Исследовательская статья

DOI 10.69540/2949-4079.2026.44.47.003 **УДК 664.661.3**

ПРИМЕНЕНИЕ СЫРЬЯ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩЕГОСЯ ПОВЫШЕННОЙ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТЬЮ, В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБА

М.В. Яковлева, Ахмад Мохамед, И.Ю. Яковлев, Ю.Ю. Забалуева

Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, Москва

Аннотация:

Рассмотрены перспективы использования природных антиоксидантов растительного происхождения в технологии хлебобулочных изделий с целью повышения их пищевой ценности. Проводимые исследования обусловлены современными тенденциями создания функциональных продуктов питания, направленных на профилактику заболеваний и укрепление здоровья населения. Новыми компонентами с выраженными антиоксидантными свойствами в рецептурах хлебобулочных изделий являлись: порошок ламинарии, зеленый чай, льняная мука и черный тмин. Использование данных ингредиентов обосновано высоким содержанием в их составе уникальных биологически активных веществ, включая флоротаннины, катехины (EGCG), лигнаны и тимохинон. Исследования показали, что добавление выбранных растительных компонентов в рецептуру влияет на цветовые и вкусовые характеристики готового продукта, что требует технологической корректировки, особенно при использовании порошка ламинарии. При этом физико-химические показатели качества полуфабрикатов и готовых изделий соответствуют требованиям нормативных документов.

Ключевые слова: функциональное питание, растительные антиоксиданты, хлебобулочные изделия, ламинария, зеленый чай, льняная мука, черный тмин

Research article

APPLICATION OF RAW MATERIALS WITH HIGH ANTIOXIDANT ACTIVITY IN BREAD PRODUCTION TECHNOLOGY

M.V. Yakovleva, Ahmad Mohamed, I.Yu. Yakovlev, Yu.Yu. Zabalueva

K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management, Moscow

© М.В. Яковлева, Ахмад Мохамед, И.Ю. Яковлев, Ю.Ю. Забалуева, 2026

Abstract:

The article discusses the prospects of using natural antioxidants of plant origin in the technology of bakery products in order to increase their nutritional value. The ongoing research is driven by current trends in the creation of functional food products aimed at preventing diseases and improving public health. New components with pronounced antioxidant properties in the formulations of bakery products were: kelp powder, green tea, flaxseed flour and black cumin. The use of these ingredients is justified by the high content of unique biologically active substances in their composition, including phlorotannins, catechins (EGCG), lignans and thymoquinone. Studies have shown that the addition of selected herbal ingredients to the formulation affects the color and taste characteristics of the finished product, which requires technological adjustments, especially when using kelp powder. At the same time, the physico-chemical quality indicators of semi-finished products and finished products comply with the requirements of regulatory documents.

Keywords: functional nutrition, plant antioxidants, bakery products, kelp, green tea, flaxseed flour, black cumin

Адекватное и сбалансированное питание является фундаментальным фактором, определяющим физиологическое состояние и здоровье населения. Оптимальный рацион обеспечивает не только условия для нормальной жизнедеятельности человека, но и играет ключевую роль в профилактике алиментарно-зависимых заболеваний, в повышении функциональных резервов организма и его адаптации к агрессивному воздействию окружающей среды[21].

Однако анализ структуры питания населения РФ за последние годы свидетельствует о тревожных тенденциях: наряду с дефицитом основных нутриентов (белка, витаминов, макро- и микроэлементов) наблюдается острая нехватка минорных биологически активных веществ — природных биорегуляторов. К ним относятся полифенолы, флавоноиды, лигнаны и другие фитонутриенты, дефицит которых снижает защитный потенциал организма[22].

Известно, что в условиях современной экологии, урбанизации и высокого уровня психоэмоционального напряжения чрезмерно ак-

[21] *Тутельян В.А., Шарафетдинов Х.Х., Коденцова В.М.* Питание и здоровье // Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 4. С. 14—24.

[22] Распоряжение Правительства РФ от 29.06.2016 № 1364-р «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года».

тивируются процессы свободнорадикального окисления, приводящие к развитию «окислительного стресса» клетки. В связи с этим разработка продуктов массового потребления, обогащенных природными антиоксидантами, приобретает особую актуальность как стратегия алиментарной коррекции и оптимизации здоровья населения[23].

Антиоксиданты представляют собой класс соединений, проявляющих протекторное действие в отношении клеток организма и ингибирующих процессы свободнорадикального окисления, сопутствующие клеточному метаболизму. Антиоксидантная активность играет существенную роль в нивелировании оксидативного стресса, патогенетически связанного с процессами старения, развитием сердечно-сосудистых заболеваний и метаболических нарушений[24]. Соединения, обладающие антиоксидантной активностью, классифицируют по двум основным группам — ферментативной и неферментативной природы.

Применительно к вопросам разработки новых функциональных хлебобулочных изделий особый интерес представляет введение антиоксидантов неферментативной природы растительного происхождения. К числу наиболее перспективных минорных веществ данной группы относятся: флоротаннины (специфические полифенолы морских водорослей), катехины (в частности, эпигаллокатехин галлат зеленого чая), лигнаны (фенольные соединения льна) и тимохинон (активный компонент черного тмина)[25].

В последнее время активно ведутся работы по изучению возможности широкого применения данных природных антиоксидантов в технологиях пищевых продуктов. Их использование позволяет не только обогатить готовые изделия эссенциальными микронутриентами, но и придать им направленные функциональные свойства, которые обеспечивают профилактический эффект при регулярном употреблении[26].

На сегодняшний день актуальной темой является использование биологически активного растительного сырья, содержащего в своем

---

[23] *Цейликман В.Э., Лукин А.А.* Влияние окислительного стресса на организм человека // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 3 (117). С. 206—211.

[24] *Яшин А.Я., Яшин Я.И.* Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и влияние на здоровье и старение человека. М., 2009. 212 с.

[25] *Топникова Е.В., Пирогова Е.Н., Никитина Ю.В.* Функциональные продукты питания с пользой для здоровья // Технический оппонент. 2024. № 2 (14). С. 6—10.

[26] *Потороко И.Ю., Калинина И.В.* Перспективы использования растительных антиоксидантов в технологии хлебобулочных изделий // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2017. Т. 5. № 3. С. 5—12.

составе БАВ (биологически активные вещества), обладающие высокой антиоксидантной активностью. Такие компоненты способны не только влиять на окислительные процессы, но и модулировать биохимические, физико-химические и микробиологические свойства готовых пищевых продуктов.

Имеющиеся теоретические и экспериментальные данные об успешном применении растительных биоактивных добавок (в виде сухих экстрактов, порошков, муки или жмыхов) в пищевом производстве свидетельствуют о наличии предпосылок к их широкому использованию в технологии хлебобулочных изделий как продукта массового и ежедневного потребления[27]. Таким образом, приоритетным направлением развития хлебопекарной промышленности является создание функциональных продуктов, обеспечивающих не только удовлетворение физиологических потребностей организма, но и повышение качества жизни посредством улучшения показателей здоровья.

Такие продукты должны характеризоваться высокой физиологической ценностью, направленной на оптимизацию иммунного статуса, а также оказывать благоприятное воздействие на общее функциональное состояние организма и стабилизацию эмоционального фона[28]. В связи с этим целью настоящей работы являлась разработка и научно-технологическое обоснование рецептур функциональных хлебобулочных изделий, обогащенных природными антиоксидантами (порошком ламинарии, экстрактом зеленого чая, льняной мукой и жмыхом черного тмина), способными модулировать процессы оксидативного стресса и улучшать нутриентный профиль готового продукта.

На кафедре биотехнологий продуктов питания из растительного и животного сырья МГУТУ им. К.Г. Разумовского ведутся исследования по применению растительного сырья, богатого соединениями антиоксидантного характера в различных формах, для создания продуктов питания с антиоксидантной направленностью. В качестве источников антиоксидантов использовались: ламинария, зеленый чай, льняная мука и черный тмин (Табл. 1).

---

[27] *Елисеева Л.Г., Белкин Ю.Д., Симина Д.В., Осман Али, Молодкина П.Г., Сантурян Т.А.* Новые направления разработки обогащенных пищевых продуктов для здорового питания // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 4 (118). С. 50—55.

[28] *Кочеткова А.А.* Функциональные пищевые продукты: состояние и перспективы // Пищевая промышленность. 2018. № 3. С. 8—11.

Табл. 1. Группы антиоксидантов в используемом растительном сырье и функции для организма человека

Наименование сырья	Активные соединения (антиоксиданты)	Механизм действия и основное свойство
Морские водоросли (ламинария)	Флоротаннины (Phlorotannins)	Морские полифенолы отличаются эффективностью, превосходящей витамин С, в нейтрализации свободных радикалов, а также обладают антигипергликемическими свойствами (направлены на снижение уровня сахара в крови)
Зеленый чай	Катехины (EGCG)	Эпигаллокатехин галлат — один из самых сильных антиоксидантов в чае. Действует как высокоэффективный «поглотитель свободных радикалов» и поддерживает здоровье сердечно-сосудистой и нервной систем
Льняная мука	Лигнаны (Lignans)	Мощные фитоэстрогены, которые обладают выраженными антиоксидантными и гормонорегулирующими свойствами, защищая клетки
Черный тмин	Тимохинон (Thymoquinone)	Ключевой активный компонент, обладающий сильными противовоспалительными и антиоксидантными характеристиками. Также он эффективен для поддержки иммунитета и работы дыхательной системы

Хлебобулочные изделия идентифицировались на соответствие требованиям качества, представленным в ГОСТ 31805-2018[29]: органолептические показатели (внешний вид, состояние мякиша, вкус и запах, цвет); физико-химические показатели (влажность мякиша, кислотность мякиша, пористость мякиша).

Применение биологически активных добавок (БАД) в технологии хлебобулочных изделий, таких как порошок ламинарии, экстракт

[29] ГОСТ 31805-2018. Изделия хлебобулочные из пшеничной хлебопекарной муки. Общие технические условия. М., 2019.

зеленого чая, льняная мука и черный тмин, научно обосновано их уникальным химическим составом и широким спектром функционального действия. Можно предположить, что ввиду специфичности сенсорных свойств данных компонентов, их введение в рецептуры будет способствовать формированию нового, более сложного органолептического профиля готовой продукции. Например, порошок ламинарии и черный тмин могут придать хлебу характерные морские или пряные нотки, а экстракт зеленого чая — специфический оттенок мякишу, что создаст условия для повышения потребительской привлекательности продукта. Этот эффект обусловлен не только вкусовыми качествами, но и способностью добавок модифицировать реологические свойства теста, улучшая структуру и влагоудерживающую способность мякиша.

Эпидемиологические данные свидетельствуют о существовании обратной корреляции между регулярным потреблением продуктов, богатых антиоксидантами, и снижением риска развития сердечно-сосудистых, онкологических и других хронических неинфекционных заболеваний[30]. В составе выбранного сырья идентифицированы ключевые БАВ: флоротаннины (из ламинарии), EGCG (из зеленого чая), лигнаны (из льна) и тимохинон (из черного тмина). Эти соединения проявляют мощную антирадикальную и антимикробную активность, что потенциально способствует замедлению окислительной и микробиологической порчи, тем самым увеличивая срок хранения готовых изделий. Кроме того, данное сырье характеризуется наличием эссенциальных микронутриентов (например, йода в ламинарии, полиненасыщенных жирных кислот в льняной муке), что способствует значительному обогащению пищевой матрицы и повышению ее физиологической ценности.

Стандартная рецептура хлебобулочного изделия использовалась в качестве контрольного образца, в который вносили альтернативное сырье с высоким содержанием веществ, обладающих антиоксидантной активностью (Табл. 2). Обогащающее сырье вносили в дозировке 7,5 г в качестве замены части муки пшеничной высшего сорта.

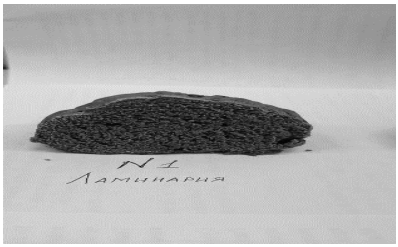
Табл. 2. Рецептуры контрольного и опытных образцов хлеба

Наименование сырья	Контроль, г		Опыт № 1, г		Опыт № 2, г		Опыт № 3, г		Опыт № 4, г	
	Опара	Тесто	Опара	Тесто	Опара	Тесто	Опара	Тесто	Опара	Тесто
Мука пшеничная ВС	50	50	50	42,5	50	42,5	50	42,5	50	42,5

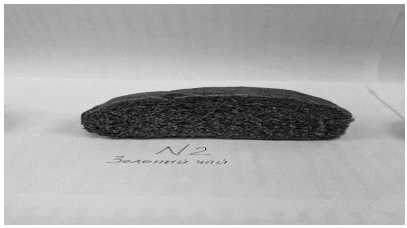
[30] Диета, питание и профилактика хронических заболеваний: отчет о совместной экспертной консультации ВОЗ и ФАО. [Электронный ресурс]: https://www.who.int/publications/i/item/924120916X

Дрожжи прессованные хлебопекарные	1,0	—	1,0	—	1,0	—	1,0	—	1,0	—
Соль пищевая	—	1,5	—	1,5	—	1,5	—	1,5	—	1,5
Вода питьевая	27-30	30	27-30	30	27-30	30	27-30	30	27-30	30
Сахар белый	—	3,0	—	3,0	—	3,0	—	3,0	—	3,0
Масло сливочное 72,5 % жирности	—	2,0	—	2,0	—	2,0	—	2,0	—	2,0
Опара	—	вся	—	вся	—	вся	—	вся	—	вся
Порошок ламинарии	—	—	—	7,5	—	—	—	—	—	—
Зеленый чай измельченный	—	—	—	—	—	7,5	—	—	—	—
Льняная мука	—	—	—	—	—	—	—	7,5	—	—
Черный тмин измельченный	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,5

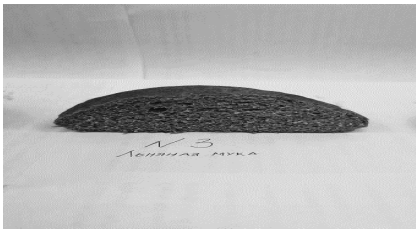
Сенсорный профиль экспериментальных образцов хлеба, обогащенных сырьем с повышенными антиоксидантными свойствами, представлен на Рис. 1. Описание органолептических свойств опытных образцов приведено в Табл. 3.



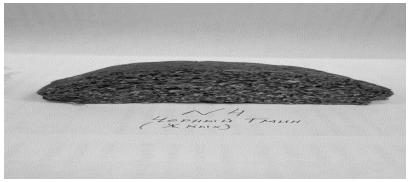
Опыт № 1 (Ламинария)



Опыт № 2 (Зеленый чай)



Опыт № 3 (Льняная мука)



Опыт № 4 (Черный тмин)

Рис. 1. Вид в разрезе выпеченных изделий (фото авторов)

Табл. 3. Органолептические показатели опытных образцов хлеба

Наименование показателя	**Опыт № 1 (Ламинария)**	**Опыт № 2 (Зеленый чай)**	**Опыт № 3 (Льняная мука)**	**Опыт № 4 (Черный тмин)**
Внешний вид:				
Форма	Неправильная	Правильная	Правильная	Правильная
Поверхность	Неровная (бугристая), с трещинками	Неровная (бугристая), с трещинками	Ровная, без трещин	Ровная, без трещин
Цвет корки	Бледная, серая	Светло-соломенная	Светло-коричневая	Светло-коричневая с вкраплениями черного тмина
Пористость мякиша:				
Цвет	Темный	Темноватый, с зеленым оттенком	Светлый, соломенный	Серый
Равномерность окраски	Равномерная	Равномерная	Равномерная	Равномерная с вкраплениями черного тмина
Эластичность	Плохая, отмечается плотность мякиша	Средняя	Хорошая	Хорошая
Пористость:				
по крупности	Мелкая	Мелкая	Мелкая	Мелкая
по равномерности	Неравномерная	Равномерная	Равномерная	Равномерная
по толщине стенок пор	Толстостенная, присутствует липкость	Тонкостенная	Тонкостенная	Тонкостенная
Вкус и аромат	Отмечается наличие морского привкуса и аромата	Вкус — нормальный, аромат — приятный, травяной	Нормальные, свойственные хлебу; без посторонних привкусов и запахов	Нормальные, свойственные хлебу с добавлением тмина; без посторонних привкусов и запахов

Установлено, что введение растительных компонентов влияет на формирование органолептических свойств конечного продукта, при этом отмечались специфические приятные запахи и привкусы, соответствующие вносимому сырью.

У опытных образцов были определены физико-химические показатели качества, позволившие выявить оптимальный вид сырья, который можно использовать в качестве источника антиоксидантов (Табл. 4). Лучшими характеристиками обладали образцы хлеба с внесением льняной муки и черного тмина.

Табл. 4. Результаты оценки физико-химических показателей образцов хлеба

Наименование показателя	**Опыт № 1 (Ламинария)**	**Опыт № 2 (Зеленый чай)**	**Опыт № 3 (Льняная мука)**	**Опыт № 4 (Черный тмин)**
Влажность, %	42,0	41,4	41,2	39,2
Кислотность мякиша, град.	1,2	3,0	1,8	1,8
Пористость мякиша, %	59,0	68,0	75,0	79,0

Выбор данных ингредиентов для рецептуры хлеба антиоксидантной направленности демонстрирует положительное влияние на показатели качества готовых изделий. Однако внесение ламинарии способствует изменению органолептических и физико-химических свойств готовых изделий, что недопустимо в пищевых технологиях.

Таким образом, опытно доказано, что зеленый чай, мука льняная и черный тмин могут использоваться в качестве обогащающих ингредиентов при производстве хлебобулочных изделий. Особый интерес представляют разработки в области сочетания этих видов сырья в единой рецептуре хлеба с различными концентрациями.

Список литературы

1. ГОСТ 31805-2018. Изделия хлебобулочные из пшеничной хлебопекарной муки. Общие технические условия. М.: «Стандартинформ», 2019.

2. Диета, питание и профилактика хронических заболеваний: отчет о совместной экспертной консультации ВОЗ и ФАО. [Электронный ресурс]: https://www.who.int/publications/i/item/924120916X (дата обращения: 06.02.2026).

3. *Елисеева Л.Г., Белкин Ю.Д., Симина Д.В., Осман Али, Молодкина П.Г., Сантурян Т.А.* Новые направления разработки обогащенных пищевых продуктов для здорового питания // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 4 (118). С. 50—55. DOI: 10.23670/IRJ.2022.118.4.009

4. *Кочеткова А.А.* Функциональные пищевые продукты: состояние и перспективы // Пищевая промышленность. 2018. № 3. С. 8—11.

5. *Потороко И.Ю., Калинина И.В.* Перспективы использования растительных антиоксидантов в технологии хлебобулочных изделий // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2017. Т. 5. № 3. С. 5—12.

6. Распоряжение Правительства РФ от 29.06.2016 № 1364-р. «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года». [Электронный ресурс]: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=276453 (дата обращения: 06.02.2026).

7. *Топникова Е.В., Пирогова Е.Н., Никитина Ю.В.* Функциональные продукты питания с пользой для здоровья // Технический оппонент. 2024. № 2 (14). С. 6—10.

8. *Тутельян В.А., Шарафетдинов Х.Х., Коденцова В.М.* Питание и здоровье // Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 4. С. 14—24.

9. *Цейликман В.Э., Лукин А.А.* Влияние окислительного стресса на организм человека // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 3 (117). С. 206—211. DOI: 10.23670/IRJ.2022.117.3.037

10. *Яшин А.Я., Яшин Я.И.* Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и влияние на здоровье и старение человека. М.: «ТрансЛит», 2009. 212 с.

Сведения об авторах

Яковлева Мария Вячеславовна, кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии продуктов питания из растительного и животного сырья, МГУТУ им. К.Г. Разумовского. E-mail: *m.klokonos@mgutm.ru*

Ахмад Мохамед, магистрант кафедры биотехнологии продуктов питания из растительного и животного сырья, МГУТУ им. К.Г. Разумовского. E-mail: *stud042471@mgutu.loc*

Яковлев Игорь Юрьевич, магистрант кафедры биотехнологии продуктов питания из растительного и животного сырья, МГУТУ им. К.Г. Разумовского. E-mail: *princeigor@gmail.com*

Забалуева Юлия Юрьевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры биотехнологии продуктов питания из расти-

тельного и животного сырья, МГУТУим. К.Г. Разумовского. E-mail: *u.zabalueva@mgutm.ru*

Information about the authors

Yakovleva Maria Vyacheslavovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of biotechnology of food products from plant and animal raw materials, K.G. Razumovsky MSUTM. E-mail: *m.klokonos@mgutm.ru*

Ahmad Mohamed, Master's Student of the Department of biotechnology of food products from plant and animal raw materials, K.G. Razumovsky MSUTM. E-mail: *stud042471@mgutu.loc*

Yakovlev Igor Yurievich, Master's Student of the Department of biotechnology of food products from plant and animal raw materials, K.G. Razumovsky MSUTM. E-mail: *princeigor@gmail.com*

Zabalueva Yulia Yurievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of biotechnology of food products from plant and animal raw materials, K.G. Razumovsky MSUTM. E-mail: *u.zabalueva@mgutm.ru*

Статья поступила в редакцию 18.02.2026; одобрена после рецензирования 02.03.2026; принята к публикации 10.03.2026.