



ВЛИЯНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ ФАЗ НА ПРОЦЕСС ПОСОЛА РЫБЫ В ПОЛЕ ВИБРАЦИИ

В. П. СЛАБЯК,
аспирант,
Л. А. МИНУХИН,
доктор технических наук, профессор,
Уральский государственный аграрный университет
(620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42)

Ключевые слова: повышение эффективности, посол рыбы, режим посола, соленость, вибростимуляция, интенсификация, образец рыбы, механические колебания, кинетика процесса, внешний массообмен.

В данной работе приведены экспериментальные данные исследования, характеризующего влияние относительного движения рассола и рыбы на процесс посола, в условиях воздействия на него механических колебаний, задачей которого был поиск оптимального режима и условий ведения процесса. Известно, что процесс посола существенно интенсифицируется под воздействием механических колебаний. Ведение процесса посола в традиционном и интенсивном виде известно лишь в таком взаимодействии рассола и рыбы, при котором на границе их раздела нет относительной скорости движения. Также известна определяющая роль внешнего массообмена. Однако можно создать условия движения на границе взаимодействия фаз, которые приведут к возникновению относительной скорости движения, таким образом обеспечивая повышение эффективности воздействия колебаний. Горбуша принята в качестве объекта исследования как широко распространенная на практике. Поле механических колебаний создавалось вращением масс дебалансеров, закрепленных на валах с эксцентриситетом. Колебания от вибростенда установки передаются посредством пружин на устройство емкости, где за счет разницы жесткости пружинных амортизаторов продукту обеспечивается свой относительный режим колебаний, что создает значительную относительную скорость на границе «рассол – продукт». Впоследствии сведения, полученные в результате исследования, были сопоставлены с данными других исследований, при которых относительная скорость либо отсутствовала, либо была незначительной. Таким образом, было обнаружено, что когда рыба и рассол в процессе посола имеют свою частоту колебаний, процесс посола проходит наиболее эффективно. Полученные данные свидетельствуют о большей диффузии частиц соли в толщу рыбы за короткий период, при этом достигается равномерная соленость при очевидном сокращении времени посола рыбы. Результаты исследований могут быть использованы для разработки практических рекомендаций проведения посола рыбы в промышленных условиях.

INFLUENCE OF THE RELATIVE VELOCITY OF PHASES IN THE PROCESS OF SALTING FISH IN THE FIELD OF VIBRATION

V. P. SLABYAK,
graduate student,
L. A. MINUKHIN,
doctor of technical sciences, professor,
Ural State Agrarian University
(42 K. Liebknehta Str., 620075, Ekaterinburg)

Keywords: improving the efficiency, salting of fish, salting mode, salinity, vibratory stimulation, intensification, sample fish, mechanical vibrations, kinetics of the process, external mass transfer.

This paper presents experimental research data characterizing the effect of the relative motion of the brine and fish on process of salting, in conditions of exposure to mechanical vibrations, whose task was to find the optimal mode and conditions of the process. It is known, that the process of salting significantly intensified under the influence of mechanical vibrations. Conducting the process of salting, intensive and traditional form, known only in the interaction of brine and fish, wherein at their interface is not the relative speed of movement. Also leading role of the external mass transfer known. However, it is possible to create the conditions of movement on the interaction boundary phases, which will cause a relative speed, thus providing improving the efficiency of impact vibrations. Pink salmon taken as object of research as the most common in practice. Mechanical vibrations caused by the rotation of the masses of pushers, which are fixed on the shafts with eccentricity. Vibrations from the stand installation transmitted by springs on the tank unit, where due to the difference dampers product provides a relative mode of vibration, which creates a significant relative speed at the border “pickle – product”. Subsequently, the data obtained from the study were compared with data from other studies, in which the relative speed of either unavailable or has been negligible. Thus, it has been found that in a state where the fish and the brine during salting had their oscillation frequency, the salting process takes place most efficiently. The obtained data indicate a high diffusion of salt particles into the interior of fish in a short period of time, while achieving uniform salinity, with the obvious reduction of the process time salted fish. The research results can be used to produce the practical recommendations to holding salting fish in an industrial environment.

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

Известно, что процесс посола значительно интенсифицируется под воздействием механических колебаний [1–6]. Процесс посола в традиционных и интенсивных формах осуществляется лишь в виде взаимодействия рассола и рыбы, при котором на границе их раздела нет относительной скорости движения. Также известна определяющая роль внешнего массообмена [3]. Однако создание таких условий движения фаз, чтобы на границе их взаимодействия возникла значительная относительная скорость, может способствовать повышению эффективности воздействия колебаний на процесс посола рыбы. Решение этого вопроса позволило бы обоснованно конструировать оборудование для посола рыбы.

Цель и методика исследований. Цель исследований – изучение влияния относительной скорости движения рассола и рыбы на процесс посола.

В задачи исследования входило: проведение экспериментальных исследований на лабораторной установке; сравнение разных режимов относительного взаимодействия участвующих в процессе посола фаз и влияния их на внешний массообмен.

Для проведения исследований использовали лабораторный комплекс (рис. 1), созданный специально для изучения влияния механических колебаний на массообменные процессы, размещенный в лаборатории кафедры пищевой инженерии аграрного производства. Для осуществления различных форм относительного движения сред на границе рассола и рыбы этот комплекс был доработан. В данном исследовании в качестве базового параметра для оценки качества посола использовался показатель концентрации посолочных веществ в объеме продукта. Основным сырьем для исследований была выбрана горбуша. Для сравнения данные исследований в статьях по массообмену [2, 3] при посоле рыбы сопоставлены с результатами, полученными в настоящей работе на установке (рис. 1).

Установка включает следующее: 1 – двигатель; 2 – основание; 3, 4, 5 – зубчатые колеса; 6 – дебалансер; 7 – пружина; 8 – рабочая емкость с раствором; 9 – образец рыбы, связанный с рассолом; 10 – образец рыбы, подвешенный относительно рассола; 11 – образец рыбы, связанный с основанием относительно рассола; 12 – дополнительное основание для образца рыбы. Основной принцип работы состоит 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, она закрывается сверху крышкой и ставится на основание. Затем аппарат подключается к сети. На пульте управления задаются требуемые рабочие параметры для ведения процесса.

В испытании определялось изменение концентрации соли в различных точках образца рыбы за интервал времени от 10 до 25 мин. Если разделить продукт и рассол в емкости любым устройством, изменяющим частоту колебаний одного из названных элементов, то режимы колебаний продукта и самого рассола окажутся разными, что обеспечит в этом случае различные режимы колебаний продукта и рассола.

Исследование проводилось в четырех режимах относительного движения рассола и рыбы в процессе посола, а именно, когда:

- относительная скорость отсутствует, т. е. образец рыбы погружен в рассол и тем самым связан с ним;
- образец рыбы подвешен относительно движения рассола;
- образец рыбы связан с основанием вибростола относительно неподвижной емкости с рассолом;
- образец рыбы закреплен жестко с дополнительным основанием на амортизаторах в емкости с рассолом. Измерение концентрации проводилось методом замера солемером, эти измерения повторялись пятикратно, интервал составлял 5 мин.

Уравнение массопередачи [3, 7] при внешнем массообмене имеет вид (1):

$$j_1 = \beta_{\text{внеш}} (C_p - C_{\text{пов}}), \quad (1)$$

где $\beta_{\text{внеш}}$ – коэффициент массоотдачи при внешнем массообмене, м/с; C_p – концентрация соли в растворе, кг/м³; $C_{\text{пов}}$ – концентрация соли на поверхности продукта, кг/м³.

Общий коэффициент массопередачи процесса посола K_m (2), пренебрегая скоростью его на границе раздела «рассол – продукт», записываем в следующей форме:

$$K_m = \frac{1}{\frac{1}{\beta_{\text{внеш}}} + \frac{1}{\beta_{\text{внут}}}}. \quad (2)$$

Если в серии опытов создать такие условия, когда интенсивность относительного движения на границе «рассол – рыба» будут различными (например, когда относительная скорость движения фаз мала, и наоборот, когда она значительна), то сопоставление полученных результатов, несомненно, выявит режим движения фаз, обеспечение которого в максимальной степени интенсифицирует процесс посола.

Для этого скорость посола определялась в серии опытов, когда рассолу и продукту (т. е. образцу рыбы) обеспечивалась своя частота колебаний (движение). Затем полученные данные сравнивались с известными данными.

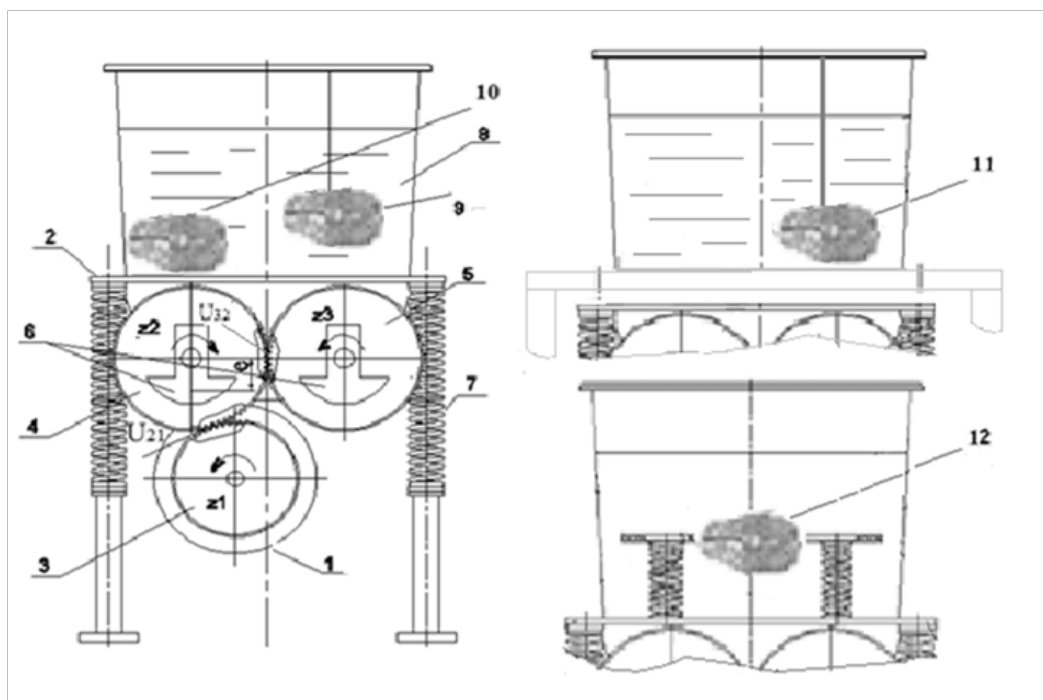


Рис. 1. Лабораторная установка для исследования влияния относительной скорости движения сред на процесс посола рыбы: 1 – двигатель; 2 – основание; 3, 4, 5 – зубчатые колеса; 6 – дебалансер; 7 – пружина; 8 – рабочая емкость с раствором; 9, 10, 11, 12 – образец рыбы, соответственно связанный с рассолом, подвешенный относительно рассола, связанный с основанием относительно рассола и с дополнительным основанием

Fig. 1. Laboratory installation for investigating the influence of the relative velocities of the media on the process of salting fish: 1 – engine; 2 – base; 3, 4, 5 – toothed wheel; 6 – debalancer; 7 – spring; 8 – working capacity with a solution; 9, 10, 11, 12 – sample of fish, respectively associated with the brine, suspended relative to the brine, associated with the base relative to the brine and to the auxiliary base

Схема размещения продукта в рассоле для сравниваемых серий опытов представлена на рис. 1. Имеются четыре режима размещения продукта в рассоле, обеспечивающих их относительное движение. В первом режиме (рис. 2а) продукт и солесодержащая емкость были связаны между собой (продукт располагался непосредственно на днище емкости). В этом случае относительная скорость движения поверхности раздела рыбы и рассола в емкости практически равна нулю. Во втором режиме (рис. 2б) продукт погружался в емкость и не был связан непосредственно с ней. Таким образом, воздействию колебаний подвергалась только емкость с рассолом, а продукт при этом был неподвижен. В третьем режиме (рис. 2в), напротив, емкость устанавливалась независимо от колебательной системы, в то же время рыбе обеспечивалось движение в емкости относительно рассола. В четвертом режиме (рис. 2г) продукту обеспечивался режим движения относительно движения рассола в емкости, с помощью дополнительного устройства основания в емкости, за счет разного режима колебаний. При этом относительная скорость движения продукта и рассола на границах их раздела была максимальной и, как можно полагать, равной скорости перемещающейся при наложении поля колебаний жидкости.

На рис. 3 показана схема скоростей режима колебаний при относительном движении рассола и рыбы.

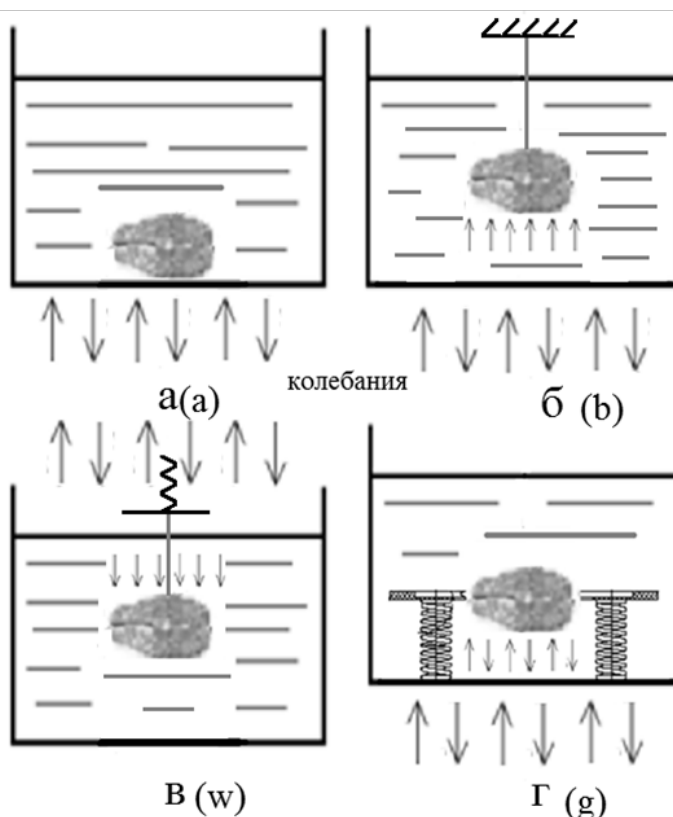


Рис. 2. Схема режимов колебаний продукта и рассола. Режимы колебаний: а – одинаковый; б – при движении только емкости; в – при движении только образца; г – различающийся

Fig. 2. Scheme of vibration modes of the product and the brine. Modes of vibration: a – uniform; b – when driving only container; w – when driving only the sample; g – different



По схеме, представленной на рис. 3, определяется скорость движения колебаний продукта или относительная скорость движения $v_{np} = v_{отн}$ (3):

$$v_{np} = v_p - v_{B2}, \quad (3)$$

где v_p – скорость колебаний рассола, равная скорости колебаний пружин вибростол – $v_{B1} = v_p$, м/с; v_{B2} – скорость колебаний пружин основания в емкости, м/с.

Известно уравнение (4) нахождения скорости вертикальных колебаний v , м/с:

$$v = \dot{x} = A\omega \cos(\omega t + \phi), \quad (4)$$

где A – амплитуда колебаний, м; ω – угловая частота вынужденных колебаний, рад/с; ω_0 – круговая (циклическая) частота свободных незатухающих гармонических колебаний, рад/с.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} = 2\pi f.$$

Отсюда можно определить собственную частоту свободных незатухающих колебаний:

$$\omega_{01} = \sqrt{\frac{k_1}{m_1}}, \quad \omega_{02} = \sqrt{\frac{k_2}{m_2}},$$

где k – жесткость пружины, Н/м; m – масса груза, кг. Данные параметров пружин представлены в табл. 1.

При режиме 1: $\omega_{01} = \sqrt{\frac{2,568}{3}} = 0,925 \text{ 1/с};$

$$\omega_{02} = \sqrt{\frac{75,61}{0,3}} = 15,87 \text{ 1/с}.$$

При режиме 11: $\omega_{01} = \sqrt{\frac{12,87}{0,3}} = 2,07 \text{ 1/с};$

$$\omega_{02} = \sqrt{\frac{2,96}{0,3}} = 3,14 \text{ 1/с}.$$

Угловая частота вынужденных колебаний ω определяется следующим образом.

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2},$$

где β – коэффициент затухания колебаний в среде.

Но зная частоту вращения источника (двигателя) вынужденных колебаний $n = 1500$ об./мин., определяем частоту вынужденных колебаний:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = 125,6 \text{ 1/с}.$$

Скорость колебаний в режиме 1, когда жесткость пружины вибростол больше, чем у основания в емкости, определяется по формуле (5), аналогично (6) для режима 11, когда жесткость пружины вибростол меньше пружин основания:

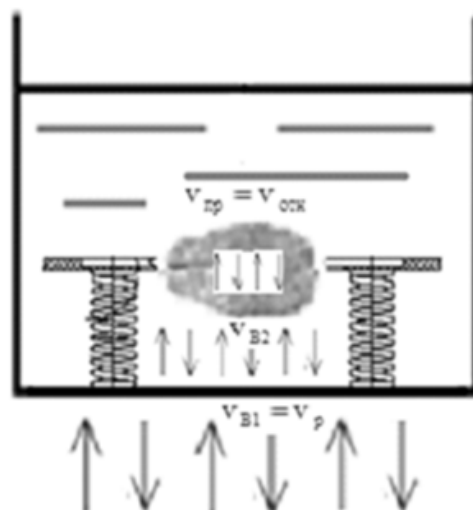


Рис. 3. Схема режима колебаний при относительном движении рассола и рыбы
Fig. 3. Scheme of mode of vibration in the relative movement of the brine and fish

$$v_{np1} = A\omega \cos(\omega_{01}t + \phi) - A\omega \cos(\omega_{02}t + \phi), \text{ при } \phi = 0. \quad (5)$$

$$v_{np1} = 0,005 \cdot 125,6 \cdot \cos(0,925 \cdot 1200) - 0,005 \cdot 125,6 \cdot \cos(15,87 \cdot 1200) = 0,10 - (-0,48) = 0,58 \text{ м/с}.$$

$$v_{np2} = A\omega \cos(\omega_{01}t + \phi) - A\omega \cos(\omega_{02}t + \phi), \text{ при } \phi = 0. \quad (6)$$

$$v_{np2} = 0,005 \cdot 125,6 \cdot \cos(2,07 \cdot 1200) - 0,005 \cdot 125,6 \cdot \cos(3,14 \cdot 1200) = 0,156 - (-0,55) = 0,66 \text{ м/с}.$$

Методика исследований аналогична изложенной в работах [3, 8, 9, 10], она заключалась в следующем. Измерение концентрации соли проводилось в исследуемых образцах с помощью солемера в совокупности с аргентометрическим способом. Навеску рыбы для измерения измельчали вручную. Исходный раствор соли создавался из расчета получения раствора около 10 %, что обычно используется на практике, т. е. до критической концентрации. Превышение этого показателя раствора приводит к порче продукта [3]. Процент содержания соли в растворе определяется из соотношения (7), затем сверяется по показанию с солемером:

$$\frac{V_{мг}}{V_{л}} = \frac{x_{мг}}{x_{л}}, \quad (7)$$

где $V_{л}$, $V_{мг}$ – объем жидкости на литр раствора и требуемый объем, л; $x_{л}$, $x_{мг}$ – количество соли на литр жидкости и на требуемый объем, г.

Опыты осуществлялись в лаборатории кафедры ПИАП инженерного факультета УрГАУ на лабораторной установке, основу которой составляла вибрационная машина марки ЯЗ-ФМС-8 производства ООО ФПК СПКБ «Уралмясомаш».

Условия эксперимента были следующими: стейки горбуши соответствовали ГОСТ 814-96 и были приняты как лабораторный материал согласно ГОСТ 7631-85. Параметры механических колебаний взяты соответственно рекомендациям [1–6].



Таблица 1
Сравнение пружинных амортизаторов

Показатель	Пружина основания		Пружина вибростола	
	1	11	1	11
Диаметр проволоки d , мм	2	0,8	1,1	1,6
Внешний диаметр пружины D_1 , мм	24	19	30	30
Жесткость пружины c_1 , Н/мм	75,610	2,960	2,568	12,870
Наибольший прогиб одного витка s , мм	7,407	18,9	35,05	18,34
Сила пружины при максимальной деформации F , Н	500	56	90	236

Table 1
Comparison of the spring shock absorbers

Index	Spring grounds		Spring of vibration table	
	1	11	1	11
Wire diameter d , mm	2	0.8	1.1	1.6
The outer diameter D_1 of the spring, mm	24	19	30	30
Spring constant c_1 , N/mm	75.610	2.960	2.568	12.870
The largest single deflection of the turn s , mm	7.407	18.9	35.05	18.34
The spring force in maximum deformation F , H	500	56	90	236

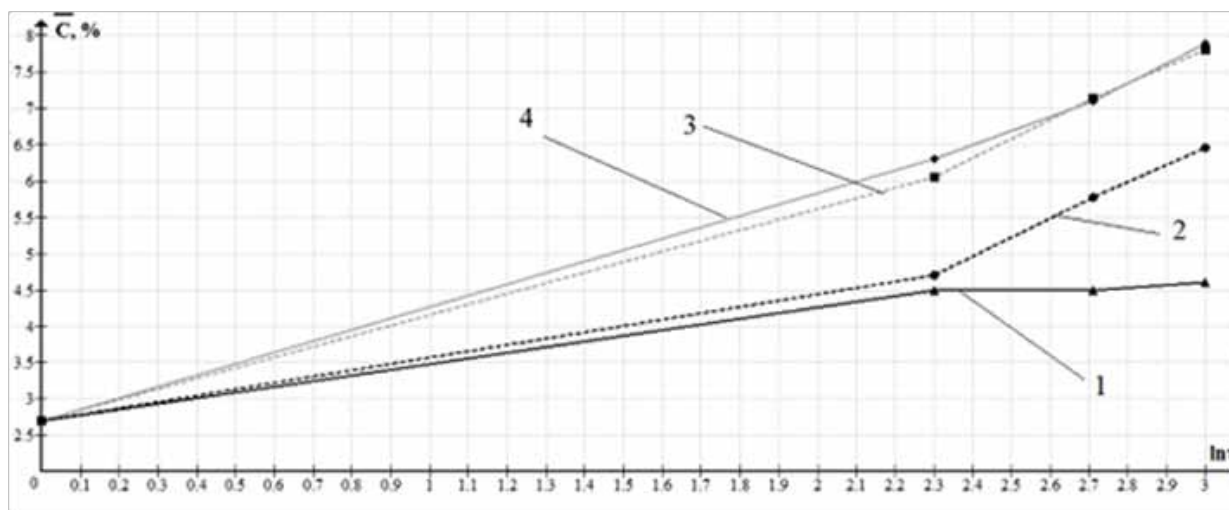


Рис. 4. Сравнение графиков измерения средней солёности горбуши в разных режимах движения относительно рассола:
1 – одинаковый; 2 – при движении только емкости; 3 – при движении только образца; 4 – различающийся
Fig. 4. Comparison of graphs measuring the average salinity of pink salmon in different modes of movement relative to the brine:
1 – uniform; 2 – when driving only container; 3 – when driving only the sample; 4 – different

Вся система «раствор – образец» подвергалась воздействию колебаний с частотой $f = 25$ Гц и амплитудой $A = 5$ мм. Измерения солёности рыбы проводились в различных режимах движения рассола и рыбы с интервалом 5 мин. Одновременно измерение солёности образцов проводилось аргентометрическим методом по ГОСТ 7636-85.

Продолжительность воздействия вибрации на процесс в обеих сериях опытов составляла 20 мин. Далее рыба досаливается традиционным способом до требуемой солёности. Проведение выбранного режима исследований более 20 мин. лишь способствует серьезным разрушениям целостности и структуры тканей образцов.

Результаты исследований. Результаты экспериментов представлены на рис. 4, 5, 6. На рис. 4 кривые свидетельствуют, что массоперенос соли происходит активнее, если колебаниям подвержена не только емкость с рассолом, но и когда образцу рыбы

задается другой режим колебаний. В итоге такой режим приводит на границе раздела рассола и рыбы к возникновению определенной относительной скорости движения продукта по отношению к рассолу, которая, как следует из современных представлений о конвективном массопереносе, определяет интенсивность внешнего массообмена. Это происходит на отрезке времени от 10 до 20 мин. (соответственно значениям $\ln t$, равным 2,3 и 3,0).

На рис. 5 и 6 кривые изменения средней солёности по внешним и внутренним точкам свидетельствуют, что массоперенос соли имеет такую же тенденцию, как на рис. 4. Также на отрезке времени от 10 до 20 мин. (соответственно значениям $\ln t$, равным 2,3 и 3,0). На данных графиках видно, что они тождественны по тенденции к увеличению показателя солёности за указанный промежуток времени в зависимости от режима движения рассола и рыбы.

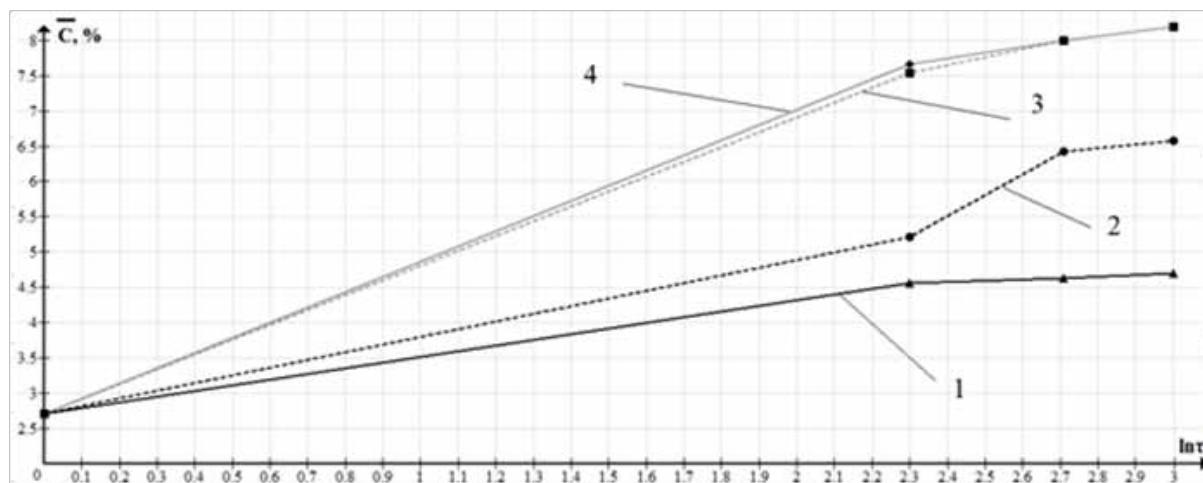


Рис. 5. Сравнение графиков измерения средней солёности на поверхности горбуши в разных режимах движения относительно рассола: 1 – одинаковый; 2 – при движении только емкости; 3 – при движении только образца; 4 – различающийся

Fig. 5. Comparison of graphs measuring the average salinity at the surface of pink salmon in different modes of movement relative to the brine: 1 – uniform; 2 – when driving only container; 3 – when driving only the sample; 4 – different

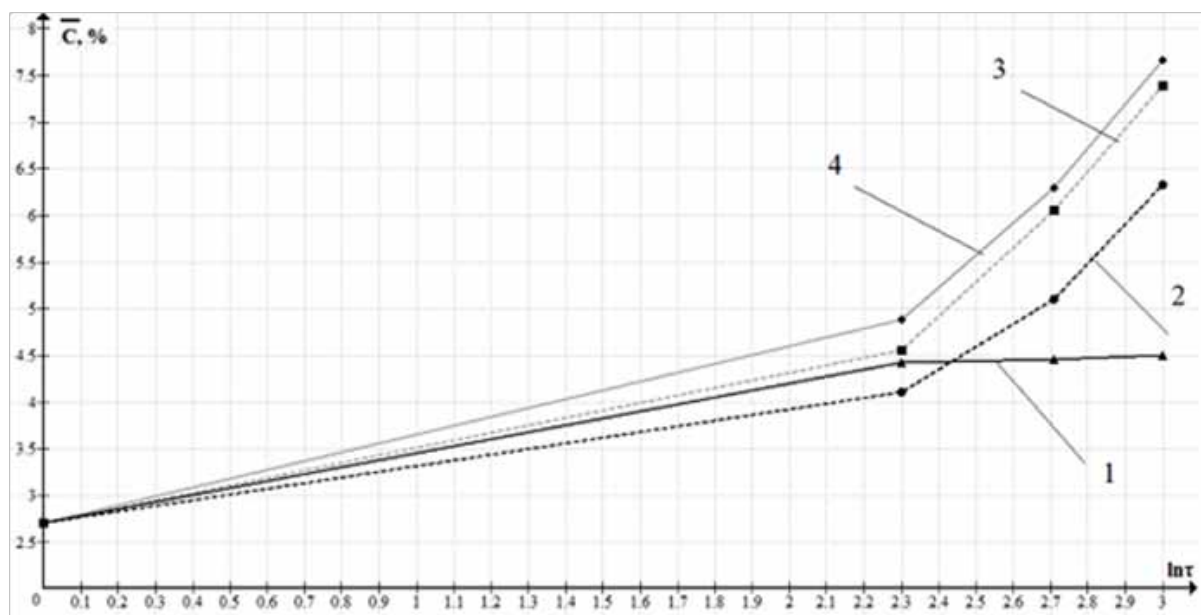


Рис. 6. Сравнение графиков измерения средней солёности внутри горбуши в разных режимах движения относительно рассола: 1 – одинаковый; 2 – при движении только емкости; 3 – при движении только образца; 4 – различающийся

Fig. 6. Comparison of graphs measuring the average salinity inside of pink salmon in different modes of movement relative to the brine: 1 – uniform; 2 – when driving only container; 3 – when driving only the sample; 4 – different

Выводы. Итак, проведено сравнение режимов для подбора пружин, в одном из которых для вибростолы использовали пружины с большей жесткостью, чем пружины основания в емкости, в другом, напротив, пружины основания с меньшей жесткостью. Выявлено, что скорость движения рыбы, или относительная скорость на границе раздела «рассол – рыба» немного выше во втором случае, но в целом значения близки и одного порядка.

Таким образом, в четвертом режиме опытов относительная скорость движения колеблющегося рассола по отношению к неподвижному продукту была достаточно высокой, в то время как во втором и третьем режиме относительная скорость была мала. В первом режиме эта скорость была близка к нулю.

Следовательно, в четвертом режиме эксперимента при определяющей роли внешнего массообмена процесс посола проходил сравнительно эффективнее. При этом тенденция одинакова для значений солёности по внешним и внутренним точкам. Так, за 20 мин. интенсивного посола достигается концентрация, отличающаяся от требуемого по ГОСТ 7448-2006 значения не более чем на 15 % по малосольной рыбе, при достижении критической концентрации порядка 10 % [3].

Проведены экспериментальные исследования на лабораторной установке, а именно анализ влияния относительной скорости движения рассола и рыбы на процесс посола кинетики колебаний при различном расположении и креплении образца рыбы отно-



сительно объема рассола. Сравнили разные режимы относительного взаимодействия участвующих в процессе посола фаз и влияние их на внешний массообмен. В связи с этим целесообразны дальнейшие исследования по данной теме.

Литература

1. Слабьяк В. П. Интенсификация посола мясных полуфабрикатов в поле механических колебаний // Молодежь и наука. 2014. № 3.
2. Слабьяк В. П., Минухин Л. А. Повышение эффективности посола рыбы в поле механических колебаний // Аграрный вестник Урала. 2015. № 3. С. 21–25.
3. Слабьяк В. П., Минухин Л. А. Исследование кинетики процесса посола рыбы в поле механических колебаний // Аграрный вестник Урала. 2015. № 4. С. 62–66.
4. Потапов А. Н., Иванец В. Н. Интенсификация массообменного процесса в вибрационном экстракторе // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 1.
5. Мищенко В. Я., Кувардина Е. М. Интенсификация массообменных процессов при извлечении пектиновых веществ из растительного сырья с применением вибрационного воздействия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 4.
6. Мустафина А. С., Сорокопуд А. Ф., Федяев К. С. Интенсификация извлечения аскорбиновой кислоты в поле низкочастотных механических колебаний // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 2.
7. Гомес-Салазар Х. А., Клементе-Поло Г., Санжуан-Пелликер Н. Обзор математических моделей для описания процесса посола пищевых продуктов // ДИНА. 2015. № 82. С. 23–30.
8. Оливейра Х., Педро С., Нуньес М. Л. и др. Обработка соленой трески (*Gadus spp.*): обзор // Комплексные обзоры в продовольственной науке и безопасности пищевых продуктов. 2012. Т. 11.
9. Аббас Х. Х., Хогали Ф. А. Е. Влияние различной концентрации соли на общий бактериальный состав и на состав тяжелых металлов тигровой рыбы (*Hydrocynus spp.*) // Интернет-журнал о животных и исследованиях кормов. 2013. Т. 3. Вып. 2. С. 87–90.
10. Ершов А. М., Бестужев А. С., Фатыхов Ю. А., Балашов С. О. Исследование массообменных процессов при комбинированном сухом посоле рыбы // Вестник МГТУ. 2010. Т. 13. № 4/1. С. 673–677.

References

1. Slabyak V. P. Intensification of salting of meat products in the field of mechanical vibrations // Youth and science. 2014. № 3.
2. Slabyak V. P., Minukhin L. A. Improving the efficiency of salting fish in the field of mechanical vibrations // Agrarian Bulletin of the Urals. 2015. № 3. P. 21–25.
3. Slabyak V. P., Minukhin L. A. Investigation of the kinetics of the process of salting fish in the field of mechanical vibrations // Agrarian Bulletin of the Urals. 2015. № 3. P. 62–66.
4. Potapov A. N., Ivanec V. N. Intensification of mass transfer processes in the vibratory extractor // Technique and technology of food production. 2013. № 1.
5. Mishchenko V. Y., Kuvardina E. M. Intensification of mass transfer processes in extracting pectin from plant material using vibration exposure // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2010. Vol. 12. № 4.
6. Mustafina A. S., Sorokopud A. F., Fedyaev K. S. Intensification of extraction of ascorbic acid in the low-frequency mechanical vibrations // Technique and technology of food production. 2013. № 2.
7. Gómez-Salazar J. A., Clemente-Polo G., Sanjuán-Pelliccer N. Review of mathematical models to describe the food salting process // DYNA. 2015. № 82. P. 23–30.
8. Oliveira H., Pedro S., Nunes M. L. and others. Processing of salted cod (*Gadus spp.*): a review // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2012. Vol. 11.
9. Abbas H. H., Khogalie F. A. E. Effect of different salt concentration on total bacterial count and heavy metal composition of the fish (*Hydrocynus spp.*) // Online Journal of Animal and Feed Research. 2013. Vol. 3. Issue 2. P. 87–90.
10. Yershov A. M., Bestuzhev A. S., Fatykhov Y. A., Balashov S. O. Study of mass transfer processes in combined dry salted fish // Bulletin of Moscow State Technical University. 2010. Vol. 13. № 4/1. P. 673–677.