

ISSN 1817-7204 (Print)
ISSN 1817-7239 (Online)

ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ **PROCESSING AND STORAGE OF AGRICULTURAL PRODUCTS**

УДК 664.64.014:613.2

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2023-61-4-337-352>

Поступила в редакцию 02.05.2023

Received 02.05.2023

М. Н. Василевская, Е. Ф. Тихонович

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Могилев, Республика Беларусь

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИЩЕВОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МУЧНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ ПАТОЛОГИЯХ БЕЛКОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ

Аннотация. Существует ряд заболеваний, обусловленных нарушением белковой составляющей обмена веществ, при лечении которых необходимо применение диетотерапии с использованием специализированной пищевой продукции. Представлена информация о заболеваниях, связанных с нарушением белковой составляющей обмена веществ, и ограничениях при составлении рационов питания, проведен анализ растительных культур, продукты переработки которых возможны к применению при производстве мучных пищевых продуктов, предназначенных для людей с нарушениями белковой составляющей обмена веществ. Использование сырья при разработке и производстве такой продукции зачастую не подтверждено результатами химического состава и, как следствие, является безосновательным и нецелесообразным. Растительное сырье, характеризующееся низким содержанием белка или отсутствием глютена, имеет существенные отличия в технологических свойствах в сравнении с пшеничной мукой, составляющей основу большинства мучных пищевых продуктов, что требует корректировки рецептурного состава или технологического процесса производства различных групп мучных пищевых продуктов. В работе использовались образцы гречневой муки, в том числе муки цельносмолотой из зеленой гречки, рисовой и кукурузной муки, муки сорго, нативных крахмалов картофеля и кукурузы различных производителей. При проведении исследований применяли общепринятые и специальные методы определения химического состава, органолептических и физико-химических показателей качества, технологических свойств образцов муки и крахмала. Исследован химический состав, органолептические и физико-химические показатели качества, а также технологические свойства различных видов муки и нативных крахмалов, результаты которых показывают возможность применения указанного сырья для производства специализированной продукции. На основании полученных результатов и с учетом технологических аспектов ведения производственного процесса представлены рекомендации по использованию исследованного растительного сырья при производстве мучных пищевых продуктов в сегментах хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

Ключевые слова: нарушения белковой составляющей обмена веществ, специализированная пищевая продукция, виды муки, нативные крахмалы, глютен, содержание белка, химический состав, технологические свойства, гранулометрический состав

Для цитирования: Василевская, М. Н. Научное обоснование использования пищевого растительного сырья для производства специализированных мучных пищевых продуктов при патологиях белковой составляющей обмена веществ / М. Н. Василевская, Е. Ф. Тихонович // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2023. – Т. 61, № 4. – С. 337–352. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2023-61-4-337-352>

Marina N. Vasileuskaya, Alena F. Tsikhanovich

Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Mogilev, Republic of Belarus

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF USE OF FOOD PLANT RAW MATERIALS FOR PRODUCTION OF SPECIALIZED FLOUR FOOD PRODUCTS IN CASES OF PATHOLOGIES OF METABOLISM PROTEIN COMPONENT

Abstract. There is a number of diseases caused by metabolism protein disorders. The treatment requires dietary therapy with specialized food products. Information on diseases associated with metabolism protein disorders protein in this paper, as well as restrictions in the formulation of diets, analyzing vegetable crops and their products, which can be used in the production of flour food products intended for people with metabolism protein disorders. Use of raw materials in development

and production of such products is often not confirmed by the results of chemical composition and, as a consequence, is groundless and inexpedient. Vegetable raw materials characterized by low protein content or absence of gluten have significant differences in technological properties compared to wheat flour, which forms the basis of most flour food products, which requires adjustments in the formulation or technological process of production of various groups of flour food products. Samples of buckwheat flour, including whole-milled flour from green buckwheat, rice and corn flours, sorghum flour, native potato and corn starches from different producers were used in the study. During the research we used common and special methods of determining the chemical composition, organoleptic and physical-and-chemical quality indicators, technological properties of the products and their chemical properties.

Keywords: metabolism protein disorders, specialized food products, types of flour, native starches, gluten, protein content, chemical composition, technological properties, granulometric composition

For citation: Vasileuskaya M. N., Tsikhanovich A. F. Scientific substantiation of use of food plant raw materials for production of specialized flour food products in cases of pathologies of metabolism protein component. *Vesti Natsyyanal' nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2023, vol. 61, no. 4, pp. 337–352 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2023-61-4-337-352>

Введение. Специализированная пищевая продукция, как правило, имеет заданный химический состав и предназначена для употребления отдельными категориями людей. Разновидностью является продукция диетического лечебного и диетического профилактического питания¹ при заболеваниях, обусловленных нарушениями белковой составляющей обмена веществ и требующих ее коррекции. Необходимость и специфика² такого питания показана при состояниях и заболеваниях, требующих пониженного содержания белка в суточном рационе или ограничения поступления с пищей определенного вида белка или белковой фракции. К таким патологиям относятся заболевания и состояния, связанные с нарушением азотовыделительной функции почек (почечная недостаточность), нарушением обмена аминокислот (фенилкетонурия), глютенэнтеропатия (целиакия), аллергия на белок.

Целиакия³ – это энтеропатия, поражающая тонкий кишечник у генетически предрасположенных детей и взрослых, проявляющаяся при употреблении пищи, содержащей глютен. На сегодняшний день известно три основных типа заболевания: аутоиммунная глютеновая болезнь (целиакия), аллергическая энтеропатия (иммунологическая реакция на белок пшеницы) и неаутоиммунная неаллергическая непереносимость глютена (непереносимость глютена без целиакии) [1, 2].

Целиакия вызывает хроническое воспаление слизистой оболочки тонкой кишки, ведущее к ее атрофии, мальтабсорбции и обуславливающее появление ряда взаимосвязанных симптомов, таких как диарея, рвота, потеря массы тела. Генетическую предрасположенность к целиакии определяет один из двух человеческих лейкоцитарных антигенов – HLA-DQ2 или HLA-DQ8, носителями которых являются около 2–3 % современного населения. Оцененная по клиническим данным распространенность целиакии составляет от 1 : 1000 до 1 : 10 000 человек. Однако исследования, проведенные с использованием серологических и гистологических методов, показали, что распространенность целиакии в отдельных странах значительно выше – от 1 : 100 до 1 : 300 человек. При этом соотношение женщин к мужчинам составляет 2 : 1.

Распространенность целиакии примерно одинакова в разных регионах мира. Ввиду сложности диагностирования целиакии количество диагностированных случаев меньше недиагностированных (в Европе соотношение этих случаев находится на уровне от 1 : 5 до 1 : 13).

Одним из основных методов лечения любой формы глютеновой энтеропатии является специальная диета, главный принцип которой – полное исключение из рациона питания всех продуктов,

¹ О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания»: ТР ТС 027/2012: принят 15.06.2012: вступ. в силу 18.07.2012 / Евраз. экон. комис. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://pravo.by/document> (дата обращения: 15.03.2023).

² Об изменении постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21 ноября 2019 г. № 106: постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 10 февр. 2023 г., № 28 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22339584> (дата обращения: 15.06.2023).

³ Практическое руководство Всемирной организации гастроэнтерологов (ВОГ-OMGE): целиакия // Белорусская медицинская академия последипломного образования [сайт]. URL: <https://belmapo.by/assets/templates/downloads/gastroenterology/2009/recomend/celiakija.pdf> (дата обращения: 15.02.2023).

содержащих глютен или продукты его неполного расщепления. К таким пищевым продуктам относят изделия, включающие в свой состав продукты переработки пшеницы, ржи, ячменя, овса и, по некоторым данным, проса. Такая диета для больных глютенэнтеропатией является пожизненной необходимостью [3–6].

Пищевая аллергия¹ – это чрезмерно выраженный иммунный ответ на пищевые компоненты, обычно белки. Аномальная иммунная реакция организма возникает при употреблении даже минимального количества аллергенов, при этом скорость развития иммунного ответа организма составляет от нескольких минут до нескольких часов после потребления продукта [7]. Проявления пищевой аллергии очень разнообразны и могут включать атопический дерматит, симптомы со стороны желудочно-кишечного тракта и дыхательных путей, а также анафилаксию. Аллергическую реакцию вызывают антитела, называемые иммуноглобулинами Е (IgE), специфически направленные против какого-то конкретного компонента пищи. Пищевая аллергия встречается повсеместно, однако в развитых странах ее распространенность выше и наблюдается примерно у 10 % населения, при этом количество детей дошкольного и школьного возраста, страдающих пищевой аллергией, составляет 3–5 и 1–2 % соответственно. Темп заболеваемости пищевой аллергией в мире постоянно увеличивается как в развитых, так и в развивающихся странах.

Комиссия «Кодекс Алиментариус»² выделила продукты и ингредиенты, которые вызывают аллергию у многих групп населения во всем мире и с большей вероятностью провоцируют тяжелые реакции даже при употреблении их в небольших количествах. В число агрессивных аллергенов входит «большая восьмерка» продуктов: молоко, яйца, рыба, ракообразные и моллюски, орехи, арахис, пшеница, соевые бобы, а также сульфиты (в концентрации 10 мг/кг и выше). Кроме основных аллергенов аномальную иммунную реакцию могут вызывать и другие продукты – бобовые, злаки (помимо пшеницы, также рожь, ячмень, овес), фрукты (цитрусовые и др.), мед. Главным направлением в лечении пищевой аллергии является диетотерапия, которая строится на исключении из рациона питания больного продуктов и ингредиентов, вызывающих у него аллергическую реакцию [4].

Фенилкетонурия (фенилпировиноградная олигофрения, болезнь Фелинга) – наследственное заболевание группы ферментопатий, связанное с нарушением метаболизма аминокислот, главным образом фенилаланина. К развитию фенилкетонурии чаще всего приводит мутация гена, кодирующего фермент фенилаланин-4-гидроксилазу, который катализирует реакцию гидроксилирования L-фенилаланина в тирозин. В результате отсутствия фермента в жидких средах организма накапливаются фенилаланин и токсичные продукты его обмена, что приводит к тяжелому поражению центральной нервной системы. Проявляется отставанием в физическом развитии и прогрессирующим слабоумием, расстройствами движений и мышечного тонуса. Среди наследственных болезней обмена веществ фенилкетонурия встречается наиболее часто. Распространенность заболевания варьируется в различных странах и группах населения. Наиболее высокий уровень заболеваемости отмечен в Турции: 1 к 2600 новорожденных детей. В Финляндии и Японии уровень фенилкетонурии крайне низок: менее 1 случая на 119 000 новорожденных. Среди европеоидных жителей США распространенность заболевания составляет в среднем 1 : 10 000, в Российской Федерации – от 1 : 7000 до 1 : 10 000. Отмечено, что мальчики и девочки болеют одинаково часто. Данные о распространенности этого заболевания в Республике Беларусь отсутствуют, однако медики приравнивают этот показатель к Российской Федерации.

В настоящее время единственным эффективным методом лечения фенилкетонурии является диетотерапия [8], осуществляемая с самого рождения ребенка до его половой зрелости, а по рекомендациям большинства врачей – пожизненно. Специализированная диета исключает любые

¹ Пять научных фактов о пищевых аллергенах // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций [сайт]. URL: <https://www.fao.org/fao-stories/article/ru/c/1475260/> (дата обращения: 15.02.2023).

² Контроль пищевых аллергенов. Нормы и правила для операторов предприятий пищевой отрасли. CXC 80-2020 // CODEX ALIMENTARIUS. Международные стандарты пищевых продуктов. URL: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXC%2B80-2020%252FCXC_080r.pdf (дата обращения: 30.03.2023).

продукты, содержащие белок, при этом допустимое количество белка в суточном рационе питания больного в зависимости от его возраста может составлять от 0,2 до 1,0 г/кг массы тела (проводят эквивалентный расчет по фенилаланину). В зависимости от возраста и состояния больного может осуществляться коррекция рациона питания путем введения ограниченного количества продуктов питания, содержащих относительно небольшое количество фенилаланина [9].

Нарушение азотовыделительной функции почек – заболевание, при котором нарушаются основные функции почек – выделительная и фильтрационная, результатом становятся сбои в работе всех органов и систем организма. Острая почечная недостаточность может развиваться по многим причинам, например в связи с нарушением почечной гемодинамики, экзогенной интоксикацией, инфекционными заболеваниями и др. Частота заболевания почечной недостаточностью в острой форме, согласно мировой статистике, составляет от 150 : 1 000 000 до 200 : 1 000 000 человек. Заболевание диагностируют у детей, взрослого населения и пожилых лиц.

Хроническая почечная недостаточность возникает в результате структурных изменений тканей почек, чаще развивается на фоне длительного течения заболевания, приводит к необратимым патологическим изменениям почек. При почечной недостаточности крайне важным является соблюдение диеты [10], построенной по принципу ограничения белка и исключения соли из рациона питания.

Разработка специализированных продуктов питания в Республике Беларусь, как и в других странах, в том числе входящих в СНГ, началась в 1980-х гг. Вклад в освоение технологии продуктов для специализированного питания внесли В. Г. Высоцкий, Николай Никитович и Никита Николаевич Липатовы, А. А. Покровский, В. А. Тутельян и другие ученые ближнего и дальнего зарубежья. Активная разработка и производство специализированных продуктов питания, в том числе для больных с нарушениями белковой составляющей обмена веществ, началась после 2000 г. [5, 6, 11–19].

Специализированные пищевые продукты, предназначенные к использованию при нарушениях аминокислотного обмена и процесса усвоения белков, в настоящее время достаточно широко представлены в Беларуси. Анализ рынка рассматриваемой продукции в сегменте мучных пищевых продуктов показал, что в торговых объектах сети ЗАО «Евроопт», в интернет-магазинах «Медикалфуд» и «Крама Здоровья» примерно половина анализируемой продукции изготовлена за рубежом, в основном в Российской Федерации и Италии, в меньшей степени – в Польше, Германии, Финляндии. Некоторые наименования и виды специализированной продукции для рассматриваемой целевой аудитории производят на белорусских предприятиях – в ОАО «Кондитерская фабрика «Слодыч», ЧПТУП «ЭЛЮРприма», на производственной площадке РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», в некоторых частных пекарнях.

В ассортименте как импортных, так и белорусских производителей продукции диетического лечебного и диетического профилактического питания больных с нарушением белкового обмена веществ присутствуют практически все группы мучных пищевых продуктов, однако преобладают мучные кондитерские изделия и пищевые концентраты для их изготовления в домашних условиях, что обусловлено главным образом повышенным спросом и достаточно длительными сроками годности этой продукции. Большая часть мучных кондитерских изделий для питания больных с нарушением белковой составляющей обмена веществ находится в широком доступе в различных торговых объектах, при этом некоторые производители изготавливают такую продукцию на заказ (печенье «Безбелковое» и «Сладости низкобелковые диетического профилактического питания с яблочным вкусом» производства кондитерской фабрики «Слодыч»). Кроме этих групп мучных пищевых продуктов, ассортимент продукции для лечебного и диетического питания включает хлебобулочные и макаронные изделия, а также снеки.

Анализ информации по рецептурному составу и пищевой ценности мучных пищевых продуктов, заявленной производителями, показал, что в большинстве случаев предлагаемая продукция относится к безглютеновыми изделиями, низкобелковых изделий выпускается значительно меньше, безбелковых – всего несколько наименований. Установлено, что основным сырьем

для таких мучных кондитерских изделий, как безглютеновые и низкобелковые печенье и пряники, а также пищевых концентратов для их изготовления в большинстве случаев является кукурузная и рисовая мука или их смеси. Для безбелковых изделий в качестве основного сырья применяют кукурузный крахмал и рисовую муку. Такие мучные кондитерские изделия (в частности, продукция, производимая на белорусском предприятии «ЭЛЮРприма») имеют близкий рецептурный состав, а ассортиментная линейка обеспечивается в основном использованием различных ароматизаторов и дополнительного вкусового сырья (орехи, сухофрукты и др.). Сырьем, составляющим основу хлебобулочных и макаронных изделий, а также пищевых концентратов для их изготовления в домашних условиях, является кукурузная, рисовая мука или их смеси, а также пшеничный, кукурузный или тапиоковый крахмалы. Для данных групп продукции в большинстве случаев ассортиментная линейка также расширяется за счет использования различных структурообразователей, пищевых добавок, дополнительного сырья в виде орехов, семян масличных культур и т. д.

Ограниченный перечень сырьевых ингредиентов, используемых для изготовления мучных пищевых продуктов для больных с нарушением белковой составляющей обмена веществ, обусловлен требованиями к содержанию белка, что затрудняет возможность расширения ассортимента продукции. Расширение линейки таких продуктов за счет введения в их рецептуру различных пищевых добавок искусственного происхождения – ароматизаторов, красителей, консервантов с целью придания им разнообразных потребительских свойств, продления сроков годности не самым лучшим образом сказывается на состоянии здоровья потребителей, и без того имеющих риски, связанные с рассматриваемой группой заболеваний. В связи с этим расширение сырьевой базы для изготовления специализированных мучных пищевых продуктов для рассматриваемой категории населения следует проводить путем применения не только муки из кукурузы и риса, но и муки из других злаковых культур (например, гречихи, сорго) и различных крахмалов.

Материалы и методы исследований. В работе исследовали химический состав образцов муки и крахмалов с использованием общепринятых методов исследований: содержание белка в исследуемых образцах определяли титриметрическим методом по Кьельдалю в соответствии с ГОСТ 10846-91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка», содержание зольных веществ определяли методом сжигания с использованием ускорителя в соответствии с ГОСТ 27494-2016 «Мука и отруби. Методы определения зольности», содержание крахмала в исследуемых образцах муки и крахмала определяли поляриметрическим методом в соответствии с ГОСТ 10845-98 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала». Органолептические и физико-химические показатели качества образцов муки и крахмалов определяли с применением общепринятых методов исследования в соответствии с ГОСТ 27558-87 «Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста», ГОСТ 9404-88 «Мука и отруби. Метод определения влажности», ГОСТ 27493-87 «Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке».

Гранулометрический состав определяли в соответствии с ГОСТ 27560-87 «Мука и отруби. Метод определения крупности». Способность связывать воду, растворимость, набухаемость и жиросдерживающую способность исследуемых образцов определяли с применением общепринятых и специальных методов исследования [20, 21].

Результаты и их обсуждение. На сегодняшний день перечень сырья растительного происхождения, пригодного для переработки в муку и различные мукопродукты, которые могут применяться при производстве хлебобулочных, мучных кондитерских изделий, снековой продукции, достаточно широк.

Обзор основных растительных культур, продукты размола которых возможны к использованию при производстве пищевых продуктов с ограниченным содержанием белка, и анализ литературных данных по содержанию белка в растительных культурах, продукты размола которых применяются при производстве пищевых продуктов (табл. 1), показал, что для зерновых и псевдозлаковых культур характерно меньшее содержание белка. Напротив, наибольшее количество белка содержится в бобовых и многих масличных культурах. Необходимо отметить, что практи-

чески все наиболее часто используемые злаковые культуры, за исключением гречихи, риса, кукурузы, содержат глютен, что исключает возможность использования продуктов их размола при производстве пищевых продуктов для группы людей, страдающих целиакией. В отличие от злаковых бобовые и масличные культуры, вследствие отсутствия глютенсодержащих белков, могут быть включены в рацион питания указанной выше целевой аудитории, в том числе и с целью обогащения пищевой продукции белком. Вместе с тем продукты переработки бобовых культур, таких как соя и арахис, достаточно часто провоцируют развитие аллергических реакций и поэтому ограниченно используются в рационах питания людей, страдающих аллергией. Кроме того, продукты переработки бобовых и масличных культур неприменимы при организации рационов питания при заболеваниях и состояниях, связанных с нарушением азотовыделительной функции почек и нарушением обмена аминокислот.

Т а б л и ц а 1. Характеристика растительных культур, возможных для производства специализированных мучных пищевых продуктов

Table 1. Parameters of plant crops possible to use for the production of specialized flour foods

Культура	Ботаническая классификация	Содержание белка в зерне*	Наличие глютенсодержащей фракции	Возможные продукты размола	Примечание
Пшеница мягкая	Зерновые	11,8 / – 11,6–12,7	Есть	Крупа, крупка, сортовая и обойная мука, отруби, крахмал	–
Пшеница твердая	-//-	13,0 / 12,5	Есть	Крупа, крупка, сортовая и обойная мука, отруби	–
Полба	-//-	Данные отсутствуют	Есть	Мука, отруби	–
Рожь	-//-	9,9 / 12,0	Есть	Сортовая и обойная мука, отруби	Образование клейковины затруднено
Тритикале	-//-	– / 12,0–16,0	Есть	Сортовая и обойная мука, отруби	–
Ячмень	-//-	10,3 / 12,0–14,0	Данные разнятся	Крупа, сортовая и обойная мука, отруби	Образование клейковины затруднено; высокая активность ферментов
Овес	-//-	10,0 / 9,0–19,5	Данные разнятся	Крупа, сортовая и обойная мука, отруби	Образование клейковины затруднено
Рис	-//-	7,5 / 5,4–10,4	Нет	Крупа, сортовая и обойная мука, крахмал	–
Кукуруза	-//-	10,3 / 10,0–10,9	Нет	Крупа, сортовая и обойная мука, крахмал	–
Сорго	-//-	– / 9,0–14,0	Нет	Крупа, мука, крахмал	–
Гречиха	Зерновые (семейство гречишных)	10,8 / 8,0–16,0	Нет	Крупа, сортовая и обойная мука	Высокая биологическая ценность
Просо	Зерновые, (семейство просовидных)	11,2 / 13,5	Данные разнятся	Крупа, мука	Дефицит лизина
Чумиза	-//-	– / 14,3	Нет данных	Крупа, мука	–
Могар	-//-	– / 11,0	Нет данных	Крупа, мука	–
Амарант	Псевдозлаковые	– / 9,5	Нет	Крупа, мука	–

Окончание табл. 1

Культура	Ботаническая классификация	Содержание белка в зерне*	Наличие глютенсодержащей фракции	Возможные продукты размола	Примечание
Соя	Бобовые	34,9 / 27,0–50,0	Нет	Пищевой продукт, мука из семян и/или вторичных продуктов при получении масла	Высокая биологическая ценность
Люпин желтый	-//-	- / 37,0–46,0	Нет	Мука	–
Чечевица	-//-	24,0 / 21,3–36,0	Нет	Пищевой продукт, мука	–
Чина	-//-	- / 23,1–34,7	Нет	-//-	–
Нут	-//-	- / 18,5–29,7	Нет	-//-	–
Фасоль	-//-	21,0 / 17,0–32,1	Нет	-//-	–
Горох	-//-	20,5 / 20,4–35,7	Нет	Крупа, мука	–
Арахис	-//-	26,3 / 20,0–37,2	Нет	Пищевой продукт, мука из семян и/или вторичных продуктов при получении масла	–
Подсолнечник	Масличные	20,7 / 15,7	Нет	-//-	–
Лен	-//-	- / 21,4	Нет	-//-	–
Горчица	-//-	25,8 / 23,4–26,3	Нет	-//-	–
Рапс	-//-	30,8 / 25,0–28,0	Нет	-//-	–
Рыжик	-//-	27,9 / 27,9	Нет	-//-	–
Кунжут	-//-	19,4 / –	Нет	-//-	–
Конопля	-//-	- / 21,8	Нет	-//-	–

* Содержание белка, согласно [22], выражается в % на 100 г съедобной части / Содержание белка, согласно [23], выражается в г/100 г.

* Protein content, according to [22], expressed as % per 100 g of edible part / Protein content, according to [23], expressed as g/100 g.

Стоит отметить, что продукты переработки растительных культур, равно как и животного происхождения, из-за присутствия в составе белка не могут применяться при организации питания людей, страдающих фенилкетонурией, из-за невозможности исключения из состава белка аминокислоты фенилаланина.

На основании вышеизложенного в качестве сырьевых ингредиентов, которые могут использоваться для производства специализированных мучных пищевых продуктов при нарушениях белковой составляющей обмена веществ, были выбраны следующие виды сырья: мука кукурузная, мука рисовая, мука гречневая, мука сорго, а также нативные крахмалы картофеля и кукурузы. Выбор указанного растительного сырья обусловлен химическим составом, а также его доступностью. В исследованиях использованы различные сорта образцов муки, изготовленные разными производителями: образцы гречневой муки торговых марок (далее – ТМ) «Черный хлеб» (производитель ООО «Черный хлеб», Россия), ТМ «Кудесница» (АО «Петербургский мельничный комбинат», Россия), ТМ «Гарнец» (ООО «Гарнец», Россия) и мука цельносомлотая из зеленой гречки ТМ «Образ жизни» (ООО «Образ жизни», Россия); образцы рисовой муки ТМ «Образ жизни» (ООО «Образ жизни») и ТМ «Гарнец» (ООО «Гарнец»); образцы кукурузной муки ТМ «Образ жизни» (ООО «Образ жизни») и ТМ «Гарнец» (ООО «Гарнец»); мука сорго ТМ «Поздний завтрак» (ООО «Поздний завтрак лайф», Россия), нативный картофельный крахмал (ООО «Рогозницкий крахмальный завод», Беларусь) и нативный кукурузный крахмал (РУПП «Экзон-Глюкоза», Беларусь).

При разработке рецептурного состава мучных пищевых продуктов для питания при нарушениях белковой составляющей обмена веществ большое значение имеет изучение химического состава основных рецептурных компонентов, которые обеспечивают целенаправленную дифференциацию содержания белка и, как следствие, пищевую ценность готового продукта.

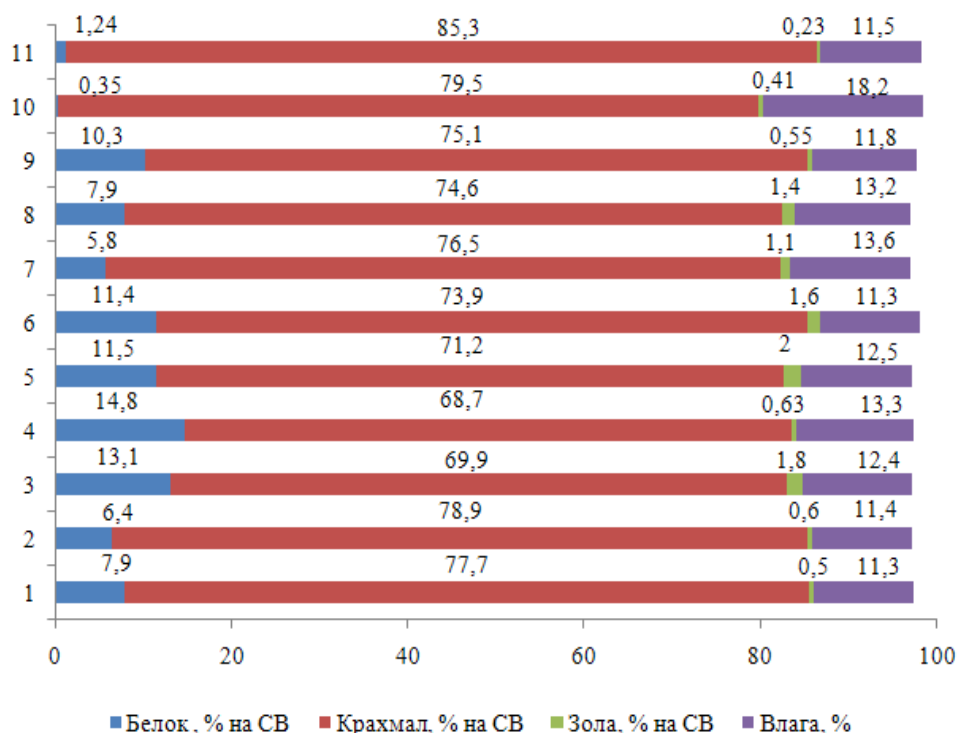


Рис. 1. Химический состав используемых образцов муки и нативных крахмалов: 1 – мука гречневая ТМ «Черный хлеб»; 2 – мука гречневая ТМ «Гарнец»; 3 – мука гречневая ТМ «Кудесница»; 4 – мука цельносомлотая из зеленой гречки ТМ «Образ жизни»; 5 – мука рисовая ТМ «Образ жизни»; 6 – мука рисовая ТМ «Гарнец»; 7 – мука кукурузная ТМ «Гарнец»; 8 – мука кукурузная ТМ «Образ жизни»; 9 – мука сорго ТМ «Поздний завтрак»; 10 – крахмал картофельный; 11 – крахмал кукурузный

Fig. 1. Chemical composition of flour and native starch samples used: 1 – buckwheat flour ТМ “Black bread”; 2 – buckwheat flour ТМ “Garnets”; 3 – buckwheat flour ТМ “Kudesnitsa”; 4 – whole-ground flour from green buckwheat ТМ “Lifestyle”; 5 – rice flour ТМ “Lifestyle”; 6 – rice flour ТМ “Garnets”; 7 – corn flour ТМ “Garnets”; 8 – corn flour ТМ “Lifestyle”; 9 – sorghum flour ТМ “Late breakfast”; 10 – potato starch; 11 – corn starch

Результаты исследования химического состава используемых образцов муки и крахмалов (рис. 1) показывают, что наименьшее количество белка – от 0,35 до 1,24 % сухого вещества (далее – СВ) – содержится в нативных крахмалах. Содержание белка в исследованных образцах кукурузной муки варьируется от 5,8 до 7,9 % СВ, в образцах рисовой муки в среднем составляет 11,5 % СВ, в образцах гречневой муки – от 6,4 до 14,8 % СВ. Содержание крахмала в исследованных образцах сырья варьируется от 69,9 до 85,3 % СВ. Следует отметить, что наибольшее количество крахмала содержится в нативных крахмалах. Зольность образцов составляет от 0,23 до 2 % СВ. Содержание влаги в исследуемых образцах изменяется от 9,3 до 19,6 %, что соответствует требованиям нормативной документации на используемое сырье. Различия в содержании основных составляющих химического состава в исследованных образцах муки обусловлены качеством сырья, используемого для их производства, а также, вероятно, технологическими режимами производства муки. В целом результаты определения химического состава исследуемых образцов муки и крахмалов показывают возможность их использования в качестве перспективного сырья для производства специализированных пищевых продуктов при нарушениях белковой составляющей обмена веществ.

Следует отметить, что с позиции низкого уровня содержания белка в наибольшей степени этому критерию соответствуют нативные крахмалы, которые должны составлять основу разрабатываемых продуктов, особенно группу низкобелковых и безбелковых продуктов. Различные виды муки могут присутствовать в рецептурном составе, в том числе в составе различных комбинаций, но их содержание должно быть ограниченным (в соответствии с допустимым уровнем белка согласно целевой аудиторией потребляемой продукции).

Показатели качества сырья определяют возможность его использования при производстве продуктов питания, а также в значительной степени – качество изготавливаемой продукции. При проведении исследований определяли органолептические и физико-химические показатели качества образцов муки и нативных крахмалов.

Установлено, что по внешнему виду все анализируемые образцы крахмала и муки представляют собой однородный сыпучий продукт, в некоторых образцах муки присутствуют частицы оболочек, что объясняется применяемой технологией изготовления. Цвет исследуемых образцов обусловлен используемым сырьем, при этом цвет муки также зависит и от степени измельчения зерна – образцы цельнозерновой муки имеют более темный насыщенный цвет в сравнении с образцами сортовой муки, что обусловлено присутствием оболочек зерна вследствие применяемой технологии производства муки. Вкус всех анализируемых образцов муки и крахмалов без посторонних привкусов, свойственный муке и крахмалам, в некоторых образцах муки при разжевывании ощущается хруст, обусловленный крупными частицами и оболочками зерна. Посторонние запахи, свидетельствующие о недоброкачественности сырья или неправильном хранении, отсутствуют.

Согласно полученным результатам (табл. 2) влажность образцов муки и крахмалов не превышает значений, нормируемых соответствующими техническими нормативными правовыми актами (далее – ТНПА). Кислотность исследуемых образцов муки варьируется от 2 до 6,8 град, нативных крахмалов составляет 9,8 и 19,4 см³ 0,1 Н р-ра NaOH, что также не превышает значений, нормируемых нормативной документацией. Белизна исследуемых образцов обусловлена сортом, содержанием анатомических частиц и гранулометрическим составом образцов и согласуется с результатами органолептической оценки цвета образцов муки и крахмала. Число падения, характеризующее ферментативную активность растительного сырья, для образцов муки изменяется в диапазоне от 330 до 445 с, что превышает пороговое значение этого показателя для пшеничной муки (не менее 185 с). Определена также автолитическая активность в исследуемых образцах муки, за исключением образцов рисовой муки и нативных крахмалов. Результаты, полученные при определении числа падения и автолитической активности муки, свидетельствуют о возможности протекания биохимических процессов, связанных с гидролитическим расщеплением коллоидов муки при приготовлении тестовых полуфабрикатов, что необходимо учитывать при ведении технологического процесса.

Т а б л и ц а 2. Физико-химические показатели качества исследуемых образцов муки и нативных крахмалов

Table 2. Physical-and-chemical quality indicators of the studied samples of flour and native starches

Наименование образца	Показатели качества				
	Влажность, %	Кислотность, град	Число падения, с	Белизна, ед. прибора	Автолитическая активность, %
Мука гречневая ТМ «Черный хлеб»	11,3	5,6	384	15	8,2
Мука гречневая ТМ «Гарнец»	11,4	6,8	365	17	6,7
Мука гречневая ТМ «Кудесница»	11,8	7,1	370	21	7,4
Мука цельносомолотая из зеленой гречки ТМ «Образ жизни»	12,2	2,4	360	26	13,5
Мука рисовая ТМ «Образ жизни»	10,1	2,3	395	73	Не определено
Мука рисовая ТМ «Гарнец»	12,3	2,0	386	69	Не определено
Мука кукурузная ТМ «Гарнец»	9,3	8,5	430	21	6,4
Мука кукурузная ТМ «Образ жизни»	11,2	7,1	445	24	6,7
Мука сорго ТМ «Поздний завтрак»	10,5	5,6	330	27	13,4
Крахмал картофельный	19,6	9,8*	Не определено	84	Не определено
Крахмал кукурузный	12,8	19,4*	Не определено	79	Не определено

* Кислотность нативных крахмалов, согласно применяемой методике, измеряется в см³ 0,1 Н р-ра NaOH [21].

* Acidity of native starches, according to the applied methodology, is measured in cm³ of 0.1 N NaOH solution [21].

В целом органолептические и физико-химические показатели качества исследуемых образцов муки и нативных крахмалов соответствуют требованиям нормативной документации на используемое сырье, при этом градация величины исследованных показателей качества обусловлена показателями качества сырья и используемыми технологиями его переработки. Стоит отметить, что на основании результатов анализа вкусовых характеристик гречневой муки возникает необходимость ограничения дозировки этой муки в рецептурах разрабатываемых пищевых продуктов. Также при использовании кукурузной и рисовой муки, вследствие крупноты частиц, вероятно, потребуется применение дополнительных технологических приемов при приготовлении полуфабрикатов мучных пищевых продуктов с использованием этих видов муки.

Технологические свойства сырьевых компонентов в значительной степени обуславливают выбор технологических режимов и способа ведения технологического процесса при производстве пищевых продуктов и, как следствие, определяют качество готовой продукции. В связи с этим в работе исследовали технологические свойства образцов муки и нативных крахмалов, такие как жиросодержащая способность и гидротационные свойства, к которым отнесены способность связывать воду, набухаемость и растворимость. Исследования технологических свойств проводились при температуре 20 °С, что обусловлено температурой приготовления тестовых полуфабрикатов для большинства мучных пищевых продуктов.

Исследованиями (рис. 2) установлено, что при указанной выше температуре исследуемые образцы муки характеризуются более высокими гидротационными свойствами в сравнении с нативными крахмалами. Так, набухаемость образцов муки варьируется в диапазоне от 2,4 до 3,8 мл/г, способность связывать воду от 12,4 до 14,5 г/г, растворимость от 3,9 до 15,6 %, при этом наибольшие значения набухаемости и способности связывать воду характерны для цельносмолотой

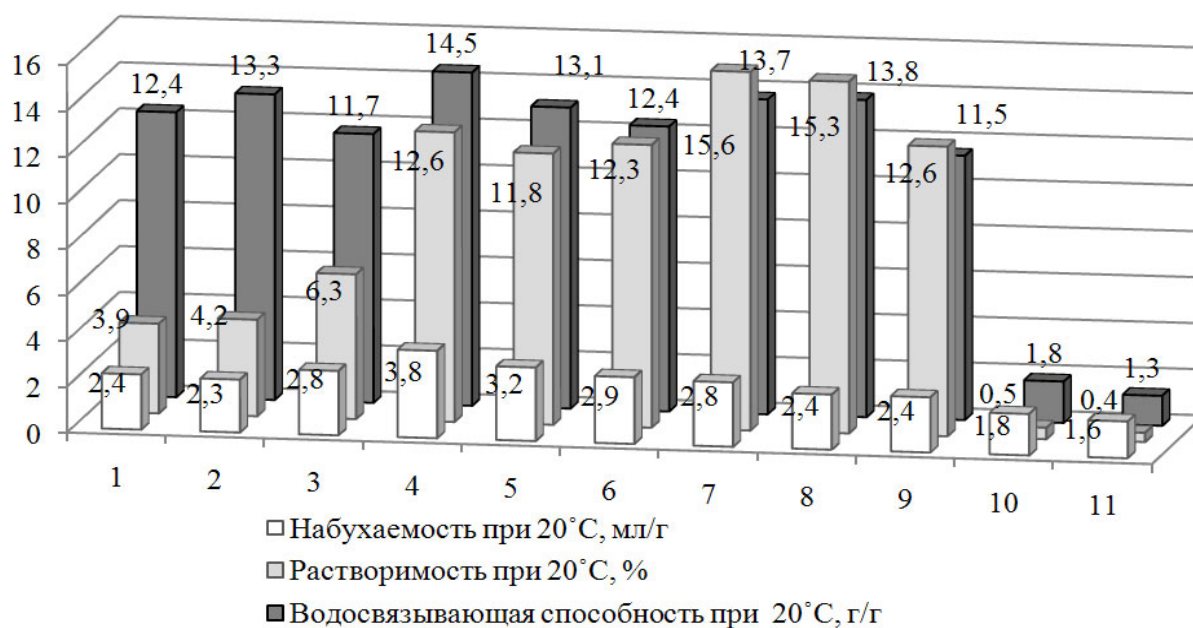


Рис. 2. Технологические свойства образцов муки и нативных крахмалов (при температуре 20 °С): 1 – мука гречневая ТМ «Черный хлеб»; 2 – мука гречневая ТМ «Гарнец»; 3 – мука гречневая ТМ «Кудесница»; 4 – мука цельносмолотая из зеленой гречки ТМ «Образ жизни»; 5 – мука рисовая ТМ «Образ жизни»; 6 – мука рисовая ТМ «Гарнец»; 7 – мука кукурузная ТМ «Гарнец»; 8 – мука кукурузная ТМ «Образ жизни»; 9 – мука сорго ТМ «Поздний завтрак»; 10 – крахмал картофельный; 11 – крахмал кукурузный

Fig. 2. Technological properties of flour and native starch samples (at a temperature of 20 °С): 1 – buckwheat flour ТМ “Black bread”; 2 – buckwheat flour ТМ “Garnets”; 3 – buckwheat flour ТМ “Kudesnitsa”; 4 – whole-ground flour from green buckwheat ТМ “Lifestyle”; 5 – rice flour ТМ “Lifestyle”; 6 – rice flour ТМ “Garnets”; 7 – corn flour ТМ “Garnets”; 8 – corn flour ТМ “Lifestyle”; 9 – sorghum flour ТМ “Late breakfast”; 10 – potato starch; 11 – corn starch

муки из зеленой гречки. Нативные крахмалы характеризуются более низкими значениями исследованных свойств: набухаемость не превышает 1,8 мл/г, способность связывать воду при температуре 20 °С минимальна и составляет не более 0,5 г/г, растворимость также невысока – 1,3 и 1,8 % для картофельного и кукурузного крахмалов соответственно. В целом разница в величине гидротационных свойств объясняется химическим составом, размером частиц исследуемых образцов муки и крахмалов, а также, в случае муки, технологиями производства. При использовании сырья, характеризующегося низкими гидротационными свойствами в температурном диапазоне приготовления тестовых полуфабрикатов большинства мучных пищевых продуктов, требуется применение дополнительных технологических приемов, позволяющих повысить эти характеристики и обеспечить технологический процесс производства и требуемое качество готовой продукции.

Установлено, что жиродерживающая способность образцов муки и нативных крахмалов имеет несущественные различия и находится в диапазоне 0,25–0,31 г/г сухого вещества. Низкие значения этого показателя свидетельствуют о том, что разрабатываемые рецептуры мучных пищевых продуктов, изготавливаемых с использованием исследованных образцов муки и крахмалов, вероятно, должны содержать ограниченное количество жировых продуктов.

Результаты исследования технологических свойств образцов муки и нативных крахмалов показывают необходимость корректировки рецептурного состава и технологических режимов приготовления тестовых полуфабрикатов при использовании различных видов муки и крахмала.

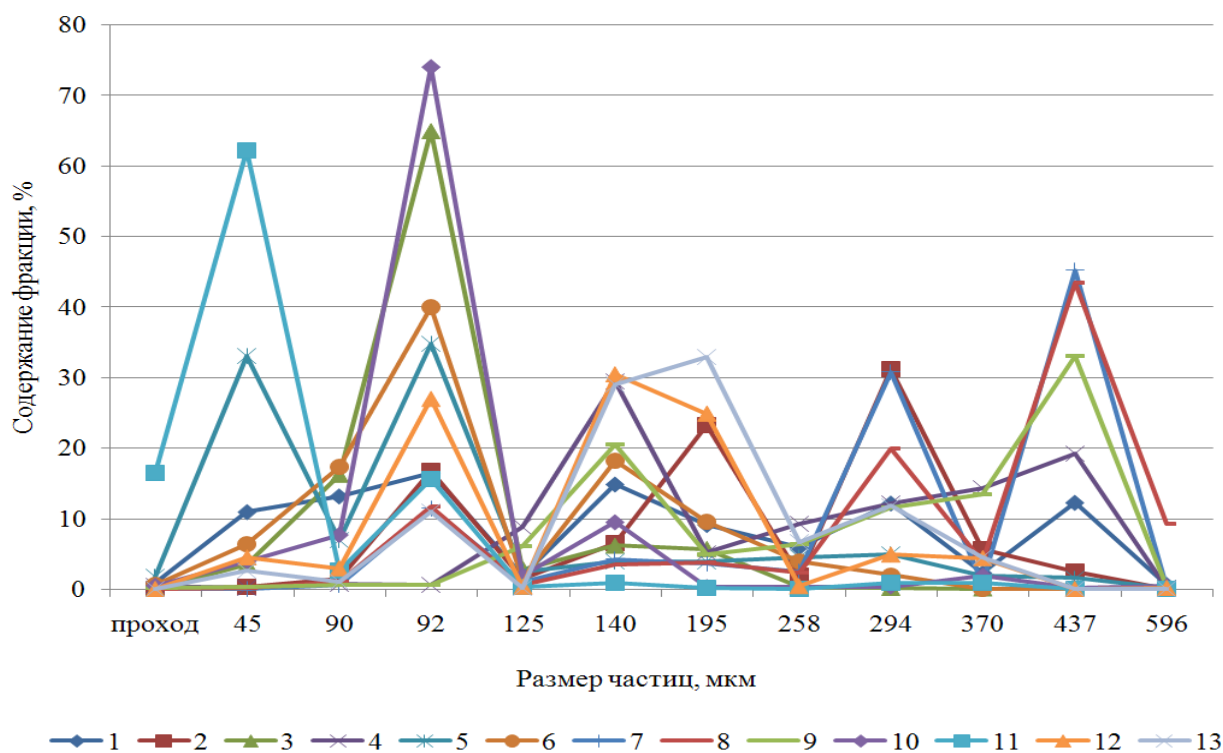


Рис. 3. Гранулометрический состав исследуемых образцов муки и нативных крахмалов в сравнении с пшеничной мукой: 1 – мука гречневая ТМ «Черный хлеб»; 2 – мука гречневая ТМ «Гарнец»; 3 – мука гречневая ТМ «Кудесница»; 4 – мука цельносмолотая из зеленой гречки ТМ «Образ жизни»; 5 – мука рисовая ТМ «Образ жизни»; 6 – мука рисовая ТМ «Гарнец»; 7 – мука кукурузная ТМ «Гарнец»; 8 – мука кукурузная ТМ «Образ жизни»; 9 – мука сорго ТМ «Поздний завтрак»; 10 – крахмал картофельный; 11 – крахмал кукурузный; 12 – мука пшеничная в/с ТМ «Лидская»; 13 – мука пшеничная 1 с ТМ «Лидская»

Fig. 3. Granulometric composition of the studied samples of flour and native starches in comparison with wheat flour: 1 – buckwheat flour TM “Black bread”; 2 – buckwheat flour TM “Garnets”; 3 – buckwheat flour TM “Kudesnitsa”; 4 – whole-ground flour from green buckwheat TM “Lifestyle”; 5 – rice flour TM “Lifestyle”; 6 – rice flour TM “Garnets”; 7 – corn flour TM “Garnets”; 8 – corn flour TM “Lifestyle”; 9 – sorghum flour TM “Late breakfast”; 10 – potato starch; 11 – corn starch; 12 – premium wheat flour TM “Lidskaya”; 13 – wheat flour 1 s TM “Lidskaya”

Так, с целью обеспечения технологического процесса приготовления пищевой продукции возможно варьирование влажности и/или температурного диапазона приготовления полуфабрикатов, что также позволит обеспечить требуемые потребительские характеристики готовой продукции.

В работе также изучали гранулометрический состав образцов муки и нативных крахмалов, так как размер частиц в значительной степени определяет реологические свойства тестовых полуфабрикатов и влияет на ход ведения технологического процесса и потребительские характеристики готовой продукции, такие как внешний вид, вкус и структура. При исследовании гранулометрического состава муки и нативных крахмалов в качестве контроля использовали муку пшеничную хлебопекарную, что продиктовано необходимостью использования стандартного технологического оборудования при ведении технологического процесса производства пищевой продукции.

Анализ полученных результатов (рис. 3) показывает, что в составе образцов гречневой муки присутствуют все фракции, характерные для пшеничной муки, при этом содержание отдельных фракций колеблется в среднем в пределах 10–30 %, что свидетельствует о недостаточной выравненности гречневой муки по гранулометрическому составу. Анализ гранулометрического состава образцов рисовой муки показал в основном присутствие частиц с размерами 45–92 мкм, содержание которых доходит до 40 %, содержание крупных фракций незначительно и составляет в среднем до 10 %. Исследование гранулометрического состава образцов кукурузной муки показало преобладание крупных фракций частиц с размером 294 мкм и более, содержание которых составляет до 45 %, что отличает образцы кукурузной муки от других исследованных видов муки, в том числе и по гидротационным свойствам. Мука сорго также недостаточно выравнена по гранулометрическому составу – в наибольшем количестве (20–35 %) в ней содержатся фракции частиц с размером 140 и 437 мкм, содержание остальных фракций колеблется в пределах 3–15 %. Анализ гранулометрического состава нативных крахмалов показал, что содержат преимущественно мелкие фракции: в кукурузном крахмале преобладают частицы размером 45 мкм и менее (примерно 60 %), в картофельном крахмале – частицы размером 92 мкм (более 70 %).

В целом размер частиц и процентное содержание фракций в исследуемых образцах гречневой муки подобны размеру частиц и процентному содержанию фракций в пшеничной муке, что, вероятно, позволит применять традиционные технологические режимы и оборудование при производстве пищевых продуктов, содержащих в составе гречневую муку. Рисовая мука по гранулометрическому составу более выравненная, однако преобладание мелких фракций скажется на ведении технологического процесса и качестве полуфабрикатов и готовой продукции. С целью снижения отрицательного влияния крупных частиц кукурузной муки на реологические и органолептические свойства полуфабрикатов и готовой продукции требуется доизмельчение муки или применение дополнительных технологических приемов при ведении технологического процесса. Таким образом, исследование гранулометрического состава образцов различных видов муки и нативных крахмалов показало возможность их использования при производстве специализированных мучных пищевых продуктов, предназначенных для людей с нарушениями белковой составляющей обмена веществ. Вместе с тем полученные результаты указывают на возможную корректировку технологических режимов приготовления различных групп мучных пищевых продуктов с использованием исследованных видов муки и нативных крахмалов.

Выводы. Согласно данным литературных источников существует ряд состояний и заболеваний, требующих применения специализированных продуктов питания с измененным химическим составом, в частности с ограниченным общим количеством белка либо отсутствием определенной белковой фракции или аминокислоты. В соответствии с мировой статистикой средняя численность больных отдельными генетическими заболеваниями, обусловленными нарушением процесса обмена белка, относительно невелика, количество случаев других заболеваний нарушения белкового обмена, напротив, неуклонно растет. Статистические данные по заболеваниям, связанным с нарушением процесса обмена белковой составляющей, в Республике Беларусь не приведены в информационных источниках, но, предположительно, они соответствуют средним значениям общемировой статистики. Ассортимент специализированных пищевых продуктов

для больных с нарушением белкового обмена, представленный на белорусском рынке, достаточно широк и включает различные группы пищевых мучных продуктов. Однако в большинстве случаев такие продукты питания являются импортными, перечень рецептурных компонентов, применяемых для их изготовления, ограничен, что не позволяет расширить ассортимент рассматриваемой группы продукции, обеспечить высокие потребительские свойства и требуемую пищевую ценность изделий.

Анализ растительных культур показал, что наиболее перспективными для получения мукопродуктов, возможных к использованию при производстве пищевых продуктов с ограниченным содержанием белка или отдельных его фракций, является гречиха, рис, кукуруза, сорго. Основу специализированных мучных пищевых продуктов должны составлять мукопродукты из этих культур, а также нативные крахмалы, в том числе из картофеля.

Исследования химического состава сырья подтвердили возможность использования рисовой, кукурузной, гречневой муки и муки сорго в качестве перспективного сырья для производства специализированных мучных продуктов, предназначенных для питания людей с нарушениями белковой составляющей обмена веществ. Однако с позиции низкого содержания белка основу разрабатываемой продукции могут составлять нативные крахмалы, при этом различные виды муки могут присутствовать в рецептурном составе, в том числе в различных комбинациях. Перечень и соотношение различных видов муки и крахмалов должны определяться в соответствии с требуемым уровнем белка согласно целевой аудитории продукта, а также с учетом потребительских свойств продукции.

Результаты определения органолептических и физико-химических показателей качества исследуемых образцов муки и нативных крахмалов подтвердили их соответствие требованиям нормативной документации, при этом установлена необходимость ограниченного использования в рецептурах разрабатываемой продукции гречневой муки вследствие ярко выраженных вкусовых характеристик. Исследования технологических свойств и гранулометрического состава образцов муки и нативных крахмалов выявили возможность их использования при производстве мучных пищевых продуктов рассматриваемого сегмента, при этом относительно некоторых видов муки имеется необходимость корректировки технологических режимов приготовления тестовых полуфабрикатов при производстве различных групп мучных пищевых продуктов.

Полученные результаты будут использованы в дальнейшем при проведении исследований по разработке рецептурных составов и технологических аспектов производства специализированной мучной пищевой продукции, предположительно, в сегменте хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий, а также снековой продукции [24–26].

Благодарности. Исследования проводились в рамках Государственной программы научных исследований «Трансляционная медицина», 2021–2025 годы, подпрограмма «Экспериментальная медицина», задание «Экспериментальная оценка эффективности комплекса методов, направленных на коррекцию патологических процессов и клинических симптомов социально значимых заболеваний», НИР «Научное обоснование и проектирование пищевых продуктов из растительного сырья для персонализированного питания при нарушениях белковой составляющей обмена веществ».

Acknowledgments. The research was carried out within the framework of the State Research Program “Translational Medicine”, 2021–2025, subprogram “Experimental Medicine”, task “Experimental evaluation of the effectiveness of a set of methods aimed at correcting pathological processes and clinical symptoms of socially significant diseases”, R&D work “Scientific substantiation and design of food products from plant materials for personalized nutrition in case of metabolism protein disorders”.

Список использованных источников

1. Парфенов, А. И. Энтерология / А. И. Парфенов – М.: Триада-Х, 2002. – 744 с.
2. Тренды рынка и новые разработки безглютеновой продукции / И. А. Никитин [и др.] // Хлебобулочные. – 2021. – № 3. – С. 21–25. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2021-30-3-21-25>
3. Юдина, С. Б. Технология продуктов функционального питания / С. Б. Юдина. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 280 с.
4. Диетология: руководство / под ред. А. Ю. Барановского. – 4-е изд. – М. [и др.]: Питер, 2012. – 1022 с.
5. Gluten-free products in celiac disease: nutritional and technological challenges and solutions / S. M. Hosseini [et al.] // J. Res. Med. Sci. – 2018. – Vol. 23. – P. 1–10. https://doi.org/10.4103/jrms.JRMS_666_18

6. El Khoury, D. A review on the gluten-free diet: technological and nutritional challenges / D. El Khoury, S. Balfour-Ducharme, I. J. Joye // *Nutrients*. – 2018. – Vol. 10, № 10. – Art. 1410. <https://doi.org/10.3390/nu10101410>
7. Барановский, А. Ю. Пищевая непереносимость [Электронный ресурс] / А. Ю. Барановский, Л. И. Назаренко // *Практ. диетология*. – 2013. – № 4 (8). – Режим доступа: <https://praktik-dietolog.ru/article/159.html>. – Дата доступа: 28.03.2023.
8. Урютова, О. И. Диетотерапия при фенилкетонурии [Электронный ресурс] / О. И. Урютова // *Практ. диетология*. – 2014. – № 4 (12). – Режим доступа: <https://praktik-dietolog.ru/article/dietoterapiya-pri-fenilketonurii.html>. – Дата доступа: 11.04.2023.
9. Диетотерапия при классической фенилкетонурии: критерии выбора специализированных продуктов без фенилаланина / Т. Э. Боровик [и др.] // *Вопр. соврем. педиатрии*. – 2013. – Т. 12, № 5. – С. 40–48.
10. Погожева, А. В. Стандарты диетотерапии при заболеваниях почек и мочевыделительного тракта [Электронный ресурс] / А. В. Погожева // *Практ. диетология*. – 2013. – № 4 (8). – Режим доступа: <https://www.praktik-dietolog.ru/article/158.html>. – Дата доступа: 12.04.2023.
11. Разработка низкобелковых макаронных изделий для питания людей с нарушением обмена фенилаланина / З. В. Ловкис [и др.] // *Пищевая пром-сть: наука и технологии*. – 2020. – Т. 13, № 3 (49). – С. 6–11.
12. Низкобелковые продукты на основе крахмала в лечебном питании детей с наследственной патологией обмена веществ / С. Т. Быкова [и др.] // *Пищевая пром-сть*. – 2018. – № 12. – С. 96–99.
13. Разработка низкобелковых картофельных продуктов для питания людей с нарушением обмена фенилаланина / З. В. Ловкис [и др.] // *Пищевая пром-сть: наука и технологии*. – 2020. – Т. 13, № 4 (50). – С. 15–23. [https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4\(50\)-15-23](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-15-23)
14. Šmídová, Z. Gluten-free bread and bakery products technology / Z. Šmídová, J. Rysová // *Foods*. – 2022. – Vol. 11, № 3. – Art. 480. <https://doi.org/10.3390/foods11030480>
15. Salehi, F. Improvement of gluten-free bread and cake properties using natural hydrocolloids: a review / F. Salehi // *Food Sci. Nutr.* – 2019. – Vol. 7, № 11. – P. 3391–3402. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1245>
16. Gluten-free baking: combating the challenges – a review / F. Nagash [et al.] // *Trends Food Sci. Technol.* – 2017. – Vol. 66. – P. 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.004>.
17. Ronnie, M. E. A review on the recent applications of gluten-free flour, functional ingredients and novel technologies approach in the development of gluten-free bakery products / M. E. Ronnie, M. K. Zainol, H. Mamat // *Food Res.* – 2021. – Vol. 5, № 5. – P. 43–54. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(5\).721](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(5).721)
18. Эффективность продуктов из амаранта в безглютеновом питании детей с непереносимостью глютена / И. А. Бавыкина [и др.] // *Вопр. питания*. – 2017. – Т. 86, № 2. – С. 91–99. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00038>
19. Технология мучных кондитерских изделий для людей с нарушением метаболизма глютена / И. А. Никитин [и др.] // *Хлебопродукты*. – 2019. – № 3. – С. 53–56. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2019-28-3-53-56>
20. Рихтер, М. Избранные методы исследования крахмала / М. Рихтер, З. Аугустат, Ф. Ширбаум; пер. с нем. Л. В. Бабиченко, Е. А. Вороновой, К. Н. Чижовой; под ред. Н. П. Козьминой, В. С. Грюнера. – М.: Пищевая пром-сть, 1975. – 183 с.
21. Ловкис, З. В. Технология крахмала и крахмалопродуктов: учеб. пособие / З. В. Ловкис, В. В. Литвяк, Н. Н. Петюшев. – Минск: Асобны, 2007. – 176 с.
22. Скурихин, И. М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: [справочник] / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 275 с.
23. Казаков, Е. Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов: учеб. пособие / Е. Д. Казаков, Г. П. Карпиленко. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 510 с.
24. Мучные пищевые продукты для персонализированного питания / М. Н. Василевская [и др.] // *Инновационные технологии в обеспечении качества и безопасности химических и пищевых продуктов: сб. тез. Междунар. науч.-техн. конф., Ташкент, 24–25 сент. 2021 г. / Ташкент. хим.-технол. ин-т; редкол.: Б. Ш. Усмонов [и др.]*. – Ташкент, 2021. – С. 119–120.
25. Обоснование использования пищевого растительного сырья при разработке пищевой продукции при заболеваниях, связанных с нарушением белковой составляющей обмена веществ / М. Н. Василевская [и др.] // *Техника и технология пищевых производств: материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф., 21–22 апр. 2022 г.: в 2 т. / Белорус. гос. ун-т пищевых и хим. технологий; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]*. – Могилев, 2022. – Т. 1. – С. 159–160.
26. Рынок мучных кондитерских изделий для персонализированного питания в Республике Беларусь / М. Н. Василевская [и др.] // *Техника и технология пищевых производств: материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф., 21–22 апр. 2022 г.: в 2 т. / Белорус. гос. ун-т пищевых и хим. технологий; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]*. – Могилев, 2022. – Т. 1. – С. 172–173.

References

1. Parfenov A. I. *Enterology*. Moscow, Triada-X Publ., 2002. 744 p. (in Russian).
2. Nikitin I. A., Velina D. A., Mutallibzoda Sh., Belova V. S. Market trends and new developments in gluten-free products. *Khleboprodukty*, 2021, no. 3, pp. 21–25 (in Russian). <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2021-30-3-21-25>
3. Yudina S. B. *Functional food technology*. Moscow, DeLi print Publ., 2008. 280 p. (in Russian).
4. Baranovskii A. Yu. (ed.) *Dietetics: a guide*. 4th ed. Moscow etc., Piter Publ., 2012. 1022 p. (in Russian).

5. Hosseini S. M., Soltanizadeh N., Mirmoghtadaee P., Banavand P., Mirmoghtadaie L., Shojaee-Aliabadi S. *Journal of Research in Medical Sciences*, 2018, vol. 23, pp. 1–10. https://doi.org/10.4103/jrms.JRMS_666_18
6. El Khoury D., Balfour-Ducharme S., Joye I. J. A review on the gluten-free diet: technological and nutritional challenges. *Nutrients*, 2018, vol. 10, no. 10, art. 1410. <https://doi.org/10.3390/nu10101410>
7. Baranovskii A. Yu., Nazarenko L. I. Food intolerance. *Prakticheskaya dietologiya* [Journal of Practical Dietetics], 2013, no. 4 (8). Available at: <https://praktik-dietolog.ru/article/159.html> (accessed 28 March 2023) (in Russian).
8. Uryutova O. I. Diet therapy for phenylketonuria. *Prakticheskaya dietologiya* [Journal of Practical Dietetics], 2014, no. 4 (12). Available at: <https://praktik-dietolog.ru/article/dietoterapiya-pri-fenilketonurii.html> (accessed 11 April 2023) (in Russian).
9. Borovik T. E., Ladodo K. S., Bushueva T. V., Timofeeva A. G., Kon' I. Ya., Kruglik V. I., Volkova I. N. Dietotherapy of classical phenylketonuria: criteria for choosing specialized phenylalanine-free products. *Voprosy sovremennoi pediatrii = Current Pediatrics*, 2013, vol. 12, no. 5, pp. 40–48 (in Russian).
10. Pogozheva A. V. Standards of diet therapy for diseases of the kidneys and urinary tract. *Prakticheskaya dietologiya* [Journal of Practical Dietetics], 2013, no. 4 (8). Available at: <https://praktik-dietolog.ru/article/158.html> (accessed 12 April 2023) (in Russian).
11. Lovkis Z. V., Sadouskaya A. V., Usenia Y. S., Filatova L. V. Development of low-protein pasta for phenylketonuria patients. *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii = Food Industry: Science and Technologies*, 2020, vol. 13, no. 3 (49), pp. 6–11 (in Russian).
12. Bykova S. T., Kalinina T. G., Bushueva T. V., Borovik T. E. Low-protein starch products in diet therapy of children with hereditary metabolic pathology. *Pishchevaya promyshlennost' = Food Industry*, 2018, no. 12, pp. 96–99 (in Russian).
13. Lovkis Z. V., Belyakova N. I., Shylau V. V., Sadovskaya A. V., Usenya Yu. S., Artyukh Yu. A., Shemsheleva H. M. Development of low protein potato products for nutrition of people with phenylalanine metabolism. *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii = Food Industry: Science and Technologies*, 2020, vol. 13, no. 4 (50), pp. 15–23 (in Russian). [https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4\(50\)-15-23](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-15-23)
14. Šmídová Z., Rysová J. Gluten-free bread and bakery products technology. *Foods*, 2022, vol. 11, no. 3, art. 480. <https://doi.org/10.3390/foods11030480>
15. Salehi F. Improvement of gluten-free bread and cake properties using natural hydrocolloids: a review. *Food Science & Nutrition*, 2019, vol. 7, no. 11, pp. 3391–3402. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1245>
16. Nagash F., Gani A., Gani A., Masoodi F. A. Gluten-free baking: combating the challenges – a review. *Trends in Food Science & Technology*, 2017, vol. 66, pp. 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.004>
17. Ronnie M. E., Zainol M. K., Mamat H. A review on the recent applications of gluten-free flour, functional ingredients and novel technologies approach in the development of gluten-free bakery products. *Food Research*, 2021, vol. 5, no. 5, pp. 43–54. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(5\).721](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(5).721)
18. Bavykina I. A., Zvyagin A. A., Miroshnichenko L. A., Gusev K. Yu., Zharkova I. M. Efficient products from amaranth in a gluten-free nutrition of children with gluten intolerance. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*, 2017, vol. 86, no. 2, pp. 91–99 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00038>
19. Nikitin I. A., Ivanova N. G., Starostina E. S., Chernyh V. Ya. Technology of flour confectionery products for people with impaired gluten metabolism. *Khlebobrodukty*, 2019, no. 3, pp. 53–56 (in Russian). <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2019-28-3-53-56>
20. Richter M., Augustat S., Shierbaum F. *Ausgewählte Methoden der Stärkechemie: Isolierung, Charakterisierung und Analytik von Stärkepolysacchariden*. Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1968. 208 S. (in German).
21. Lovkis Z. V., Litvyak V. V., Petyushev N. N. *Technology of starch and starch products*. Minsk, Asobny Publ., 2007. 176 p. (in Russian).
22. Skurikhin I. M., Tutel'yan V. A. *Tables of the chemical composition and calorie content of Russian food products*. Moscow, DeLi print Publ., 2008. 275 p. (in Russian).
23. Kazakov E. D., Karpilenko G. P. *Biochemistry of grain and bakery products*. St. Petersburg, GIORD Publ., 2005. 510 p. (in Russian).
24. Vasilevskaya M. N., Tikhonovich E. F., Prushchik V. A., Timko T. S. Flour foods for personalized nutrition. *Innovatsionnye tekhnologii v obespechenii kachestva i bezopasnosti khimicheskikh i pishchevykh produktov: sbornik tezisev Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Tashkent, 24–25 sentyabrya 2021 g.* [Innovative technologies in ensuring the quality and safety of chemical and food products: collection of abstracts of the International scientific and technical conference, Tashkent, September 24–25, 2021]. Tashkent, 2021, pp. 119–120 (in Russian).
25. Vasilevskaya M. N., Tikhonovich E. F., Rashkevich Yu. A., Lomachenko N. A. Substantiatio usus materiae crudae in evolutione alimenterum plantarum in morbis evolutionis productorum cum violatione interdum componentium metabolismi. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv: materialy XIV Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, 21–22 aprelya 2022 g.* [Technology and technology of food production: proceedings of the XIV International scientific and technical conference, April 21–22, 2022]. Mogilev, 2022, vol. 1, pp. 159–160 (in Russian).
26. Vasilevskaya M. N., Tikhonovich E. F., Rashkevich Yu. A., Lomachenko N. A. The market of flour confectionery products for personalized nutrition in the Republic of Belarus. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv: materialy XIV Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, 21–22 aprelya 2022 g.* [Technology and technology of food production: proceedings of the XIV International scientific and technical conference, April 21–22, 2022]. Mogilev, 2022, vol. 1, pp. 172–173 (in Russian).

Информация об авторах

Марина Николаевна Василевская – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии хлебопродуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (пр. Шмидта, 3, 212029, Могилев, Республика Беларусь). E-mail: marinaVasilevskaya15@yandex.by

Елена Федоровна Тихонович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии хлебопродуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (пр. Шмидта, 3, 212029, Могилев, Республика Беларусь). E-mail: e.tsikhanovich@mail.ru

Information about the authors

Marina N. Vasileuskaya – Ph. D. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Bread Products Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Shmidta Ave., 212029, Mogilev, Republic of Belarus). E-mail: marinaVasilevskaya15@yandex.by

Alena F. Tsikhanovich – Ph. D. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Bread Products Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Shmidta Ave., 212029, Mogilev, Republic of Belarus). E-mail: e.tsikhanovich@mail.ru