

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК 621.565.943

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-08

EDN: RDDDXJ

Исследование возможности применения низкотемпературного посола для просаливания минтая

Антон Вадимович Табакаев¹, Оксана Вацлавовна Табакаева², Иван Анатольевич Сытник³, Андрей Андреевич Симдянкин⁴

^{1, 3, 4} Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

² Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

¹ tabakaev92@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-5658-5069>

² yankovskaya68@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7068-911X>

³ Ivan992222@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1499-0634>

⁴ And-sim@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-7242-5356>

Аннотация. В ходе представленного исследования доказана возможность использования низкотемпературного сухого посола филе минтая для получения малосоленого полуфабриката и дальнейшего его использования в технологии сушеной и сушено-вяленой продукции. Экспериментально доказано, что на процесс просаливания мышечной ткани минтая при низкотемпературном сухом посоле оказывают влияние следующие факторы: массовая доля соли, температура и продолжительность процесса. Максимальное содержание соли в мышечной ткани минтая составляют 5,55–6,50 % при продолжительности посола 24 ч. Более низкие температуры посола изменяют скорость просаливания в сторону замедления процесса. Увеличение массовой доли соли в процессе посола приводит к существенному возрастанию ее содержания в мышечной ткани минтая. Показано, что выход соленого полуфабриката зависит от массовой доли соли (максимальный – при 5 %), температуры (максимальный – при минус 10 °С). Увеличение продолжительности процесса низкотемпературного посола приводит к снижению выхода соленого полуфабриката. Установлены зависимости изменения влажности соленого полуфабриката минтая в процессе низкотемпературного посола от различных факторов (температуры, продолжительности процесса и массовой доли соли), что позволяет утверждать о возможности получения соленого полуфабриката минтая различной влажности при помощи изменения температуры, продолжительности процесса и массовой концентрации соли. Максимальной влажностью характеризуется соленый полуфабрикат минтая при массовой доле соли 5 % и температуре минус 10 °С.

Ключевые слова: минтай, низкотемпературный посол, соленый полуфабрикат

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» по теме НИР № 823/2023 «Совершенствование технологии рыбного фарша из сырья повторного замораживания с использованием криопротекторов».

Для цитирования: Табакаев А. В., Табакаева О. В., Сытник И. А., Симдянкин А. А. Исследование возможности применения низкотемпературного посола для просаливания минтая // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 73–83.

FOOD SYSTEMS

Original article

Investigation of the possibility of using low-temperature salting for pollock salting

Anton V. Tabakaev¹, Oksana V. Tabakaeva², Ivan A. Sytnik³, Andrey A. Simdyankin⁴

^{1, 3, 4} Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

² Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

¹ tabakaev92@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-5658-5069>

² yankovskaya68@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7068-911X>

³ Ivan992222@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1499-0634>

⁴ And-sim@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-7242-5356>

Abstract. In the course of the presented study, the possibility of using low-temperature dry salting of pollock fillets to obtain a lightly salted semi-finished product for further use in the technology of dried and dried products was proved. It has been experimentally proven that the process of salting pollock muscle tissue with low-temperature dry salting is influenced by the following factors - the mass fraction of salt, temperature and duration of the process. The maximum salt content in pollock muscle tissue is 5.55–6.50 % with a salting duration of 24 hours. Lower salting temperatures change the salting rate in the direction of slowing down the process. An increase in the mass fraction of salt during the salting process leads to a significant increase in its content in the muscle tissue of pollock. The yield of the salted semi-finished product depends on the mass fraction of salt (maximum at 5 %), temperature (maximum at minus 10 °C). An increase in the duration of the low-temperature salting process leads to a decrease in the yield of the salted semi-finished product. The dependences of changes in the humidity of salted semi-finished pollock in the process of low-temperature salting on various factors (temperature, duration of the process and mass concentration of salt) have been established, which allows us to assert the possibility of obtaining salted semi-finished pollock of different humidity by changing the temperature, duration of the process and mass concentration of salt. The maximum humidity is characterized by a salty semi-finished pollock at a mass salt concentration of 5 % and a temperature of minus 10 °C.

Keywords: pollock, low-temperature ambassador, salty semi-finished product

Financial Support: the work was carried out within the framework of the state assignment of the Far Eastern State Technical Fisheries University on the topic of research work № 823/2023 "Improving the technology of minced fish from re-frozen raw materials using cryoprotectors".

For citation: Tabakaev A. V., Tabakaeva O. V., Sytnik I. A., Simdyankin A. A. Investigation of the possibility of using low-temperature salting for pollock salting. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):73–83. (in Russ.).

Введение

Рыба и продукты из нее являются важными пищевыми системами в питании человека, относятся к ценным источникам питательных веществ, которые играют существенную роль в поддержании здоровья человека. Рыба является отличным источником белка, который необходим для роста и восстановления клеток организма. Она также содержит витамины, минералы и жирные кислоты омега-3, которые играют важную роль в поддержании здоровья сердца, мозга и кожи. Регулярное употребление рыбы также может снизить уровень холестерина в крови и улучшить общее состояние организма [1]. Значение рыбы в питании человека действительно огромно. Мясо рыбы богато полноценным белком мышечной ткани, который значительно лучше переваривается ферментами пищеварительного тракта и отлично усваивается. Исходя из этого, значительное внимание уделяется вопросам развития технологий переработки рыбы и получения новых продуктов, а также продуктов с заданными показателями качества.

Одним из традиционных видов рыб для сырьевой базы Дальнего Востока, имеющем высокую пищевую и технологическую ценность, является тихоокеанский минтай – *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814), промысел которого является стабильно высоким каждый год [2]. Следует отметить увеличение промысла минтая в Дальневосточном регионе вследствие увеличения промысловых запасов. Степень эксплуатации данного ресурса составляет 12,8 % на 2022 г. [3, 4]. Мясо минтая является источником полноценных белков, содержание которых около 16 %, которые включают весь набор аминокислот и сбалансированы по аминокислотному составу. Также в мышечной ткани минтая содержатся свободные аминокислоты, среди которых до 32,1–34,1 % приходится на биологически активную аминокислоту таурин и 18,2–21,0 % – на дипептид ансерин, что существенно повышает биологическую ценность мяса минтая [5]. Также мышечная ткань минтая характеризуется достаточно высоким содержанием микро- и макроэлементов, водо- и жирорастворимых витаминов, позволяющим восполнить потребности человеческого организма в данных микронутриентах [6, 7]. Содержание липидов в мясе минтая невысокое, составляет не более 2 %, но наличие биологически активных ω -3 и ω -6 жирных кислот характеризует мышечную ткань минтая как ценный ресурс [7].

В России продукция из минтая представлена в основном мороженой продукцией – минтай мороженный обезглавленный, филе, фарш из минтая, также производят сушеные и кулинарные изделия, консервы из печени и икры и икорную продукцию. Отходы от разделки рыбы на филе, как правило, направляют на производство кормовой муки [7].

Важными способами сохранения рыбного сырья, позволяющими получать высококачественные пищевые продукты с высокой добавленной стоимостью, являются посол, сушка, вяление, копчение. Однако для минтая традиционные способы посола и копчения мало пригодны при получении пресервов, солёной и вяленой продукции, так как мышечная ткань характеризуется низкой активностью протеолитических ферментов и низким коэффициентом отношения жира к белку [8]. Однако при производстве сушеной и вяленой продукции из минтая посол является необходимой подготовительной операцией, позволяющей на конечном этапе получать продукт соответствующих органолептических характеристик.

В результате постепенного развития и совершенствования на настоящий момент разработано огромное количество различных технологий посола. Разработана технология производства солёно-мороженой рыбы, которая предусматривает замораживание рыбы сразу после ее просаливания и созревания. Также в последние годы найдено новое направление технологии продуктов, консервированных солью, – разработана технология низкотемпературного посола, в которой впервые рассмотрена возможность проведения процесса просаливания при температуре ниже криоскопической. Сухой и мокрый низкотемпературный посол позволяет получить продукт с содержанием соли 3–6 % [9–11]. Разработана технология низ-

котемпературного посола лососевых рыб, в частности горбуши, гольцов и т.д. [12, 13]. Широко представлены работы по низкотемпературному посолу сельди [14, 15, 16].

Преимуществами использования низкотемпературного посола рыбного сырья являются: возможность получения малосоленой продукции, пользующейся высоким спросом у потребителя ввиду высоких органолептических характеристик; инактивация опасных патогенных и условно-патогенных микроорганизмов; стабилизация качества в процессе производства и хранения.

Для производства сушеной и вяленой продукции из минтая достаточно часто используется в качестве полуфабриката обесшкуренное филе. Исходя из вышесказанного, целью работы является исследование возможности применения низкотемпературного посола для просаливания обесшкуренного филе минтая.

Методы исследования

В качестве основного сырья использовали охлажденный минтай, имеющий срок хранения не более трех суток, из которого получали обесшкуренное филе, в дальнейшем подвергали низкотемпературному посолу. Сырьё по качественным показателям соответствовало требованиям действующей нормативной документации [17].

Замораживание производилось воздушным способом в морозильной камере, оборудованной холодильной установкой АМЕ-L-3x2EC2 на базе трех полугерметичных поршневых компрессоров 2EC-22-40С фирмы Bitzer. Температура подаваемого в камеру воздуха составляла минус 30 °С, скорость циркуляции – 3,5 м/с [18].

Массовую долю поваренной соли определяли по ГОСТ 7636-85 аргентометрическим методом [19].

Для статистической обработки экспериментальных данных и построения графиков с выводом формул использовали стандартный пакет программ Microsoft Office 2007, CurveExpert 1.4. Все исследования проводили в 3-кратной повторности. Экспериментальные данные представлены в виде $M \pm m$.

Результаты исследования и их обсуждение

Для исследования процесса просаливания мышечной ткани минтая посол осуществляли сухим способом – пересыпанием солью второго помола в массовой доле 5, 10, 15 и 20 % от массы рыбы. Динамику просаливания мышечной ткани минтая в процессе низкотемпературного посола характеризовали изменением содержания хлористого натрия в мясе рыбы. Низкотемпературный посол осуществляли при различных температурах с шагом 5 °С, интервал минус 10 °С – минус 20 °С. Процесс низкотемпературного посола осуществляли в течение 24 ч. В табл. 1 представлены данные по влиянию различных факторов (температуры замораживания, продолжительности процесса и массовой доли соли) на содержание поваренной соли в мышечной ткани минтая.

Представленные в табл. 1 данные демонстрируют существенное увеличение содержания соли в мышечной ткани минтая с увеличением времени – максимальные значения достигаются в течение 24 ч и составляют 5,55–6,50 %. Однако скорость накопления массовой доли соли имеет различия для разных температур: при температуре минус 10 °С происходит увеличение содержания соли в мышечной ткани минтая в 11,6–13,0 раза, при температуре минус 15 °С – в 10,8–11,7 раза, при температуре минус 20 °С – в 10,3–11,1 раза. Таким образом, более низкие температуры изменяют скорость просаливания в сторону замедления процесса. Увеличение массовой доли соли в процессе посола приводит к существенному возрастанию ее содержания в мышечной ткани минтая – при температуре минус 10 °С происходит увеличение содержания соли в мышечной ткани минтая в 1,8 раза, при температуре минус 15 °С – в 1,7 раза, при температуре минус 20 °С – в 1,7 раза. Представленные данные убедительно доказывают возможность использования низкотемпературного посола мышечной ткани минтая.

Таблица 1

Содержание соли в мышечной ткани минтая при просаливании в зависимости от различных факторов

Table 1

Salt content in pollock muscle tissue during salting, depending on various factors

| Температура в толще мяса рыбы, °С | Продолжительность замораживания, ч | Содержание соли в мясе рыбы, % | | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | 5 | 10 | 15 | 20 |
| -10 | 1 | 0,31±0,01 | 0,37±0,01 | 0,43±0,02 | 0,50±0,02 |
| | 4 | 0,81±0,04 | 0,98±0,04 | 1,12±0,05 | 1,31±0,06 |
| | 8 | 1,82±0,08 | 1,92±0,09 | 1,98±0,09 | 2,19±0,10 |
| | 12 | 2,51±0,09 | 2,95±0,14 | 3,13±0,15 | 3,31±0,16 |
| | 16 | 3,24±0,15 | 3,65±0,18 | 3,98±0,19 | 4,52±0,22 |
| | 20 | 3,44±0,17 | 4,13±0,20 | 4,73±0,23 | 5,67±0,28 |
| | 24 | 3,60±0,18 | 4,57±0,22 | 5,45±0,27 | 6,50±0,32 |
| -15 | 1 | 0,30±0,01 | 0,36±0,01 | 0,42±0,01 | 0,49±0,01 |
| | 4 | 0,81±0,04 | 0,95±0,04 | 0,98±0,04 | 1,03±0,05 |
| | 8 | 1,61±0,08 | 1,68±0,08 | 1,87±0,09 | 1,96±0,09 |
| | 12 | 2,12±0,10 | 2,43±0,12 | 2,65±0,13 | 2,92±0,14 |
| | 16 | 2,74±0,13 | 3,25±0,16 | 3,48±0,17 | 3,65±0,18 |
| | 20 | 3,04±0,15 | 4,01±0,20 | 4,12±0,20 | 4,57±0,22 |
| | 24 | 3,35±0,16 | 4,21±0,21 | 4,99±0,24 | 5,86±0,29 |
| -20 | 1 | 0,28±0,01 | 0,35±0,01 | 0,40±0,01 | 0,48±0,01 |
| | 4 | 0,45±0,02 | 0,55±0,02 | 0,65±0,03 | 0,75±0,03 |
| | 8 | 1,11±0,05 | 1,28±0,06 | 1,51±0,07 | 1,61±0,08 |
| | 12 | 1,92±0,09 | 2,13±0,10 | 2,38±0,11 | 2,48±0,12 |
| | 16 | 2,11±0,10 | 3,03±0,15 | 3,12±0,15 | 3,32±0,16 |
| | 20 | 2,75±0,13 | 3,25±0,16 | 3,89±0,19 | 4,25±0,21 |
| | 24 | 3,19±0,15 | 3,75±0,18 | 4,53±0,22 | 5,55±0,27 |

В процессе просаливания мышечной ткани минтая наблюдается перераспределение соли и воды путем обменной диффузии между солью, водой и растворимыми частями системы между ними. При обычном посоле при стандартных температурах наблюдается переход растворимых веществ в рассол, что отрицательно сказывается на качестве продукта. Также меняется выход продукта и его консистенция. С целью оценки низкотемпературного посола мышечной ткани минтая с учетом влияния различных факторов исследовали выход соленого полуфабриката при различных температурах замораживания, продолжительности процесса и массовой доли соли.

Выход соленого полуфабриката рассчитывался как отношение массы мышечной ткани минтая через фиксированный промежуток продолжительности посола к массе мышечной ткани минтая до посола по формуле [11]

$$B = \frac{P_n}{P_0} \cdot 100, \% \quad (1)$$

где P_0 – масса мышечной ткани минтая до посола, г; P_n – масса мышечной ткани минтая через n -й фиксированный промежуток посола, г; B – выход, %

Выход соленого продукта в зависимости от различных факторов представлен в табл. 2.

Данные табл. 2 доказывают, что максимальный выход соленого полуфабриката наблюдается при минимальной массовой доли соли. Однако необходимо отметить и влияние темпе-

ратуры – при температуре минус 10 °С выход соленого полуфабриката немного более высокий, чем при температурах минус 15 °С и минус 20 °С. Увеличение продолжительности процесса низкотемпературного посола приводит к снижению выхода соленого полуфабриката.

Таблица 2

Выход соленого полуфабриката в зависимости от различных факторов

Table 2

The yield of salted semi-finished products depending on various factors

| Температура в толще мяса рыбы, °С | Продолжительность замораживания, ч | Выход соленого полуфабриката продукта, % | | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|--|-------|-------|-------|
| | | 5 | 10 | 15 | 20 |
| -10 | 1 | 99,94 | 99,93 | 99,92 | 99,90 |
| | 4 | 99,80 | 99,73 | 99,63 | 99,49 |
| | 8 | 99,64 | 99,51 | 99,35 | 99,14 |
| | 12 | 99,49 | 99,37 | 99,23 | 99,07 |
| | 16 | 99,45 | 99,32 | 99,21 | 99,03 |
| | 20 | 99,31 | 99,12 | 99,03 | 98,90 |
| | 24 | 99,10 | 98,99 | 98,89 | 98,79 |
| -15 | 1 | 99,92 | 99,91 | 99,90 | 99,89 |
| | 4 | 99,88 | 99,82 | 99,73 | 99,58 |
| | 8 | 99,73 | 99,60 | 99,43 | 99,23 |
| | 12 | 99,60 | 99,48 | 99,33 | 99,17 |
| | 16 | 99,56 | 99,40 | 99,30 | 99,13 |
| | 20 | 99,40 | 99,20 | 99,12 | 98,99 |
| | 24 | 99,19 | 99,06 | 98,98 | 98,89 |
| -20 | 1 | 99,91 | 99,90 | 99,89 | 99,88 |
| | 4 | 99,91 | 99,88 | 99,78 | 99,64 |
| | 8 | 99,79 | 99,66 | 99,50 | 99,39 |
| | 12 | 99,64 | 99,52 | 99,38 | 99,22 |
| | 16 | 99,59 | 99,46 | 99,37 | 99,20 |
| | 20 | 99,46 | 99,29 | 99,17 | 99,06 |
| | 24 | 99,21 | 99,14 | 99,04 | 98,98 |

Массообменные процессы при посоле рыбы характеризуются не только переносом соли, но и переносом влаги. Потеря влаги и поглощение соли связаны обратно пропорциональной зависимостью.

Используя формулу П. Б. Крина, описывающую зависимость между количеством влаги, содержащейся в рыбе после окончания просаливания W и соленостью рыбы S (%) [17]:

$$W = W_0 - 1.19 S, \quad (2)$$

где W_0 – содержание воды в теле рыбы, %; S – соленость рыбы, %, произвели расчет содержания влаги в мышечной ткани минтая в процессе низкотемпературного сухого посола и визуализировали полученные данные графиком зависимости изменения количества влаги от времени просаливания при различных температурах и массовой доли соли (рис. 1–4).

Данные рис. 1 демонстрируют существенное снижение содержания влаги в процессе просаливания, зависящее от продолжительности. При времени просаливания 24 ч снижение содержания воды составляет 8,7 %. Максимальная скорость снижения содержания воды в процессе низкотемпературного просаливания при температуре минус 15 °С наблюдается при продолжительности процесса 8 ч.

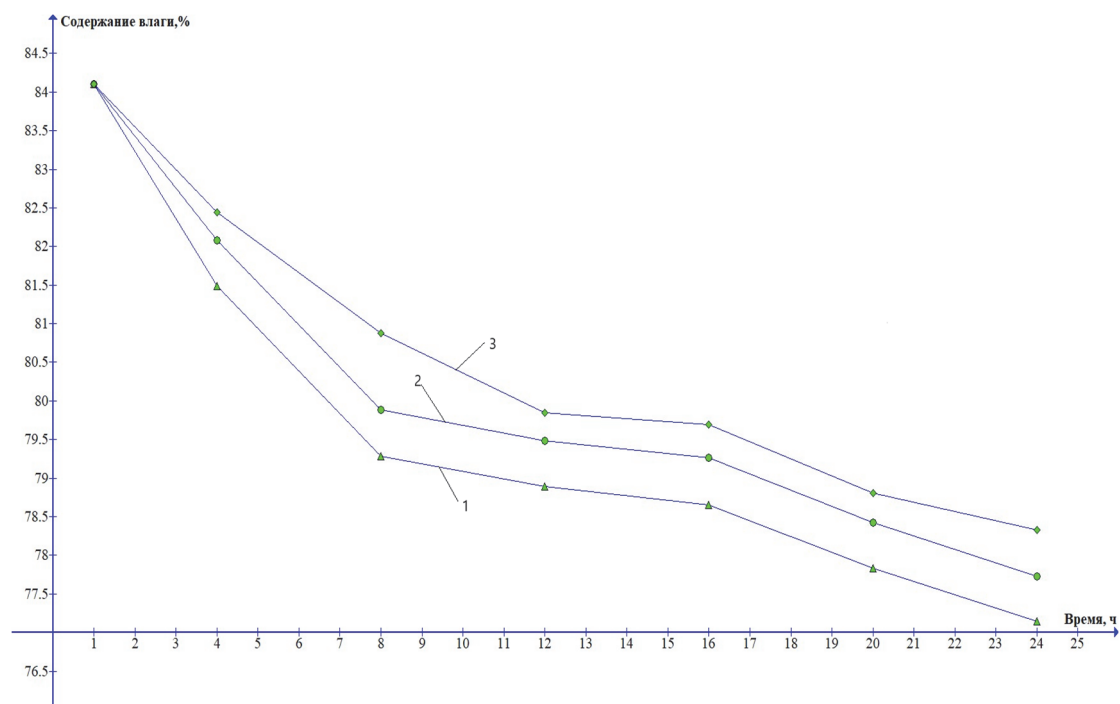


Рис. 1. График зависимости изменения влажности от времени посола при массовой доле соли 20 %:
 1 – температура минус 20 °С; 2 – температура минус 15 °С;
 3 – температура минус 10 °С. Составлено авторами

Fig. 1. Graph of the dependence of humidity changes on salting time at a mass fraction of salt of 20 %:
 1 – temperature minus 20 °C; 2 – temperature minus 15 °C; 3 – temperature minus 10 °C

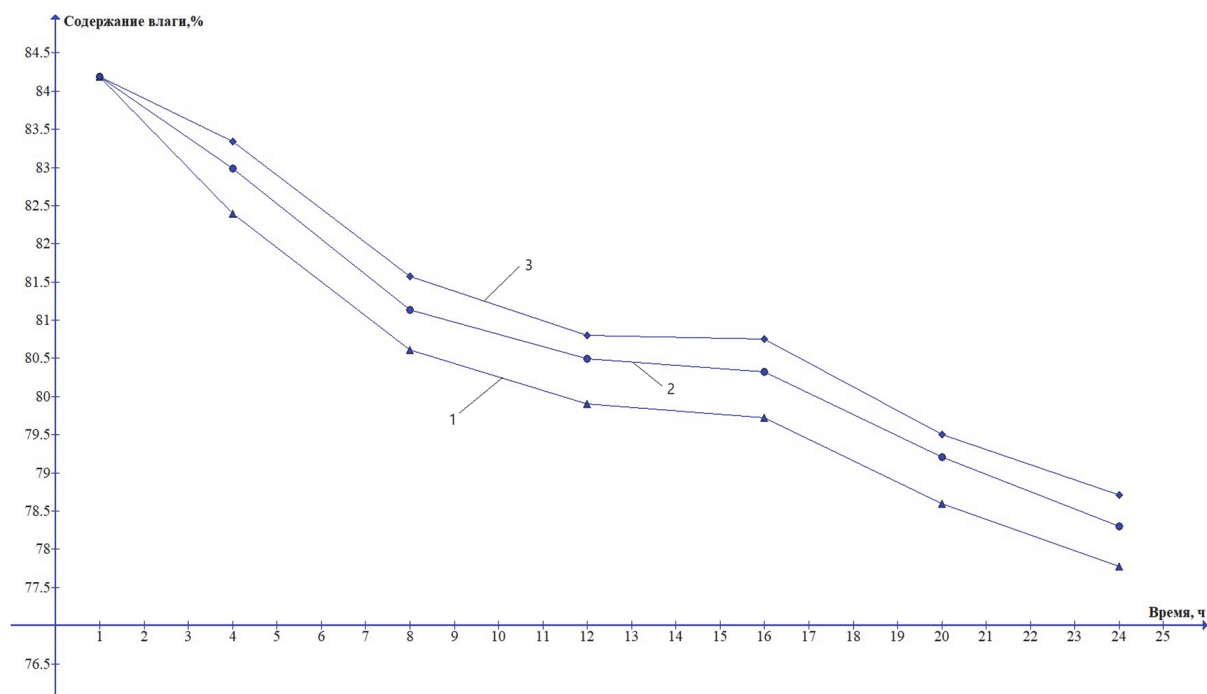


Рис. 2. График зависимости изменения влажности от времени посола при массовой доле соли 15 %:
 1 – температура минус 20 °С; 2 – температура минус 15 °С;
 3 – температура минус 10 °С. Составлено авторами

Fig. 2. Graph of the dependence of humidity changes on the salting time at a mass fraction of salt of 15 %:
 1 – temperature minus 20 °C; 2 – temperature minus 15 °C; 3 – temperature minus 10 °C

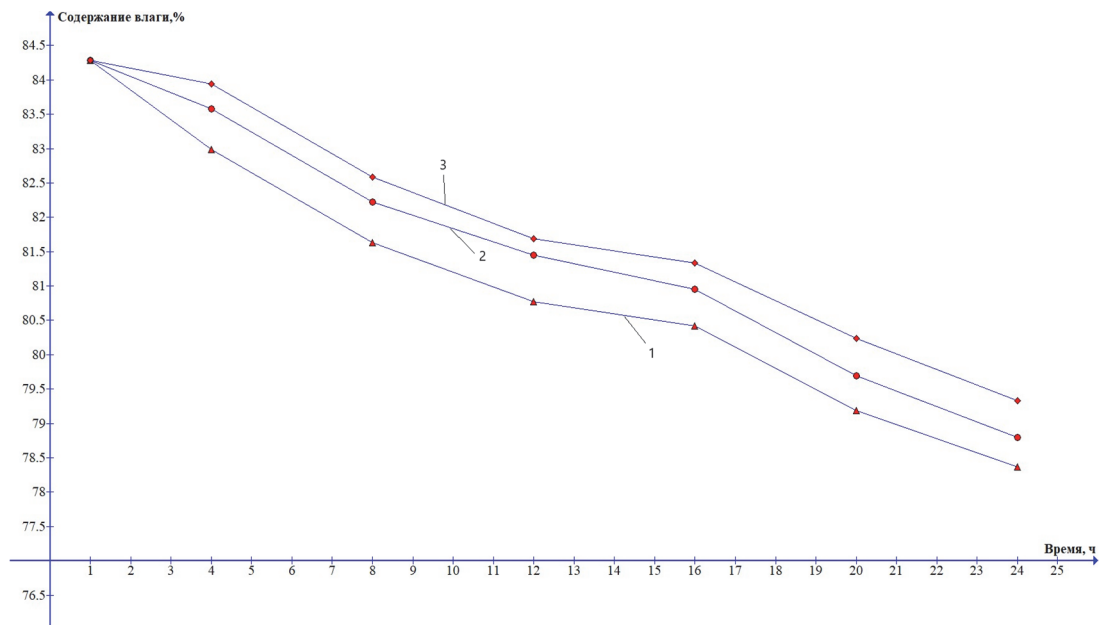


Рис. 3. График зависимости изменения влажности от времени посола при массовой доле соли 10 %:
 1 – температура минус 20 °С; 2 – температура минус 15 °С;
 3 – температура минус 10 °С. Составлено авторами

Fig. 3. Graph of the dependence of humidity changes on the salting time at a mass fraction of salt of 10 %:
 1 – temperature minus 20 °C; 2 – temperature minus 15 °C; 3 – temperature minus 10 °C

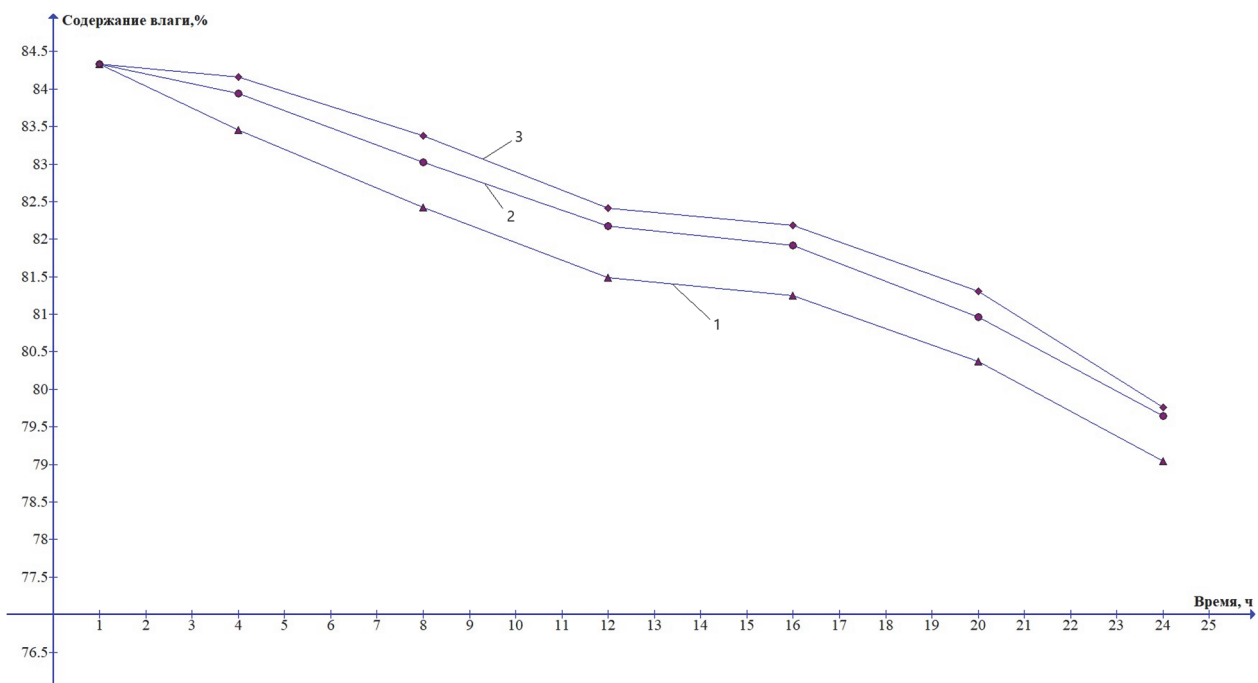


Рис. 4. График зависимости изменения влажности от времени посола при массовой доле соли 5 %:
 1 – температура минус 20 °С; 2 – температура минус 15 °С;
 3 – температура минус 10 °С

Fig. 4. Graph of the dependence of humidity changes on salting time at a mass fraction of salt of 5 %:
 1 – temperature minus 20 °C; 2 – temperature minus 15 °C; 3 – temperature minus 10 °C

С использованием программы CurveExpert 1.4 получена формула, описывающая зависимость изменения количества влаги от времени просаливания:

$$\text{Температура минус } 10\text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,8962 - 1,1136\tau + 0,0067595\tau^2 - 0,001449\tau^3. \quad (3)$$

$$\text{Температура минус } 15\text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,8594 - 0,9494\tau + 0,05561\tau^2 - 0,001188\tau^3. \quad (4)$$

$$\text{Температура минус } 20\text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,7469 - 0,7173\tau + 0,03492\tau^2 - 0,0006760\tau^3. \quad (5)$$

Формулы (3), (4), (5) позволяют определить количество влаги в мышечной ткани минтая при посоле в течение 24 ч, при концентрации соли 20 % и температурах замораживания минус 10 °С, 15 °С, 20 °С, с коэффициентом корреляции 0,998 (рис. 1).

С использованием программы CurveExpert 1.4 получена формула, описывающая зависимость изменения количества влаги от времени просаливания:

$$\text{Температура минус } 10\text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,8213 - 0,7986\tau + 0,04470\tau^2 - 0,0009898\tau^3. \quad (6)$$

$$\text{Температура минус } 15\text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,7975 - 0,6530\tau + 0,03476\tau^2 - 0,0007862\tau^3. \quad (7)$$

$$\text{Температура минус } 20\text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,7463 - 0,5355\tau + 0,02537\tau^2 - 0,0005662\tau^3. \quad (8)$$

Формулы (6), (7), (8) позволяют определить количество влаги в мышечной ткани минтая при посоле в течение 24 ч, при концентрации соли 15 % и температурах замораживания минус 10 °С, 15 °С, 20 °С, с коэффициентом корреляции 0,998 (рис. 2).

С использованием программы CurveExpert 1.4 получена формула, описывающая зависимость изменения количества влаги от времени просаливания:

$$\text{Температура минус } 10\text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,7521 - 0,5476\tau + 0,02555\tau^2 - 0,0005793\tau^3. \quad (9)$$

$$\text{Температура минус } 15\text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,7045 - 0,3723\tau + 0,01272\tau^2 - 0,0003134\tau^3. \quad (10)$$

$$\text{Температура минус } 20\text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,7018 - 0,2921\tau + 0,006860\tau^2 - 0,0001659\tau^3. \quad (11)$$

Формулы (9), (10), (11) позволяют определить количество влаги в мышечной ткани минтая при посоле в течение 24 ч, при концентрации соли 10 % и температурах замораживания минус 10 °С, 15 °С, 20 °С, с коэффициентом корреляции 0,998 (рис. 3).

С использованием программы CurveExpert 1.4 получена формула, описывающая зависимость изменения количества влаги от времени просаливания:

$$\text{Температура минус } 10\text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,7552 - 0,4411\tau + 0,02303\tau^2 - 0,0006037\tau^3. \quad (12)$$

$$\text{Температура минус } 15\text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,7058 - 0,2896\tau + 0,01325\tau^2 - 0,0004126\tau^3. \quad (13)$$

$$\text{Температура минус } 20\text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,6936 - 0,2275\tau + 0,00996\tau^2 - 0,0003712\tau^3. \quad (14)$$

Формулы (12), (13), (14) позволяют определить количества влаги в мышечной ткани минтая при посоле в течение 24 ч, при концентрации соли 5 % и температурах замораживания минус 10 °С, 15 °С, 20 °С, с коэффициентом корреляции 0,998 (рис. 4).

Суммируя данные, представленные на рис. 1–4, можно сделать вывод о зависимости изменения влажности соленого полуфабриката минтая в процессе низкотемпературного посола. Максимальной влажностью характеризуется соленый полуфабрикат минтая при массовой концентрации соли 5 %. Температура процесса также оказывает влияние на влажность – максимальные значения при минус 10 °С. Таким образом, регулируя температуру процесса низкотемпературного посола и массовую долю соли, возможно получать соленый полуфабрикат минтая различной влажности.

Заключение

В ходе представленного исследования доказана возможность использования низкотемпературного сухого посола филе минтая для получения малосоленого полуфабриката с целью его дальнейшего использования в технологии сушеной и вяленой продукции. Экспериментально доказано, что на процесс просаливания мышечной ткани минтая при низкотемпературном сухом посоле оказывают влияние следующие факторы: массовая доля соли, температура и продолжительность процесса. Максимальное содержание соли в мышечной ткани

минтая составляет 5,55–6,50 % при продолжительности посола 24 ч. Более низкие температуры посола изменяют скорость просаливания в сторону замедления процесса. Увеличение массовой доли соли в процессе посола приводит к существенному возрастанию ее содержания в мышечной ткани минтая.

Выход соленого полуфабриката зависит от массовой доли соли (максимальный – при 5 %), температуры (максимальный – при минус 10 °С). Увеличение продолжительности процесса низкотемпературного посола приводит к снижению выхода соленого полуфабриката.

Установлены зависимости изменения влажности соленого полуфабриката минтая в процессе низкотемпературного посола от различных факторов (температуры, продолжительности процесса и массовой доли соли), что позволяет утверждать о возможности получения соленого полуфабриката минтая различной влажности при помощи изменения температуры, продолжительности процесса и массовой доли соли. Максимальной влажностью характеризуется соленый полуфабрикат минтая при массовой доле соли 5 % и температуре минус 10 °С.

Список источников

1. Репников Б. Т. Товароведение и биохимия рыбных товаров: учеб. пособие. М. : Дашков и К, 2008. 220 с. ISBN 978-591131-420-0.
2. Лутова А. П., Мустафаева В. М. Обоснование востребованности минтая на пищевом рынке // Материалы XIV Национальной (всероссийской) научно-практической конференции. Петропавловск-Камчатский, 2023. С. 165–167.
3. Булатов О. А. Изменчивость состояния запасов и промысел минтая // Вопросы рыболовства. 2024. Т. 25, № 1. С. 7–28.
4. Колончин К. В., Павлова А. О., Бетин О. И., Яновская Н. В. Минтай как объект российского и мирового промысла // Труды ВНИРО. 2022. Т. 189. С. 5–15. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2022-189-5-15>.
5. Купина Н. М., Баштовой А. Н., Павел К. Г. Исследование химического состава, биологической ценности и безопасности минтая *Theragra chalcogramma* залива Петра Великого // Известия ТИНРО. 2015. Т. 180. С. 310–319.
6. Богданов В. Д., Карпенко В. И., Норин Е. Г. Водные биологические ресурсы Камчатки: Биология, способы добычи, переработка. Петропавловск-Камчатский, 2005. 264 с.
7. Ефимов А. А., Мустафаева В. М., Ефимова М. В., Чмышалов Б. А., Ващина Д. Д. Характеристика минтая как сырьевого объекта рыбной отрасли // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование : материалы XII Национальной (всероссийской) научно-практической конференции, Петропавловск-Камчатский, 28–29 апреля 2021 года. Ч. II. Петропавловск-Камчатский: Камчатский государственный технический университет, 2021. С. 67–71. EDN: OCVLJQ.
8. Шульгина Л. В., Акулин В. Н., Якуш Е. В., Караулова Е. П. Исследования ТИНРО в области технологий комплексной переработки минтая // Труды ВНИРО. 2022. Т. 189. С. 210–221. DOI: doi.org/10.36038/2307-3497-2022-189-210-221.
9. Благонравова М. В., Грицаенко Л. Д. Уточнение классификации способов посола рыбы // Вестник КамчатГТУ. 2014. № 28. С. 45–49.
10. Богданов В. Д., Благонравова М. В. Обоснование технологии низкотемпературного посола лососевых // Рыбное хозяйство. 2005. № 5. С. 89–91.
11. Киселева Т. В., Кубович Е. Я., Коляда Л. Г., Тарасюк Е. В. Посол как способ консервирования мясопродуктов // Качество продукции, технологий и образования : материалы XV Международной научно-практической конференции. 2020. С. 71–73.
12. Благонравова М. В., Шелевая А. В. Обоснование сроков холодильного хранения горбуши низкотемпературного посола // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2012. № 19. С. 35–38.

13. Благонравова М. В., Шаповалова А. А. Обоснование технологической схемы низкотемпературного посола гольцов // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2012. № 20. С. 41–44.

14. Won Sik An Effect of chilled temperature and salt concentration on shelf life of herring (*clupea harengus*) // UNU Fisheries Training Programme. P. 48.

15. Белова М. П., Поддубная Е. Р. Разработка технологии низкотемпературного посола сардины тихоокеанской (иваси) // Балтийский морской форум : материалы XI Международного Балтийского морского форума: в 8 т. Калининград, 2023. С. 35–39.

16. Фатыхов Ю. А., Бестужев А. С., Балашов О. С., Суслов А. Э. Оценка качества рыбы низкотемпературного посола // Инновации в науке, образовании и бизнесе –2012 : материалы X Международной научной конференции: в 2 ч. 2012. С. 460–463.

17. ГОСТ 814-96. Рыба охлажденная. Технические условия. М. : Стандартиформ, 2010. 8 с.

18. Богданов В. Д., Симдянкин А. А., Назаренко А. В. Исследование теплофизических свойств дальневосточного трепанга при замораживании // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2016. № 4. С. 145–152.

19. ГОСТ 814-96. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М. : Стандартиформ, 2010. 113 с.

Информация об авторах

А. В. Табакаев – старший научный сотрудник научного управления.

О. В. Табакаева – доктор технических наук, профессор департамента пищевых наук и технологий ШБМ ДВФУ.

И. А. Сытник – ассистент.

А. А. Симдянкин – старший преподаватель.

Information about the authors

A. V. Tabakaev – Senior Researcher at the Scientific Department.

O. V. Tabakaeva – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Sciences and Technologies of the School of Medicine and Life Sciences FEFU.

I. A. Sytnik – Assistant.

A. A. Simdyankin – Senior Lecturer.

Статья поступила в редакцию 22.05.2024; одобрена после рецензирования 23.05.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 22.05.2024; approved after reviewing 23.05.2024; accepted for publication 10.06.2024.