

## Функционально-технологические свойства экструдированной композитной смеси

*Гарькина П.К., Живаева Н.В.*

**Аннотация.** Одними из приоритетных задач государственной политики Российской Федерации в области здорового питания являются расширение производства пищевых продуктов, обогащенных эссенциальными пищевыми веществами, а также продуктов с заданными свойствами функционального назначения. В связи с этим представляется актуальным модификация рецептур пищевых продуктов, относящихся к группе систематически употребляемых, в частности, хлебобулочных изделий. Возможным направлением повышения качества и расширения ассортимента хлебобулочных изделий является использование в рецептурах добавок растительного происхождения, способствующих обогащению изделий. Целью работы является исследование функционально-технологических свойств экструдированной композитной смеси зерна пшеницы и семян льна с высоким содержанием эссенциальных нутриентов для производства обогащенных хлебобулочных изделий. Смесь зерна пшеницы и семян льна перед экструдированием соединяли в соотношении 3:1. В статье рассмотрен химический состав экструдированной композитной смеси зерна пшеницы и семян льна, а также функционально-технологические свойства смеси и ее влияние на функционально-технологические свойства в смеси с пшеничной мукой высшего сорта. В композитной смеси высок уровень белка,  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 полиненасыщенных жирных кислот, пищевых веществ, витаминов и минеральных веществ. Установлено повышение водопоглотительной способности композитной смеси, и снижение количества и качества клейковины при смешивании композитной смеси с пшеничной мукой. Предложены рациональные дозировки экструдированной композитной смеси зерна пшеницы и семян льна, как перспективное сырье для обогащения хлебобулочных изделий. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения экструдированной смеси зерна пшеницы и семян льна в технологии хлебобулочных изделий.

**Ключевые слова:** пшеница, лен, смесь, экструдаты, функциональные свойства.

**Для цитирования:** Гарькина П.К., Живаева Н.В. Функционально-технологические свойства экструдированной композитной смеси // Инновационная техника и технология. 2019. № 3 (20). С. 10–15.

## Functional and technological properties extruded composite mix

*Garkina P.K., Zhivaeva N.V.*

**Abstract.** One of the priorities of the state policy of the Russian Federation in the field of healthy nutrition is the expansion of the production of food products enriched with essential food substances, as well as products with predetermined functional properties. In this regard, it seems relevant to modify the formulations of food products belonging to the group of systematically consumed, in particular, bakery products. A possible direction of improving the quality and expanding the range of bakery products is the use in the formulations of additives of plant origin, contributing to the enrichment of products. The aim of the work is to study the functional and technological properties of an extruded composite mixture of wheat grains and flax seeds with a high content of essential nutrients for the production of enriched bakery products. A mixture of wheat grain and flax seeds before extrusion was combined in a ratio of 3:1. The article discusses the chemical composition of the extruded composite mixture of wheat grain and flax seeds, as well as the functional and technological properties of the mixture and its effect on the functional and technological properties in a mixture with premium wheat flour. The composite mixture has a high level of protein,  $\omega$ -3 and  $\omega$ -6 polyunsaturated fatty acids, nutrients, vitamins and minerals. An increase in the water-absorbing capacity of the composite mixture and a decrease in the quantity and quality of gluten when mixing the composite mixture with wheat flour have been established. Rational dosages of an extruded composite mixture of wheat and flax seeds are proposed as promising raw materials for the enrichment of bakery

products. The results obtained indicate the feasibility of using an extruded mixture of wheat grain and flax seeds in the technology of bakery products.

**Keywords:** wheat, flax, mixture, extrudates, functional properties.

**For citation:** Garkina P.K., Zhivaeva N.V. Functional and technological properties extruded composite mix. *Innovative Machinery and Technology*. 2019. No.3 (20). pp. 10–15. (In Russ.).

## Введение

С целью обогащения хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, предназначенных для систематического употребления, применяют сырье и полуфабрикаты растительного происхождения взамен части пшеничной муки. При этом применяемое нетрадиционное сырье должно характеризоваться определенным химическим составом и функционально-технологическими свойствами (ФТС), позволяющими, во-первых, обогатить изделия функциональными пищевыми ингредиентами (ФПИ), во-вторых, интенсифицировать технологические процессы производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий [1, 2]. Одним из эффективных способов модификации ФТС зернового сырья является термопластическая экструзия [3, 4, 5]. Экструзионная обработка воздействует, главным образом, на молекулы белка и крахмала, способствуя трансформации их структур [6]. В то же время, одновременное экструдирование крахмалсодержащего сырья с различными другими растительными добавками представляет собой новую ступень в разработке полуфабрикатов с целью получения продуктов питания, обогащенных различными ФПИ [7].

Одним из высокоэффективных источников функциональных пищевых ингредиентов, а также стабилизаторов консистенции теста, можно рассматривать лен. Семена льна способствуют нормализации работы желудочно-кишечного тракта, обладают высоким уровнем содержания ФПИ. Массовая доля жира в них достигает уровня 30-40 %. Жир семян льна является источником ПНЖК – линоленовой кислоты ( $\omega$ -3), линолевой кислоты ( $\omega$ -6). Указанные жирные кислоты участвуют в синтезе гормонов, осуществляющих регуляцию обменных процессов в клетках, оказывают влияние на сердечно-сосудистую деятельность. Существенно участие ПНЖК в формировании фосфолипидов клеточных мембран. Они необходимы для правильного роста и функционирования организма человека, они входят в состав всех клеточных оболочек и мембран, и их дефицит приводит к обширным патологическим изменениям в различных органах. Велико в семенах льна содержание белка –20-25 %, а также пищевых волокон – 20-28 % [8].

В связи с этим, актуальной задачей является исследование ФТС смеси семян льна и зерна пшеницы, полученной на модернизированном экструдере КМЗ с вакуумной камерой [9].

Целью работы является исследование функционально-технологических свойств экструдированной композитной смеси (ЭКС).

## Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования являлась композитная смесь зерна пшеницы сорта Саратовская 36 и семян льна масличного в соотношении 3:1 с влажностью 16...20%, обработанная в экструдере. Продолжительность обработки – 10...15 с. Температура обработки – 100...105 °С. На сырье, выходящее из матрицы экструдера, воздействовали пониженным давлением, равным 0,05 МПа с целью более интенсивного «вскипания» (вспучивания). Полученную ЭКС измельчали на лабораторной мельнице ЛМТ-1 с частотой вращения размольного органа 12000 об/мин.

Для исследования влияния ЭКС на ФТС пшеничной муки использовали пшеничную муку высшего сорта с содержанием сырой клейковины 30,0%. Модельные образцы готовили с заменой части пшеничной муки на муку ЭКС в количестве 5, 10, 15, 20, 25 % к общей массе муки. В качестве контрольного образца служил образец без внесения ЭКС.

В соответствии с поставленной целью определены основные задачи исследования: исследование химического состава и ФТС экструдированной композитной смеси; исследование влияния композитной смеси на ФТС доминирующего сырья – пшеничной муки.

Определение массовой доли влаги, жира, сырой клетчатки и золы проводили по общепринятым методикам. Содержание общего азота определяли по методу Къельдаля с последующим пересчетом на сырой протеин. Результаты представлены как среднее значение из трех повторных измерений. Оценку водопоглотительной способности (ВПС) смеси пшеничной муки и ЭКС осуществляли методом, описанным Корячкиной С.Я. [10]. Содержание и качество клейковины в смеси определяли в соответствии с ГОСТ 27839-2013.

## Результаты и их обсуждение

Теоретическим обоснованием возможности применения нетрадиционных добавок является их химический состав. Результаты предварительных исследований, связанных со сравнительным анализом химического состава пшеничной муки высшего

Таблица 1 – Химический состав пшеничной муки высшего сорта и экструдированной композитной смеси зерна пшеницы и семян льна

Наименование показателя	Мука пшеничная высшего сорта	Экструдированная композитная смесь зерна пшеницы и семян льна в соотношении 1:3
Массовая доля влаги, %	14,5	8,5
Массовая доля протеина, % СВ	12,3	16,3
Массовая доля жира, % СВ	1,3	11,5
Массовая доля клетчатки, % СВ	0,2	7,8
Массовая доля золы, % СВ	0,6	2,9
Массовая доля безазотистых экстрактивных веществ, % СВ	85,6	63,8

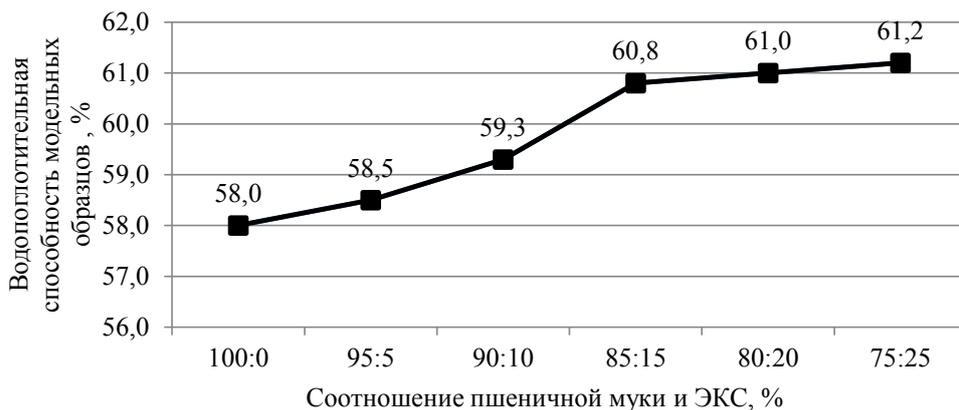


Рис. 1. Водопоглощательная способность в модельных образцах с заменой части пшеничной муки на муку ЭКС

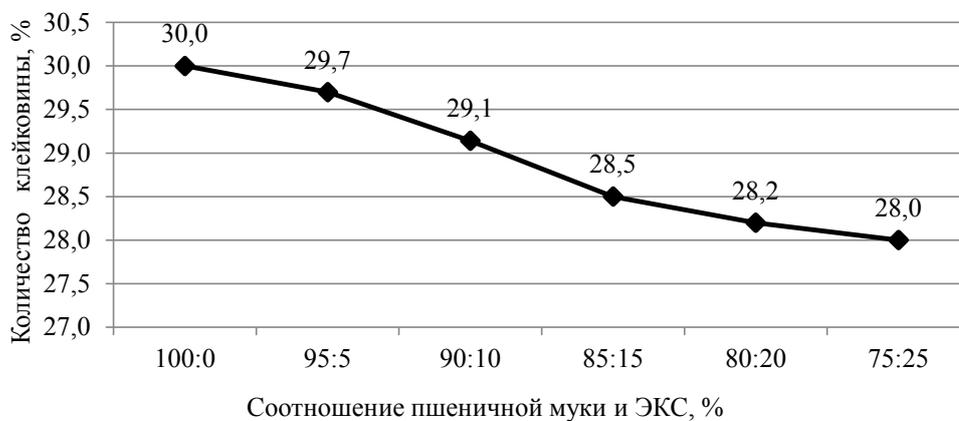


Рис.2. Количество клейковины в модельных образцах в зависимости от количества заменяемой пшеничной муки на муку ЭКС

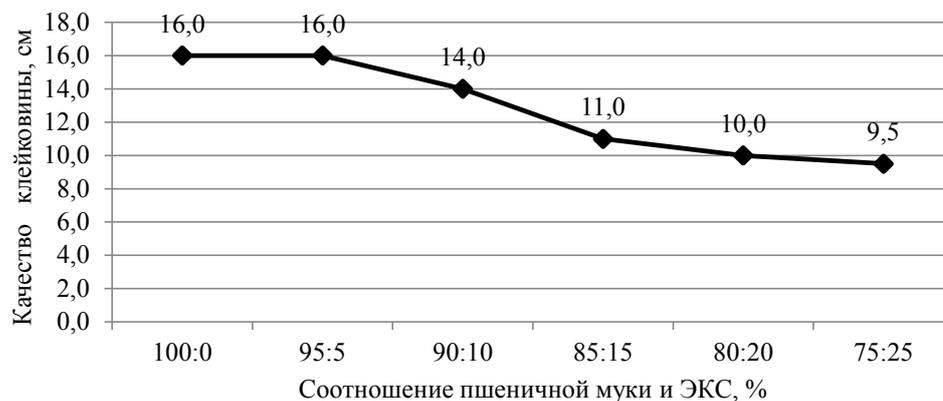


Рис. 3. Качество клейковины в модельных образцах в зависимости от количества заменяемой пшеничной муки на муку ЭКС

сорта и муки экструдированной композитной смеси зерна пшеницы и семян льна, приведены в табл. 1.

ЭКС характеризуется удовлетворительной сыпучестью, имеет вкус и запах, характерный для зернового сырья. Влажность смеси находится на низком уровне и составляет 8,5 %, что позволит увеличить срок хранения экструдированной смеси.

Содержание протеина в ЭКС зерна пшеницы и семян льна составляет 16,1%, что на 30,9 % выше, чем в пшеничной муке.

Экструдированная смесь содержит значительно больше жира, чем пшеничная мука. Содержание жира в экструдированной смеси составляет 9,4 %, что в 8,7 раз выше, чем в пшеничной муке. Большая часть жирных кислот семян льна относится, как сказано выше, к полиненасыщенным жирным кислотам.

Установлено высокое содержание клетчатки в экструдированной смеси – 7,8%, что в 39 раз больше, чем в пшеничной муке высшего сорта.

Содержание золы в ЭКС составляет 2,9 %, в то время, как в пшеничной муке 0,6 % на сухое вещество. Содержание безазотистых экстрактивных веществ в ЭКС в 1,3 раза меньше, чем в пшеничной муке.

Сравнительный анализ химического состава ЭКС с пшеничной мукой позволяет сделать вывод о целесообразности применения ЭКС в качестве потенциального сырья для обогащения хлебобулочных изделий.

В дальнейших исследованиях изучали функционально-технологические свойства ЭКС и смеси пшеничной муки высшего сорта с ЭКС в сравнении с пшеничной мукой.

На рисунке 1 приведены результаты ВПС в образцах с заменой части пшеничной муки на муку ЭКС зерна пшеницы и семян льна в количестве 5, 10, 15, 20, 25 % к общей массе муки.

Сравнительный анализ уровня исследуемого показателя выявил более высокую ВПС модельных образцов пшеничной муки с различными дозировками ЭКС зерна пшеницы и семян льна. Отмечен интенсивный рост ВПС в модельных образцах с заменой пшеничной муки на муку ЭКС в количестве от 10 до 15 %. При этом водопоглотительная способность увеличилась до 60,8 %, что в относительных величинах на 4,8 % выше, чем в контрольном образце. Дальнейшее повышение ВПС модельных образцов незначительное, в связи с чем, рациональной заменой пшеничной муки на муку ЭКС следует считать дозировку ЭКС не более 15 %. Механизм увеличения ВПС может быть обусловлен наличием в льняной муке растворимых в воде полисахаридов (пентозанов),

характеризующихся водосвязывающей способностью, а также способностью к образованию вязких гелей [11]. Высокая водопоглотительная способность приводит к повышению выхода продукции, и предполагает возможность обеспечения влагоудерживающей способности готовых мучных изделий.

Сила пшеничной муки, ее белково-протеиназный комплекс, может оцениваться путем определения количества и качества клейковины, обуславливающей структурно-механические свойства теста, а также путем определения структурно-механических свойств теста из исследуемой муки. Силу пшеничной муки, и, следовательно, ее белково-протеиназный комплекс, в модельных образцах с использованием ЭКС оценивали по количеству и качеству клейковины.

На рисунке 2 приведены результаты исследования количества клейковины в модельных образцах с заменой пшеничной муки на муку ЭКС зерна пшеницы и семян льна в количестве 5, 10, 15, 20, 25 % к общей массе муки.

Представленные на рис. 2 результаты исследований свидетельствуют об уменьшении количества клейковины при замене пшеничной муки на ЭКС зерна пшеницы и семян льна в количестве 10 и 15 % в относительных величинах на 3,0 и 5,0 % по сравнению с контрольной пробой, соответственно. С целью получения сдобных изделий высокого качества не следует использовать сырье с более низким содержанием клейковины.

Качество клейковины может быть оценено таким показателем, как растяжимость. На рисунке 3 приведены результаты исследований качества клейковины в модельных образцах с заменой пшеничной муки на ЭКС зерна пшеницы и семян льна.

Установлено, что внесение ЭКС приводит к укреплению клейковины смеси пшеничной муки с ЭКС, что, возможно, позволит применять муку из ЭКС в качестве улучшителя технологических свойств теста при использовании слабой по силе муки. Укрепление клейковины, в свою очередь, обусловлено, возможно, активностью фермента липоксигеназы.

## Выводы

Таким образом, на основании полученных результатов исследований, отмечено положительное влияние замены пшеничной муки мукой экструдированной композитной смеси зерна пшеницы и семян льна в количестве от 5 до 15 % на водопоглотительную способность, количество и качество клейковины модельных образцов.

## Список литературы

- [1] Использование гречневой муки при производстве функциональных продуктов / Саитова М.Э. // Хлебопродукты. 2017. № 12. С. 38-39.
- [2] Разработка технологий и рецептур мучных кондитерских изделий, обогащенных пищевыми волокнами/ Мацейчик И.В., Корпачева С.М., Мунтян В.В.//Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2018. № 1 (50). С. 103-108.

- [3] Дерканосова Н.М. Амарантовый экструдат как обогащающий ингредиент мучных изделий/ Н.М. Дерканосова, А.А. Стахурлова, И.Н. Пономарёва, О.А. Василенко, В.Д. Ломова, М.В. Копылов // Хлебопродукты. 2018. № 2. С. 32-33.
- [4] Горлов И.Ф. Обогащенный нутовый экструдат - функциональный ингредиент для создания новых продуктов питания/И.Ф. Горлов, И.С. Даниелян, Е.В. Карпенко, Е.Ю. Злобина//Аграрно-пищевые инновации. 2018. № 1 (1). С. 76-79.
- [5] Совершенствование технологии получения хлеба с использованием муки из экструдата/Чаплыгина И.А., Матюшев В.В.//В сборнике: Проблемы современной аграрной науки Материалы международной научной конференции . 2018. С. 200-202.
- [6] Трансформация углеводного комплекса экструдированного ячменя/Курочкин А.А., Шабурова Г.В., Воронина П.К., Тюрина Е.В.//В сборнике: Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 3 томах. Челябинск: Изд-во Южно-Уральского государственного университета. 2010. С. 46-48.
- [7] Технологические решения в производстве булочных изделий с повышенной пищевой ценностью/ Курочкин А.А., Шматкова Н.Н., Шабурова Г.В.//Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2016. Т. 6. № 4 (19). С. 149-155.
- [8] Пашенко Л.П. Использование семян льна для повышения биологической ценности хлебобулочных изделий/ Л.П.Пашенко, Г.Г.Странадо, Н.Н.Булгакова// Хранение и переработка сельхозсырья. 2003. №4. с.82-85.
- [9] Пат. 2561934 Российская Федерация, МПК7 А23L1/30, А61К35/78. Экструдер с вакуумной камерой / Шабурова Г.В., Воронина П.К., Шабнов Р.В., Курочкин А.А., Авроров В.А.. заявитель и патентообладатель Пензенский государственный технологический университет. – № 2014125348/13; заявл. 23.06.2014; опубл. 10.09.2015, Бюл. № 25. 3 с.
- [10] Корячкина, С.Я. Методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Методы исследования свойств растительного сырья: учебно-методическое пособие / С.Я. Корячкина, Н.А. Березина, Е.В. Хмельёва. Орел: ФГОУ ВПО «ГосуниверситетУНПК», 2011. 297 с.
- [11] Миневиц И. Э. Использование семян льна в хлебопечении / И. Э. Миневиц, В. А. Зубцов, Т. Б. Цыганова // Хлебопродукты. 2008. № 3. С. 56-57.

## References

- [1] Ispol'zovanie grechnevoi muki pri proizvodstve funktsional'nykh produktov/Saitova M.E. // Khleboprodukty. 2017. No. 12. P. 38-39.
- [2] Razrabotka tekhnologii i retseptur muchnykh konditerskikh izdelii, obogashchennykh pishchevymi voloknami/ Matseichik I.V., Korpacheva S.M., Muntyan V.V.//Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. V.R. Filippova. 2018. No. 1 (50). pp. 103-108.
- [3] Derkanosova N.M. Amarantovyi ekstrudat kak obogashchayushchii ingredient muchnykh izdelii/ N.M. Derkanosova, A.A. Stakhurlova, I.N. Ponomareva, O.A. Vasilenko, V.D. Lomova, M.V. Kopylov // Khleboprodukty. 2018. No. 2. pp. 32-33.
- [4] Gorlov I.F. Obogashchennyi nutovyi ekstrudat - funktsional'nyi ingredient dlya sozdaniya novykh produktov pitaniya/I.F. Gorlov, I.S. Danielyan, E.V. Karpenko, E.Yu. Zlobina//Agrarno-pishchevye innovatsii. 2018. No. 1 (1). pp. 76-79.
- [5] Sovershenstvovanie tekhnologii polucheniya khleba s ispol'zovaniem muki iz ekstruda-ta/Chaplygina I.A., Matyushev V.V.//V sbornike: Problemy sovremennoi agrarnoi nauki Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii . 2018. pp. 200-202.
- [6] Transformatsiya uglevodnogo kompleksa ekstrudirovannogo yachmenya/Kurochkin A.A., Shaburova G.V., Voronina P.K., Tyurina E.V.//V sbornike: Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya pishchevoi promyshlennosti i obshchestvennogo pitaniya sbornik materialov III Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem: v 3 tomakh. Chelyabinsk: Izd-vo Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. 2010. pp. 46-48.
- [7] Tekhnologicheskie resheniya v proizvodstve bulochnykh izdelii s povyshennoi pishchevoi tsenno-st'yu/ Kurochkin A.A., Shmatkova N.N., Shaburova G.V.//Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya. 2016. T. 6. No. 4 (19). pp. 149-155.
- [8] Pashchenko L.P. Ispol'zovanie semyan l'na dlya povysheniya biologicheskoi tsennosti khlebobulochnykh izdelii/ L.P.Pashchenko, G.G.Stranado, N.N.Bulgakova// Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya. 2003. No.4. pp. 82-85.
- [9] Pat. 2561934 Rossiiskaya Federatsiya, MПК7 А23L1/30, А61К35/78. Ekstruder s vakuumnoi kameroy / Shaburova G.V., Voronina P.K., Shabnov R.V., Kurochkin A.A., Avrorov V.A.. zayavitel' i patentoobladatel' Penzenskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet. – No. 2014125348/13; zayavl. 23.06.2014; opubl. 10.09.2015, Byul. No. 25. 3 p.

- [10] Koryachkina, S.Ya. Metody issledovaniya svoistv syr'ya, polufabrikatov i gotovoi produktsii. Metody issledovaniya svoistv rastitel'nogo syr'ya: uchebno-metodicheskoe posobie / S.Ya. Koryachkina, N.A. Berezina, E.V. Khmeleva. Orel: FGOU VPO «GosuniversitetUNPK», 2011. 297 p.
- [11] Minevich I. E. Ispol'zovanie semyan l'na v khlebopechenii / I. E. Minevich, V. A. Zubtsov, T. B. Tsyganova // Khleboprodukty. 2008. No. 3. pp. 56-57.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Гарькина Полина Константиновна</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(927) 094-79-49 <b>E-mail:</b> worolina89@mail.ru</p>	<p><b>Garkina Polina Konstantinovna</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(927) 094-79-49 <b>E-mail:</b> worolina89@mail.ru</p>
<p><b>Живаева Наталья Викторовна</b> магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>E-mail:</b> zhivaeva.natali@yandex.ru</p>	<p><b>Zhivaeva Natalya Viktorovna</b> undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>E-mail:</b> zhivaeva.natali@yandex.ru</p>