

## Рациональные параметры термовакuumной экструзии смеси зерна пшеницы и семян расторопши

*Куручкин А.А., Соколова Н.Н., Новикова О.А.*

**Аннотация.** Научные технологии в пищевой индустрии способствуют повышению качества при выработке конкретного вида продукции, а также улучшению функционально-технологических свойств сельскохозяйственного сырья в процессе его производства и подготовки к использованию. Цель исследования – разработка математической модели, позволяющей оценить влияние влажности экструдированной смеси, а также величины вакуума и цикла его воздействия (времени выдержки обрабатываемого сырья в вакуумной камере) на температуру получаемого экструдата. Анализ полученной модели подтвердил высокую степень объяснённости влияния указанных факторов на конечный результат и показал, что рациональные значения температуры получаемого экструдата (19-20 °С) достигаются при умеренной влажности обрабатываемой смеси (18-21 %), давлении в вакуумной камере экструдера (45-55 кПа) и времени выдержки в ней 14-18 с. Разработанная модель может найти применение в управлении процессом термовакuumной экструзии с целью повышения качества получаемого продукта и энергоэффективности технологии в целом.

**Ключевые слова:** термовакuumная экструзия, вакуумная камера, расторопша пятнистая, время выдержки, уравнение регрессии, рациональные параметры.

**Для цитирования:** Куручкин А.А., Соколова Н.Н., Новикова О.А. Рациональные параметры термовакuumной экструзии смеси зерна пшеницы и семян расторопши // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 3. С. 50–56.

## Rational parameters of thermal vacuum extrusion of a mixture of wheat grain and milk thistle seeds

*Kurochkin A.A., Sokolova N.N., Novikova O.A.*

**Abstract.** Science-intensive technologies in the food industry contribute to improving the quality of a particular type of product, as well as to improving the functional and technological properties of agricultural raw materials during their production and preparation for use. The purpose of this research is to develop a mathematical model that allows for assessing the influence of the moisture content of the extruded mixture, as well as the magnitude of the vacuum and the duration of its effect (the time spent by the processed raw material in the vacuum chamber), on the temperature of the resulting extrudate. The analysis of the obtained model confirmed a high degree of explanation of the influence of these factors on the final result and showed that the rational values of the temperature of the resulting extrudate (19-20 °C) are achieved at a moderate moisture content of the processed mixture (18-21 %), pressure in the vacuum chamber of the extruder (45-55 kPa), and exposure time of 14-18 s. The developed model can be used to control the thermovacuum extrusion process in order to improve the quality of the resulting product and the overall energy efficiency of the technology.

**Keywords:** thermovacuum extrusion, vacuum chamber, marsh thistle, exposure time, regression equation, rational parameters.

**For citation:** Kurochkin A.A., Sokolova N.N., Novikova O.A. Rational parameters of thermal vacuum extrusion of a mixture of wheat grain and milk thistle seeds. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 3. pp. 50–56. (In Russ.).

## Введение

Одной из основных задач наукоемких технологий в пищевой индустрии считается повышение качества вырабатываемой продукции посредством улучшения функционально-технологических свойств сельскохозяйственного сырья в процессе его производства и подготовки к использованию. Очевидно, что решение этой задачи существенным образом зависит от обоснованности выбора применяемого сырья и методов преобразования его ингредиентов.

В части выбора сырья для пищевых продуктов особое внимание заслуживает расторопша пятнистая, состав которой, а также оказываемый положительный эффект на организм человека, хорошо изучен [1, 2, 5, 7].

Семена расторопши обладают уникальными свойствами, имея в своем составе относительно много белков, липидов и пищевых волокон и относительно мало – углеводов. При этом они являются типичными представителями масличных культур, и их обработка с помощью экструзионной технологии представляет собой весьма сложную задачу.

Ранее проведенные исследования, в том числе и с участием авторов статьи, позволили обосновать ряд положений, которые следует учитывать в процессе экструдирования семян расторопши [61-64].

– семена расторопши необходимо экструдировать с добавлением в смесь ингредиента с высоким содержанием крахмала;

– на качество получаемого экструдата влияет

не только массовая доля влаги в обрабатываемой смеси, но и влажность каждого ингредиента смеси;

– температура нагрева обрабатываемого сырья не должна превышать 100-110 °С, а полученный продукт необходимо охладить и высушить до содержания массовой влаги не более 6-7 % в максимально короткий период после выхода из фильеры матрицы экструдера;

– приемлемое значение коэффициента взрыва экструдатов (3,0-3,5) при переработке сырья с содержанием липидов выше 7-10 % обеспечивается за счет создания в специальной камере экструдера давления воздуха ниже атмосферного.

– интенсивность охлаждения экструдата и его конечная температура после выхода из вакуумной камеры экструдера зависит от времени выдержки и величины давления в камере.

Последнее положение в научной литературе не получило должного внимания и требует более аргументированного обоснования.

Целью работы данных экспериментальных исследований являлось получение математической модели, позволяющей обосновать влияние величины вакуума и цикла его воздействия (времени выдержки экструдата в вакуумной камере) на температуру получаемого экструдата.

## Объекты и методы исследования

Экспериментальные исследования выполнялись с помощью одношнекового пресс-экструдера, модернизированного согласно патенту на полезную

Таблица 1 – Матрица планирования и результаты эксперимента

Система опытов	№ опыта	Кодированные факторы			Натуральные факторы			T, °C
		X1	X2	X3	B, %	P, кПа	t, с	
Полный факторный эксперимент типа 23	1	-1	-1	-1	16	30	10	17,2
	2	-1	-1	1	16	30	20	18
	3	-1	1	-1	16	70	10	18,4
	4	-1	1	1	16	70	20	17,7
	5	1	-1	-1	24	30	10	18,1
	6	1	-1	1	24	30	20	18,5
	7	1	1	-1	24	70	10	18,8
	8	1	1	1	24	70	20	17,3
Опыты в «звездных» точках	9	-1,68	0	0	16,59	50	15	19,5
	10	1,68	0	0	33,41	50	15	18,4
	11	0	-1,68	0	20	10,64	15	16,2
	12	0	1,68	0	20	17,36	15	17,1
	13	0	0	-1,68	20	50	17,27	19,7
	14	0	0	1,68	20	50	30,73	16,5
Опыты в центре плана	15	0	0	0	20	50	15	20
	16	0	0	0	20	50	15	19,8
	17	0	0	0	20	50	15	19,6
	18	0	0	0	20	50	15	19,9
	19	0	0	0	20	50	15	19,7
	20	0	0	0	20	50	15	19,8

Таблица 2 – Характеристика качества модели

SS модели и SS остатков (Таблица данных1)											
	Мно- жест. - R	Множест. - R2	Скоррект - R2	SS - Модель	сс - Модель	MS - Модель	SS - Остаток	сс - Остаток	MS - Остаток	F	p
T, °C	0,987	0,974	0,951	27,495	9	3,055	0,722	10	0,072	42,299	0,000

модель №198739 «Экструдер с вакуумной камерой» [7].

Объект исследования – смесь зерна пшеницы сорта Саратовская 36 и семян рапсострощи пятнистой сорта «Дебют», которую подвергали обработке при температуре 100-105 °C с последующим воздействием на выходящий из фильеры матрицы экструдат пониженным давлением равным 0,05-0,06 МПа в течение 10-20 с. Частота вращения шнека экструдера составляла 7,5 с<sup>-1</sup>, диаметр фильеры матрицы машины – 4 мм.

### Результаты и их обсуждение

В качестве исследуемых были выбраны следующие факторы: влажность экструдированной смеси зерна пшеницы и семян рапсострощи пятнистой – В (%), давление в вакуумной камере экструдера – Р (кПа) и время выдержки экструдата в вакуумной камере – t (с). За критерий качества полученного экструдата была принята температура экструдата после его выдержки в вакуумной камере Т (°C). Матрица планирования и результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Предварительные экспериментальные исследования показали, что при желательном интервале температуры получаемого экструдата 16-20 °C, влажность смеси должна быть 20-24%, давление – 40-50 кПа, длительность выдержки 10-15 секунд.

Многомерное полиномиальное уравнение регрессии, которое описывает зависимость температуры (Т, °C) на выходе из вакуумной камеры экструдера от трёх независимых переменных: влажности экструдированной смеси (В, %), давления воздуха в вакуумной камере экструдера (Р, кПа) и времени выдержки экструдата в вакуумной камере (t, с) выглядит следующим образом:

$$T = -2,6514673 + 0,750371895 \cdot B - 0,01188190 \cdot B^2 + 0,359299519 \cdot P - 0,00253913 \cdot P^2 + 0,731221482 \cdot t - 0,01271448 \cdot t^2 - 0,00218750 \cdot B \cdot P - 0,00750000 \cdot B \cdot t - 0,00425000 \cdot P \cdot t$$

(1)

Результаты анализа полученной математической модели можно представить следующими выводами:

1. Положительный коэффициент перед первым членом, зависящим от влажности В (0,750371895), указывает на то, что с увеличением влажности сырья температура на выходе из вакуумной камеры экструдера повышается. Это можно объяснить тем,

что более влажное сырьё обычно ведет к более эффективному теплообмену в процессе экструзии.

2. Отрицательный коэффициент перед квадратичным членом для влажности В<sup>2</sup> (– 0,01188190) свидетельствует о наличии убывающего эффекта при очень высоких значениях влажности. Возможно, это связано с тем, что при очень высоком содержании влаги происходит более интенсивное испарение, что снижает температуру.

3. Положительный коэффициент для давления Р (0,359299519) дает основание предположить, что увеличение давления в камере экструдера приводит к более высокой температуре экструдата на выходе. Это объясняется тем, что увеличение давления способствует менее интенсивному испарению влаги из сырья и повышению его температуры.

4. Отрицательный коэффициент для квадратичного члена давления Р<sup>2</sup> (– 0,00253913) позволяет сделать предположение о том, что при слишком высоком давлении эффект нагрева начинает снижаться. Возможно, это связано с процессами теплообмена и взаимодействием обрабатываемого в экструдере сырья.

5. Положительный коэффициент перед временем выдержки в вакуумной камере t (0,731221482) указывает на то, что с увеличением времени выдержки температура на выходе повышается. Это объясняется тем, что более продолжительная выдержка дает больше времени для изменения температуры экструдата.

6. Отрицательный коэффициент для квадратичного члена времени выдержки в вакуумной камере t<sup>2</sup> (0,01271448) указывает на снижение температуры при увеличении длительности выдержки. Это объясняется тем, что при более длительном нахождении экструдата в вакуумной камере испаряется больше воды, что отбирает теплоту у продукта и снижает его температуру.

Как видно из полученной модели взаимодействия между изучаемыми факторами также влияет на температуру экструдата при выходе его из вакуумной камеры экструдера, но существенно в меньшей степени, что сами факторы.

Оценку качества модели и остатков на основе данных таблицы 2 можно представить следующим образом. Значение коэффициента корреляции R=0,9881 и коэффициента детерминации R<sup>2</sup>=0,9744 указывают на высокую степень точности описания модели. Это означает, что модель хорошо объясняет более 97,0 % вариации температуры экструдата при выходе его из вакуумной камеры. Такой высокий коэффициент детерминации свидетельствует о том,

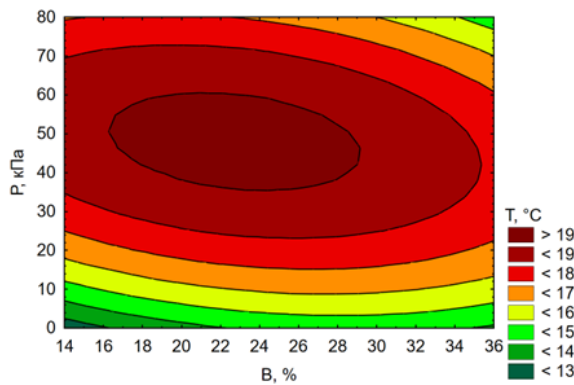


Рис.1. Карта линий уровня для температуры (Т) в зависимости от давления (Р) и влажности (В)

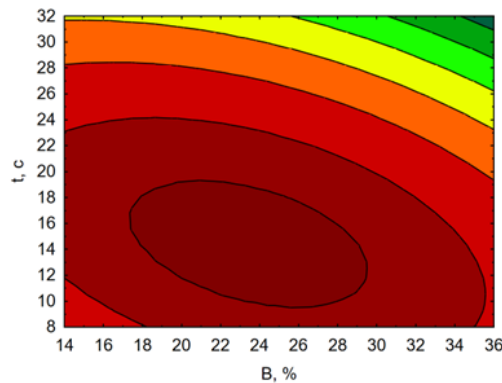


Рис. 2. Карта линий уровня температуры (Т) в зависимости от времени (t) и влажности (В)

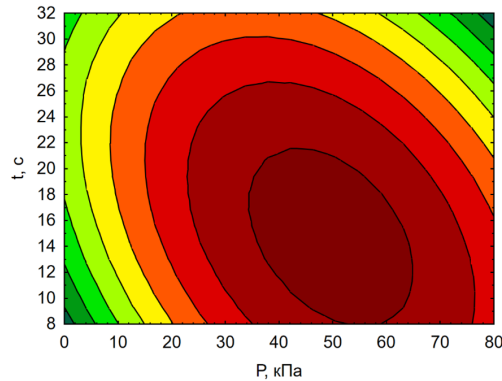


Рис. 3. Карта линий уровня для температуры (Т) в зависимости от времени (t) и давления (Р)

что модель адекватно описывает зависимость температуры экструдата от выбранных факторов.

Скорректированное  $R^2 = 0,9513$  подтверждает, что модель не переобучена и остаётся стабильной при учёте количества переменных. Этот показатель немного ниже, чем коэффициент детерминации ( $R^2$ ), что указывает на то, что дополнительные параметры в модели не привели к переоценке её качества.

Сумма SS остатков составляет всего 0,722262, что подтверждает низкий уровень ошибки модели. Это означает, что разница между предсказанными и фактическими значениями температуры минимальна.

Значение критерия Фишера  $F = 42,29879$  и очень низкий уровень значимости  $p = 0,000001$  свидетельствует о том, что модель статистически значима и даёт достоверные предсказания.

Более подробную информацию о влиянии исследуемых параметров на температуру экструдата после выхода его из вакуумной камеры экструдера выполним путем изучения свойств поверхности отклика, полученную на основе канонического преобразования математической модели, а также карт линий уровня – проекции трехмерных поверхностей на двухмерную плоскость. На таких картах линиями обозначены одинаковые «высоты», равные значениям переменной Z.

Зависимость температуры экструдата смеси зерна пшеницы и семян расторопши пятнистой от влажности смеси и величины давления в вакуумной камере термовакуумного экструдера описывается уравнением (2).

$$T = 7,006 + 0,5142 \cdot B + 0,2712 \cdot P - 0,009 \cdot B^2 - 0,0022 \cdot B \cdot P - 0,0023 \cdot P^2 \quad (2)$$

На рис. 1 представлена карта линий уровня, показывающая зависимость температуры на выходе из экструдера ( $T, ^\circ\text{C}$ ) от влажности сырья ( $B, \%$ ) и давления в вакуумной камере экструдера ( $P, \text{kPa}$ ). Влажность сырья варьируется в пределах от 14 до 36%, а давление – от 0 до 70 кПа. Температура на выходе из вакуумной камеры экструдера изменяется в диапазоне от  $16,20^\circ\text{C}$  до  $19,24^\circ\text{C}$ , в зависимости от значений этих двух факторов.

При увеличении влажности сырья ( $B, \%$ ) температура на выходе из экструдера постепенно увеличивается. Например, при влажности 16% и давлении 20 кПа температура составляет около  $17^\circ\text{C}$ , а при влажности 32% и давлении 50 кПа она достигает  $19,24^\circ\text{C}$ . Это связано с тем, что повышение влажности способствует лучшему теплообмену между сырьем и стенками экструдера, что, в свою очередь, повышает температуру смеси. Более высокая влажность улучшает теплообмен и обеспечивает более интенсивный теплообмен в процессе экструзии.

При увеличении давления в вакуумной камере экструдера ( $P, \text{kPa}$ ) температура также повышается. Например, при влажности 24% и времени экструзии 20 с температура составляет  $17,34^\circ\text{C}$  при давлении 20 кПа, но увеличивается до  $18,48^\circ\text{C}$ , когда давление достигает 50 кПа. Это объясняется тем, что повышение давления усиливает тепловое взаимодействие между молекулами смеси, что способствует ее прогреву.

При этом, несмотря на прямое влияние влажности и давления на температуру, можно заметить, что при определенных значениях этих факторов температура начинает уменьшаться. Например, при высоком давлении 70 кПа и высоком содержании влаги температура начинает снижаться. Возможно, это происходит из-за изменения теплообмена в экструдере и избыточного испарения влаги, что забирает часть тепла и снижает температуру.

Таким образом, карта показывает, что увеличение давления и влажности может способствовать повышению температуры на выходе из экструдера, но при высоких значениях этих факторов эффект



может ослабевать, что нужно учитывать при оптимизации процесса экструзии для достижения желаемых характеристик продукта.

Зависимость температуры экструдата смеси зерна пшеницы и семян рапсосте пятнистой от его влажности и времени выдержки в вакуумной камере термовакуумного экструдера описывается уравнением (3). Графическая интерпретация уравнения представлена на рис. 2

$$T = 9,8331 + 0,4619 \cdot B + 0,5126 \cdot t - 0,0076 \cdot B^2 - 0,0075 \cdot B \cdot t - 0,0117 \cdot t^2 \quad (3)$$

На карте линий уровня, отображена зависимость температуры на выходе из вакуумной камеры экструдера ( $T$ , °C) от влажности сырья ( $B$ , %) и времени экструзии ( $t$ , с).

Влажность сырья варьируется в пределах от 14% до 36%, а время экструзии от 8 до 32 секунд. Температура на выходе из экструдера изменяется в диапазоне от 16,20°C до 19,58°C в зависимости от значений исследуемых факторов.

При увеличении влажности сырья ( $B$ , %) температура на выходе из экструдера в целом повышается. Например, при влажности 16% температура составляет около 16,62°C, а при 32% она достигает 19,58°C. Это объясняется тем, что повышение влажности способствует улучшению теплообмена между экструдированной смесью и стенками экструдера, что приводит к большему прогреву смеси. Таким образом, более влажная смесь позволяет экструдеру более эффективно передавать тепло в процесс экструзии, что повышает температуру экструдата.

Однако при увеличении времени экструзии ( $t$ , с) наблюдается обратный эффект: температура на выходе из экструдера начинает снижаться. Например, при влажности 24% и времени экструзии 10 секунд температура на выходе составляет около 19,16°C, тогда как при увеличении времени экструзии до 30 секунд температура при тех же значениях влажности снижается до 17,47°C. Это связано с тем, что более длительное нахождение экструдата в вакуумной камере способствует его охлаждению за счет интенсивного испарения влаги. Влага, испаряющаяся из смеси, поглощает тепло, что снижает общую температуру экструдата на выходе из экструдера.

Очевидно, что влажность и время выдержки экструдата в вакуумной камере взаимодействуют таким образом, что при умеренной влажности и короткой выдержки температура на выходе будет относительно высокой, но при длительном времени или чрезмерной влажности температура снижается. Эта информация поможет оптимизировать процесс термовакуумной экструзии, регулируя влажность сырья и время его выдержки в вакуумной камере для получения желаемой температуры экструдата.

Зависимость температуры экструдата смеси зерна пшеницы и семян рапсосте пятнистой от его влажности и времени выдержки в вакуумной камере термовакуумного экструдера описывается

уравнением (4). Графическая интерпретация уравнения представлена на рис. 3

$$T = 7,7482 + 0,3045 \cdot P + 0,5699 \cdot t - 0,0024 \cdot P^2 - 0,0042 \cdot P \cdot t - 0,0122 \cdot t^2 \quad (4)$$

График показывает, что давление в вакуумной камере изменяется в интервале от 0–80 кПа, а время экструзии – от 8 до 32 с. Температура на выходе из экструдера изменяется в пределах от 16,20°C до 19,46°C в зависимости от этих двух анализируемых факторов.

При увеличении давления в вакуумной камере ( $P$ , кПа) температура на выходе из экструдера увеличивается. Например, при времени экструзии 10 секунд температура составляет около 16,20°C при давлении 10 кПа, а при давлении 50 кПа температура повышается до 19,46°C. Это связано с тем, что повышение давления способствует улучшению теплообмена в процессе экструзии, что увеличивает температуру экструдата.

Однако при увеличении времени экструзии ( $t$ , с) температура на выходе из экструдера начинает уменьшаться. Например, при давлении 50 кПа и времени экструзии 10 с температура составляет 19,46°C, но при увеличении времени экструзии до 30 с температура снижается до 17,29°C. Это можно объяснить тем, что более длительное нахождение экструдата в вакуумной камере приводит к более интенсивному испарению влаги из смеси, что поглощает тепло и снижает температуру.

Таким образом, карта показывает, что увеличение давления в камере способствует повышению температуры экструдата, в то время как длительное время вакуумного воздействия приводит к его охлаждению из-за повышенного испарения влаги. Знание этих закономерностей позволит оптимизировать процесс охлаждения экструдата, контролируя давление и время выдержки обработанного сырья в вакуумной камере экструдера.

## Выводы

В ходе исследования установлено, что основными факторами, влияющими на конечную температуру экструдата смеси зерна пшеницы и семян рапсосте пятнистой, являются влажность исходного сырья, давление в вакуумной камере и время воздействия пониженного давления в камере на получаемый продукт. Анализ полученной математической модели подтвердил высокую степень объясненности влияния указанных факторов на результат и показал, что рациональные значения температуры получаемого экструдата (19–20 °C) достигаются при умеренной влажности обрабатываемой смеси (18–21 %), давлении в вакуумной камере экструдера (45–55 кПа) и времени выдержки в ней 14–18 с. Разработанная модель может найти применение в управлении процессом термовакуумной экструзии с целью повышения качества получаемого продукта и энергоэффективности технологии в целом.

## Литература

- [1] Гарькина, П.К. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов: монография / П.К. Гарькина, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: «ИНФРА-М», 2025. 179 с.
- [2] Куркин, В. А. Расторопша пятнистая – источник лекарственных средств (обзор) /В.А. Куркин // Химико-фармацевтический журнал. 2003. Т. 37. № 4. С. 27-41.
- [3] Курочкин, А. А. Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // Техника и технология пищевых производств. 2016. № 3(42). С. 104-111.
- [4] Пат. 2592619 Российская Федерация, МПК A21D2/36. Способ производства хлебобулочных изделий /заявители: А.А. Курочкин, Н.Н., Шматкова, П.К. Воронина [и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» – № 2015109402/13; заявл. 17.03.2015; опубл. 27.07.2016, Бюл. № 21. 8 с.
- [5] Пат. 198439 Российская Федерация, МПК A23P 30/20. Экструдер с вакуумной камерой / заявители: А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, Г.В. Шабурова [и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» №2020110297; заявл. 10.03.2020; опубл. 09.07.2020. Бюл. № 19. 6 с.
- [6] Семенкина, Н.Г. Разработка технологии хлебобулочных изделий с использованием продуктов переработки расторопши пятнистой: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01/ Семенкина Наталья Геннадьевна. М. 2010. 26 с.
- [7] Теоретическое описание процесса взрывного испарения воды в экструдере с вакуумной камерой /Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, П.К. Воронина //Иновационная техника и технология. 2015. № 1(2). С. 29-34.

## References

- [1] Garkina, P. K., Kurochkin, A. A., & Shaburova, G. V. (2025). Teoreticheskoye obosnovaniye primeneniya ekstrudirovannogo syr'ya v tekhnologiyakh pishchevykh produktov [Theoretical justification for the use of extruded raw materials in food technologies] (2nd ed., rev. and enl., 179 p.). INFRA-M.
- [2] Kurkin, V. A. (2003). Rastoropsha pyatnistaya – istochnik lekarstvennykh sredstv (obzor) [Silybum marianum (L.) Gaertn. – a source of medicinal agents (review)]. Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal [Chemico-Pharmaceutical Journal], 37(4), 27–41.
- [3] Kurochkin, A. A., Voronina, P. K., Shaburova, G. V., & Frolov, D. I. (2016). Ekstrudaty iz rastitel'nogo syr'ya s povyshennym soderzhanie lipidov i pishchevykh volokon [Extrudates from plant raw materials with increased lipid and dietary fiber content]. Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv [Machinery and Technology for Food Production], (3)(42), 104–111.
- [4] Kurochkin, A. A., Shmatkova, N. N., Voronina, P. K., et al. (2016). Sposob proizvodstva khlebobulochnykh izdeliy [Method for producing bakery products] (Patent No. RU 2592619 C1). Federal Service for Intellectual Property. (Application No. 2015109402/13, filed March 17, 2015; published July 27, 2016, Bulletin No. 21).
- [5] Kurochkin, A. A., Garkina, P. K., Shaburova, G. V., et al. (2020). Ekstruder s vakuumnoy kameroi [Extruder with vacuum chamber] (Patent No. RU 198439 U1). Federal Service for Intellectual Property. (Application No. 2020110297, filed March 10, 2020; published July 9, 2020, Bulletin No. 19).
- [6] Semenkina, N. G. (2010). Razrabotka tekhnologii khlebobulochnykh izdeliy s ispol'zovaniem produktov pererabotki rastoropshi pyatnistoy [Development of bakery product technology using milk thistle processing by-products] (Candidate's thesis abstract, technical sciences, specialty 05.18.01, 26 p.). Moscow.
- [7] Frolov, D. I., Kurochkin, A. A., Shaburova, G. V., & Voronina, P. K. (2015). Teoreticheskoye opisaniye protsessa vzryvnogo ispareniiya vody v ekstrudere s vakuumnoy kameroi [Theoretical description of the explosive water evaporation process in an extruder with a vacuum chamber]. Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya [Innovative Equipment and Technology], (1)(2), 29–34.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<b>Курочкин Анатолий Алексеевич</b> доктор технических наук профессор кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(927) 382-85-03 <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru	<b>Kurochkin Anatoly Alekseevich</b> D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(927) 382-85-03 <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru
<b>Соколова Наталья Николаевна</b> исследователь ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, дом 11 <b>E-mail:</b> n.shmatkova2014@list.ru	<b>Sokolova Natalia Nikolaevna</b> researcher Russian Biotechnological University <b>E-mail:</b> n.shmatkova2014@list.ru
<b>Новикова Ольга Анатольевна</b> аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(937) 914-73-00 <b>E-mail:</b> ms.varlos@mail.ru	<b>Novikova Olga Anatolievna</b> upostgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(937) 914-73-00 <b>E-mail:</b> ms.varlos@mail.ru