

ного солода // Техника и технология пищевых производств. 2017. № 2. С. 74-80.

Троценко А.С., Танашкина Т.В., Корчагин В.П., Клыков А.Г. Проблемы и перспективы использования гречихи в пищевой биотехнологии // Вестник ТГЭУ. 2010. № 2. С. 104-116.

Шабурова Г.В., Курочкин А.А., Воронина П.К. Повышение технологического потенциала несоложенных зернопродуктов // Техника и технология пищевых производств. 2014. № 1 (32). С. 90-95.

De Meo B. [et al.] Behaviour of malted cereals and pseudo-cereals for gluten-free beer production // J. Inst. Brew. 2011. № 117 (4). P. 541-546.

Nic Phiarais B.P. [et al.] Processing of a top fermented beer brewed from 100 % buckwheat malt with sensory and analytical characterization // J. Inst. Brew. 2010. № 116 (3). P. 265-274.

Nic Phiarais B.P. [et al.] Use of response surface methodology to investigate the effectiveness of commercial enzymes on buckwheat malt for brewing purposes // J. Inst. Brew. 2006. № 112 (4). P. 324-332.

Zarnkow M. [et al.] Optimisation of the mashing procedure for 100 % malted proso millet (*Panicum miliaceum* L.) as a raw material for gluten-free beverages and beers // J. Inst. Brew. 2010. № 116 (10). P. 141-150.

Сведения об авторах

Ключников Андрей Иванович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии виноделия, бродильных производств и химии им. Г.Г. Агабальянца Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского. E-mail: kaivanov@mail.ru

Казарцев Дмитрий Анатольевич, доктор технических наук, доцент, профессор, заведующий кафедрой технологии виноделия, бродильных производств и химии им. Г.Г. Агабальянца Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского. E-mail: kda_79@mail.ru

Жуковская Светлана Викторовна, кандидат химических наук, доцент кафедры технологии виноделия, бродильных производств и химии им. Г.Г. Агабальянца Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского. E-mail: zhu2165@yandex.ru

Бабаева Мария Васильевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии виноделия, бродильных производств и химии им. Г.Г. Агабальянца Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского. E-mail: m.babaeva@mgutm.ru

Д.А. Куликов

D.A. Kulikov

ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОВСЯНОЙ МУЧКИ (AVENA SATIVA L.) С ЦЕЛЬЮ ОБОСНОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТОВ С ВЫСОКОЙ ПИЩЕВОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТЬЮ

STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF OATMEAL (AVENA SATIVA L.) IN ORDER TO SUBSTANTIATE THE POSSIBILITY OF DEVELOPING PRODUCTS WITH HIGH NUTRITIONAL AND BIOLOGICAL VALUE

Аннотация:

В статье представлены результаты комплексного исследования химического состава вторичных сырьевых ресурсов крупяной промышленности (овсяной мучки). Дается научное обоснование возможности применения овсяной мучки для разработки продуктов с высокой пищевой и биологической ценностью.

Ключевые слова: овсяная мучка, вторичные сырьевые ресурсы, ресурсосбережение, биологически активные вещества, пищевая ценность, биологическая ценность, флавоноиды, стерины, β-глюканы.

Abstract:

The article presents the results of a comprehensive study of the chemical composition of the secondary raw materials of the cereal industry (oatmeal) and the scientific justification for the possibility of its application for the development of products with high nutritional and biological value.

Keywords: oatmeal, secondary raw materials, resource saving, biologically active substances, nutritional value, biological value, flavonoids, sterols, β-glucans.

В связи с активной реализацией поручений в рамках обеспечения продовольственной безопасности России существенно возросло производство пищевых продуктов, в том числе на основе зернового и крупяного сырья. В результате значительного увеличения производственных программ как в пищевой, так и в перерабатывающей промышленности пропорционально возросло количество отходов различных категорий, что обусловило необходимость разработки технологий, способствующих одновременному повышению эффективности переработки сырья и внедрению дифференцированных подходов к утилизации пищевых

отходов. Отходы, которые могут быть подвергнуты комплексной переработке с целью извлечения ценных пищевых компонентов, получили название вторичных сырьевых ресурсов (ВСР) или побочных продуктов.

В связи с этим одной из важнейших задач в области пищевой промышленности и сельскохозяйственных биотехнологий является научное обоснование подходов к комплексной переработке не только натуральных продуктов, но и отходов, большинство из которых выступают в роли вторичных сырьевых ресурсов, а также разработка перспективных технологий их применения.

Решение обозначенной проблемы играет крайне важную роль в формировании устойчивого экономического развития предприятий отрасли в условиях реализации повестки Национальной технологической инициативы, в частности, создания рынка персонализированного питания. Безусловно, это позволяет перерабатывающим и пищевым предприятиям выпускать не только высококачественную, безопасную продукцию традиционных линеек, но и значительно повысить экономическую эффективность производства благодаря активному использованию альтернативных видов сырья.

Активное внедрение инновационных технологий переработки побочных продуктов позволит существенно увеличить выход готовой продукции относительно единицы перерабатываемого сырья, а также значительно расширит ассортимент выпускаемой продукции за счет новых линеек инновационных продуктов с программируемым химическим составом, заданными технологическими свойствами, максимально отвечающих потребностям в здоровом, функциональном, профилактическом и даже условно персонализированном питании.

Обращаясь к данным Федеральной службы государственной статистики, можно сделать вывод, что ежегодное количество отходов производства пищевых продуктов с 2012 по 2022 г. выросло на 3,5 млн т и достигло количества 19,8 млн т⁴⁶.

Согласно российскому законодательству, отходы зерноперерабатывающей и крупяной промышленности относятся к категории биологических отходов с невысоким уровнем опасности, зачастую IV–V классов. Такие отходы практически не наносят вред окружающей среде, но при этом не подвергаются глубокой обработке с целью последующей утилизации или повторной переработке в качестве вторичного сырья. В Российской Федерации сформирован рынок компаний, занимающихся предоставлением услуг утилизации и захоронения отходов предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности либо перерабатывающих этих отходы в комбикорма для животных. При этом компаний,

занимающихся разработкой и внедрением инновационных технологий использования вторичных сырьевых ресурсов, в том числе с применением биотехнологических методов, практически нет. Указанные способы утилизации представляются нерациональными и не отвечающими дорожным картам развития рынков Хелснет и Фуднет, Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации⁴⁷ и стратегии развития национальной нутрициологии на период до 2040 г.

В качестве одного из приоритетных направлений в указанных документах является повышение эффективности использования натурального сырья, вовлечение вторичных сырьевых ресурсов в полноценное без- или малоотходное производство и, как следствие, предотвращение образования отходов, так называемая технология нулевых отходов («zero waste»).

Важно подчеркнуть, что российская нормативная база в области переработки и утилизации пищевых отходов значительно мягче по сравнению с законодательством большинства европейских государств.

Так, отечественное законодательство не предписывает в обязательном порядке использовать отходы пищевой и перерабатывающей промышленности в качестве вторичных сырьевых ресурсов, в то время как экологическое законодательство стран Евросоюза категорически запрещает вывоз на мусорные полигоны отходов и побочных продуктов с содержанием органических веществ выше 5 %. Отсюда очевидно, что любое зарубежное перерабатывающее предприятие мотивировано к проведению комплексной модернизации производственных линий на основе результатов научных исследований по созданию инновационных технологий глубокой переработки сырья растительного происхождения.

Внедрение указанных технологий предполагает не только повышение эффективности процессов переработки и получения целевых продуктов, но и внедрение наиболее прогрессивных промышленных решений по использованию вторичных ресурсов.

В настоящее время наблюдается существенный интерес к методам выработки целлюлозы из вторичного сырья крупяной и зерноперерабатывающей отраслей. Но помимо получения целлюлозы, представляет огромный интерес извлечение и других компонентов (растворимая клетчатка, биофлавоноиды, стерины, пищевые волокна, витамины и минеральные вещества, полифенолы). Комплексное изучение химического состава ВСР и разработка технологий извлечения из них ценных компонентов позволит обосновать дифференцированные подходы к применению подобных инноваций в различных отраслях промышленности.

⁴⁶ <https://www.gks.ru/folder/313/document/74221?print=1>

⁴⁷ <http://kremlin.ru/acts/news/62627>

Одним из перспективных продуктов, образующихся в результате переработки зерна в крупу, является мучка. По своему составу это мощнейший концентрат биологически активных веществ, выгодно отличающийся по сбалансированности нутриентов даже на фоне пшеничного зародыша или отрубей, способных при введении в пищевые продукты значительно увеличить пищевую и биологическую ценность.

Результаты анализа нейросетью международных высокорейтинговых публикаций свидетельствуют об огромном интересе как со стороны ученых, так и со стороны производителей к использованию вторичных сырьевых ресурсов зерноперерабатывающей и крупяной промышленности.

В связи с этим очевидна актуальность проведения комплексных исследований по изучению химического состава овсяной мучки и научного обоснования технологий обогащенных продуктов на ее основе.

Целью настоящего исследования являлся анализ химического состава овсяной мучки, отобранной с разных производственных систем, и изучение ее влияния на пищевую и биологическую ценность пищевых продуктов.

Объектом исследования служила овсяная мучка, отобранная в 2022 г. на предприятии ООО «Объединение Союзпищепром», в прошлом ОАО «Комбинат хлебопродуктов им. Григоровича» — одного из крупнейших российских производителей продуктов питания полного цикла, реализующего стратегию «от поля до прилавка». Точки отбора — первая и вторая шелушильные системы крупощека.

Овсяная мучка в качестве источника вторичного сырья представляет собой смесь, содержащую в составе зародыш, частицы крахмала, плодовые и семенные оболочки. Согласно Правилам организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях, количество образующейся при переработке зерна в крупу мучки составляет около 15 %.

Установлено, что химический состав и выход мучек на зерноперерабатывающих предприятиях в крупощеках обусловлен не только видовой и сортовой принадлежностью, но и географическим расположением места возделывания зерна, почвенно-климатическими условиями, а также спецификой ведения технологического процесса на конкретном перерабатывающем предприятии (настройки работы шелушильного и шлифовального оборудования, своевременность выполнения регламентных работ по техническому обслуживанию, износ комплектующих). Так, при ненадлежащем обслуживании оборудования количество мучки в виде отходов может возрасти до 22-23 %.

Обзор литературы и патентный поиск свидетельствуют о том, что исследования мучки относятся к 1950-1970 гг. и рассматривают ее

химический состав преимущественно с точки зрения кормовой ценности (Таблица 1).

Табл. 1. Химический состав овсяной мучки.

Ученые	Массовая доля, %				
	Белок	Крахмал	Клетчатка	Жир	Зола
Гинзбург М.Е. ⁴⁸	9,5-14,1	44,6-56,7	9,5-14,5	6,4-10,5	4,5-6,5
Егоров Г.А. ⁴⁹	10,1-13,1	60,1-65,5	9,9 - 11,9	4,1-6,3	4,9-5,7

Таким образом, содержание в овсяной мучке существенного количества ценных и даже эссенциальных нутриентов позволяет отнести ее к перспективному сырью. Несмотря на уникальный ценный состав и целесообразность применения в качестве дополнительного сырья, овсяная мучка в настоящее время остается по-прежнему недостаточно изученной, так как используется и в нашей стране, и за рубежом преимущественно в качестве корма для животных.

Содержание витаминов в мучке определялось флуориметрическим методом и методом ВЭЖХ, витамина Е — колориметрическим методом, витамина РР — роданбромидным методом, каротиноидов — спектрофотометрическим методом на приборе «Hitachi 557». Определение клетчатки проводилось по методу Кюшнера и Ганека, β-глюкана — щелочной экстракцией методом МакКелари и Холмса. Жирнокислотный состав липидов изучался на газовом хроматографе «Carlo Erba Strumentazione» методом ГЖХ. Количественное определение жирных кислот осуществлялось на интеграторе фирмы «Shimadzu». Все исследования проводились на кафедре «Цифровая нутрициология, гостиничный и ресторанный сервис» Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского.

Результаты исследования представлены в Таблице 2.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что овсяная мучка по своему химическому составу существенно отличается от зерна овса и овсяной крупы. Так, по содержанию белка

⁴⁸ Гинзбург М.Е. Технология крупяного производства. М.: Заготиздат, 1940. 346 с.

⁴⁹ Егоров Г.А., Мельников Е.М., Максимчук Б.М. Технология муки, крупы и комбикормов. М.: «Колос», 1984. 375 с.

мучка, отобранная с первой системы шелушения, превосходит зерно овса в 2,0 раза, овсяную крупу — в 2,5 раза⁵⁰. Доказано, что в процессе шелушения в мучку с первой ШС попадают цветковые пленки, плодовые и семенные оболочки, что приводит к увеличению содержания пищевых волокон до 18,5 %. При этом содержание клетчатки в мучке со второй ШС значительно ниже — 13,2 %. Кроме того, мучка, полученная со второй ШС, содержит значительное количество жиров, объем которых больше в 1,9 раза, чем в овсе, и в 2,5 раза больше, чем в крупе.

Табл. 2. Химический состав овса и основных продуктов его переработки.

Продукт	Массовая доля, %					
	Влажность	Белок	Жир	Крахмал	Клетчатка	Зола
Овес	12,0	13,0	7,8	50,5	10,2	2,9
Крупа овсяная	12,3	10,6	6,0	52,5	6,7	2,3
Овсяная мучка (1 ШС)	12,4	26,0	8,0	27,3	18,5	4,9
Овсяная мучка (2 ШС)	11,5	10,9	14,7	43,1	13,2	3,5

В результате исследований было доказано, что мучка может являться и источником пектиновых веществ, содержание которых варьирует в водных растворах экстрактов от 0,3 до 0,65 г/л. На содержание пектиновых веществ оказывает влияние спирто-щелочная обработка, в процессе которой нейтрализуются свободные карбоксильные группы полигалактуроновой кислоты и при этом происходит образование натриевых солей.

Изучение образцов овсяной мучки позволило установить, что содержание белка может варьировать от 10,9 до 26,0 % в зависимости от используемой ШС.

Очевидно, что биологическая ценность проектируемых продуктов питания будет обусловлена полноценностью белков сырья. При этом важную роль играет отношение белковых фракций.

⁵⁰ Куликов Д.А. Комплексное применение вторичных сырьевых ресурсов зерноперерабатывающей промышленности. Оренбург: Агентство «Пресса», 2014. 347 с.

В ходе исследований был изучен фракционный состав белков овса и мучек с разных ШС. Результаты представлены в Таблице 3.

Табл. 3. Фракционный состав белков овса и мучек с разных ШС.

Продукт	Фракции белка, % от суммы фракций				
	альбумины	глобулины	проламины	глютелины	нерастворимый остаток
Овес	14,6	23,4	24,1	32,3	5,6
Овсяная мучка (1 ШС)	40,1	25,9	21,2	10,8	2,0
Овсяная мучка (2 ШС)	36,7	23,8	19,0	17,4	3,1

Установлено, что среди белковых фракций мучки преобладают водорастворимые альбумины, что в целом нехарактерно для зерновых и крупяных продуктов. Сумма альбуминов и глобулинов в мучке с первой ШС составляет 66 %, а сумма этих же фракций в овсе составила 38 %. Самое низкое содержание в овсяной мучке приходится на щелочерастворимые глютелины.

Таким образом, впервые установлено, что фракционный состав белков мучки кардинально отличается от состава белков овса.

Для изучения аминокислотного состава мучки был применен метод инфракрасной спектроскопии с использованием аналитического прибора «Infrapid 450». Полученные результаты представлены в Таблице 4.

Табл. 4. Массовая доля аминокислот в овсе и мучке.

Наименование аминокислоты	Овес	Мучка
Аспарагиновая кислота	1250	2896
Треонин	470	956
Серин	676	1000
Глутаминовая кислота + пролин	3240	2878

Наименование аминокислоты	Овес	Мучка
Глицин + аланин	1510	2867
Цистеин	420	1244
Метионин	486	1987
Изолейцин	450	648
Лейцин	802	1221
Тирозин	875	2989
Фенилаланин	724	1712
Гистидин	458	1490
Лизин	710	1987
Аргинин	886	2002
Общее содержание аминокислот	12957	25877

Дальнейшее исследование химического состава позволило установить, что овсяная мучка содержит липиды в количестве от 8,0 до 14,7%. Анализ публикаций свидетельствует о том, что сведения о свойствах жиров овсяной мучки ограничены лишь их количественным содержанием, при этом сильно отличаются у разных авторов⁵¹. По этой причине был проанализирован фракционный состав жиров овсяной мучки, отобранной с разных ШС. Результаты исследований представлены в Таблице 5.

Табл. 5. Групповой состав жиров овсяной мучки, отобранной с разных ШС.

Система шелушения	Основные фракции, % от суммы фракции				
	Полярные липиды + фосфолипиды	Триацилглицериды	Свободные жирные кислоты	Стерины	Эфиры стеренов
Первая	0,34	84,31	13,96	0,72	0,62
Вторая	0,41	83,69	14,50	0,70	0,70

⁵¹ Куликов Д.А. Новые тенденции использования вторичного сырья крупяного производства // Приволжский научный вестник. 2014. № 5 (33). С. 36-38.

Было установлено, что доминирующей фракцией жиров овсяной мучки являются триацилглицериды (83,69-84,31 %). Содержание полярных липидов и фосфолипидов в мучке незначительно и составляет от 0,34 до 0,41 %. При этом количество стеренов в мучке варьирует от 0,70 до 0,72 %.

Данные Таблицы 5 говорят о том, что значительных различий в групповом составе жиров овсяной мучки, полученных на разных ШС, нет.

С целью дальнейшего определения биологической активности мучки был изучен жирнокислотный состав жиров (Таблица 6).

Табл. 6. Жирнокислотный состав липидов овсяной мучки.

Жирная кислота, % от суммы	Система шелушения	
	1 система	2 система
C _{8:0} (каприловая)	0,10	0,08
C _{12:0} (лауриновая)	0,04	0,04
C _{14:0} (миристиновая)	0,27	0,20
C _{15:0} (пентадекановая)	0,02	0,03
C _{15:1} (пентадеценовая)	0,03	0,05
C _{16:0} (пальмитиновая)	16,48	16,10
C _{16:1} (гексадеценовая)	1,02	1,04
C _{16:1} (9-цис) (пальмитолеиновая)	0,28	0,31
C _{16:2} (ω-9) (гексадекадиеновая)	0,12	0,12
C _{17:0} (маргариновая)	0,06	0,08
C _{17:1} (10-цис) (гептадекановая)	0,03	0,04
C _{18:0} (стеариновая)	2,04	2,26

Жирная кислота, % от суммы	Система шелушения	
	1 система	2 система
C _{18:1} (9-цис) (олеиновая)	35,60	35,72
C _{18:1} (11-транс) (вакценовая)	1,10	1,18
C _{18:2} (i) (изо-октадекадиеновая)	0,35	0,31
C _{18:2} (линолевая)	39,02	38,84
C _{18:3} (ω-3) (α-линоленовая)	0,33	0,42
C _{18:3} (ω-6) (γ-линоленовая)	1,97	2,01
C _{20:0} (арахиновая)	0,25	0,22
C _{20:1} (гондиновая)	0,83	0,86
C _{22:0} (бегеновая)	0,04	0,03
C _{22:1} (эруковая)	0,09	0,07
Сумма насыщенных кислот	19,70	19,03
Сумма ненасыщенных кислот	80,30	80,97

Установлено, что жирнокислотный состав жиров мучки, отобранной с различных ШС, кардинально не отличается. В овсяной мучке преобладают ненасыщенные жирные кислоты, доля которых составляет 80,30-80,97 %. Из насыщенных жирных кислот, не обладающих высокой физиологической активностью и играющих преимущественно роль запасного энергетического вещества, в мучке широко представлена пальмитиновая кислота (16,1-16,5 %).

Главным представителем мононенасыщенных жирных кислот в мучке служит олеиновая кислота (35,6-35,7%), основной функцией которой является усиление синергизма линолевой кислоты. Последняя является представителем диеновых ненасыщенных жирных кислот, содержание ее в мучке с первой ШС составляет 39,0%. Линолевая кислота играет важную физиологическую роль в обеспечении ста-

бильного функционирования и роста кожных покровов, проницаемости капилляров.

Полученные данные указывают на то, что соотношение таких ПНЖК, как ω-3 и ω-6, в овсяной мучке составляет оптимальные 1:5 — 1:6. Важно отметить, что мучка является источником и другой омега-кислоты — малоизученной ω-9 гексадекадиеновой кислоты, проявляющей мощные антиоксидантные свойства и способствующей повышению устойчивости организма к инфекционным заболеваниям, в том числе имеющим коронавирусную природу.

Данные анализа публикаций по теме позволяют предположить, что овсяная мучка может быть источником фитостероидов — веществ стероидной природы, которые являются составной частью неомыляемой фракции растительных жиров. Стерины характеризуются высокой биологической активностью и при этом относятся к группе эссенциальных веществ, так как организм человека не способен их синтезировать, т. е. они должны поступать в организм с приемом пищи, причем необходимая суточная доза этих веществ относительно велика.

Анализ отечественных и зарубежных источников показал, что данные о количественном и качественном составе стеринов овсяной мучки отсутствуют. В связи с этим был изучен состав и свойства стеринов мучки, что, несомненно, представляет большой интерес для проектирования продуктов питания с заданными свойствами. Для определения и идентификации стериновых компонентов использовался метод газожидкостной хроматографии. Перед анализом газожидкостной хроматографией полученный остаток после омыления триметилсилилировали путем его обработки смесью BSTFA6:NMCs (90:10) при 70°C в течение 30 мин. Полученные хроматограммы интегрировали по площадям пиков внутреннего стандарта и аналита. Количественное определение стеринов осуществлялось методом внутреннего стандарта, принимая факторы откликов ПИД и МС триметилсиллильных эфиров стеринов равными.

Результаты изучения стеринов мучки показаны в Таблице 7.

Табл. 7. Содержание и состав стеринов мучки.

Стерины	Содержание стеринов, % от суммы
Холестерин	5,65
Кампастерин	7,85
Стигмастерин	11,55
β-ситостерин	66,15
Δ-5-авенастерин	3,55

Стерины	Содержание стерина, % от суммы
Δ-7-авенастерин	5,25

Было установлено, что среди стерина анализируемой муки наибольшая доля приходится на β-ситостерин (66,15 % от суммы), характеризующийся крайне высокой биологической активностью, которая проявляется в виде гипохолестеринемического действия, снижая при этом абсорбцию холестерина в кишечнике. Стигмастерин, присутствующий в овсяной муке в количестве 11,55 % от суммы, обладает эстрогенными, противоопухолевыми, противогрибковыми и бактериостатическими свойствами. Холестерин овсяная мука содержит в незначительных количествах⁵².

Таким образом, можно сделать вывод о том, что овсяная мука благодаря сбалансированному составу стерина обладает высокой биологической активностью и способна оказывать на организм человека иммуномодулирующее, онкопротекторное, гипогликемическое и антиоксидантное влияние.

На следующем этапе был изучен углеводный комплекс овсяной муки. Было установлено, что содержание крахмала в муке колеблется в пределах 27,3-43,1 % в зависимости от ШС, при этом общее количество сахаров не превышает 1,2 %. Сахара муки состоят из моносахаридов и полисахаридов. Простые сахара включают глюкозу (8,4 %) и галактозу (10,8 %), сложные сахара — сахарозу (48,0 %) и раффинозу (32,8 %).

Важно отметить, что мука является отличным источником пищевых волокон, которые включают клетчатку, левулезаны и гемицеллюлозу. Указанные пищевые волокна попадают в муку из семенных оболочек, клеточных стенок в процессе переработки овса в крупу.

Уникальным свойством клетчатки овсяной муки является то, что она состоит в основном из растворимого полисахарида — β-глюкана. Выявлено, что содержание β-глюкана в муке с первой ШС составляет 15 % — это в три раза больше содержания β-глюканов в овсе. Наличие в овсяной муке растворимой клетчатки обуславливает вязкость овсяных отваров и их положительное влияние на моторику ЖКТ. Многочисленные исследования подтверждают, что β-глюканы обладают ярко выраженными иммуномодулирующими и радиопротекторными свойствами.

В результате исследований углеводного комплекса было установлено, что в овсяной муке присутствуют левулезаны (1,1 %), относящиеся к сложным полисахаридам и состоящие из остатков левулезы (фруктозы).

⁵² Куликов Д.А. Новые тенденции использования вторичного сырья крупяного производства. С. 36-38.

Кроме того, в муке обнаружена гемицеллюлоза и водорастворимые пентозаны, содержание которых составляет до 5 %, вследствие попадания периферийных частей овса в муку в процессе шелушения и шлифования⁵³.

Также в ходе исследования было определено содержание витаминов в муке. Результаты анализов представлены в Таблице 8.

Табл. 8. Содержание витаминов в овсе и муках.

Продукт	Витамины, мг/100 г					
	В ₁	В ₂	В ₆	РР	Е	каротиноиды
Овес	0,38	0,19	0,39	1,83	2,70	0,05
Овсяная мука (1 ШС)	0,45	0,43	0,72	4,80	4,90	0,30
Овсяная мука (2 ШС)	0,47	0,39	0,70	4,54	4,93	0,32

Исследования показали, что мука по содержанию витаминов богаче овса. По содержанию витамина В₁ овсяная мука превосходит зерно овса в 1,2 раза, овсяную крупу — в 1,7 раза. Также установлено, что в муке содержится в 2,3 раза больше витамина В₂, чем в овсе, и в 3,6 раза больше, чем в овсяной крупе. Было определено, что мука в 6,4 раза богаче овса по количеству каротиноидов. Кроме того, овсяная мука является прекрасным источником витаминов В₆, РР и Е в сравнении с овсом и основными продуктами его переработки. Полученные данные отчетливо указывают на то, что различий в распределении витаминов в овсяной муке, отобранной с различных ШС, не обнаружено⁵⁴.

При моделировании продукции, обладающей повышенной пищевой и биологической ценностью, важно учитывать также содержа-

⁵³ Куликов Д.А. Перспективные направления применения побочных продуктов переработки крупяных культур // Образовательная среда сегодня и завтра: Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции / Под ред. Г.Г. Бубнова. М.: Изд-во Моск. гос. индустр. ун-та. 2013. С. 371-374.

⁵⁴ Куликов Д.А. Разработка комплексной ресурсосберегающей технологии использования побочных продуктов зерноперерабатывающей промышленности на основе изучения химического состава и показателей безопасности // Образовательная среда сегодня и завтра: Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции (Москва, МТИ, 28-29 ноября 2016 г.) / Отв. ред. Г.Г. Бубнов. М.: Изд. МТИ, 2016. С. 254-256.

ние микро- и макроэлементов. Минеральный состав мучки определялся на атомных спектрофотометрах С-115 и ААС-4. Данные анализа сведены в Таблице 9.

Полученные результаты говорят о том, что овсяная мучка превосходит овес по содержанию дефицитного для всех зерновых продуктов кальция в 1,4 раза, калия — в 1,3 раза, фосфора — в 1,3 раза, железа — в 3,3 раза, марганца — в 2,3 раза.

Табл. 9. Минеральный состав овса и мучек.

Продукт	Минеральные вещества, мг/100 г										
	макроэлементы					микроэлементы					
	К	Ca	Mg	Na	P	Fe	Co	Mn	Cu	Ni	Zn
Овес	410,0	112,0	150,0	50,0	375,0	19,1	0,3	70,5	2,5	1,6	36,1
Овсяная мучка (1 ШС)	547,0	145,0	189,0	54,0	484,0	63,7	0,4	157,0	3,5	1,5	31,2
Овсяная мучка (2 ШС)	536,0	155,0	193,0	58,0	496,0	58,3	0,5	162,0	3,6	1,4	35,7

Определение биофлавоноидов в мучке проводилось по методике определения суммарных количеств флавоноидов в пересчете на 2-О-рабинозид изоветоксина методом тонкослойной хроматографии. Массовые доли суммарных количеств флавоноидов в овсяной мучке приведены в Таблице 10.

Табл. 10. Массовая доля флавоноидов и флавонолов в овсяной мучке.

Флавоноиды	Содержание флавоноидов и флавонолов, мг/г
Пеонидин-3-глюкозид	0,03
Лютеолин	0,04
Кемпферол-3-рутинозид	0,01
3,7-дигидроксифлаван	0,02
Хризин	0,01
Апигенин	0,02
Рутин	0,02

Флавоноиды	Содержание флавоноидов и флавонолов, мг/г
Гиперозид	0,01
Кварцетин-3-рутинозид (рутин)	0,02
Кверцетин	0,03

Полученные данные свидетельствуют, что овсяная мучка может выступать в качестве источника разнообразных флавоноидов и флавонолов. Большинство содержащихся в экстракте веществ индивидуально обладают биологической активностью и являются важными элементами здорового питания.

Итак, установлено, что овсяная мучка содержит вещества, придающие ей гипохолестеринемические, иммуномодулирующие, гипогликемические свойства, а флавоноиды в ее составе, проявляющие сильные антиоксидантные свойства, обеспечивают защиту от окисления и повреждения клеток свободными радикалами, чем предотвращают преждевременное старение организма. Все это открывает широкие перспективы для разработки линеек хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, напитков и растительных масел для организации сбалансированного здорового питания различных групп населения.

Список литературы

Гинзбург М.Е. Технология крупяного производства. М.: Заготиздат, 1940. 346 с.

Егоров Г.А., Мельников Е.М., Максимчук Б.М. Технология муки, крупы и комбикормов. М.: «Колос», 1984. 375 с.

Куликов Д.А. Комплексное применение вторичных сырьевых ресурсов зерноперерабатывающей промышленности. Оренбург: Агентство «Пресса», 2014. 347 с.

Куликов Д.А. Новые тенденции использования вторичного сырья крупяного производства // Приволжский научный вестник. 2014. № 5 (33). С. 36-38.

Куликов Д.А. Перспективные направления применения побочных продуктов переработки крупяных культур // Образовательная среда сегодня и завтра: Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции / Под ред. Г.Г. Бубнова. М.: Изд-во Моск. гос. индустр. ун-та. 2013. С. 371-374.

Куликов Д.А. Разработка комплексной ресурсосберегающей технологии использования побочных продуктов зерноперерабатывающей промышленности на основе изучения химического состава и показате-

лей безопасности // Образовательная среда сегодня и завтра: Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции (Москва, МТИ, 28-29 ноября 2016 г.) / Отв. ред. Г.Г. Бубнов. М.: Изд. МТИ, 2016. С. 254-256.

Сведения об авторе

Куликов Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Цифровая нутрициология, гостиничный и ресторанный сервис» Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского.

И.И. Татарченко, А.А. Славянский, Н.Н. Лебедева
I.I. Tatarchenko, A.A. Slavyanskiy, N.N. Lebedeva

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАЦИИ ТАБАКА В АНАЭРОБНЫХ УСЛОВИЯХ

INVESTIGATION OF TOBACCO FERMENTATION PROCESS UNDER ANAEROBIC CONDITIONS

Аннотация:

Исследован процесс ферментации табака в условиях ограниченного доступа воздуха (анаэробная ферментация). Изучено влияние исходной влажности табачного сырья, закладываемого на естественную ферментацию в условиях ограниченного доступа кислорода, на характер изменения свойств табака в процессе ферментации. Определены технологические и химические свойства табачного сырья, прошедшего естественную ферментацию при ограниченном доступе кислорода. На основе анализа опытных данных сделан вывод, что герметичная упаковка из полимерной пленки является наиболее эффективным способом предохранения табака от пересыхания при его хранении в неблагоприятных условиях при высокой температуре.

Ключевые слова: табачные листья, ограниченный доступ воздуха, неферментированный табак, полимерная упаковка.

Abstract:

The process of tobacco fermentation in conditions of limited air access (anaerobic fermentation) has been studied. The influence of the initial moisture content of tobacco raw materials laid on natural fermentation under conditions of limited oxygen access on the nature of changes in tobacco properties during fermentation has been studied. The technological and chemical properties of tobacco raw materials that have undergone natural fermentation with limited oxygen access have been studied. Sealed packaging in a polymer film is the most effective way to protect tobacco from drying out when it is stored in unfavorable conditions at high temperature.

Keywords: tobacco leaves, limited air access, unfermented tobacco, polymer packaging.

При традиционной естественной (аэробной) ферментации биохимические процессы в табаке проходят под воздействием внешних климатических условий в более медленном темпе, чем при заводской ферментации (также аэробной). В теплое время года в табачном сырье