

УДК 664.9.022

Экструзия в технологиях переработки хрящевых рыб Северного бассейна

О. А. Голубева*, Е. О. Греков, С. А. Титова

*Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск, Россия;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2747-3054>, e-mail: golubevaoo@mstu.edu.ru

Информация о статье Реферат

Поступила в редакцию
30.06.2019;

получена после
доработки
31.08.2019

Ключевые слова:

измельчение,
экструзия,
скат звездчатый,
размороженный,
бланшированный

Одной из основных задач развития отечественного рыбохозяйственного комплекса на современном этапе является повышение эффективности добычи водных биологических ресурсов (ВБР) и оптимизация производств по их переработке. Нарастание темпов переработки ВБР связано с поиском и внедрением энергосберегающих, малоотходных и безотходных технологий в целях увеличения количества и расширения разнообразия видов выпускаемой как кормовой, так и пищевой продукции. Ценным сырьем, содержащим значительное количество качественного белка, а также ряд важных для питания микроэлементов, является скат звездчатый. Высокое содержание в мясе ската хондроитинсульфата делает его незаменимым компонентом в функциональном питании и при создании специальных кормов. В результате проведенного исследования определены рациональные режимы измельчения ската звездчатого с применением экструзии. Обоснована целесообразность использования разных матриц для различного состояния сырья. Получены уравнения регрессии, описывающие влияние комплексного параметра – коэффициента геометрической формы отверстия, учитывающего как диаметр, так и форму отверстия матрицы, и степени измельчения сырья на давление измельчения. Измельчительная матрица с отверстиями типа "конус – конус" 8/7/8 рекомендована к использованию при производстве кормовых фаршей из размороженного ската, поскольку позволяет получить давление измельчения, приближенное к минимальному, и составляющему $31,33 \pm 0,94$ кгс/см² ($3,07 \pm 0,09$ МПа) при степени измельчения 3,09. Для бланшированного ската рекомендовано использование матрицы с отверстиями типа "конус – конус" 5,5/4,5/5,5, которая позволяет получить фарш с наибольшим содержанием хряща $14,38 \pm 0,52$ г на 100 г бланшированного сырья при давлении $7,63 \pm 0,27$ кгс/см² ($0,75 \pm 0,02$ МПа) и степени измельчения 11,41. Таким образом, применение экструзии при переработке рыбного сырья Северного бассейна позволяет получать как кормовые, так и пищевые полуфабрикаты, пригодные для употребления и дальнейшей обработки.

Для цитирования

Голубева О. А. и др. Экструзия в технологиях переработки хрящевых рыб Северного бассейна. Вестник МГТУ. 2019. Т. 22, № 3. С. 371–378. DOI: 10.21443/1560-9278-2019-22-3-371-378.

Extrusion in the production technologies of North Basin cartilage fish

Olga A. Golubeva*, Evgeny O. Grekov, Svetlana A. Titova

*Murmansk State Technical University, Murmansk, Russia;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2747-3054>, e-mail: golubevaoo@mstu.edu.ru

Article info

Received
30.06.2019;

received in revised
31.08.2019

Key words:

grinding,
extrusion,
Stellate stingray,
unfrozen,
blanched

Abstract

Nowadays one of the main tasks of developing domestic fishery complex is increasing efficiency of aquatic biological resources (ABR) extraction and optimizing their processing. The increased pace of processing of ABR is associated with the searching and introduction of energy-saving, low-waste and non-waste technologies in order to increase the quantity and expand the variety of types of both feed and food products. Stellate stingray is a valuable raw material containing a significant amount of high-quality protein, as well as a number of important trace elements for nutrition. There is a high concentration of chondroitin sulfate in the stingray meat that makes it an indispensable component in functional nutrition, as well as in the creation of special feeds. As a result of the study, rational modes of grinding Stellate stingray meat with extrusion have been recommended for using. The feasibility of using different matrices for different conditions of raw materials has been substantiated. Regression equations has been obtained for describing the effect of a complex parameter – the coefficient of the geometric shape of the hole taking into account both the diameter and the shape of the matrix hole, and the degree of grinding of raw materials on the grinding pressure. The grinding matrix with 8/7/8 "cone – cone" type openings is recommended for use in the production of feed stuffing from thawed stingray, as it allows to get grinding pressure close to the minimum and 31.33 ± 0.94 kgf/cm² (3.07 ± 0.09 MPa) with a grinding degree of 3.09. For a blanched slope, it has been recommended to use a matrix with holes like 5.5/4.5/5.5 "cone – cone" which allows to obtain minced meat with the highest content of cartilage 14.38 ± 0.52 g per 100 g of blanched raw the pressure of 7.63 ± 0.27 kgf/cm² (0.75 ± 0.02 MPa) and a grinding degree of 11.41. Therefore using the extrusion in the processing of North Basin fish raw materials allows to get both feed and food semi-finished products suitable for consumption and further processing.

For citation

Golubeva, O. A. et al. 2019. Extrusion in the production technologies of North Basin cartilage fish. *Vestnik of MSTU*, 22(3), pp. 371–378. (In Russ.) DOI: 10.21443/1560-9278-2019-22-3-371-378.

Введение

Основная цель развития национального рыбохозяйственного комплекса (РХК) предусматривает реализацию ряда актуальных задач, в том числе таких как достижение к 2020 г. уровня экономического и социального развития РХК, соответствующего статусу Российской Федерации как одной из ведущих стран современного мира, занимающей передовые позиции на мировом экономическом рынке, развитие добычи водных биологических ресурсов (ВБР) и оптимизацию различных производств, перерабатывающих продукцию водного промысла. Нарастание темпов переработки ВБР связано с поиском и внедрением новых технологий в целях расширения и увеличения количества и разнообразия видов выпускаемой пищевой и кормовой продукции из гидробионтов.

Указом Президента РФ от 06.08.2014 № 540 в условиях непростой экономической ситуации были сформулированы задачи обеспечения быстрого импортозамещения для агропромышленного комплекса, в том числе и в части поставок сырья для пищевой и кормовой промышленности¹. Действие означенного подзаконного акта было пролонгировано целым рядом указов Президента РФ. Таким образом, разворот государственной политики в сторону импортозамещения носит долгосрочный, стратегический характер и прочно закреплен в действующей нормативно-правовой базе. В таких реалиях вопросы поиска качественного и недорогого сырья для производства пищевых продуктов и кормов с высоким содержанием белка обретают особую актуальность. Эти задачи можно решить только комплексно, задействовав разнообразные ресурсы, в том числе используя местное сырье Арктической зоны нашей страны.

Для такого региона как Мурманская область наиболее актуальными являются вопросы разработки новейших малоотходных и безотходных комплексных технологий переработки ВБР в целях наиболее полного освоения малоценных, неиспользуемых и недоиспользуемых объектов промысла, отходов производства рыбной продукции.

В настоящее время большую популярность среди производителей пищевых продуктов и их потребителей имеет продукция из сырья морского происхождения. Одним из самых популярных продуктов данной сферы являются рыбные фарши. Сегодня на рынке предлагается большой выбор различных фаршей из сырья морского происхождения, но, к сожалению, далеко не все виды морских ресурсов используются в полной мере. Некоторые виды ВБР недоиспользуются или не используются вовсе, хотя происходит добыча данного сырья в качестве примесей или прилова (*Райбулов и др., 2016*).

На сегодняшний день отмечается повышенный спрос на кормовые продукты из сырья морского происхождения, поскольку корма из рыбы отличаются особенно высоким уровнем содержания протеина как незаменимой и наиболее дорогостоящей части рационов кормления сельскохозяйственных и других видов животных и птицы (*Гаврилов, 2015*).

Наиболее известны и распространены такие способы изготовления кормовых продуктов на основе ВБР, как производство кормовой рыбной муки и рыбных гидролизатов (*Гаврилов, 2013*). Однако не менее перспективными являются новые технологии производства кормовых продуктов на основе фарша рыбы – измельченной механическими способами массы из рыбного сырья, обладающей улучшенными питательными свойствами (*Гаврилов и др., 2013*).

Актуальным решением поставленных задач может стать замена традиционных подходов к производству пищевых и кормовых фаршей из сырья морского происхождения технологией, основанной на применении метода экструзии, позволяющей исключить избыточные операции, более эффективно сохранять уровень питательных веществ в конечном продукте, а также ощутимо снизить экономические затраты на его производство (*Титова и др., 2016*). Следует отметить, что добываемое в последние годы в Северном бассейне рыбное сырье в аналогичных исследованиях практически не представлено, а экструзионные установки поршневого типа в технологических линиях по производству пищевых и кормовых фаршей отсутствуют.

Целью данной работы является разработка рациональных режимов измельчения рыбного сырья Северного бассейна на примере ската звездчатого с применением экструдера-измельчителя поршневого типа.

Полученные результаты могут быть рекомендованы к использованию в технологиях производства пищевых и кормовых рыбных фаршей.

Материалы и методы

Объектом исследования выбраны крылья ската размороженные и бланшированные, полученные из мороженого сырья по ТУ 9261-028-00038155-02 "Скат мороженный полуфабрикат для промышленной переработки"².

¹ Указ Президента РФ от 6 августа 2014 г. № 560 "О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации" [электронный ресурс]. Система ГАРАНТ: <http://base.garant.ru/70711352/>.

² Скат мороженный 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.

Сырье предварительно дефростировалось воздушным способом в течение суток с поддержанием температуры в камере дефростации +4 °С. Перед проведением экспериментальных исследований сырье подвергалось органолептической оценке.

Для определения рационального режима измельчения размороженного сырья оно предварительно нарезалось на куски примерно одинакового объема, образуя партию. Из каждой партии выбиралось по 5 образцов, для которых определялся объем методом Архимеда. Средний объем образца партии рассчитывался как среднее арифметическое объемов 5 выбранных образцов.

Для определения рационального режима измельчения бланшированного сырья с образцов, прошедших предварительную тепловую обработку (бланширование), была удалена кожа. Подробный процесс подготовки бланшированного сырья представлен в источнике (Голубева и др., 2018б).

Способ получения фарша с применением экструзии реализован и был изучен на экспериментальном экструдере-измельчителе поршневого типа, разработанном на кафедре технологического и холодильного оборудования Мурманского государственного технического университета; он может быть использован для измельчения замороженного, размороженного и бланшированного сырья. Технический результат, достигаемый с помощью данной установки, "состоит в упрощении кинематической схемы механизма, повышении качества получаемого полуфабриката путем исключения процесса отепления сырья и обогащения его микроэлементами за счет измельчения без предварительной разделки, а также более рационального использования сырьевых ресурсов" (Поршневой..., 2016). Подробно экспериментальная экструзионная установка описана в работе (Голубева и др., 2018а).

Экспериментальные исследования были проведены с использованием матриц, характеристики которых представлены в табл. 1. По результатам предварительных экспериментальных исследований для измельчения бланшированного сырья применены все представленные матрицы, а для измельчения размороженного сырья – матрицы с диаметром рабочего отверстия 7 мм (за исключением матрицы с отверстием типа "цилиндр" 7 мм). Отверстия большего диаметра для измельчительных матриц применять нецелесообразно, поскольку структура получаемого фарша отличается значительной неоднородностью. Использование отверстий меньшего диаметра невозможно из-за значительного возрастания давлений и разрушения матриц.

Таблица 1. Характеристики измельчительных матриц
Table 1. Characteristics of the grinding matrices

| Тип и количество отверстий | Соотношение диаметров отверстия, мм | Коэффициент геометрической формы отверстия, см ³ |
|----------------------------|-------------------------------------|---|
| Конус – цилиндр, 19 шт. | 8\7\7 | 0,534748 |
| Конус – цилиндр, 19 шт. | 5,5\4,5\4,5 | 0,095059 |
| Конус – конус, 19 шт. | 8\7\8 | 0,323057 |
| Конус – конус, 19 шт. | 5,5\4,5\5,5 | 0,062635 |
| Конус – конус, 60 шт. | 3\2\3 | 0,011160 |
| Конус, 19 шт. | 9\7 | 0,100694 |
| Конус, 19 шт. | 6,5\4,5 | 0,021198 |
| Цилиндр, 19 шт. | 7 | 0,186515 |
| Цилиндр, 19 шт. | 4,5 | 0,031855 |

Примечание. Высота каждой части отверстия составляет ½ часть толщины матрицы, тангенс угла наклона боковой поверхности отверстий матриц к горизонтальной поверхности постоянен и равен 6 (Измельчительная..., 2018). Формулы для расчета коэффициентов геометрической формы отверстия подробно представлены в работе (Голубева и др., 2018а).

В ходе эксперимента определялся объем образцов, их удельная поверхность, масса, начальная и конечная температура рабочей камеры, температура сырья и полученного фарша, усилие продавливания, время эксперимента, масса отходов. Изменения параметров в ходе экспериментальных исследований представлены в табл. 2.

Минимизация числа опытов обеспечена планированием экспериментального исследования по методу латинских квадратов (Протодьяконов и др., 1970).

Обработка экспериментальных результатов выполнена методом линейной регрессии с использованием программы DataFit версия 9.1.32. Адекватность полученных математических моделей определялась критерием Фишера (F -критерием) и коэффициентом детерминации. Значимость каждого коэффициента регрессии определялась критерием Стьюдента (t -критерия) (Адлер и др., 1976). Наименьшие значения функций определены методом дифференцирования.

Таблица 2. Изменения параметров в ходе экспериментальных исследований
Table 2. Changes in parameters during experimental studies

| Параметр | Вид сырья | |
|--|--------------------|---------------------|
| | скат размороженный | скат бланшированный |
| Объем образца, см ³ | 5,20 ÷ 34,02 | 28,74 ÷ 139,80 |
| Эквивалентный диаметр, мм | 21,60 ÷ 40,37 | 38,00 ÷ 62,20 |
| Удельная поверхность, м ² /кг | 0,2575 ÷ 1,500 | 0,101 ÷ 2,441 |
| Масса сырья, загружаемого в рабочую камеру, г | 39,62 ÷ 105,63 | 31,42 ÷ 152,83 |
| Температура рабочих органов экструзионного блока, °С | 1 ÷ 3 | 19 ÷ 25 |
| Температура сырья, °С | 0 ÷ 2 | 10 ÷ 22 |
| Температура фарша, °С | 0 ÷ 3 | 17 ÷ 25 |

Функцией отклика являлось усилие продавливания y , МПа, а варьируемыми факторами: коэффициент формы отверстия x_1 (см³) и степень измельчения сырья x_2 (безразмерная величина).

Определение плотности сырья проводилось методом Архимеда.

Для определения содержания хряща в фарше из бланшированных крыльев ската навеска массой 100 г промывалась под струей проточной холодной воды до полного вымывания мяса ската на сите марки MNOSZ 695 с диаметром отверстий 1,4 мм, затем выдерживалась для стекания. Оставшийся на сите хрящ взвешивался.

Определение удельного усилия резания образцов ската в различном состоянии проводилось с помощью прочностномера Food Checker модели 302-B.

Достоверность полученных результатов обеспечивалась трехкратным повторением каждого эксперимента.

Для графической обработки полученных результатов применено программное обеспечение Microsoft Office Excel с проведением последующего анализа.

Результаты и обсуждение

Изменение параметров процесса измельчения ската звездчатого в ходе экспериментальных исследований показано в табл. 3.

Таблица 3. Изменение параметров процесса измельчения замороженного ската звездчатого
Table 3. Changing the parameters of the grinding process of frozen stellate

| Параметр | Значение для сырья | |
|--|-----------------------|----------------------|
| | скат размороженный | скат бланшированный |
| Степень измельчения | 3,09 ÷ 5,77 | 6,57 ÷ 31,10 |
| Рабочее давление измельчения, МПа (кгс/см ²) | 2,94 ÷ 7,85 (30 ÷ 80) | 0,49 ÷ 3,14 (5 ÷ 32) |
| Длительность процесса измельчения, с | 6,46 ÷ 65,00 | 11,00 ÷ 58,00 |

Уравнение (1) адекватно описывает зависимость давления измельчения размороженного (y_1), а уравнение (2) – бланшированного (y_2) ската звездчатого от коэффициента геометрической формы отверстия матрицы (x_1) и степени измельчения сырья (x_2):

$$y_1 = 2,424 - 18,321 x_1 + 32,870 x_1^2 + 1,013 x_2, \quad (1)$$

$$y_2 = 1,889 - 3,817 x_1 + 6,595 x_1^2 - 0,146 x_2 + 0,006 x_2^2, \quad (2)$$

где x_1 – коэффициент геометрической формы отверстия, см³; x_2 – степень измельчения сырья, безразмерная величина.

По совокупности значений критерия Фишера (F -критерия) и коэффициентов детерминации ($R^2_1 = 0,899$ и $R^2_2 = 0,936$ соответственно) модели признаны адекватными, все коэффициенты уравнений – значимы.

На рис. 1 представлены поверхности отклика факторного пространства для давления измельчения размороженного и бланшированного ската звездчатого.

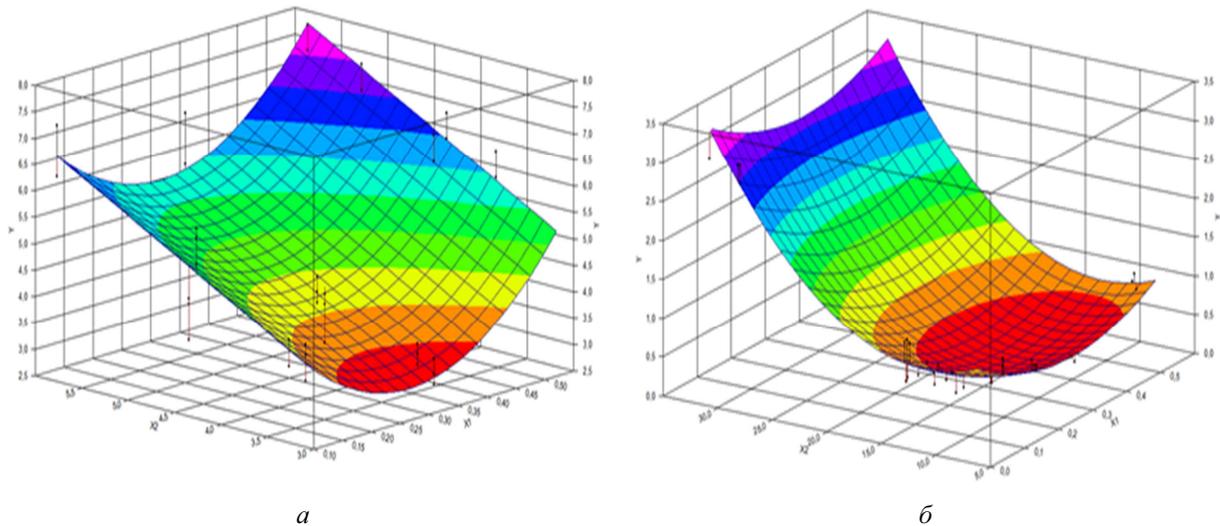


Рис. 1. Поверхность отклика факторного пространства для давления измельчения размороженного (а) и бланшированного (б) ската звездчатого: x_1 – коэффициент геометрической формы отверстия, см^3 ; x_2 – степень измельчения сырья, безразмерная величина

Fig. 1. The response surface of the factor space for the grinding pressure of the thawed (a) and blanched (б) stellate rays: x_1 is the coefficient of the geometric shape of the hole, см^3 ; x_2 – the degree of grinding of raw materials, dimensionless value

Минимальное давление измельчения для размороженного ската соответствует $x_1 \approx 0,2787 \text{ см}^3$ и $x_2 = 3,09$, бланшированного – $x_1 \approx 0,2893 \text{ см}^3$ и $x_2 = 11,41$. Рассчитанный коэффициент геометрической формы отверстия наиболее близок матрице с отверстиями типа "конус – конус". Однако диаметр отверстия матрицы, соответствующей рассчитанному коэффициенту формы, не технологичен для изготовления, поэтому для обеспечения рационального режима измельчения была выбрана матрица с отверстиями типа "конус – конус" 8/7/8 (табл. 1). Отклонение расчетного давления измельчения для принятой матрицы с учетом полученных математических моделей от минимально возможного составляет 1,84 и 1,31 % соответственно, что приемлемо для научных и инженерных расчетов. Полученные результаты подтверждены экспериментально. Рабочее давление измельчения на выбранной матрице для размороженного сырья составляет $31,33 \pm 0,94 \text{ кгс/см}^2$ ($3,07 \pm 0,09 \text{ МПа}$) при степени измельчения 3,09.

В ходе органолептической оценки фарша, полученного при измельчении на матрице с отверстиями типа "конус – конус" 8/7/8 из бланшированных крыльев ската, установлено, что кусочки хряща имеют значительный размер. Это препятствует дальнейшему использованию фарша в пищевых целях.

На основании проведенного анализа результатов экспериментов по определению давления измельчения бланшированного сырья была выбрана матрица с отверстиями типа "конус – конус" 5,5\4,5\5,5. Для той же степени измельчения $x_2 = 11,41$ при коэффициенте геометрической формы отверстия матрицы $x_1 = 0,062635 \text{ см}^3$ расчетное давление по уравнению (2) составило 0,79 МПа. Результаты подтверждены экспериментально, действительное давление измельчения составило $7,63 \pm 0,27 \text{ кгс/см}^2$ ($0,75 \pm 0,02 \text{ МПа}$). Отклонение от расчетного значения – 3,4 %.

Фарш, полученный с использованием выбранной матрицы, отличается однородной структурой и содержит наибольшее количество хряща $14,38 \pm 0,52 \text{ г}$ на 100 г бланшированного сырья, что подтверждается графической зависимостью, представленной на рис. 2.

Изменение плотности сырья в зависимости от его температуры представлено на рис. 3 и свидетельствует об устойчивом тренде увеличения плотности крыльев ската с увеличением его температуры.

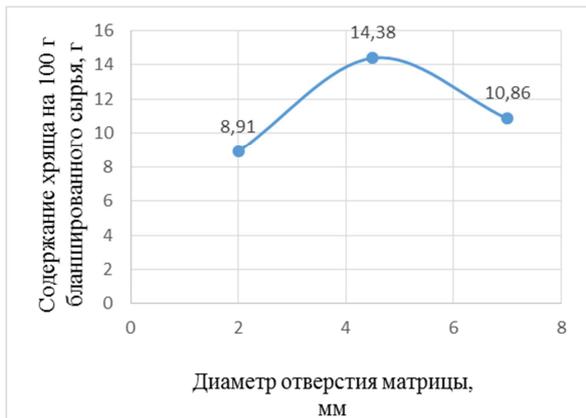


Рис. 2. Изменение содержания хряща в фарше из бланшированных крыльев ската в зависимости от диаметра отверстия типа "конус – конус" в измельчительной матрице
 Fig. 2. The change in the content of cartilage in the stuffing of blanched slope wings depending on the diameter of the "cone – cone" hole in the grinding matrix

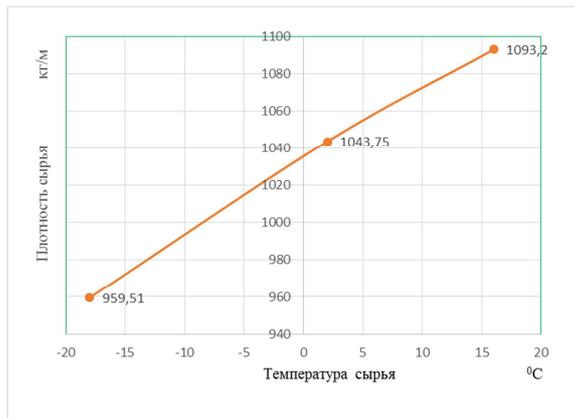


Рис. 3. Изменение плотности сырья в зависимости от его температуры
 Fig. 3. The change in the density of the raw material depending on its temperature

Результаты экспериментов по определению удельного усилия резания образцов ската представлены на рис. 4 и свидетельствуют о наибольших усилиях резания для замороженного сырья, что подтверждено экспериментами по определению рациональных режимов измельчения.

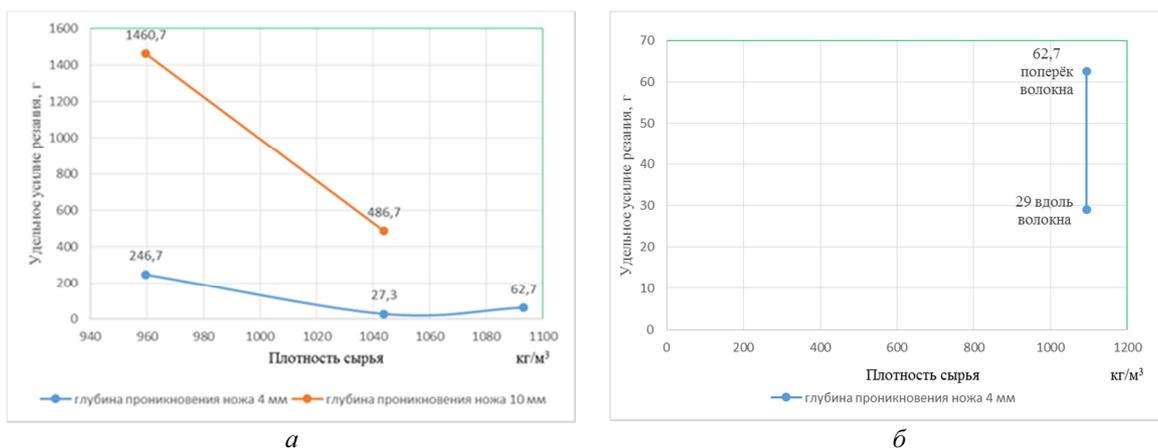


Рис. 4. Изменение удельного усилия резания сырья на прочностном измерителе Food Checker модели 302-B:
 а – замороженного, размороженного и бланшированного сырья поперек волокна;
 б – бланшированного сырья вдоль и поперек волокна
 Fig. 4. Change in the specific cutting force of raw materials at the Food Checker Model 302-B strength meter:
 а – frozen, thawed and blanched raw materials across the fiber;
 б – blanched raw material along and across the fiber

Заключение

В результате проведенного исследования определены рациональные режимы измельчения ценного недоиспользуемого рыбного сырья Северного бассейна с применением экструзии. Обоснована целесообразность использования разных матриц для различного состояния сырья. Получены уравнения регрессии, описывающие влияние комплексного параметра – коэффициента геометрической формы отверстия, учитывающего как диаметр, так и форму отверстия матрицы, и степени измельчения сырья на давление измельчения.

Измельчительная матрица с отверстиями типа "конус – конус" 8/7/8 рекомендована к использованию при производстве кормовых фаршей из размороженного ската, поскольку позволяет получить давление измельчения, приближенное к минимальному и составляющее $31,33 \pm 0,94$ кгс/см² ($3,07 \pm 0,09$ МПа) при степени измельчения 3,09.

Для бланшированного ската рекомендовано использование матрицы с отверстиями типа "конус – конус" 5,5/4,5/5,5, которая позволяет получить фарш с наибольшим содержанием хряща $14,38 \pm 0,52$ г на 100 г бланшированного сырья при давлении $7,63 \pm 0,27$ кгс/см² ($0,75 \pm 0,02$ МПа) и степени измельчения 11,41.

Таким образом, применение экструзии при переработке рыбного сырья Северного бассейна позволяет получать как кормовые, так и пищевые полуфабрикаты, пригодные для употребления и дальнейшей обработки.

Библиографический список

- 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.
- Гаврилов Т. А. Исследование эффективности работы оборудования для тонкого измельчения мясо-рыбных кормов // Научный журнал КубГАУ. 2013. № 87 (03). URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/03/pdf/28.pdf>.
- Гаврилов Т. А. Повышение эффективности приготовления кормов для пушных зверей // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2015. № 4 (149). С. 77–79.
- Гаврилов Т. А., Няникова А. В., Паталайнен Л. С., Широких А. К. Повышение эффективности звероходческого производства путем совершенствования методики составления рационов кормления // Научный журнал КубГАУ. 2013. № 91 (07). URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/52.pdf>.
- Голубева О. А., Титова С. А., Греков Е. О. Криоэкструзия в технологии производства рыбных кормов // Вестник МГТУ. 2018а. Т. 21, № 3. С. 427–433. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2018-21-3-427-433>.
- Голубева О. А., Астратович В. Л. Разработка комбинированного способа бланширования ската звездчатого // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018б. Т. 80, № 3. С. 31–36. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-31-36>.
- Измельчительная решетка для поршневого экструдера: пат. на полезную модель 184229 Рос. Федерация / Голубева О. А., Греков Е. О., Титова С. А., Лебедева Е. С. № 2018116480; заявл. 03.05.2018; опубл. 18.10.2018, Бюл. № 29.
- Поршневой экструдер – измельчитель: пат. на полезную модель 163424 Рос. Федерация / Голубева О. А., Греков Е. О. № 2016103972/02; заявл. 08.02.2016; опубл. 20.07.2016, Бюл. № 20.
- Протодьяконов М. М., Тедер Р. И. Методика рационального планирования экспериментов. М.: Наука, 1970. 76 с.
- Райбулов С. П., Шокина Ю. В., Дунец В. В., Остаркова П. А. Разработка рецептуры и технологии фаршевых консервов специализированного назначения из недоиспользуемого объекта промысла Северного бассейна – ската звездчатого // Вестник МГТУ. 2016. Т. 19, № 3. С. 645–656. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2016-3-645-656>.
- Титова С. А., Голубева О. А., Куранова Л. К., Гроховский В. А. Получение кормового рыбного фарша методом криоэкструзии из замороженного рыбного сырья // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 4. С. 11–17.

References

- Adler, Yu. P., Markova, E. V., Granovsky, Yu. V. 1976. Planning of experiment in search of optimal conditions. 2nd ed. Moscow, Nauka. (In Russ.)
- Gavrilov, T. A. 2013. Research of efficiency of the equipment for fine grinding of meat and fish feeds. *Scientific Journal of KubSAU*, 87(03). URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/03/pdf/28.pdf>. (In Russ.)
- Gavrilov, T. A. 2015. Increase of efficiency of preparation of forages for fur animals. *Proceedings of Petrozavodsk State University*, 4(149), pp. 77–79. (In Russ.)
- Gavrilov, T. A., Nyanikova, A. V., Patalainen, L. S., Shirokikh, A. K. 2013. Improving the efficiency of animal production through the improvement of the feeding methodology. *Scientific Journal of KubSAU*, 91(07). URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/52.pdf>. (In Russ.)
- Golubeva, O. A., Titova, S. A., Grekov, E. O. 2018a. Cryo-extrusion in the technology of fish feed production. *Vestnik of MSTU*, 21(3), pp. 427–433. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2018-21-3-427-433>. (In Russ.)
- Golubeva, O. A., Astratovich, V. L. 2018b. Development of a combined method of stingray stellate blanching. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 80(3), pp. 31–36. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-31-36>. (In Russ.)
- Golubeva, O. A., Grekov, E. O., Titova, S. A., Lebedeva, E. S. 2018. Grinding grating for piston extruder, Russian Federation, Pat. 184229. (In Russ.)
- Golubeva, O. A., Grekov, E. O. 2016. The piston extruder – shredder, Russian Federation, Pat. 163424. (In Russ.)
- Protodyakonov, M. M., Teder, R. I. 1970. Methods of rational planning of experiments. Moscow, Nauka. (In Russ.)

- Raibulov, S. P., Shokina, Yu. V., Dunets, V. V., Ostarkova, P. A. 2016. Development of the recipes and the technology of canned minced food from the underutilized fishing object of the North basin – stingray stellate. *Vestnik of MSTU*, 19(3), pp. 645–656. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2016-3-645-656>. (In Russ.)
- Titova, S. A., Golubeva, O. A., Kuranova, L. K., Grokhovsky, V. A. 2016. Getting fodder minced fish by cryoextrusion from frozen fish raw materials. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 4, pp. 11–17. (In Russ.)

Сведения об авторах

Голубева Ольга Алексеевна – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский государственный технический университет, канд. техн. наук, доцент; e-mail: golubevaao@mstu.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2747-3054>

Olga A. Golubeva – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk State Technical University, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor; e-mail: golubevaao@mstu.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2747-3054>

Греков Евгений Олегович – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский государственный технический университет, аспирант; e-mail: zhenya-gr@mail.ru

Evgeny O. Grekov – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk State Technical University, Ph.D. Student; e-mail: zhenya-gr@mail.ru

Титова Светлана Аскольдовна – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский государственный технический университет, аспирант; e-mail: sobmolotkova@yandex.ru

Svetlana A. Titova – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk State Technical University, Ph.D. Student; e-mail: sobmolotkova@yandex.ru