

Обоснование технологии получения экструдата на основе семян граната

Курочкин А.А., Новикова О.А., Поляков А.В.

Аннотация. Применение композитов на основе вторичных материальных ресурсов позволяет обогащать пищевые продукты высокоценными ингредиентами путем замены части пшеничной муки на экструдированную смесь. При этом упрощается технологический процесс выработки пищевых продуктов и снижается трудоемкость обработки нативного сырья. Объектом исследования являлась смесь семян пшеницы и граната, которую подвергали экструдированию с помощью термовакуумного экструдера. Предлагаемая технология термовакуумной экструзии смеси обеспечивает необходимые структурно-механические и частично химические изменения оболочки семян граната и не приводит к деградационным изменениям белков и липидов сырья.

Ключевые слова: технология, термовакуумная экструзия, поликомпонентный композит, семена граната, гранатовая кислота.

Для цитирования: Курочкин А.А., Новикова О.А., Поляков А.В. Обоснование технологии получения экструдата на основе семян граната // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 1. С. 38–43.

Substantiation of the technology for producing extrudate based on pomegranate seeds

Kurochkin A.A., Novikova O.A., Polyakov A.V.

Abstract. The use of composites based on secondary material resources makes it possible to enrich food products with high-value ingredients by replacing some of the wheat flour with an extruded mixture. At the same time, the technological process of food production is simplified and the complexity of processing native raw materials is reduced. The object of the study was a mixture of wheat and pomegranate seeds, which was extruded using a thermovacuum extruder. The proposed technology of thermovacuum extrusion of the mixture provides the necessary structural, mechanical and partially chemical changes in the shell of pomegranate seeds and does not lead to degradation changes in proteins and lipids of raw materials.

Keywords: technology, thermal vacuum extrusion, polycomponent composite, pomegranate seeds, pomegranate acid.

For citation: Kurochkin A.A., Novikova O.A., Polyakov A.V. Substantiation of the technology for producing extrudate based on pomegranate seeds. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 1. pp. 38–43. (In Russ.).

Введение

Одним из направлений развития технологий обогащенных и функциональных пищевых продуктов является применение в рецептурах изделий вторичного сырья (вторичных материальных ресурсов), получаемого в процессе производства основной продукции и содержащего многие ценные ингредиенты.

Во многих случаях такое сырье технологически возможно и экономически выгодно повторно вовлекать в производство и вырабатывать из него различные пищевые продукты и добавки.

Семена граната являются типичным примером чрезвычайно полезного вторичного сырья, требующего разработки технологических решений, позволяющих задействовать весь спектр содержащихся в нем полезных веществ [1, 2, 4, 6, 9–13].

Производство и потребление плодов граната растут во всем мире из-за их многофункциональности и полезных свойств для здоровья человека. Гранат представляет интерес для плодоводства в первую очередь южных районов России, а также соседних стран (Грузия Азербайджан, Узбекистан), поскольку это растение отличается сравнительно высокой морозоустойчивостью и постоянной уро-

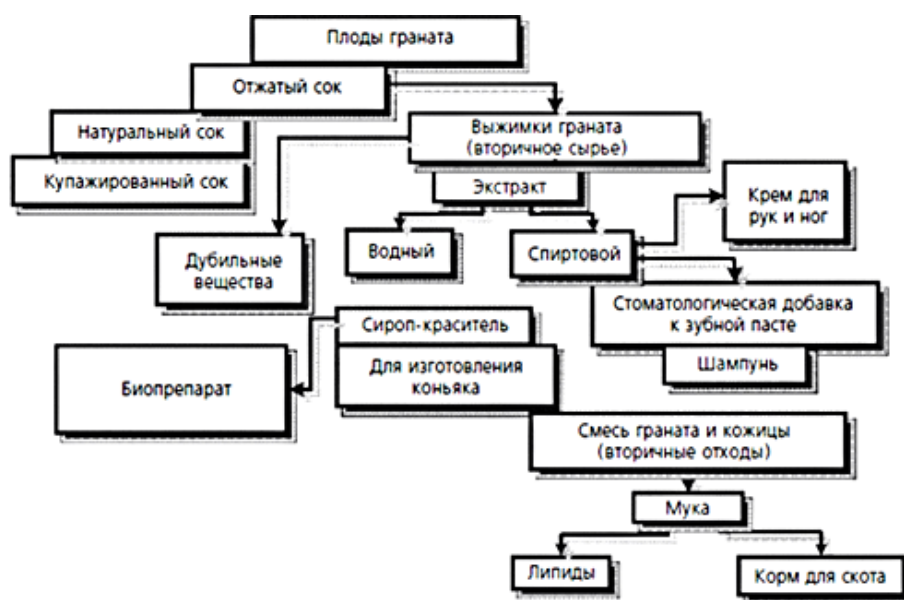


Рис. 1. Схема комплексной переработки граната [3]

жайностью, а его плоды содержат биоактивные вещества, обладают лечебно-профилактическими свойствами и пищевой ценностью [6, 7].

Натуральный сок является основным продуктом переработки плодов граната, так как его нутриентный профиль содержит более 30 пищевых и биологически активных веществ.

Схема комплексной переработки плодов граната приведена на рис. 1 и в определенной мере отражает слабое место классической технологии – вторичное сырье, получаемое в виде различных выжимок, составляет почти половину перерабатываемого сырья.

Известно, что в общей массе плода граната на съедобную часть – сочные семена (зерна) приходится всего 48-52 %; при этом примерно 75 % от их массы приходится на сок. Вместе с тем доля отжатых семян в общей массе плода граната не так значительна и составляет в среднем 14,4 % [2, 6, 7].

По другим данным на зерна граната приходится приблизительно 50 % от общей массы граната, а на семена (без окружающей их сочной оболочки) – около 10 % от общей массы плодов. При этом указывается, что семена являются богатыми источниками общих липидов (12-20 г/100 г высушенных семян), 80% которых приходится на полиненасыщенные жирные кислоты [2].

Семена граната мелкие, трехгранные и представляют определенную пищевую ценность. В них содержится 6-20 % масла, 9-12 % белковых веществ, 13-18 % крахмала, более 20 % целлюлозы, 1,54-1,65 % минеральных веществ.

Поверхностная оболочка семян граната состоит из лигнина и, вероятно, некоторых антиоксидантных производных лигнина, а также гидроксibenзойных / коричных кислот и изофлавонов [2, 6].

Лечебные свойства гранатового масла связаны с его жирно-кислотным составом в сочетании с

большим количеством фитостероидов и витаминов (А, С, Е, группы В и др.).

Уникальная полиненасыщенная гранатовая (пуниковая – punicic acid) кислота является основным компонентом масла и составляет 65-85%. По содержанию витамина Е (более 300 мг/100 г) не уступает маслу из пшеничных зародышей [2, 4].

Анализ состава порошкообразного продукта, полученного из семян граната с остаточной влажностью 5,82 г/100 г показал, что на долю сырого протеина, сырого жира, золы, сырых волокон и углеводов в общей массе порошка семян приходится соответственно 13,66; 29,60; 1,49; 39,36 и 13,12 % [2, 13].

В связи с высоким содержанием пищевых волокон в семенах граната, заслуживает особенного внимания баланс между их основными компонентами, представленный на рис. 2 [2].

Таким образом, многими исследователями делается вывод о том, что побочные продукты производства гранатового сока – это целая кладовая биоактивных соединений.

При этом отмечая особенности существующей технологии переработки гранатов, многие исследователи считают серьезной проблемой накопление побочной продукции, которая при неправильном обращении может привести к загрязнению окружающей среды уже в качестве вредных отходов производства. Таким образом, эффективное использование побочных продуктов переработки граната с помощью новых рациональных подходов позволило бы превратить эти отходы в ценные продукты, сократив их накопление, утилизацию и негативное воздействие на экологию [7].

В настоящее время известны результаты исследований по влиянию измельченных семян граната на качество теста и готового хлеба.

Целью первого исследования было определение дозировок муки из семян граната при замене

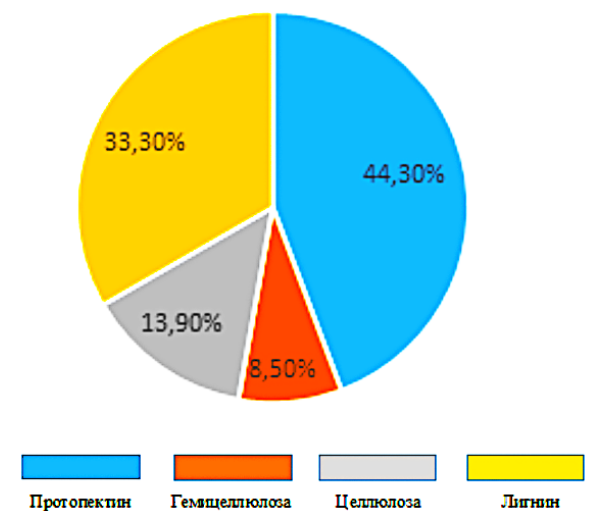


Рис. 2. Баланс между основными компонентами пищевых волокон, выделенных из семян плодов граната (в процентах от их суммарного количества)

хлебопекарной пшеничной мукой в количестве 5, 7,5 и 10%. В то время как 5% не показало существенного влияния на поглощение воды и качество теста; дальнейшее увеличение дозировок влияло на время разработки и растяжимость заготовок. При добавлении в муку измельченных семян граната наблюдалось уменьшение объемов, высоты и яркости хлеба, в то время как было обнаружено увеличение пищевых волокон, а также изменение текстурных свойств готовых изделий.

Исследование показало, что обогащенный клетчаткой хлеб с хорошими органолептическими и технологическими качествами можно производить, заменив пшеничную муку на 5% измельченных семян граната [10].

В аналогичном исследовании по выпечке хлеба порошок семян граната, обогащенный гранатовой кислотой, применялся в качестве замены пшеничной муки.

Увеличение количества порошка привело к снижению водопоглощающей способности сырья

и стабильности теста и его вязкости; объема хлеба и общей оценки качества готового продукта, тогда как твердость мякиша увеличилась. Применение добавки в количестве 10% показало значительное улучшение прочности теста, текстуры и качества хлеба. Авторами исследований сделан вывод о том, что добавление до 10% порошка семян граната может быть успешно рассмотрено для рецептур без изменения реологических и сенсорных качеств хлеба. Эти результаты показывают, что пищевая добавка, полученная из побочного продукта фруктовой промышленности, может быть использована для приготовления богатого антиоксидантами функционального хлеба, который также способствует общему улучшению здоровья потребителей [11-13].

Цель работы – обоснование технологии переработки семян граната и получение на их основе поликомпонентного композита, используемого в качестве функциональной добавки при производстве хлебобулочных изделий.

Объекты и методы исследования

Изучали показатели семян граната, оказывающие влияние на параметры их экструзионной обработки с помощью термовакуумного экструдера.

Результаты и их обсуждение

Семена граната являются съедобной частью плода и состоят из твердой внутренней части, в которой находятся семядоли, зародыш и кожура – мясистая оболочка, из которой извлекается сок. В большинстве опубликованных статей о семенах граната авторы сосредоточились на твердой внутренней части семени, не принимая во внимание мясистую оболочку. Поэтому в данной работе термин «семена граната» будет использоваться только для обозначения твердой внутренней части семени.

Накопленный к настоящему времени опыт применения семян граната в технологиях продук-



Рис. 3. Семена граната: а – нативные; б – измельченные

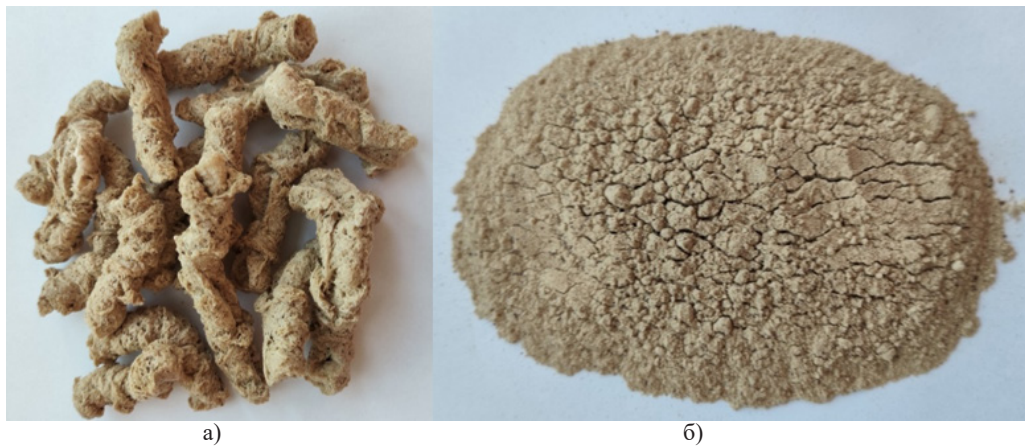


Рис. 4. Экструдат смеси семян пшеницы и граната: а – нативный; б – измельченный

тов питания позволяет рекомендовать их в качестве пищевой добавки в виде измельченной массы без выделения из нее липидов. Вместе с тем практическая реализация такого подхода к применению данного сырья имеет существенный недостаток, связанный со строением семян граната. Они достаточно мелкие – средняя масса 100 семян составляет 2,45-2,5 г. Состоят семена из покрова, семядоли и зародыша. Покров семени представляет собой крепкую внешнюю оболочку, замедляющую прорастание зародыша. Именно эта оболочка богата фенольными веществами. Запасные питательные вещества – белки, липиды и углеводы, локализируются в семядоли. Здесь же в связанном, неактивном состоянии находятся ферменты; в процессе набухания семечки они активизируются и готовы выполнять свои функции.

Особенностью углеводов, входящих в состав семян граната является сравнительно большое содержание лигнина – до 35 %. По большей части он содержится в покрове семени. Измельчение лигнина до приемлемого размера частиц – технически сложная задача, связанная с повышенными затратами энергии на реализацию технологического процесса (при невысоком качестве готового продукта) или наличием дорогостоящего оборудования. На рис. 3 показаны образцы высушенных до 10-12 % влажности семян граната в нативном и измельченном виде.

Экспериментальные исследования по выработке хлебобулочных изделий с применением измельченных семян граната показали, что полученный в таких условиях продукт имеет характерный недо-

статок, присущий для применения семян винограда – хруст и ощущение твердых, неизмельченных частиц семечек. Снизить затраты энергии на измельчение семян граната (по аналогии с семенами винограда) можно за счет их увлажнения и набухания, однако в таком виде они плохо хранятся [8].

Основываясь на опыте обоснования технологии получения функциональных пищевых добавок с помощью термовакуумной экструзионной обработки семян масличных культур, можно предположить, что разработка композита на основе семян граната с применением данной технологии может быть также весьма актуальной [5, 8].

При этом следует отметить, что экструдирование растительного сырья с относительно высоким содержанием липидов и клетчатки в чистом виде без добавления каких-либо наполнителей затруднено [5].

Результаты наших экспериментов подтверждают, что функциональный композит хорошего качества на основе такого сырья можно получить путем его совместного экструдирования с высококрахмалистым сырьем, например, зерном пшеницы. Такие экструдаты с содержанием в них воды не больше 8-10% сохраняют практически все полезные свойства ингредиентов, из которого они выработаны и хорошо хранятся в обычных условиях [5, 8].

С целью предварительного обоснования параметров технологии получения композита на основе семян граната, сравним некоторые показатели его семян с семенами винограда (табл. 1).

Анализ таблицы показывает, что семена граната и винограда имеют схожие показатели и отличаются в основном содержанием жиров (липидов). В связи с этим можно предположить, что параметры экструзионного процесса для этих двух видов семян могут быть достаточно близкими по базовым показателям.

Предлагаемая нами технология переработки семян граната заключается в следующем. Смесь семян пшеницы влажностью 14-15% и семян граната влажностью 25-26% в соотношении 2:1 обрабатывают с помощью термовакуумного экструдера [5]. На выходе из фильеры матрицы экструдера сырье с температурой 100-105°C поступает в вакуумную

Таблица 1 – Химический состав и пищевая ценность семян винограда и граната, г на 100 г

Показатели	Семена граната [2, 13]	Семена винограда [8]
Белки	13,66	13,3-14,5
Жиры	29,6	12,8-13,8
Углеводы	13,12	10,3-12,5
Пищевые волокна	39,36	37,7-39,9
Зола	1,49	1,8-2,1

камеру, в которой поддерживается пониженное давление (вакуум), равное 0,07-0,08 МПа. Содержание влаги в экструдированном продукте регулируют величиной давления воздуха в вакуумной камере экструдера на уровне не более 8-10%. На рис. 3 показан полученный по предлагаемой технологии экструдат смеси семян пшеницы и граната с массовым соотношением указанного сырья 2:1.

Литература

- [1] Асланова, М.С. Физико-химические показатели и аминокислотный состав плодов новых сортов граната /М.С. Асланова, А.А. Набиев // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017. №2. С. 34-36.
- [2] Гафизов, С.Г. Биотехнологический потенциал побочных продуктов производства гранатового сока: обзор/ С.Г. Гафизов, Г.К. Гафизов // Sciences of Europe. 2021. № 62-1. С. 38-44.
- [3] Гваладзе, Г.Д. Безотходная комплексная технология переработки плодов граната /Г.Д. Гваладзе //Пищевая промышленность. 2010. №. 7. С. 12-13.
- [4] Доброхотов, Д. А. Количественная оценка содержания липидного комплекса в семенах и жоме плодов граната обыкновенного (*Punicagranatum L.*) / Д. А. Доброхотов, О. В. Нестерова, Р. А. Погосян // Фундаментальные и прикладные исследования науки XXI века. Шаг в будущее : Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 06–07 июля 2017 года. – Санкт-Петербург: ООО «Редакционно-издательский центр «КУЛЬТ-ИНФОРМ-ПРЕСС», 2017. – С. 168-170.
- [5] Инновации в экструзии /А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, А.А. Блинохватов. [и др.]. Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – 247 с.
- [6] Кароматов, И.Д. Химический состав граната – как перспективного лекарственного средства /И.Д. Кароматов, Д.Б. Рахматова, Ш.Ш. Вафоева //Биология и интегративная медицина. 2022. № 2(55). С. 177-190.
- [7] Катанаева, Ю.А. Перспективы использования отходов граната для производства функциональных пищевых продуктов /Ю.А. Катанаева // Материалы пула научно-практических конференций, Сочи, 23-27 января 2023 года /Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского; Керченский государственный морской технологический университет; Луганский государственный педагогический университет; Луганский государственный университет имени Владимира Даля. Керчь: ФГБОУ ВО

Выводы

Предлагаемая технология термовакuumной экструзии смеси семян пшеницы и граната обеспечивает необходимые структурно-механические и частично химические изменения пищевых волокон семян граната и при этом не приводит к деградационным изменениям наиболее ценных ингредиентов сырья.

References

- [1] Aslanova, M.S. Physico-chemical parameters and amino acid composition of fruits of new pomegranate varieties /M.S. Aslanova, A.A. Nabiev // Bulletin of Russian Agricultural Science. 2017. No. 2. pp. 34-36.
- [2] Gafizov, S.G. Biotechnological potential of by-products of pomegranate juice production: a review/ S.G. Gafizov, G.K. Gafizov //Sciences of Europe. 2021. No. 62-1. pp. 38-44.
- [3] Gvaladze, G.D. Waste-free integrated technology for processing pomegranate fruits /G.D. Gvaladze //Food industry. 2010. No. 7. pp. 12-13.
- [4] Dobrokhotov, D. A. Quantitative assessment of the lipid complex content in seeds and pulp of pomegranate fruits (*Punicagranatum L.*) / D. A. Dobrokhotov, O. V. Nesterova, R. A. Pogosyan // Fundamental and applied research of science of the XXI century. Step into the future : A collection of scientific articles based on the results of the international scientific and practical conference, St. Petersburg, July 06-07, 2017. Saint Petersburg: Limited Liability Company «Editorial and Publishing Center «KULT-INFORM-PRESS», 2017. pp. 168-170.
- [5] Innovations in extrusion /A.A. Kurochkin, P.K. Garkina, A.A. Blinokhvatov. [and others]. Penza: RIO PGAU, 2018. – 247 p.
- [6] Karomatov, I.D. Chemical composition of pomegranate as a promising medicinal product /I.D. Karomatov, D.B. Rakhmatova, Sh.Sh. Vafoeva //Biology and integrative medicine. 2022. No. 2(55). pp. 177-190.
- [7] Katanaeva, Yu.A. Prospects of using pomegranate waste for the production of functional foodstuffs /Yu.A. Katanaeva // Proceedings of the pool of scientific and practical conferences, Sochi, January 23-27, 2023 / Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky ; Kerch State Maritime Technological University; Lugansk State Pedagogical University; Lugansk State University named after Vladimir Dahl. – Kerch: Kerch State Marine Technological University, 2023. pp. 143-149.
- [8] Kurochkin, A.A. The use of grape seeds as raw materials for composite mixtures / A.A. Kurochkin, M.N. Rodin // Innovative technique and technology. 2020. No. 3(24). pp. 11-16.
- [9] Pat. 2561934 Russian Federation MPK7 B29C47/12. Vacuum chamber extruder /applicants: A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, M.N. Rodin; applicant and patent holder of the Penza State Technical University. –

- «Керченский государственный морской технологический университет», 2023. С. 143-149.
- [8] Курочкин, А.А. Применение виноградных косточек в качестве сырья для композитных смесей / А.А. Курочкин, М.Н. Родин // Инновационная техника и технология. 2020. № 3(24). С. 11-16.
- [9] Пат. 2561934 Российская Федерация МПК7 В29С47/12. Экструдер с вакуумной камерой / заявители: А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, М.Н. Родин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО Пензенский ГТУ.– № 2021110164; заявл. 13.04.2021; опубл. 07.12.2021, Бюл. № 34. 9с.
- [10] Gül, H. Effects of pomegranate seed flour on dough rheology and bread quality / H. Gül, H. Şen //CyTA-Journal of Food. 2017. Vol. 15. №. 4. pp. 622-628.
- [11] Pamisetty, A. Rheological, physico-sensory and antioxidant properties of punicic acid rich wheat bread /A. Pamisetty, K.A. Kumar, D. Indrani, R.P. Singh //J. Food Sci. Technol. 2020. Vol. 57. pp. 253-262.
- [12] Wang, J. Pomegranate seeds: A comprehensive review of traditional uses, chemical composition, and pharmacological properties /J. Wang, M. Sun, J. Yu, J. Wang, Q. Cui //Frontiers in Pharmacology. 2024. – Т. 15. Article 1401826, 10.3389/fphar.2024.1401826.
- [13] Rowayshed G., Salama A., Fadl M.A., Hamza S.A., Emad A.M. Nutritional and chemical evaluation for pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit peel and seeds powders by products. Middle East J Appl Sci. 2013, 3(4): 169-179.
- No. 2021110164; application 04/13/2021; published 12/07/2021, Bul. No. 34. 9с.
- [10] Gül, H. Effects of pomegranate seed flour on dough rheology and bread quality / H. Gül, H. Şen //CyTA-Journal of Food. 2017. Vol. 15. №. 4. pp. 622-628.
- [11] Pamisetty, A. Rheological, physico-sensory and antioxidant properties of punicic acid rich wheat bread /A. Pamisetty, K.A. Kumar, D. Indrani, R.P. Singh //J. Food Sci. Technol. 2020. Vol. 57. pp. 253-262.
- [12] Wang, J. Pomegranate seeds: A comprehensive review of traditional uses, chemical composition, and pharmacological properties /J. Wang, M. Sun, J. Yu, J. Wang, Q. Cui //Frontiers in Pharmacology. 2024. – Т. 15. Article 1401826, 10.3389/fphar.2024.1401826.
- [13] Rowayshed G., Salama A., Fadl M.A., Hamza S.A., Emad A.M. Nutritional and chemical evaluation for pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit peel and seeds powders by products. Middle East J Appl Sci. 2013, 3(4): 169-179.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Курочкин Анатолий Алексеевич доктор технических наук профессор кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru</p>	<p>Kurochkin Anatoly Alekseevich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru</p>
<p>Новикова Ольга Анатольевна аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 914-73-00 E-mail: ms.varlos@mail.ru</p>	<p>Novikova Olga Anatolievna upostgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 914-73-00 E-mail: ms.varlos@mail.ru</p>
<p>Поляков Александр Викторович аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Polyakov Alexander Viktorovich upostgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>