

Светлана Ивановна Конева

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, доцент кафедры технологии хранения и переработки зерна, кандидат технических наук, доцент, Барнаул, Россия
skoneva22@mail.ru

Александра Сергеевна Захарова

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, доцент кафедры технологии хранения и переработки зерна, кандидат технических наук, Барнаул, Россия
zakharovatpz@mail.ru

Лариса Егоровна Мелёшкина

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, доцент кафедры технологии продуктов питания, кандидат технических наук, Барнаул, Россия
meleshkina_le@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕМЯН ЧИА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

*Цель исследований – изучение влияния цельносмолотой муки из семян чиа на показатели качества мучных смесей, теста и хлеба и разработка практических рекомендаций по использованию муки из семян чиа при ведении технологического процесса. В качестве функционального ингредиента была использована цельносмолотая мука из семян чиа темных сортов как источник растительного протеина высокого качества, эссенциальных жирных кислот омега-3 и омега-6, полисахаридов. При изучении свойств сырья, полуфабрикатов и выпеченных образцов хлеба использовали общепринятые методы органолептической и физико-химической оценки. Реологические свойства теста в процессе замеса определяли по ГОСТ ISO 5530-1-2013. Объектами исследования являлись: семена чиа (*Salvia hispanica* L.) темных сортов; мучные смеси, полученные путем смешивания муки пшеничной хлебопекарной первого сорта и цельносмолотой муки из семян чиа в соотношении (по массе) 92:8, 94:6; 96:4, 98:2; тесто и образцы хлеба, полученные из приготовленных мучных смесей. Семена чиа темных сортов измельчали на лабораторной мельнице до крупности, соответствующей проходу через сито с размером ячеек 0,5 мм. Тесто готовили безопасным способом и на жидких пшеничных заквасках спонтанного брожения. Установлено, что добавление цельносмолотой муки из семян чиа в количестве от 2 до 6 % к массе муки снижало скорость набухания коллоидов, увеличивало время образования теста, повышало качественную оценку теста и устойчивость теста в процессе замеса. Полисахариды чиа оказывали влияние на формирование трехмерного клейковинного каркаса, а следовательно – на упругость и растяжимость теста. Для получения хлеба с высокими показателями качества при добавлении муки из семян чиа следует повышать влажность теста на 1–2 % путем увеличения вносимой воды при замесе теста, увеличивать продолжительность замеса теста на 5–8 мин, повышать кислотность теста до 3,5–4,0 град. за счет внесения пшеничных заквасок.*

Ключевые слова: *цельносмолотая мука, семена чиа, полисахариды, гель, мучные смеси, число падения, фаринограмма, тесто, реология.*

Svetlana I. Koneva

Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Associate Professor at the Department of Grain Storage and Processing Technology, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Barnaul, Russia
skoneva22@mail.ru

Alexandra S. Zakharova

Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Associate Professor at the Department of Grain Storage and Processing Technology, Candidate of Technical Sciences, Barnaul, Russia
zakharovatpz@mail.ru

Larisa E. Melyoshkina

Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Associate Professor of the Department of Food Technology, Candidate of Technical Sciences, Barnaul, Russia
meleshkina_le@mail.ru

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF USING CHIA SEEDS IN THE BAKERY PRODUCTION

*The aim of research is to study the effect of whole-ground chia seed flour on the quality indicators of flour mixtures, dough and bread and to develop practical recommendations for the use of chia seed flour in the technological process. As a functional ingredient, whole-ground flour from dark chia seeds was used as a source of high quality vegetable protein, essential fatty acids omega-3 and omega-6, polysaccharides. When studying the properties of raw materials, semi-finished products and baked bread samples, the generally accepted methods of organoleptic and physicochemical assessment were used. The rheological properties of the dough during the kneading process were determined according to GOST ISO 5530-1-2013. The objects of the study were: chia seeds (*Salvia hispanica* L.) of dark varieties; flour mixtures obtained by mixing wheat bakery flour of the first grade and wholemeal flour from chia seeds in a ratio (by weight) of 92: 8, 94: 6; 96: 4, 98: 2; dough and bread samples obtained from prepared flour mixtures. Chia seeds of dark varieties were ground in a laboratory mill to a size corresponding to the passage through a sieve with a mesh size of 0.5 mm. The dough was prepared in a non-steam way and on liquid wheat starter cultures of spontaneous fermentation. It was found that the addition of wholemeal flour from chia seeds in an amount from 2 to 6 % to the flour mass reduced the rate of swelling of colloids, increased the time of dough formation, and increased the qualitative assessment of the dough and the stability of the dough during kneading. Chia polysaccharides influenced the formation of a three-dimensional gluten framework and, consequently, the elasticity and extensibility of the dough. To obtain bread with high quality indicators when adding flour from chia seeds, the moisture content of the dough should be increased by 1–2 % by increasing the added water when kneading the dough, the duration of the dough kneading should be increased by 5–8 minutes, and the acidity of the dough should be increased to 3.5–4, 0 deg. due to the introduction of wheat starter cultures.*

Keywords: *wholemeal flour, chia seeds, polysaccharides, gel, flour mixtures, falling number, farinogram, dough, rheology.*

Введение. Нарастающая тенденция правильного образа жизни населения вызывает необходимость разработки продукции, отвечающей принципам здорового питания, способствующей укреплению здоровья человека и снижению риска возникновения заболеваний. Хлебобулочные изделия, как важнейший продукт в структуре питания россиян, наиболее полно подходят для обогащения недостающими человеку витаминами, пищевыми волокнами и биологически активными веществами.

Для расширения ассортимента хлебобулочных изделий в рецептуру все чаще включают нетрадиционное сырье, разнообразные целые и измельченные злаки и семена [1, 2]. В этом отношении перспективно использование цельно-

смолотой муки из семян чиа как источника растительного протеина высокого качества, эссенциальных жирных кислот омега-3 и омега-6, полисахаридов [3–5]. Отечественными и зарубежными исследователями установлено, что семена чиа и мука из семян чиа способны образовывать вязкие водные растворы – гели, состоящие из водорастворимого анионного гетерополисахарида, обладающие хорошими влагоудерживающими, эмульгирующими и стабилизирующими свойствами [6, 7]. Такие свойства позволяют рассматривать семена чиа и цельносмолотую муку из них как перспективный рецептурный ингредиент с функционально-технологическими свойствами.

Цель исследований – изучение влияния цельносмолотой муки из семян чиа на показатели качества мучных смесей, теста и хлеба и разработка практических рекомендаций по использованию муки из семян чиа при ведении технологического процесса.

Задачи исследований: изучение влияния цельносмолотой муки из семян чиа на показатели качества мучных смесей, характеризующие углеводно-амилазный, белково-протеиназный комплекс и реологические свойства теста, на ход технологического процесса и разработка практических рекомендаций по использованию муки из семян чиа при приготовлении теста и хлеба.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований являлись: семена чиа (*Salvia hispanica* L.) темных сортов; мучные смеси, полученные путем смешивания муки пшеничной хлебопекарной первого сорта и цельносмолотой муки из семян чиа в соотношении (по массе) 92:8, 94:6; 96:4, 98:2; тесто и образцы хлеба, полученные из приготовленных мучных смесей. Семена чиа темных сортов измельчали на лабораторной мельнице до крупности, соот-

ветствующей проходу через сито с размером ячеек 0,5 мм. Тесто готовили безопасным способом и на жидких пшеничных заквасках спонтанного брожения.

При изучении свойств сырья, полуфабрикатов и выпеченных образцов хлеба использовали общепринятые методы органолептической и физико-химической оценки. Реологические свойства пшеничного теста в процессе замеса определяли по ГОСТ ISO 5530-1-2013 с применением фаринографа модели Y02 с ручным дозированием воды, производитель Yujebash machine.

Результаты исследований и их обсуждение. По результатам исследований влажность цельносмолотой муки из семян чиа составляла 13,0 %, зольность – 11,0 %.

Качество углеводно-амилазного и белково-протеиназного комплекса мучных смесей оценивали по числу падения, количеству и качеству клейковины (рис. 1). Добавление муки из семян чиа в количестве от 2 до 8 % способствовало увеличению значения числа падения, снижению массовой доли клейковины и укреплению ее упругих свойств.



Рис. 1. Влияние муки из семян чиа на показатели качества мучных смесей

Количество клейковины в мучных смесях снижалась с 30,0 до 10,0 %, что связано с присутствием гелей. Очевидно, полисахариды чиа образуют с белковыми веществами муки комплексные соединения, отличающиеся по своим свойствам от исходных белков, препятствующие слипанию глиадиновой и глютелиновой фракций и созданию клейковинной сетки. Некоторое снижение количества клейковины связано с наличием нерастворимых пищевых волокон. Упругость клейковины возрастала и значения ИДК уменьшалось с 75,0 до 40,0 единиц из-за окислительного действия полиненасыщенных жирных кислот чиа.

Значение числа падения, характеризующего автолитическую активность муки, возрастало с 245 до 270 с пропорционально содержанию муки из семян чиа в смеси, что обусловлено отсутствием активных амилолитических ферментов в муке из семян чиа и наличием гелеобразующих полисахаридов, повышающих вязкость водно-мучной суспензии. Предположительно положи-

тельное влияние муки из семян чиа на снижение интенсивного гидролиза крахмала до декстринов на этапе выпечки и предотвращение получения хлеба с липким и заминающимся мякишем.

Замес пшеничного теста сопровождается изменением физико-механических, коллоидных и биохимических процессов, приводящих к образованию жидкой, твердой и газообразной фаз, соотношение и распределение которых влияет на реологические свойства теста. Протекающие процессы гидратации нерастворимых белковых веществ и полисахаридов формируют твердую фазу пшеничного теста. Объем жидкой фазы пшеничного теста, включающей водорастворимые белки, декстрины, сахара, водорастворимые полисахариды может изменяться в зависимости от степени механической обработки теста и активности ферментных систем.

Результаты исследования реологических свойств теста из приготовленных мучных смесей представлены на рисунках 2, 3.

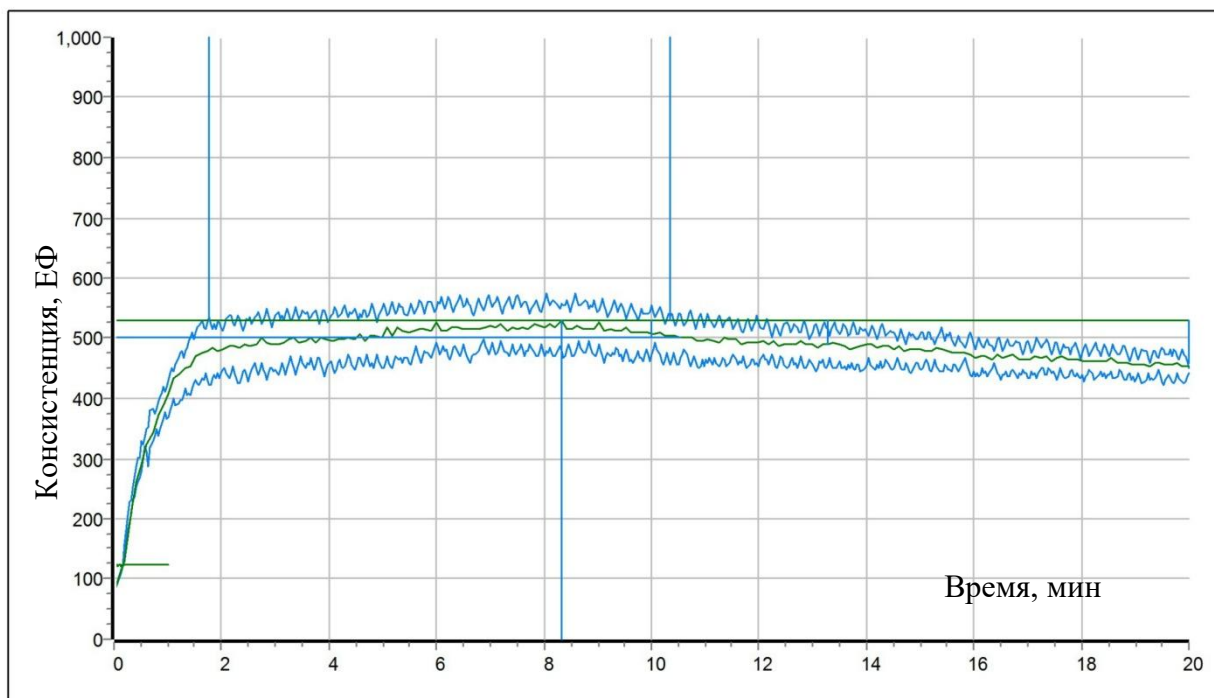


Рис. 2. Фаринограмма теста из муки пшеничной с добавлением 4 % цельносмолотой муки из семян чиа

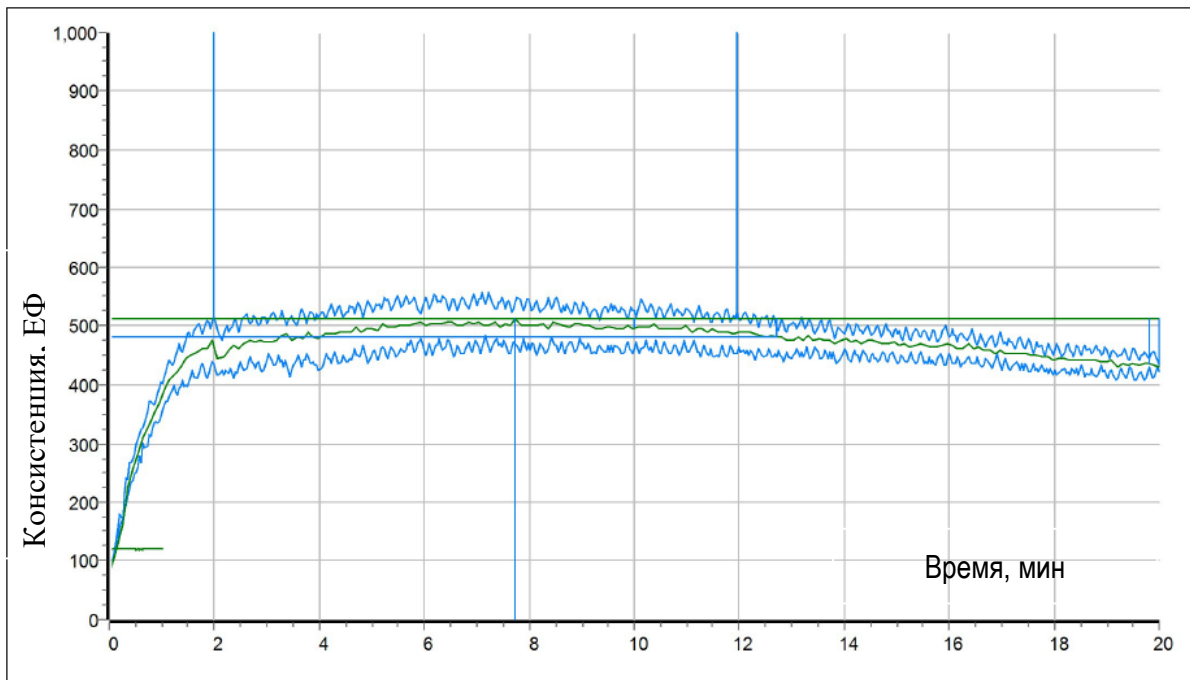


Рис. 3. Фаринограмма теста из муки пшеничной с добавлением 6 % цельносмолотой муки из семян чиа

Данные фаринограмм демонстрируют наличие выраженных различий в реологических характеристиках образцов теста с добавлением цельносмолотой муки из семян чиа, что свидетельствует о различиях в механизмах образования теста. Влияние муки из семян чиа на реологические свойства теста представлены в таблице 1. Добавление муки из семян чиа от 4 до 6 % способствовало увеличению времени образования теста, что обусловлено более длительными процессами набухания полисахаридов, вносимых с семенами чиа, одной из важнейших особенностей которых является способность

образовывать вязкие гели, обладающие высокими влагоудерживающими свойствами. Показатель стабильности теста при внесении муки из семян чиа значительно возрастал по сравнению с контрольным образцом, повышая устойчивость теста к механическому воздействию, и положительно сказывался на реологических характеристиках теста. Увеличение времени образования теста и стабильности теста с добавлением муки из семян чиа говорит о медленно протекающих процессах набухания гидрофильных коллоидов, способных образовывать твердую фазу теста.

Таблица 1

Показатели фаринографа

Показатель	Дозировка муки из семян чиа, %			
	Контроль (0)	2	4	6
Время образования теста, мин	2,4	2,8	7,6	7,7
Стабильность теста, мин	1,4	7,9	8,5	9,8
Разжижение теста, В.У.	47	42	39	31
Степень разжижения теста (10 мин замеса), В.У.	76	35	27	14
Степень разжижения теста (12 мин замеса), В.У.	94	56	58	74
Степень разжижения теста (20 мин замеса), В.У.	105	77	72	75
Коэффициент качества смеси FQC (FQN)	46	85	105	127
Водопоглощение, %	58,4	57,9	58,3	60,0

Степень разжижения теста значительно снижалась при добавлении муки из семян чиа, тесто было более устойчивым, чем контрольный образец. Очевидно, повышение вязкости теста с добавлением муки из семян чиа обусловлено перераспределением влаги, первоначально связанной полисахаридами семян чиа и клейковинными белками муки, которая в результате механического воздействия выделялась из набухших полисахаридов и поглощалась набухающими клейковинными белками, образуя в результате более прочную клейковинную сетку. О лучших реологических свойствах смеси свидетельствует также более высокий показатель качества. Так, у контрольного образца коэффициент качества составлял 46 ед. FQC, при добавлении 4 % муки из семян чиа возрастал до 105 ед. FQC, а при внесении 6 % муки из семян чиа коэффициент качества возрастал до 127 ед.

Таким образом, добавление муки из семян чиа в количестве от 2 до 6 % к массе муки несколько удлиняет скорость набухания коллоидов, тем самым увеличивает время образования теста, но повышает качественную оценку

теста и устойчивость теста в процессе замеса. Предположительно, полисахариды чиа оказывают влияние на формирование трехмерного клейковинного каркаса, а следовательно – на упругость и растяжимость теста.

На основании проведенных исследований можно предположить, что при добавлении муки из семян чиа следует корректировать процесс приготовления теста и регулировать количество воды при замесе для повышения влажности теста, удлинять продолжительность замеса теста, повышать кислотность теста.

С учетом рекомендаций по ведению технологического процесса были приготовлены образцы хлеба: образец 1 – контроль; образец 2 – с влажностью теста 47 % (выше на 2 %, чем у контрольного образца) и увеличенной продолжительностью замеса на 5 мин; образец 3 – приготовлен на жидкой закваске спонтанного брожения (дозировка закваски 15 %).

Выпеченные образцы отличались хорошими органолептическими показателями. Физико-химические показатели выпеченных изделий представлены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели качества выпеченных образцов хлеба

Показатель	Образец		
	1	2	3
Влажность, %	44,5	46,0	46,0
Кислотность мякиша, град.	2,5	3,0	3,5
Пористость мякиша, %	78,0	75,0	76,0
Удельный объем, см ³ /г	3,2	2,9	3,1

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что добавление цельно-смолотой муки из семян чиа в количестве от 2 до 6 % способствовало увеличению значения числа падения, снижению массовой доли клейковины и укреплению ее упругих свойств. Полисахариды чиа оказывали влияние на формирование трехмерного клейковинного каркаса, что удлиняло время набухания коллоидов, увеличивало время образования теста, но повышало качественную оценку теста и устойчивость теста в процессе замеса. Для получения хлеба с высокими показателями качества при добавлении муки из семян чиа рекомендовано повышать влажность теста на 1–2 % путем увеличения вносимой воды при замесе теста, увеличивать

продолжительность замеса теста на 5–8 мин, повышать кислотность теста до 3,5–4,0 град. за счет внесения пшеничных заквасок.

Список источников

1. *Никонорова Ю.Ю., Волкова А.В., Казарина А.В.* Изучение потребительских свойств хлеба из пшеничной муки высшего и первого сортов с добавлением амарантовой муки // Вестник КрасГАУ. 2020. № 12. С. 165–171.
2. *Щеколдина Т.В.* Микробиальная и экологическая безопасность мучных смесей на основе киноа // Вестник КрасГАУ. 2019. № 9. С. 121–126.

3. Семена чиа – инновационный продукт в функциональном и специализированном питании / С.В. Егорова [и др.] // Пищевая промышленность. 2018. № 3. С. 26–27.
4. Хромченкова Е.П., Макаренко М.А., Бессонов В.В. Применение муки из семян чиа при производстве мучных кондитерских изделий // Вопросы питания, 2014. Т. 83, № 3. С. 206–207.
5. Использование муки чиа в технологии ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности / А.Э. Козловская [и др.] // Пищевая промышленность. 2016. № 8. С. 62–65.
6. Исследование свойств геля, полученного из семян чиа (*Salvia hispanica* L.) / Д.В. Кузнецова [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. «Процессы и аппараты пищевых производств». 2017. № 3. С. 10–15.
7. Molecular and functional characteristics of purified gum from Australian chia seeds / Y.P. Timilsena [et al.] // Carbohydrate Polymers, 2016. Vol. 136. P. 128–136.
2. Schekoldina T.V. Mikrobial'naya i `ekologicheskaya bezopasnost' muchnyh smesey na osnove kvinoa // Vestnik KrasGAU. 2019. № 9. С. 121–126.
3. Semena chia – innovacionnyj produkt v funkcional'nom i specializirovannom pitanii / S.V. Egorova [i dr.] // Pischevaya promyshlennost'. 2018. № 3. С. 26–27.
4. Hromchenkova E.P., Makarenko M.A., Bessonov V.V. Primenenie muki iz semyan chia pri proizvodstve muchnyh konditerskih izdelij // Voprosy pitaniya, 2014. Т. 83, № 3. С. 206–207.
5. Ispol'zovanie muki chia v tehnologii rzhano-pshenichnogo hleba iz zamorozhennyh polufabrikatov vysokoj stepeni gotovnosti / A. E. Kozlovskaya [i dr.] // Pischevaya promyshlennost'. 2016. № 8. С. 62–65.
6. Issledovanie svojstv gelya, poluchennogo iz semyan chia (*Salvia hispanica* L.) / D.V. Kuznecova [i dr.] // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Ser. «Processy i apparaty pischevyh proizvodstv». 2017. № 3. С. 10–15.
7. Molecular and functional characteristics of purified gum from Australian chia seeds / Y.P. Timilsena [et al.] // Carbohydrate Polymers, 2016. Vol. 136. P. 128–136.

References

1. Nikonorova Yu.Yu., Volkova A.V., Kazarina A.V. Izuchenie potrebitel'skih svojstv hleba iz pshenichnoj muki vysshego i pervogo sortov s

Благодарности: работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (мнемокод 0611-2020-013; номер темы FZMM-2020-0013, ГЗ № 075-00316-20-01).

