТУ «Технологічна інструкція з виробництва ікри зернистої осетрових риб» и «Робоча інструкція з відбору ікри». Разработанная технология апробирована при выработке опытных партий пищевой икры стерляди, что позволило на предприятии «Оазис Бисан» внедрить систему менеджмента безопасности пищевых продуктов и провести сертификационный аудит Международным сертификационным органом TUV SUD на предмет соответствия Международному стандарту ISO 22000:2005. В 2019 г. решением Европейской комиссии предприятие «Оазис Бисан» получило регистрационный номер ЕС:а-UA-14-20-121-VIII-PP, в связи с чем имеет право на экспорт продукции (икра осетровых рыб) в страны Европейского Союза.

Ключевые слова: технология, термическая обработка, пастеризация, пищевая икра, биологическая ценность, безопасность, готовый продукт.

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF TABLE GRAINY STERLET (*ACIPENSER RUTHENUS* (LINNAEUS, 1758)) CAVIAR

A. Kozij, kozij67@gmail.com, Kherson State Agrarian-Economic University, Kherson, Ukraine

Purpose. To substantiate scientifically and improve the technology of producing table caviar from ovulated sterlet eggs, which ensures the preservation of natural biologically active compounds and the stability of quality parameters. To investigate table caviar for microbiological, toxicological and toxico-biological safety. To determine the prospect of using the data in the practice of caviar sturgeon breeding.

Methodology. Primary materials were obtained in the conditions of «Oasis Bisan» JSC. The results obtained were processed by organoleptic, biochemical, microbiological, toxicological, toxic-biological methods, as well as by the method of variation statistics using MS Excel with an emphasis on standard errors.

Findings. Application of the heat treatment mode (78°C) of ovulated sterlet eggs while reducing the total time of the technological process to 1.0 minute contributes to the preservation of the integrity of food product components. Sterlet eggs from recirculated aquaculture system differed from a similar product from fish from natural waters by a lower mineral content (by 1.2%), an increased content of dry matter (by 8.1%), protein (by 7.5%) and lipids (by 3.7%). This fact indicates a decrease in the water content of the product and the acquisition of optimal gastronomic qualities.

Sterlet caviar proteins were found to contain a full set of essential amino acids, the chemical score of which exceeded 100%; no limiting amino acids were found. Comparative analysis of sterlet caviar from recirculated aquaculture systems and from natural habitats showed the absence of significant differences in the amino acid composition, which demonstrated the biological value of the product.

The use of the mode of short-term high-temperature heat treatment allows ensuring sufficient safety of the food product. The absence of *E. coli* and yeast in caviar was found. Pb, Cd, As and Hg contents in sterlet caviar were significantly lower than the maximum permissible levels. The total value of hexachloran and isomers was 0,0027mg/kg; DDT and metabolites – 0,016 mg/kg, polychlorinated biphenyls – 0,017 mg/kg and corresponded to permissible limits. The absence of altered forms, growth inhibition or death of tetrachimens confirms the toxicological safety of the finished product. The shelf life of the finished product without preservative is 6 months at a storage temperature of minus 2°C – minus 4°C, which parametrically meets the requirements of TU U 10.2-37758242-002: 2018.



Originality. The technology of processing ovulated sterlet caviar has been scientifically substantiated and experimentally tested. New data on the comparison of the results of classical pasteurization and short-term high-temperature heat treatment of caviar are presented. For the first time, the amino acid composition of sterlet caviar was studied under conditions of recirculated aquaculture systems, and the analysis of grainy caviar for hexachloran and isomers, DDT and metabolites, and polychlorinated biphenyls was carried out. Information on the chemical composition of caviar in the process of technological processing was clarified and supplemented.

Practical value. The advantage of the improved technology of processing raw caviar over the classical method of pasteurization was determined. The expediency of using an alternative technology in order to save energy and preserve traditional organoleptic properties, nutritional value and safety of the finished product were experimentally confirmed. On the basis of the results of the studies carried out, the technical documentation of TU «Technological instruction for the production of granular sturgeon caviar» and «Working instruction for the selection of caviar» were developed and agreed in accordance with the established procedure with the bodies and institutions of the State Sanitary and Epidemiological Surveillance and the State Standard. The developed technology was tested in the development of pilot batches of food sterlet caviar, which made it possible at the «Oasis Bisan» enterprise to introduce a food safety management system and conduct a certification audit by the International certification body TUV SUD for compliance with the International standard ISO 22000: 2005. Commission, the «Oasis Bisan» enterprise received an EU registration number: a-UA-14-20-121-VIII-PP, in connection with which it has the right to export products (sturgeon caviar) to the countries of the European Union.

Key words: technology, heat treatment, pasteurization, food caviar, biological value, safety, finished product.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ХАРЧОВОЇ ЗЕРНИСТОЇ ІКРИ СТЕРЛЯДІ (*ACIPENSER RUTHENUS* (LINNAEUS, 1758))

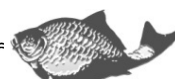
О. М. Козій, kozij67@gmail.com, Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Мета. Науково обґрунтувати і вдосконалити технологію отримання харчової ікри з овульованої ікри стерляді при забезпеченні збереження природних біологічно активних сполук і стабільності показників якості. Дослідити харчову ікру на предмет мікробіологічної, токсикологічної і токсико-біологічної безпеки. Визначити перспективу використання даних в практиці ікраюного өстрівництва.

Методика. Первинні матеріали отримані в умовах ВАТ «Оазис Бісан». Отримані результати обробляли органолептичними, біохімічними, мікробіологічними, токсикологічними, токсико-біологічними методами, а також методом варіаційної статистики з використанням пакета відповідних прикладних програм «Microsoft Excel» з акцентуванням уваги на помилки середніх величин.

Результати. Застосування режиму термічної обробки (78°C) овульованої ікри стерляді при скороченні загального часу технологічного процесу до 1,0 хв. сприяє збереженню цілісності складових харчового продукту. Ікра стерляді з УЗВ відрізнялася від аналогічного продукту від самок з природних акваторій зниженим вмістом мінеральних речовин (на 1,2%), підвищеним вмістом сухої речовини (на 8,1%), протеїну (на 7,5%) і ліпідів (на 3,7%). Даний факт вказує на зменшення обводнення продукту і набуття ним оптимальних гастрономічних якостей.

Встановлено, що білки ікри стерляді містять повний набір незамінних амінокислот, хімічний скор яких перевищує 100%;, лімітувальних амінокислот не виявлено. Порівняльний аналіз ікри стерляді з УЗВ і стерляді з природних умов існування показав відсутність достовірних відмінностей за амінокислотним складом білків, що демонструє біологічну цінність продукту.



Застосування режиму короткочасної високотемпературної термічної обробки дозволяє забезпечити достатню безпечність харчового продукту. Встановлено відсутність в ікрі *E. coli* і дріжджів. Вміст в ікрі стерляді Pb, Cd, As і Hg достовірно нижче гранично допустимих рівнів. Сумарне значення ГХЦГ і ізомерів становить 0,0027 мг/кг; ДДТ і метаболітів — 0,016 мг/кг, поліхлорованих біфенілів (ПХБ) — 0,017 мг/кг, що відповідає нормі. Відсутність змінених форм, пригнічення росту або загибелі тетрахімен підтверджує токсикологічну безпеку готового продукту. Термін придатності ікри без консерванту складає 6 місяців при температурі зберігання мінус 2°C — мінус 4°C, що параметрально відповідає вимогам ТУ У 10.2-37758242-002:2018.

Наукова новизна. Науково обґрунтована і експериментально випробувана технологія обробки овульованої ікри стерляді. Представлені нові дані щодо порівняння результатів класичної пастеризації і короткочасної високотемпературної термічної обробки ікри. Вперше в умовах УЗВ досліджено амінокислотний склад ікри стерляді, а також проведено аналіз зернистої ікри на присутність ГХЦГ і ізомерів, ДДТ і метаболітів, поліхлорованих біфенілів. Уточнено і доповнено інформацію щодо хімічного складу ікри в процесі технологічної обробки.

Практична значимість. Визначено перевагу вдосконаленої технології обробки ікри-сирцю над класичним методом пастеризації. Експериментально підтверджено доцільність застосування альтернативної технології з метою енергозбереження та збереження традиційних органолептичних властивостей, харчової цінності та безпеки готового продукту. На підставі результатів проведених досліджень розроблено та погоджено в установленому порядку з органами та установами Держсанепіднагляду і Держстандарту технічну документацію ТУ «Технологічна інструкція з виробництва ікри зернистої осетрових риб» та «Робоча інструкція з відбору ікри». Розроблена технологія апробована при виробленні дослідних партій харчової ікри стерляді, що дозволило на підприємстві «Оазис Бісан» впровадити систему менеджменту безпеки харчових продуктів і провести сертифікаційний аудит Міжнародним сертифікаційним органом TUV SUD на предмет відповідності до Міжнародного стандарту ISO 22000:2005. У 2019 р. рішенням Європейської комісії підприємство «Оазис Бісан» отримало реєстраційний номер ЄС: а-UA-14-20-121-VIII-PP, у зв'язку з чим має право на експорт продукції (ікра осетрових риб) в країни Європейського Союзу.

Ключові слова: технологія, термічна обробка, пастеризація, харчова ікра, біологічна цінність, безпека, готовий продукт.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ И АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Развитие икорного направления в осетроводстве предьявляет определенные требования как к технологиям получения икры от производителей, так и ее последующей обработки [4]. Общеизвестно, что основной целью разведения осетровых изначально было производство рыбы товарных качеств [1]. Сравнительно недавно приоритеты были переориентированы в направлении получения икорной продукции, так как последняя составляет около 20% от массы рыбы, что соответствует 90–95% всей стоимости рыбы [4]. В то же время, при фиксируемом сокращении на международном рынке доли икры из Украины (как и продукции из осетровых рыб в целом), внутренний рынок страны насыщен икрой нелегального происхождения. Данное обстоятельство не позволяет удовлетворить возрастающий спрос на качественную деликатесную продукцию.



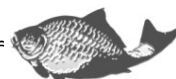
Икра осетровых рыб представляет собой богатый естественный источник биологически активных веществ, определяющих в комплексе пищевую ценность продукта [17]. Попытки разработать технологию получения пищевой осетровой икры из овулировавшей икры, позволяющую обеспечить качество конечного продукта, предпринимаются в течении последних трех десятилетий [3, 5, 7, 14]. Отдельные разработанные в этом направлении технологии позволили в течение длительного срока (12 месяцев) сохранить микробиальную безопасность [6, 16]. Однако, икра, полученная такими способами, имела разбористую консистенцию при уплотненной оболочке икринок, чем уступала традиционной по органолептическим показателям. В данной связи, применение препаратов солей бора отчасти позволяет решить проблему консистенции конечного продукта [6]. Однако, в ряде стран боропроизводные в качестве консервантов запрещены ФАО ВОЗ ввиду своей токсичности в отношении икры осетровых рыб. Очевидно, что в данном направлении работы были ориентированы на изучение эффективности способов посола, что имело целью нивелировать недостатки органолептического характера [13]. В определенной мере, это связано с появлением клейкости икры при активировании кортикальной реакции, что впоследствии затрудняет обработку и в дальнейшем не позволяет получить классическую сухорассыпчатую консистенцию зернистой икры [9].

Известен способ приготовления пищевой икры из овулировавшей икры осетровых рыб, на менее длительное время (6 месяцев) обеспечивающий микробиальную безвредность готового продукта [15]. Вместе с тем, модифицированный классический метод пастеризации позволяет лишь отчасти сопоставить физико-химические и органолептические показатели полученного и традиционного продукта. Таким образом, приемы, использование которых позволяет в процессе переработки овулировавшей икры сохранить пищевую ценность продукта и обеспечить сохранность его высокого качества, являются недостаточно функционирующим звеном в производственно-технологическом цикле икорного осетроводства [8]. В связи с нерешенностью ряда вопросов, продолжение изысканий в направлении улучшения качества пищевой зернистой икры представляется актуальным.

ВЫДЕЛЕНИЕ НЕРЕШЕННЫХ РАНЕЕ ЧАСТЕЙ ОБЩЕЙ ПРОБЛЕМЫ. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

В Украине продукт «Икра зернистая осетровых рыб» изготавливают согласно ГОСТ 7442-2002. Как показывает сложившаяся практика, лежащий в основе обработки процесс пастеризации приводит к снижению потребительских качеств икры, что проявляется в виде уплотнения оболочек икринок, появления суховатой консистенции, изменения вкуса. Рыночная стоимость продукта при этом не снижается.

Анализ специальной литературы позволил установить, что до настоящего времени отсутствует достаточно эффективная технология изготовления из овулировавшей икры продукции, которая была бы приближена к традиционной осетровой икре по физико-химическим и органолептическим показателям, показателям безопасности и оптимальным срокам хранения. Таким образом, целью настоящей работы является обоснование и разработка технологии получения пищевой икры из овулировавшей икры стерляди, обеспечивающей сохранение природных биологически активных соединений, стабильность показателей качества



и безопасность конечного продукта. Учитывая тот факт, что материалы в отношении работы с икрой мелких видов осетровых рыб и их гибридных форм в периодической литературе весьма немногочисленны [6], целесообразность проведения исследований в данном направлении представляется очевидной.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнялась в рамках плана Научно-исследовательских программ ГВУЗ-а «Херсонский аграрный университет» по теме: «Розробка та впровадження ресурсозберігаючої технології виробництва продукції рибництва як складової продовольчої безпеки України» (№ государственной регистрации 0118U005069).

В основу работы легли результаты исследований, проведенных в осенний период 2019 г. Сбор икры осуществлялся в условиях экспериментального ОАО «Оазис Бисан» от трехлетних самок стерляди (2+) средней массой 2325 г. Рыбы содержались в условиях УЗВ: объем каждого бассейна составлял 10 м³, плотность посадки — 23,25 кг/м³. Температура воды в бассейнах пребывала в диапазоне 13–15°C.

В процессе опыта на отдельных порциях икры-сырца было апробировано воздействие трех режимов в температурном диапазоне 60°C, 78°C и 85°C, с экспозицией 110 мин, 1,0 мин. и 1,0 мин. соответственно. Продолжительность временного промежутка термической обработки икры в режимах № 2 и № 3 устанавливали эмпирически.

При органолептической оценке внимание акцентировали на консистенции продукта, плотности оболочки, присутствии специфических привкусов (острого и кислого), изменении вкусовых свойств [17].

Плотность икры анализировали на реометре FANN RHEO VADR («FUDAN Microelectronics», Китай).

Биохимические исследования икры на предмет аминокислотного состава осуществляли в аккредитованной научной химической лаборатории рыбохозяйственно-экологического факультета Херсонского ГАУ, согласно нормативной методике «Технохимического контроля в рыбообработывающей промышленности» [10]. С целью предварительной подготовки образцов применяли кислотный гидролиз в 5 М растворе HCl (110°C, 24 ч), с прибавлением норлейцина в качестве эталона. Для выявления метионина и цистеина предварительно подготовленные пробы подвергали окислению 50% раствором надмуравьиной кислоты. Последующий анализ выполнялся с помощью системы жидкостной хроматографии «Shimadzu LC-20 Prominence» (Бельгия). Для разведения исследуемого образца применяли готовые буферные растворы производства «Sevko&Co» (Россия). Расчет концентрации аминокислот осуществляли согласно стандартному образцу («Sykam S 500 System», Германия).

Микробиологические показатели, регламентированные требованиями ДП «УкрНДНЦ» «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», определяли по нормативной документации: количество бактерий группы кишечных палочек (колиформных форм) — по ГОСТ 30518-97, дрожжей и плесневых грибов — по ГОСТ 30444-88. Были применены тест-микроорганизмы: БГКП *Esherihia coli* (музейный штамм ВКМ-8-125), а также



дрожжи, которые были выделены из икры. Расчет уровня требуемой летальности микроорганизмов не производился.

Инокуляцию икры осуществляли суспензией вышеуказанных культур заданной плотности, при значении концентрации 1×10 КОЕ на 1,0 г продукта, в трехкратной повторности. В продолжение процесса термической обработки отбирали пробы икры из стеклбанок через 60, 70 и 80 минут, затем определяли количество клеток *E. coli* и дрожжей в 1,0 г икры.

Определение токсичных элементов в икре осуществляли согласно ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов».

Токсико-биологическая оценка пищевой икры проводилась по общепринятой методике [12]. 1,5–2,0 мл свежеприготовленного профильтрованного гомогената икры погружали в культуральную среду с *Tetrahimena piriformis*. Смесь оставляли в полутемном месте при комнатной температуре в течение 2 суток. В опыте изучалась реакция инфузорий на присутствие фильтрата.

Сроки годности икры устанавливали в соответствии с требованиями ТУ У 10.2-37758242-002:2018.

Полученные результаты обрабатывали методами вариационной статистики с использованием пакета прикладных программ «Microsoft Excel» с акцентированием внимания на ошибки средних величин [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наряду с разработкой технологии получения пищевой икры существует необходимость разрешения задачи ее обесклеивания. Для достижения поставленной цели нами был использован метод быстрой термической обработки, суть которого заключается в перемешивании предварительно промытой икры в насыщенном (85%) горячем тузлуке. Опираясь на имеющийся положительный производственный опыт [9], можно сказать, что практически любой температурно-временной режим обработки икры обнаруживает свое влияние на прочность оболочек икринок. В данной связи, нами была предпринята попытка определения взаимосвязи прочности оболочки и органолептических свойств продукта. Полученные результаты отражены в таблице 1.

Из данных таблицы 1 следует, что икринки, подвергшиеся обработке в режиме № 1, отличаются низкой прочностью своих оболочек, неоднородностью консистенции, что подтверждается ощутимым разбросом (31–53 усл. Ед.) в показаниях прибора. Такая икра в результате незначительного давления теряет свою целостность. Достигнутая в режиме № 3 прочность икринок — 111–115 усл. ед. — характеризует достаточно плотные их оболочки, что также нехарактерно для продукта традиционного посола. Икра, обработанная в режиме № 2, хорошо обесклеена и без затруднений поддается дальнейшей обработке (рис. 1).

Благодаря достигнутым оптимальным показателям прочности (80–89 усл. ед. соответственно) сохраняет показатели качества: нежность в сочетании с разбористостью консистенции, достаточная плотность (но не твердость) оболочки, приятный вкус при содержании соли в продукте на уровне 2,8–5,0%.

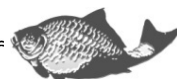


Таблица 1. Зависимость органолептических показателей икры от прочности оболочки

Table 1. Dependence of organoleptic characteristics of caviar on the strength of the shell

Режим обработки, № / Mode processing, №	Прочность оболочки, условные единицы / Strength shell, conventional units	Органолептические показатели / Organoleptic indicators
1	44	На дне тары заметен отделившийся тузлук. Икринки в целом лишены своей характерной округлой формы, отчасти сплющены. Оболочки икринок весьма слабые. Консистенция продукта мягкая. Потребительские характеристики посредственные / Separated brine is noticeable at the bottom of the container. The eggs as a whole are deprived of their characteristic rounded shape, partly flattened. Egg shells are very weak. The consistency of the product is soft. Consumer characteristics are mediocre
	53	
	31	
	40	
	42	
2	89	Тузлук на дне тары отсутствует. Икринки имеют округлую форму. Оболочки икринок наиболее плотные. Консистенция икры нежная, соответствующая икре традиционного посола. Потребительские характеристики оптимальные / There is no tuzluk at the bottom of the container. The eggs are rounded. Egg shells are the most dense. The consistency of caviar is tender, corresponding to traditional salted caviar. Optimal consumer characteristics
	87	
	87	
	88	
	80	
3	111	Икра имеет округлую форму. Оболочки икринок слишком плотные, раздавливаются с усилием. Консистенция продукта сухая, рассыпчатая. Потребительские характеристики неудовлетворительные / The caviar has a rounded shape. Egg shells are too dense, they are crushed with effort. The consistency of the product is dry, crumbly. Consumer characteristics are unsatisfactory
	113	
	111	
	115	
	113	

Примечание. В режимах № 2, 3 объем обрабатываемого продукта составлял 1500,0 г.

Note. In modes №2, 3, the volume of the processed product was 1500,0 g.

Ценность продуктов питания характеризует минеральный и органический состав. Установлено, что использование кратковременного способа термической обработки в режиме № 2 позволило сохранить составляющие икры, близкие к уровню показателей икры стерляди из естественной среды обитания, рассматриваемых в качестве своеобразного эталона (табл. 2).

Согласно полученным данным, незначительная разница в содержании



липидов в икре стерляди из УЗВ (на 4,4%) свидетельствует в пользу сохранности вкусовых качеств продукта. Икра стерляди из УЗВ содержит приблизительно одинаковое количество золы, углеводов и минеральных веществ, но отличается от своего аналога достоверно повышенным содержанием сухого вещества (на 9,5%), что указывает на присутствие в продукте широкого спектра микроэлементов.



Рис. 1. Процесс производства зернистой икры стерляди в условиях ОАО «Оазис Бисан». А–С — икра в процессе технологической обработки; D — готовая продукция

Fig. 1. Production process of granular sterlet caviar in the conditions of «Oasis Bisan» JSC. A–C — caviar in the process of technological processing; D — finished product

Икра стерляди содержит макроэлементы. Полученные результаты дали возможность провести сравнительную аналогию с имеющимися в специальной литературе данными (табл. 3).



Таблица 2. Общий химический состав икры стерляди, % в сухом веществе

Table 2. General chemical composition of sterlet caviar, % in dry matter

Показатели / Indicators	Икра стерляди из УЗВ / Sterlet caviar from closed water supply conditions	Икра стерляди из естественной среды обитания / Sterlet caviar from its natural habitat
сухое вещество / dry matter	42,6±11,3**	52,1±10,2
протеин / protein	22,7±7,5*	26,8±7,1
липиды / lipids	12,7±4,8*	17,1±4,7
углеводы / carbohydrates	2,3±0,9	2,4±0,3
минеральные вещества / minerals	3,3±0,9	4,5±1,1
зола / ash	1,6±0,08	1,8±0,06

Примечание. *P<0,05; **P<0,01; УЗВ — собственные данные; естественная среда обитания — «Химический состав пищевых продуктов...» [18]

Note. *P<0,05; **P <0,01; closed water supply conditions — own data; natural habitat — «The chemical composition of food ...» [18]

Таблица 3. Содержание макроэлементов в икре стерляди, мг/кг

Table 3. Content of macronutrients in sterlet caviar, mg / kg

Элементы / The elements	Икра стерляди из УЗВ / Sterlet caviar from closed water supply conditions	Икра стерляди из естественной среды обитания / Sterlet caviar from its natural habitat
Na	1511±46,3*	1630±41,7
K	76±12,3	80±13,6
Ca	53±8,5	55±7,2
Mg	35±4,4	37±5,7
P	537±21,9**	465±25,6
Fe	3,0±0,5	2,4±0,3

Примечание: *P<0,05; **P<0,01; УЗВ — собственные данные; естественная среда обитания — «Химический состав пищевых продуктов...» [18].

Note. *P<0,05; **P <0,01; closed water supply conditions — own data; natural habitat — «The chemical composition of food ...» [18].

Согласно данным представленной таблицы, за исключением Na и P, содержание Ca, K, Mg и Fe в икре стерляди из УЗВ и из естественной среды обитания практически сходно.

Определенным образом, качество белка в икре определяется биологической ценностью и способностью к усваиванию, что, в свою очередь, зависит от содержания и соотношения незаменимых аминокислот. С целью определения биологической ценности белков икры стерляди осуществляли подсчет аминокислотного сора — отношения каждой незаменимой аминокислоты белка в % к содержанию этой же кислоты в идеальном белке. Исследования по



определению биологической ценности белков были проведены на икре рыб из УЗВ. Сопоставление полученных данных и имеющихся справочных отражены в таблице 4.

Таблица 4. Сравнительная характеристика аминокислотного состава и химического сора белков икры стерляди из УЗВ и естественной среды обитания

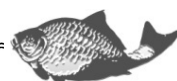
Table 4. Comparative characteristics of the amino acid composition and chemical scoring of sterlet caviar proteins from closed water supply conditions and natural habitat

Аминокислоты / Amino acids	Шкала ФАО/ВОЗ, г/100 г идеального белка / FAO / WHO scale, g/100 g of ideal protein	УЗВ / Closed water supply conditions		Естественная среда обитания / Natural habitat	
		А	В	А	В
незаменимые / irreplaceable					
треонин / threonine	3,4	4,99	146	4,59	135
цистеин / cysteine	2,5	1,04	101	0,53	121
метионин / methionine	-	2,52	-	3,03	-
валин / valine	3,5	5,12	146	5,15	147
изолейцин / isoleucine	2,8	4,16	148	4,53	162
тирозин / tyrosine	6,3	3,44	118	3,73	123
фенилаланин / phenylalanine	-	3,99	-	4,03	-
лейцин / leucine	6,6	8,96	135	8,91	135
лизин / lysine	5,8	7,64	132	7,82	135
заменимые / replaceable					
аспарагиновая кислота / aspartic acid	-	8,80	-	9,21	-
серин / serine	-	5,59	-	5,64	-
глутаминовая кислота / glutamic acid	-	12,96	-	13,16	-
пролин / proline	-	3,79	-	4,33	-
глицин / glycine	-	3,32	-	3,11	-
аланин / alanine	-	5,40	-	5,14	-
гистидин / histidine	-	2,01	-	1,70	-
аргинин / arginine	-	6,28	-	6,19	-

Примечание: А — содержание аминокислоты, г/100 г белка; В — химический скор (% , согласно справочной шкале ФАО/ВОЗ)

Note: A — amino acid content, g/100 g of protein; B — chemical rate (% , according to the FAO/WHO reference scale)

Согласно данным приведенной таблицы, аминокислотный состав икры стерляди включает незаменимые аминокислоты в следующих пределах, г/100 г



белка: треонин — 4,59–4,99; цистеин — 0,53–1,04; метионин — 2,52–3,03; изолейцин (4,16–4,53); тирозин (3,44–3,73); фенилаланин (3,99–4,03); лейцин — 8,91–8,96; валин — 5,12–5,15; лизин — 7,64–7,82, а также заменимые: аспарагиновая кислота — 8,80–9,21; серин — 5,59–5,64; глутаминовая кислота — 12,96–13,16; пролин — 3,79–4,33; глицин — от 3,11–3,32; аланин — 5,14–5,40; гистидин — от 1,70–2,01 и аргинин — 6,19–6,28.

Конечными показателями, которые дают право на внедрение технологии в производство, являются микробиологическая, токсикологическая и токсико-биологическая оценка икры. Результаты проведенных микробиологических исследований позволили установить, что *E. coli* и дрожжи (при внесении в икру $1,0 \times 10^5$ кл./г и $1,0 \times 10^3$ кл./г соответственно) в подвергнутой термообработке икре не выявляются.

Согласно существующим требованиям («Обов'язковий мінімальний перелік досліджень сировини, продукції тваринного та рослинного походження»), икра осетровых рыб нормируется по содержанию токсикантов неорганического происхождения (мышьяка, кадмия, свинца, ртути) и органического происхождения (полихлорированных бифенилов, ДДТ и метаболитов, ГХЦГ (изомеров)). Полученные в результате соответствующего анализа показатели содержания токсикантов в икре стерляди приведены таблице 5.

Таблица 5. Содержание токсикантов в икре стерляди

Table 5. Content of toxicants in sterlet caviar

Проба, № / Sample, №	Объект / Object	Токсичные элементы, мг/кг / Toxic elements, mg/kg				Хлорорганические соединения, мг/кг / Organochlorine compounds, mg/kg		
		Pb	Cd	As	Hg	ГХЦГ и изомеры / HCH and isomers	ДДТ и метаболиты / DDT and metabolites	ПХБ / polychlori- nated biphenyls
1	икра / caviar	0,013	0,04	0,06	0,05	0,003	0,012	0,021
2		<0,011	0,03	0,07	0,04	0,002	0,010	0,019
3		<0,012	0,03	0,08	0,05	0,003	0,011	0,016
	Σ	0,012 ±0,14***	0,033 ±0,10***	0,070 ±0,23***	0,047 ±0,12***	0,0027 ±0,006***	0,016 ±0,18***	0,017 ±0,24***
	максимально до- пустимые уров- ни* / maximum allowable levels *	1,0	1,0	1,0	0,2	0,2	2,0	2,0

Примечания: ***P<0,001; * — стандартные показатели для осетровых рыб из естественных акваторий.

Notes: ***P<0,001; * — standard indicators for sturgeon fish from natural waters.

Анализ данных таблицы позволяет заключить, что содержание в икре стерляди Pb, Cd, As и Hg достоверно ниже предельно допустимых уровней, что определены как нормативные в отношении икры осетровых рыб [20].

Исходя из факта немногочисленности сведений о содержании



хлорорганических соединений в икре осетровых рыб из искусственных водоемов, существует объективная необходимость сравнения полученных данных с таковыми икры рыб из естественных акваторий [2]. В отношении хлорорганических соединений, суммарное значение ГХЦГ и изомеров в икре-сырце стерляди из УЗВ составляет 0,0027 мг/кг; ДДТ и метаболитов — несколько выше — 0,016 мг/кг. Содержание в икре-сырце полихлорированных бифенилов (ПХБ) находится на уровне 0,017 мг/кг.

Простой и объективный тест, основанный на реакции инфузорий *Tetrahimena piriformis* на воздействие факторов химической и биологической природы, позволил выявить отсутствие измененных форм, угнетения роста или гибели тетрахимен. Присутствие простейших исследуемом фильтрате в количестве $7,32 \times 10^4 \pm 0,16 \times 10^4$ соответствует норме [12].

В соответствии с требованиями ТУ У 10.2-37758242-002:2018, срок годности зернистой икры стерляди (без консерванта) составляет 6 месяцев при температуре хранения минус 2°C – минус 4°C.

Анализируя полученные результаты, необходимо отметить, что выбор способа обработки икры стерляди и определение оптимума температурно-временного режима произведены нами не случайно. В частности, при пастеризации икры-сырца необходимо учитывать временной отрезок, суммарно включающий в себя время предварительного прогревания продукта в стеклобанке, а также собственное время термообработки стеклобанки и пищевого продукта. До начала термической обработки температура икры в стеклобанках (при дистанции между соседними банками — 5,0 см) составляла $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$. При этом предварительно была достигнута равномерность прогревания всех уровней и зон камеры термостата. С помощью вмонтированного в отверстие крышки банки контактного термометра, в центральной ее части измеряли температуру продукта. Наблюдения за показаниями термометра позволили выявить следующее: в течение первых 25 минут прогревания температура икры в стеклобанках постепенно увеличивается и спустя 62 минуты достигает 60°C (режим № 1). Очевидно, что данный режим выполним в достаточно большом временном отрезке, что неизбежно отражается на качестве конечного продукта. Следует отметить, что при выборе оптимального режима обработки овулированной икры, а также в целях обоснования его рациональности, нами были приняты к руководству следующие положения:

1. Овулированная икра рыб практически стерильна, что подтверждается результатами микробиологических анализов [6]. Однако, на разных этапах технологического процесса количество микроорганизмов, попавших в продукт из воздуха, с кровью и слизью увеличивается, в результате чего обсемененность икры многократно возрастает (от 2030 клеток/1 г до 200–64000 клеток/1 г. Однако, после промывания горячим насыщенным раствором тузлука и стекания обсемененность икры резко снижается — до 1×10 кл/1 г [8].

2. Согласно режиму № 2, овулированную икру подвергают термической обработке при температуре не ниже 78°C .

3. В прогнозе, при учете сравнительно небольшого отрезка времени (1,0 мин.), применение предлагаемого режима обработки икры не отразится на органолептических показателях конечного продукта.



При разработке режимов пастеризации на практике руководствуются фактом гибели в течение 30–60 минут беспоровых бактерий, что массово происходит при нагревании до 60°C [6]. Также известно, что при достижении значения температуры 60°C, *E. Coli* гибнет в течение 10 мин., или при температуре 55°C в течение 20 мин. [8]. Таким образом, проводя сравнительную аналогию со стандартными температурно-временными показателями режима пастеризации, можно заключить, что сокращение общего времени термической обработки икры до 1,0 мин. (при условии предварительной стерилизации стеклбанок сухожаровым способом) позволяет характеризовать предлагаемый режим как ускоренный и в то же время «щадящий» в отношении конечного продукта.

Согласно имеющимся литературным данным, содержание Na в икре стерляди из естественной среды обитания достигает 5%, Ca — 3% и Fe — 15% [17, 18]. Полагается, что меньшее количество Na в икре стерляди из УЗВ можно объяснить низким содержанием в ней NaCl (3,5% соответственно), что позволяет увеличивать количество Na⁺ при посоле продукта в зависимости от существующих потребностей рынка.

Сравнительный анализ справочных данных относительно макроэлементного состава икры стерляди позволяет сделать вывод, что последняя у культивируемых особей незначительно превосходит икру диких рыб по содержанию P, что может быть объяснимо результатом действия потребляемого корма. В целом, указанный факт свидетельствует о том, что икра стерляди из УЗВ является отменным источником минеральных компонентов.

Установлено, что икра стерляди содержит полный набор незаменимых и заменимых аминокислот. Согласно со справочными данными, можно сказать, что содержание незаменимых аминокислот в 100 г белков икры стерляди выше, чем в эквивалентном количестве идеального белка. Очевидно также, что достоверные различия в аминокислотном составе белков икры рыб из естественных условий обитания и УЗВ столь контрастно не выявляются. Вместе с тем, в содержании отдельных аминокислот нами обнаружены несущественные отклонения, что нецелесообразно связывать с особенностями вида. Мы небезосновательно полагаем, что они могут быть связаны со степенью зрелости икры, которая определяет в конечном итоге аминокислотный состав белков рыб на разных стадиях овогенеза. Подытоживая вышеизложенное, можно сделать соответствующий вывод, что несущественные различия в аминокислотном составе белков икры стерляди, выращенной в естественных и промышленных условиях, находя объяснение в адекватном потреблении белка с кормами при искусственном содержании рыб. Полученные нами данные в определенной степени согласуются с имеющимися в литературе материалами [5] по схожести аминокислотного состава белков икры при соответствующем потреблении естественной пищи и искусственно составленных кормосмесей у различных объектов аквакультуры.

Согласно имеющимся литературным данным, уровень токсикантов в гонадах рыб с возрастом увеличивается [2]. Однако, сравнивая собственные данные по токсикологической безопасности икры рыб из УЗВ с аналогичными в отношении рыб из естественных водоемов, можно заключить, что первые в экологическом отношении наименее контаминированы. Во всех случаях значения хлорорганических токсикантов в икре-сырце стерляди из УЗВ ниже, чем в икре осетровых рыб из



естественных акваторий [19], что подтверждается высоким уровнем статистической достоверности.

Предлагаемый режим ускоренной термической обработки овулированной икры стерляди в полной мере обеспечивает гибель одноклеточных грибов и бактерий. Исследование живых инфузорий в темном поле микроскопа по методу «висячей капли» показало отсутствие в клетках каких-либо деструктивных изменений: двигательный аппарат и живое содержимое находились в пределах нормы. На основании вышесказанного, согласно регламенту ЕС 1881/2006, ЕС 2073/2005, констатируется безопасность готового продукта.

ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ

Совершенствование технологии переработки черной икры в конечном итоге позволяет отказаться от традиционного режима пастеризации. Использование технологии ускоренной термической обработки икры-сырца позволяет улучшить качество икорной продукции, с максимальным приближением к качеству забойной икры. Оптимально выбранный температурно-временной режим в полной мере обеспечивает безопасность готового продукта.

Полученные фактические данные представляют для пищевых технологов очевидную практическую значимость. Необходимо подчеркнуть, что предлагаемая технология получения пищевой икры не является базовой в современном икорном направлении осетроводства, но имеет собственный статус в аспектах производства черной икры. В перспективе, повышение эффективности работ в данном направлении путем совершенствования технологических и организационных методов послужит предпосылкой легализованного насыщения потребительского рынка зернистой икрой, и в принципе позволит получить высококачественный продукт в достаточных количествах, польза которого будет востребована в центрах реабилитационной медицины и питания детей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алымов Ю. В., Кокоза А. А., Загребина О. Н. Влияние различных комбикормов на морфофизиологические показатели молоди русского осетра // Воспроизводство естественных популяций ценных видов рыб : II Междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, 16-18 апр. 2013 г. : матер. Санкт-Петербург, 2013. С. 17—20.
2. Хлорированные углеводороды в гидробионтах залива Петра Великого Японского моря / Боярова М. Д. и др. // Экол. химия. 2004. Вып.13, № 2. С. 123—124.
3. Громова В. А., Копыленко Л. Р. Способ предварительной обработки икры осетровых рыб перед посолом : пат. 2056759 РФ. Заявл. 20.05.1994 ; опубл. 27.03.1996, Бюл. № 3.
4. Кокоза А. А. О стандарте и некоторых других вопросах в осетроводстве // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2010. № 1. С. 103—106. (Серия : Рыбное хозяйство).
5. Копыленко Л. Р. Разработка и обоснование икорной продукции из овулировавшей икры осетровых рыб // Рыбная промышленность. 2006. № 2. С. 21—23.



6. Копыленко Л. Р. Свойства, пищевая ценность и безопасность овулировавшей икры бестера и стерляди // Производство рыбных продуктов: проблемы, новые технологии и качество : 5-й Междунар. науч.-практ. конф. : матер. Калининград, 2004. С. 660—665.
7. Копыленко Л. Р., Корязова И. Л. Научное обоснование технологии получения зернистой икры из овулировавшей икры осетровых рыб // Производство рыбных продуктов: проблемы, новые технологии и качество : 4-й Междунар. науч.-практ. конф. : матер. Калининград, 2003. С. 169—171.
8. Проблемы качества и безопасности зернистой икры рыб / Копыленко Л. Р. и др. // Рыбное хозяйство. 2011. № 5. С. 110—115.
9. Корязова И. Л., Копыленко Л. Р. Исследование влияния активности протеиназ овулировавшей икры бестера на процесс ее обесклеивания // Тр. ВНИРО. 2004. Т. 143. С. 164—169.
10. Лазаревский А. А. Технохимический контроль в рыбообработывающей промышленности : монография. Москва : Пищепромиздат, 1976. 518 с.
11. Лакин Г. Ф. Биометрия. Москва : Высшая школа, 1990. 293 с.
12. Микитюк П. В. Методические рекомендации (микрометод) токсико-биологической оценки рыбы и других гидробионтов. Киев, 1987. 19 с.
13. Влияние консервантов на срок хранения и качество зернистой икры осетровых рыб / Павельева Л. Г. и др. // Технология рыбных продуктов. Москва : ВНИРО, 1984. С. 29—39.
14. Пищевой продукт из икры осетровых рыб : авт. свидетельство 1785090 / Подушка С. Б. и др. Заяв. 31.08.1990 ; опубл. 27.01.2008.
15. Разработка технологии переработки овулировавшей икры осетровых / Подушка С. Б. и др. // Проблемы современного товарного осетроводства. Астрахань, 2000. С. 141—142.
16. Производство черной икры в рыбоводных хозяйствах / Подушка С. Б. и др. // Научно-практический прогресс в перерабатывающих отраслях АПК : Межд. конф. : тезисы докл. Москва, 1995. С. 201—202.
17. Скурихин И. М., Сафронова Т. М. Органолептическая оценка рыбной продукции : справочник. Москва : Агропромиздат. 1985. 216 с.
18. Химический состав пищевых продуктов : справочник. Кн. 1 : Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетическая ценность пищевых продуктов. Москва : Агропромиздат, 1987. 224 с.
19. Caviar composition in wild and cultured sturgeons – impact of food sources on fatty acid composition and contaminant load / Gessner J. et al. // J. Appl. Ichtiol. 2002. Vol. 18. P. 665—672.

REFERENCES

1. Alymov, Yu. V., Kokoza, A. A., & Zagrebina, O. N. (2013). Vliyanie razlichnykh kombikormov na morfofiziologicheskie pokazateli molodi russkogo osetra. *Vosproizvodstvo estestvennykh populyacij cennykh vidov ryb: materialy II Mezhdunar. nauch. konf.*, Sankt-Peterburg, 17-20.
2. Boyarova, M. D., Syasina, I. G., Prihod'ko, Yu. V., & Luk'yanova, O. N. (2004). Hlorirovannye uglevodorody v gidrobionтах zaliva Petra Velikogo Yaponskogo morya. *Ekol. nimitiya*, 13, 2, 123-124.
3. Gromova, V. A., & Kopylenko, L. R. (1996). *Sposob predvaritel'noj obrabotki ikry osetrovyyh ryb pered posolom*. Patent №2056759 RF.



4. Kokoza, A. A. (2010). O standarte i nekotoryh drugih voprosah v osetrovodstve. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe hozyajstvo, 1*, 103-106.
5. Kopylenko, L. R. (2006). Razrabotka i obosnovanie ikornoj produkcii iz ovulirovavshej ikry osetrovyyh ryb. *Ryb. promyshlennost', 2*, 21-23.
6. Kopylenko, L. R. (2004). Svoystva, pishchevaya cennost' i bezopasnost' ovulirovavshej ikry bestera i sterlyadi. *Proizvodstvo rybnyh produktov: problemy, novye tekhnologii i kachestvo: materialy 5-j Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Kaliningrad*, 660-665.
7. Kopylenko, L. R., & Koryazova, I. L. (2003). Nauchnoe obosnovanie tekhnologii polucheniya zernistoj ikry iz ovulirovavshej ikry osetrovyyh ryb. *Proizvodstvo rybnyh produktov: problemy, novye tekhnologii i kachestvo: materialy 4-j Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Kaliningrad*, 169-171.
8. Kopylenko, L. R., Platonova, N. A., Hamzina, A. K., & Ahmerova, E. A. (2011). Problemy kachestva i bezopasnosti zernistoj ikry ryb. *Rybnoe hozyajstvo, 5*, 110-115.
9. Koryazova, I. L., & Kopylenko, L. R. (2004). Issledovanie vliyaniya aktivnosti proteinaz ovulirovavshej ikry bestera na process eyo obeskleivaniya. *Tr. VNIRO, 143*, 164-169.
10. Lazarevskij, A. A. (1976). *Tekhnohimicheskij kontrol v ryboobrabatyvayushchej promyshlennosti*. Moskva: Pishchepromizdat.
11. Lakin, G. F. (1990). *Biometriya*. Moskva: Vysshaya shkola.
12. Mikityuk, P. V. (1987). *Metodicheskie rekomendacii (mikrometod) toksiko-biologicheskoy ocenki ryby i drugih gidrobiontov*. Kiev.
13. Pavel'eva, L. G., Ushakova, R. F., & Provichkina, A. V., et al. (1984). Vliyanie konservantov na srok hraneniya i kachestvo zernistoj ikry osetrovyyh ryb. *Tekhnologiya rybnyh produktov*. Moskva: VNIRO, 29-39.
14. Podushka, S. B., Brusovanskij, R. B., Kalgina, N. A., et al. (2008). *Pishchevoj produkt iz ikry osetrovyyh ryb*. Avtorskoe svidetelstvo № 1785090.
15. Podushka, S. B., Brusovanskij, R. B., Kalgina, N. A., et al. (2000). Razrabotka tekhnologii pererabotki ovulirovavshej ikry osetrovyyh. *Problemy sovremennogo tovarnogo osetrovodstva*. Astrahan, 141-142.
16. Podushka, S. B., Brusovanskij, R. B., Kalgina, N. A., Kovda, T. A., & Abdrahmanova, V. H. (1995). Proizvodstvo chernoj ikry v rybovodnyh hozyajstvah. *Nauchno-prakticheskij progress v pererabatyvayushchih otraslyah APK. Mezhd. konf.: tezisy dokl.* Moskva, 201-202.
17. Safronova, T. M. (1985). *Organolepticheskaya ocenka rybnoj produkcii. Spravochnik*. Moskva: Agropromizdat.
18. Skurihin, I. M. (1987). *Himicheskij sostav pishchevyyh produktov. Spravochnik. Kn. 1: Spravochnye tablicy sodержaniya osnovnyh pishchevyyh veshchestv i energeticheskaya cennost pishchevyyh produktov*. Moskva: Agropromizdat.
19. Gessner, J., Wirth, M., & Kirschbaum, F., et al. (2002). Caviar composition in wild and cultured sturgeons – impact of food sources on fatty acid composition and contaminant load. *Appl. Ichtiol, 18*, 665-672.

