

## Влияние условий и параметров экструзии на свойства экструдатов из кукурузной крупы

*Фролов Д.И., Кудрина А.Н.*

**Аннотация.** В статье исследовано влияние конфигурации шнека (4:1 и 1:1), содержания влаги (15% и 20%) и размера частиц кукурузной крупы (> 500 мкм и < 500 мкм) на свойства экструдатов. Образцы были экструдированы в лабораторном одношнековом экструдере, при температурном режиме 135/170 °С, с использованием фильеры матрицы диаметром 4 мм. Были определены физические и реологические свойства, переваримость и повреждение крахмала полученных экструдатов, далее результаты были сопоставлены с контрольными образцами неэкструдированной кукурузной крупы. Более низкое содержание влаги и использование шнека со степенью сжатия 4:1 увеличивают степень расширения и разрушаемость, но уменьшают объемную плотность и твердость экструдатов независимо от зернистости. После процесса экструзии индекс водопоглощения увеличился, но пиковая, горячая и холодная вязкость всех образцов уменьшилась, с более выраженным эффектом в крупе, экструдированной с более низким содержанием влаги и с шнеком 4:1. Экструзия вызывала уменьшение содержания устойчивого крахмала и увеличение повреждения крахмала во всех образцах.

**Ключевые слова:** кукурузная крупа, экструзия, конфигурация шнека, размер частиц, влажность.

**Для цитирования:** Фролов Д.И., Кудрина А.Н. Влияние условий и параметров экструзии на свойства экструдатов из кукурузной крупы // Инновационная техника и технология. 2020. № 2 (23). С. 17–23.

## The influence of extrusion conditions and parameters on the properties of corn grits extrudates

*Frolov D.I., Kudrina A.N.*

**Abstract.** The article investigated the influence of screw configuration (4:1 and 1:1), moisture content (15% and 20%) and particle size of corn grits (> 500 μm and <500 μm) on the properties of extrudates. Samples were extruded in a laboratory single screw extruder, at a temperature of 135/170 °C, using a die of a matrix with a diameter of 4 mm. The physical and rheological properties, digestibility and starch damage of the obtained extrudates were determined, then the results were compared with control samples of non-extruded corn grits. Lower moisture content and the use of a screw with a compression ratio of 4: 1 increase the degree of expansion and destructibility, but reduce the bulk density and hardness of the extrudates, regardless of grain size. After the extrusion process, the water absorption index increased, but the peak, hot and cold viscosity of all samples decreased, with a more pronounced effect in cereals extruded with a lower moisture content and with a 4:1 screw. Extrusion caused a decrease in the content of resistant starch and an increase in starch damage in all samples.

**Keywords:** corn grits, extrusion, screw configuration, particle size, moisture.

**For citation:** Frolov D.I., Kudrina A.N. The influence of extrusion conditions and parameters on the properties of corn grits extrudates. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.2 (23). pp. 17–23. (In Russ.).

### Введение

Экструзия в приготовлении злаков является очень важным процессом в пищевой промышленности, поскольку она касается широкого спектра

продуктов, таких как закуски, детское питание, хлопья для завтрака, лапша, макаронные изделия и смеси на основе злаков [16]. Экструдеры минимизируют эксплуатационные расходы и высокую производительность, сочетая энергоэффективность

и универсальность [8, 22, 23, 21, 20, 11, 24]. Кукурузная мука является основным ингредиентом для экструдированных продуктов, таких как готовые к употреблению сухие завтраки и закуски. Влияние различных переменных процесса (влажность, размер частиц, конфигурация шнека) на экструзионные свойства кукурузной крупы и других видов муки были тщательно изучены [1, 3, 4, 5, 6, 10, 13, 14]. Образцы, приготовленные и экструдированные с наименьшим содержанием влаги, имеют наибольший индекс поглощения и расширения воды. Некоторые ученые исследовали влияние конфигурации шнека на свойства экструдатов ячменя и сообщили, что жесткая конфигурация шнека дает более расширенный продукт с низкой объемной плотностью, чем у конфигурации среднего шнека [1, 19]. Фракции с меньшим размером частиц проявляют повышенную растворимость и значительно более высокую вязкость [13]. Повышенная температура цилиндра, пониженное содержание влаги в сырье и более высокая скорость шнека показали значительно более высокое радиальное расширение, уменьшенную насыпную плотность и меньшее сопротивление сжатию экструдатов. Экструдаты, полученные из кукурузной муки с более крупными размерами частиц, расширились больше, чем экструдаты, полученные с меньшими размерами частиц, и что увеличение размера частиц кукурузной муки уменьшило значения индекса водопоглощения [3].

Целью данного исследования было определение влияния конфигурации шнека (4: 1 и 1: 1), содержания влаги (15% и 20%) и размера частиц кукурузной крупы (>500 мкм и <500 мкм) на свойства экструдатов - физические и реологические свойства, усвояемость и повреждение крахмала.

#### Объекты и методы исследования

Кукурузная крупа, использованная в этом исследовании, с разным размером частиц (> 500 мкм и <500 мкм), была получена на электрической мельнице. Размер частиц крупы определяли путем просеивания круп через ряд сит.

Содержание влаги в кукурузной крупе было установлено на уровне 15% и 20%, а затем образцы были экструдированы в лабораторном одношнековом экструдере. Параметры экструзии были следующими: шнек: 4:1 и 1:1; матрица: 4 мм; температурный режим: 135/170 °С. Полученные экструдаты сушили на воздухе при температуре окружающей среды до достижения содержания влаги 90%.

Коэффициент расширения (В) был рассчитан следующим образом:

$$B = \frac{\text{диаметр экструдата (мм)}}{\text{диаметр матрицы (мм)}} \quad (1)$$

Насыпная плотность (D) экструдатов рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{\text{масса экструдата (г)}}{\text{объем экструдата (см}^3\text{)}}(2)$$

Анализ текстуры проводили на анализаторе текстур ТА.ХТ. Свойства пастообразных экструдатов (10% масс., 100 г общей массы) измеряли с использованием микро-вискозоанализатора в соответствии со стандартным способом. Суспензии муки нагревали при 7,5 °С/мин от 32 до 92 °С, выдерживали при 92 °С в течение 10 мин, охлаждали со скоростью 7,5 °С/мин до 50 °С и выдерживали при 50 °С в течение 1 мин.

Повреждение крахмала определяли по ГОСТ ISO 17715-2015, а содержание устойчивого крахмала по ГОСТ Р 54014-2010.

Экспериментальные данные были проанализированы с помощью дисперсионного анализа. Все статистические анализы были выполнены с использованием программного обеспечения STATISTICA.

#### Результаты и их обсуждение

Влияние конфигурации шнека, влажности и размера частиц кукурузной крупы на свойства экструдатов показано на рис. 1. Экструдаты, приготовленные с более низким содержанием влаги и с конфигурацией шнека 4:1, были более расширенными, независимо от зернистости кукурузной крупы. Эти результаты согласуются с другими исследованиями [1, 13]. Индекс расширения поперечного сечения увеличивался с уменьшением скорости испарения воды и / или повышением температуры в цилиндре. Экструдаты, полученные из кукурузной муки с более крупными размерами частиц, расширяются больше, чем экструдаты, полученные с более мелкими размерами частиц [3].

Насыпная плотность (D) экструдатов была выше, когда образцы были экструдированы при более высоком содержании влаги и с использованием конфигурации шнека 1:1 (рис. 2). Результаты,

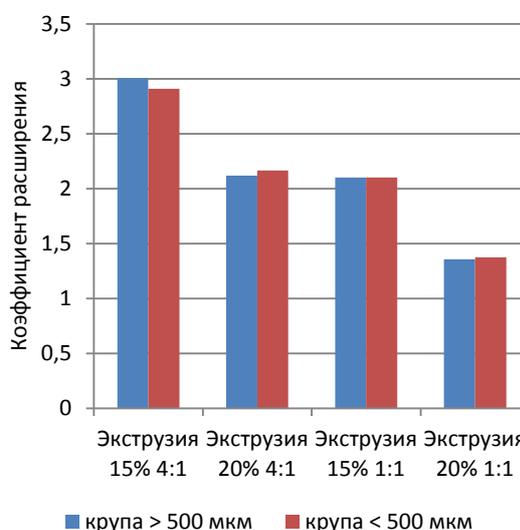


Рис. 1. Коэффициент расширения экструдатов кукурузной крупы

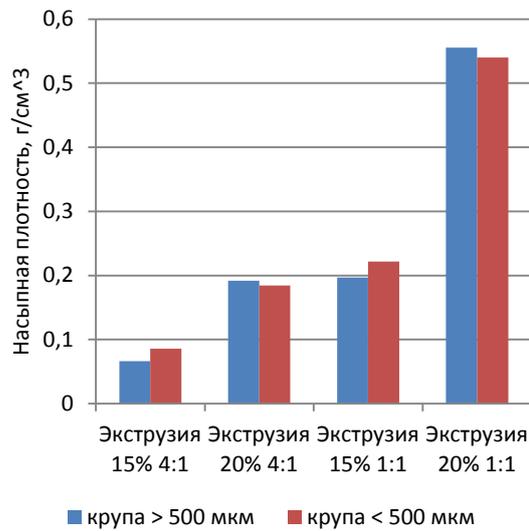


Рис. 2. Насыпная плотность экструдатов кукурузной крупы

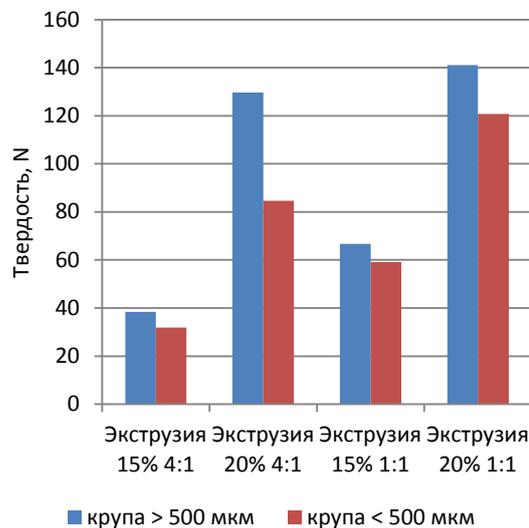


Рис. 3. Твердость экструдатов кукурузной крупы

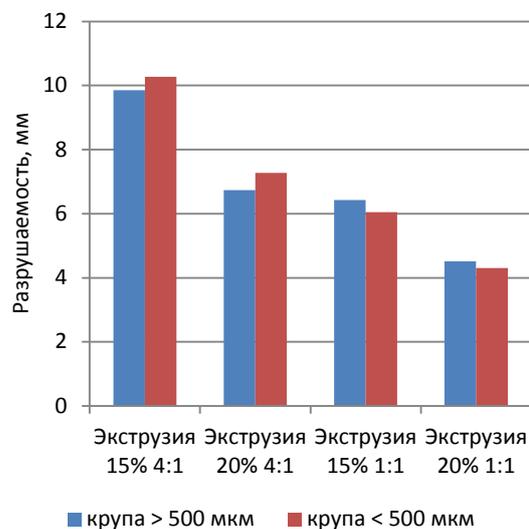


Рис. 4. Разрушаемость экструдатов кукурузной крупы

полученные при измерении объемной плотности, соответствуют результатам измерений степени расширения, то есть экструдаты с более низкими значениями диаметра и степени расширения имели более высокую насыпную плотность. Самое низкое значение объемной плотности было получено, когда мука была экструдирована при более низком содержании влаги и более высоких температурах, тогда как самое высокое значение было получено при более высоком содержании влаги и более низких температурах [9]. Другие исследования также показывают ту же тенденцию, где делается вывод, что увеличение содержания влаги увеличивает насыпную плотность экструдатов [7], что подтверждает результаты, полученные в этом исследовании.

Текстурные свойства экструдатов сильно зависят от степени расширения [2]. Это согласуется с данным исследованием, поскольку экструдаты с более низкой степенью расширения имели более высокую твердость и более низкую разрушаемость (рис. 3, рис. 4). Экструдаты, экструдированные при более высоком содержании влаги и с использованием шнека 1:1, имели более высокую твердость и более низкую разрушаемость, независимо от зернистости кукурузной крупы. Многие исследования показали, что наибольшее влияние на текстуру экструдатов оказывает содержание влаги, но другие параметры (температура, конфигурация шнека, скорость шнека) очень важны и были предметом многих работ [12, 15, 18].

Значения индекса водопоглощения всех экструдированных образцов были значительно выше по сравнению с неэкструдированной кукурузной крупой, и более высокие значения были у более расширенных экструдатов (рис. 5). Увеличение содержания влаги приводит к экструдатам с более низкими значениями индекса водопоглощения. Увеличение размера частиц кукурузной муки снижало значения индекса водопоглощения [3]. Экструзия вызывает увеличение показателя водопоглощения.

В Таблице 1 показаны свойства склеивания неэкструдированной и экструдированной кукурузной крупы. Экструзия привела к снижению пиковой, горячей и холодной вязкости всех образцов. Уменьшение пиковой вязкости коррелирует с влиянием экструзии на более высокую деградацию и желатинизацию крахмала [9]. Пиковая вязкость была ниже при более высоком содержании влаги при экструзии с использованием шнека 4:1, но, с другой стороны, при экструзии с использованием шнека 1:1 пиковая вязкость была ниже при более низком содержании влаги. Начальная вязкость пасты возрастала с увеличением влажности сырья и температуры экструзии, в то время как максимальная вязкость (при постоянной температуре) уменьшалась с увеличением температуры. Пиковая вязкость кукурузной крупы с более крупным размером частиц была ниже в неэкструдированных образцах, но выше во всех экструдированных образцах. После нагревания и перемешивания до 92 °C вязкость всех образ-

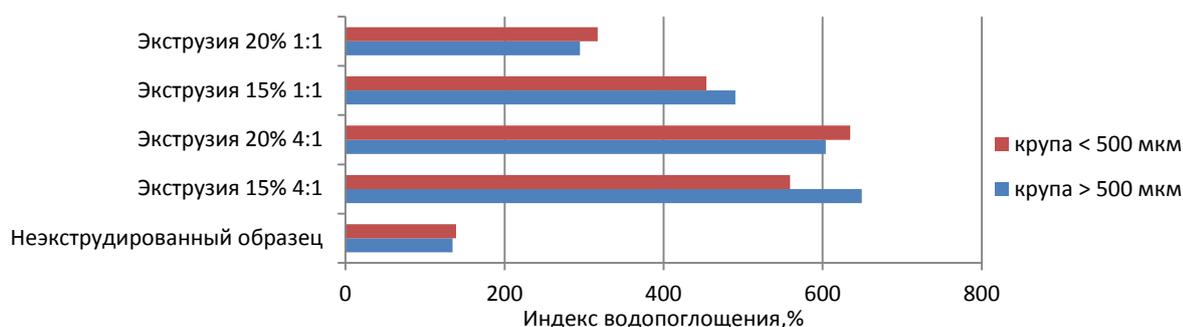


Рис. 5. Индекс водопоглощения неэкструдированной и экструдированной кукурузной крупы

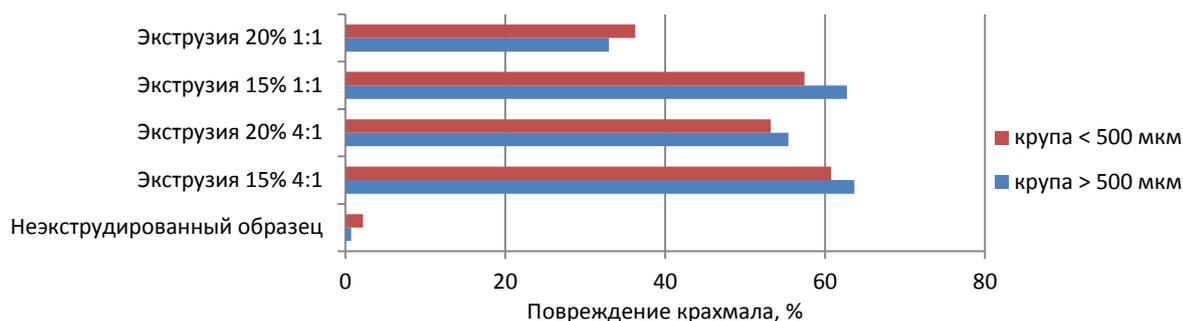


Рис. 6. Повреждение крахмала неэкструдированной и экструдированной кукурузной крупы

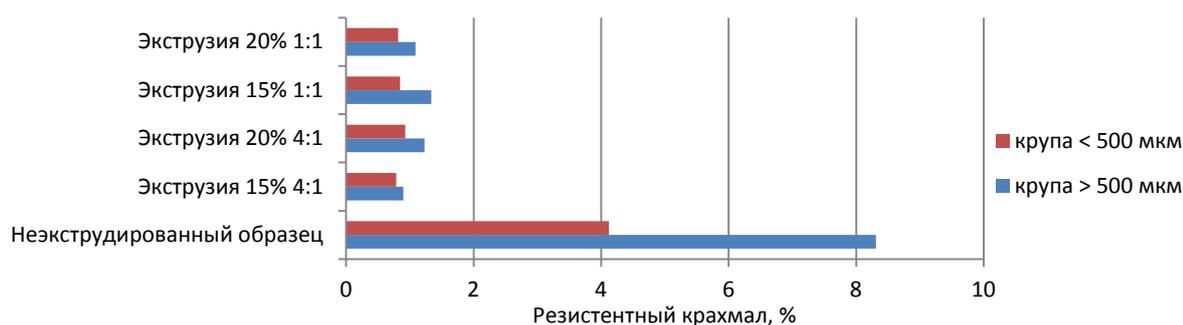


Рис. 7. Содержание резистентного крахмала в неэкструдированной и экструдированной кукурузной крупе

Таблица 1 – Склеивающие свойства неэкструдированной и экструдированной кукурузной крупы

Образец	Пиковая вязкость, ед. Бр.	Вязкость при 92 °С, ед. Бр.	После смешивания при 92 °С, ед. Бр.	Вязкость при 50 °С, ед. Бр.
Неэкструдированные образцы				
Кукурузная крупа > 500 мкм	484,5	112	477,5	809
Кукурузная крупа <500 мкм	502	342	476	877
Экструзия 15% 4: 1				
Кукурузная крупа > 500 мкм	253	154	153	242
Кукурузная крупа <500 мкм	230	141	137	209
Экструзия 20% 4: 1				
Кукурузная крупа > 500 мкм	212	191	185	294
Кукурузная крупа <500 мкм	181	155	165	279
Экструзия 15% 1:1				
Кукурузная крупа > 500 мкм	130	107	117	173
Кукурузная крупа <500 мкм	128	89	91	145
Экструзия 20% 1:1				
Кукурузная крупа > 500 мкм	255	213	255	474
Кукурузная крупа <500 мкм	250	233	246	444

цов уменьшалась, а затем после охлаждения при 50 °С вязкость всех отмеченных образцов увеличивалась в результате ретроградации крахмала при охлаждении. Значения вязкости неэкструдированных образцов при 50 °С были выше в отношении всех экструдированных образцов. Процесс экструзии частично повреждает гранулы крахмала, поэтому полученные гели из экструдированных продуктов имеют более низкую вязкость, чем исходная крупа.

Повреждение крахмала значительно увеличилось, а содержание резистентного крахмала уменьшилось после экструзии всех образцов (рис. 6, рис. 7). Содержание резистентного крахмала было выше, до и после экструзии, в кукурузной крупе с более крупным размером частиц.

### Выводы

Экструдаты, приготовленные с более низким содержанием влаги и со шнековой конфигурацией 4:1, были более расширенными, независимо от зернистости кукурузной крупы. Результаты для насып-

ной плотности и текстурных свойств соответствуют результатам измерений степени расширения, то есть экструдаты с более низкими значениями диаметра и степени расширения имели более высокую насыпную плотность и твердость и более низкую разрушаемость. Значения индекса водопоглощения всех экструдированных образцов были значительно выше по сравнению с неэкструдированной кукурузной крупой. Экструзия привела к снижению пиковой, горячей и холодной вязкости всех образцов. Повреждение крахмала значительно увеличилось, а содержание резистентного крахмала уменьшилось после экструзии.

Результаты, полученные в этом исследовании, показывают, что шнек со степенью сжатия 4:1 и кукурузная крупа с более крупным размером частиц и с более низким содержанием влаги приводят к продуктам с лучшими физическими свойствами.

### Список литературы

- [1] Altan, A., McCarthy, K.L., Maskan, M. (2009): Effect of screw configuration and raw material on some properties of barley extrudates. *Journal of Food Engineering* 92, 377–382.
- [2] Anton, A.A., Fulcher, R.G., Arntfield, S.D. (2009): Physical and nutritional impact of fortification of cornstarch based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: effects of bean addition and extrusion cooking. *Food Chem.* 113, 989-996.
- [3] Carvalho, C.W.P., Takeiti, C.Y., Onwulata, C.I., Pordesimo, L.O. (2010): Relative effect of particle size on the physical properties of corn meal extrudates: Effect of particle size on the extrusion of corn meal. *Journal of Food Engineering* 98, 103–109.
- [4] Chuang, G.C.C., Yeh, A. (2004): Effect of screw profile on residence time distribution and starch gelatinization of rice flour during single screw extrusion cooking. *Journal of Food Engineering* 63, 21–31.
- [5] Curic, D., Novotni, D., Bauman, I., Kricka, T., Dugum, J. (2009): Optimization of extrusion cooking of cornmeal as raw material for bakery products. *Journal of Food Engineering* 32, 294-317.
- [6] Delgado-Licon, E., Martinez Ayala, A.L., Rocha-Guzman, N.E., Gallegos-Infante, J.A., Atienzo-Lazos, M., Drzewicki, J., Martínez-Sánchez, C.E., Gorinstein, S. (2009): Influence of extrusion on the bioactive compounds and the antioxidant capacity of the bean/corn mixtures. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 60 (6), 522-532.
- [7] Ding, Q.B., Ainsworth, P., Plunkett, A., Tucker, G., Marson, H. (2006): The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks. *Journal of Food Engineering* 73, 142–148.
- [8] Ficarella, A., Milanese, M., Laforgia, D. (2004): Numerical study of extrusion process in cereals production: Part I. Fluid-dynamic analysis of extrusion system 73, 103-111.
- [9] Hagenimana, A., Ding, X., Fang, T. (2006): Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science* 43 (1), 38-46.
- [10] Hood-Niefer, S.D., Tyler, R.T. (2010): Effect of protein, moisture content and barrel temperature on the physicochemical characteristics of pea flour extrudates. *Food Research International* 43, 659–663. Kebede, L., Worku, S., Bultosa, G., Yetneberek, S. (2010): Effect of extrusion operating conditions on the physical and sensory properties of tef (*Eragrostis tef*
- [11] Improving the efficiency of extrudate dehydration in a vacuum chamber of a modernized extruder / D.I. Frolov [et al.] // *Volga Region Farmland*. 2019. № 2 (2). P. 87–94.
- [12] Lazou, A., Krokida, M. (2010): Structural and textural characterization of corn–lentil extruded snacks. *Journal of Food Engineering* 100, 392–408.
- [13] Onwulata, C.I., Konstance, R.P. (2006): Extruded corn meal and whey protein concentrate: Effect of particle size. *Journal of Food Processing and Preservation* 30, 475–487.

- [14] Qi, P.X., Onwulata, C.I. (2011): Physical properties, molecular structures, and protein quality of texturized whey protein isolate: Effect of extrusion moisture content. *Journal of Dairy Science* 94 (5), 2231- 2244.
- [15] Saeleaw, M., Dürschmid, K., Schleinig, G. (2012): The effect of extrusion conditions on mechanical-sound and sensory evaluation of rye expanded snack. *Journal of Food Engineering* 110, 532–540.
- [16] Semaska, C., Kong, X., Hua, Y. (2010): Optimization of Extrusion on Blend Flour Composed of Corn, Millet and Soybean. *Pakistan Journal of Nutrition* 9 (3), 291-297.
- [17] Thymi, S., Krokida, M.K., Pappa, A., Maroulis, Z.B. (2005): Structural properties of extruded corn starch. *Journal of Food Engineering* 68, 519–526.
- [18] Wu, W., Huff, H.E., Hsieh, F. (2007): Processing and properties of extruded flaxseed-corn puff. *Journal of Food Processing and Preservation* 31, 211–226.
- [19] Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного суслу с использованием экструдированного ячменя / Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Д.И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 6 (22). С. 103–109.
- [20] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д.И. Фролов [и др.] // Нива Поволжья. 2019. № 2 (51). С. 134–143.
- [21] Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В.М. Зимняков, О.Н. Кухарев, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов // Нива Поволжья. 2017. № 4 (45). С. 157–163.
- [22] Способ производства хлебобулочных изделий : пат. 2579488 Российская Федерация : МПК А 21 D 8/02 / Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов, Н.Н. Шматкова ; 2014146596/13 ; заявл. 19.11.2014 ; опубл. 10.4.2016, Бюл. №10. 8 с.
- [23] Способ производства хлебобулочных изделий : пат. 2592619 Российская Федерация : МПК А 21 D 8/02 / Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов, Н.Н. Шматкова ; 2015109402/13 ; заявл. 17.3.2015 ; опубл. 27.7.2016, Бюл. №21. 8 с.
- [24] Экструдер с вакуумной камерой : пат. 192684 Российская Федерация : МПК В29С 48/00 / А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, Д.И. Фролов, А.А. Блинохватов, М.А. Потапов ; 2019118768 ; заявл. 17.6.2019 ; опубл. 26.9.2019, Бюл. №27. 7 с.

## References

- [1] Altan, A., McCarthy, K.L., Maskan, M. (2009): Effect of screw configuration and raw material on some properties of barley extrudates. *Journal of Food Engineering* 92, 377–382.
- [2] Anton, A.A., Fulcher, R.G., Arntfield, S.D. (2009): Physical and nutritional impact of fortification of corn-starch based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: effects of bean addition and extrusion cooking. *Food Chem.* 113, 989-996.
- [3] Carvalho, C.W.P., Takeiti, C.Y., Onwulata, C.I., Pordesimo, L.O. (2010): Relative effect of particle size on the physical properties of corn meal extrudates: Effect of particle size on the extrusion of corn meal. *Journal of Food Engineering* 98, 103-109.
- [4] Chuang, G.C.C., Yeh, A. (2004): Effect of screw profile on residence time distribution and starch gelatinization of rice flour during single screw extrusion cooking. *Journal of Food Engineering* 63, 21–31.
- [5] Curic, D., Novotni, D., Bauman, I., Kricka, T., Dugum, J. (2009): Optimization of extrusion cooking of cornmeal as raw material for bakery products. *Journal of Food Engineering* 32, 294-317.
- [6] Delgado-Licon, E., Martinez Ayala, AL, Rocha-Guzman, NE, Gallegos-Infanate, JA, Atienzo-Lazos, M., Drzewicki, J., Martínez-Sánchez, CE, Gorinstein, S. (2009): Influence of extrusion on the bioactive compounds and the antioxidant capacity of the bean / corn mixtures. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 60 (6), 522-532.
- [7] Ding, Q.B., Ainsworth, P., Plunkett, A., Tucker, G., Marson, H. (2006): The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks. *Journal of Food Engineering* 73, 142–148.
- [8] Ficarella, A., Milanese, M., Laforgia, D. (2004): Numerical study of extrusion process in cereals production: Part I. Fluid-dynamic analysis of extrusion system 73, 103-111.
- [9] Hagenimana, A., Ding, X., Fang, T. (2006): Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science* 43 (1), 38-46.
- [10] Hood-Niefer, S.D., Tyler, R.T. (2010): Effect of protein, moisture content and barrel temperature on the physicochemical characteristics of pea flour extrudates. *Food Research International* 43, 659–663. Kebede, L., Worku, S., Bultosa, G., Yetneberk, S. (2010): Effect of extrusion operating conditions on the physical and sensory properties of tef (*Eragrostis tef*)
- [11] Improving the efficiency of extrudate dehydration in a vacuum chamber of a modernized extruder / D.I. Frolov [et al.] // *Volga Region Farmland*. 2019.No 2 (2). P. 87–94.

- [12] Lazou, A., Krokida, M. (2010): Structural and textural characterization of corn – lentil extruded snacks. *Journal of Food Engineering* 100, 392–408.
- [13] Onwulata, C.I., Konstance, R.P. (2006): Extruded corn meal and whey protein concentrate: Effect of particle size. *Journal of Food Processing and Preservation* 30, 475–487.
- [14] Qi, P.X., Onwulata, C.I. (2011): Physical properties, molecular structures, and protein quality of texturized whey protein isolate: Effect of extrusion moisture content. *Journal of Dairy Science* 94 (5), 2231-2244.
- [15] Saeleaw, M., Dürschmid, K., Schleining, G. (2012): The effect of extrusion conditions on mechanical-sound and sensory evaluation of rye expanded snack. *Journal of Food Engineering* 110, 532-540.
- [16] Semaska, C., Kong, X., Hua, Y. (2010): Optimization of Extrusion on Blend Flour Composed of Corn, Millet and Soybean. *Pakistan Journal of Nutrition* 9 (3), 291-297.
- [17] Thymi, S., Krokida, M.K., Pappa, A., Maroulis, Z.B. (2005): Structural properties of extruded corn starch. *Journal of Food Engineering* 68, 519-526.
- [18] Wu, W., Huff, H.E., Hsieh, F. (2007): Processing and properties of extruded flaxseed-corn puff. *Journal of Food Processing and Preservation* 31, 211–226.
- [19] Optimization of the composition of grain products in the production of beer wort using extruded barley / G.V. Shaburova, A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, D.I. Frolov // XXI century: results of the past and problems of the present plus. 2014. No. 6 (22). pp. 103–109.
- [20] Improving the efficiency of dehydration of the extrudate in the vacuum chamber of a modernized extruder / D.I. Frolov [et al.] // *Niva Volga*. 2019.No 2 (51). pp. 134–143.
- [21] Rational technological parameters in the production of a multicomponent composite based on flax seeds / V.M. Zimnyakov, O.N. Kukharev, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // *Niva Volga*. 2017. No. 4 (45). S. 157–163.
- [22] Method for the production of bakery products: US Pat. 2579488 Russian Federation: IPC A 21 D 8/02 / G.V. Shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, N.N. Shmatkov; 2014146596/13; declared 11/19/2014; publ. 4/10/2016, Bull. No. 10. 8 p
- [23] Method for the production of bakery products: US Pat. 2592619 Russian Federation: IPC A 21 D 8/02 / G.V. Shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, N.N. Shmatkov; 2015109402/13; declared 3/3/2015; publ. 7/27/2016, Bull. No. 21. 8 p
- [24] Extruder with a vacuum chamber: US Pat. 192684 Russian Federation: IPC B29C 48/00 / A.A. Kurochkin, P.K. Garkina, D.I. Frolov, A.A. Blinohvatov, M.A. Potapov; 2019118768; declared 6/17/2019; publ. 9/26/2018

## Сведения об авторах

## Information about the authors

<p><b>Фролов Дмитрий Иванович</b> кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:surr@bk.ru">surr@bk.ru</a></p>	<p><b>Frolov Dmitriy Ivanovich</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:surr@bk.ru">surr@bk.ru</a></p>
<p><b>Кудрина Алена Николаевна</b> магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> <b>E-mail:</b></p>	<p><b>Kudrina Alena Nikolaevna</b> undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> <b>E-mail:</b></p>