

Аспекты глубокой переработки отечественных сырьевых ресурсов на примере побочных продуктов мукомольных предприятий на принципах экологичности и импортозамещения

Алексеева Т. В.^{1,2}, Поначугин А. В.¹, Давыдова Ю. Ю.¹, Орлова А. И.², Белокурова Е. В.³, Аналихина О. А.³, Новик И. Р.¹, Веселова А. Ю.², Албычева Л. А.³

¹ *Нижегородский государственный педагогический университет имени К. Минина
Нижегород, Россия
zyablova@mail.ru*

² *Нижегородский государственный инженерно-экономический университет
Нижегород, Россия
annasaturina@mail*

³ *Воронежский государственный университет инженерных технологий
Воронеж, Россия
ludmila.malakova@mail.ru*

В статье обсуждаются аспекты более эффективного использования побочных продуктов мукомольных предприятий – зародышей пшеницы и продуктов их глубокой переработки. В современных условиях жестко стоит проблема внедрения во все сферы жизни технологий глубокой и комплексной переработки отечественного сельскохозяйственного сырья на принципах импортозамещения и экологичности, которое используется в сложившейся экономической ситуации недостаточно эффективно. Побочные продукты мукомольных заводов – зародыши пшеницы и продукты их вторичной переработки обладают высокой пищевой и биологической ценностью, содержат целый спектр эссенциальных составляющих, включающих витамины А, D, E, группы В, макро и микроэлементы, поликозанол, пентозаны, пищевые волокна и другие биологически активные вещества. Состав зародышей пшеницы и продуктов их переработки существенно различается в зависимости от года, района произрастания, сортовой принадлежности и состава помольной партии семян пшеницы. Продукты глубокой переработки мукомольного производства в настоящее время используются недостаточно эффективно ввиду низкой хранимоспособности при наличии в них целого спектра эссенциальных составляющих и биологически активных веществ. Предлагается своевременное применение существующих технологий и режимов хранения данных видов отечественного сырья, наиболее приемлемых в конкретных условиях отдельных предприятий и предполагаемых направлений дальнейшего использования этого перспективного вида сырья, в том числе способ стабилизации, разработанный авторами статьи, заключающийся в очистке сырья от металломагнитных примесей, воздействии ультрафиолетового излучения и смешивания со смесью аскорбиновой и янтарной кислот в определенной концентрации. При этом соблюдаются принципы экологичности и импортозамещения. Предложенный авторами способ, наряду с другими, позволяет расширить дальнейшее применение продуктов глубокой переработки мукомольных заводов в различных отечественных отраслях и направлениях пищевого производства, нутрициологии, лечебно-профилактическом и специальном питании, медицинской отрасли, ветеринарии, производстве кормов для животных.

Ключевые слова: продукты глубокой переработки мукомольных предприятий, импортозамещение, экологичность.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе жестко стоит проблема внедрения во все сферы жизни технологий глубокой и комплексной переработки отечественного сельскохозяйственного сырья на принципах импортозамещения и экологичности, которое используется в сложившейся экономической ситуации недостаточно эффективно. Примером может служить побочный продукт мукомольного производства – зародыши пшеницы, обладающие уникальным составом. Этот доступный сырьевой источник обладает высокой степенью перспективности применения в пищевой и маслоэкстракционной промышленности, в производстве кормов для животных, выпуске биологически активных добавок и веществ, лечебно-

профилактическом питании, диетологии и других наиважнейших сферах применения (Алексеева и др., 2010, 2013, 2014, 2016, 2017, 2018, 2019; Зяблова и др., 2003; Родионова и др., 2003; Шевцов и др., 2005; Alekseeva, 2014, 2016).

Производство муки разных сортов из семян пшеницы в России происходит высокими темпами. Однако следует отметить, что выделение качественных зародышей пшеницы – побочного продукта при переработке помольных партий пшеницы в сортовую муку возможно только на мукомольных предприятиях, оснащенных высокопроизводительным оборудованием, на минимельницах этот процесс осуществить не представляется возможным. Отбор зародышей возможен из верхнего схода с рассева четвертой размольной системы в количестве 0,2–0,3 % от массы зерна пшеницы, поступившей в зерноочистительное отделение завода. Учитывая все обстоятельства, в России ежегодный выход этого ценного природного продукта находится на уровне 150–170 тысяч тонн, при этом в настоящее время этот побочный продукт крупных мелькомбинатов в основном не выделяется отдельно, а обезличивается в отруби. Причиной служит то, что зародыши быстро теряют свои ценные первоначальные качественные показатели и свойства, для их сохранения требуются дополнительные экономические вложения, предполагающие наличие специальных режимов хранения.

В настоящее время существует множество способов сохранения первоначальных ценных свойств зародышей и при их своевременном применении создаются широкие возможности для сохранения этого отечественного источника сырья. Известен способ увеличения срока годности пшеничных зародышей путем обжаривания в сетчатых бьюксах при температуре 120 °С, путем воздействия инфракрасных лучей в интервале температур 50–100 °С, нагреванием в сушилках конвективного, барабанного и вакуумного типов при температурах 130–150 °С. Также известны сведения о сушке в кипящем слое при температуре 110–130 °С. Применялось обезжиривание зародышей гидравлическим прессом до 4 % и последующее измельчение. Имеются данные о способе гидратации тонкоизмельченных зародышей пшеницы содовым раствором и последующей сушке при температуре 130–140 °С в барабанной сушилке. Также применялось воздействие на продукт текучим паром при атмосферном давлении воздуха, известны сведения по сушке в осциллирующих режимах, замораживанию при низких температурах, внесении комбинаций различных консервантов и другие способы стабилизации (Максимчук и др., 1995; Вишняков и др., 1996; Пикус и др., 1998; Тарутин, 1999; Корнеева и др., 2003; Махмудов и др., 2009; Шевцов и др., 2009; Grandel, 2009; Ведерникова и др., 2010; Vukobradovic, 2011; Бабаев, 2012; Barnes, 2013).

Однако, на мукомольных предприятиях вышеуказанные способы в основном не применяются, так как не выполняют основные цели и задачи на предприятиях этого типа и при этом требуют привлечения дополнительных трудовых, экономических и других ресурсов. В статье обсуждаются аспекты более эффективного сохранения качества и применения побочных продуктов мукомольных предприятий, анализируются существующие и предлагается авторский дешевый способ стабилизации качества пшеничных зародышей.

Цель наших исследований – исследовать свойства зародышей пшеницы и продуктов их переработки, полученных из помольных партий пшеницы из разных районов произрастания и разных сортов, установить причины их недостаточно эффективного использования, обобщить данные по способам хранения зародышей и разработать новый вариант способа хранения зародышей пшеницы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе исследовались зародыши пшеницы (ТУ 9295-010-00932732-08), жмых зародышей пшеницы (ТУ 9295-014-18062042-06), масло зародышей пшеницы (ТУ 9141-010-18062042-96). Объем исследуемого материала составил: 3 тонны зародышей пшеницы; 1000 килограмм жмыха зародышей пшеницы, 50 м³ масла зародышей пшеницы. Продукты глубокой переработки семян пшеницы получены промышленным способом на маслоэкстракционных заводах и мукомольных комбинатах с высокопроизводительным

оборудованием Воронежской, Липецкой и Белгородской областей при переработке зерна пшеницы различных сортов и районов произрастания. Выработку масла из зародышей пшеницы осуществляли методом холодного прессования. В работе применяли аскорбиновую (ТУ 4815-76) и янтарную кислоты (ГОСТ 6341-75). Органолептические показатели определяли по ГОСТ 5897-90, ГОСТ 10967-2019, ГОСТ 29245-91. Средний размер частиц по ГОСТ 27560-87. Аминокислотный состав по ГОСТ 32195-2013 (триптофан – по ГОСТ 32201-2013). Массовую долю белка по ГОСТ Р 53951-2010, азота и сырого протеина по ГОСТ 13496.4-2019. Массовую долю жира по ГОСТ 31902-2012, сырого жира по ГОСТ 13496.15-2016. Состав жирных кислот по ГОСТ 31663-2012. Массовую долю углеводов по ГОСТ Р 51636-2000, крахмала – по ГОСТ ISO 6493-2015, пищевых волокон - по ГОСТ Р 54014-2010; сырой клетчатки – по ГОСТ 31675-2012. Активную кислотность (рН) исследуемых сред по ГОСТ 26180-84, перекисное число по ГОСТ 31485-2012 и кислотность по ГОСТ 5898-87. Массовую долю влаги по ГОСТ 30483-97, ГОСТ 5900-2014. Массовую долю золы по ГОСТ Р 51411-99, ГОСТ 5901-2014. Витаминный состав по ГОСТ 29138-91, ГОСТ 29139-91, ГОСТ 32043-2012, ГОСТ 7047-55, ГОСТ 52147-2003. Минеральный состав по ГОСТ 32343-2013, ГОСТ 26657-97, ГОСТ 26570-85, ГОСТ 31660-2012, ГОСТ 2082.3-81, ГОСТ 31707-2012, ГОСТ EN 14083-2013. Микробиологические и токсикологические показатели в соответствии с правилами ЕС: ЕС853/2004 и техническими регламентами Таможенного союза ТС021/2011, ТС022/2011, ТС029/2012, ТС038/2013. Отбор и подготовка проб для микробиологических испытаний по ГОСТ 26669-85. Определение значений КМАФАнМ по ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ ISO 7218-2015. Наличие дрожжей, плесневых грибов по ГОСТ 10444.12-2013, протей по ГОСТ 28560-90, БГКП (колиформ) по ГОСТ 31747-2012, патогенных, в том числе бактерий рода *Salmonella* по ГОСТ 31659-2012. Содержание токсичных элементов: кадмия по ГОСТ 26933-86, свинца по ГОСТ 26932-86, мышьяка по ГОСТ 26930-86; ртути по ГОСТ 26927-86.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с анализом российских и зарубежных источников, полученными опытными данными состав, свойства пшеничных зародышей и соответственно продуктов их глубокой переработки значительно колеблется, что обусловлено, вероятнее всего, особенностями используемых методик, а также разнообразием объектов исследований (зародышей зерна пшеницы), отобранных из помольных партий зерна с разными характеристиками, сортами, географией произрастания на конкретных предприятиях с индивидуальными технологическими режимами работы. При этом внешний вид, органолептические показатели и технологические свойства существенно не зависят от сорта и района произрастания. Зародыши обладают высокой технологичностью, это сыпучий продукт, внешне очень похожий на отруби, с размером отдельных частиц 0,5–1,5 мм, золотисто-желтого цвета с нейтральным запахом и вкусом, что позволяет его вносить в любые системы, существенно не изменяя их первоначальных свойств, это предполагает широкие возможности для использования этого вторичного продукта в технологиях пищевых производств, а также в качестве наполнителя при производстве комбикормов и премиксов для животных (рис. 1).

Важно отметить, что зародыши пшеницы сами по себе являются побочным продуктом производства мукомольной промышленности и могут самостоятельно использоваться более эффективно при благоприятных условиях (экономические, технологические и другие факторы), при этом из них можно отжимать масло при получении также продукта глубокой переработки – жмыха. Жмых и масло зародышей пшеницы имеют не менее ценные свойства и значительно расширяют сферы применения, указанные выше.

На данном этапе существуют два принципиально отличающихся друг от друга метода промышленного получения масла из зародышей – прессованием и экстрагированием. При механическом прессовании в зависимости от используемого оборудования применяются методы статического и проходного прессования. В основе второго способа лежит растворение масла в легколетучих растворителях (ацетон, гексан, циклогексан, диэтиловый и петролейный

эфир, спирто-эфирная смесь, трихлорэтилен, хлороформ-метанол-вода) с последующим его экстрагированием. В зависимости от применяемого растворителя выход масла составляет от 75 до 160 грамм на один килограмм исходного сырья. Чтобы увеличить выход масла применяются различные способы воздействия на низкомасличное сырье, а именно – ферментативный гидролиз (например, препаратами гидролитических ферментов) или углекислотное экстрагирование (с применением жидкого диоксида углерода).



Рис. 1. Внешний вид зародышей пшеницы

Анализ вариантов методов экстрагирования предполагает определенные недостатки, а именно экологическую загрязненность и существенные экономические затраты, связанные с удалением остаточного количества растворителей из масла. Поэтому доведение экстрагированного масла зародышей пшеницы до товарной кондиции ставит в той или иной степени под сомнение его биологическую ценность по сравнению с исходным сырьем и значительно увеличивает стоимость по сравнению с маслом, полученным методом прессования. Однако, стоит отметить, что при бесспорно более высоких качественных показателях масла, полученного методом прессования (оно не имеет постороннего запаха и привкуса, оставшегося после процесса экстрагирования растворителями), выход его значительно меньше (2–5 % от исходного сырья). В связи с вышесказанным, авторы в своей работе остановили выбор на исследовании масла, полученного методом холодного прессования, ввиду его большей экологичности, хотя выход такого масла существенно ниже. Масло пшеничных зародышей обладает ценнейшим жирнокислотным составом (табл. 1). Данные таблицы 1 подтверждают высокое содержание в масле омега-3 и омега-6 жирных кислот, важность которых не оставляет сомнений и согласуется с множеством данных их востребованности во многих сферах применения, в том числе подтвержденными медицинской практикой и экспериментами *in vivo* и *in vitro*. Известно, что при правильном

соотношении линолевая и линоленовая кислоты активно участвуют в процессах липидного обмена, обладают высокой антиоксидантной активностью, замедляют развитие опухолевых процессов в живых тканях, а также усиливают эффект лучевой терапии и химиотерапии онкобольных, повышают качество жизни живых систем (Шевцов и др., 2008; Родионова и др., 2014; Вишняков и др., 2018).

Таблица 1

Состав жирных кислот масла пшеничных зародышей
(литературные данные / данные авторов)

Наименование жирной кислоты	Количество, мг/г
Миристиновая	1,0–2,0 / 1,8
Линолевая	350,0–450,0 / 354,2
Линоленовая	110,0–112,0 / 111,7
Олеиновая	110,0–113,0 / 112,3
Пальмитиновая	135,0–145,0 / 141,1
Стеариновая	5,0–6,0 / 5,8
Эруковая	20,0–23,0 / 22,1

Наиважнейшим редким природным компонентом масла считается поликозанол, обобщенные сведения подтверждают, что его содержание находится в пределах 1,5–8,5 мг/100 г. Поликозанол оказывает положительное влияние на липидный обмен, вязкость тромбоцитов крови и метаболизм холестерина липопротеинов низкой плотности, существенно его расщепляя и тем самым увеличивая концентрацию липопротеинов высокой плотности в живых системах. Он подавляет агрегацию тромбоцитов, оказывая антиагрегационный эффект на сосуды, существенно влияет на пролиферацию мышечных тканей, способствует активному потреблению ими кислорода, поэтому имеет положительные предпосылки для профилактики и лечения атеросклероза, склерозирования артерий, болезней сердечно-сосудистой системы, нервно-мышечных заболеваний.

В масле пшеничных зародышей присутствует значительное количество жирорастворимых витаминов, обобщенные литературные и экспериментальные свидетельства свидетельствуют, что из множества масел растительного происхождения зародышевое отличается аномально высоким содержанием токоферола (150–450 мг/100 г), также в нем присутствуют в ощутимых количествах витамины, мг/100 г: А (1–3), D (1–2), В₃ (11–16) и В₉ (2–4). Для сравнения, содержание витамина А в пищевых маслах растительного происхождения находится в интервале 0,0005–0,001 мг/100 г, в рафинированных он отсутствует совсем, при этом в зародышевом масле его количество достигает до 3 мг/100 г. На витамин Е в традиционных растительных маслах по различным источникам приходится от 5 до 50 мг/100 г, а в объекте исследований содержание этого ценного нутриента в 3–9 раз выше. О положительном влиянии на организм человека и животных витаминов группы В, А, D и Е существует множество данных, однако следует отметить, что механизм воздействия при их потреблении в синтетическом или нативном виде на органы и системы жизнеобеспечения, однозначно, происходит по-разному.

Ниже представлены обобщенные экспериментальные данные и сведения различных источников о физико-химических показателях зародышей пшеницы, а также масла и жмыха (табл. 2–3), из которых следует, что в жмыхе присутствует меньшее количество влаги и липидной фракции за счет выделенного (до 5 %) масла.

В жмыхе присутствует практически полностью весь спектр природных нутриентов пшеничных зародышей, при том, что их усвояемость живыми системами организма значительно выше в результате влияния множества процессов, возникающих при воздействии высокого давления и жесткой деформации на низкомасличное сырье при прессовании. В процессе отжима масла, отруби переходят в жмых, с этим связано более высокое наличие в

нем пищевых волокон по сравнению с зародышами, которые нельзя отнести к источнику энергии и биологически активных веществ, но они выполняют важные задачи в процессах пищеварительного тракта, служат естественными пребиотиками, присутствуют только в растительных тканях и их наличие оказывает положительное влияние на системы жизнеобеспечения. При этом табличные данные подтверждают, что исходные зародыши и жмых содержат в своем составе значительное количество масла с биологически активными компонентами и могут считаться перспективными обогатителями для множества пищевых систем.

Таблица 2

Физико-химические показатели масла пшеничных зародышей
(литературные данные / данные авторов)

Наименование показателя	Величина показателя при 20–22 °С
Йодное число, г йода/100 г	111,0–130,0 / 111,7
Кислотное число, мгКОН/г	5,5–10,0 / 6,1
Массовая доля влаги и летучих веществ, %	0,1–0,5 / 0,1
Массовая доля неомыляемых веществ, %	2,0–4,0 / 2,2
Массовая доля фосфоросодержащих веществ, в пересчете на стеаролеолецитин, %	0,05–0,20 / 0,06
Перекисное число, мМ/кг	2,5–10,0 / 2,8
Плотность, г/см ³	0,926–0,928 / 0,926
Цветное число, мг йода	33,0–55,0 / 34,0

Таблица 3

Физико-химические показатели жмыха и зародышей пшеницы
(литературные данные / данные авторов)

Наименование показателя, компонента	Зародыши пшеницы	Жмых зародышей пшеницы
Влага, %	11,0–15,0 / 14,2	3,0–6,0 / 3,4
Кислотное число, мгКОН/г	6,0–15,0 / 6,5	6,0–13,0 / 6,2
Перекисное число, мМ/кг	2,0–10,0 / 2,8	2,0–10,0 / 2,7
Жир, %	9,0–13,0 / 12,2	7,0–11,0 / 8,1
Зола, %	3,0–4,0 / 3,4	4,0–5,0 / 4,3
Углеводы, %	34,0–45,0 / 44,1	39,0–48,0 / 47,2
Белок, %	29,0–37,0 / 31,7	33,0–39,0 / 33,8
Пищевые волокна, %	1,0–3,0 / 1,6	1,0–4,0 / 1,9

Характеристика и состав белковой составляющей жмыха и зародышей показывает, что она обладает высокой пищевой и биологической ценностью (табл. 4). Состав аминокислот показывает, что более 30 % в них относится к незаменимым аминокислотам. По свойствам белки продуктов глубокой переработки пшеницы приближаются к белкам животного происхождения, что существенно расширяет сферу их применения для конкретных категорий потребителей.

Следует также акцентировать внимание на том, что жмых и зародыши продуктов переработки пшеницы обладают уникальным составом минералов. В них обнаружены более 20 макро- и микроэлементов, наиболее значимые по сводным результатам экспериментов и данных литературных источников представлены в таблице 5.

Выяснено, что после извлечения масла из зародышей около 40–50 % жирорастворимых витаминов из них выделяется в составе липидной составляющей, однако в жмыхе остаточное

Таблица 4

Состав аминокислот жмыха и зародышей пшеницы
(литературные данные / данные авторов)

Наименование аминокислоты	Содержание, г/100 г
Незаменимые	
Валин	1,5–2,5 / 1,78
Изолейцин	1,0–2,0 / 1,11
Лейцин	2,0–2,5 / 2,11
Лизин	2,0–2,5 / 2,25
Метионин	0,5–1,5 / 0,71
Треонин	1,4–2,5 / 1,44
Триптофан	0,1–0,5 / 0,20
Фенилаланин	1,0–2,0 / 1,19
Заменимые	
Аланин	2,0–2,5 / 2,10
Аргинин	2,5–3,5 / 2,90
Аспарагиновая кислота	3,0–3,5 / 3,10
Гистидин	0,5–1,0 / 0,67
Глицин	2,5–3,0 / 2,71
Глутаминовая кислота	6,5–7,0 / 6,67
Пролин	2,5–3,0 / 2,33
Серин	2,0–2,5 / 2,05
Тирозин	0,3–1,0 / 0,35
Цистин	0,1–0,5 / 0,13

Таблица 5

Минеральный состав жмыха и зародышей пшеницы
(литературные данные / данные авторов)

Наименование компонента	Содержание, мг/100 г
Цинк	17–25 / 20
Марганец	10–30 / 27
Магний	30–40 / 38
Кальций	600–800 / 780
Железо	7–11 / 8
Натрий	1–2 / 1
Калий	500–1200 / 1100
Селен	0,01–0,02 / 0,02
Фосфор	1310–1350 / 1320

количество масла составляет примерно 6–8 % и доля этих витаминов весьма существенна. Наличие и количественная характеристика витаминной фракции зародышей и жмыха представлены в таблице 6, польза и значимость которых для людей и животных, учитывая их происхождение, не вызывает сомнений. Из таблицы 6 следует, что состав и количество витаминов в побочных продуктах переработки семян пшеницы можно считать очень перспективным и прогнозируемо обеспечиваемым их широкие возможности к использованию.

К сожалению, ввиду быстрой порчи пшеничных зародышей, их не выделяют в отдельную фракцию, а помещают в отруби. Снижение качества зародышей в течение короткого времени (первые 3–5 суток после получения) связано с наличием в их составе липидной фракции содержащей, как было выяснено выше, существенное количество непредельных липидов, имеющих двойные связи, по месту которых под влиянием ферментов легко присоединяется кислород воздуха. Свежевыработанные зародыши пшеницы обладают высокой влажностью, в результате действия липазы в условиях оптимальных для нее температур происходит гидролиз липидов с образованием свободных жирных кислот и дальнейшее интенсивное окисление последних в присутствии кислорода воздуха с образованием гидроперекисей. Далее, при участии липоксигеназы параллельно идет глубокий распад гидроперекисей жирных кислот на продукты кислой природы. На следующем этапе в результате воздействия каталазы процесс распада интенсифицируется и приводит к выделению кислорода, ускоряющего окислительные процессы, приводящие к цепной реакции образования перекисей и гидроперекисей под сопряженным воздействием липазы, липоксигеназы и каталазы. Эффект растет в геометрической прогрессии в связи с высокой обсемененностью микроорганизмами, в результате жизнедеятельности которых при благоприятных влажных условиях окружающей среды и повышенной температуре воздуха процессы окисления становятся быстротекущими. В результате вышеприведенных процессов зародыши приобретают посторонний запах, горький вкус, снижается сыпучесть, изменяется цвет, изменяется нутриентный состав, снижается пищевая и биологическая ценность (Корнеева и др., 2003; Шевцов и др., 2004; Zherebtsov, 2000, 2001, 2005).

Таблица 6

Состав витаминной фракции жмыха и зародышей пшеницы
(литературные данные / данные авторов)

Наименование компонента	Содержание, мг/100 г	
	Зародыши пшеницы	Жмых зародышей пшеницы
Витамин А	0,7–0,9 / 0,7	0,6–0,8 / 0,6
Витамин D	0,9–1,0 / 0,9	0,6–0,9 / 0,7
Витамин Е	33–35 / 33,1	28–31 / 30,1
Витамин В ₁	2,5–3,0 / 2,9	2,8–3,2 / 3,0
Витамин В ₂	0,6–0,7 / 0,7	0,5–0,6 / 0,6
Витамин В ₅	7,0–8,0 / 7,9	8,0–9,0 / 8,9
Витамин В ₃	15,0–16,0 / 15,1	14,0–15,0 / 14,9
Витамин В ₉	3,0–3,5 / 3,3	2,0–2,5 / 2,2
Витамин В ₆	0,9–1,0 / 0,9	1,0–1,2 / 1,0

Авторы предлагают новый, достаточно дешевый способ сохранения качества зародышей пшеницы. Зародыши в начале подвергаются очистке от металломагнитных примесей и для повышения концентрации продукта за счет удаления частиц отрубей и муки просеиваются на металлотканых ситах № 1 и № 045. Далее обогащенный продукт, являющийся сходом сита № 045 и проходом сита № 1, проходит стадию стабилизации. На следующем этапе взвешенные зародыши пшеницы подают в смеситель, где продукт перемешивается в течение 30 минут и подвергается воздействию ультрафиолетового излучения, в качестве источника излучения используется ультрафиолетовая лампа с длиной волны 254 нм. Затем в смеситель подается стабилизатор в количестве 5 % от массы продукта, смешивание продолжается еще 4 минуты. Стабилизацию продукта, приводящую к снижению активности ферментов и снижающую микробиологическую обсемененность, осуществляют смесью аскорбиновой и янтарной кислот в соотношении 7:3 в количестве 5 % к массе зародышей. Преимуществом предлагаемого способа считается то, что наряду с сохранением исходных качественных

показателей продукта, происходит повышение его пищевой ценности за счет свойств вносимых консервантов, позволяющих расширить ассортимент специализированных продуктов с включением зародышей, обладающих лечебно-профилактическим действием и увеличенным сроком хранения (Алексеева и др., 2013; Родионова и др., 2015).

Свойства янтарной кислоты известны, это сильный антиоксидант, стимулирующий процесс поступления кислорода в клетки, облегчает стресс, восстанавливает энергообмен, нормализует процесс производства новых клеток, обладает общеукрепляющими и восстанавливающими свойствами. Способствует усилению иммунитета, ингибирует рост и развитие опухолей, предупреждает деление злокачественных клеток. Янтарная кислота снижает производство основного медиатора воспалений и аллергических реакций – гистамина. Янтарная кислота признана полностью безвредным веществом, её препараты часто назначают для обезвреживания определённых токсинов (этанола, никотина), она повышает питательную ценность основных пищевых компонентов и усиливает эффект медикаментов. Эти свойства определяют её как очень полезную пищевую добавку, способствующую восстановлению работы всех органов и систем организма, ускорению восстановления и поддержанию естественного баланса его жизнедеятельности. Аскорбиновая кислота или витамин С широко применяется. Аскорбинка необходима для формирования волокон коллагена, для защиты тканей организма от свободных радикалов, ее используют как общеукрепляющее и стимулирующее иммунную систему средство при различных болезнях (простудные, онкологические), а также при недостаточном поступлении с пищей. Ее также используют при отравлении угарным газом, она переводит трёхвалентное железо в двухвалентное, тем самым способствует его всасыванию, тормозит гликозилирование гемоглобина и замедляет превращение глюкозы в сорбит. Аскорбиновая кислота является мощным антиоксидантом, нормализует окислительно-восстановительные процессы. В России янтарная и аскорбиновая кислоты разрешены для использования в пищевой и ветеринарной промышленности. Таким образом, применение данных пищевых кислот в качестве стабилизаторов зародышей пшеницы не только увеличивает их срок хранения, но и придает продукту дополнительные функциональные свойства. При этом, эти органические кислоты являются технологичными продуктами, что не мало важно при использовании в условиях производства. Обе кислоты представляют собой белый сыпучий кристаллический порошок, в процессе эксперимента выяснено, что процесс смешивания кислот с продуктом характеризуется высоким коэффициентом вариации (менее 1). Оба стабилизатора имеют кислый вкус и при добавлении в диапазоне 2–6 % не оказывают негативного влияния на органолептические показатели зародышей пшеницы, что позволяет в дальнейшем применять их в широком диапазоне (Тимирханова, 2007; Степанова и др., 2010; Шахмарданова и др., 2016; Сагдеев и др., 2020).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа информационных источников и полученных результатов экспериментальных исследований по определению состава, физико-химических характеристик, пищевой и биологической ценности побочных продуктов мукомольных заводов – зародышей пшеницы и продуктов их вторичной переработки выяснено, что они обладают высокой пищевой и биологической ценностью. При этом их состав существенно различается в зависимости от года, района произрастания, сортовой принадлежности и состава помольной партии семян пшеницы. Важно отметить, что продукты глубокой переработки мукомольного производства в настоящее время используются недостаточно эффективно ввиду низкой хранимоспособности при наличии в них целого спектра эссенциальных составляющих, включающих витамины витаминов А, D, E, группы B, макро и микроэлементы, поликозанол, пентозаны, пищевые волокна и другие биологически активные вещества. Предлагается своевременное применение существующих технологий и режимов хранения данных видов перспективного отечественного сырья, наиболее приемлемых в конкретных условиях определенного предприятия и предполагаемых

направлений дальнейшего использования этого перспективного вида сырья, в том числе способ стабилизации, разработанный авторами статьи, заключающийся в следующем. Пшеничные зародыши проходят очистку от металломагнитных примесей, подвергаются ультрафиолетовому излучению и смешиваются со смесью аскорбиновой и янтарной кислот в определенной концентрации. Предлагаемый вариант базируется исключительно на принципах экологичности и импортозамещения. Предложенный авторами способ, наряду с другими, позволяет расширить дальнейшее применение продуктов глубокой переработки мукомольных заводов в различных отечественных отраслях и направлениях пищевого производства, нутрициологии, лечебно-профилактическом и специальном питании, медицинской отрасли, ветеринарии, производстве кормов для животных.

Список литературы

- Алексеева Т. В., Калгина Ю. О., Науменко В. Б., Ларина Т. П. Перспективы производства пищевой продукции функциональной направленности с фракциями глубокой переработки отечественного низкомасличного сырья // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – Т. 12, № 4. – С. 58–62.
- Алексеева Т. В., Попова Н. Н., Корыстин М. И. Пшеничные зародыши в лечебно-профилактическом питании // Питание и общество. – 2010. – № 10. – С. 15–22.
- Алексеева Т. В., Калгина Ю. О., Евлакова В. С., Малакова Л. А. Биологически активная добавка для питания женщин в период беременности из отечественного вторичного сельхозсырья // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. – № 4. – С. 10–19.
- Алексеева Т. В., Родионов А. А., Калгина Ю. О., Веснина А. А. Вторичные отечественные сырьевые ресурсы низкомасличного сырья в секторе HoReCa // Экономика. Инновации. Управление качеством. – 2014. – Т. 9, № 4. – С. 43–44.
- Алексеева Т. В., Калгина Ю. О., Раздобарина Н. В., Бокарев Д. А. Расширение ассортимента молочной продукции путем применения вторичных ресурсов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – № 10. – С. 37–40.
- Алексеева, Т. В. Хранение зародышей зерна пшеницы с применением аскорбиновой и янтарной кислот // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. – № 10. – С. 28–30.
- Алексеева Т. В., Калгина Ю. О., Фурсова А. П. Перспективы использования продуктов глубокой переработки отечественного сырья в рационах питания лечебно-профилактической направленности // Товаровед продовольственных товаров. – 2019. – № 9. – С. 69–74.
- Бабаев С. Д. Определение содержания зародыша в продуктах помола пшеницы и рациональная технология их стабилизации // Хлебопродукты. – 2012. – № 5. – С. 16–18.
- Вишняков А. Б., Власов В. Н., Родионова Н. С., Алексеева Т. В. Зародыш здоровья. – Воронеж: ВГУИТ, 2018. – 286 с.
- Ведерникова Е. И., Сабитова Т. В. Применение текучего пара при хранении зернопродуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 1. – С. 12–17.
- Вишняков А. Б., Власов В. Н., Спесивцев А. С., Жалнин В. Н. Комплексная переработка зародышей пшеницы // Пищевая промышленность. – 1996. – № 8. – С. 50–55.
- Корнеева О. С., Зяблова Т. В., Капранчиков В. С. Пшеничный зародыш: первопричина порчи // Хлебопродукты. – 2003. – № 1. – С. 24–25.
- Максимчук Б., Коломенский С. Производство пшеничного зародыша // Хлебопродукты. – 1995. – № 3. – С. 16–20.
- Махмудов Р. А., Мажидов К. Х., Макиенко Ю. И., Абдуллаев Н. И. О зародышевых хлопьях зерна пшеницы // Пищевая промышленность. – 2009. – № 3. – С. 16–18.
- Пикус Б., Спесивцев А., Жалнин В. Пшеничные зародыши в качестве кормового продукта // Комбикормовая промышленность. – 1998. – № 4. – С. 34–35.
- Родионова Н. С., Алексеева Т. В., Корыстин М. И., Саблин А. Г., Родионов А. А., Зяблов М. М. Патент РФ № 2569421 «Способ производства продукта на основе пшеничных зародышей». – 2015. – 5 с.
- Родионова Н. С., Алексеева Т. В., Попова Н. Н., Попов Е. С. Разработка растительной комплексной пищевой системы на основе продуктов переработки зародышей пшеницы сбалансированного жирнокислотного состава // Фундаментальные исследования. – 2013. – Т. 8, № 11. – С. 1594–1597.
- Родионова Н. С., Алексеева Т. В. Современная теория и технология получения, обработки и применения продуктов комплексной переработки зародышей пшеницы // Вестник ВГУИТ. – 2014. – № 4. – С. 99–109.
- Сагдеев Д. Р., Тимофеева С. Н. Применение янтарной кислоты и модифицированного бентонита для профилактики отравления животных тяжелыми металлами // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины. – 2020. – № 3. – С. 215–218.
- Степанова Е. Н., Табаторович А. Н. Возможность использования янтарной кислоты в технологии производства мармелада // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 2. – С. 8–12.

- Тарутин П. П. Опыт применения инфракрасных лучей для сушки зернопродуктов // Сообщения и рефераты ВНИИЗ. – 1999. – Вып. 1. – С. 31–33.
- Тимирханова Г. А., Абдуллина Г. М., Кулагина И. Г. Витамин С: классические представления и новые факты о механизмах биологического действия // Вятский медицинский вестник. – 2007. – № 4. – С. 158–163.
- Шахмарданова С. А., Гулевская О. Н. Препараты янтарной и фумаровой кислот как средства профилактики и терапии различных заболеваний // Фундаментальная медицина и биология. – 2016. – № 3. – С. 16–19.
- Шевцов А. А., Зяблова Т. В., Дятлов В. А., Капранчиков В. А., Бондаренко О. А. Способы стабилизации пшеничных зародышей // Комбикорма. – 2004. – № 5. – С. 45–47.
- Шевцов А. А., Фролова Л. Н., Мажидов Р. М. Стабилизация ферментативной активности сырья растительного происхождения с использованием искусственного холода // Автоматизация и современные технологии. – 2009. – № 1. – С. 64–67.
- Шевцов А. А., Зяблова Т. В., Бондаренко О. А., Фролова Л. В. Применение стабилизированных пшеничных зародышей в качестве наполнителя премиксов // Фундаментальные исследования. – 2005. – № 4. – С. 88–89.
- Шевцов А. А., Алексеева Т. В. Пшеничные зародыши. – Воронеж: ВГТА, 2008. – 251 с.
- Alekseeva T., Mageramova Z., Malikova T., Zyablov M. Development of formulations enriched meat products in applying the secondary fractions of grain processing // Journal of EcoAgriTourism. – 2014. — Vol. 10, N 2. – P. 49–52.
- Alekseeva T. V., Kalgina Y. O., Zyablov M. M. Study of the sorption process phytosorbents meal wheat germ cake in technological media // Journal of Advanced research in technical science. – 2016. – N 1. – P. 91–95.
- Barnes H. M. Composition of cereals germ preparations // Lebensmittel-Untersuchung und Forschung. – 2013. – N 6. – P. 467–471.
- Vukobradovic R., Psodorov D. Stabilization of wheat germ and its application in the food industry // Cereals. – 2011. – N 1. – P. 135–142.
- Grandel F. Debittering of cereal seed germs // Chemical Abstracts. – 2009. – N 53. – P. 9514–9517.
- Zherebtsov N. A., Popova T. N., Zyablova T. V. Fumaric acid is competitive inhibitor of wheat germ lipoxygenase // Biochemistry. – 2000. – Vol. 65, N 5. – P. 620–621.
- Zherebtsov N. A., Zyablova T. V., Popova T. N. Identification of catalytically active groups of wheat germ lipoxygenase // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2001. – Vol. 37, N 2. – P. 145–149.
- Shevtsov A. A., Zyablova T. V., Kapranchikov V. A., Bondarenko O. A. The effect of pH and temperature on the activity and stability of lipase and lipoxygenase of wheat seed germ // Biotechnology. – 2005. – N 3. – P. 66–73.

Alekseeva T. V., Ponachugin A. V., Davydova Y. Y., Orlova A. I., Belokurova E. V., Apalikhina O. A., Novik I. R., Veselova A. Y., Albycheva L. A. Aspects of deep processing of domestic raw materials on the example of by-products of flour mills on the principles of environmental sustainability and import substitution // Ekosistemy. 2023. Iss. 36. P. 7–17.

The article discusses aspects of more efficient use of by-products from flour mills – wheat germ and products of their deep processing. In the current context, there is a pressing need to implement technologies for deep and comprehensive processing of domestic agricultural raw materials in all spheres of life, based on the principles of import substitution and ecological sustainability, which are currently underutilized in the existing economic situation. By-products of flour mills – wheat germ and products of their secondary processing – have high nutritional and biological value, contain a whole range of essential components, including vitamins A, D, E, group B, macro and microelements, policosanol, pentosans, dietary fiber and other biologically active substances. The composition of wheat germ and products of their processing varies significantly depending on the year, area of growth, variety and the composition of the milling batch of wheat seeds. Products of deep processing of flour milling are currently not used effectively due to low storage capacity despite containing a range of essential components and bioactive substances. The article proposes timely application of existing technologies and modes of storage for such domestic raw materials, which are most acceptable for the specific conditions of a particular enterprises and intended directions for further utilization of this promising type of raw material. This includes the method of stabilization developed by the authors of the article, involving cleaning of raw materials from metal and magnetic impurities, ultraviolet radiation, and mixing with a mixture of ascorbic and succinic acids in a certain concentration. The method proposed by the authors, along with others, makes it possible to expand the further application of products of deep processing of flour mills in various domestic industries and areas of food production, nutrition, therapeutic and prophylactic and special nutrition, the medical industry, veterinary medicine, and the production of animal feed.

Key words: products of deep processing of flour mills, import substitution, environmental sustainability.

Поступила в редакцию 30.05.23

Принята к печати 26.06.23