

DOI: 10.24143/1812-9498-2019-1-30-36
УДК 664.97, 664.959.5

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ СУШКИ ЖЕЛАТИНОВОГО БУЛЬОНА ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ РЫБЫ

Н. П. Дяченко¹, Ю. А. Максименко¹, Э. П. Дяченко²

¹ *Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

² *Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства –
филиал Федерального научного центра овощеводства,
д. Веря, Московская область, Российская Федерация*

Проведены исследования кинетики и интенсивности конвективно-радиационной пеносублики желатинового бульона из отходов переработки рыб частиковых пород Астраханского региона. Получены аппроксимирующие зависимости съема сухого желатина с единицы площади рабочей поверхности в единицу времени от варьируемых факторов. Определены рациональные режимы проведения процесса, при которых достигается максимальный удельный съем сухого продукта. Установлено, что применение только радиационного энергоподвода без конвективного в процессе пеносублики желатинового бульона затруднительно в силу неконтролируемого резкого повышения температуры продукта и, как следствие, последующего плавления и разрушения пены. Введение радиационного энергоподвода в процесс конвективной пеносублики желатинизированного бульона при рациональных режимах практически в три раза увеличивает удельную производительность процесса.

Ключевые слова: желатин, желатиновый бульон, отходы переработки рыбы, конвективный энергоподвод, конвективно-радиационная сушка.

Для цитирования: Дяченко Н. П., Максименко Ю. А., Дяченко Э. П. Разработка рациональных режимов сушки желатинового бульона из отходов переработки рыбы // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2019. № 1(67). С. 30–36. DOI: 10.24143/1812-9498-2019-1-30-36.

Введение

В настоящее время отходы переработки рыб представляют интерес как исходное сырье для производства желатина. Данный продукт является одним из наиболее востребованных в различных отраслях пищевой и химической промышленности. Следует отметить, что на российском рынке желатина преимущественно представлена продукция зарубежных стран, что в условиях импортозамещения делает создание и развитие новых производств желатина весьма актуальной задачей. В процессе создания или совершенствования производства необходимо разрабатывать и внедрять научно обоснованные ресурсо- и энергосберегающие технические решения, в том числе позволяющие исключить зависимость существующих технологий производства желатина от сырья. Ввиду вышесказанного, совершенствование технологических процессов производства желатина на основе отходов рыбопереработки является актуальной научно-технической задачей, решение которой позволит усовершенствовать существующие и создать новые промышленные производства желатина из нетрадиционного коллагенсодержащего сырья.

Объекты и методы исследования

Сушка – заключительная стадия производства сухого желатина, характеризующаяся сравнительно высокой энергоемкостью и определяющая качество сухого продукта. Традиционно желатиновый бульон сушат в желатинизированном состоянии в форме слоя (пластин или прядей) на рабочей поверхности сушилки при конвективном энергоподводе [1–5].

Учитывая структурно-механические и пеноструктурные характеристики желатинового бульона, перспективным направлением совершенствования процесса получения сухого желатина является радиационная сушка во вспененном состоянии. Вспенивание исходного продукта при соблюдении условий стабильности пенослоя существенно интенсифицирует процесс за счет увеличения поверхности теплообмена, при этом уменьшается адгезия продукта к рабочей поверхности сушилки, улучшается съем сухого продукта, сокращаются интенсивность засорения

сушилок и энергозатраты на дробление сухого желатина [6–8]. Объемный радиационный энергоподвод, в сравнении с традиционными методами, также обладает рядом преимуществ, способствующих энерго- и ресурсосбережению, упрощению аппаратного оформления процесса [6, 8–10]:

- обеззараживание продукта (в частности, воздействие на продукт радиационным излучением позволяет снизить микробную обсемененность продукта);
- наиболее равномерный прогрев продукта, что обусловливается выделением тепла в объеме высушиваемого материала;
- практически абсолютный (ввиду отсутствия тепловых потерь) расход подведенной к объекту сушки энергии на его нагрев;
- сравнительная простота конструкции и малая металлоемкость сушильных аппаратов;
- сравнительно низкие удельные энергозатраты.

Материалы исследования, результаты и их обсуждение

В результате предварительных исследований конвективно-радиационной сушки пенослоя желатинового студня с влажностью 75 % и толщиной 4 мм на алюминиевой полированной подложке установлено, что облучаемая и омываемая воздухом поверхность образца стеклется в начале процесса, преобразуясь в материал, трудно поддающийся механическому разрушению. При этом сердцевина и контактирующая с подложкой поверхность образца оставались влажными, в частности, сердцевина на 20–40 минутах сушки оставалась жидкой, а контактирующая с подложкой поверхность – упругой. При продолжении процесса между подложкой и образцом образовывался конденсат, влага скапливалась в месте наименьшего сопротивления – на поверхности контакта образца с подложкой. Примечательно, что при сушке синтетического ПАВ (сульфонола) [8] в сердцевине пенослоя ПАВ происходило накопление пара (парниковый эффект), который затем прорывался через оболочку (внешний стеклованный слой). В случае обезвоживания вспененного раствора желатина разрыв оболочки паром невозможен, давления пара внутри продукта недостаточно для разрыва подсохшей поверхности образца, которая обладает существенно большей прочностью и эластичностью, чем у пенослоя сульфанола.

Таким образом, учитывая физико-механические свойства желатина, для интенсификации процесса сушки целесообразно организовать объемный конвективно-радиационный энергоподвод. При этом для равномерности обезвоживания материала образцы подаваемого на сушку продукта целесообразно изготавливать в форме штранг (круглого, прямоугольного или квадратного сечения), например, путем экструзии или разрезания желатинизированного пенослоя.

Целью настоящих исследований являлась разработка рациональных режимов сушки желатинового бульона на основе изучения кинетики и интенсивности сушки при различных условиях протекания процесса. С учетом литературных данных [6, 8–12], а также предварительных экспериментальных данных для исследования конвективно-радиационной сушки вспененного желатинового бульона в желатинизированном состоянии из отходов переработки рыб были выбраны следующие варианты реализации процесса:

- в форме штранг круглого сечения при объемном конвективном энергоподводе;
- в форме штранг круглого сечения при объемном конвективно-радиационном энергоподводе.

Для проведения исследований использовались вероятностно-статистические методы планирования и обработки эмпирических данных, исследования проводились по полному многофакторному многоуровневому плану; для уточнения влияния отдельных факторов на интенсивность процесса обезвоживания все второстепенные параметры были зафиксированы, а в качестве целевой функции был выбран съём (выход) сухого желатина с единицы площади рабочей поверхности в единицу времени, G , кг/(м²·ч) [6, 8]:

$$G = M_{\text{сн}} / (F \cdot \tau), \quad (1)$$

где $M_{\text{сн}}$ – масса высушенного продукта до конечной влажности не более $w_k = 0,1$ кг/кг, выбор которой осуществлен на основе результатов анализа гигроскопических характеристик продукта; F – площадь рабочей поверхности, занимаемой продуктом, м²; τ – экспериментальное время сушки, ч.

В табл. 1 представлены основные факторы, влияющие на интенсивность процесса конвективной пеносушки желатинового бульона, а также уровни их варьирования, установленные в результате предварительных исследований; к указанным факторам относятся: начальная

концентрация сухих веществ в продукте C , кг/кг; начальный диаметр штранга пены d_n , м; температура T_b , К; влажность W , кг/кг; скорость сушильного агента (воздуха) v , м/с; плотность теплового потока, падающего с одной стороны стержня (с одной стороны на образованный штрангами пены слой продукта), E , кВт/м².

Таблица 1

Уровни варьирования факторов при конвективно-радиационной пеносушке желатинового бульона

Уровень	Факторы					
	d_n , м	C , кг/кг	E , кВт/м ²	W , %	v , м/с	T_b , К
1	0,002	0,24	0,95	50–60	4–5	292–295
2	0,003	0,80	2,45	–	–	–
3	0,004	0,86	–	–	–	–
4	0,005	–	–	–	–	–

Исследования проводились с использованием лабораторного оборудования ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». Для проведения исследований желатиновый бульон готовился по методике [13] из отходов переработки рыб частиковых пород Астраханского региона (кожа, чешуя, кости, плавники, хрящи), полученных при разделке. Бульон, предварительно вспененный до максимальной кратности пены, экструдировали в форме штранг круглого сечения диаметром d_n , мм; поступавшие из фильер экструдера штранги желатинизировали, затем закрепляли в специальном держателе в сушильной камере лабораторной конвективно-радиационной сушилки параллельно потоку воздуха. Полученные таким образом экспериментальные образцы сушили до конечной влажности, не превышающей $w_k = 0,1$ кг/кг. Для получения кривых сушки держатель с образцом периодически взвешивали.

В результате экспериментальных исследований установлено следующее.

Существенное влияние на интенсивность сушки оказывает начальная концентрация сухих веществ C в желатиновом бульоне, варьируемая, исходя из данных о пеноструктурных, структурно-механических и теплофизических характеристиках, в пределах 14–26 %. При концентрации сухих веществ равной 26 % пена обладает стабильностью, достаточной для реализации процесса влагоудаления без предварительного подсушивания. Превышение значения $C = 26$ % нецелесообразно ввиду увеличения длительности упаривания желатинового бульона, соответственно, ухудшения его качественных характеристик и увеличения энергозатрат на реализацию процесса. Нижний предел $C = 14$ % обусловлен резким снижением стабильности стержня пены, что приводит к его разрушению в процессе сушки.

Диапазон изменения диаметра стержня пенослоя (штранга) d_1 желатинового бульона 2–5 мм обусловлен обеспечением стабильности пены в процессе сушки. Формирование диаметра менее 2 мм технически трудноосуществимо и нецелесообразно ввиду резкого снижения выхода сухого желатина. Увеличение диаметра более 5 мм приводит к снижению производительности процесса, а также к локальному поверхностному расплавлению и последующему стеклованию высушиваемого продукта при сохранении влаги в центре штранга и, как следствие, ухудшению качества сухого желатина.

Пена желатинового бульона в начале процесса сушки сохраняет стабильность исключительно в желатинизированном состоянии (в состоянии студня). При этом применение только радиационного энергоподвода (без конвективного) в процессе пеносушки затруднительно в силу неконтролируемого резкого повышения температуры продукта и, как следствие, последующего плавления и разрушения пены. Применение в процессе сушки воздуха в качестве охлаждающего агента, температура которого не превышает температуру желатинизации ($T = 292–295$ К), а также выдерживание плотности теплового потока инфракрасного облучения, падающего с одной стороны стержня, в диапазоне $E = 0,95–2,45$ кВт/м², позволяют стабилизировать температуру высушиваемого пенослоя на уровне, не превышающем температуру его плавления. Уменьшение плотности теплового потока менее 0,95 кВт/м² нецелесообразно ввиду резкого сокращения выхода сухого продукта. Увеличение плотности теплового потока ($E > 2,45$ кВт/м²) приводит к локальному плавлению и разрушению пенослоя.

Температура плавления желатинизированного студня ограничивает нагрев пенослоя и, соответственно, интенсификацию процесса сушки только до определенного значения влажности высушиваемого продукта. Начиная с этого значения влажности пеноструктура в процессе сушки образует прочный каркас, не подвергающийся плавлению, а температура нагрева продукта ограничивается исключительно температурой начала разложения содержащихся в нем термолабильных веществ.

Диапазон варьирования скорости потока воздуха $v = 4-5$ м/с ограничивается техническими возможностями осуществления процесса. Превышение значения 5 м/с нецелесообразно из-за механического разрушения (разрыва штранг пены) и уноса продукта. Снижение скорости до значения менее 4 м/с способствует увеличению температуры пенослоя в процессе конвективно-радиационной сушки более 333 К, что приводит к ухудшению его качественных характеристик, локальному плавлению и разрушению.

Пена желатинового бульона с начальной концентрацией сухих веществ C , равной 25–26 %, обладает стабильностью при одновременно действующих конвективном ($T = 292-295$ К, $v = 4-5$ м/с, $W = 50-60$ %) и объемном (двустороннем) радиационном энергоподводе с плотностью теплового потока, падающего с одной стороны штранга, $E = 2,45$ кВт/м², соответствующей температуре пенослоя $T = 330-333$ К, что исключает какую-либо деструкцию высушиваемого образца как термолабильного продукта. Вспененные образцы продукта с начальной концентрацией сухих веществ $C = 14-24$ % в силу своих структурно-механических, пеноструктурных и теплофизических характеристик нуждаются в предварительной подсушке в течение 0,03–0,15 ч воздухом с температурой, не превышающей температуру желатинизации. Превышение значения 0,15 ч нецелесообразно, т. к. по достижении указанного периода времени пенослой образует прочный каркас, не подвергающийся плавлению, а дальнейшее увеличение времени подсушивания ($t > 0,15$ ч) приводит к снижению удельного съема сухого желатина. Уменьшение времени подсушивания ($t < 0,03$ ч) не обеспечивает стабильность пенослоя и после начала подачи инфракрасного энергоподвода приводит к плавлению стержня пены при его нагреве выше температуры желатинизации.

По формуле (1) получены значения целевой функции G , кг/(м²·ч), при различных начальных диаметре штранга пены d_n , мм, и влажности вспениваемого бульона w_n , кг/кг. Относительная ошибка при определении целевой функции не превышала 12 %. В результате компьютерной обработки экспериментальных данных получены адекватные аппроксимирующие зависимости съема сухого желатина с единицы площади рабочей поверхности в единицу времени от варьируемых факторов, при этом погрешность аппроксимации R^2 полученной зависимости $G = f(w_n, d_n)$ составила не менее 0,997:

$$G(w_n, d_n) = \left[\begin{array}{l} (a_1 \cdot d_n^2 + b_1 \cdot d_n + c_1)w_n^2 + (a_2 \cdot d_n^2 + b_2 \cdot d_n + c_2 \cdot 2)w_n + \\ + (a_3 \cdot d_n^2 + b_3 \cdot d_n + c_3) \end{array} \right].$$

Значения эмпирических коэффициентов $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2, a_3, b_3, c_3$ целевой функции представлены в табл. 2.

Таблица 2

Значения эмпирических коэффициентов целевой функции

Конвективная пеносушка					
a_1	0,7	a_2	-0,945	a_3	0,267
b_1	-7,7	b_2	10,995	b_3	-3,547
c_1	22,0	c_2	-33,820	c_3	12,615
Конвективно-радиационная пеносушка при $E = 0,95$ кВт/м ²					
a_1	10,8	a_2	-16,39	a_3	6,086
b_1	-85,6	b_2	129,85	b_3	-48,176
c_1	164,0	c_2	-251,00	c_3	94,422
Конвективно-радиационная пеносушка при $E = 2,45$ кВт/м ²					
a_1	31,3	a_2	-48,045	a_3	18,1765
b_1	-250,5	b_2	384,465	b_3	-145,4185
c_1	460,2	c_2	-709,810	c_3	270,4130

Максимальные значения съема сухого желатина с единицы площади рабочей поверхности в единицу времени для исследуемых вариантов реализации процесса сушки определены в среде MathCAD с помощью опции Maximize, достигаются при начальной концентрации сухих веществ в продукте $C = 0,24$ кг/кг, а также температуре $T = 292\text{--}295$ К, влажности $W = 50\text{--}60$ % и скорости сушильного агента $v = 4\text{--}5$ м/с и составляют:

– $G_{\max} = 0,331$ кг/(м²·ч) – для варианта реализации процесса сушки вспененного желатинового бульона в желатинизированном состоянии в форме штранг круглого сечения с начальным диаметром $d_n = 3$ мм при объемном конвективном энергоподводе;

– $G_{\max} = 0,998$ кг/(м²·ч) – для варианта реализации процесса сушки вспененного желатинового бульона в желатинизированном состоянии в форме штранг круглого сечения с начальным диаметром $d_n = 4$ мм при объемном конвективно-радиационном энергоподводе с плотностью теплового потока, падающего с одной стороны штранга, $E = 2,45$ кВт/м².

Таким образом, введение радиационного энергоподвода в процесс конвективной пеносушки желатинизированного бульона при рациональных режимах способствует трехкратному увеличению удельной производительности процесса.

Выводы

Проведены исследования кинетики и интенсивности конвективно-радиационной сушки желатинового бульона из отходов переработки рыб во вспененном и желатинизированном состоянии. Для последующего использования в расчетах производительности сушильных установок получены аппроксимирующие зависимости целевой функции (съема сухого желатина с единицы площади рабочей поверхности в единицу времени) G , кг/(м²·ч), от варьируемых факторов. Определены рациональные режимы проведения процесса, при которых достигается максимальный удельный съем сухого продукта: начальная концентрация сухих веществ в продукте $C = 0,24$ кг/кг, температура $T = 292\text{--}295$ К, влажность $W = 50\text{--}60$ %, скорость сушильного агента $v = 4\text{--}5$ м/с, начальный диаметр штранга пены $d_n = 4$ мм, плотность теплового потока, падающего с одной стороны штранга, $E = 2,45$ кВт/м². В результате исследований установлено, что введение радиационного энергоподвода в процесс конвективной пеносушки желатинизированного бульона при рациональных режимах практически в три раза увеличивает удельную производительность процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Рогов И. А., Забашта А. Г., Казюлин Г. П.* Технология мяса и мясных продуктов: учеб.: в 2 кн. Кн. 2: Технология мясных продуктов. М.: Колос С, 2009. 711 с.
2. *Кецелашвили Д. В.* Технология мяса и мясных продуктов: учеб. пособие. Кемерово: Кемер. технол. ин-т пищ. пром-сти, 2004. Ч. 3. 115 с.
3. *Технология* производства желатина. URL: <http://gelatin.by/partners/technology> (дата обращения: 30.08.2018).
4. *Као Тхи Хуе.* Обоснование и разработка технологии получения структурообразователя из кожи рыб: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Астрахань, 2012. 24 с.
5. *Koen Egberts.* Gelatin Drying Technology (Gelatin Dryer). URL: <http://gelatin.nl/home> (дата обращения: 30.08.2018).
6. *Александрян И. Ю., Буйнов А. А.* Высокоинтенсивная сушка пищевых продуктов. Пеносушка. Теория. Практика. Моделирование: моногр. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2004. 380 с.
7. *Тихомиров В. К.* Пены. Теория и практика их получения и разрушения. М.: Высш. шк., 1985. 544 с.
8. *Aleksanyan I. Y., Dyachenko E. P., Ermolaev V. V.* Analysis of the Kinetics of Sulfonol Dehydration // Russ. J. Appl. Chem. 2009. N. 82. P. 1729. URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1134%2FS10704272100> (дата обращения: 30.08.2018).
9. *Дяченко М. М., Боева Н. П., Дяченко Э. П.* Технология кормовой муки из мясокостных тканей тюленей // Тр. ВНИРО. 2017. Т. 166. С. 159–178.
10. *Као Тхи Хуе, Разумовская Р. Г.* Разработка оптимальных режимов экстракции коллагена из отходов переработки рыб Волго-Каспийского бассейна // Изв. вузов. Пищевая технология. 2011. № 1. С. 33–36.
11. *Као Тхи Хуе, Нгуен Тхи Минь Ханг, Нгуен Ван Хунг, Курченко В. П., Ризевский С. В., Головач Т. Н., Разумовская Р. Г., Чубарова А. С.* Некоторые аспекты технологии получения желатина из коллагенсодержащих вторичных рыбных ресурсов: обзор // Тр. Байкал. гос. ун-та. 2014. Т. 9. Ч. 1. С. 23–32.

12. Нугманов А. Х-Х., Никулина М. А., Александян И. Ю., Александян А. И. Исследование физико-химических характеристик биополимерного геля как объекта сушки // Современная наука и инновации. 2018. № 1 (21). С. 79–87.

13. Пат. 2487152 Рос. Федерация, МПК C09H 1/04, C09H 3/00, A23J 1/10. Способ производства желатина / Као Тхи Хуе, Дяченко Э. П.; заявл. 12.07.2011; опубл. 10.07.2013, Бюл. № 2.

Статья поступила в редакцию 25.12.2018

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дяченко Николай Павлович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры технологических машин и оборудования; amxs1@yandex.ru.

Максименко Юрий Александрович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; г-р техн. наук, доцент; зав. кафедрой технологических машин и оборудования; amxs1@yandex.ru.

Дяченко Эдуард Павлович – Россия, 140153, Московская область, Раменский район, деревня Верея; Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального научного центра овощеводства; научный сотрудник отдела технологий и инноваций; amxs1@yandex.ru.



DEVELOPING RATIONAL MODES OF DRYING GELATIN BROTH FROM FISH PROCESSING WASTE

N. P. Dyachenko¹, Yu. A. Maksimenko¹, E. P. Dyachenko²

¹ *Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation*

² *All-Russian Research Institute of Vegetable Growing,
Federal Scientific Center for Vegetable Growing,
Vereya, Moscow Region, Russian Federation*

Abstract. The article presents the research of kinetics and intensity of convective-radiation foam drying of gelatin broth from ordinary fish processing wastes in the Astrakhan region. Approximating dependences of dry gelatin removal from the unit area of the working surface per unit time on the varied factors have been obtained. The rational modes of the process, in which the maximum specific removal of the dry product is achieved, have been determined. It has been found that using only radiation energy supply makes the process of foaming gelatin broth difficult due to the uncontrolled sharp increase of temperature of the product and, as a consequence, the subsequent melting and destruction of the foam. Putting radiation energy supply into the process of convective foam drying of the gelatinized broth under rational conditions increases the specific productivity of the process by three times.

Key words: gelatin, gelatin broth, the convective-radiative drying, fish processing wastes, convective energy supply, convective-radiation drying.

For citation: Dyachenko N. P., Maksimenko Yu. A., Dyachenko E. P. Developing rational modes of drying gelatin broth from fish processing waste. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2019;1(67):30-36. (In Russ.) DOI: 10.24143/1812-9498-2019-1-30-36.

REFERENCES

1. Rogov I. A., Zabashta A. G., Kaziulin G. P. *Tekhnologiya miasa i miasnykh produktov: uchebnik: v 2-kh kn.* [Technology of meat and meat products: textbook: in 2 Volumes]. Moscow, Kolos S Publ., 2009. Book. 2: *Tekhnologiya miasnykh produktov*. 711 p.

2. Ketselashvili D. V. *Tekhnologiya miasa i miasnykh produktov: uchebnoe posobie* [Technology of meat and meat products: teaching aid]. Kemerovo, Kemer. tekhnol. in-t pishch. prom-sti, 2004. Part 3. 115 p.

3. *Tekhnologiia proizvodstva zhelatina* [Technology of gelatin production]. Available at: <http://gelatin.by/partners/technology> (accessed: 30.08.2018).
4. Kao Tkhi Khue. *Obosnovanie i razrabotka tekhnologii polucheniia strukturoobrazovatel'ia iz kozhi ryb. Avtoreferat dis. ... kand. tekhn. nauk* [Substantiation and development of technology for producing stabilizer from fish skin. Diss.abstr. ...Cand.Tech.Sci.] Astrakhan', 2012. 24 p.
5. Koen Egberts. *Gelatin Drying Technology (Gelatin Dryer)*. Available at: <http://gelatin.nl/home> (accessed: 30.08.2018).
6. Aleksanian I. Iu., Buinov A. A. *Vysokointensivnaia sushka pishchevykh produktov. Penosushka. Teoriia. Praktika. Modelirovanie: monografiia* [High-intensity drying of food products. Foam drying. Theory. Practice. Modeling: monograph]. Astrakhan', Izd-vo AGTU, 2004. 380 p.
7. Tikhomirov V. K. *Peny. Teoriia i praktika ikh polucheniia i razrusheniia* [Foams.Theory and practice of their formation and destruction]. Moscow, Vysshaia shkola Publ., 1985. 544 p.
8. Aleksanyan I. Y., Dyachenko E. P., Ermolaev V. V. Analysis of the Kinetics of Sulfonol Dehydration. *Russ. J. Appl. Chem.*, 2009, no. 82, p. 1729. Available at: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1134%2FS10704272100> (accessed: 30.08.2018).
9. Dyachenko M. M., Boeva N. P., Dyachenko E. P. *Tekhnologiya kormovoy muki iz myasokostnykh tkaney tyuleney* [Technology of flour fodder from meat and osteal tissues of seals]. *Trudy VNIRO*, 2017, vol. 166, pp. 159-178.
10. Kao Tkhi Khue, Razumovskaia R. G. Razrabotka optimal'nykh rezhimov ekstraktsii kollagena iz ot-khodov pererabotki ryb Volgo-Kaspiiskogo basseina [Developing optimal modes of collagen extraction from fish waste in the Volga-Caspian basin]. *Izvestiia vuzov. Pishchevaia tekhnologiia*, 2011, no. 1, pp. 33-36.
11. Kao Tkhi Khue, Nguen Tkhi Min' Khang, Nguen Van Khung, Kurchenko V. P., Rizevskii S. V., Golovach T. N., Razumovskaia R. G., Chubarova A. S. Nekotorye aspekty tekhnologii polucheniia zhelatina iz kollagensoderzhashchikh vtorichnykh rybnykh resursov: obzor [Aspects of technology for producing gelatin from collagen-containing secondary fish resources: review]. *Trudy Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, vol. 9, part 1, pp. 23-32.
12. Nugmanov A. H-H., Nikulina M. A., Aleksanyan I. Yu., Aleksanyan A. I. *Issledovaniye fiziko-khimicheskikh kharakteristik biopolimernogo gelya kak ob'yekta sushki* [The investigation of physical and chemical characteristics of a biopolymer gel as an object of drying]. *Sovremennaya nauka i innovatsii*, 2018, no. 1 (21), pp. 79-87.
13. Kao Tkhi Khue, Diachenko E. P. *Sposob proizvodstva zhelatina* [Method of gelatin production]. Patent RF № 2487152; 10.07.2013.

The article submitted to the editors 25.12.2018

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Dyachenko Nikolay Pavlovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department of Technological Machines and Equipment; amxs1@yandex.ru.

Maksimenko Yury Aleksandrovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor; Head of the Department of Technological Machines and Equipment; amxs1@yandex.ru.

Dyachenko Eduard Pavlovich – Russia, 140153, Moscow Region, Ramensky District, Vereya Village; All-Russian Research Institute of Vegetable Growing - branch of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing; Researcher of Department of Technology and Innovation; amxs1@yandex.ru.

