УДК 664.696:678.027.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ЭКСТРУДИРУЕМОЙ СМЕСИ НА ПРОЦЕСС ЭКСТРУЗИИ И КАЧЕСТВО МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СНЭКОВ

В.И. Степанов[1], В.В. Иванов[1], А.Ю. Шариков[1,*], Д.В. Поливановская[1], Д.В. Семыкин[2]

[1]Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии — филиал ФИЦ питания и биотехнологии, 111033, Россия, г. Москва, ул. Самокатная, 4б

[2]ООО «Центр пищевых экструзионных технологий», 111033, Россия, г. Москва, ул. Самокатная, 4б

**e-mail: anton.sharikov@gmail.com*

Дата поступления в редакцию: 14.07.2016
Дата принятия в печать: 12.10.2016

Выбор гранулометрического состава экструдируемой смеси является важным аспектом экструзионной технологии производства снэков с высокими потребительскими качествами. Проведено исследование влияния степени помола рисовой, пшенной, гречневой круп и чечевицы в составе многокомпонентной смеси на режимы экструзии и технологические свойства получаемых из них экструдатов. Анализ гранулометрического состава измельчаемых компонентов показал, что при уменьшении диаметра сита на молотковой дробилке от 5,0 до 1,0 мм количество мелкой фракции с проходом через сито 0,2 мм возрастает для зерна пшена от 33,5 до 82,0 %, гречки от 18,0 до 56,0 %, риса от 18,2 до 60,0 %, чечевицы от 22,2 до 80,5 %, что позволяет добиться выравнивания гранулометрического состава многокомпонентной смеси. Исследование экструзионного процесса показало, что с уменьшением размера частиц исходного сырья происходит увеличение крутящего момента на валу и давления в предматричной зоне экструдера. Установлено, что переработка исходного сырья с переходом при измельчении на сита с отверстиями от 5,0 до 1,0 мм вызывает возрастание энергетических затрат экструдирования до 10 %. Результатом уменьшения тонины помола экструдируемого сырья является увеличение коэффициента взрыва с 8,8 до 13, влагоудерживающей способности с 8 до 8,35 г воды/ г сухого вещества экструдата, повышение растворимости с 22 до 37 %, значительное снижение насыпной массы от 137 до 82 кг/м^3. При этом наблюдается тенденция изменения текстуры экструдатов в сторону более нежной структуры. Твердость продукта снижается с 9,8 до 6,1 Н при неизменном значении показателя частоты микроразломов.

Экструзия, гранулометрический состав, многокомпонентные снэки, текстура

Введение

Варочная экструзия является одной из самых распространенных технологий, используемых в производстве снэков и пищевых концентратов. Экструзия, совмещающая в одной установке процессы измельчения, перемешивания, баротермообработки, текстурирования и формования в одном реакторе, позволяет в широких пределах использовать принципы пищевой комбинаторики при разработке новых, сбалансированных по пищевой ценности экструдированных снэков, рецептура которых может содержать несколько видов круп или муки, источников растительного и животного белка, жиров, пищевых волокон и микронутриентов [1, 2, 3].

Важным элементом технологии таких продуктов, помимо разработки сбалансированных рецептур и подбора стабильных режимных параметров экструдирования, является подбор рационального гранулометрического состава исходного сырья, оказывающего влияние на качество готового продукта и процесс его производства. Для одношнековых экструдеров было показано [4], что использование для экструзии зерновых смесей с размерами частиц от 160 до 630 мкм обеспечивало стабильность процесса экструдирования и максимальный коэффициент расширения продукта на выходе из матрицы. Экструдат при этом представлял собой гранулы с равномерной по сечению пористостью и хорошими органолептическими показателями. Для двухшнековых экструдеров качество помола используемого сырья также является важным параметром, так как помимо влияния на качество готового продукта определяет энергозатраты на процесс экструзии.

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния гранулометрического состава зернового сырья на процесс экструдирования многокомпонентного композитного снэка и качество получаемого экструдата при использовании двухшнекового экструдера.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являлись помолы ингредиентов, многокомпонентная смесь, рецептура которой представлена в табл. 1, а также экструди-

рованные снэки. В исследованиях использовалась приобретенная в локальной торговой сети продукция злаковых урожая 2015 года, собранная на территории европейской части России. В качестве зернового сырья использовались крупа гречневая ядрица 1 сорта по ГОСТ Р 55290-2012, крупа пшено шлифованное 1 сорта по ГОСТ 572-60, крупа рисовая шлифованная 3 сорта по ГОСТ 6292-93, чечевица тарелочная продовольственная по ГОСТ 7066-77, мука кукурузная тонкого помола по ГОСТ 14176-69, мука пшеничная обойная цельнозерновая по ГОСТ Р 52189-2003. Влажность измельчаемого сырья составляла для риса 13,2 %, пшена 12,4 %, крупы гречневой 11,0 %, чечевицы 14,5 %.

Измельчение зерновых компонентов проводили на молотковой дробилке ММ 10 со сменными ситами с диаметрами отверстий: ø1,0 мм; ø1,5 мм; ø2,0 мм; ø2,5 мм и ø5,0 мм. Ситовой анализ осуществляли с использованием лабораторного рассева РЛ-1. Экструдирование рецептурных смесей проводилось с использованием двухшнекового экструдера Werner&Phleiderer Continua 37. Отношение диаметра к длине шнека составляло 1:27, набор шнековых элементов для экструдирования зерновых культур (транспортирующие шнеки с постоянным шагом 40 мм и набор реверсивных элементов на расстоянии 1/3 длины шнека от матрицы). Установлена матрица с двумя щелевидными фильерами сечением 12х1,5 мм. Производительность дозатора сырья составляла 28 кг/ч, температура на выходе экструдата 175 ºС, скорость вращения шнеков 240 об/мин, дозировка воды в зону после подачи сырья в экструдер 0,7 л/ч, скорость резки сырья 710 об/мин.

В качестве технологических свойств экструдатов определяли коэффициент взрыва, насыпную массу, растворимость, влагоудерживающую способность. Коэффициент взрыва определяли как отношение площадей поперечных сечений жгута продукта и фильеры матрицы, насыпную массу - в мерном стакане емкостью 1 л и диаметром 10 см, растворимость и влагоудерживающую способность (ВУС) – стандартным методом растворения экструдата в избыточном количестве воды с последующим разделением среды центрифугированием [5].

Таблица 1

Рецептурный состав многокомпонентного снэка

Ингредиент	%мас.
Измельчаемые компоненты	
Крупа рисовая	18,0
Крупа пшено	18,0
Крупа гречневая	8,0
Чечевица	8,0
Дополнительные компоненты	
Мука кукурузная	17,5
Мука пшеничная	15,0
Порошок тыквы	7,0
Молоко сухое, 26 % жирн.	6,0
Сахар	2,0
Соль	0,5

Исследование текстурных свойств экструдатов проводили с использованием анализатора текстуры Brookfield Texture Analyser CT 3. Образцы экструдатов прокалывали индентором диаметром 3 мм со скоростью 0,5 мм/с на глубину пенетрации 2 мм с регистрацией и расчетом следующих показателей: твердость (Н), частота микроразломов, среднее усилие нагружения (Н), работа, затраченная на преодоление хрусткости (Н·мм) [6, 7].

Результаты и их обсуждение

Результаты гранулометрического анализа на лабораторном рассеве типа РЛ-1 по каждому виду измельченного сырья представлены в табл. 2.

Таблица 2

Гранулометрический состав измельченных зерновых компонентов

Диаметр отверстия сита дробилки, мм	Ингредиент	Остаток на ситах с отверстиями диаметром, %						Проход через сито 0,2 мм
		2,0 мм	1,5 мм	1,0 мм	0,8 мм	0,4 мм	0,2 мм	
5,0	Пшено	0	1,5	10,5	11,5	26,5	16,5	33,5
	Гречка	1,0	5,0	13,0	11,0	29,5	22,5	18,0
	Рис	2,5	6,5	12,5	11,3	28,5	20,5	18,2
	Чечевица	3,5	6,5	13,5	11,0	26,0	17,0	22,5
2,5	Пшено	0	0,5	6,0	9,0	24,5	18,0	42,0
	Гречка	0,2	2,0	8,0	9,0	30,5	26,0	24,3
	Рис	0,1	1,5	5,5	7,0	25,0	27,0	33,9
	Чечевица	0,5	2,0	6,5	8,0	24,5	20,5	38,0

Окончание табл. 2

Диаметр отверстия сита дробилки, мм	Ингредиент	Остаток на ситах с отверстиями диаметром, %						Проход через сито 0,2 мм
		2,0 мм	1,5 мм	1,0 мм	0,8 мм	0,4 мм	0,2 мм	
2,0	Пшено	0	0	2,0	4,5	16,5	20,0	57,0
	Гречка	0	1,5	5,0	7,0	29,5	28,5	28,5
	Рис	0	1,0	4,0	6,0	24,5	26,5	38,0
	Чечевица	1,0	1,5	4,0	5,5	21,5	19,5	47,0
1,5	Пшено	0	0	1,5	3,5	15,0	16,5	63,5
	Гречка	0	0	2,0	4,5	29,0	30,0	34,5
	Рис	0	0	1,0	2,5	18,5	29,0	49,0
	Чечевица	0	0,5	1,5	3,0	19,0	21,5	54,5
1,0	Пшено	0	0	0	0	4,5	13,5	82,0
	Гречка	0	0	0	0	11,0	33,0	56,0
	Рис	0	0	0	0	11,0	29,0	60,0
	Чечевица	0	0	0	0	5,5	14,0	80,5

Из таблицы видно, что при размере диаметра отверстий сита меньше 2,0 мм частицы размером более 1,0 мм начинают составлять незначительную часть (от 0 до 6,5 %). Также на степень измельчения сильно влияет вид и природа измельчаемого сырья. По своему составу измельченное пшено и чечевица обладают большим количеством мелких фракций по сравнению с рисом и гречкой при одинаковых условиях измельчения на молотковой дробилке. Количество мелкой фракции (проход через сито 0,2 мм) при уменьшении диаметра сита на молотковой дробилке от 5,0 до 1,0 мм возрастает для зерна пшена от 33,5 до 82,0 %, гречки от 18,0 до 56 %, риса от 18,2 до 60,0 %, чечевицы от 22,2 до 80,5 %.

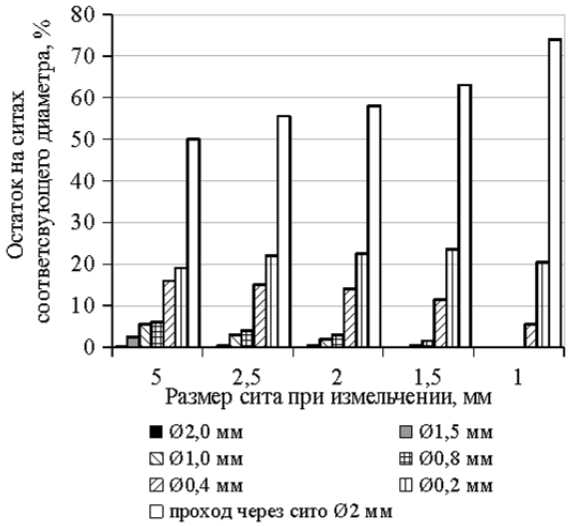

Рис. 1. Гранулометрический состав экструдируемых смесей

После приготовления рецептурных смесей анализировали их гранулометрический состав. Результаты анализа представлены на рис. 1. Анализ гранулометрического состава готовых смесей композитных снэков показал, что при уменьшении диаметра отверстий сит на молотковой дробилке от 5,0 до 1,0 мм можно добиться выравнивания гранулометрического состава исходного сырья за счет уменьшения содержания в нем крупных частиц. Содержание в исходных лактовегетарианских смесях частиц с проходом через сито с диаметром отверстий 0,2 мм повышается от 50 до 74 %.

Использование при измельчении в молотковой дробилке сит с меньшим диаметром отверстий приводит к выравниванию гранулометрического состава измельчаемого сырья с преобладанием большого количества мелких фракций, но при этом происходит увеличение энергетических затрат на измельчение. На степень измельчения также сильно влияет вид и природа измельчаемого сырья. По своему составу измельченное пшено и чечевица обладают большим количеством мелких фракций по сравнению с рисом и гречкой при одинаковых условиях измельчения на молотковой дробилке.

Таблица 3

Режимы процесса экструдирования смесей с различным гранулометрическим составом

Диаметр сита при измельчении сырья, мм	Температура экструзии, °С	Нагрузка М, %	Давление, бар	Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/кг
5,0	175	62,0	29	0,1010
2,5	175	64,5	31	0,1050
2,0	175	66,4	33	0,1081
1,5	175	67,9	36	0,1106
1,0	175	68,3	38	0,1112

Подготовленные смеси экструдировали с использованием двухшнекового экструдера Werner&Pfleiderer Continua 37. В табл. 3 приведены режимы экструзии исследуемых смесей. С уменьшением размера частиц исходного сырья происходит увеличение крутящего момента на валу и, как следствие этого, переход при измельчении на сита с отверстиями от 5,0 до 1,0 мм вызывает возрастание энергетических затрат на получение экструдатов на 10 %.

Увеличение нагрузки связано с более плотным заполнением шнекового пространства мелкими частицами сырья при его транспортировке витками шнеков, а также началом ускоренного процесса клейстеризации крахмала уже в начале процесса экструзии, а соответственно, повышением вязкости расплава. С уменьшением размера частиц в исходной смеси происходит увеличение давления в предматричной зоне экструдера, что также связано с увеличением крутящего момента на валу экструдера.

В табл. 4 представлены данные по технологическим свойствам экструдатов, полученных из смесей с различным гранулометрическим составом. С уменьшением частиц исходного сырья происходит увеличение коэффициента взрыва и уменьшение насыпной массы гранул экструдатов. При этом происходит увеличение растворимости и влагоудерживающей способности полученных экструдатов.

Таблица 4

Технологические свойства экструдатов

Диаметр сита при измельчении сырья, мм	Влажность экструдата, %	Насыпная масса, кг/м^3	Коэфф. взрыва	ВУС, г воды/г С.В.	Растворимость, %
5,0	6,9	137	8	8,00	22
2,5	6,8	125	10,2	8,10	26
2,0	6,5	120	11,0	8,20	29
1,5	6,4	108	11,9	8,30	35
1,0	6,3	82	13,0	8,35	37

Изменение технологических свойств экструдата обусловлено увеличением давления в предматричной зоне экструдера и лучшей деструкцией биополимеров сырья, происходящей в процессе экструзии.

Результаты анализа текстуры экструдатов представлены в табл. 5. С увеличением диаметра сита при измельчении сырья и, соответственно, с увеличением крупности помола, частота микроразломов, показатель, косвенно характеризующий пористость продукта, не изменялась. При измерении твердости экструдата и среднего усилия нагружения, а также полученный расчетный показатель «работа на преодоление хрусткости», косвенно характеризующий хрусткость экструдата, возрастали с увеличением крупности помола экструдируемой смеси.

Таблица 5

Текстурные свойства многокомпонентных снэков, полученных из смесей с различным гранулометрическим составом исходного сырья

Сито, мм	1	1,5	2	2,5	5
Твердость, Н	6,1	7,0	7,2	9,6	9,8
Частота микроразломов	4	4	4	4	4
Среднее усилие нагружения, Н	1,88	2,20	2,6	2,90	3,10
Работа на преодоление хрусткости, Н·мм	0,47	0,55	0,65	0,73	0,78

Исследования показали, что с выравниванием гранулометрического состава в экструдируемой смеси с увеличением содержания частиц менее 0,2 мм от 50 до 74 % обеспечивает увеличение коэффициента взрыва с 8,8 до 13,0 и снижение насыпной массы гранул от 137 до 82 кг/м^3. При этом увеличиваются влагоудерживающая способность с 8,0 до 8,35 г воды/г сухого вещества и растворимость экструдата с 22 до 37 %. С увеличением диаметра сита измельчающего устройства показатели текстуры продукта изменяются в сторону более твердой структуры. Твердость продукта увеличивается с 6,1 до 9,8 Н. Показатель частоты микроразломов не изменяется, что свидетельствует о сохранении характера пористости экструдатов. Среднее усилие нагружения, работа на преодоление хрусткости также возрастают с увеличением крупности используемого в смеси помола, что может говорить о более высоком сенсорном восприятии хрусткости экструдатов. С другой стороны, использование в смеси мелких помолов обеспечивает получение более нежного продукта.

Авторы благодарят центр кулинарных стартапов Mabius за предоставленную возможность использования лабораторного рассева РЛ-1 и анализатора текстуры Brookfield Texture Analyser CT 3.

Список литературы

1. Brennan, M.A. Ready-to-eat snack products: the role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snacks / M.A. Brennan, E. Derbyshire, B.K. Tiwari, C.S. Brennan // International Journal of Food Science & Technology. - 2013. – V. 48, № 5. – P. 893–902.
2. Ibanoglu, S. Physical and sensory evaluation of a nutritionally balanced gluten-free extruded snack / S.Ibanoglu, P. Ainsworth, E. A. Özer, A. Plunkett // Journal of Food Engineering. 2006. – V. 75, № 4, p.469–472.
3. Экструдированные пищевые изделия сложных форм и разнообразных вкусов / П.Г. Рудась, Д.В. Семыкин, А.И. Петергов, В.И. Степанов // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 9. – С. 292–298.
4. Технология экструзионных продуктов / А.Н. Остриков, Г.О. Магомедов. Н.М. Дерканосова, В.Н. Василенко, О.В. Абрамов, К.В. Платов. – СПб.: Проспект науки, 2007. – 202 с.
5. Deshpande, H.W. Physical and sensory characteristics of extruded snacks prepared from Foxtail millet based composite flours / H.W. Deshpande, A. Poshadri // International food research journal. 2011. – V. 18. – P. 751–756.
6. Van Hecke E. Texture and structure of crispy-puffed food products. Part II: Mechanical properties in puncture / E. Van Hecke, K. Allaf, J.M. Bouvier // Journal of texture studies. – 1998. – № 6, p. 617–632.
7. Шариков, А.Ю. Инструментальные методы исследования текстуры экструдированных продуктов / А.Ю. Шариков, В.И. Степанов // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2015. – № 5. – С. 3–9.

EFFECT OF PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF RAW MATERIALS ON EXTRUSION COOKING PROCESS AND QUALITY OF COMPOSITE SNACKS

V.I. Stepanov[1], V.V. Ivanov[1], A.Yu. Sharikov[1,*], D.V. Polivanovskaya[1], D.V. Semykin[2]

[1]Russian Research Institute of Food Biotechnology — Branch of Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, 4b, Samokatnaya Str., Moscow, 1110333, Russia

[2]The Limited Liability Company Center of Food Extrusion Technologies, 4b, Samokatnaya Str., Moscow, 1110333, Russia

**e-mail: anton.sharikov@gmail.com*

Received: 14.07.2016
Accepted: 12.10.2016

Rational selection of composition particles size distribution is an important factor for extrusion technology of high quality snack production. Influence of the milling rate of rice, millet, buckwheat and lentil on extrusion cooking regimes and technological parameters of extrudates was investigated. Decreasing of hammer mill sieve openings from 5 to 1 mm resulted in increasing of small fraction with size below 0.2 mm for rice from 18.2 to 60.0%, for millet from 33.5 to 82.0%, for buckwheat from 18.0 to 56.0%. This allowed obtaining composition with more uniform particle size distribution. Investigation of extrusion cooking process showed increasing of torque and pressure at extruder die with decreasing of composition particles size. The shift of the sieve openings from 5.0 mm to 1.0 mm caused 10.0% increase of extrusion energy consumption. Reduction of the particles size increased the extrudate expansion rate coefficient from 8.8 to 13.0, the water absorption index from 8 to 8.35 g/ g of dry matter and solubility from 22 to 37%. Moreover it caused a significant reduction in the bulk density from 137 to 82 kg/m^3. This trend changed the texture of the extrudates to a more delicate structure. The hardness of the product was reduced from 9.8 to 6.1 H at a constant value of the fractures number.

Extrusion cooking, particle size distribution, composite snacks, texture

References

1. Brennan M.A., Derbyshire E., Tiwari B.K., Brennan C.S. Ready-to-eat snack products: the role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snacks. *International Journal of Food Science & Technology*, 2013, vol. 48, no. 5, pp. 893–902. DOI: 10.1111/ijfs.12055.
2. Ibanoglu S., Ainsworth P., Özer E.A., Plunkett A. Physical and sensory evaluation of a nutritionally balanced gluten-free extruded snack. *Journal of Food Engineering*, 2006, vol. 75, no. 4, pp. 469–472.
3. Rudas P.G., Semykin D.V., Petergov A.I., Stepanov V.I. Ekstrudirovannye pishchevye izdeliya slozhnykh form i raznoobraznykh vkusov [Extruded food products of shaped forms and various tastes]. *Vestnik KrasGAU,* 2011, no. 9, pp. 292–298.
4. Ostrikov A.N., Magomedov G.O., Derkanosova N.M., et al. *Tekhnologiya ekstruzionnykh produktov* [The technology of extrusion products]. St. Petersburg, Prospect nauki Publ., 2007, 202 p.
5. Deshpande H.W., Poshadri A. Physical and sensory characteristics of extruded snacks prepared from Foxtail millet based composite flours. *International food research journal,* 2011, vol. 18, pp. 751–756.
6. Van Hecke E., Allaf K., Bouvier J.M. Texture and structure of crispy-puffed food products. Part II: Mechanical properties in puncture. *Journal of texture studies*. 1998, no. 6, pp. 617–632. DOI: 10.1111/j.1745-4603.1998.tb00189.x.

7. Sharikov A.Yu., Stepanov V.I. Instrumental'nye metody issledovaniya tekstury ekstrudirovannykh produktov [Instrumental methods of research the texture of extruded products]. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov* [Technology and the study of merchandise of innovative foodstuffs], 2015, no. 5, pp. 3–9.

Дополнительная информация / Additional Information

Исследование влияния гранулометрического состава экструдируемой смеси на процесс экструзии и качество многокомпонентных снэков / В.И. Степанов, В.В. Иванов, А.Ю. Шариков, Д.В. Поливановская, Д.В. Семыкин // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 43. – № 4. – С. 129–134.

Stepanov V.I., Ivanov V.V., Sharikov A.Yu., Polivanovskay D.V., Semykin D.V. Effect of particle size distribution of raw materials on extrusion cooking process and quality of composite snacks. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2016, vol. 43, no. 4, pp. 129–134 (In Russ.).

Степанов Владимир Иванович
канд. техн. наук, заведующий отделом оборудования и новых процессов пищевой биотехнологии, ВНИИПБТ - филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», 111033, Россия, г. Москва, ул. Самокатная, 4б,
тел.: +7 (495) 362-37-30, e-mail: foodbiotech@yandex.ru

Иванов Виктор Витальевич
канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, ВНИИПБТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», 111033, Россия, г. Москва, ул. Самокатная, 4б,
тел.: +7 (495) 362-37-30, e-mail: ivanov.v.v@li.ru

Шариков Антон Юрьевич
канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ВНИИПБТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», 111033, Россия, г. Москва, ул. Самокатная, 4б,
тел.: +7 (495) 362-36-50, e-mail: anton.sharikov@gmail.com

Поливановская Дарья Викторовна
инженер, ВНИИПБТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», 111033, Россия, г. Москва, ул. Самокатная, 4б, тел.: +7 (495) 362-37-30,
e-mail: foodbiotech@yandex.ru

Семыкин Денис Владимирович
директор, ООО «Центр пищевых экструзионных технологий», 111033, Россия, г. Москва, ул. Самокатная, 4б, тел.: +7 (495) 638-53-28, e-mail: foodextrusion@yandex.ru

Vladimir I. Stepanov
Cand.Sci.(Eng.), Head of department Leading researcher of Russian Research Institute of Food Biotechnology — Branch of Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, 4b, Samokatnaya Str., Moscow, 111033, Russia, phone: +7 (495) 362-37-30, e-mail: foodbiotech@yandex.ru

Victor V. Ivanov
Cand.Sci.(Eng.), Leading researcher of Russian Research Institute of Food Biotechnology — Branch of Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, 4b, Samokatnaya Str., Moscow, 111033, Russia, phone: +7 (495) 362-37-30, e-mail: ivanov.v.v@li.ru

Anton Yu. Sharikov
Cand.Sci.(Eng.), Senior Researcher of Russian Research Institute of Food Biotechnology – Branch of Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, 4b, Samokatnaya Str., Moscow, 111033, Russia, phone: +7 (495) 362-36-50, e-mail: anton.sharikov@gmail.com

Darya V. Polivanovskaya
Engineer of Russian Research Institute of Food Biotechnology – Branch of Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, 4b, Samokatnaya Str., Moscow, 111033, Russia, phone: +7 (495) 362-37-30, e-mail: foodbiotech@yandex.ru

Denis V. Semykin
Director of the Limited Liability Company Center of Food Extrusion Technologies, 4b, Samokatnaya Str., Moscow, 111033, Russia, phone: +7 (495) 638-53-28,
e-mail: foodextrusion@yandex.ru