

УДК 664.951:597.317

В. Л. Астрамович, О. А. Голубева

Совершенствование процесса тепловой обработки ската звёздчатого

Представлены результаты разработки способа комбинированного бланширования (вода – пар) ската звёздчатого. Предложенный способ полностью исключает процесс предварительной отмочки и как следствие, оводнение мяса ската, позволяет получать полуфабрикат, пригодный для дальнейшей переработки как в кулинарных целях, так и для консервного производства. Анализ размерно-массовых характеристик крыльев ската звёздчатого, выловленного в Баренцевом море, позволил выделить группу сырья с удельной поверхностью $0,2560 \pm 0,05 \text{ м}^2/\text{кг}$, что соответствует 75 % от блока массой 10 кг, при средней массе образца 161,33 г. С помощью представленной экспериментальной установки возможно исследовать процесс бланширования водой, паром или комбинированным способом сырья как растительного, так и животного происхождения. Для планирования эксперимента применялся метод комбинаторных квадратов. Эффективность удаления мочевины из мяса ската звёздчатого подтверждалась экспериментально путем сравнения массовой доли карбамида в мышечной ткани ската до и после предварительной тепловой обработки с учетом особенностей исследуемого продукта. Разработанный режим комбинированного бланширования (вода – пар) для ската звёздчатого характеризуется эффективностью удаления мочевины (42,5 %) и может быть использован для промышленных бланширователей технологических линий. Математическая модель длительности обработки паром в зависимости от температуры воды и длительности обработки водой позволяет прогнозировать режим предварительной тепловой обработки сырья.

Ключевые слова: комбинированный способ бланширования, гидромодуль, скат звёздчатый.

Введение

Проблема повышения качества питания населения является одной из основополагающих проблем последних десятилетий. Увеличение численности жителей Земли и постепенное истощение пищевых ресурсов приводят к углублению данной проблемы год от года. Одним из вариантов ее решения представляется разработка технологий, позволяющих использовать для пищевых целей сырье, которое на сегодняшний день рассматривается как непищевое. Можно назвать целый ряд водных биологических ресурсов, до сих пор не нашедших достойного применения в качестве объектов переработки пищевой промышленности. Например, скат звёздчатый – тощая белковая рыба, белок которой "содержит все незаменимые аминокислоты, которые не синтезируются в организме человека" [1]. Аминокислотный состав белка ската звёздчатого представлен в табл. 1.

В материалах I Национальной заочной научно-технической конференции "Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации" отмечалось, что такое ценное сырье, как скат звёздчатый, относится к "недоиспользованным природным промысловым объектам". По данным ПИПРО, "величина общих запасов ската за последние годы в Баренцевом море колеблется от 80 до 116 тыс. т". "Средний многолетний вылов в прибрежной 50-мильной зоне Мурманска составил 0,5 тыс. т", при возможном вылове 4 тыс. т [2]. Большая часть добываемого ската звёздчатого направляется на производство кормовой муки, в то время как он может широко использоваться для приготовления БАДов и пищевых продуктов, в том числе функционального назначения [3; 4].

Основное препятствие для широкой промышленной переработки создает наличие в мясе ската карбамида в количестве, превышающем допустимые значения для пищевых целей и составляющем 1,2 % [5].

На сегодняшний день в Мурманском государственном техническом университете разработано несколько способов удаления карбамида из мяса ската звёздчатого: отмочка (вызывающая оводнение сырья и ухудшение его функционально-технологических свойств [6]) и бланширование водой (соотношение рыба : вода – 1 : 1). Разработанный способ бланширования водой отличается простотой исполнения, обеспечивает удаление мочевины ниже разрешенного для готового продукта порогового значения в 1,2 %, а также "упрощается процесс разделки ската при сохранении полезных соединений тканей, нечувствительных к действию высоких температур бланширования" [7]. Однако ограниченный диапазон рабочих температур воды приводит к ограничению диапазона потерь массы сырья.

Использование для бланширования ската только острого пара признано нецелесообразным, поскольку имеют место ухудшение органолептических свойств полуфабриката (размягчение мышечной ткани) и недопустимо высокие потери жира [5].

На основании вышеизложенного предложено разработать комбинированный способ бланширования ската звёздчатого с использованием в качестве теплоносителя сначала воды в расширенном диапазоне температур, затем пара с целью достижения наименьших и наибольших потерь массы сырья при одновременном удалении мочевины ниже порогового значения [8].

Таблица 1. Аминокислотный состав белка ската звёздчатого
(выловленного в Баренцевом море в марте – декабре 2009 г.) [3, с. 170–172]
Table 1. The amino acid composition of the protein of the stingray stellate
(caught in the Barents Sea in March – December, 2009)

Показатель	Мышечная ткань, мг/100 г ткани	Белок, %	"Идеальный" белок, %
Белок, %	17,8		
Незаменимые аминокислоты	7 013	39,4	
В том числе:			
валин	949	5,33	5,0
изолейцин	705	3,96	4,0
лейцин	1 493	8,39	7,0
лизин	1 668	9,37	5,5
метионин	477	2,68	3,5 (с цистином)
треонин	809	4,55	4,0
триптофан	175	0,98	1,0
фенилаланин	736	4,14	6,0 (с тирозином)
Заменимые аминокислоты	10 733	60,3	
В том числе:			
аланин	1 132	6,36	
аргинин	468	2,63	
аспарагиновая	2 296	12,9	
гистидин	366	2,06	
глицин	852	4,79	
глутаминовая	3 310	18,6	
пролин	594	3,34	
серин	936	5,26	
тирозин	568	3,19	
цистин	213	1,20	
Общее количество аминокислот	17 746	99,7	
Лимитирующая аминокислота, скор, %		Нет	

Материалы и методы

Объектом исследования выбран "Скат мороженый полуфабрикат для промышленной переработки" (ТУ 9261-028-00038155-02)¹.

Исследование проводилось в несколько этапов. На первом этапе блок сырья массой 10 кг был разморожен на воздухе за 24 часа при температуре 4 °С. Удельная поверхность крыльев ската определялась как отношение площади полной поверхности крыла к его массе [6]. Полученные результаты обработаны стандартными математическими методами, выбран и зафиксирован диапазон удельной поверхности.

На втором этапе проводилась разработка рациональных режимов комбинированного бланширования (вода – пар) для ската звёздчатого. Эксперименты выполнялись на разработанной экспериментальной установке периодического действия, подтвержденной патентом [9; 10]. Структурная схема установки представлена на рис. 1.

Образец вручную укладывался на сетчатый носитель, закрепленный на коленчатом валу, и помещался в зону бланширования водой. Затем путем поворота коленчатого вала носитель с образцом перемещался в зону обработки паром. По окончании процесса предварительной тепловой обработки (ПТО) образец удалялся из установки.

Планирование двухфакторного эксперимента было произведено по методу комбинаторных квадратов [11]. В качестве параметра оптимизации выбрана длительность обработки сырья паром, а факторами оптимизации – температура воды, которая варьировалась от 70 до 95 °С, и длительность обработки водой – от 60 до 300 с. Температура пара не изменялась и составляла 100 °С.

Окончание процесса бланширования соответствовало достижению в центре образца температуры 60 ± 1 °С [5; 7]. Остаточное содержание карбамида в бланшированном полуфабрикате было определено модифицированным фотоколориметрическим методом по ГОСТ Р 50032-92 "Мука кормовая из рыбы, морских

¹ Скат мороженый полуфабрикат для промышленной переработки : ТУ 9261-028-00038155-02 : утв. Гос. ком. Рос. Федерации по рыболовству 27.12.2002 : введ. в действие с 01 марта 2003 г. М., 2002. 9 с.

млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных. Методы определения массовой доли карбамида и расчета сырого протеина с учетом массовой доли карбамида" с учетом особенностей исследуемого продукта².

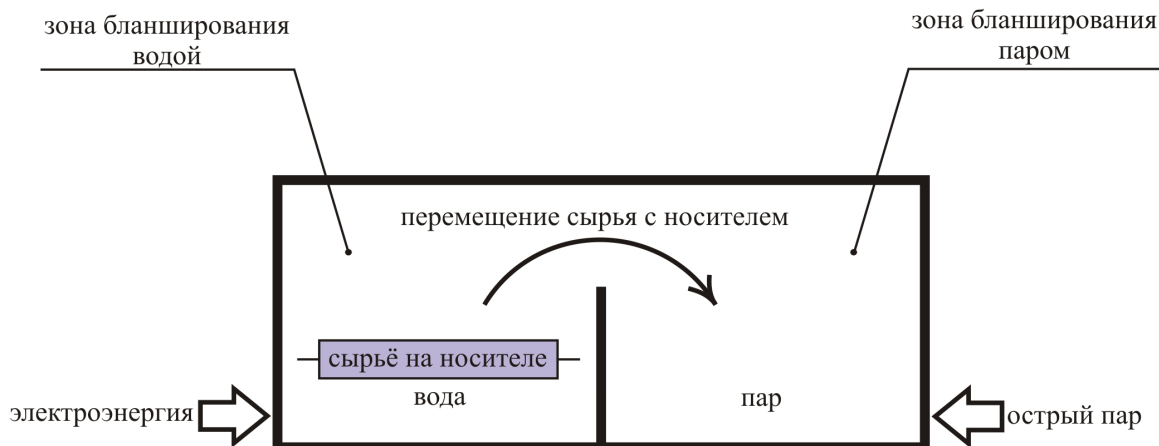


Рис. 1. Структурная схема экспериментальной установки для комбинированного бланширования
Fig. 1. Structural diagram of the experimental unit for combined blanching

Статистическая обработка полученных результатов методом нелинейной регрессии осуществлялась с использованием программы DataFit версия 9.1.32. Адекватность математической модели проводилась с помощью критерия Фишера и коэффициента детерминации [12]. Функцией отклика являлась длительность обработки паром, с; варьируемыми факторами: температура воды x_1 , °C; время обработки водой x_2 , с.

Результаты и обсуждение

Необходимость первого этапа исследования обусловлена невозможностью обеспечения одинаковых геометрических размеров крыльев ската. В результате предварительных исследований установлено, что удельная поверхность крыла ската изменялась от 0,1667 до 0,4360 м²/кг при изменении массы от 48,57 до 264,18 г.

В ходе проведения первого этапа работы выделены три размерно-массовые группы сырья, содержащегося в блоке массой 10 кг (время вылова – осень 2016 г.), представленные на рис. 2. Полученные результаты подтверждены последующими исследованиями в течение нескольких сезонов вылова (с осени 2016 г. по осень 2018 г. включительно).

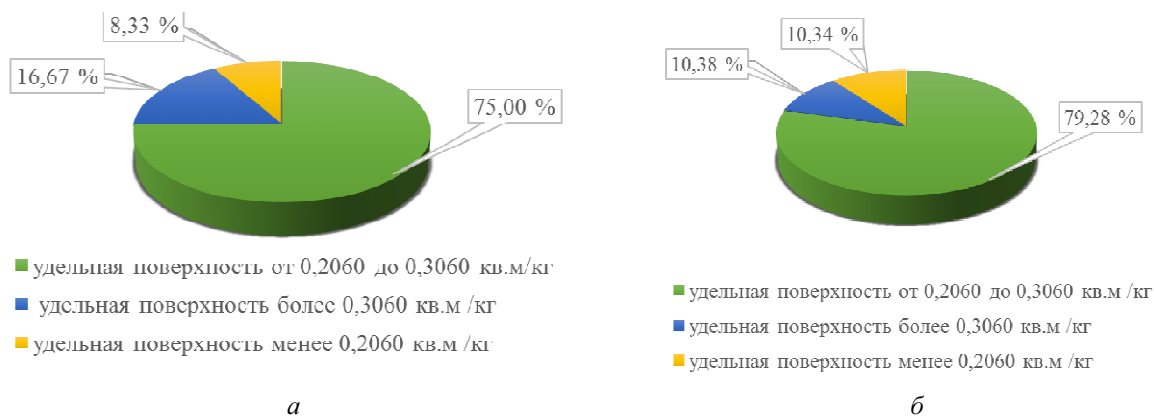


Рис. 2. Размерно-массовые группы сырья крыльев ската мороженого (ТУ 9261-028-00038155 "Скат мороженный полуфабрикат для промышленной переработки") блока массой 10 кг:
a – по удельной поверхности; *б* – по массе

Fig. 2. Size-mass groups of raw materials for frozen stingray wings of a block weighing 10 kg:
a – on the specific surface; *б* – by weight

² ГОСТ Р 50032-92. Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных. Методы определения массовой доли карбамида и расчета сырого протеина с учетом массовой доли карбамида. М., 1998. 44 с.

На основании проведенного анализа представленных результатов для проведения дальнейших экспериментальных исследований выбрана группа сырья с удельной поверхностью $0,2560 \pm 0,05$ м²/кг и средней массой образца 161,33 г.

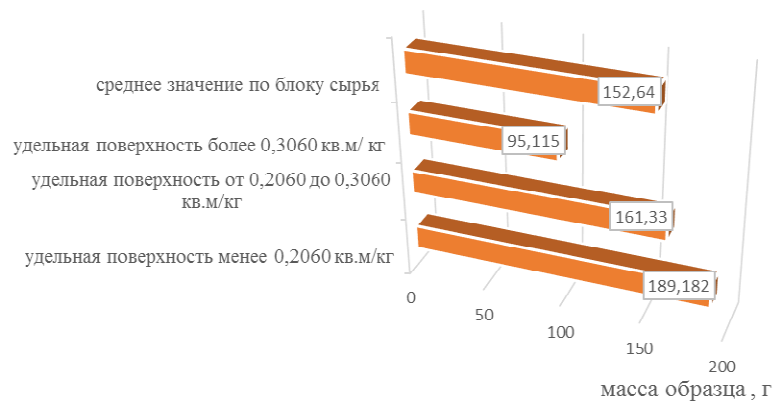


Рис. 3. Сравнение средней массы образцов крыльев ската мороженого
 Fig. 3. Comparison of the average mass of samples of frozen stingray wings

Для проведения второго этапа исследования определены два гидромодуля 1 : 9 и 1 : 15, которые могут быть рекомендованы для промышленных бланширователей.

В результате реализации плана эксперимента и оценке эффективности удаления мочевины выделен режим, рекомендованный для промышленного применения и представленный в табл. 2.

Таблица 2. Рекомендуемый промышленный режим комбинированного бланширования (вода – пар) ската звёздчатого

Table 2. Recommended industrial mode of combined blanching (water – steam) of the stingray stellate

Гидромодуль (рыба – вода)	Длительность обработки, с		Температура теплоносителя, °С		Потери массы, %	Выход полуфабриката, %	Эффективность удаления мочевины при ПТО (бланширование "вода – пар") с учетом потерь массы полуфабриката, %
	вода	пар	вода	пар			
1 : 9	180	150	90	100	11, 2	88,8	42,50

Длительность обработки паром при фиксированной удельной поверхности описывается уравнением нелинейной регрессии, полученным в результате обработки экспериментальных данных:

$$y = 401114,922 + 19732,849x_1 + 362,628x_1^2 + 2,950 + 0,009 + 1,325x_2 + 0,004x_2^2.$$

Поверхность отклика факторного пространства длительности обработки паром для гидромодуля 1 : 9 представлена на рис. 4. При $p = 0,95$ критерий Фишера $F_{\text{факт}} = 4,318$ ($F_{\text{табл}} = 3,52$), коэффициент детерминации $R^2 = 0,56$. Таким образом, модель принята допустимой, адекватной, все коэффициенты уравнения – значимы.

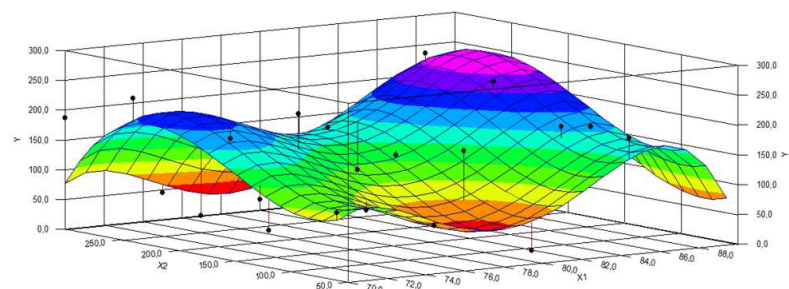


Рис. 4. Поверхность отклика факторного пространства длительности обработки паром при гидромодуле 1 : 9
 Fig. 4. Surface response of the factor space of the duration of steaming at the hydromodule 1 : 9

Использование полученной поверхности отклика позволяет прогнозировать длительность обработки паром ската звёздчатого при комбинированном бланшировании (вода – пар).

Заключение

Проведенные исследования позволили установить, что для крыльев ската звёздчатого "Скат мороженный полуфабрикат для промышленной переработки" (ТУ 9261-028-00038155-02), выловленного в Баренцевом море, удельная поверхность составляет $0,2560 \pm 0,05$ м²/кг, что соответствует 75 % от блока массой 10 кг, при средней массе образца 161,33 г.

Разработанное уравнение нелинейной регрессии, описывающее влияние температуры воды и длительности обработки водой на длительность обработки паром крыльев ската звёздчатого при комбинированном бланшировании (вода – пар), позволяет прогнозировать режим бланширования.

Разработанный способ комбинированного бланширования (вода – пар) ската звёздчатого полностью исключает процесс предварительной отмоки и как следствие, оводнение мяса ската. Указанный способ позволит получать полуфабрикат, пригодный для дальнейшей переработки в пищевых целях.

Для промышленного применения может быть рекомендован следующий режим комбинированного бланширования (вода – пар): гидромодуль 1 : 9, длительность обработки водой 180 с (3 мин) при температуре воды 90 °С, последующая обработка паром в течение 150 с (2,5 мин) при температуре пара 100 °С. Выбранный режим имеет эффективность 42,5 %, практически равную эффективности других способов бланширования ската звёздчатого, при более высоком выходе полуфабриката, равном 88,8 %. Полученный полуфабрикат может быть рекомендован как для приготовления кулинарной продукции, так и для производства консервов из ската звёздчатого.

Библиографический список

1. Константинова Л. Л. Технохимическая характеристика некоторых скатов морей Северо-Европейского бассейна и Северной Атлантики и перспективы их использования // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. "Наука и образование – 2004", Мурманск, 7–15 апреля 2004 г. : в 6 ч. Ч. 4. Мурманск : МГТУ, 2004. С. 414–419.
2. Бойко А. А., Дубровин С. Ю. Некоторые возможности применения биологических активных веществ пептидной природы из ската звёздчатого (*Raja radiata*) // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации : материалы I Нац. заочной науч.-техн. конф., Владивосток, 22 дек. 2017 г. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2017. С. 3–6.
3. Константинова Л. Л. Нетрадиционные объекты промысла Северной Атлантики и морей Североевропейского бассейна и перспективы их использования. Мурманск : ПИПРО, 2009. 198 с.
4. Скачков В. П. Пищевое использование мяса океанических хрящевых рыб. М. : Пищевая пром-сть, 1975. 53 с.
5. Щетинский В. В., Шокина Ю. В., Павлова В. В., Саенкова И. В. Обоснование режимов тепловой обработки полуфабриката из ската звёздчатого при производстве рыбной кулинарной продукции функционального назначения // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. № 1 (59). С. 102–107.
6. Корчунов В. В. Создание новых видов продукции из малоиспользуемого сырья Северного бассейна // Молодой ученый. 2012. Т. 1, № 7 (42). С. 28–33.
7. Способ приготовления кулинарного продукта из ската колючего : пат. 2495599 Рос. Федерация / Шокина Ю. В., Обухова Н. Е., Щетинский В. В. ; № 2012123490/13, заявл. 06.06 2012 ; опубл. 20.10.2013, Бюл. № 29.
8. Астрамович В. Л., Райбулов С. П., Голубева О. А. Разработка оптимального режима комбинированного бланширования ската звёздчатого // Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 7 апреля 2015 г. : в 2 ч. Ч. 2. Мурманск : МГТУ, 2015. С. 18–21.
9. Астрамович В. Л., Голубева О. А. Экспериментальная установка для исследования процесса комбинированного бланширования // Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 8 апреля 2016 г. : в 2 ч. Ч. 2. Мурманск : МГТУ, 2016. С. 98–102.
10. Экспериментальная установка для комбинированного бланширования сырья : пат. на полезную модель 174298 Рос. Федерация / Астрамович В. Л., Голубева О. А. ; № 2016151459, заявл. 26.12.2016 ; опубл. 11.10.2017, Бюл. № 29.
11. Протодьяконов М. М., Тедер Р. И. Методика рационального планирования экспериментов. М. : Наука, 1970. 76 с.
12. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Наука, 1976. 279 с.

References

1. Konstantinova L. L. Tehnohimicheskaya harakteristika nekotoryh skatov morey Severo-Evropeyskogo basseyna i Severnoy Atlantiki i perspektivy ih ispolzovaniya [Technochemical characteristics of some skates of the seas of the North European basin and North Atlantic and the prospects for their use] // Materialy Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. "Nauka i obrazovanie – 2004", Murmansk, 7–15 aprelya 2004 g. : v 6 ch. Ch. 4. Murmansk : MGTU, 2004. P. 414–419.
2. Boyko A. A., Dubrovin S. Yu. Nekotorye vozmozhnosti primeneniya biologicheskikh aktivnykh veschestv peptidnoy prirody iz skata zvezdchatogo (Raja radiata) [Some possibilities of application of biological active substances of the peptide nature of Stingray starry (Raja radiata)] // Innovatsionnoe razvitie rybnoy otrasli v kontekste obespecheniya prodovolstvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii : materialy I Nats. zaochnoy nauch.-tehn. konf., Vladivostok, 22 dek. 2017 g. Vladivostok : Dalryibvtuz, 2017. P. 3–6.
3. Konstantinova L. L. Netraditsionnye ob'ekty promysla Severnoy Atlantiki i morey Severoevropeyskogo basseyna i perspektivy ih ispolzovaniya [Non-traditional fishing facilities of the North Atlantic and the seas of the North European Basin and prospects for their use]. Murmansk : PINRO, 2009. 198 p.
4. Skachkov V. P. Pischevoe ispolzovanie myasa okeanicheskikh hryashevyyh ryb [Food use of meat of oceanic cartilaginous fish]. M. : Pischevaya prom-st, 1975. 53 p.
5. Schetinskiy V. V., Shokina Yu. V., Pavlova V. V., Saenkova I. V. Obosnovanie rezhimov teplovy obrabotki polufabrikata iz skata zvezdchatogo pri proizvodstve rybnoy kulinarnoy produktsii funktsionalnogo naznacheniya [Substantiation of the modes of heat treatment of semi-finished product from stellate sting in the production of fish culinary products of a functional purpose] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologiy. 2014. N 1 (59). P. 102–107.
6. Korchunov V. V. Sozdanie novykh vidov produktsii iz maloispolzuemogo syrya Severnogo basseyna [Creation of new types of products from underutilized raw materials of the Northern Basin] // Molodoy ucheniy. 2012. V. 1, N 7 (42). P. 28–33.
7. Sposob prigotovleniya kulinarnogo produkta iz skata kolyuchego [A method of preparing a culinary product from stingray] : pat. 2495599 Ros. Federatsiya / Shokina Yu. V., Obuhova N. E., Schetinskiy V. V. ; N 2012123490/13, zayavl. 06.06 2012 ; opubl. 20.10.2013, Byul. N 29.
8. Astramovich V. L., Raybulov S. P., Golubeva O. A. Razrabotka optimalnogo rezhima kombinirovannogo blansirovaniya skata zvezdchatogo [Development of the optimal regime for combined blanching of the stellate slope] // Sovremennye ekologo-biologicheskie i himicheskie issledovaniya, tekhnika i tekhnologiya proizvodstv : materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Murmansk, 7 aprelya 2015 g. : v 2 ch. Ch. 2. Murmansk : MGTU, 2015. P. 18–21.
9. Astramovich V. L., Golubeva O. A. Eksperimentalnaya ustanovka dlya issledovaniya protsessa kombinirovannogo blansirovaniya [Experimental installation for studying the process of combined blanching] // Sovremennye ekologo-biologicheskie i himicheskie issledovaniya, tekhnika i tekhnologiya proizvodstv : materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Murmansk, 8 aprelya 2016 g. : v 2 ch. Ch. 2. Murmansk : MGTU, 2016. P. 98–102.
10. Eksperimentalnaya ustanovka dlya kombinirovannogo blansirovaniya syrya [Experimental installation for combined blanching of raw materials] : pat. na poleznuyu model 174298 Ros. Federatsiya / Astramovich V. L., Golubeva O. A. ; N 2016151459, zayavl. 26.12.2016 ; opubl. 11.10.2017, Byul. N 29.
11. Protodyakonov M. M., Teder R. I. Metodika ratsionalnogo planirovaniya eksperimentov [Methods for rational planning of experiments]. M. : Nauka, 1970. 76 p.
12. Adler Yu. P., Markova E. V., Granovskiy Yu. V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimalnykh usloviy [Planning of the experiment in the search for optimal conditions]. 2-e izd., pererab. i dop. M. : Nauka, 1976. 279 p.

Сведения об авторах

Астрaмoвич Владислав Леонидович – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский государственный технический университет, аспирант; e-mail: prosto_sahar@mail.ru

Astramovich V. L. – 13, Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk State Technical University, Ph. D. Student; e-mail: prosto_sahar@mail.ru

Голубева Ольга Алексеевна – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский государственный технический университет, канд. техн. наук, доцент; e-mail: Golubevaoa@mstu.edu.ru

Golubeva O. A. – 13, Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk State Technical University, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor; e-mail: Golubevaoa@mstu.edu.ru

V. L. Astramovich, O. A. Golubeva

Improving the process of heat treatment of the stingray stellate

The results of developing a method for combined blanching (water – steam) of a stingray stellate have been presented. The proposed method completely excludes the process of preliminary wetting and, as a consequence the hydration of stingray meat; allows one to get a semi-finished product suitable for further processing for culinary purposes, as well as for canning. Analysis of the mass-size characteristics of wings of stingray stellate, caught in the Barents Sea, made it possible to identify a group of raw materials with a specific surface area $0.2560 \pm 0.05 \text{ m}^2/\text{kg}$, which corresponds to 75 % of the block weighing 10 kg with an average mass of the sample equal to 161.33 g. The presented experimental setup allows investigating the process of blanching with water, steam or a combined method of raw materials of both plant and animal origin. To plan the experiment, the combinatorial squares method has been applied. The effectiveness of urea removal from the stingray stellate meat has been confirmed experimentally by comparing the mass fraction of carbamide in muscle scate tissue before and after preliminary heat treatment accounting the characteristics of the product under study. The developed mode of combined blanching (water – steam) for stingray is characterized by an effective removal of urea (42.5 %) and can be used for industrial blanchers of processing lines. The mathematical model of the duration of steam treatment depending on the water temperature and the duration of water treatment, makes it possible to predict the regime of preliminary heat treatment of raw materials.

Key words: combined blanching method, hydromodule, stingray stellate.