

Обзорная статья / *Review article*

УДК 664:577.117.3

DOI: 10.31208/2618-7353-2022-19-69-76

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕЛАНИНА
В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

***THE USE OF MELANIN
IN THE FOOD INDUSTRY***

Елена А. Кадрицкая, аспирант

Марина Н. Школьников, доктор технических наук, доцент

Elena A. Kadritskaya, Graduate Student

Marina N. Shkolnikova, Dr. Sci. (Technology), Associate Professor

Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

Контактное лицо: Школьников Марина Николаевна, доктор технических наук, доцент, кафедра технологии питания, Уральский государственный экономический университет; 620144, Россия, Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, д. 62/45;

e-mail: shkolnikova.m.n@mail.ru; тел.: 8 (3854) 43-53-05; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9146-6951>.

Для цитирования: Кадрицкая Е.А., Школьников М.Н. Применение меланина в пищевой промышленности // Аграрно-пищевые инновации. 2022. Т. 19, № 3. С. 69-76. <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2022-19-69-76>.

Principal Contact: Marina N. Shkolnikova, Dr. Sci. (Technology), Associate Professor, Department of Food Technology, Ural State University of Economics; 62/45, 8 Marta / Narodnaya Volya str., Ekaterinburg, 620144, Russian Federation;

e-mail: shkolnikova.m.n@mail.ru; tel.: +7 (3854) 43-53-05; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9146-6951>.

For citation: Kadritskaya E.A., Shkolnikova M.N. The use of melanin in the food industry. *Agrarian-and-food innovations*. 2022;19(3):69-76. (In Russ.). <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2022-19-69-76>.

Резюме

Цель. Обосновать возможности применения природного меланина в пищевой промышленности на основе изучения его источников и свойств.

Обсуждение. Систематизированы источники меланина растительного, животного и микробного происхождения, некоторые из которых являются малопригодными для промышленного использования – чернила кальмара, сепии, семена арбуза и др., а чага березового гриба как источник меланина имеет длительное возобновление. Свойства меланина – защита от света, хелатирование ионов металлов, антибактериальная и антиоксидантная активность и др., обуславливают их использование в технологии продуктов питания и их первичной упаковке.

Заключение. Источники меланина разнообразны, однако промышленно значимыми являются растительное сырье и отходы его производства, в частности, лужга гречихи посевной. Несмотря на значительный объем лужги – более 65 тыс. т в год, ее использование на сегодняшний день крайне ограничено. Функциональные свойства, невысокая стоимость и доступность меланина из лужги гречихи открывают возможность для его применения в пищевой промышленности.

Ключевые слова: меланин, пищевые продукты, источники меланина

Abstract

Purpose. *Substantiate the possibilities of using natural melanin in the food industry based on the study of its sources and properties.*

Substantiation of the possibility of using natural melanin in the food industry based on the study of its sources and properties.

Discussion. *Sources of melanin of plant, animal and microbial origin are systematized, some of which are unsuitable for industrial use – squid ink, sepia, watermelon seeds, etc., and birch fungus chaga as a source of melanin has a long renewal. The properties of melanin – protection from light, chelation of metal ions, antibacterial and antioxidant activity, etc., determine their use in food technology and their primary packaging.*

Conclusion. *Sources of melanin are diverse, but plant raw materials and waste products of its production, in particular, buckwheat husk, are industrially significant. Despite the significant volume of husk – more than 65 thousand tons per year, its use today is extremely limited. Functional properties, low cost and accessibility.*

Keywords: *melanin, foods, sources of melanin*

Введение. В современных экономических условиях остро встает вопрос продовольственной независимости России за счет снижения не только продуктовой, но и технологической импортозависимости отечественного сельского хозяйства. По оценкам экспертов, решению задачи импортозамещения препятствует недостаточность инновационных технологий, в том числе переработки местных сырьевых ресурсов. В связи с этим актуально изучение источников пищевых добавок для использования их в пищевой промышленности, в частности, коричневого пигмента меланина, высокая физиологическая активность и функциональные свойства которого доказаны рядом многолетних исследований.

Меланины довольно реакционноспособны и обладают рядом сложных структурных и физико-химических свойств в дополнение к устойчивости и деградации. Они проявляют окислительно-восстановительную активность с переносом заряда и являются выдающимся стабильным радикалом, поглотителем свободных радикалов, хелатирующим агентом для ионов, проявляют связывающую способность в отношении различных биомолекул и органических агентов (лекарств, антибиотиков и других ксенобиотиков). Эти химические свойства делают меланины востребованными пигментами во многих отношениях (Hill HZ, 1992), поскольку они могут действовать как:

окислительно-восстановительные полимеры, буферизующие уровень других внутриклеточных окислительно-восстановительных биомолекул внутри клетки;

поглотители радикалов для нейтрализации активных кислородсодержащих соединений;

ионо-хелатирующий агент и, возможно, обменник; меланин способен хелатировать ионы металлов через свои карбоксилированные и фенольные гидроксильные группы, во многих случаях с высокой эффективностью; таким образом, он может служить для изоляции потенциально токсичных ионов металлов, защищая остальную часть клетки;

полимеры с сильной способностью связывать различные органические молекулы, ксенобиотики и ароматические и липофильные соединения;

защитный экран для герметизирующих и изолирующих структур, таких как споры грибов, укрепляющие клеточные стенки и экзокутикулы насекомых;

полупроводниковые материалы с высокой емкостью, используемые для нанотехнологических устройств.

Вместе с тем использование пищевого ингредиента меланина из различных сырьевых источников в пищевой промышленности ограничено недостаточной изученностью технологических свойств, что обусловило цель настоящей статьи: обосновать возможности применения природного меланина в пищевой промышленности на основе изучения его источников и свойств.

Обсуждение. Различают меланины растительного и животного происхождения, получаемые экстракцией сырья, в том числе с использованием ферментных препаратов, и микробного происхождения, получаемые химическим и микробиологическим синтезом. В таблице 1 обобщены и систематизированы сведения по источникам меланина.

Меланины животного и растительного происхождения различны по молекулярному составу и физико-химическим свойствам (Лях С.П. и др., 2007).

Как видно из приведенных в таблице 1 данных, источники меланина весьма разнообразны как по своей природе, так и по видам. Некоторые из них являются, на наш взгляд, малопригодными для промышленного использования – чернила кальмара, сепии, семена арбуза, кунжута и османтуса и др., хотя возможно их использование в технологии крафтовых продуктов питания.

Распространенным источником получения меланина служит чага березового гриба. Однако возобновление данного сырья в природных условиях является длительным процессом (Жорина Л.А. и др., 2006).

Также в качестве источника меланина могут рассматриваться различные виды растительного сырья и отходы его производства при условии, что полученный меланин, как и любой другой ингредиент, будет, во-первых, нетоксичным, то есть пригодным для употребления в качестве пищевого сырья; во-вторых, обеспечит некоторую питательную ценность организму, например, энергию и (или) питательные вещества.

Благодаря таким своим свойствам, как защита от света, хелатирование ионов металлов, антибактериальная и антиоксидантная активность, меланины находят все большее применение в пищевой промышленности, в частности, в технологии продуктов питания и их первичной упаковке.

В работе Kurian NK и Bhat SG (2018) приведены экспериментальные данные по выделению меланина из грамотрицательной морской бактерии *Vibrio alginolyticus* и изучению образца меланина. Доказано отсутствие цитотоксичности у образца меланина. Приведены результаты, убедительно доказывающие фотозащитную способность меланина: так, его наличие в составе солнцезащитного крема повышает значение солнцезащитного фактора SPF на 3,42 ед., что означает, что меланин поглощает 50-75% ультрафиолетового излучения. В эксперименте установлено, что, во-первых, образец меланина менее цитотоксичен, чем образцы, продуцируемые *Escherichia coli* или выделенные из растительного сырья. По мнению авторов, это может быть связано с цитопротекторными свойствами меланина, такими как очистка от радикалов и хелатный потенциал. Во-вторых, выделенный пигмент обладает высокой биоактивностью в отношении пищевых патогенов и может быть использован в пищевой промышленности.

Огарковым Б.Н. и Самусенок Л.В. описан способ получения пигмента-красителя из гречневой лузги, при этом выход красителя составляет 5,0-5,3 г из 50 г гречневой лузги, или 10,0-10,6%. Авторами показано, что предварительная обработка значительно повышает выход меланина. Предлагаемый способ позволяет получить коричневый пигмент-краситель из доступного растительного сырья с максимальным выходом пигмента, не используя при этом специального оборудования.

Таблица 1. Источники природных меланинов

Table 1. Sources of natural melanins

Происхождение сырья <i>Origin of raw materials</i>	Вид сырья <i>Type of raw material</i>
Растительное <i>Vegetable</i>	Подсолнечник однолетний <i>Sunflower annual</i>
	Семена арбуза <i>Seeds of watermelon</i>
	Гречиха посевная <i>Buckwheat</i>
	Каштан конский и посевной; Чай китайский; Виноград культурный; Семена черного кунжута; Облепиха крушиновидная; Орех грецкий; Боб садовый (конский боб); Семена османтуса душистого <i>Horse chestnut and sowing; Chinese tea; Grapes cultivated; Black sesame seeds; Sea buckthorn; Walnut; Bean garden (horse bean); fragrant osmanthus seeds</i>
Отходы растительного сырья <i>Waste of vegetable raw materials</i>	Лузга подсолнечника однолетнего <i>Sunflower annual husk</i>
	Лузга гречихи посевной <i>Buckwheat husk</i>
	Листья черного риса <i>Black rice leaves</i>
	Выжимки винограда <i>Grape pomace</i>
	Выжимки свекольные <i>Beet pomace</i>
Грибы <i>Mushrooms</i>	Чага <i>Chaga</i>
	Трутовый гриб <i>Polypore mushroom</i>
	Плодовые тела древесного гриба <i>Auricularia auricula</i> <i>Bodies of the tree fungus Auricularia auricular</i>
Каллусные и суспензионные культуры <i>Callus and suspension cultures</i>	Культуры рода <i>Nigella</i> <i>Cultures of the genus Nigella</i>
Животное <i>Animal</i>	Чернила сепии <i>Sepiella maindroni</i> (эумеланин) <i>Sepia ink Sepiella maindroni (eumelanin)</i>
	Чернила кальмара <i>Squid ink</i>
Микроорганизмы (бактерии, грибы) <i>Microorganisms (bacteria, fungi)</i>	Черный дрожжевой грибок <i>Aureobasidium pullulans</i> <i>Black yeast Aureobasidium pullulans</i>
	Производственный штамм <i>Bacillus thuringiensis</i> <i>Production strain of Bacillus thuringiensis</i>
	Грибы <i>Alternaria alternata</i> (Fries) Keissler <i>Mushrooms Alternaria alternata (Fries) Keissler</i>
	Дрожжевой гриб <i>Cryptococcus neoformans</i> <i>Yeast fungus Cryptococcus neoformans</i>

Таблица 2. Продолжение

Table 1. Continuation

Происхождение сырья <i>Origin of raw materials</i>	Вид сырья <i>Type of raw material</i>
	Рекомбинантный штамм <i>Escherichia coli</i> (кишечная палочка), биосинтез из терозина <i>Recombinant strain of Escherichia coli (E. coli), biosynthesis from terosin</i>
	Морские актинобактерии, выделенные из морской губки <i>Dendrilla nigra</i> <i>Marine actinobacteria isolated from the marine sponge</i> <i>Dendrilla nigra</i>
	Морская бактерия <i>Vibrio alginolyticus</i> <i>Marine bacterium Vibrio alginolyticus</i>
	Дрожжи <i>Saccharomyces neoformans</i> <i>Yeast Saccharomyces neoformans</i>

По мнению авторов, пигмент можно использовать как пищевой краситель, однако технологические характеристики, такие как интенсивность цвета, светостойкость пигмента, устойчивость к изменению температуры, pH и др., в описании изобретения не приведены. Помимо этого пигмент может найти применение как лекарственный препарат в медицине, фармакологии и других отраслях (Огарков Б.Н. и Самусенок Л.В., 2003).

Кроме того, исследована возможность использования лузги гречихи посевной для получения функционального пищевого красителя меланина (Школьникова М.Н. и Кадрицкая Е.А., 2020). Показано, что лузга может быть использована для дальнейшей переработки с целью получения пищевого красителя меланина. Экспериментально установлена способность образца меланина связывать ионы меди: 1 г 0,5%-ного раствора экстракта меланина гречневой лузги связал 966,6 мг/мл меди, а антиоксидантная активность 1 г экстракта меланина соответствует, по АОА, 0,056 г рутина. Таким образом, выделенные из лузги гречихи водорастворимые образцы меланина могут использоваться как пищевые красители, а также как антиоксиданты и биосорбенты, что позволяет рекомендовать их в качестве функциональных пищевых ингредиентов в составе продуктов питания.

Высокую антиоксидантную активность продемонстрировали образцы меланина, выделенного из лузги подсолнечника (Грачева Н.В. и Желтобрюхов В.Ф., 2016).

Известно использование меланина в кондитерских изделиях. Так, пищевой пигмент-краситель был использован в десерте – креме из ягод жимолости – на кафедре технологии и организации пищевых производств Новосибирского государственного технического университета. Эмпирическим путем было установлено, что добавление пищевого пигмента-красителя в количестве 1,5 г на порцию готового десерта обеспечивает функциональность продукта в АОА. По органолептическим показателям крем получил высокую оценку благодаря хорошей консистенции, нежному приятному вкусу с незначительный привкусом гречихи и привлекательному цвету. Также крем с исследуемым пищевым пигментом-красителем по сравнению с контрольным образцом (кремом без добавления пищевого пигмента-красителя) имел повышенную АОА ((0,15 ± 0,01) против (0,13 ± 0,01) мг кверцетина на 1 г образца) и большее содержание клетчатки ((0,565 ± 0,01) против (0,025 ± 0,01) мг%). По утверждению авторов, добавление пищевого пигмента-красителя не только повышает АОА в десерте, но и обогащает его состав клетчаткой (Корпачева С.М. и др., 2021).

Кушнаренко Л.В. и Левочкиной Л.В. (2015) раскрыт способ получения гидролизата из шелухи гречихи – природного красителя на основе пигмента меланина, в качестве замены какао-порошка для пряничных и кондитерских изделий. По мнению авторов, полученный гидролизат может быть использован в производстве сухих сахаристых и белковых пищевых добавок для замены какао-порошка в отделочных полуфабрикатах для пряничных и мучных кондитерских изделий, однако примеров такого использования в описании изобретения не приведено.

В работе Алексеевой Т.Н. и ее коллег (2008) изучены технологические свойства пищевого красителя – образца растительного меланинового пигмента: определены его свето- и термостабильность, кислотоустойчивость и физико-химические свойства в процессе хранения безалкогольных напитков.

Известно использование в качестве пищевой кремнийсодержащей добавки в виде порошка (размер частиц менее 80 мкм составляет 85%), полученного из растительного сырья – шелухи гречихи, в качестве хелатирующего соединения катехинового типа используют иванчай (кипрей узколистный) (Полубояров Д.В. и др., 2014).

Заключение. Систематизация массива литературных данных по источникам меланина показала, что они разнообразны как по своей природе, так и по видам. В качестве источника меланина могут рассматриваться различные виды растительного сырья и отходы его производства, в частности, лузга гречихи посевной. При переработке зерна гречихи образуется значительное количество непригодной в пищу жесткой семенной оболочки (шелухи/лузги) – порядка 14-30% от массы зерна, что составляет более 65 тыс. т в год. Лузга гречихи окрашена в темно-коричневый цвет и состоит из грубых толстостенных клеток, образующих волокнистую структуру, где пигмент меланиновой природы локализован в наружных слоях клетчатой стенки. Благодаря химическому составу, невысокой стоимости и доступности лузга гречихи является перспективным сырьем для пищевой, фармацевтической и химической промышленности, хотя ее использование на сегодняшний день крайне ограничено.

Список источников

1. Алексеева Т.Н., Оганесянц Л.А., Красникова Е.В., Рудометова Н.В. Исследование растительного меланина как пищевого красителя для безалкогольных напитков // Хранение и переработка сельхозсырья. 2008. № 7. С. 40-43.
2. Грачева Н.В., Желтобрюхов В.Ф. Способ получения меланина из лузги подсолнечника и исследование его антиоксидантной активности // Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19, № 15. С. 154-157.
3. Корпачева С.М., Чугунова О.В., Позняковский В.М. Использование порошка из лузги гречихи в рецептурах и технологиях производства бисквитного полуфабриката // Индустрия питания. 2021. Т. 6, № 4. С. 55-63.
4. Лях С.П., Булгак М.Л., Исаев А.Г. Астромеланин: лечебное средство для меланотерапии: книга посвящена 40-летию изучения антарктических чёрных дрожжей *Nadsoniella nigra* var. *hesuelica* и их мелано пигмента АстроМеланина. Москва, 2007. 167 с.
5. Патент № 2281779 Российская Федерация, МПК А61К 36/28 (2006.01). Способ получения природного меланоидного антиоксиданта: № 2004134636/15: заявл. 26.11.2004: опубл. 20.08.2006 / Жорина Л.А., Кашеватская Р.Н., Иванов А.Л., Иванов В.Л. 6 с.

6. Патент № 2215761 Российская Федерация, МПК С09В 61/00 (2006.01). Способ получения пигмента-красителя из растительного сырья: № 2000116048/13: заявл. 19.06.2000: опубл. 10.11.2003 / Огарков Б.Н., Самусенок Л.В. 4 с.
7. Патент № 2545349 Российская Федерация, МПК А23J 1/12 (2006.01), А23J 3/14 (2006.01), А23J 3/32 (2006.01), А23J 3/34 (2006.01). Способ получения гидролизата из шелухи гречихи в качестве замены какао-порошка для пряничных и кондитерских изделий: № 2013154812/10: заявл. 10.12.2013: опубл. 27.03.2015 / Кушнаренко Л.В., Левочкина Л.В. 7 с.
8. Патент № 2528837 Российская Федерация, МПК А23L 1/304 (2006.01). Добавка из растительного сырья и способ ее получения: № 2013122490/13: заявл. 15.05.2013: опубл. 20.09.2014 / Полубояров Д.В., Макаров А.В., Киреева Н.М. 13 с.
9. Школьников М.Н., Кадрицкая Е.А. Обоснование использования лузги гречихи для получения функциональных пищевых красителей // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2020. № 4. С. 22-28. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2020-10-4-22-28>.
10. Hill HZ. The function of melanin or six blind people examine an elephant // BioEssays. 1992. Vol. 14, iss. 1. P. 49-56. <https://doi.org/10.1002/bies.950140111>.
11. Kurian NK, Bhat SG. Food, cosmetic and biological applications of characterized DOPA-melanin from *Vibrio alginolyticus* strain BTKKS3 // Applied biological chemistry. 2018. № 61. P. 163-171. <https://doi.org/10.1007/s13765-018-0343-y>.

References

1. Alekseeva TN, Oganesyants LA, Krasnikova EV, Rudometova NV. Research of vegetative melanin as food dye for nonalcoholic beverages. *Khranenie i pererabotka selkhozsyria = Storage and processing of Farm Products*. 2008;(7):40-43. (In Russ.).
2. Gracheva NV, Zheltobryukhov VF. The method of obtaining melanin from sunflower husks and the study of its antioxidant activity. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta = Herald of Technological University*. 2016;19(15):154-157. (In Russ.).
3. Korpacheva SM, Chugunova OV, Poznyakovsky VM. Use of buckwheat hull powder in sponge cake semi-finished product formulations and production technology. *Industriya pitaniya = Food Industry*. 2021;6(4):55-63. (In Russ.).
4. Lyakh SP, Bulgak ML, Isaev AG. Astromelanin: a therapeutic agent for melanotherapy: the book is dedicated to the 40th anniversary of the study of the Antarctic black yeast *Nadsoniella nigra* var. *hesuelica* and their melanopigment AstroMelanin. Moscow, 2007. 167 p. (In Russ.).
5. Zhorina LA, Kashevatskaja RN, Ivanov AL, Ivanov VA. Method for preparing natural melanoid antioxidant. Patent RF, no. 2281779, 2006. (In Russ.).
6. Ogarkov BN, Samusenok LV. Method for preparing pigment-dye from vegetable raw. Patent RF, no. 2215761, 2003. (In Russ.).
7. Kushnarenko LV, Levochkina LV. Method for production of hydrolyzate of buckwheat husks as cocoa powder substitute for gingerbread and confectionery products. Patent RF, no. 2545349, 2015. (In Russ.).
8. Polubojarov DV, Makarov AV, Kireeva NM. Additive from plant raw material and method of its preparation. Patent RF, no. 2528837, 2014. (In Russ.).

9. Shkolnikova MN, Kadritskaya EA. Rationale for the use of buckwheat husk for the production of functional food colors. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO Seriya Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv = Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment*. 2020;(4):22-28. (In Russ.). <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2020-10-4-22-28>.
10. Hill HZ. The function of melanin or six blind people examine an elephant. *BioEssays*. 1992;14(1):49-56. <https://doi.org/10.1002/bies.950140111>.
11. Kurian NK, Bhat SG. Food, cosmetic and biological applications of characterized DOPA-melanin from *Vibrio alginolyticus* strain BTKKS3. *Applied biological chemistry*. 2018;(61):163-171. <https://doi.org/10.1007/s13765-018-0343-y>.

Вклад авторов: Елена А. Кадрицкая: анализ и оформление результатов исследований, табличное представление результатов, написание первой версии статьи и подготовка рукописи; Марина Н. Школьниковна: разработка концепции и дизайна исследования, формулировка результатов исследования и заключительных выводов, критический пересмотр статьи на предмет важного интеллектуального содержания. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Contribution of the authors: *Elena A. Kadritskaya: analysis and design of research results, tabular presentation of results, writing the first version of the article and preparation of the manuscript; Marina N. Shkolnikova: development of the concept and design of the study, formulation of research results and final conclusions, critical revision of the article for important intellectual content. All authors participated equally in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism and self-plagiarism.*

Конфликт интересов. Авторы заявляют, что никакого конфликта интересов в связи с публикацией данной статьи не существует.

Conflict of interest. *The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.*

Информация об авторах (за исключением контактного лица):

Кадрицкая Елена Александровна – аспирант, Уральский государственный экономический университет; 620144, Россия, Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, д. 62/45; e-mail: ktk096@gmail.ru; тел.: 89617697358; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5126-6616>.

Information about the authors (excluding the contact person):

Elena A. Kadritskaya – Graduate Student, Ural State University of Economics; 62/45, 8 Marta / Narodnaya Volya str., Ekaterinburg, 620144, Russian Federation; e-mail: ktk096@gmail.ru; tel.: +79617697358; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5126-6616>.

Статья поступила в редакцию / *The article was submitted:* 09.08.2022;
одобрена после рецензирования / *approved after reviewing:* 14.10.2022;
принята к публикации / *accepted for publication:* 17.10.2022