



ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОСОЛА РЫБЫ В ПОЛЕ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

В. П. СЛАБЯК,

аспирант,

Л. А. МИНУХИН,

доктор технических наук, профессор, Уральский государственный аграрный университет

(620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42; тел.: 8 (343) 371-33-63)

Ключевые слова: повышение эффективности, посол рыбы, способ посола, соленость, интенсификация, вибростимуляция, рыбное сырье, образец рыбы, механические колебания.

В статье приведены результаты экспериментального изучения процесса посола рыбы, которые сопоставлены по эффективности с известными современными способами проведения этой операции. В работе использован известный в других приложениях способ посола рыбы с использованием механических колебаний как средства интенсификации процесса. В качестве объекта исследования использовались наиболее распространенные на практике сорта рыбы: горбуша и скумбрия. В процессе исследования изучалась кинетика процесса, скорость посола. Механические колебания создавались путем вращения масс толкателей, установленного на валах с эксцентриситетом. Амплитуда создаваемых в опытах колебаний составляла $A = 5$ мм, частота колебаний $f = 25$ Гц. В качестве рассола, используемого для посола рыбы, применялся раствор поваренной соли. Концентрация соли в растворе соответствовала значению, применяемому на практике, и составляла 9,5–10 % по массе. Концентрация соли в рыбе во время обработки изменялась от значения характерного для естественной солёности рыбы ($C_{\text{нач}} = 2,6\text{--}2,7$ % по массе). Конечная концентрация образцов рыбы соответствующая условиям готового продукта для малосолёной — $C = 4,5$ %, а также стандартной солёности — $C = 9$ %, по ГОСТу 7448-2006 (ГОСТ 16081-70) и ГОСТу 16080-2002. Результаты зависимостей солёностей рыбы от времени посола процесса посола представлены в работе в полулогарифмических координатах, позволяющих представить кинетику процесса в удобном графическом виде. Результаты исследований могут быть использованы для получения практической рекомендации проведения посола рыбы в промышленных условиях.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF SALTING FISH IN A FIELD OF MECHANICAL VIBRATIONS

V. P. SLABYAK,

postgraduate student,

L. A. MINUKHIN,

doctor of technical sciences, professor, Ural State Agricultural University

(42 K. Libknehta Str., 620075, Ekaterinburg; tel: +7 (343) 371-33-63)

Keywords: improving the efficiency, salting fish, salting method, salinity, intensification, vibratory stimulation, fish raw materials, sample fish, mechanical vibrations.

This article presents the results of an experimental study of the process of salting fish that are associated with the known in effectiveness of current methods of operation. In this paper is used, known in other applications, the method of salting fish using mechanical vibrations, as a means of process intensification. Pink salmon and mackerel as object of research were used, the most common in practice, varieties of fish. The kinetics of the process and the rate of salting investigated in during the research. Mechanical vibrations were created by rotating of the masses of pushers mounted on shafts with eccentricity. The amplitude of the oscillations created in the experiments amounted — $A = 5$ mm, oscillation frequency — $f = 25$ Hz. As brine that is used for salting fish, use a solution of common salt. The salt concentration in the solution corresponded to the value used in practice, and is 9.5–10 % by weight. The salt concentration in the fish during processing varied between values of the characteristic for natural salinity fish ($C_0 = 2.6\text{--}2.7$ % by weight). The final concentration of fish samples corresponding to the conditions of the finished product for salted — $C = 4.5$ %, and the standard salinity — $C = 9$ %, according to StSt 7448-2006 (StSt 16081-70) and StSt 16080-2002. The results of dependencies salted fish from the time of the process of salting are presented in a semi-logarithmic coordinates, allowing presenting the kinetics of the process in a convenient graphical form. The research results can be used to provide practical recommendations of salted fish in an industrial environment.

Положительная рецензия представлена Г. Б. Пищиковым, доктором технических наук, профессором Уральского государственного экономического университета.



Посол рыбы и других продуктов, в частности мясного сырья, используется человеком издавна для сохранения и надления продукта определенными органолептическими свойствами. Однако существующие методы посола требуют значительного времени на проведении этой операции [1]. Одним из возможных методов интенсификации этой технологической операции является способ наложения поля механических колебаний, примененных для посола мясных продуктов [1, 2]. Сведений о применении этого способа для посола рыбы недостаточно, что потребовало проведение специальных исследований. Результаты таких исследований изложены в настоящей работе. Результаты этой работы.

Таким образом, целью исследований, изложенных в данной работе, стало изучение влияния механических колебаний на улучшение качественных показателей процесса посола рыбы, а именно на распределение посолочных ингредиентов по всей ее массе.

В задачи исследования входили:

- проведение экспериментальных исследований в лабораторной установке;
- анализ распределения посолочных ингредиентов по всей массе рыбного продукта;
- анализ и сравнение качества обработанного рыбного продукта при посоле в поле механических колебаний, с другими способами интенсификации.

Для проведения исследований использовали лабораторный комплекс (рис. 1), созданный специально для изучения влияния механических колебаний на массо- и теплообменные процессы, размещенный в лаборатории кафедры пищевой инженерии аграрного производства.

В данном исследовании базовым параметром для оценки качества посола использовали показатель концентрации посолочных веществ в объеме продукта. В качестве основного сырья для исследований

изменения концентрации соли была выбрана горбуша и скумбрия.

Для сравнения данные современных исследований по массообмену при посоле рыбы сопоставлены с результатами, полученными в настоящей работе на установке (рис. 1).

Установка включает в себя: 1 — двигатель; 2 — основание; 3, 4, 5 — зубчатые колеса; 6 — дебалансер; 7 — пружина; 8 — рабочая емкость с раствором; 9 — подвешенный образец рыбы; 10 — лежащий на дне образец рыбы. Основной принцип работы в создании механических колебаний посредством вращения масс толкателей, установленных на валах с эксцентриситетом. Установка работает следующим образом: солевой раствор и исследуемый образец для исследования процесса загружаются в рабочую емкость 8, закрывается сверху крышкой и ставится на основание. Затем аппарат подключается к электрической сети 220 В с помощью вилки, и на шнуре включаем переключатель. На пульте управления задаем требуемые рабочие параметры для процесса.

В процессе испытания определялась концентрация рассола и концентрация в различных точках образца рыбы и изменение названных параметров интервалом от 10 до 25 мин. Измерение концентрации проводилось методом замера солемером, эти измерения повторялись пятикратно, интервал составлял 5 мин.

Методика исследований.

Для определения содержания количества соли в образцах был использован солемер в совокупности с аргентометрическим способом.

Цифровой портативный солемер TDS-3 с диапазоном измерений: 0–9990 ppm (мг/л) или соответственно 0–9,99 г/л. Калибровка устройства проводилась с использованием NaCl 342 ppm раствора и отвертки. Для проведения измерения навеску рыбы измельчали вручную.

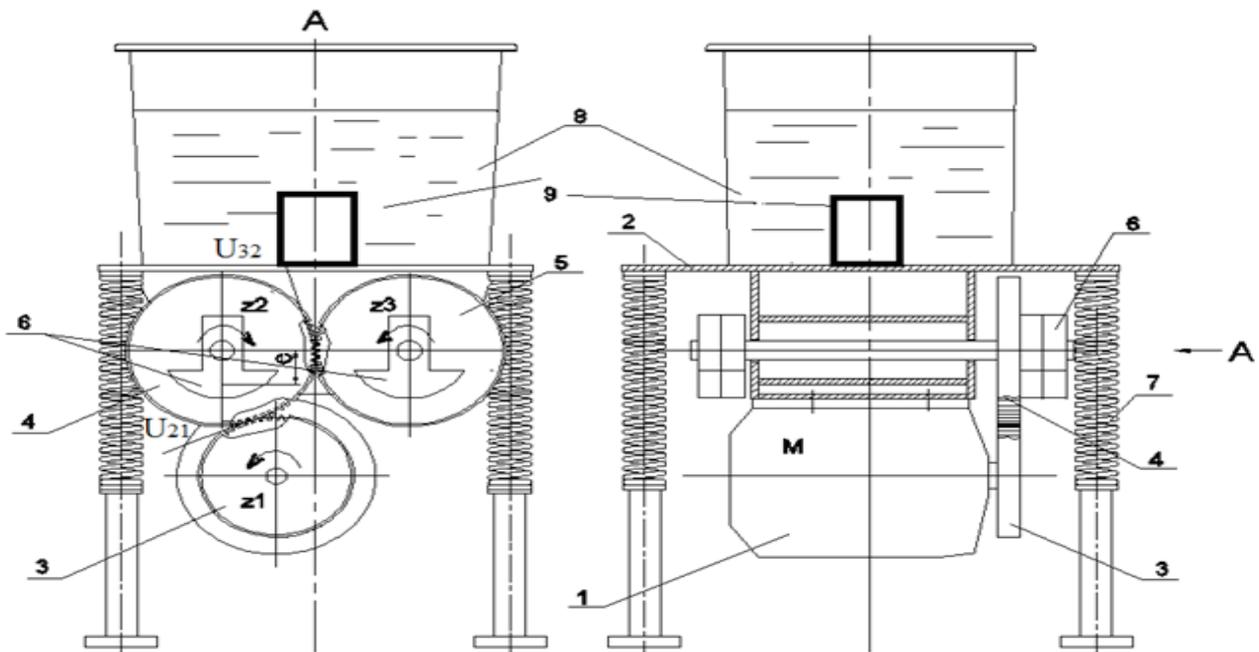


Рисунок 1
Лабораторная установка для изучения механических колебаний на скорость посола рыбы: 1 — двигатель; 2 — основание; 3, 4, 5 — зубчатые колеса; 6 — дебалансер; 7 — пружинка; 8 — рабочая емкость с раствором; 9 — образец рыбы

Исходный раствор соли (искусственный тузлук) готовился путем добавления NaCl в воду из расчета получения 10 %-го раствора. Такая концентрация является обычно используемой на практике. Полагают [8], что раствор более 10 % превышает критический показатель солености, и может приводить к частичному разрушению структуры белка.

Процент содержания соли в растворе, то есть степень солености, определяем из соотношения (1), затем проверяем по показанию солемера:

$$\frac{V_{м2}}{V_{л}} = \frac{X_{м2}}{X_{л}}, \quad (1)$$

где $V_{л}$, $V_{м2}$ — объем жидкости на литр раствора и требуемый, л;

$X_{л}$, $X_{м2}$ — количество соли на литр жидкости и на требуемый объем, г.

Опыты проводились в лаборатории кафедры ПИАП, инженерного факультета УРГАУ, на лабораторной вибрационной установке, основу которой составляла вибрационная машина марки ЯЗ-ФМС-8, изготавливаемая предприятием ООО ФПК СПКБ «УРАЛМЯСОМАШ».

В процессе посола соль проникает в ткани рыбы под влиянием таких физических и химических факторов, как диффузия, осмос и весьма сложные биохимические процессы, связанные с изменением в первую очередь белка. Продвижение растворенного вещества от участков с большей концентрацией поваренной соли происходит по общим законам массообменных процессов, под влиянием осмотического давления на полупроницаемую мембрану (клеточную оболочку) клеток, из которых состоит рыба. Частицы соли проникают в межклеточную жидкость, проходя поверхностный слой мяса с кожей, повышая концентрацию соли в межклеточной жидкости, а затем через стенки клеток, из которых состоит мясо рыбы, соль, проникает в клетки. Сам процесс посола диффузией продолжается до выравнивания солености мяса рыбы и солевого раствора. Механические колебания, наложенные на эту систему, по-видимому, могут интенсифицировать процесс массопереноса соли.

Условия эксперимента были следующими: образцы горбуши и скумбрии, соответствующие ГОСТу 814-96 и предназначенные для посола, как лабораторный материал, были взяты в качестве образцов для исследований соответственно ГОСТу 7631-85. Образцы рыбы представляли собой форму стейка. Параметры механических колебаний взяты соответственно рекомендациям [1].

Образцы горбуши и скумбрии во время экспериментов размещались свободно на днище емкости и заливались рассолом. Вся система «раствор — образец» подвергалась воздействию колебаний с частотой $f = 25$ Гц и амплитудой $A = 5$ мм. Измерения солености рыбы проводились в условиях, когда механические колебания емкости с рассолом отсутствовали и тогда, когда использовались. При этом измерения концентрации проводили с интервалом 5 мин. Одновременно измерение солености образцов проводилось аргентометрическим методом в лаборатории организации Черкашин и партнеры, по ГОСТу 7636-85.

Продолжительность воздействия вибрации на процесс в опытах составляла 25 мин, затем емкость убирается с установки. Далее рыба досаливается традиционным способом до требуемого времени и концентрации. Проведение выбранного режима исследований более 25 мин не приводит к существенному изменению солености, лишь способствуя серьезным разрушениям целостности и структуры тканей образцов. При построении графиков на основе полученных экспериментальных данных недостающие данные были найдены методом интерполяции.

Полученные данные сопоставлялись с данными, характерными для посола рыбы другими известными способами, а именно электрохимическим [2], электрическим [3], низкотемпературным [4] и посолом с использованием газообразной среды [5].

Электрохимический метод [2] состоит в первичной обработке рыбы электрохимически активированной водой, анолитом с pH 2,2–2,4. Затем, сам посол рыбы проводят в насыщенном активированном тузлуке с pH 9,5–9,8, плотностью 1,20 г/см³, получаемом растворением поваренной соли в католите с pH 10,5–11,0 — одной из фракций электрохимически активированной питьевой воды. При оптимальном соотношении — активированный тузлук — рыба — 2 : 1 [2, 7]. Известно, что этот метод интенсифицирует процесс посола, но в какой-то мере ухудшает качество соленого полуфабриката за счет нагревания тузлука при прохождении через него электрического тока. При таком посоле создается больший градиент концентрации поваренной соли в системе «рыба — рассол — соль», чем при посоле рыбы в неактивированном тузлуке — за счет наличия значительной разности значений окислительно-восстановительного потенциала — его и сырья. Тенденция такой системы в выравнивании этого потенциала равномерно по объему, что и вызывает диффузионный перенос соли [2]. Кинетика этого способа посола рыбы представлена на графиках (рис. 2), где показано изменение содержания поваренной соли в процессе посола. Оптимальный срок при таком способе посола в стационарном режиме — 48 ч, при достижении наименьшей обсемененности сырья [2, 6].

Электрический метод [3] заключается в предварительном воздействии электрическим током на рыбное сырье — от нескольких секунд до 1,5 мин, что позволяет исключить негативные химические реакции в приэлектродных областях с участием ионов соли. В то же время он позволяет значительно сократить длительность процесса посола [3].

В процессе воздействия электрическим током на свежее или дефростированное рыбное сырье по предлагаемому способу, происходит изменение структуры мышечных тканей рыб за счет разрушения клеточных мембран. При этом в тканях образуются локальные области иной структуры. В процессе посола их присутствие позволяет легче и быстрее проходить ионам хлора Cl⁻ и натрия Na⁺ по тканям рыб. Таким образом, процесс просаливания рыбного сырья ускоряется, причем независимо от применяемой далее технологической схемы посола [3].

Кинетика электрического метода посола представлена на рис. 3, где показаны кривые изменения средней солености скумбрии при посоле.



Таблица 1
Физико-химические показатели горбуши, посоленной с использованием фосфатов

Номер опыта	Количество внесенных в солевой раствор фосфатов, % от массы рыбы	Содержание соли в мясе рыбы после инъецирования, %	Количество вытекшей из мяса горбуши влаги, % от массы рыбы
1	0,2	3	9,3
2	5	3,8	7,4
3	нет	2,6	12,5

Таблица 2
Экспериментальные данные при посоле в газообразной среде под давлением

Номер опыта	Время посола	Давление, МПа	Конц. соли в п/ф, %	Органолептический показатель			
				запах	цвет	вкус	общий
1	18 мин	4	4	4,2	4,1	4,0	4,1
2	16 мин	5	5	4,2	4,2	4,5	4,3
3	15 мин	6	4	4,2	4,2	4,1	4,16
4	1 сутки	–	6	4,2	4,2	4,3	4,23

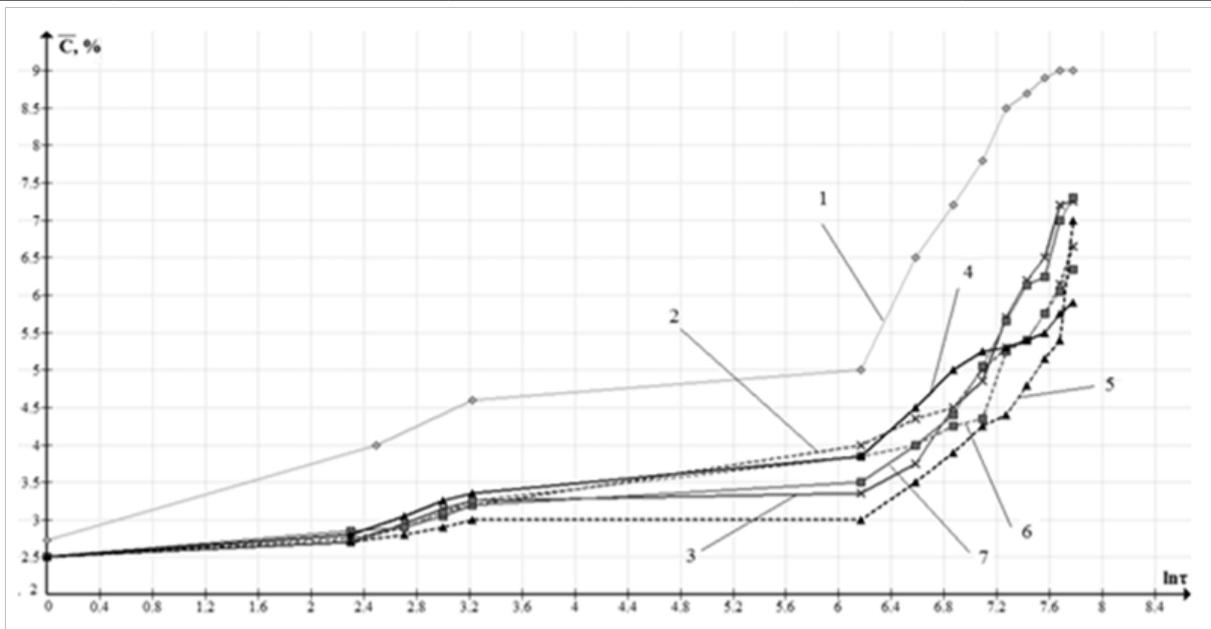


Рисунок 2
Изменение средней солёности при посоле горбуши под электро- и вибростимуляцией: 1 — при вибростимуляции раствора и образца; 2 — электростимуляция до сухого посола; 3 — электрохимическая стимуляция при посоле; 4 — мокрый посол без электростимуляции; 5 — электростимуляция до мокрого посола; 6 — сухой посол; 7 — электростимуляция до посола в насыщенном растворе

Низкотемпературный способ посола горбуши [4] включает инъецирование филе-кусков насыщенным солевым раствором в количестве 15 % от массы рыбы с внесением натрия фосфорнокислого трехзамещенного в количестве 0,2 % от массы рыбы, с последующей заморозкой. Это позволяет совместить процессы посола, замораживания, холодильного хранения и размораживания, что заметно сокращает продолжительность технологического процесса (табл. 1).

Способ посола рыбы в насыщенном тузлуке [5] осуществляется в среде газообразным CO₂, N₂ или Ar в течение 15–18 мин под давлением P = 4–6 МПа с последующим выравниванием солёности отмачиванием. На основании экспериментальных данных было выявлено, что продолжительность процесса сокращается с 1–1,5 суток до 15–18 мин, при этом практически остановить окислительные и микробиологические процессы (табл. 2) [5].

На рис. 2, изменение графика 1 — солёности вибростимуляцией образца рыбы при посоле, прямо свидетельствует о существенной разнице в эффективности данного метода в отличие от остальных. Так, уже после суток проведения процесса посола с помощью вибростимуляции, при резком подъеме в 5 % на момент 480 мин или 8 ч, достигла концентрации более 9 %. В это же время другие едва набрали 7,5 %.

Из рис. 3, графиков изменения средней солёности разных рыб, при одинаковых условиях экспериментальных исследований, очевидно, что характер изменения солёности в целом подобен, несмотря на биохимические различия между отдельными видами рыб. Это говорит об эффективности и универсальности применения вибрации.

Выводы.

Таким образом, установлено, что наложение механических колебаний на процесс посола позволяет

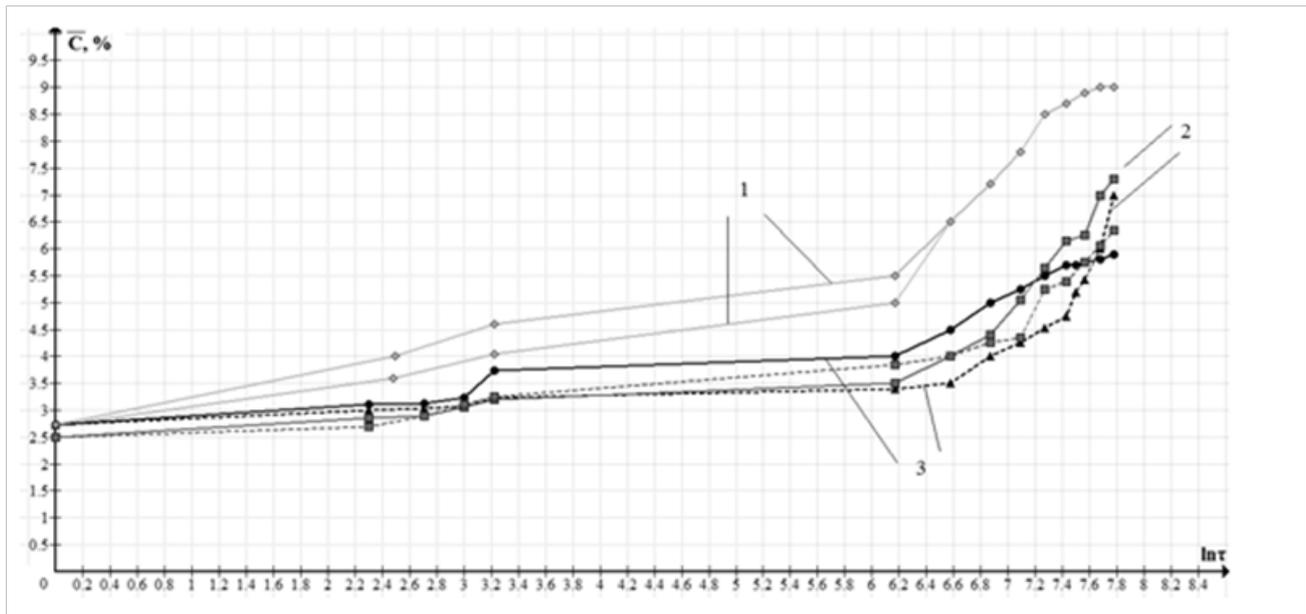


Рисунок 3

Изменение средней солёности при посоле скумбрии и горбуши под электро- и вибростимуляцией: 1 — при вибростимуляции раствора и образца; 2 — электростимуляция до посола в насыщенном растворе; 3 — сухой посол

сократить его продолжительность приблизительно в 1,5 раза, по сравнению с другими рассмотренными в настоящей статье способами. При этом показано, что наиболее интенсивное ускорение происходит на первом этапе. Так, за первые 15 мин интенсивного посола достигается концентрация, отличающаяся от требуемой по ГОСТу 7448-2006 значения не более чем на 15 % по малосольной рыбе, при достижении критической концентрации порядка 10 % [8].

Проведены экспериментальные исследования в лабораторной установке, а именно анализ распределения посолочных ингредиентов по всей массе рыбного продукта, а также сравнение качества обработанного рыбного продукта при посоле в поле механических колебаний, с другими способами интенсификации, что выражает целесообразность дальнейших исследований по данной теме.

Литература

1. Лимонов Г. Е. Научные основы интенсификации и оптимизации тепломассообменных процессов мясной промышленности с использованием вибрации : автореф. дис. ... д-ра тех. наук. М., 1990. 359 с.
2. Патент РФ № 2302739 // Портал патентов. [Электронный ресурс]. URL : <http://www.findpatent.ru/patent/230/2302739.html>.
3. Патент РФ № 2210214 // Портал патентов. [Электронный ресурс]. URL : <http://www.findpatent.ru/patent/221/2210214.html>.
4. Благодравова М. В. Использование фосфатов технологии низкотемпературного посола горбуши // Научная электронная библиотека. [Электронный ресурс]. URL : <http://www.cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-fosfatov-tehnologii-nizkotemperaturnogo-posola-gorbushi>.
5. Патент РФ № 2165147 // Портал патентов. [Электронный ресурс]. URL : <http://www.findpatent.ru/patent/216/2165147.html>.
6. Борисенко Л. А., Бедина Л. Ф., Борисенко А. А. Влияние активированного тузлука на процесс посола рыбного сырья : сб. науч. статей. Т. 2. Астрахань, 2005.
7. Прилуцкий В. И., Бахир В. М. Электрохимически активированная вода : аномальные свойства, механизм биологического действия. М., 1995.
8. Уитон Ф. В., Лоусон Т. Б. Обработка водных пищевых продуктов. Нью-Йорк : Уайли, 1985. С. 273–327.

References

1. Limonov G. E. Scientific basis for intensification and optimizing heat and mass transfer of processes meat industry with vibration : author. dis. ... dr. of tech. sc. M., 1990. 359 p.
2. Russian Federation Patent № 2302739 // Portal Patents. [Electronic resource]. URL : <http://www.findpatent.ru/patent/230/2302739.html>.
3. Russian Federation Patent № 2210214 // Portal Patents. [Electronic resource]. URL : <http://www.findpatent.ru/patent/221/2210214.html>.
4. Blagonravova M. V. Using the technology of low-temperature phosphates salting pink salmon // Scientific Electronic Library. [Electronic resource]. URL : <http://www.cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-fosfatov-tehnologii-nizkotemperaturnogo-posola-gorbush>.
5. Russian Federation Patent № 2165147 // Portal Patents. [Electronic resource]. URL : <http://www.findpatent.ru/patent/216/2165147.html>.
6. Borisenko L. A., Bedin L. F., Borisenko A. A. Effect of activated brine salting process raw fish : collected articles. Vol. 2. Astrakhan, 2005.
7. Prilutsky V. I., Bahir V. M. Electrochemically activated water : anomalous properties, mechanism of biological action. M., 1995.
8. Wheaton F. W., Lawson T. B. Processing Aquatic Food Products. New York : Wiley, 1985. P. 273–327.