



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК 635.24:663.5:664.696
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.04.010



ВЛИЯНИЕ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКСТРУДАТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ СМЕСИ РИСОВОЙ КРУПЫ С ПРОДУКТАМИ БИОКОНВЕРСИИ ТОПИНАМБУРА

Антон Юрьевич Шариков¹, Мария Валентиновна Амелякина²,
Виктор Витальевич Иванов³, Михаил Владимирович Туршатов⁴,
Александр Олегович Соловьев⁵, Ирина Михайловна Абрамова⁶

1, 2, 3, 4, 5, 6 ВНИИПБТ – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, Россия

¹ anton.sharikov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9483-5209>

² foodbiotech@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5138-6746>

³ ivanov.v.v@li.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6492-7070>

⁴ lab78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1277-5498>

⁵ lab78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2666-6890>

⁶ 4953624495@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9297-0554>

Аннотация. Перспективность переработки топинамбура на спирт и его использования в других технологиях биоконверсии показана многими исследованиями, при этом актуальной задачей является утилизация образуемых вторичных сырьевых ресурсов. Целью данного исследования стало изучение влияния влагосодержания смесей рисовой крупы и 6 % высушенной дисперсной фракции топинамбура, образуемой в процессе его переработки на спирт, на режимы экструзии, технологические показатели экструдатов, рассматриваемых как основа для продуктов быстрого приготовления. Полученные экструдаты оценивали по следующим качественным характеристикам: коэффициент расширения, насыпная плотность, твердость, количество микроразломов, цветовые характеристики в системе CIE Lab, растворимость, набухаемость. Проведенные исследования показали, что со снижением влажности с 20 % до 12,5 % происходило ужесточение режима экструзии, повышалась температура со 155 до 170 °С, давление с 2,0 до 4,0 МПа, момент сдвиговых деформаций с 48 до 80 %, удельная механическая энергия на 67 % с 0,109 до 0,182 кВт·час/кг. Уровень влагосодержания экструдированных смесей прямо коррелировал с насыпной плотностью экструдатов и их твердостью, которые увеличивались с 73,5 до 227,2 г/дм³ и с 4,4 до 41,7 Н соответственно, с ростом влагосодержания – с 12,5 до 20 %. Для других показателей отмечена обратная корреляция, количество микроразломов снижается с 11,8 до 4,7, коэффициент расширения с 13,7 до 4,1, показатель набухаемости с 10,4 до 7,2 см³/г и растворимости с 80 до 49 %. Динамическая вязкость суспензий экструдатов, имитирующих приготовление быстрорастворимых каш в бытовых условиях, снижалась с 3,3 до 2,0 Па·с со снижением влагосодержания. Установлено, что внесение дисперсной фракции топинамбура повышает пористость продукта, оказывает изменения на цветовые характеристики образцов. Исследованиями показана перспективность использования дисперсной фракции топинамбура в экструзионной технологии продуктов быстрого приготовления с целью повышения содержания пищевых волокон.

Ключевые слова: топинамбур, технология спирта, дисперсная фракция, вторичные сырьевые ресурсы, экструзия, качественные показатели, инстант-продукты.

Для цитирования: Влияние влагосодержания на качественные показатели экструдатов в технологии переработки смеси рисовой крупы с продуктами биоконверсии топинамбура / А.Ю. Шариков [и др.] // Ползуновский вестник. 2024. № 4. С. 66–72. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.04.010, EDN: <https://elibrary.ru/SWASNU>.

Original article

INFLUENCE OF MOISTURE CONTENT ON QUALITY INDICATORS OF RICE EXTRUDATES WITH JERUSALEM ARTICHOKE BY PRODUCTS OBTAINED IN ETHANOL TECHNOLOGY

Anton Y. Sharikov¹, Maria V. Amelyakina², Viktor V. Ivanov³,
Mikhail V. Turshatov⁴, Alexander O. Solovyov⁵, Irina M. Abramova⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} VNIIPBT is a branch of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

¹ anton.sharikov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9483-5209>

² foodbiotech@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5138-6746>

³ ivanov.v.v@li.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6492-7070>

⁴ lab78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1277-5498>

⁵ lab78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2666-6890>

⁶ 4953624495@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9297-0554>

Abstract. *The prospects of processing Jerusalem artichoke into alcohol and its use in other bioconversion technologies have been shown by many studies. The actual task is the utilization of the generated by-products. The aim of the work was to study the influence of the moisture content of mixtures of rice cereal and 6 % of the dried dispersed fraction of Jerusalem artichoke as by-product of alcohol technology on extrusion modes, technological parameters of extrudates considered as the basis for instant products. The resulting extrudates were evaluated according to the following qualitative characteristics: expansion index, bulk density, hardness, number of microfractures, color characteristics in the CIE Lab system, solubility, swelling. The results showed that key extrusion indicators increased with a decrease in moisture of mixture from 20 % to 12.5 %: the extrusion temperature - from 155 to 170 ° C, pressure - from 2.0 to 4.0 MPa, torque - from 48 to 80 %, and specific mechanical energy - by 67 % from 0.109 to 0.182 kW·h/kg. The level of moisture content correlated with the bulk density of extrudates and their hardness, which increased from 73.5 to 227.2 g/dm³ and from 4.4 to 41.7 N, respectively with an increase in moisture content from 12.5 to 20 %. An inverse correlation was noted for other indicators: the number of microfractures decreases from 11.8 to 4.7, the expansion coefficient from 13.7 to 4.1, the swelling index from 10.4 to 7.2 cm³/g and solubility from 80 to 49 %. The dynamic viscosity of extrudate suspensions simulating the preparation of instant porridges in domestic conditions decreased from 3.3 to 2.0 Pa s with a decrease in moisture content. It has been established that the introduction of a dispersed fraction of Jerusalem artichoke increases the porosity of the product and changes the color characteristics of the samples. Research has shown the prospects of using the dispersed fraction of Jerusalem artichoke in the extrusion technology of instant products in order to increase the content of dietary fiber.*

Keywords: *Jerusalem artichoke, alcohol technology, dispersed fraction, secondary raw materials, extrusion, quality indicators, instant products.*

For citation: Sharikov, A.Yu., Amelyakina, M.V., Ivanov, V.V., Turshatov, M.V., Solovyov, A.O. & Abramova, I.M. (2024). Influence of moisture content on qualitative indicators of extrudates in technology of processing a mixture of rice groats with Jerusalem artichoke bioconversion products. *Polzunovskiy vestnik*. (4), 66-72. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2024.04.010. EDN: <https://elibrary.ru/SWASNU>.

ВВЕДЕНИЕ

Спрос на крупы и каши, в том числе быстрого приготовления, в России традиционно находится на высоком уровне [1, 2, 3]. Это обусловлено и культурной традицией, а в отношении продуктов быстрого приготовления – различными ситуациями потребления, связанными с ускорением темпа жизни, урбанизацией, самостоятель-

ным туризмом, для которого характерно увеличение в рационе доли таких продуктов. Одной из технологий производства пищевых концентратов быстрого приготовления, восстанавливаемых водой, является варочная экструзия. Экструзионная технология, предполагающая кратковременную комплексную гидротермомеханическую обработку сырья, обладает рядом преимуществ по отношению к классическим процессам получения

инстант-продуктов, к которым относятся низкие энергозатраты и потери сырья, высокие производительность и эффективность переработки, универсальность технических решений [4, 5]. В аспекте химических изменений сырья экструзия переводит крахмал в растворимое желатинизированное состояние, повышает переваримость белка, элиминирует антипитательные факторы [6, 7]. В современной научной литературе встречается ряд публикаций, посвященных экструзионному способу получения каш быстрого приготовления, в рамках которых исследуется использование различных видов сырья, разрабатываются рецептуры пищекопцентратов с повышенной питательной ценностью, исследуются режимы экструзии [8, 9].

Одним из нестандартных видов сырья в технологии каш быстрого приготовления является топинамбур, при этом известны технические решения их получения как традиционными способами, так и с применением экструзии [10, 11]. Перспективность использования топинамбура в качестве функционального ингредиента обусловлена его пищевой и биологической ценностью: высоким содержанием инулина, белка, биологических активных и минеральных веществ, антифунгистическими, антиканцерогенными и антиоксидантными свойствами [12]. Актуальным направлением является рациональное использование продуктов переработки топинамбура в рамках комплексной технологии получения спирта [13] с получением целевого продукта и дополнительных продуктов переработки на основе утилизации образующихся вторичных сырьевых ресурсов.

Цель исследования: изучение влияния определяемых изменением влагосодержания режимов экструзионной переработки смесей рисовой крупы и высушенной дисперсной фракции топинамбура, образуемой в процессе его переработки на спирт, на технологические показатели экструдатов, рассматриваемых как основа для продуктов быстрого приготовления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе использовали рисовую крупу, экспериментальную смесь формировали добавлением к ней 6% дисперсной фракции топинамбура, отобранной на стадии гидроизмельчения в технологическом процессе переработки корнеплода на спирт. Свежие клубни топинамбура сорта Находка с содержанием сухих веществ 25,2% промывали проточной водой и подвергали механической очистке, после чего производили их измельчение на роторном диспергаторе IKA®-Werke Ultra-Turrax® T 25 basic до фракции, проход

которой через сито с диаметром ячейки 3 мм составлял не менее 95%. Полученную мезгу смешивали с водой в соотношении 1:1 и вносили ферментный препарат Viscozyme® HT FG как источник ксиланазы и целлюлазы в дозировке 0,25 ед КС/г сухих веществ. Воднотепловую и ферментативную обработку сырья проводили в два этапа: первый – 40 минут при температуре 50 °С; второй – 180 минут при температуре 90 °С. Затем разваренную массу охлаждали до 55 °С и проводили осахаривание в течение 60 минут с применением ферментного препарата Novozym 960 как источника инулазы в дозировке 0,5 ед. INU/г инулина. После охлаждения производили разделение массы на дисперсную и жидкую фазы сула при помощи лабораторной центрифуги. Жидкая фаза подвергалась дальнейшему сбраживанию с получением этилового спирта, а дисперсную фазу высушивали до содержания влаги более 10% и использовали для формирования экспериментальных смесей для экструзии.

Гидротермомеханическую переработку смесей проводили на двухшнековом экструдере Werner & Phleiderer Continua 37. Производительность экструдера и скорость вращения шнеков были постоянными и составляли 20 кг/час и 240 об/мин соответственно. Влагосодержание варьировалось в диапазоне 12,5–20% с шагом 2,5%. Для формования стренга экструдата была установлена фильера с двумя отверстиями круглого сечения диаметром 4 мм.

Удельную механическую энергию рассчитывали по формуле [14]:

$$SME = \frac{n}{n_{max} \times Kg} \times N \times M,$$

где SME – удельная механическая энергия на экструдирование, кВт*час/кг сырья; N – мощность двигателя экструдера, кВт; M – момент на валу редуктора; n и n_{max} – скорость вращения шнеков установленная и максимальная, соответственно, об/мин; Kg – производительность по сырью, кг/ час.

Коэффициент расширения экструдатов рассчитывали по соотношению площадей сечения экструдата и отверстия фильеры. Структурно-механические свойства образцов оценивали с использованием анализатора СТЗ (Brookfield, США) с металлическим цилиндрическим зондом диаметром 3 мм. В качестве технологических показателей продукта рассматривали показатели твердости и количества микроразломов, характеризующего хрусткость продукта. Цветовые показатели оценивали колориметрическим методом с использованием анализатора CS-10 (CS-10

**ВЛИЯНИЕ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКСТРУДАТОВ
В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ СМЕСИ РИСОВОЙ КРУПЫ С ПРОДУКТАМИ
БИОКОНВЕРСИИ ТОПИНАМБУРА**

(Hangzhou CHN Spec Technology, Китай) в системе CIE LAB, где L^* – является характеристикой светлоты, a^* – коэффициент спектрального отражения в диапазоне от зеленого до красного, b^* – коэффициент спектрального отражения в диапазоне от синего до желтого.

Для определения растворимости, набухаемости и реологических характеристик водных суспензий экструдат измельчали до тонины помола менее 400 мкм. Готовили суспензию с содержанием 10 % сухих веществ. Растворимость определяли по содержанию растворимых сухих веществ в фугате после центрифугирования суспензии при $3000 \times g$ [15]. Для определения набухаемости суспензию переносили в мерный цилиндр объемом 100 см^3 и оставляли на 24 часа, затем отмечали границу раздела двух фаз. При полном набухании наблюдалось равномерное распределение экструдата по всему объему. При неполном набухании в цилиндре образуются две фазы: верхняя жидкая прозрачная, почти не содержащая продукта, и нижняя непрозрачная с набухшим продуктом. При неполном набухании набухаемость продукта в $\text{см}^3/\text{г}$ вычисляли отношением объема продукта после отстаивания к массе навески.

Для определения реологических свойств суспензий, имитирующих доведение инстант-продукта до готовности, в емкость заливали 90 г воды с температурой 95–98 °С и при по-

стоянном перемешивании добавляли 30 г экструдата. После интенсивного перемешивания температуру смеси снижали до 24 °С и производили измерение динамической вязкости синусоидальным вискозиметром SV-10 (AND, Япония) при частоте 30 Гц.

Достоверность различий средних проводили методами факторного дисперсионного анализа и апостериорного анализа по критерию Тьюки при $p < 0,05$ с использованием пакета программ Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Смесь рисовой крупы с высушенной фракцией топинамбура экструдировали при различных режимных параметрах, ключевым из которых являлось влагосодержание, изменение которого от 20 до 12,5 % определяло изменение таких факторов, как давление, момент сдвиговых деформаций, температуру экструзии, т.е. непосредственно определяло режим экструзии. Контрольными являлись образцы экструдатов рисовой крупы, полученные при влагосодержании 20 %.

В таблице 1 приведены данные по зависимости основных показателей экструзии экспериментальной смеси от влагосодержания. Его снижение с 20 до 12,5 % значительно повысило температуру экструзии со 155 до 170 °С, давление с 2,0 до 4,0 МПа, момент сдвиговых деформаций с 48 до 80 %.

Таблица 1 – Режимы экструзии
Table 1 – Extrusion modes

Вариант смеси	Рисовая крупа	Рисовая крупа с гидролизатом топинамбура			
		20,0	17,5	15,0	12,5
Влагосодержание, %	20,0	20,0	17,5	15,0	12,5
Момент, %	44±3 ^A	48±3 ^A	50±4 ^A	62±4	80±5
Давление, МПа	2,0±0,1 ^A	2,0±0,1 ^A	3,2±0,1	3,5±0,1	4,0±0,2
Температура, °С	150±3 ^A	155±3 ^{AB}	163±5 ^{BC}	165±4 ^{CD}	170±5 ^D
Удельная механическая энергия, кВт·час/кг	0,100±0,007 ^A	0,109±0,007 ^A	0,114±0,009 ^A	0,133±0,009	0,182±0,011

*Значения с одинаковым буквенным индексом не имеют статистически достоверного различия при $p < 0,05$

Удельная механическая энергия с ростом влагосодержания повысилась на 67 % с 0,109 до 0,182 кВт·час/кг. Необходимо отметить, что в сравнении с контрольным образцом на уровне влагосодержания 20 % рассматриваемые значения показателей экструзии значительно не отличаются.

На рисунке 1 представлены изображения полученных образцов экструдатов.

Зависимость структурно-механических показателей экструдатов, определяемые изменением режимных параметров экструзии, приведена в таблице 2. Снижение влажности экструдированной смеси вызвало снижение насыпной плотности экструдатов с 227,2 до 73,5 г/дм³, твердость экструдатов при этом снизилась практически в 9,5 раз: с 41,7 до 4,4 Н.

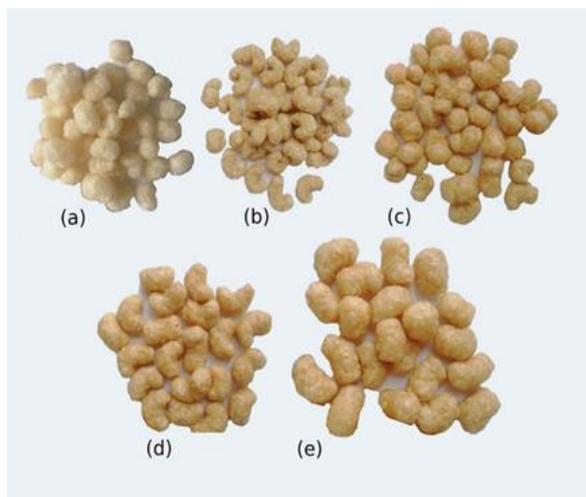


Рисунок 1 – Фото экструдатов с гидролизатом топинамбура: а – экструдаты рисовой крупы, полученные при влажностном содержании 20 %; экструдаты с гидролизатом топинамбура полученные при влажностном содержании: б – 20 %; с – 17,5 %; д – 15 %; е – 12,5 %

Figure 1 – Photo of extrudates with Jerusalem artichoke hydrolysate: а – rice grain extrudates obtained with a moisture content of 20 %; jerusalem artichoke hydrolysate extrudates obtained with a moisture content of: б – 20 %; с – 17.5 %; д – 15 %; е – 12.5 %

Таблица 2 – Влияние режима экструзии на структурно-механические свойства экструдатов
Table 2 – The effect of the extrusion regime on the structural and mechanical properties of extrudates

Вариант смеси	Рисовая крупа	Рисовая крупа с дисперсной фракцией топинамбура			
		20,0	17,5	15,0	12,5
Влажностное содержание, %	20,0	20,0	17,5	15,0	12,5
Насыпная плотность гранул, г/дм ³	206,9±1,7	227,2±3,7	125,8±1,9	109,9±4,4	73,5±2,2
Коэффициент расширения	6,9±1,0	4,1±0,4	8,0±0,95 ^A	7,5±0,7 ^A	13,7±2,1
Твердость, Н	35,7±5,7 ^A	41,7±3,2 ^A	10,0±3,5 ^B	8,9±0,8 ^B	4,4±1,0
Количество микроразломов	2±0,6	4,7±0,8	9,3±1,4 ^A	11,7±1,0 ^A	11,8±1,0 ^A

* Значения с одинаковым буквенным индексом не имеют статистически достоверного различия при $p < 0,05$

При этом для уровней влажности в диапазоне 12,5–17,5 % характеристика *b* значительно не изменяется. Значение характеристики *a* в целом близко к показателям контрольного

образца при влажности экструзии 20 %, но изменяется при варьировании режимом экструзии.

Обратная тенденция отмечена для показателей квадратичного коэффициента расширения и количества микроразломов, характеризующего пористость экструдатов. Снижению влажностного содержания смеси при экструдировании с 20 до 12,5 % соответствовали рост коэффициента расширения с 4,1 до 13,7, т.е. в 3,3 раза, и увеличение количества микроразломов с 4,7 до 11,8, т.е. в 2,5 раза. Отмечено, что при более воздушной структуре, характеризующейся меньшей насыпной плотностью, твердостью гранул и большим коэффициентом расширения, контрольный образец характеризуется меньшим количеством микроразломов, т.е. менее развитой внутренней пористой структурой. Это может объясняться тем, что внесение дисперсной фракции топинамбура повышает в смеси количество точек взрывного парообразования, которыми являются частицы клетчатки, и при переходе расплава смеси, находящегося под давлением в камере экструдера, в атмосферное давление количество пор возрастает.

Анализ цветковых характеристик экструдатов, представленных в таблице 3, показывает, что светлота образцов с внесением гидролизата топинамбура значительно снижается, спектральная цветовая характеристика *b* значительно возрастает и переходит в область желтого.

Таблица 3 – Влияние режима экструзии на цветовые характеристики экструдатов
Table 3 – Influence of the extrusion mode on the color characteristics of extrudates

Вариант смеси	Рисовая крупа	Рисовая крупа с гидролизатом топинамбура			
		20,0	17,5	15,0	12,5
Влажностное содержание, %	20,0	20,0	17,5	15,0	12,5
L	90,5±0,7	72,9±1,2	76,6±0,6 ^A	76,0±1,1 ^A	78,0±0,6
a	1,7±0,5 ^A	1,5±0,2 ^A	4,5±0,3	3,3±0,2 ^B	2,9±0,2 ^B
b	7,9±0,2	18,2±1,0	21,9±1,0 ^A	21,9±0,6 ^A	21,7±0,2 ^A

* Значения с одинаковым буквенным индексом не имеют статистически достоверного различия при $p < 0,05$

ВЛИЯНИЕ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКСТРУДАТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ СМЕСИ РИСОВОЙ КРУПЫ С ПРОДУКТАМИ БИОКОНВЕРСИИ ТОПИНАМБУРА

В аспекте разработки продуктов быстрого приготовления в формате каш, требующих только гидратации смеси, особую важность играют технологические показатели, характеризующие реологические и гидратирующие свойства экструдатов. Помолы экструдатов с гидролизатом топинамбура тониной помола менее 400 мкм, рассматриваемые в качестве основы для инстант-продуктов, оценивали по изменению набухаемости, растворимости и динамической вязкости, данные по которым представлены в таблице 4. Для имитации

приготовления продукта в бытовых условиях помол экструдата заливали горячей водой. Результаты исследования образцов показали, что со снижением содержания влажности в камере экструдера происходило ужесточение режима экструзии, вследствие этого отмечено значимое увеличение набухаемости с 7,2 до 10,4 см³/г и растворимости с 49 до 80 %, что обусловлено более полной клейстеризацией крахмала с ростом температуры и степени гидротермомеханического воздействия на сырье при меньшем влагосодержании.

Таблица 4 – Влияние режима экструзии на реологические характеристики основы для инстант-продукта

Table 4 – Effect of the extrusion mode on the rheological characteristics of the base for the instant product

Вариант смеси	Рисовая крупа	Рисовая крупа с дисперсной фракцией топинамбура			
		20,0	17,5	15,0	12,5
Влагосодержание, %	20,0	20,0	17,5	15,0	12,5
Набухаемость, см ³ /г	8±0,4 ^A	7,2±0,3 ^B	7,8±0,4 ^{AB}	8,0±0,4 ^A	10,4±0,6
Растворимость, %	57,5±3,3	49±2,8	78±4,8 ^A	81±4,5 ^A	80±4,6 ^A
Вязкость при 24 °С, Па·с	3,4±0,2 ^A	3,3±0,2 ^A	2,3±0,3 ^B	2,3±0,3 ^B	2,0±0,2 ^B

*Значения с одинаковым буквенным индексом не имеют статистически достоверного различия при $p < 0,05$

Вязкость суспензий при этом снизилась с 3,3 до 2,0 Па·с, но значения вязкости для образцов, полученных при влагосодержании от 17,5 до 12,5 %, значимо не отличаются. Вязкость суспензий данных опытных образцов была ниже контроля. По литературным данным, вязкость каш, например, для потребления детьми, должна находиться в диапазоне 1–3 Па·с [16], это в целом соответствует полученным экспериментальным значениям.

ления, со снижением влажности при экструзии также значимо изменяются: значимо увеличивается растворимость, набухаемость, вязкость суспензий, приготовленных горячим способом, при этом значительно снижается.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-16-00159, <https://rscf.ru/project/22-16-00159/>.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование дисперсной фракции топинамбура, образуемой в качестве вторичного сырьевого ресурса при переработке на спирт, в технологии продуктов быстрого приготовления с целью повышения содержания пищевых волокон возможно с использованием технологии экструзии. Исследование влияния влагосодержания экструдированной смеси показали значимое влияние на режимы гидротермомеханического процесса и свойства экструдатов. Снижение влагосодержания с 20 до 12,5 % повышает температуру и давление экструзии, удельную механическую энергию. В аспекте изменения свойств экструдатов отмечается повышение коэффициента расширения, пористости гранул, количества микроразломов, при этом снижаются их твердость и насыпная плотность. Свойства помолов экструдатов, которые рассматриваются как основа для продуктов быстрого приготовления

POLZUNOVSKIY VESTNIK № 4 2024

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудась П.Г. Маркетинговые исследования российского рынка пищевых продуктов быстрого приготовления // Известия вузов. Пищевая технология. 2006. № 4. С. 108-110
2. Мелешкина Л.Е., Иунихина В.С., Вайтанис М.А. Изменение углеводного комплекса перловой и гречневой крупы быстрого приготовления в процессе баротермического текстурирования // Ползуновский вестник. 2012. № 2/2. С. 117-121.
3. Булганина С.В., Лебедева Т.Е., Голованова С.О., Домнина А.И. Рынок круп в России: динамика развития и факторы спроса // Московский экономический журнал. 2020. № 2. С. 249-256.
4. Adekola, K.A. (2016). Engineering Review Food Extrusion Technology and Its Applications // Journal of Food Science and Engineering. 2016. № 6. P. 149-168. DOI: 10.17265/2159-5828/2016.03.005.
5. Vivian Offiah, Vassilis Kontogiorgos & Kolawole O. Falade. Extrusion processing of raw food materials and by-products: A review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2019. V. 59. № 18. P. 2979-2998. DOI: 10.1080/10408398.2018.1480007
6. Шариков А.Ю., Амелякина М.В. Модификация углеводов сельскохозяйственного сырья в процессе термомеханической экструзии (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22. № 6. С. 795-803. DOI:

10.30766/2072-9081.2021.22.6.795-803.

7. Singh, Shivendra & Gamlath, Shirani & Wakeling, Lara. Nutritional aspects of Food extrusion: A review // International Journal of Food Science & Technology. 2007. V. 42. P. 916- 929. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x.

8. Nyomba, George & Siddiq, Muhammad & Dolan, K.D. Physico-chemical and sensory quality of extruded light red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) porridge // LWT - Food Science and Technology. 2011. V. 44. № 7. P. 1597-1602. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.02.016.

9. Akande, Olamide A [et al.]. Optimization of extrusion conditions for the production of instant grain amaranth-based porridge flour // Food science & nutrition. 2017. V. 5. № 6. P. 1205-1214. doi: 10.1002/fsn3.513.

10. Патент № 2541402 Российская федерация, Способ производства каш с топинамбуром / В.Н. Макаров, М.Ю. Акимов, Л.Н. Влазнева, В.А. Кольцов // заявитель и патентообладатель Мичуринский государственный аграрный университет. № 2013141384; приоритет от 09.09.2013; зарегистрировано 29.12.2014 г.

11. Kim H.S., Hwang E.S. Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Brown Rice Porridge Supplemented with Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) // Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 2022. V. 51. № 4. P. 352-359. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2022.51.4.352>.

12. Sawicka B., Skiba D., Pszczółkowski P., Aslan I., Sharifi-Rad J., Krochmal-Marczak B. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as a medicinal plant and its natural products // Cellular and molecular biology Noisy-le-Grand. 2020. V. 66. № 4. P. 160-177.

13. Абрамова И.М., Туршатов М.В., Кривченко В.А. [и др.]. Исследование биохимического состава топинамбура и получаемых на его основе этилового спирта и пищевых функциональных продуктов // Биотехнология. 2022. Т. 38. № 4. С. 56-61. DOI 10.56304/S0234275822040020.

14. Ainsworth P., Ibanoglu S., Plunkett A., Ibanoglu E. & Stojceska V. Effect of brewers spent grain addition and screw speed on the selected physical and nutritional properties of an extruded snack // Journal of Food Engineering. 2007. V. 81. № 4. P. 702-709. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.01.004>.

15. Stojceska V., Ainsworth P., Plunkett A., Ibanoglu S. The advantage of using extrusion processing for increasing dietary fibre level in gluten-free products // Food Chemistry. 2010. V. 121. № 1. P. 156-164. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.12.024.

16. Mosha A., Svanberg U. Preparation of Weaning Foods with High Nutrient Density Using Flour of Germinated Cereals // Food and Nutrition Bulletin. 1983. T. 5. № 2. P. 10-14.

Информация об авторах

А. Ю. Шариков – к.т.н., зав. отделом оборудования пищевых производств и мембранных технологий ВНИИПБТ – филиал ФГБУН Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи.

М. В. Амелякина – к.т.н., старший научный сотрудник отдела оборудования пищевых произ-

водств и мембранных технологий ВНИИПБТ – филиал ФГБУН Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи.

В. В. Иванов – к.т.н., ведущий научный сотрудник отдела оборудования пищевых производств и мембранных технологий ВНИИПБТ – филиал ФГБУН Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи.

М. В. Туршатов – к.т.н., заведующий отделом технологии спирта и комплексной переработки сырья ВНИИПБТ – филиал ФГБУН Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи.

А. О. Соловьев – младший научный сотрудник лаборатории комплексной переработки сырья ВНИИПБТ – филиал ФГБУН Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи.

И. М. Абрамова – д.т.н., директор ВНИИПБТ – филиал ФГБУН Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи.

Information about the authors

A.Yu. Sharikov - Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Food Production Equipment and Membrane Technologies at VNIIPBT - branch of the FSBIS "Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety".

M.V. Amelyakina - Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at the Department of Food Production Equipment and Membrane Technologies of VNIIPBT - branch of the FSBIS "Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety".

V.V. Ivanov - Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher at the Department of Food Production Equipment and Membrane Technologies of VNIIPBT - branch of the FSBIS "Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety".

M.V. Turshatov - Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Alcohol Technology and Complex Processing of Raw Materials, VNIIPBT - branch of the FSBIS "Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety".

A.O. Solovyov - Junior Researcher at the Laboratory of Complex processing of raw materials VNIIPBT - branch of the FSBIS "Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety".

I.M. Abramova - Doctor of Technical Sciences, Director of VNIIPBT - branch of the FSBIS "Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety".

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 28 февраля 2024; одобрена после рецензирования 20 ноября 2024; принята к публикации 04 декабря 2024.

The article was received by the editorial board on 28 Feb 2024; approved after editing on 20 Nov 2024; accepted for publication on 04 Dec 2024.