

УДК 637.56

ББК 36.94

К 59

Козаченко Антонина Владимировна, аспирантка кафедры процессы и аппараты пищевых производств, факультета пищевой биотехнологии и инженерии, Университет ИТМО; 191002, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9; e-mail: tonya-135@yandex.ru;

Демченко Вера Артемовна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры процессы и аппараты пищевых производств, факультета пищевой биотехнологии и инженерии, Университет ИТМО; 191002, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9; e-mail: dem8484@gmail.com

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗМОРАЖИВАНИЯ РЫБНОГО ФИЛЕ
В ПОЛЕ УЛЬТРАЗВУКА**
(рецензирована)

В статье представлены исследования влияния ультразвуковой обработки на скорость и качество размораживания филе рыбы – трески и тилапии. Представлены результаты физико-химических исследований обработанной ультразвуком размороженной рыбы. Описана лабораторная установка для проведения экспериментальных работ. Предложен способ размораживания рыбного филе с использованием ультразвукового генератора. Установлено, что применение ультразвуковой обработки значительно сокращает срок процесса размораживания и отрицательно не влияет на органолептические показатели качества размораживания рыбного филе. Выбран оптимальный режим работы оборудования.

Ключевые слова: *рыбное филе, размораживание, ультразвук, органолептика.*

Kozachenko Antonina Vladimirovna, a postgraduate student of the Department of Processes and Apparatuses for Food Production of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering, University of ITMO; 191002, Russia, St. Petersburg, 9 Lomonosov Str.; e-mail: tonya-135@yandex.ru;

Demchenko Vera Artemovna, Candidate of Technical Sciences, a senior lecturer of the Department of Processes and Apparatuses for Food Production of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering, University of ITMO; 191002, Russia, St. Petersburg, 9 Lomonosov Str.; e-mail: dem8484@gmail.com

STUDY OF FISH FILLET DEFROSTING IN THE ULTRASONIC FIELD
(reviewed)

The article presents the studies of the influence of ultrasonic treatment on the speed and quality of fish fillet defrosting - cod and tilapia. The results of physical and chemical studies of ultrasonically treated defrosted fish are presented. A laboratory installation for carrying out experimental work has been described. A method for fish fillet defrosting using an ultrasonic generator is proposed. It's been established that the use of ultrasonic treatment significantly shortens the term of the defrosting process and does not affect the organoleptic parameters of the quality of fish fillet defrosting. Optimum mode of equipment operation is selected.

Key words: fish fillet, defrosting, ultrasound, organoleptic.

В настоящее время существуют разнообразные методы консервирования рыбы и нерыбных водных объектов промысла. Наибольшее распространение получила холодильная обработка, позволяющая сохранить максимальное количество нативных свойств продукта.

На показатели качества рыбопродуктов в значительной степени влияют состояние исходного сырья, условия и режимы его холодильной обработки. Перспективным направлением повышения качества продукта и интенсификации технологического процесса является применение ультразвуковых волн. Мороженые рыбные блоки имеют широкое повсеместное применение, т.к. чаще всего рыбу после вылова замораживают для ее дальнейшей транспортировки. Применяемые в настоящее время способы размораживания имеют ряд недостатков, отрицательно сказывающиеся на качестве отепленной рыбы, и, соответственно, готового продукта [16].

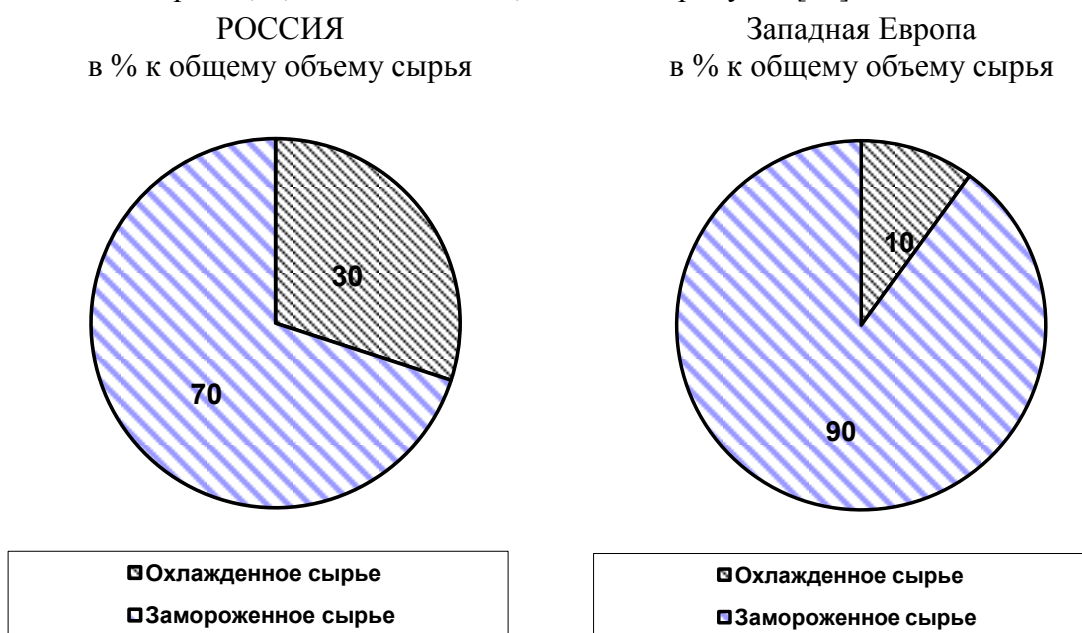


Рис. 1. Удельные доли видов сырья, поступающих на рыбозаводы

В области переработки пищевого сырья увеличить объемы качественной продукции можно путем уменьшения потерь сырья, увеличения выхода готовой продукции, повышения биологической ценности продуктов, сокращения продолжительности технологических процессов и т.д.

Реализовать эти возможности в полной мере на основе традиционных методов обработки пищевых продуктов затруднительно. Это связано с тем, что традиционно используемые методы в своем развитии достигли совершенства, что является первопричиной необходимости поиска и внедрения новых эффективных способов обработки пищевого сырья [5].

Перспективным научным направлением является применение ультразвуковых волн в рыбной промышленности. Правильное и быстрое размораживание водного сырья позволит создать высококачественные продукты здорового питания повышенной

биологической ценности, снизить микрообсеменённость и улучшить вкусовые качества рыбопродуктов.

Проведение исследований, позволяющих разработать технологию размораживания рыбы с использованием ультразвуковых волн с целью повышения качества и безопасности рыбной продукции, является актуальным и имеет важное социальное значение.

Снижение продолжительности размораживания с сохранением качества получаемого продукта – актуальная проблема для рыбной промышленности, имеющая экономический и экологический характер. Оборудование и методы, используемые для данного процесса, требуют модернизации.

Ультразвук достаточно широко применяется в различных отраслях пищевой промышленности, например, известно, что его применяют в качестве интенсификатора при посоле на рыбообрабатывающем предприятии РОК-1. Однако именно размораживание в ультразвуке еще не изучено достаточно хорошо и его влияние на процесс размораживания филе рыбы требует проведения дополнительных исследований [15].

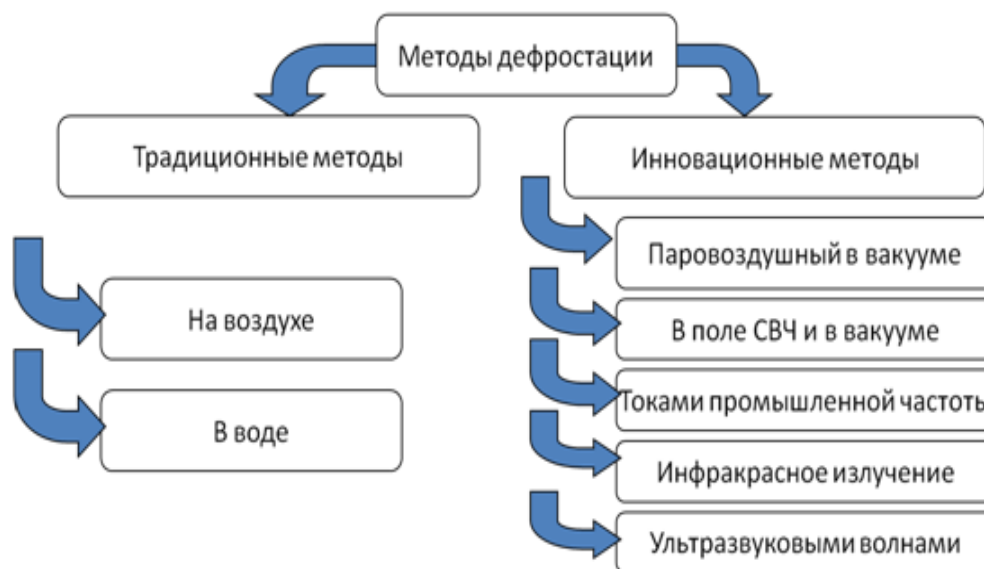


Рис. 2. Классификация методов размораживания рыбы

По способу передачи тепла известные методы размораживания делят на три группы. К первой группе относятся способы передачи теплоты к поверхности продукта от внешней среды путем теплообмена. При этом теплота сообщается продукту через теплоизлучающую среду: сухой, влажный воздух, воду, тузлук, паровоздушную смесь, конденсирующийся пар, а также греющие металлические плиты. Ко второй группе относятся способы, при которых теплота сообщается продукту путем пропускания электрического поля различной частоты или возбуждается путем диэлектрического или микроволнового подогрева, а также ультразвуковыми колебаниями. К третьей группе относятся комбинированные способы. Иногда размораживание сочетают с другими способами технологической обработки, в частности с посолом или варкой [8].

Наибольшее распространение в промышленности нашли размораживание на воздухе и в воде. В последние годы применяются электрофизические способы размораживания, а также размораживание конденсирующимся паром под вакуумом [7].

В рыбной промышленности важным и трудоёмким процессом является размораживание, требующее больших производственных площадей, довольно продолжительное, связанное со значительными потерями сырья и способствующее развитию микроорганизмов.

Особенностью размораживания в поле ультразвука является резкое изменение электрофизических свойств продукта при переходе от замороженного состояния к размороженному. Кроме того, нагрев происходит неравномерно при неоднородном составе продукта. Неоднородность состава может привести к сильному местному перегреву, например, около костей.

При размораживании конечная температура продукта должна быть не выше 2-5°C. Наиболее пригодны для размораживания фарши или блоки из замороженной мелкой рыбы [6].

При размораживании в ультразвуке потери продукта в несколько раз меньше, чем при размораживании на воздухе или в воде, так как за счёт звуко-капиллярного эффекта происходит впитывание воды. Вода проникает в капилляры и становится связанной, а не свободной. Сам процесс ускоряется примерно в 10 раз за счёт того, что волны ультразвука снимают верхнюю плёнку воды, происходит усиление конвекции воды вокруг тушки размораживаемой рыбы [15].

Звукокапиллярный эффект – аномально глубокое проникновение жидкости в капилляры и узкие щели под действием ультразвука. При этом высота подъема и глубина проникновения значительно превышают соответствующие величины, обусловленные силами поверхностного натяжения жидкости. Механизм звукокапиллярного эффекта заключается в том, что жидкость поднимается по капиллярам в результате импульсов давления, возникающих при захлопывании кавитационных полостей, локализованных в сечении капилляра [15].

Применение ультразвука при разморозке снижает микробиальную обсеменённость филе рыбы, да и любого другого продукта. Ультразвуком разрушаются кишечная, брюшнотифозная, дифтерийная, сенная палочки, бациллы дизентерии, столбняка, сальмонеллы, кокки, гонококки, трипаносомы, трихомонады, возбудитель паратифа, тифа и др.

Волокна мышечной и соединительной ткани рыбы при размораживании с использованием ультразвука частично разрушаются, что приводит к улучшению качества филе, ускоряет процесс обработки, повышает вкусовые качества [9].

Недостатками применения данного способа являются:

- некоторое ухудшение качества продукта из-за контакта с циркулирующей водой;
- загрязнение окружающей среды водорастворимыми белками;
- большой расход воды.

Однако воду, оставшуюся после размораживания рыбы и обогащённую белками и жирами, можно также обработать ультразвуком. В результате получается полезные

вещества, которые можно использовать для корма сельскохозяйственных животных и очищенную воду.

Для проведения исследования была разработана экспериментальная установка, схема которой представлена на рисунке 3.

Она предназначена для реализации ресурсосберегающего процесса размораживания рыбы и состоит из генератора ультразвуковых волн (ГУЗ), ванны с жидкостью и излучателя ультразвука. В качестве рабочей жидкости использовали водопроводную воду при температуре 15-17°C, так как она обладает необходимыми физико-химическими свойствами, дешевой и доступностью. Мощность ультразвуковых волн – 20, 40 и 60 Гц – изменяли с целью определения оптимальной.

Цифровой прибор 10 марки VC 89°C+ с помощью термодатчика регистрирует изменения температуры в центре тушки в период разделения брикетов.

В качестве объектов исследования были выбраны виды рыб, пользующиеся спросом у потребителей и в промышленности – треска и тилапия.

При проведении исследований были использованы образцы замороженного рыбного филе с температурой минус 12°C, которые помещались в воду и находились на высоте 2 см над излучателем ультразвука и в 0,5 см от боковых стенок рабочей камеры.

На рисунке 4 представлено фото экспериментальной установки.

Опыт 1. Опытный образец – филе тилапии массой 100 г.

Необходимое количество воды должно быть больше массы исследуемого образца в 3 раза и составило 300 мл. Температура рабочей жидкости – 17°C.

Образец №1: с учетом характеристик ультразвукового аппарата была выбрана оптимальная мощность, равная 150 Вт, что составляет 30 % его мощности. Время обработки – 9 с.

Образец №2: филе, обработанное 100 % мощности аппарата.

Образец №3: контрольный (размораживание в водной среде без использования ультразвука). Температура до размораживания – минус 2°C. Конечная температура обработки – 2...-3°C.

Масса рыбы после размораживания составила $m_1 = 100$ г; $m_2 = 94$ г; $m_3 = 83$ г, где m_1 , m_2 , m_3 – масса рыбного филе с обработкой ультразвуком 30 %, 100 % и контрольный образец без обработки ультразвуком соответственно. Время размораживания с использованием установки совпало с расчетным и равно 9 с, без установки – 371 с.

При обработке 30 % мощности масса филе рыбы не изменилась, что обусловлено упомянутым выше, звукокапиллярным эффектом, т.е. впитывание влаги и преобразование её в связанную влагу.

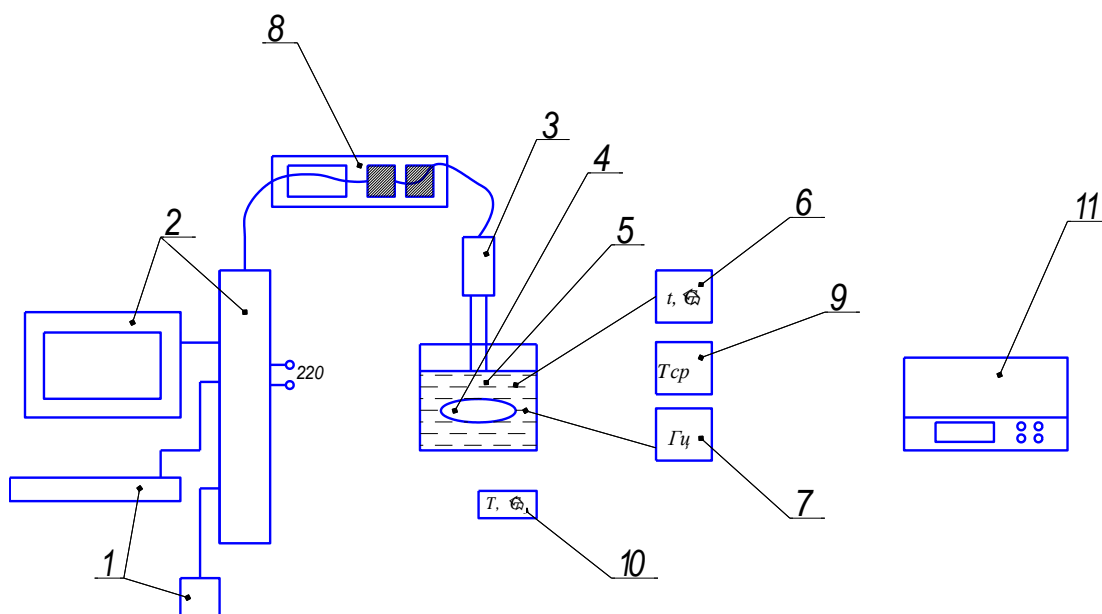


Рис. 3. Схема экспериментальной установки по размораживанию рыбы в ультразвуке
 1 – средства ввода информации (клавиатура, мышь); 2 – монитор, системный блок; 3 – УЗ излучатель; 4 – исследуемый объект (рыбное филе); 5 – водная среда; 6 – датчик температуры среды; 8 – УЗ генератор; 9 – температура окружающей среды; 10 – температура внутри исследуемого объекта; 11 – весы



Рис. 4. Экспериментальная установка по размораживанию филе рыб в поле ультразвука

При обработке на полную мощность (100 %) наблюдается потеря массы филе рыбы, так как происходит изменение структуры мышц, а именно коагуляция и денатурация белка.

Контрольный образец значительно потерял в массе по сравнению с другими, что является обычным явлением при таком способе разморозки. В процессе происходит вытекание тканевых соков, частичное разрушение мышечной структуры. После размораживания всех образцов консистенция филе упругая, плотная, запах выражен ярко.

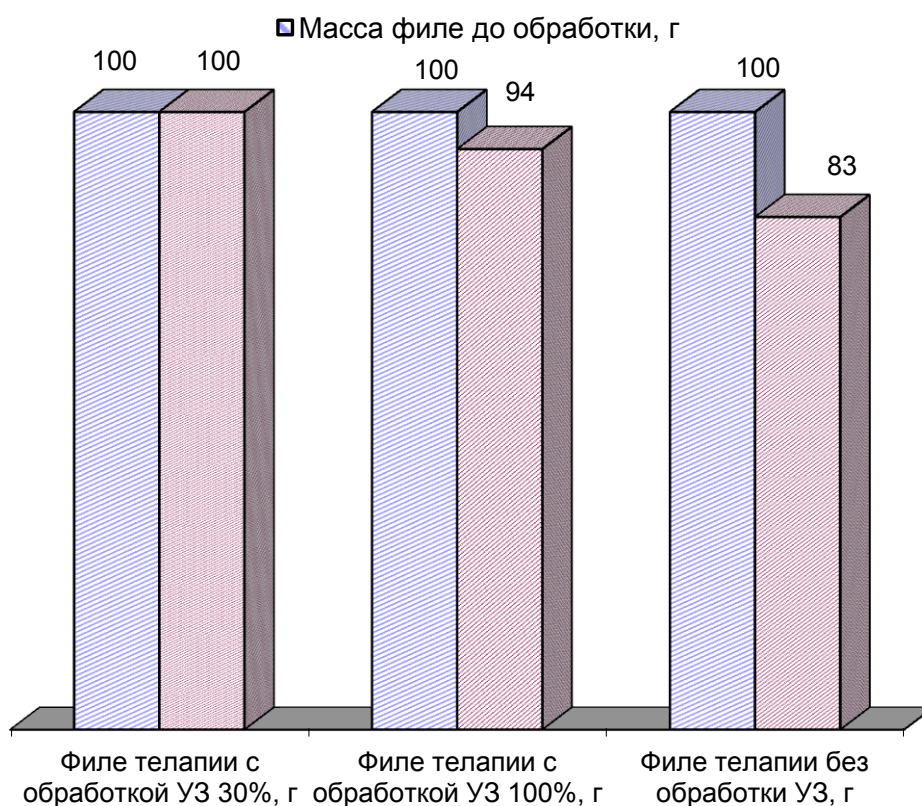


Рис. 5. Изменение массы филе теляпии до и после размораживания

Опыт 2. Опытный образец – филе трески массой 300 г. Все остальные параметры – прежние. Расчётное время размораживания с использованием УЗ – 27 с.

Необходимо отметить, что данный образец с нарушениями норм глазурирования, т.к. масса глазури составила более половины массы образца.

Спустя 2,5 минуты при обработке образца УЗ волнами мощностью 30 % температура на поверхности филе рыбы стала 4-5°C, в центре продукта – 0-1°C. Поверхностный слой рыбы очень рыхлый, масса рыбы после обработки 126 г.

После 2,5 минут обработки при 100 %-ной мощности лёд внутри рыбы сохранился (следствие большого количества глазури и, возможно, внесенных добавок), температура на поверхности приобрела значение 5-6°C, в центре продукта – минус 1°C. Через 4 минуты обработки рыба начала распадаться на волокна, но лёд внутри рыбы всё ещё сохранился. Масса рыбы после обработки 146 г. Запах рыбы практически отсутствует.

Контрольный образец размораживался 27 минут, масса его составила 295 г. Консистенция более рыхлая, чем у охлаждённой рыбы.

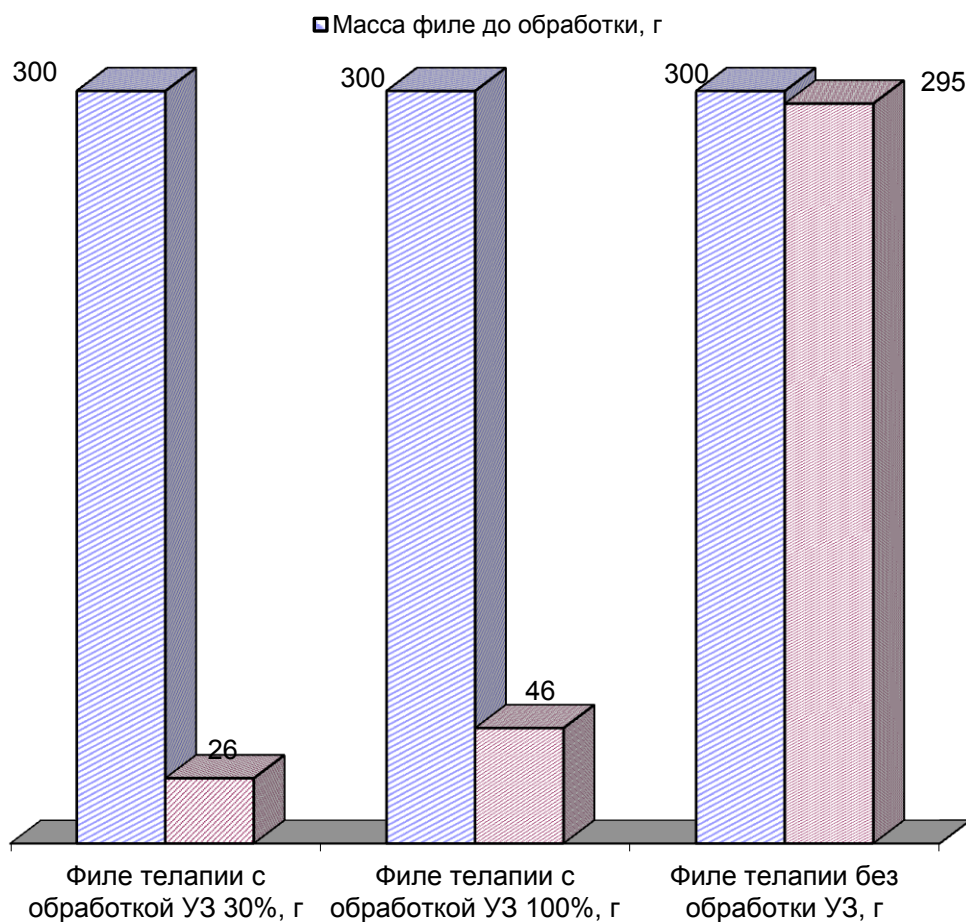


Рис. 6. Изменение массы филе трески до и после размораживания

После размораживания все опытные образцы обжарены для проведения органолептической оценки, которую проводила комиссия из пяти человек. Способ обжаривания использовался один и тот же, температура жарки 175°C, температура плиты 300°C.

На рис. 7 приведены органолептические профили обжаренных образцов филе при различных видах разморозки.

Потери массы при обжарке тилапии составили около 50%, трески – также 50%, при этом треска вообще не сохранила своей консистенции.

При анализе органолептических профилей обжаренного филе обоих видов рыб установлено, что филе тилапии значительно превосходит филе трески по вкусовым характеристикам, что связано, скорее с качеством исходного сырья. Также видно, что филе, обработанное ультразвуком при мощности 30 %, получило максимальную органолептическую оценку в обоих опытах.

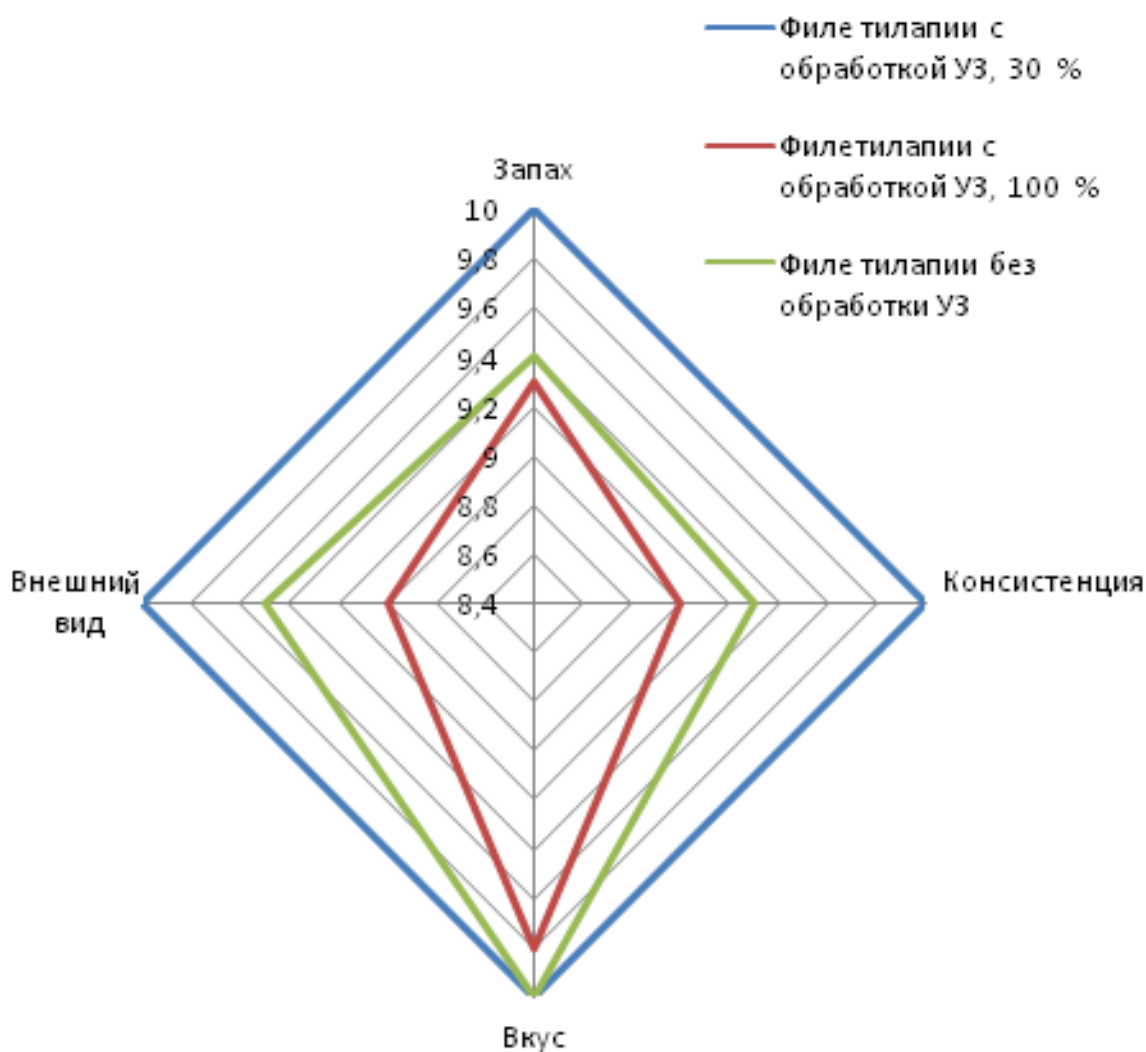


Рис. 7. Органолептический профиль обжаренного рыбного филе тилапии

На основании теоретических и экспериментальных исследований сделаны следующие выводы:

- обоснован выбор способа размораживания для филе трески и тилапии, который обеспечивает получение размороженного сырья высокого качества для последующей его переработки;
- предложен способ размораживания штучного рыбного филе с использованием ультразвукового генератора;
- установлено, что действие ультразвука в значительной степени влияет на время размораживания рыбы (из опыта №1 видно, что время размораживания сократилось в 3 раза);
- установлено, что большую роль играет качество исходного сырья, предназначенного для разморозки, в частности, количество глазури и внесенных в него добавок;
- с помощью органолептической оценки определено, что действие ультразвуковых волн не оказывает отрицательного влияния на вкусовые качества готового продукта;
- выбран оптимальный режим работы оборудования при мощности ультразвуковой установки равной 30 %.

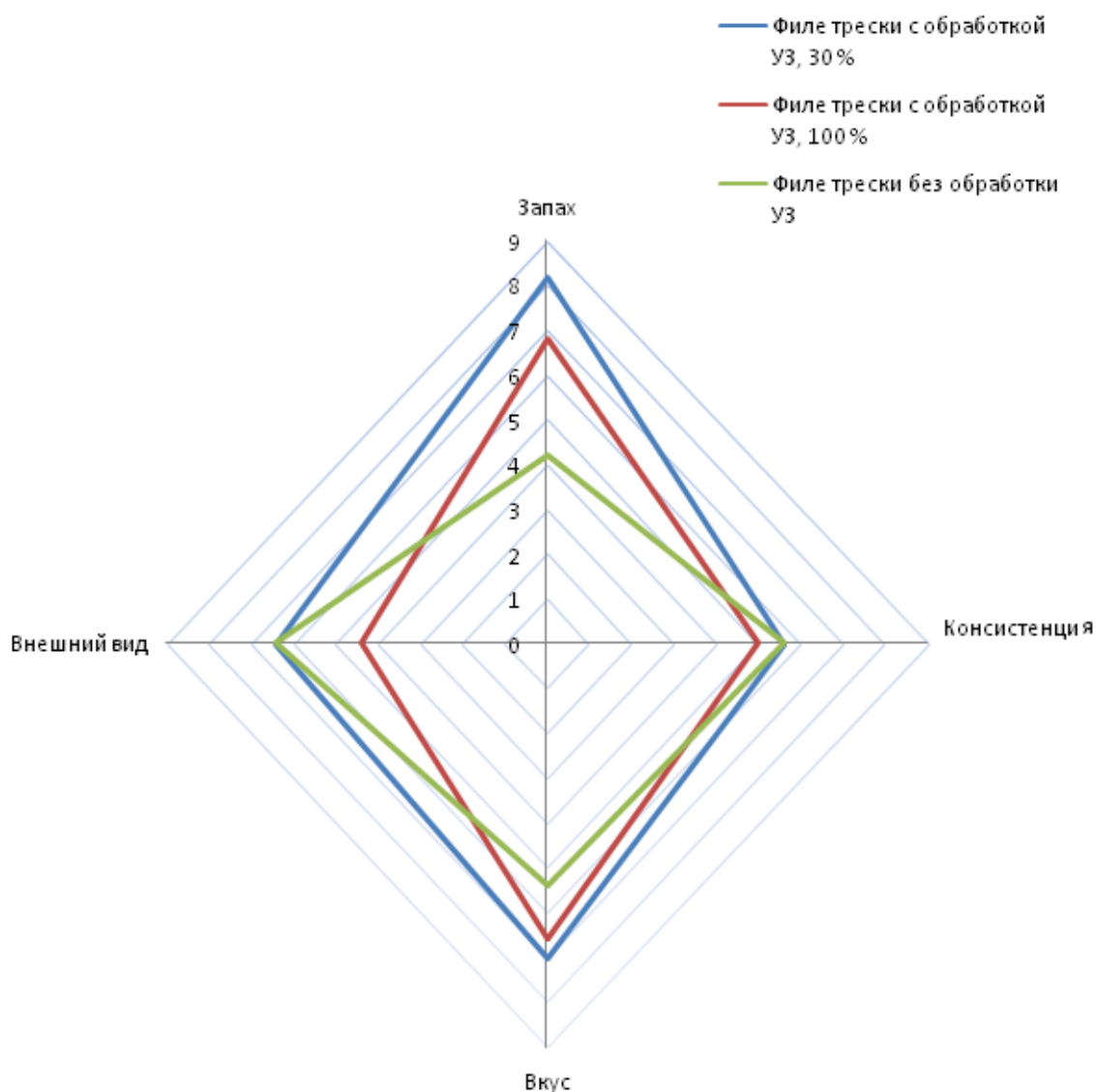


Рис. 8. Органолептический профиль обжаренного рыбного филе трески

Литература:

1. Антипова Л.В. Расширение ассортимента рыбных продуктов // Рыбное хозяйство. 2002. №2. С. 52-55.
2. Шевченко В.В., Асфондьярова И.В., Веселов Н.В. Научные основы разработки продуктов из гидробионтов: учебное пособие / под ред. Хазовой Л.М. Санкт-Петербург, 2013. 84 с.
3. Асфондьярова И.В., Шевченко В.В. Повышение пищевой ценности комбинированной рыбоморепродукции функционального назначения // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2014. №1. С. 78-82.
4. Большаков О.В. Российская отраслевая наука: современные холодильные технологии и решение проблемы здорового питания // Холодильная техника. 2002. №5. С. 4-6.
5. Евелева В.В., Колодязная В.С., Демченко В.А. Инновационные пищевые добавки в производстве пресервов из замороженных морских рыб // Пищевая промышленность. 2013. №2. С. 22-23.

6. Инновационные технологии в пищевой промышленности // Сборник материалов международной научно-технической интернет-конференции / Куб. гос. технол. ун-т. Краснодар: Экоинвест, 2011. 128 с.

7. Козырев А. Современные тенденции на рынке рыбопродуктов // Пищевая промышленность. 2002. №2. С. 42-43.

8. Колодязная В.С., Демченко В.А. Влияние комплексных лактатсодержащих пищевых добавок на процесс созревания и хранения рыбных пресервов и замороженных морских рыб // Рыбная промышленность. 2010. №4. С. 49.

9. Маслова Г.В. Инновационные технологии переработки объектов рыбного промысла // Пищевая промышленность. 2004. №4. С. 28-29.

10. Николаенко О.А., Шокина Ю.В., Волченко В.И. Методы исследования рыбы и рыбных продуктов: учебное пособие. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2011. 176 с.

11. Пищевая инженерия: справочник с примерами расчетов / пер. с англ. под общ. ред. Ишевского А.Л. Санкт-Петербург: Профессия, 2004. 845 с.

12. Прогрессивные технологические процессы обработки рыбы и морепродуктов: межвузовский сборник научных трудов / под ред. Ю.А. Фатыхова. Калининград: КГТУ. 2002. 109 с.

13. Пищевая химия: учебник / под ред. А.П. Нечаева. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2007. 640 с.

14. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности / В.Н. Хмелев [и др.]. Бийск: Алт. гос. техн. ун-т, 2010. 203 с.

15. Технология рыбы и рыбных продуктов / под ред. А.М. Ершова. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2006. 941 с.

Literature:

1. Antipova L.V. Expansion of fish products assortment // *Fish industry*. 2002. №2. P. 52-55.

2. Shevchenko V.V., Asfondyarova I.V., Veselov N.V. *Scientific foundations of the development of products from hydrobionts: a textbook* / ed. by Khazova L.M. St. Petersburg, 2013. 84 p.

3. Asfondyarova I.V., Shevchenko V.V. Increase of nutritional value of combined fish products of functional purpose // *Problems of Economics and Management in Trade and Industry*. 2014. No. 1. P. 78-82.

4. Bolshakov O.V. Russian branch science: modern refrigeration technologies and solution of the problem of healthy nutrition // *Refrigeration engineering*. 2002. №5. P. 4-6.

5. Eveleva V.V., Kolodyznaya V.S., Demchenko V.A. Innovative food additives in the production of preserves from frozen marine fish // *Food Industry*. 2013. № 2. P. 22-23.

6. *Innovative technologies in food industry* // *Collected materials of the international scientific and technical Internet conference* / *Kuban state technol. univ. Krasnodar: Ecoinvest*, 2011. 128 p.

7. Kozыrev A. Current trends in the market of fish products // *Food industry*. 2002. № 2. P. 42-43.

8. Kolodyaznaya V.S., Demchenko V.A. *Influence of complex lactate-containing food additives on the process of maturation and storage of fish preserves and frozen sea fish // Fishery industry. 2010. № 4. P. 49.*

9. Maslova G.V. *Innovative technologies of fishing objects processing // Food industry. 2004. № 4. P. 28-29.*

10. Nikolaenko O.A., Shokina Yu.V., Volchenko V.I. *Methods of studying fish and fish products: a textbook. St. Petersburg: GIOR, 2011. 176 p.*

11. *Food Engineering: a handbook with examples of calculations / trans. from English under A. L. Ishevsky's ed. St. Petersburg: Profession, 2004. 845 p.*

12. *Progressive technological processes of processing fish and seafood: interuniversity collection of scientific papers / ed. by Yu.A. Fatykhova. Kaliningrad: KSTU. 2002. 109 p.*

13. *Food Chemistry: a textbook / ed. by A.P. Nechaev. St. Petersburg: GIOR, 2007. 640 p.*

14. *Application of high intensity ultrasound in industry / V.N. Khmelev [and others]. Biysk: Alt. state tech. univ., 2010. 203 p.*

15. *Technology of fish and fish products / Ed.by A.M. Ershov. St. Petersburg: GIOR, 2006. 941 p.*