Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции

УДК 664.664.9

DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019467-72>**ТЕКСТУРНЫЕ СВОЙСТВА ТЕСТА И СЕНСОРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХЛЕБА, ОБОГАЩЕННОГО ИЗМЕЛЬЧЕННЫМИ СЕМЕНАМИ САФЛОРА*****В.С. Кутенкова,¹ аспирант, Н.В. Неповинных,¹ доктор технических наук, Л.В. Андреева,² кандидат сельскохозяйственных наук, Qingbin Guo,³ Ph.D**¹Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, 410012, Саратов, Театральная пл., 1²Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, 410010, Саратов, ул. Н.М. Тулайкова, 7³Key Laboratory of Food Nutrition and Safety, Tianjin University of Science & Technology, Ministry of Education, No.29, 13th Street, Tianjin Economic and Technological Development Area (TEDA), 300457, Tianjin, P.R. China
E-mail: vasilissakutsenkova@yandex.ru

Отмечен интерес населения к хлебобулочным изделиям с различными функциональными добавками взамен традиционного пшеничного хлеба. Разработана рецептура хлеба, обогащенного измельченными семенами сафлора по следующей рецептуре: мука пшеничная (564 г), семена сафлора (60 г), соль (10 г), дрожжи прессованные (54 г), растительное масло (13 г), сахар (35 г), питьевая вода (284 г). Цельнозерновые семена сафлора представляют собой нетрадиционную растительную добавку – источник полноценного растительного белка, полиненасыщенных жирных кислот (включая линолевую и линоленовую кислоты), пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ. Исследовано влияние добавки цельнозерновых семян сафлора на текстурные свойства. Установлено, что водопоглощательная способность экспериментального образца на 7% ниже, чем контрольного (без сафлора), что объясняется гидрофобностью добавки цельнозерновых семян сафлора за счет высокого содержания жира. Выявлено изменение реологических показателей экспериментального образца за счет особенностей химического состава вводимой добавки. В ходе эксперимента изучены органолептические и физико-химические показатели хлеба. Опытные образцы имели гладкую, без трещин поверхность, равномерную пористость и светло-желтый цвет в изломе, свойственный данному виду изделий вкуса и запаха с приятным тонким привкусом и ароматом добавки. Отмечено небольшое увеличение показателей пористости, кислотности, формоустойчивости и влажности по сравнению с контрольным образцом. Оработана технологическая схема производства и рецептура хлеба с добавкой цельнозерновых семян сафлора, определены оптимальные технологические параметры производства.

TEXTURAL PROPERTIES OF DOUGH AND SENSORY CHARACTERISTICS OF BREAD ENRICHED WITH CRUSHED SEEDS OF THE SAFFLOWER**Kutsenkova V.S.,¹ Nepovinnikh N.V.,¹ Andreeva L.V.,² Qingbin Guo³**¹Department of Food Technology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Saratov State Agrarian University, 410012, Saratov, pl. Teatralnaya, 1²Agricultural Research Institute of South-East Region, 410010, Saratov, ul. Tulaikova, 7³Key Laboratory of Food Nutrition and Safety, Tianjin University of Science & Technology, Ministry of Education, No.29, 13th Street, Tianjin Economic and Technological Development Area (TEDA), 300457, Tianjin, P.R. China
E-mail: vasilissakutsenkova@yandex.ru

Bread is most popular product among population. Nowadays more people refuse traditional wheat bread in favor of bakery products with various functional additives. Safflower seeds as a non-traditional vegetable additive is rich in highgrade vegetable protein, polyunsaturated fatty acids (including linoleic and linolenic acids), dietary fiber, vitamins and minerals. In this work, bread fortified with crushed safflower seeds were developed with the recipe as follows: wheat flour (564 g), safflower seeds (60 g), salt (10 g), yeast (54 g), vegetable oil (13 g), sugar (35 g), drinking water (284 g). Effects of addition of safflower seeds on texture properties of dough and the sensory properties of bread were evaluated as well. Results indicated that wheat flour fortified with 10 % safflower seeds showed 7 % lower of the water-absorbing capacity than that of the control sample (no safflower substituted), which is explained by the hydrophobicity of safflower seeds due to the high fat content. Change of rheological parameters of experimental sample was found due to specific chemical composition of safflower seeds. In terms of the quality of the bread, the safflower fortified bread had smooth, crack-free surface, uniform color and light yellow color in the fracture, taste and smell are peculiar to this type of product, with a pleasant subtle flavor and flavor of safflower seeds. In addition, the porosity, acidity, form stability and humidity of the novel bread were also increased, as compared to the control sample. Novel safflower seed fortified bread has been developed with better flavor and appearance. The processing conditions for this bread were determined as well.

Ключевые слова: хлеб, нетрадиционная растительная добавка, семена сафлора, текстурные свойства теста, сенсорные характеристики хлеба

Key words: bread, non-traditional vegetable additive, safflower seeds, textural properties of dough, sensory characteristics of bread

Темпы роста мировой индустрии здорового питания не уступают темпам развития пищевой промышленности. Японии принадлежит 39,2% мирового уровня рынка функциональных продуктов, США – 31,1%, пяти европейским странам (Испания, Италия, Герма-

ния, Франция и Великобритания) – 28,1%. На мировом рынке функциональных продуктов хлебопекарные и молочные продукты доминируют, составляя 72,9% [1]. С целью расширения ассортимента функциональных хлебобулочных изделий за рубежом также используют

* Работа выполнена научными группами молодых ученых России и Китая в рамках совместного научно-исследовательского договора на тему «Application of non-traditional sources of plant raw materials in bread making for health benefits and nutritional value». Исследования поддержаны грантом Президентской Российской Федерации для молодых российских ученых МД-2464.2018.8 по теме «Проектирование состава и технологий сбалансированных продуктов питания, направленных на первичную и вторичную профилактику сердечно-сосудистых заболеваний и их осложнений».

нетрадиционные источники растительного сырья, обогащая тем самым готовые изделия пищевыми волокнами [2,3].

Хлеб и хлебобулочные изделия – наиболее популярные продукты питания, но их качество не всегда соответствует предъявляемым требованиям рационального и сбалансированного питания [4]. Пути решения проблемы питания обозначены в директивных документах РФ – распоряжении Правительства РФ от 25 октября 2010 г. (№ 1873-р) «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания на период до 2020 года». Одним из направлений ее решения может быть создание новых хлебобулочных изделий с растительными добавками, позволяющими корректировать питание населения [5,6], в частности, использование цельнозерновых семян сафлора (ЦСС) в технологии производства хлеба.

Сафлор красильный широко культивируют для производства пищевого масла, которое получают из семян этого растения [7]. Сафлоровое масло содержит триглицериды дважды ненасыщенной линолевой кислоты (70%) и трижды ненасыщенной линоленовой кислоты (10%), причем со сравнительно высоким содержанием витамина Е [8]. Сафлор содержит пигменты (картамон), лигнаны, полисахариды, эфирные масла, жирные кислоты (арахионовая кислота, линолевая кислота, линоленовая кислота, пальмитиновая кислота, стеариновая кислота). Использование его семян представляет собой интересное перспективное направление для перерабатывающих отраслей пищевой индустрии. Пищевая ценность связана с высоким содержанием белка, незаменимых аминокислот, сбалансированностью аминокислотного состава [9,10].

Цель работы – изучение влияния добавки цельнозерновых семян сафлора на текстурные свойства хлеба и разработка технологических решений по производству хлебобулочных изделий с этой добавкой, позволяющей повысить содержание биологически активных веществ в готовом продукте.

Методика. Материалом исследования были тесто и готовые хлебобулочные изделия с добавкой измельченных семян сафлора. Контрольным образцом служил хлеб из муки пшеничной высшего сорта (без добавки), экспериментальным – хлеб с нетрадиционной добавкой измельченных семян сафлора в количестве 10% взамен муки пшеничной высшего сорта по рецептуре контрольного образца. Для приготовления хлеба использовали муку пшеничную хлебопекарную (ГОСТ Р 52189-2003), цельнозерновые семена сафлора (ГОСТ 12096-76), соль поваренную пищевую (ГОСТ Р 51574-2000), дрожжи прессованные (ТУ 9182-001-47918107-09), масло растительное (ГОСТ 1129-2013), сахар-песок (ГОСТ Р 21-94), воду питьевую (ГОСТ Р 51232-98). Приготовление теста для контрольного образца осуществляли безопарным способом по рецептуре, с учетом всех технологических параметров. При этом для экспериментального образца нетрадиционную добавку ЦСС вносили в количестве 10% взамен муки пшеничной по рецептуре контрольного образца.

Жирно-кислотный состав семян сафлора определяли методом газожидкостной хроматографии на газожидкостном хроматографе SHIMADZU GC-2010 plus (Germany) с пламенно-ионизационным детектором. Метилирование жирных кислот осуществляли по методу Christie. Анализ аминокислотного состава белка семян сафлора проводили методом ВЭЖХ на хроматографе Dionex Ultimate 3000 Thermo Scientific

(США) с использованием колонки с обращенной фазой Nucleodur HTec C18, средний диаметр частиц – 5 мкм с порами 100 Å, геометрия 150 × 3.0 мм (Macherey-Nagel). Идентификацию аминокислот проводили с применением предколоночной модификации дансилхлоридом. Метод обеспечивает дериватизацию аминокислот с образованием стабильных производных, интенсивно поглощающих между 310 и 350 нм, характеризуется высокой чувствительностью и высокой эффективностью разделения. Образцы готовых изделий анализировали по органолептическим и физико-химическим показателям, предусмотренным ГОСТ 27842-88. Для исследования влияния вводимой добавки на реологическое поведение пшеничного теста использовали прибор Mixolab «Chopin +» (CHOPIN Technologies, France), направленный на измерение крутящего момента, возникающего при замесе теста при приводе месильных органов, в условиях температур от 30 до 90°C.

Результаты и обсуждение. Аминокислотный состав и аминокислотный скор семян сафлора в сравнении с мукой пшеничной представлены в табл. 1. Аминокислотный скор – важный показатель полноценности белка (отношение определенной незаменимой аминокислоты в муке к такой же аминокислоте в искусственном идеальном белке).

Табл. 1. Аминокислотный состав и аминокислотный скор муки пшеничной хлебопекарной и цельнозерновых семян сафлора

Показатель	Содержание аминокислоты, мг/г белка/ аминокислотный скор относительно идеального белка, %	
	мука пшеничная хлебопекарная	цельнозерновые семена сафлора
Валин	38,7/77,4	45,2/90,4
Лейцин	39,8/56,9	57,3/81,9
Изолейцин	28,7/71,8	29,4/73,5
Лизин	25,0/45,4	34,2/62,2
Метионин + цистин	38,7/110,6	38,9/111,1
Треонин	29,3/73,2	35,8/89,5
Триптофан	7,5/75,0	1,1/1,1
Фенилаланин + тирозин	54,7/91,2	63,7/106,2
Сумма незаменимых аминокислот, мг	262,4	305,6
Биологическая ценность белка, %	46,0	74,4

Суммарная доля незаменимых аминокислот в белке измельченных семян сафлора составляет 31 % массы белка, что обуславливает его высокую биологическую ценность. Аминокислотный скор по лизину на 16,8%, валину – на 13% и треонину – на 16,3% больше, чем у пшеничной муки.

Жирно-кислотный состав (%) семян сафлора: пальмитиновая кислота – 6,4; линолевая – 77,8; олеиновая – 9,0; элаидиновая – 0,8; стеариновая кислота – 2,3; арахидоновая кислота – 0,3; докозагексаеновая кислота – 0,7; бегеновая кислота – 0,2. Семена сафлора характеризуются высоким содержанием жира с преобладанием линолевой кислоты (ω-6), благоприятно воздействующей на человеческий организм в целом, а также способствующей профилактике и лечению заболеваний сердечно-сосудистой системы.

В ходе экспериментальных исследований установлена оптимальная дозировка цельносмолотых семян сафлора – 10% от массы муки пшеничной. При введении менее 10% (3, 5, 7%) цельносмолотых семян сафлора пищевая ценность готового продукта значительно не изменяется, а свыше 10% (15%) способствует повышению пищевой ценности готовых изделий, но при этом ухудшаются органолептические показатели муки.

Для определения оптимальной дозировки ЦСС в рецептурах хлебобулочных изделий был проведен органолептический анализ готовых образцов с ЦСС в концентрациях (%): 0 – контроль, 3, 5, 7, 10, 15 массы муки. Оценку качества полученных хлебобулочных изделий с внесением добавок проводили органолептическим методом по ГОСТ Р 53161-2008, данные представлены на рис. 1. Из рис. 1 видно, что с увеличением

Рис. 1. Органолептические показатели хлебобулочных изделий с добавлением ЦСС в сравнении с контрольным образцом.

Табл. 2. Органолептические и физико-химические показатели хлеба с добавкой измельченных семян сафлора

Показатель	Характеристика исследуемых образцов хлеба	
	контрольный образец	экспериментальный образец
Вкус и запах	Ярко выраженный вкус и аромат, свойственные данному виду изделий, без постороннего вкуса и запаха.	Ярко выраженный вкус и аромат, свойственные данному виду изделий, с приятным тонким привкусом и ароматом вносимой добавки семян сафлора, без постороннего вкуса и запаха.
Структура	Тонкостенная, мелкая, равномерная, сильно развитая, без трещин и разрывов.	
Цвет	Светло-желтый, равномерный по всему объему.	Светло-желтый, равномерный по всему объему, с видимыми вкраплениями светло-коричневой добавки.
Вид на изломе	Пропеченные изделия с равномерной пористостью, без пустот и следов непромеса.	
Поверхность	Без трещин и разрывов, не подгоревшая, сухая.	
Форма	Правильная, без вмятин, с выпуклой верхней поверхностью.	
Массовая доля влаги, %	43 ± 0,5	45 ± 0,5
Кислотность, град	2 ± 0,2	2,5 ± 0,2
Пористость, %	65 ± 2	68 ± 2
Формоустойчивость	0,5 ± 0,1	0,6 ± 0,1

концентрации добавки органолептические свойства хлебобулочных изделий улучшаются. Лучшей концентрацией была 10 % ЦСС.

По органолептическим и физико-химическим показателям новый продукт – хлеб с добавкой ЦСС соответствует требованиям, указанным в табл. 2.

Хлебобулочные изделия по органолептическим и физико-химическим показателям соответствовали требованиям ГОСТ 27842-88 и ГОСТ 5667-65. Опытные образцы имели гладкую, без трещин поверхность, равномерную пористость и светло-желтый цвет в изломе, свойственный данному виду изделий вкус и запах с приятным тонким привкусом и ароматом добавки. Отмечено небольшое увеличение показателей пористости, кислотности, формоустойчивости и влажности по сравнению с контрольным образцом.

Оценку реологических свойств осуществляли согласно Протоколу Chopin+, который предполагает пять интервалов температур при исследованиях: I интервал – 8 мин (30 °C); II – 15 мин с последовательным повышением температуры (4°С/мин) от 30 до 90°С; III – 8 мин (90°С); IV – 10 мин, характеризуется последовательным понижением температуры от 90 до 50°С; V – 5 мин (50°С). Крутящий момент в анализируемых точках графика с точки зрения биохимии характеризует различные процессы: C₁ – образование теста; C₂ – разжижение теста; C₃ – максимальную скорость клестеризации крахмала; C₄, C₅ – начало и окончание ретроградации крахмала в рамках эксперимента. Анализировали также водопоглотительную способность теста (ВПС) и стабильность теста (мин). Данные интегральной оценки реологических свойств теста визуализировали с помощью графика зависимости крутящего момента (Н • м) от времени (мин) в определенном режиме температуры (рис. 2) [11, 12].

Совокупность получаемых индексов позволяет создать определенный графический профиль, присущий конкретному образцу муки или хлебопекарной смеси, и описать его реологические характеристики в виде последовательных шести индексов качества продукта для простейшего сравнения и использования. Mixolab Profiler – это новая функция системы Mixolab с использованием стандартного протокола для полного описания муки и создания упрощенной графической интерпретации результатов. Профили Миксолаб для исследуемых образцов представлены на рис. 3. Внесение добавки 10 % ЦСС влияло на реологические характеристики хлебопекарной смеси, причем эти изменения видны по всем шести индексам.

Индекс глютен+ указывает на устойчивость белковой структуры во время нагревания теста от 30 до 60°С. Интерпретация этого индекса представляет определенную сложность, поскольку во время нагревания теста происходят два очень важных процесса: гранулы крахмала начинают набухать, но их структура остается неизменной, при этом активность α-амилазы незначительна. Изменение консистенции теста в большей степени связано с изменениями в структуре клейковинных белков, содержание которых в экспериментальном образце закономерно ниже, чем в контрольном. Этим и обусловлено низкое значение индекса. Наибольший индекс вязкости отмечен для контрольного образца пшеничной муки, для экспериментального образца пшеничной муки с добавлением ЦСС он меньше в 1,5 раза. С учетом других индексов, в первую очередь, индексов амилазы и замеса, следует отметить, что вязкость в этих образцах зависит не только от активности

а

б

Рис. 2. Зависимость крутящего момента ($\text{Н} \cdot \text{м}$) хлебопекарной смеси (а – контрольного образца, б – образца с добавлением 10% ЦСС) от времени (мин) в определенном режиме температуры, где 1 – температура тестомесилки, 2 – температура теста; C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 – анализируемые точки графика, в которых измеряют момент силы.

Рис. 3. Профили Миксолоба: слева – контрольного образца, справа – экспериментального образца (с добавлением 10 % ЦСС).

Рис. 4. Степень удовлетворения суточной потребности в нутриентах за счет хлеба с добавкой из цельнозерновых семян сафлора.

амилаз, но и от состояния крахмала, его качественных характеристик, а также присутствия периферийных частей вводимой добавки, содержащих некрахмальные полисахариды. Индекс ретроградации крахмала напрямую связан со способностью конечного продукта противостоять черствению и сохранять товарный вид [3,6,7]. Высокие значения этого индекса присущи экспериментальному образцу, что, вероятно, связано с более высоким содержанием нерастворимых соединений (клетчатки, лигнина и др.) и гидрофобных частиц в добавке ЦСС. Снижение реологических показателей хлебопекарной смеси из пшеничной муки с ЦСС закономерно обусловлено повышением содержания нерастворимых полисахаридов и уменьшением процентного содержания клейковинообразующих белков. Наличие этих компонентов положительно влияет на инсулинорезистентность и профилактику сахарного диабета 2 типа [13], несмотря на качество и реологические характеристики теста и готовых изделий [1,2,4,15].

Следует отметить, что несмотря на снижение реологических свойств смеси, даже при введении 10% ЦСС взамен муки пшеничной физико-химические и органолептические показатели хлеба соответствуют требованиям ГОСТ 27842-88. Очевидно, это можно объяснить тем, что в рецептуре хлеба с добавкой из

цельнозерновых семян сафлора предусмотрено растительное масло, которое обеспечивает снижение ретроградации крахмала в готовом продукте, а дрожжевая суспензия – необходимую пористость, формоустойчивость и кислотность, в то время как в исследовании на Mixolab используют только сухую хлебопекарную смесь.

Степень удовлетворения суточной потребности в нутриентах за счет хлеба с добавкой из цельнозерновых семян сафлора в сравнении с контрольным образцом представлены на рис. 4.

Экспериментальный образец, приготовленный с использованием нетрадиционной добавки из цельнозерновых семян сафлора, по химическому составу превосходит контрольный образец, в первую очередь по содержанию полиненасыщенных жирных кислот. В нем также незначительно увеличено содержание белка и жира, а также витаминов и минеральных веществ по сравнению с контрольным образцом. При этом энергетическая ценность экспериментального образца хлеба выше в среднем на 4 %, чем в контрольном образце.

Таким образом, установлено улучшение органолептических и физико-химических показателей хлеба за счет применения нетрадиционной добавки из цельнозерновых семян сафлора. Выявлено изменение реологических показателей экспериментального

образца за счет особенностей химического состава вводимой добавки из цельнозерновых семян сафлора. На разработанный продукт получен патент РФ № 2629291 [16].

Литература

1. Лыгина Н.И., Рудаков О.В., Соболева Ю.П. Экономические факторы развития рынка функциональных пищевых продуктов // Социально-экономические явления и процессы. – 2014. – № 9 (11). – С. 115-121.
2. Ganhui Huang, Qingbin Guo, Cathy Wang, Huihuang H. Ding, Steve W. Cui Fenugreek fibre in bread: Effects on dough development and bread quality // LWT - Food Science and Technology. – 2016. – № 71. – P. 274 – 280.
3. Almeida, E. L., Chang, Y. K., Steel, C. J. Dietary fibre sources in bread: influence on technological quality // LWT - Food Science and Technology. – 2013. – 50(2). – P. 545 - 553.
4. Матвеева И.В. Хлебопекарные улучшители // Сборник тезисов семинара «Применение пищевых добавок в производстве продуктов питания». СПб, 2005. – С. 23-25.
5. Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н., Позняковский В.М.

- Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. – 548 с.
6. Позняковский В.М., Австриевских А.Н., Вековцев А.А. Пищевые и биологически активные добавки – Кемерово: Издательское объединение «Российские университеты»: «Кузбассвуиздат: АСТШ», 2005. – 275 с.
 7. Драгомирецкий Ю.А. Целебные свойства жиров и масел. – Донецк: Сталкер, 1997. 352 с.
 8. Норов М.С. Сафлор - перспективная кормовая культура в условиях богары Таджикистана // Кормопроизводство. – 2005. – № 11. – С. 17 - 18.
 9. Полушкин П.В. Влияние водного режима и густоты состояния на продуктивность сафлора красильного на светло-каштановых почвах Саратовского Заволжья: автореферат дис. канд. с.-х. наук. – Саратов, 2007. – 19 с.
 10. Шиков А.Н., Макаров В.Г., Рыженков В.Е. Растительные масла и масляные экстракты: технология, стандартизация, свойства. – М: Издательский дом «Русский врач», 2004. – 264 с.
 11. Дюба А. Современный метод контроля качества зерна и муки по реологическим свойствам теста, определяемых с помощью Миксолаб профайлер // Сборник материалов I научно-практической конференции с международным участием «Управление реологическими свойствами пищевых продуктов», МГУПП, 200.8 – С. 86-95.
 12. Кулеватова Т.Б., Андреева Л.В., Пискунова Г.В., Матвеева В.А. Влияние поражения зерна озимой пшеницы клопом-черепашкой (*Eurygaster integriceps* Put.) на показатели реологических свойств теста // Агро XXI. – 2013. – № 4-6. – С. 26-27.
 13. Losso J.N., Holliday D.L., Finley J.W., et al. Fenugreek bread: a treatment for diabetes mellitus // *Journal of Medicinal Food*. – 2009. – № 12(5). – P. 1046 – 1049.
 14. Brennan C.S., Blake D.E., Ellis P.R., and Schofield J.D. Effects of guar galactomannan on wheat bread microstructure and on the in vitro and in vivo digestibility of starch in bread // *Journal of Cereal Science*. – 1996. – № 24(2). – P. 151 – 160.
 15. Roberts K.T., Cui S.W., Chang Y.H., Ng P.K.W., and Graham T. The influence of fenugreek gum and extrusion modified fenugreek gum on bread // *Food Hydrocolloids*. – 2012. – № 26(2). – P. 350 – 358.
 16. Пат. 2629291 Российская Федерация МПК A21D13/00 (2006.01). Способ производства хлебобулочных изделий [Текст] / Птичкина Н.М., Куценкова В.С.; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова». – № 2016125655; заяв. 28.06.2016; опубл. 28.08.2017. – 3 с.

Поступила в редакцию 13.11.18

После доработки 09.01.19

Принята к публикации 05.03.19