

Экструдирование смесей пшеницы и выжимок моркови повышенной влажности в технологии продуктов, готовых к употреблению

Антон Ю. Шариков	¹	anton.sharikov@gmail.com
Владимир И. Степанов	¹	stepanov-bio@yandex.ru
Виктор В. Иванов	¹	ivanov.v.v@li.ru
Дарья В. Поливановская	¹	dashpol@mail.ru
Мария В. Амелякина	¹	masha.am@mail.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия

Реферат. Актуальной задачей пищевой промышленности является утилизация вторичных ресурсов переработки плодоовощного сырья и их использование в производстве обогащенных продуктов питания. Это позволяет более эффективно и рационально использовать сырье с большим содержанием биологических активных веществ. Проведены исследования возможности использования нативных выжимок моркови в качестве ингредиента при получении экструдированных, готовых к употреблению продуктов на основе пшеницы. Изучено влияние дозировки выжимок на режимные параметры экструзии и свойства получаемых экструдатов. Установлено, что увеличение содержания выжимок более 20% негативно сказывается на качестве продукта, коэффициент взрыва снижается более чем в 2 раза, насыпная плотность повышается на 40%. Исследован способ дополнительного отбора пара в средней части камеры экструдера непосредственно в процессе варочной экструзии смесей с содержанием выжимок более 20% и влажностью 26,5, 28,9 и 34,5%. Показателем отвода пара являлось снижение давления в устройстве, в результате чего происходило снижение влагосодержания материала в предматричной зоне камеры экструдера. Установлено, что дополнительный отбор пара при экструдировании высоковлажных смесей значительно влияет на жесточение режимов экструзии. Повышается температура при работе в политропном режиме, также увеличиваются давление и момент нагрузки. При этом улучшаются показатели качества экструдатов. Для смесей с 26,5 и 28,9% влажности при отборе пара более чем в 2 раза возрастал коэффициент взрыва, на 21-25% снижалась насыпная плотность. Режимы экструдирования смеси влажностью 34,5% без и с отбором пара были нестабильными и не обеспечивали получения экструдатов приемлемого качества. Предложенный способ экструзии высоковлажных смесей муки пшеницы с выжимками моркови является научным заделом для разработки технологий получения готовых к употреблению экструдированных продуктов с использованием влажных вторичных сырьевых ресурсов переработки плодов и овощей.

Ключевые слова: экструзия, вторичные сырьевые ресурсы, выжимки моркови, высоковлажное сырье, отбор пара

Extrusion cooking of wet mixtures of wheat flour with carrot bagasse in technology of ready-to-eat products

Anton Yu. Sharikov	¹	anton.sharikov@gmail.com
Vladimir I. Stepanov	¹	stepanov-bio@yandex.ru
Victor V. Ivanov	¹	ivanov.v.v@li.ru
Darya V. Polivanovskaya	¹	dashpol@mail.ru
Mariya V. Amelyakina	¹	masha.am@mail.ru

¹ Russian research Institute of food biotechnology – a branch of Federal research center of food, biotechnology and food safety, Samokatnaya Str., 4B, Moscow, 111033, Russian Federation

Summary. The actual challenge for the food industry is the utilization of by-products of fruit and vegetable processing and their use in the production of enriched food products. It allows to use raw materials with a high content of biological active substances more efficiently and rationally. The possibility of using carrot bagasse as an ingredient in the preparation of extruded ready-to-eat product was studied. The wheat meal was used as core ingredient. The influence of the bagasse dosage on the extrusion conditions and the properties of the extrudates samples was studied. It was shown that an increase of the bagasse content more than 20% influenced the quality of the product negatively. The expansion index decreased more than 2 times and the bulk density increased by 40%. The method of additional steam venting from the middle part of the extruder chamber was investigated during the extrusion cooking of mixtures with the bagasse content more than 20% and moisture content 26.5, 28.9 and 34.5%. The indicator of the steam venting was the reduction of pressure in the degassing installation. As a result, the moisture content of the material in the die zone of the extruder chamber decreased. It was shown that additional steam venting during extrusion of high-moisture mixtures led to more severe extrusion conditions. The temperature, die pressure and torque increased significantly. It improved the quality of extrudates. Steam venting during extrusion of blends with 26.5 and 28.9% moisture increased expansion index more than 2 times and decreased the bulk density by 21-25%. Extrusion process of a mixture with a moisture content of 34.5% without and with steam venting was unstable and did not allowed to obtain samples of extrudates with acceptable quality. The proposed method for extrusion of high-moisture blend of wheat flour with carrot bagasse can be basis for developing technologies for the production of ready-to-eat extruded products using moist food by-products of fruits and vegetables processing.

Keywords: extrusion cooking, food by-products, carrot bagasse, wet raw materials, steam venting

Для цитирования

Шариков А.Ю., Степанов В.И., Иванов В.В., Поливановская Д.В., Амелякина М.В. Экструдирование смесей пшеницы и выжимок моркови повышенной влажности в технологии продуктов, готовых к употреблению // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 43–49. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-43-49

For citation

Sharikov A.Yu., Stepanov V.I., Ivanov V.V., Polivanovskaya D.V., Amelyakina M.V. Extrusion cooking of wet mixtures of wheat flour with carrot bagasse in technology of ready-to-eat products. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 43–49. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-43-49

Введение

Одним из факторов возникновения и роста неинфекционных заболеваний является несбалансированное питание, в том числе отсутствие в рационе достаточного количества пищевых волокон. Дефицит пищевых волокон в рационе может вызвать раковые заболевания, ожирение, сахарный диабет, увеличивает риск сердечнососудистых заболеваний и гипертонии, также снижается ассоциированное потребление антиоксидантов, витаминов, минералов, фитоэстрогенов [1, 2]. Под влиянием пищевых волокон улучшается микрофлора кишечника, усиливается синтез витаминов В1, В2, В6, РР и фолиевой кислоты кишечными бактериями [3]. Одними из основных естественных источников пищевых волокон являются овощи и плоды, которые также в своем составе содержат флавоноиды, антиоксиданты, витамины [4, 5]. Продукты переработки плодоовощного сырья являются перспективными ингредиентами для комплексного обогащения биологическими активными веществами продуктов питания с низкой пищевой ценностью, например, готовые к употреблению, производимые как правило из рафинированного сырья с высоким содержанием углеводов. Это могут быть снеки, небогатые готовые завтраки. Такие продукты преимущественно вырабатываются с использованием процесса варочной экструзии, обладающего рядом технологических и экономических преимуществ [6]. Мягкие условия экструзии обеспечивают повышение пищевой ценности перерабатываемых материалов, в процессе экструдирования происходит разрушение антипитательных факторов, клейстеризация крахмала, повышение переваримости белка и растворимости пищевых волокон, снижение окисления липидов [7]. Ряд исследователей проводили работы по использованию продуктов переработки плодов и овощей при разработке экструдированных продуктов питания. Так, при экструдировании смесей пшеничной муки, кукурузного и картофельного крахмала, сухого молока и порошков банана, яблока, клубники или мандарина, вносимых в рецепту в количестве 11% были получены образцы продуктов с высокой органолептической оценкой [8]. запатентован способ получения разноцветных экструдированных изделий, включающий экструдирование смесей, в состав которых могут входить мука и крупы различных зерновых культур, а также до 15% плодоовощных компонентов в виде порошков фруктов, ягод, овощей и зелени, полученных различными видами сушки: сублимационной, инфракрасной, конвекционной [9].

Перспективным при обогащении продуктов питания плодоовощными компонентами является применение не нативного или высушенного сырья, а вторичных сырьевых ресурсов – продуктов его переработки, например, выжимок от производства соков, так как это способствует развитию комплексных, безотходных и ресурсосберегающих технологий [10, 11], и позволяет использовать относительно дешевые ингредиенты с высокой пищевой ценностью.

Разработана экструзионная технология переработки крошки из черствого и деформированного хлеба с 3–5% добавкой свекольно-паточного порошкообразного полуфабриката [12] при температуре экструдирования составляет 160–180 °С, 12–15% влажности перерабатываемой смеси и скорости вращения шнека 4,95–6,28 с⁻¹. Также проведено исследование по использованию подсушенной до 10% влажности мезги моркови и тыквы при разработке поликомпонентных экструдированных продуктов с варьированием содержания в рецептуре исходной смеси порошков выжимок от 5 до 15% [13].

Тем не менее, использование предварительной сушки плодоовощного сырья и продуктов его переработки предполагает значительные трудовые и энергозатраты, что существенно увеличивает стоимость данных ингредиентов и влияет на себестоимость готовой продукции. Более перспективным технологическим решением является производство готовых экструзионных продуктов при переработке смесей зерновых с высоковлажным вторичными плодоовощным сырьем без использования предварительной подсушки. Лимитирующим фактором для получения качественного продукта при этом может быть влажность экструдированной смеси – режимный параметр, снижающий вязкость расплава при экструзии с соответствующим влиянием на температуру, давление экструдирования и свойства получаемых экструдатов. Известен способ модернизации экструдера, в котором к выходной матрице присоединена система вакуумирования, включающая вакуум-камеру, вакуумным насос и выгрузной камерой с шпозовым затвором [14]. Такое техническое решение позволяет использовать давление в вакуумной камере в качестве дополнительного управляющего фактора и воздействовать на интенсивность формирования пористой структуры экструдатов и индекс их расширения при переработке в том числе влажных смесей без потери качества.

Альтернативным способом влияния на режимы экструдирования при переработке влажного сырья может быть отбор пара непосредственно из камеры экструдера до выхода жгута через отверстия фильеры, что не требует подключения системы вакуумирования.

Целью работы являлось исследование процесса экструдирования с отбором и без отбора пара смесей зерновых с влажными вторичными сырьевыми ресурсами переработки плодоовощного сырья на примере зерна пшеницы и выжимок моркови для создания научного задела при разработке технологии производства поликомпонентных, готовых к употреблению продуктов.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись смеси измельченного зерна пшеницы и добавляемых в количестве 5–30% выжимок моркови, полученных в результате отжима сока на соковыжималке центрифужного типа при факторе разделения 2000g. Влажность выжимок после отжима сока составляла 84%. Помол зерна пшеницы с содержанием крахмала 57% и влажностью 11,7% характеризовался 80% проходом через сито ϕ 1,0 мм.

Экструдирование осуществлялось с использованием модернизированного двухшнекового экструдера Werner&Pleiderer Continua 37 (Германия) с диаметром шнеков и удельной

длиной 37 мм и 27, соответственно. Конфигурация шнековых органов представляла собой следующую комбинацию элементов от зоны загрузки к отверстиям фильеры: 580 мм – транспортирующие элементы с шагом 40 мм, 50 мм – реверсивные элементы с шагом 10 мм, 260 мм – транспортирующие элементы с шагом 40 мм, 40 мм – месильные элементы толщиной 10 мм, реверсивный элемент с шагом 10 мм и транспортирующий элемент длиной 50 мм с шагом 40 мм. Для обеспечения дополнительного обезвоживания перерабатываемого сырья было использовано штатное технологическое отверстие в экструзионной камере, расположенное после группы реверсивных элементов, соединенное через камеру-патрубок и трубопровод с манометром и вентилем, необходимым для контроля и регулирования влагоиспарения в процессе термопластической экструзии. Конфигурация шнековых органов и расположение узла пароотведения схематично представлены на рисунке 1.

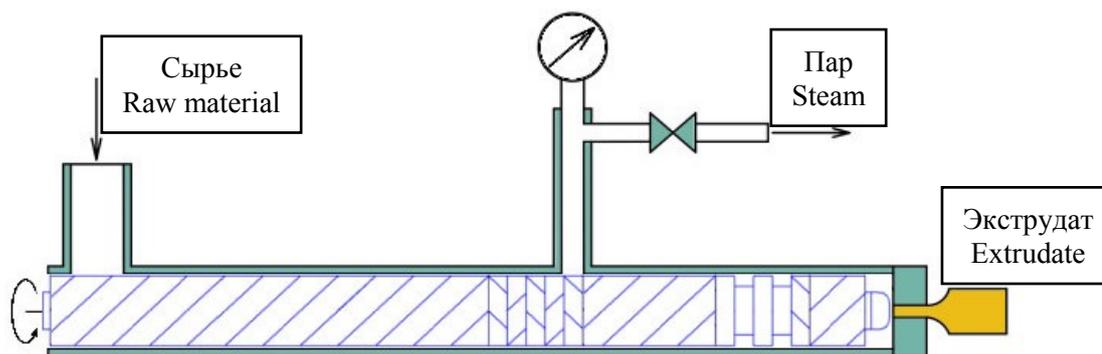


Рисунок 1. Геометрический профиль шнековых органов и узел влагоиспарения
Figure 1. Extruder screw design and installation for steam venting

Матрица экструдера была оборудована фильерой с 2 отверстиями диаметром 3 мм. Производительность по сырью составляла 12 кг/час, скорость вращения шнеков 250 об/мин, скорость резки гранул 710 об/мин.

Анализ влажности образцов исходного сырья и экструдатов проводили с использованием влагомера ML-50 (A&D, Япония) при 130 °C и величине навесок 1–3 г.

Проэкструдированные продукты оценивали по коэффициенту взрыва насыпной плотности. Коэффициент взрыва определяли как соотношение площадей поперечного сечения образцов экструдата и отверстия фильеры. Для нивелирования факторов формы и размера гранул насыпную плотность определяли для измельченных в идентичных условиях продуктов экструзии, помол которых характеризовался 100% проходом через сито 1 мм.

Результаты и обсуждение

Первым этапом исследования являлось изучение влияния содержания выжимок моркови в смеси с помолом пшеницы на процесс экструдирования. Готовили смеси для экструдирования с внесением овощного компонента в количестве 5, 10, 20 и 30%. В результате кондуктивного массообмена при смешивании влажность исходных смесей изменялась в зависимости от содержания выжимок. Уже при 5% содержании компонента моркови влажосодержание увеличилось до 15,4%. С увеличением количества выжимок в смеси до 10% и более влажность превысила значения, соответствующие штатным режимам экструзионного процесса.

Экструзия готовых смесей осуществлялась при постоянных значениях технологических параметров – скорости вращения шнеков, температуры посекционного нагрева камеры,

производительности. Предварительный нагрев камеры экструдера осуществлялся до температуры 80 °С в центральной зоне и до 170 °С в двух

последних зонах. В таблице 1 представлены режимные параметры экструдирования и технологические показатели полученных продуктов.

Таблица 1.
Режимные параметры и технологические показатели экструдированных продуктов с выжимками моркови

Table 1.

Extrusion regimes and properties of wheat extrudates with carrot bagasse

Содержание выжимок в смеси, % Carrot bagasse content in the mixture, %	0	5	10	20	30
Влажность смеси, % Mixture's moisture, %	16,0	15,4	19,2	26,2	33,5
Момент нагрузки, % Torgue, %	42	42	38	22	16
Температура, °С Temperature, °С	184	183	183	171	160
Давление, МПа Die pressure, МПа	4,0	3,7	3,5	2,1	1,5
Влажность экструдата, % Extrudate's moisture, %	7,7	7,5	8,9	10,2	18,4
Коэфф. Взрыва Expansion index	8,0	8,3	6,8	4,1	2,2
Насыпная плотность кг/м ³ Bulk density, kg/m ³	646	591	776	821	910

В качестве контроля использовали помол пшеницы, в процессе экструдирования которого в камеру экструдера дополнительно дозировали воду.

Увеличение содержания выжимок в смеси с 5 до 30% снижало температуру экструдирования в предматричной зоне экструдера с 183 до 160°С, при этом происходило уменьшение момента нагрузки экструдера с 42 до 16% и, соответственно, снижение давления в предматричной зоне с 3,7 до 1,5 МПа. При этом влажность получаемого продукта возрастала от 7,5 до 18,4%, коэффициент взрыва уменьшился с 8,3 до 2,2, а насыпная масса измельченных для стандартизации экструдатов увеличилась с 591 до 910 кг/м³. На рисунке 2 представлены фотографии экструдатов полученных с 5 и 30% содержанием выжимок моркови.

Наиболее приемлемыми с потребительской точки зрения были признаны экструдаты с 5% и 10% содержанием выжимок. Образцы с большим количеством выжимок в рецептуре характеризовались плотной, твердой и стекловидной структурой. Полученные результаты согласуются с известными данными влияния увеличения влагосодержания на снижение коэффициента взрыва, повышение насыпной плотности и твердости экструдатов [14].

Таким образом, утилизировать выжимки моркови при экструдировании в штатном режиме для получения продукта с хорошей органолептической оценкой без конструктивных изменений возможно только внося в рецептуру не более 10% вторичного сырьевого ресурса. Для преодоления этого лимитирующего значения был разработан способ дополнительного отбора пара в средней части камеры экструдера непосредственно в процессе варочной экструзии. Для контроля и регулирования влагоиспарения перерабатываемого сырья на отводном трубопроводе был установлен манометр с вентилем.

Проведено исследование процесса экструдирования смесей измельченной пшеницы с внесением 20, 25 и 30% выжимок моркови. Предварительный нагрев камеры экструдера осуществлялся до температуры 90 °С в центральной зоне и до 200 °С в двух последних зонах. В таблице 2 представлены режимные параметры процесса экструдирования высоковлажного сырья с отбором и без отбора пара, а также свойства полученных экструдатов.



Рисунок 2. Экструдаты пшеницы с выжимками моркови: а) – 5% выжимок; б) – 30% выжимок

Figure 2. Wheat extrudates with carrot bagasse: a) – with 5% of bagasse; b) – with 30% of bagasse

Режимные параметры экструдирования смесей измельченного зерна пшеницы и морковных выжимок с дополнительным отбором пара

Table 2.

Extrusion regimes with steam venting and properties of the obtained wheat extrudates enriched with carrot bagasse

Содержание выжимок в смеси, % Carrot bagasse content in the mixture, %	20	20	25	25	25	30	30
Режим отбора пара Regime of steam venting	без отбора Off	с отбором On	без отбора Off	с отбором On	с отбором On	без отбора Off	с отбором On
Давление пара в устройстве отбора, МПа Steam pressure in venting installation, MPa	0,50	0,30	0,50	0,25	0,15	0,50	0,02
Момент нагрузки, % Torgue, %	18	40	15	45	55	Режим неустойчивый Unstable regime	Режим неустойчивый Unstable regime
Температура, °С Temperature, °С	180	190	170	185	205		
Давление, МПа Die pressure, MPa	1,6	3,3	1,2	3,8	4,5	Формования гранул не происходило Nogranules formation	
Влажность экструдата, % Extrudate's moisture, %	13,1	7,1	15,3	8,5	4,1		
Коэфф. взрыва Expansion index	4,0	8,5	2,8	7,8	8,2		
Насыпная плотность кг/м ³ Bulk density, kg/m ³	810	634	905	675	647		

Влажность смесей для экструдирования с 20, 25 и 30% выжимок моркови составляла 26,5, 28,9 и 34,5%, соответственно. При экструдировании высоковлажная смесь перемещалась вращающимися самоочищающимися транспортирующими шнеками в зону реверсивных элементов с одновременным разогревом под действием внешнего обогрева и диссипации механической энергии сил трения. В зоне реверсивных элементов температура и давление достигали максимальных значений. Далее сырье попадало в зону с технологическим отверстием и устройством для отвода пара. При переходе из области высоких баро-термических воздействий в зону декомпрессии, где объемная полость транспортирующих элементов, а также дегазационного отверстия и камеры-патрубка значительно превышают размеры полости в зоне реверсивных элементов, происходило падение давления и температуры с разрывом сплошного потока материала и увеличением поверхности испарения. Показателем отвода пара, регулируемого вентилем, являлось снижение давления в устройстве, в результате чего происходило снижение влагосодержания материала в предматричной зоне. Далее расплав сырьевой массы со сниженной

влажностью перемещался в предматричную зону камеры экструдера, а затем выпрессовывался через формирующие отверстия матрицы с соответствующим резким падением давления и интенсивным испарением перегретой влаги сырья.

Данные эксперимента показывают, что при отборе пара из экструдруемой смеси с 20% выжимок происходит увеличение момента нагрузки с 18 до 40% за счет дополнительного отбора пара, при этом в предматричной зоне камеры экструдера происходит увеличение температуры и давления с 180 до 190 °С и с 1,6 до 3,3 МПа, соответственно. При отборе пара с содержанием выжимок моркови 25% происходит увеличение момента нагрузки с 15 до 45% при снижении давления в устройстве отбора пара с 0,5 до 0,25 МПа и до 55% при соответствующем давлении 0,15 МПа. Следствием максимального отбора пара при давлении в устройстве 0,15 МПа являлся дефицит влаги в предматричной зоне экструдера, что вызывало подгорание материала и получение продукта, неприемлемого по органолептическим показателям. На рисунке 3 представлены фотографии образцов экструдатов, полученных из смесей с внесением 25% морковных выжимок.

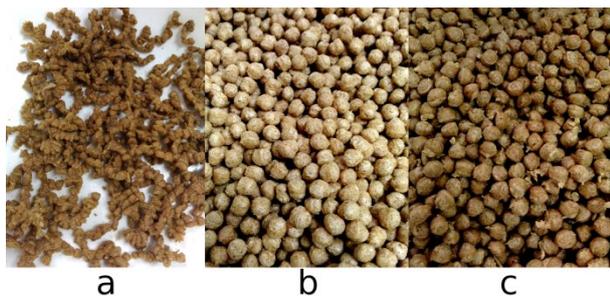


Рисунок 3. Экструдаты пшеницы с 25% добавлением выжимок моркови: а) – без отбора пара; б) – при давлении пара в устройстве отбора 0,25 МПа; в) – при давлении пара в устройстве отбора 0,15 МПа

Figure 3. Wheat extrudates with 25% content of carrot bagasse: a) – without steam venting; b) – with pressure of steam venting 0,25 MPa; c) – with pressure of steam venting 0,15 MPa

Режимы экструдирования смеси с содержанием выжимок моркови 30% с отбором и без отбора пара были неустойчивы из-за неравномерной подачи предельно влажной исходной смеси шнековым дозатором экструзионной установки, и не позволили получить экструдат приемлемого качества.

Отбор пара как технологический прием повысил качество экструдатов. Для каждой смеси более чем в 2 раза возрастал коэффициент взрыва при отборе пара, на 21–25% снижалась насыпная плотность, которая для экструдатов находится в обратной зависимости с твердостью текстуры продукта.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Tarcea M., Rus V., Zita F. Insight of dietary fibers consumption and obesity prevention // *Journal of Obesity & Eating Disorders*. 2017. V. 3. № 1:31. P.1–3. DOI: 10.21767/2471–8203.100031.
- 2 Баланова Ю.А., Шальнова С.А., Деев А.Д., Имаева А.Э. и др. Ожирение в российской популяции – распространенность и ассоциации с факторами риска хронических неинфекционных заболеваний // *Российский кардиологический журнал*. 2018. № 6. С. 123–130. DOI: 10.15829/1560–4071–2018–6–123–130.
- 3 Боков Д.О., Малинкин А.Д., Бессонов В.В., Байгарин Е.К. Пищевые волокна и заболевания желудочно-кишечного тракта // *Вопросы питания*. 2015. № 55. С. 19–20.
- 4 Пивоваров В.Ф., Пышная О.Н., Гуркина Л.К. Овощи – продукты и сырье для функционального питания // *Вопросы питания*. 2017. № 3. С. 121–127.
- 5 Винницкая В. Ф., Данилин С.И., Перфилова О.В. Перспективы развития производства основных видов плодоовощной продукции для полноценного и здорового питания // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2014. № 2. С. 45–51.
- 6 Остриков А.Н., Магомедов Г.О., Дерканосова Н.М., Василенко В.Н. и др. *Технология экструзионных продуктов*. СПб: Проспект науки, 2007. 202 с.
- 7 Singh S., Gamlath S., Wakeling L. Nutritional aspects of food extrusion: a review // *International Journal of Food Science and Technology*. 2007. V. 42. P. 916–929
- 8 Potter R., Stojceska V., Plunkett A. The use of fruit powders in extruded snacks suitable for Children’s diets // *LWT – Food science and technology*. 2013. V. 51. P. 537–544

Выводы

В результате проведенного исследования установлена возможность использования высоковлажных выжимок моркови как ингредиента в технологии производства готовых к употреблению продуктов. Внесение этого вторичного сырьевого ресурса до 10% позволяет получать экструдаты без дополнительных конструктивных изменений в экструдере. Использование системы дополнительного отбора пара повышает лимитирующий порог содержания выжимок в рецептуре до 25%. Отбор пара позволяет в этом случае получать экструдаты с показателями качества, соответствующими или даже превышающими значения образцов с внесением до 10% выжимок без отбора пара.

Разработанный способ представляет ряд преимуществ при производстве готовых продуктов питания, позволяет обогащать зерновые экструдаты биологическими активными веществами овощей, утилизирует вторичные сырьевые ресурсы переработки плодоовощной продукции с их использованием в нативной форме без дополнительной подсушки, что является значимым фактором, влияющим на себестоимость готового продукта

Благодарности

Исследования проведены за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках Программы Фундаментальных научных исследований государственных академий наук (тема № 0529–2016–0044).

9 Пат. № 2626738, RU. Способ производства экструдированных снежков разных цветов с улучшенными вкусовыми и ароматическими свойствами (варианты) / Мартинчик А.Н., Степанов В.И., Семькин Д.В., Иванов В.В., Шариков А.Ю., Сидорок И.Е.; Заявл. № 2015139704; Оpubл. 22.03.2017, Бюлл. № 9

10 Касьянов Г.И., Тагирова П.Р. Высокотехнологичные процессы переработки вторичных растительных ресурсов // *Научные труды кубанского государственного технологического университета*. 2017. № 5. С. 1–9

11 Перфилова О.В. Яблочные выжимки как источник биологически активных веществ в технологии продуктов питания // *Новые технологии*. 2017. № 4. С. 65–71

12 Остриков А.Н., Абрамов О.В., Рудометкин А.С. Кинетика экструзионного процесса получения хрустящих хлебных палочек // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2001. № 2–3. С. 50–53.

13 Ваншин В.В., Туктамышева А.Р., Новикова Л.В., Халитова Э.Ш. и др. Экструдирование поликомпонентной смеси крахмалсодержащего сырья и мезги плодоовощных культур // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2014. № 1. С. 156–160.

14 Курочкин А.А., Шабурова Г.В., Фролов Д.И., Воронина П.К. Моделирование процесса получения экструдатов на основе нового технологического решения // *Нива Поволжья*. 2014. № 1(30). С. 70–76.

15 Ainsworth P., Ding Q.B., Tucker G., Plunkett A. et al. The effect of extrusion on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks // *Journal of Food Engineering*. 2006. V. 73. P. 142–148 DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.01.013

REFERENCES

- 1 Tarcea M, Rus V, Zita F. Insight of dietary fibers consumption and obesity prevention. *Journal of Obesity & Eating Disorders*. 2017, vol. 3, no 1:31, pp.1–3. DOI: 10.21767/2471–8203.100031
- 2 Balanova Y.A., Shalnova S.A., Deev A.D., Imaeva A.E. et al. Obesity in russian population – prevalence and association with the non-communicable diseases risk factors. *Rossiiskij kardiologicheskij zhurnal* [Russian Journal of Cardiology] 2018, no. 6, pp. 123–130. DOI: 10.15829/1560–4071–2018–6–123–130 (in Russian)
- 3 Bokov D.O., Malinkin A.D., Bessonov V.V., Baygarin E.K. Dietary fiber and diseases of the gastrointestinal tract. *Voprosy pitania* [Problems of nutrition]. 2015, no. S5, pp. 19–20. (In Russ.)
- 4 Pivovarov V.F., Pyshnaya O.N., Gurkina L.K. Vegetables are products and raw material for functional nutrition. *Voprosy pitania* [Problems of nutrition] 2017, no. 3, pp.121–127. (in Russian)
- 5 Vinnitskaya V.F., Danilin S.I., Perfilova O.V. Prospects for the development of production of the main types of fruit and vegetable products for a full and healthy diet. *Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies of food and processing industry of the agroindustrial complex – products of healthy nutrition]. 2014, no. 2, pp. 45–51. (in Russian)
- 6 Ostrikov A.N., Magomedov G.O., Derkanosova N.M., Vasilenko V.N. et al. *Tekhnologiya ehkstruzionnyh produktov* [Technology of extruded products]. Saint-Petersburg, Prospectus of Science. 2007. 202 p. (in Russian)
- 7 Singh S., Gamlath S., Wakeling L. Nutritional aspects of food extrusion: a review. *International Journal of Food Science and Technology*. 2007, vol. 42, pp. 916–929
- 8 Potter R., Stojceska V., Plunkett A. The use of fruit

- powders in extruded snacks suitable for Children’s diets. *LWT – Food science and technology*. 2013, vol. 51, pp. 537–544
- 9 Martinchik A.N., Stepanov V.I., Semykin D.V., Ivanov V.V. et al. Sposob proizvodstva ehkstrudirovannyh snehkov raznyh cvetov s uluchshennymi vkusovymi i aromatcheskimi svojstvami (varianty) [Method for producing extruded snacks of various colours with improved taste and aromatic properties (versions)] Patent RF, no. 2626738.
 - 10 Kasyanov G.I., Tagirova P.R. High-tech process of processing of secondary plant resources. *Trudy KubGTU* [Proceedings of KubGTU]. 2017, no. 5, pp. 1–9. (in Russian)
 - 11 Perfilova O.V. Apple extractions as a source of biologically active substances in food technology. *Novye tekhnologii* [Novel technologies]. 2017, no.4, pp. 65–71. (in Russian)
 - 12 Ostrikov A.N., Abramov O.V., Rudometkin A.S. Kinetics of the extrusion process for the production of crispy bread sticks. *Izvestiya Vuzov.Pishchevaya tekhnologiya* [Higher Education Institutions Proceedings. Food Technology]. 2001, no. 2–3, pp. 50–53 (in Russian)
 - 13 Vanshin V.V., Tuktamisheva A.R., Novikova L.V., Khalitova E.Sh. et al. Multicomponent mixture extruding of starch-containing raw material and fruit and vegetable crops pulp. *Vestnik Orenburgskogo gosuniversiteta* [Proceedings of the Orenburg State University] 2014, no.1, pp.156–160. (in Russian)
 - 14 Kurochkin A.A., Shaburova G.V., Frolov D.I., Voronina P.K. Modeling the process of getting extrudates on the basis of new technological solutions. *Niva Povolzhya* [Niva of the Volga region]. 2014, no.1(30), pp. 70–76
 - 15 Ainsworth P., Ding Q.B., Tucker G., Plunkett A., Marson H. The effect of extrusion on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks. *Journal of Food Engineering*. 2006. vol. 73. pp. 142–148 DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.01.013

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Антон Ю. Шариков к.т.н., старший научный сотрудник, отдел оборудования и новых процессов пищевой биотехнологии, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия, anton.sharikov@gmail.com

Владимир И. Степанов к.т.н., заведующий отделом, отдел оборудования и новых процессов пищевой биотехнологии, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия, stepanov-bio@yandex.ru

Виктор В. Иванов к.т.н., ведущий научный сотрудник, отдел оборудования и новых процессов пищевой биотехнологии, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия, ivanov.v.v@li.ru

Дарья В. Поливановская младший научный сотрудник, отдел оборудования и новых процессов пищевой биотехнологии, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия, dashpol@mail.ru

Мария В. Амелякина младший научный сотрудник, отдел оборудования и новых процессов пищевой биотехнологии, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия, masha.am@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 02.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 17.08.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Anton Yu. Sharikov Cand. Sci. (Engin.), senior researcher, department of equipment and new processes of food biotechnology, Russian research Institute of food biotechnology – a branch of Federal research center of food, biotechnology and food safety, Samokatnaya Str., 4B, Moscow, 111033, Russian Federation, anton.sharikov@gmail.com

Vladimir I. Stepanov Cand. Sci. (Engin.), head of department, department of equipment and new processes of food biotechnology, Russian research Institute of food biotechnology – a branch of Federal research center of food, biotechnology and food safety, Samokatnaya Str., 4B, Moscow, 111033, Russian Federation, stepanov-bio@yandex.ru

Victor V. Ivanov Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, department of equipment and new processes of food biotechnology, Russian research Institute of food biotechnology – a branch of Federal research center of food, biotechnology and food safety, Samokatnaya Str., 4B, Moscow, 111033, Russian Federation, ivanov.v.v@li.ru

Darya V. Polivanovskaya junior researcher, department of equipment and new processes of food biotechnology, Russian research Institute of food biotechnology – a branch of Federal research center of food, biotechnology and food safety, Samokatnaya Str., 4B, Moscow, 111033, Russian Federation, dashpol@mail.ru

Maria V. Amelyakina junior researcher, department of equipment and new processes of food biotechnology, Russian research Institute of food biotechnology – a branch of Federal research center of food, biotechnology and food safety, Samokatnaya Str., 4B, Moscow, 111033, Russian Federation, masha.am@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.2.2018

ACCEPTED 8.17.2018