



Экологическая химия 2015, 24(3); 181–186.

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ

Т. М. Бойцова, С. Б. Ярусова

*Дальневосточный федеральный университет,
Институт Химии Дальневосточного отделения Российской академии наук,
пр. 100-летия Владивостока 159, Владивосток, 690022 Россия
e-mail: yarusova_10@mail.ru*

Поступило в редакцию 27 мая 2015 г.

Показана возможность снижения объема пресной воды, используемой при производстве рыбного фарша.

Ключевые слова: пресная и морская вода, ультраструктура, мышечная ткань рыбы

Изменение сырьевой базы морей и океанов влечет за собой с одной стороны освоение и привлечение для пищевого использования новых объектов промысла, с другой – повышение требований к бережному использованию сырья и внедрению экологически безопасных технологий переработки традиционных объектов. Разделку и переработку сырья желателен проводить непосредственно на производственном предприятии с целью максимального использования сырья на пищевые цели и промышленной утилизации остающихся отходов.

Производство рыбного фарша – рациональный способ переработки сырья, при котором обеспечивается высокая степень использования съедобной части, так как выход готового фарша теоретически может быть приближен к общей массе мышечной ткани в рыбе. В технологии готовых продуктов из рыбного фарша легко достижимо применение различных структуро-

образователей, вкусоароматических добавок, красителей, белковых обогатителей, пищевых волокон других компонентов, позволяющих повысить функциональные и органолептические характеристики, пищевую ценность.

Производственный процесс получения фарша можно условно разделить на три основных этапа: разделение рыбы на филе; измельчение мышечной ткани рыбы с одновременным отделением кожи, остатков крупных и мелких костей; доработка измельченного мяса с целью обеспечения его устойчивости при хранении и доведения функциональных свойств до заданных значений. Отходы после разделки – хребтовые кости, брюшную часть, содержащие до 80% мышечной ткани от общей массы, чаще всего направляют на выпуск кормовой муки.

Существующие разновидности фарша с некоторой степенью приближенности делятся на две основные группы – непромытые фарши

Классификация рыб по гелеобразующей способности и характеристике геля [2]

| Характеристика геля | Способность к гелеобразованию | | |
|----------------------|---|----------------------------------|--------------------------------|
| | застудневает быстро | среднее застудневание | застудневает медленно |
| Высокая эластичность | заурида, летучая рыба | горбыль, нибея, ложный палтус | акулы копыеносцы |
| Средняя эластичность | японская меч рыба, японская щука, минтай | бычок, аргентина, мурена, навага | корифена, бородавчатая камбала |
| Слабая эластичность | сельдь иваси, уруме | сайка | тунец полосатый, желтопер |

(измельченная мышечная ткань рыбы) и промытые (масса миофибриллярных белков мышечной ткани рыбы с различным остаточным содержанием водорастворимых веществ и липидов). В зависимости от технологии производства, качества и вида сырья выход готового фарша в первом случае составляет от 25 до 45%, во втором – от 8 до 18%.

Столь невысокий выход промытого фарша объясняется удалением в процессе промывки пресной водой саркоплазматических белков, ферментов, экстрактивных азотистых соединений, липидов, ионов металлов, которые препятствуют образованию плотной гелевой сетки при производстве различных структурированных продуктов, особенно это касается имитации деликатесных морепродуктов. При измельчении филе на фарш, промывке его пресной водой для получения сурими с промывными водами теряется тонко измельченная мышечная ткань рыбы, которая не улавливается фильтрующим оборудованием, и специально удаляемый водорастворимый белок. Промытый фарш должен иметь соответствующие органолептические и структурно-механические характеристики, то есть не иметь вкуса и запаха, быть белого цвета, с высокими показателями эластичности, прочности на продавливание и т.д. Все эти свойства сохраняются в течение 9–12 мес. хранения фарша при температуре не выше -25°C .

Основное использование промытых рыбных фаршей – производство имитированного крабового мяса, мускула морского гребешка, сладковатых продуктов типа камабоко, сосисочно-колбасных изделий, причем для производства последних требования к структурно-механическим характеристикам фарша несколько занижены. Так, если для производства структурированных продуктов

прочность на продавливание геля из промытого фарша должна быть $800\text{--}1000\text{ г/см}^2$, то для сосисочно-колбасных изделий этот показатель составляет 400 г/см^2 , в противном случае готовые изделия будут иметь нежелательную резиновую консистенцию [1].

Структурно-механические характеристики промытого фарша зависят как от качества и свойств используемого сырья, так и от количества проведенных промывок. Фарш с лучшими характеристиками получают из свежей рыбы, преимущественно со светлой мышечной тканью и высокой способностью к образованию эластичного геля. Японскими специалистами предложена классификация рыб по способности образовывать гель (таблица).

Имитированные продукты обладают рядом преимуществ перед их натуральными прототипами: они более стабильны в хранении, удобны для розничной торговли и употребления, имеют более низкие цены. Производство подобных продуктов с заданными вкусоароматическими свойствами получило быстрое развитие не только в Японии, но и во многих странах и сложилось в новую крупнотоннажную отрасль.

Основным процессом, улучшающим качество и стойкость фарша при хранении, является промывка измельченного мяса водой для удаления веществ, прямо или косвенно вызывающих неблагоприятные химические и физические изменения в процессе хранения мороженого фарша. В результате промывки увеличивается содержание в фарше миофибриллярных белков и улучшаются его реологические свойства. Чем в большем объеме удалены саркоплазматические белки, тем выше концентрация миофибриллярных белков в фарше и способность к гелеобразованию [3]. Согласно

технологии рекомендовано проводить не менее 3-х промывок с соотношением массовая доля измельченной мышечной ткани : вода, как 1 : 3, 1 : 5 [3–6]. В среднем для приготовления 1 кг готового фарша расходуется до 15–20 литров пресной воды. Кроме того, к основному технологическому процессу присоединяются сложные и дорогостоящие технологии, связанные с необходимостью обеспечения экологической чистоты промывных вод, что требует определенных технических решений и дополнительных экономических затрат. При производстве фарша в судовых условиях проблема встает особенно остро, т.к. повышенный расход пресной воды – это и повышенный расход топлива, и существенное удорожание готового продукта.

Столь высокий расход пресной воды, которая в дальнейшем практически никак не аккумулируется, послужил основанием для проведения исследований по поиску альтернативных способов промывки мышечной ткани рыбы.

В зависимости от вида используемого сырья, содержание водорастворимого белка в промывной воде может составлять от 1 до 3 г/л [7]. Причём, у рыб с преимущественно тёмной мышечной тканью (сельдь, сельдь-иваси, ставрида, анчоус), количество белка, переходящего в промывную воду, значительно больше, чем у рыб с преимущественно светлой мышечной тканью (минтай, треска, песчанка). Это, очевидно, объясняется тем, что изначально темные мышцы содержат большее количество саркоплазматических белков.

Известно, что для очистки белковых растворов могут быть использованы ультрафильтрационные установки. При фильтрации белковых растворов наблюдается эффект концентрационной поляризации, следствием которого является снижение скорости фильтрации до некоторой постоянной величины, характерной для данного раствора.

В результате ранее проведенных нами исследований была установлена возможность сгущения белково-содержащих промывных вод на ультрафильтрационном разделительном аппарате из полых волокон [8]. Необходимая производительность промышленной установки может быть достигнута использованием аппаратов с большой поверхностью фильтрации или параллельным соединением в батарее малых аппаратов. Поскольку очищенные при помощи ультрафильтрации про-

мывные воды не содержали ТХУ-осаждаемых белков, их можно повторно использовать в технологическом процессе производства фарша, однако полностью замкнутый цикл водопотребления без доочистки раствора на установках обратного осмоса невозможен из-за постепенного накопления в воде хлорида натрия и повышенной бактериальной контаминации. Использование этих установок в судовых условиях ограничены количеством производственных площадей и повышенным расходом топлива при получении дополнительной энергии для работы установок ультрафильтрации.

В технологии получения фарша из мелких мезопелагических рыб было предложено применять морскую воду для промывки мелко нарезанных кусочков рыбы. При этом в потоке воды удалялись кожный покров и внутренности рыбы. Оставшуюся мышечную ткань измельчали на фарш и для получения промытого фарша промывали пресной водой. Однако структурно-механические и органолептические характеристики такого фарша были ниже, чем у фаршей, полученных с использованием только пресной воды и использовать такой фарш для получения деликатесной продукции нельзя.

Нами была изучена возможность использования морской воды в технологии сурими для промывки измельченной мышечной ткани рыбы.

При помощи гистологических методов исследования прослежены изменения, происходящие с фаршем при промывке его пресной водой, смесью пресной и морской воды в различных соотношениях, и только морской водой. Определение проводили на свежельвовленной песчанке (*Ammodytes hexapterus*). Перед фиксацией для просмотра на электронном микроскопе образцы готовили следующим образом: измельченную мышечную ткань рыбы выдерживали в течение 10 мин при встряхивании в соотношении 1:10 объемам в растворах:

- (а) пресная вода;
- (б) смесь пресная вода и 10 % морская вода;
- (в) смесь пресная вода и 20 % морская вода;
- (г) смесь пресная вода и 30 % морская вода;
- (д) морская вода.

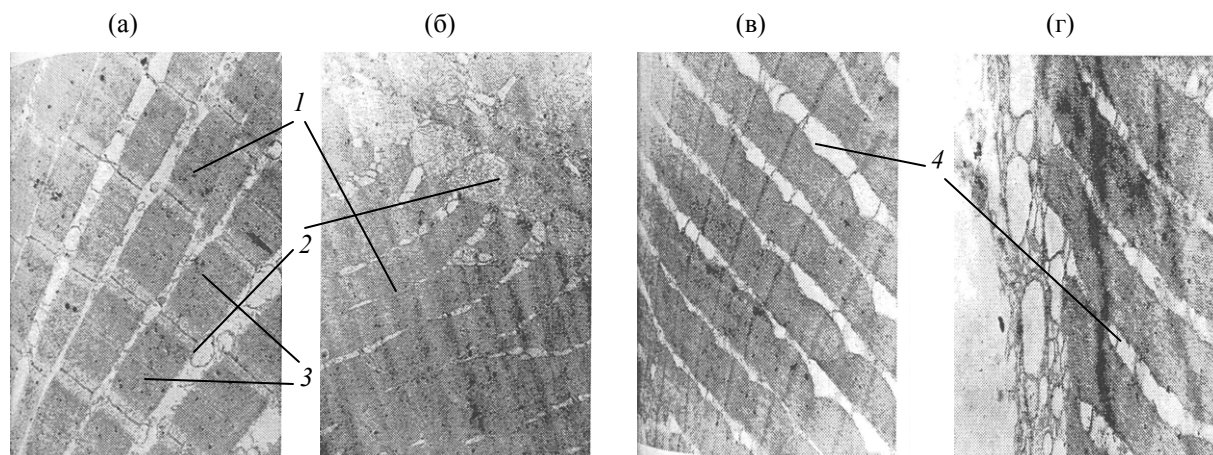


Рис. 1. (а, б) Мышечная ткань свежей рыбы, (в, г) мышечная ткань, промытая в пресной воде. (1) Миофибриллы, (2) органеллы клетки, (3) саркомер, (4) саркоплазма.

Для исследования ультраструктуры на электронном микроскопе из мышц рыбы вырезали кусочки размером $1.0 \times 0.05 \times 10.0$ мм. Пробы измельченной мышечной ткани брали из усредненной пробы от не менее пяти рыб. Обработку образцов проводили поэтапно следующим образом: *фиксация*: 2.5% глютаральдегид на 0.1 М фосфатном буфере рН 7.2–7.3, 2 ч при 4°C; *отмывка*: 0.1 М фосфатный буфер при 4°C (3 смены по 15 мин); *постфиксация*: 1% OSO на 0.1 М фосфатном буфере 2 ч при 4°C; *обезвоживание*: 35, 50, 70% этанол при 4°C, 15 мин каждый, 95% этанол при комнатной температуре 15 мин, абсолютный этанол при комнатной температуре (3 смены по 15 мин каждый), абсолютный ацетон 2 раза по 15 мин; *пропитка*: ацетон-эпоновая среда заливочная (1 : 2) – 1 ч; *полимеризация*: в чистой эпоновой заливочной среде 3 суток при 37, 45, 60°C; *резка*: срезы толщиной 300–500 Å на ультрамикротоме BS-490 А стеклянными ножами; *окрашивание*: насыщенный раствор уранилацетата на дистиллированной воде, окрашивание цитратом свинца – 5 мин, отмывка в бидистиллированной воде; просмотр и фотографирование на электронном микроскопе ЭВМ-100 и УЕМ-100 В. Увеличение в 21 тысячу раз.

При просмотре продольных срезов мышечного волокна свежей рыбы (контрольный образец) видна четкая картина, характерная для поперечно-полосатой скелетной мышцы (рис. 1а, 1б). Плотнупакованные миофибриллы окружены тонкими оболочками саркоплазмы, четко определена структура саркомера (А-диск, I-линия, М-линия, Z-

пластинка). Саркоплазматический ретикулум и Т-каналы почти не повреждены (рис. 1а). Отчётливо видны органеллы клетки (ядра, митохондрии) и соединительная ткань эндомизия, следовательно, все структуры рыбной мышцы сохранены (рис. 1б).

Организация и расположение отдельных тканевых компонентов в контрольном образце, взаимоотношение между ними были использованы как контроль при сравнении с другими образцами.

Мышечная ткань, промытая перед фиксацией в пресной воде, что соответствует состоянию мышечной ткани готового промытого фарша, претерпела глубокие изменения от набухания в гипотоническом растворе. В результате произошёл разрыв клеточной мембраны, отёк и вымывание содержимого Т-каналцев, саркоплазматического ретикулума и органелл (митохондрий, ядер), а также глубокий отёк межклеточного пространства, в котором появились аутофагосомы и миелиновые образования (рис. 1в, 1г). Однако миофибриллы сохранили целостность и параллельность расположения, то есть, как и в контрольном образце, мышечная ткань имеет поперечно-полосатую исчерченность, но произошла частичная агрегация белков актиновых и миозиновых протофибрилл (рис. 1в).

Мышечная ткань образца, промытого в пресной воде с добавкой 10% морской воды, мало отличается от предыдущего образца. Чётко прослеживается поперечно-полосатая исчерченность, анизотропные и изотропные диски саркомера не повреждены (рис. 2а). Саркоплазматическая сеть почти полностью вымыта.

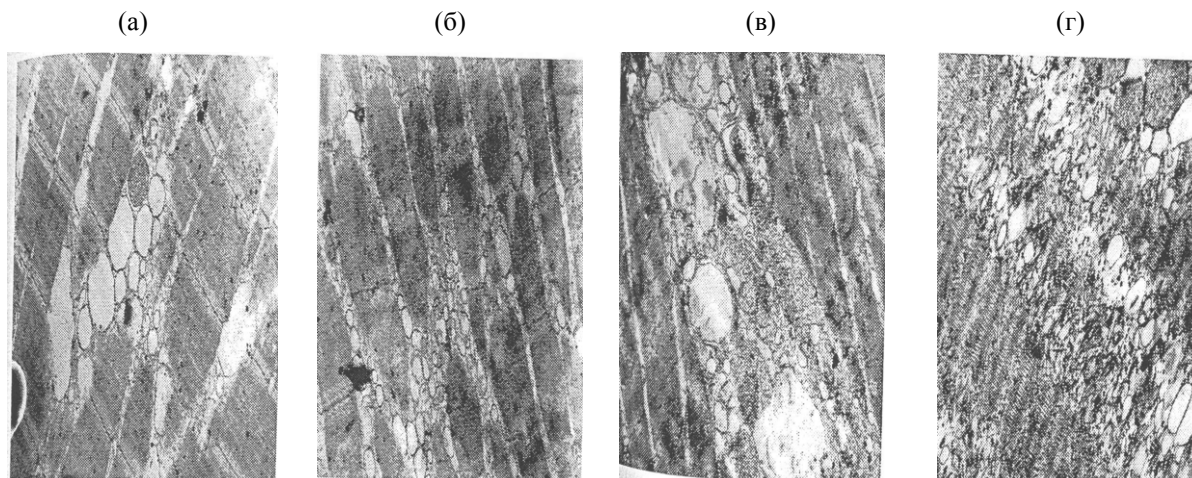


Рис. 2. Мышечная ткань промытая в смеси пресная : морская вода, %: (а) 90 : 10; (б) 80 : 20; (в) 70 : 30; (г) 0 : 100.

Образцы, промытые в растворе с добавлением 20% морской воды, по сохранности мышечной ткани близки к контрольному (см. рис. 1). Миофибриллы плотно упакованы и окружены практически неповрежденной саркоплазматической сетью (рис. 2б). Очевидно, выбранная смесь обладает фиксирующим действием на мышечную ткань. Это характерно также для образца, промытого в растворе с добавлением 30% морской воды, однако, в данном случае отмечено частичное разрушение Z-пластинки и прикрепленных к ней тонких актиновых нитей (рис. 2в).

При промывке мышечного волокна только в морской воде установлено, что морская вода, проникая через Т-каналы, оказала разрушающее действие на миофибрилярные белки, полностью разрушена изотропная зона, Z-пластинка, миозиновые нити сильно сокращены и четко можно определить только Н-зону (рис. 2г). В Т-канальцах, саркоплазматическом ретикулуме и изотропной зоне появилось много осмофильных гранул, но на основные органеллы мышечного волокна митохондрии морская вода не оказала разрушительного действия, скорее наоборот, они хорошо сохранили свою внутреннюю организацию и мембранную оболочку.

В результате изучения ультраструктуры установлено, что действие на мышечную ткань рыбы смеси пресной воды и 10% морской воды идентично действию только пресной воды. При

этом полностью сохранена поперечно-полосатая исчерченность мышечного волокна и произошло вымывание органелл саркоплазматической сети, что важно при дальнейшем гелеобразовании.

Увеличение концентрации морской воды до 20% начинает тормозить процесс вымывания белков саркоплазмы, что отрицательно сказывается на структурно-механических характеристиках фарша, а дальнейшее увеличение доли морской воды приводит к разрушению актомиозинового комплекса, что недопустимо при фаршевом производстве.

Следовательно, использование в технологическом процессе смеси пресная вода с добавлением 10% морской воды не будет оказывать разрушающего действия на поперечно-полосатую структуру мышечного волокна, так как это не препятствует вымыванию органелл саркоплазматической цепи. Предлагаемое решение позволит получить фарш с высокой гелеобразующей способностью, и рекомендовать использовать его в технологии аналоговых продуктов. Одновременно, будет снижен расход пресной воды для промывки мышечной ткани рыбы, что повлечет за собой экономию воды и снижение себестоимости готовых продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойцова, Т.М., *Науч. тр. Дальрыбвтуза*, 1998, № 11, сс. 95–99.

-
-
2. Nonako, M., Hirato, F., Soeki, H., Jasamoto, Y., *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 1989, vol. 55, no. 9, pp. 1575–1582.
 3. Рехина, Н.И., *Пищевая Пром-ть*, 2000, № 3, сс. 46–47.
 4. Tejada, M., Borderias, A.J., Moral, A., *I.I.R. Commissions C₂, D₁, D₂, D₃*, Boston (USA), 1981, № 4, pp. 1–5.
 5. Колаковский, Э., *Технология пищевого рыбного фарша*, Москва: ВО “Агропромиздат”, 1991. 220 с.
 6. Бойцова, Т.М., *Изв. ТИНРО*, 1992, Т. 114, сс. 9–13.
 7. Бойцова, Т.М., Дорошенко, А.А., Шипова, А.Г., *Известия ТИНРО*, 2001, Т. 129, сс. 120–130.
 8. Бойцова, Т.М., Прокопец, Ж.Г., *Матер. Междунар. Науч-техн. конф. “Пища. Экология. Человек”*, Москва: МГУПБ, 1997, с. 123.

Ways of Reducing Environmental Voltage at Fish Production

T. M. Boytsova^{a,b} and S. B. Yarusova^{b,c}

^a Far-Eastern Federal University, pr. 100-letiya Vladivostoka 159, Vladivostok, 690022 Russia
e-mail: yarusova_10@mail.ru

^b Vladivostok State University of Economy and Service, Vladivostok, Russia

^c Institute of Chemistry, Far-Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

Abstract—The possibility of reducing the amount of fresh water used in the production of minced fish was showed.

Keywords: fresh and sea water, ultrastructure, the muscle tissue of fish