

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПИЩЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ НА ОСНОВЕ ДИГИДРОКВЕРЦЕТИНА НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕСТА ДЛЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

*И.В. Калинина¹, Р.И. Фаткуллин¹, Д. Иванова²,
И. Киселова-Канева², М. Тодорова²*

¹ Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

² Медицинский университет Варны, г. Варна, Болгария

Целью настоящего исследования стало изучение влияния пищевых ингредиентов антиоксидантной направленности на реологические характеристики теста из пшеничной и пшенично-ржаной муки. При разработке обогащенных хлебобулочных изделий, в том числе антиоксидантной направленности, важно учитывать, что введение добавок в рецептуру хлебобулочных изделий должно не только повышать их пищевую ценность, но и обеспечивать необходимые потребительские свойства. В качестве антиоксидантных пищевых ингредиентов использовались ранее разработанные нами дигидрокверцетин микроинкапсулированный и дигидрокверцетин, инкапсулированный в β -циклодекстрин. Пищевые ингредиенты (лиофильно-высушенные) вносились в сухом виде путем смешивания с мукой. Количество пищевого ингредиента определялось рассчитанными ранее рецептурами. Реологические свойства теста оценивались в сопоставлении к контрольным образцам (без добавок) с использованием прибора «Структурометр СТ-2», используемый вид наконечника – цилиндр. Представлены кривые релаксации механических напряжений и данные по общей, пластичной и упругой деформации. Результаты исследований показали, что значительного влияния введение в состав теста пищевых ингредиентов на основе дигидрокверцетина не оказывает. Сдвиг значений общей деформации по отношению к контролю не превышает 10 %. Наиболее выражено влияние пищевых ингредиентов в составе пшенично-ржаного теста. Вместе с тем, итоговый показатель реологических свойств теста Δh при внесении пищевых ингредиентов ДГК меняется для пшеничного теста не более чем на 3 %, для пшенично-ржаного не более чем на 4,3 %. Таким образом, полученные результаты показали, что использование пищевых ингредиентов на основе дигидрокверцетина не приводит к ухудшению реологических свойств теста.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, дигидрокверцетин, микроинкапсуляция, реология теста.

Введение

Хлебобулочные изделия, являясь приоритетным продуктом в структуре питания большинства россиян, могут стать реальным инструментом восполнения недостающих человеку микронутриентов или быть источником биологически активных веществ направленного действия [1, 12, 14, 20, 21].

Безусловно, введение пищевых ингредиентов в рецептуру хлебобулочных изделий должно не только повышать их пищевую ценность, но и обеспечить необходимые потребительские свойства [1, 3, 5–7]. По этой причине при разработке обогащенных хлебобулочных изделий необходимо отслеживать влияние вновь вводимых добавок на хлебопекарные свойства муки, технологические свойства теста, процессы брожения и т. д.

Сформированность требуемых характеристик качества хлебобулочных изделий оп-

ределяется основными режимами и параметрами ведения всех технологических операций производства. Прогнозирование и обеспечение качества хлеба возможны только при строгом контроле технологических свойств основного сырья и всех этапов производства [2, 5, 9].

Известно, что качество хлебобулочных изделий зависит от целого комплекса факторов и процессов, как участвующих в формировании свойств готовой продукции, так и определяющих сохранность потребительских характеристик при хранении. Наиболее значимыми являются биохимические и коллоидные изменения, происходящие с биополимерами муки в процессе созревания теста (рис. 1) [4, 11, 15, 18, 27].

Основным фактором, характеризующим хлебопекарные свойства пшеничной муки, является, прежде всего, клейковина, которая

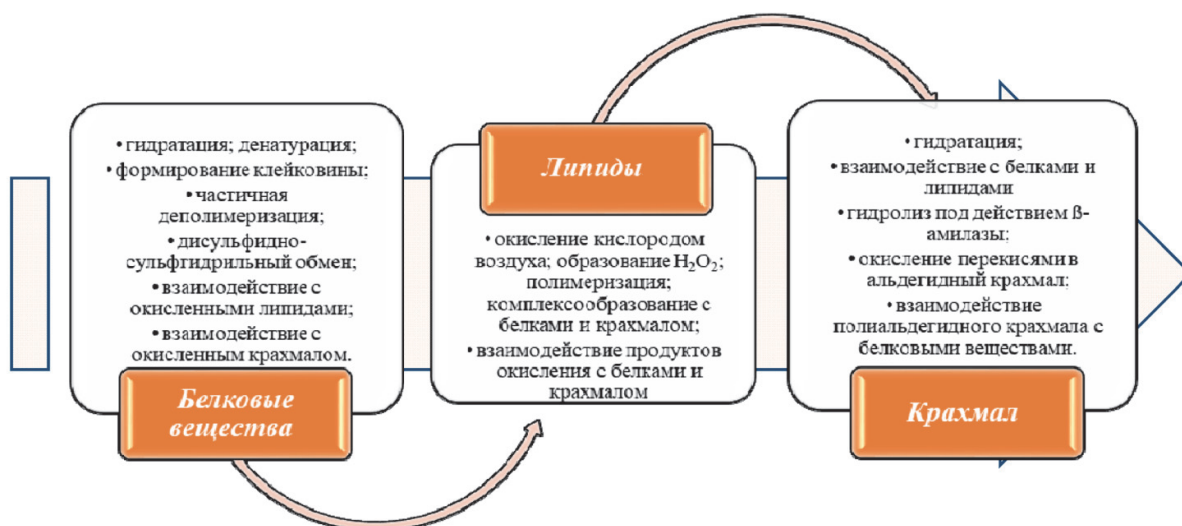


Рис. 1. Процессы, происходящие с макромолекулами нутриентов в процессе приготовления хлеба

сочетает в себе структурно-механические свойства глиадиновой и глютеинового фракций [8, 11, 17, 23, 26]. Известно, что при замесе теста клейковина образует непрерывную фазу пшеничного теста, в процессе спиртового брожения удерживает углекислый газ, обеспечивая хорошее разрыхление теста, а при выпечке набухшие белки клейковины подвергаются необратимой денатурации и закрепляют пористую структуру хлеба.

Вместе с тем, белки пшеничного теста представляют собой весьма лабильные коллоиды, и их реологические свойства могут сильно изменяться под влиянием различных химических и физических воздействий. Анализ существующих результатов исследований влияния различных факторов на реологические свойства отмытой клейковины и теста позволяет выделить группу веществ, не влияющих на свойства изолированной клейковины, но при этом повышающих эластичность и снижающих растяжимость теста. Кроме того, существуют данные о значительных различиях веществ, изменяющих реологию теста, по скорости проявления эффекта воздействия, некоторые из них оказывают влияние уже в момент замеса теста, а для проявления других требуется не менее часа времени [5, 11, 13, 15].

Таким образом, прогностическая оценка показателей качества хлеба, таких как достаточный объем, правильная форма, эластичный мякиш с равномерной пористостью определяются, в первую очередь, физическими свойствами теста [11, 15]. В рамках настоящих

исследований изучалась возможность обогащения хлебобулочных изделий пищевыми ингредиентами направленного антиоксидантного действия на основе растительных полифенолов.

В качестве пищевых ингредиентов антиоксидантного действия, были использованы разработанные на кафедре «Пищевые и биотехнологии» ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» пищевые ингредиенты на основе дигидрокверцетина (в виде лиофильно высушенных порошков):

- дигидрокверцетин микронизированный (ДГК_м);
- дигидрокверцетин, инкапсулированный в β -циклодекстрин (ДГК- β CD) [16, 25].

Таким образом, **цель** настоящего исследования была определена как оценка влияния пищевых ингредиентов на основе растительного антиоксиданта дигидрокверцетина на реологические свойства пшеничного и пшенично-ржаного теста.

Материалы и методы

Тесто готовилось по ранее разработанным и апробированным рецептурам (табл. 1).

Для оценки вязкоупругих свойств теста применяли прибор «Структурометр СТ-2». Были получены кривые релаксации путем математической обработки экспоненциальной кривой релаксации механических напряжений, возникающих на цилиндрическом инденторе при его внедрении в тесто в следующем режиме нагружения:

- усилие касания ($F_k = 5$ г);

Таблица 1

Рецептуры хлебобулочных изделий с добавкой пищевых ингредиентов
на основе дигидрокверцетина

Наименование сырья	Расход сырья, кг					
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5	Образец 6
Мука пшеничная хлебопекарная 1с	100	100	100	70	70	70
Мука ржаная обдирная	–	–	–	30	30	30
Дрожжи прессованные хлебопекарные	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Сухая солодовая закваска «Аграм темный»	–	–	–	0,3	0,3	0,3
Соль поваренная пищевая	1,0	1,0	1,0	1,3	1,3	1,3
Сахар-песок	–	–	–	–	–	–
Маргарин	–	–	–	–	–	–
Дигидрокверцетин микронизированный	–	0,05	–	–	0,05	–
Дигидрокверцетин инкапсулированный в β -циклодекстрин	–	–	0,2	–	–	0,2
Вода	Расчет					

- скорость деформации ($V_d = 1$ мм/с);
- глубина внедрения индентора в пробу теста ($h_v = 5$ мм);
- продолжительность стабилизации глубины внедрения ($t_{ст} = 120$ с).

Используемый вид наконечника для теста – цилиндр.

Результаты и их обсуждение. Полученные в результате эксперимента кривые релаксации и сводные результаты по реологическим характеристикам образцов теста представлены в табл. 2 и на рис 2.

Пищевые ингредиенты на основе ДГК как и ожидалось, не оказали значимого влияния на реологические свойства теста. Сравнительно низкая растворимость в воде ДГК не позволяет ему конкурировать с другими компонентами в тесте во время процесса смешивания.

Однако некоторое снижение упругой деформации теста (в среднем на 5 %) с добавкой ДГК_м все же наблюдалось, независимо от рецептуры. Это может быть связано со снижением скорости гидратации белка в результате взаимодействия ДГК_м с глютенем, что ухудшает агрегационное поведение высокомолекулярной фракции белка муки. Кроме того, снижение значений упругой деформации теста

может быть связано с некоторой потерей эластичности из-за внедрения ДГК как восстановителя в реакции обмена SS-SH групп белков муки. Фактически, формирование каркаса теста обуславливают дисульфидные связи (SS), в то время как ДГК способен снижать их количество, выстраиваясь в структуру белка [10, 19, 23].

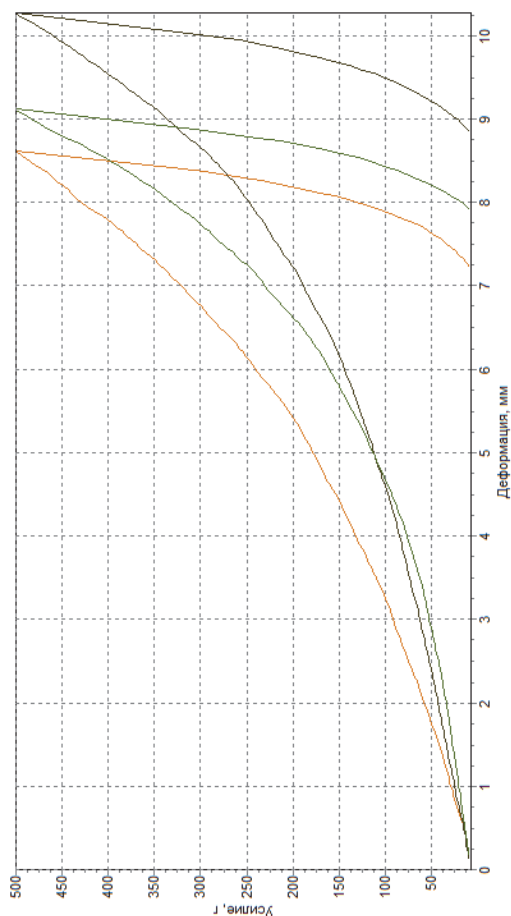
Присутствие в тесте ПИ ДГК- β CD оказало несколько другое влияние на показатель упругой деформации, значения увеличились на 7–10 %, что может объясняться способностью циклодекстрина ограничивать взаимодействие ДГК с белками муки, что согласуется с результатами некоторых исследований [22–25].

В качестве одного из наиболее важных критериев, с помощью которого можно оценить реологическое поведение теста из пшеничной муки, принято отношение пластической деформации к общей деформации (Δh). Для теста оптимальное значение данного показателя $\Delta h \approx 0,70$.

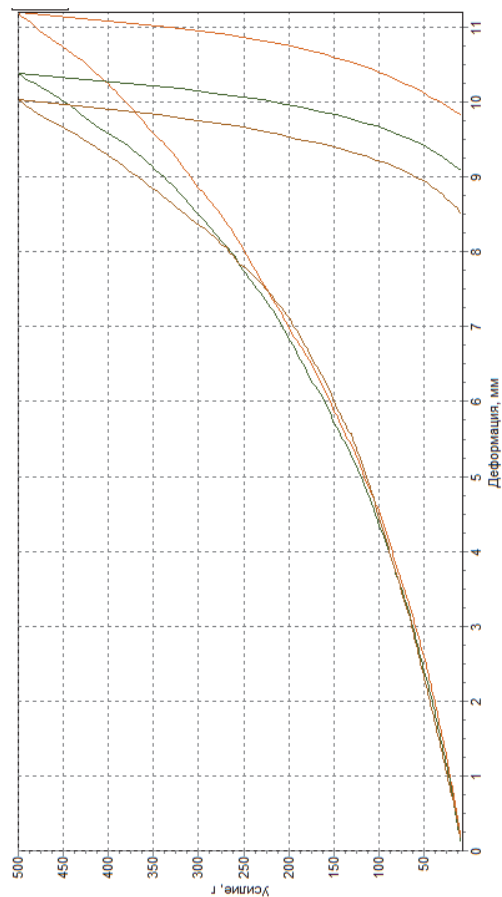
У всех образцов отмечается высокое значение пластической деформации и низкие упругой. Наиболее приближенные значения Δh к оптимальным наблюдаются у образцов теста

Таблица 2
 Результаты определения реологических характеристик образцов теста для разных видов хлебобулочных изделий

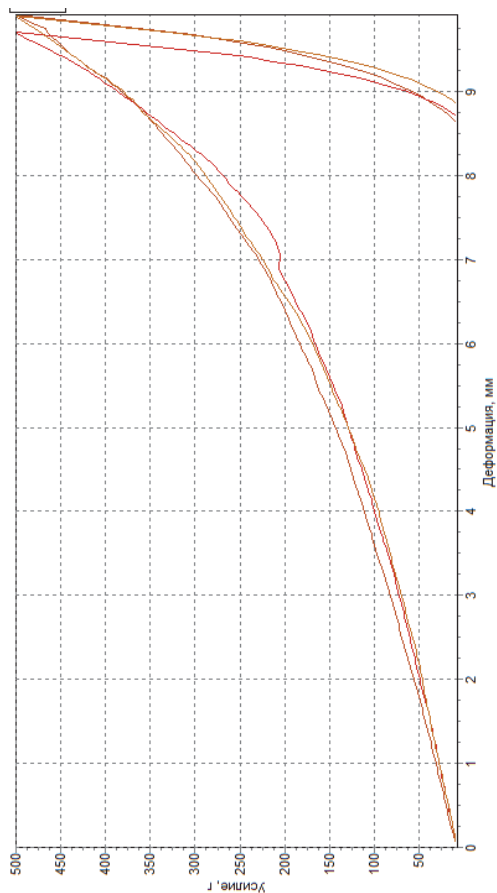
Образец теста для видов хлеба	Общая деформация, мм		Пластинчатая деформация, мм		Упругая деформация, мм		Δh
	$h_{общ}$, мм	$h_{пл}$, мм	$h_{упр}$, мм	$h_{пл}/h_{общ}$	$h_{упр}/h_{общ}$	$h_{пл}/h_{общ}$	
Образец 1	$9,898 \pm 0,004$	$7,453 \pm 0,005$	$2,445 \pm 0,003$	$0,753 \pm 0,004$	$0,753 \pm 0,004$		
Образец 2	$10,389 \pm 0,002$	$8,056 \pm 0,003$	$2,333 \pm 0,002$	$0,775 \pm 0,002$	$0,775 \pm 0,002$		
Образец 3	$12,277 \pm 0,005$	$9,513 \pm 0,005$	$2,764 \pm 0,004$	$0,775 \pm 0,005$	$0,775 \pm 0,005$		
Образец 4	$10,914 \pm 0,004$	$9,627 \pm 0,004$	$1,287 \pm 0,005$	$0,821 \pm 0,004$	$0,821 \pm 0,004$		
Образец 5	$11,906 \pm 0,003$	$10,196 \pm 0,003$	$1,220 \pm 0,002$	$0,856 \pm 0,003$	$0,856 \pm 0,003$		
Образец 6	$11,997 \pm 0,002$	$10,028 \pm 0,002$	$1,269 \pm 0,003$	$0,836 \pm 0,002$	$0,836 \pm 0,002$		



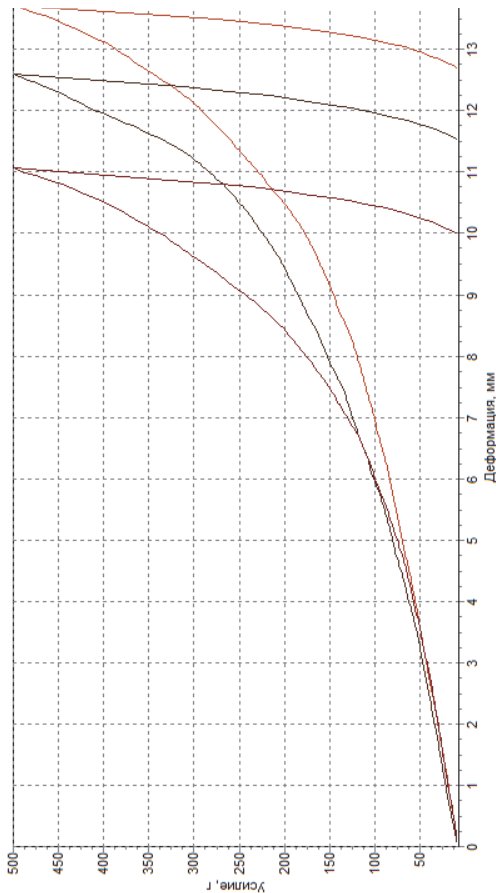
Образец 1



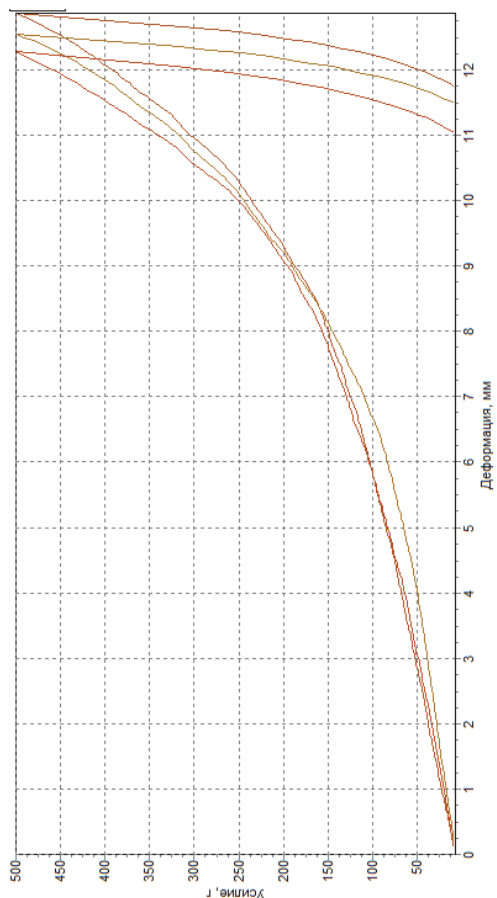
Образец 2



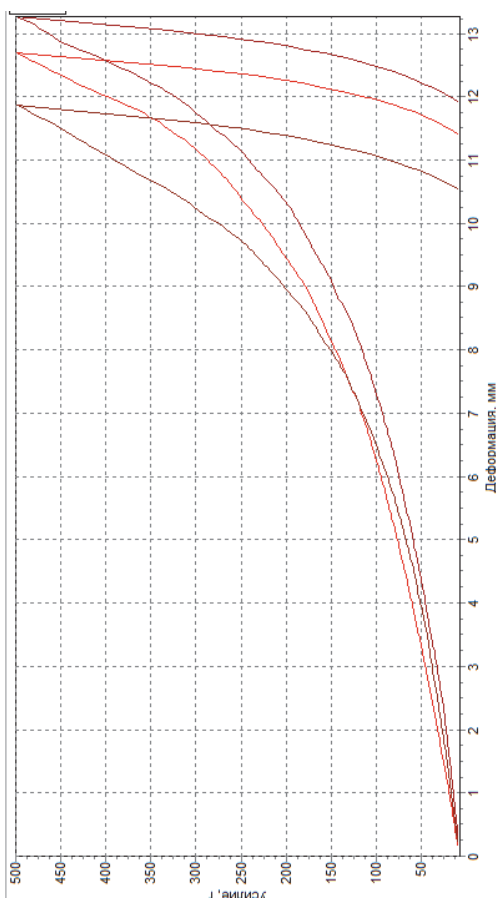
Образец 4



Образец 6



Образец 3



Образец 5

Рис. 2. Экспоненциальные кривые релаксации механических напряжений исследуемых образцов теста

из пшеничной муки. У образцов теста для хлеба пшенично-ржаного отмечается наиболее высокие значения Δh . Эластичные и упругие свойства у данных образцов снижены. Возможно, это связано со снижением количества клейковины из-за внесения ржаной муки.

Заключение

Результаты проведенных исследований показали, что пищевые ингредиенты на основе ДГК оказывают некоторое влияние на общую, пластичную и упругую деформацию теста как из пшеничной, так и пшенично-ржаной муки. При этом сдвиг значений по отношению к контролю составляет не более 10 %. Наиболее выражено влияние пищевых ингредиентов в составе пшенично-ржаного теста. Вместе с тем, итоговый показатель реологических свойств теста Δh при внесении пищевых ингредиентов ДГК меняется для пшеничного теста не более чем на 3 %, для пшенично-ржаного, не более чем на 4,3 %.

Таким образом, полученные результаты позволяют рекомендовать применение пищевых ингредиентов на основе дигидрокверцетина в технологии производства обогащенных хлебобулочных изделий антиоксидантной направленности без риска ухудшения потребительских свойств готовых изделий.

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.А03.21.0011, при финансовой поддержке государственного задания № 40.8095.2017/БЧ (2017123-ГЗ) и гранта РФФИ 18-53-45015.

Литература

1. Аникеева, Н.В. Хлеб «Нутовый» с лечебно-профилактическими свойствами / Н.В. Аникеева // *Хлебопечение России*, 2003. – № 1. – С. 36–37.
2. Аношкина, Г.П. Переработка муки с пониженными хлебопекарными свойствами / Г.П. Аношкина // *Хлебопродукты*, 2001. – № 8. – С. 30–33.
3. Богатырева, Т.Г. Влияние флавоноидов экстракта зеленого чая на качество теста / Т.Г. Богатырева, Л.И. Пучкова, Ж.М. Жамукова // *Пищевая промышленность*, 2006. – № 1. – С. 17–18.
4. Болтенко, Ю.А. Определение реологических свойств мякиша хлебобулочных изделий / Ю.А. Болтенко // *Хлебопродукты*. – 2008. – № 12. – С. 58–59.
5. Булгакова, Н.Н. Разработка и совершенствование технологий хлебобулочных изделий функционального назначения: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Булгакова Наталья Николаевна. – Воронеж, 2004. – 243 с.
6. Васильева, О.Л. Пищевые добавки в хлебобулочных изделиях / О.Л. Васильева, З.И. Асмаева, Е.О. Михайлова // *Хлебопродукты*. – 1991. – № 1. – С. 34–38.
7. Воротнюк, В.Г. Применение нетрадиционного растительного сырья в хлебопекарном производстве / В.Г. Воротнюк. – М.: Наука, 1986. – 110 с.
8. Измайлова, В.Н. Структурообразование в белковых системах / В.Н. Измайлова, Б.А. Ребиндер. М.: Наука, 1974. – 268 с.
9. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Е.Д. Казаков, Г.П. Карпиленко. – СПб.: ГИОРД, 2002. – 510 с.
10. Корулькин, Д.Ю. Природные флавоноиды / Д.Ю. Корулькин, Ж.А. Абилов, Р.А. Музычкина, Г.А. Толстикова. – Новосибирск: Тео, 2007. – 232 с.
11. Медведев, П.В. Системный анализ свойств сырья и научные основы управления качеством хлеба путем использования белковых концентратов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.15, 05.18.01 / Медведев Павел Викторович. – Кемерово, 2004. – 428 с.
12. Нилова, Л.П. Инновационные пищевые продукты в формировании региональных товарных систем / Л.П. Нилова, С.М. Малютенкова // *Наука Красноярья*. – 2016. – № 5(38). – С. 161–174.
13. Перепёлкина, Я.Ю. Влияние реологических характеристик пшеничного теста после замеса на качество готового хлеба / Я.Ю. Перепёлкина, Ю.А. Болтенко // *Научные исследования: от теории к практике: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 31 дек. 2015 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.]*. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс». – 2015. – № 5 (6). – С. 152–154.
14. Потороко, И.Ю. Антиоксидантные свойства функциональных пищевых ингредиентов, используемых при производстве хлебобулочных и молочных продуктов, их влияние на качество и сохраняемость продукции / И.Ю. Потороко, А.В. Паймулина, Д.Г. Ускова и др. // *Вестник ВГУИТ*. – 2017. – Т. 79, № 4. – С. 143–151. DOI:10.20914/2310-1202-2017-4-143-151

15. Цыганова, Т.Б. Новая технология производства хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности / Т.Б. Цыганова, В.П. Ангелюк, В.А. Буховец // *Хлебопечение России*. – 2011. – № 5. – С. 28–30.

16. Шатилов, А.В. Роль антиоксидантов в организме в норме и при патологии / А.В. Шатилов, О.Г. Богданова, А.В. Коробов // *Ветеринарная патология*. – 2007. – № 2. – С. 207–211.

17. Ahmed, M.S.H., Kanzal, M.O., & Fadhl, G.A. Study the Storage Temperature & Periods on Rheological Properties of Wheat Flour // *American Journal of Food Science and Technology*. – 2016. – V. 4(5). – P. 135–140.

18. Correa, M.J. Effect of modified celluloses on dough rheology and microstructure / M.J. Correa, M.C. Añón, G.T. Perez, C. Ferrero // *Food Research International*. – 2010. – V. 43. – P. 780–787. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.11.016

19. Enhancement of solubility, antioxidant ability and bioavailability of taxifolin nanoparticles by liquid antisolvent precipitation technique / Y. Zu, W. Wu, X. Zhao et. al. // *International Journal of Pharmaceutics*. – 2014. – V. 471. – P. 366–376.

20. <http://www.freepatent.ru>. – 2142232 Способ производства хлеба «Белгородский» с морской капустой / Е.П. Суханов, В.Д. Верещак, В.В. Письменный, Б.Н. Троицкий, А.И. Черкашин, 5.01.1999.

21. <http://www.freepatent.ru>. – 2519859 Способ производства хлеба чечевичного / Ф.А. Бисчокова, М.А. Дугужев, Б.Х. Губашиев,

Ж.М. Кунашева, М.Х. Кодзокова, Т.Х. Карданов, 8.10.2012

22. Masaki, H. Active-oxygen scavenging activity of plant extracts / H. Masaki, S. Sakaki, T. Atsumi, H. Sakurai // *Biol. Pharm. Bul.* – 1995. – V. 18. – P. 162–166.

23. Miś, A. Use of farinograph measurements for predicting extensograph traits of bread dough enriched with carob fibre and oat wholemeal / A. Miś, S. Grundas, D. Dzik, J. Laskowski // *Journal of Food Engineering*. – 2012. – V. 108 (1). – P. 1–12.

24. Naumenko N.V. Sonochemistry effects influence on the adjustments of raw materials and finished goods properties in food production / N.V. Naumenko, I.V. Kalinina // *Materials Science Forum*. – 2016. – V. 870. – P. 691–696.

25. Sonochemical Micronization of Taxifolin Aimed at Improving Its Bioavailability in Drinks for Athletes / I.Yu. Potoroko, I.V. Kalinina, N.V. Naumenko et al. // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2018. – Т. 18, № 3. – С. 90–100. DOI: 10.14529/hsm180309

26. Ribotta, P.D. Interactions of hydrocolloids and sonicated-gluten proteins / P.D. Ribotta, S.F. Ausar, D.M. Beltramo, A.E. Leon // *Food Hydrocolloids*. – 2005. – V. 19. – P. 93–99. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2004.04.018

27. Rosell, C.M. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality / C.M. Rosell, J.A. Rojas, B. de Barber // *Food Hydrocolloids*. – 2001. – V. 15. – P. 75–81. DOI: 10.1016/S0268-005X(00)00054-0

Калинина Ирина Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), kalininaiv@susu.ru

Фаткуллин Ринат Ильгидарович, кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), fatkullinri@susu.ru

Иванова Диана, доктор биологических наук, профессор отдела биохимии, молекулярной медицины и нутригеномики лаборатории нутригеномики, функциональных продуктов питания и нутрицевтиков, Медицинский университет Варны (г. Варна, Болгария), divanova@mu-varna.bg

Киселова-Канева Йоана, кандидат биологических наук (PhD), доцент, начальник отдела биохимии, молекулярной медицины и нутригеномики Лаборатории нутригеномики, функциональных продуктов питания и нутрицевтиков, Медицинский университет Варны (г. Варна, Болгария), yoana.kiselova@mu-varna.bg

Тодорова Миглена, кандидат биологических наук (PhD), доцент отдела биохимии, молекулярной медицины и нутригеномики Лаборатории нутригеномики, функциональных продуктов питания и нутрицевтиков, Медицинский университет Варны (г. Варна, Болгария), miglena.todorova@mu-varna.bg

Поступила в редакцию 19 ноября 2018 г.

STUDY OF THE INFLUENCE OF FOOD INGREDIENTS BASED ON DIHYDROQUERCETIN ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF THE BAKERY PRODUCT DOUGH

I.V. Kalinina¹, R.I. Fatkullin¹, D. Ivanova², Y. Kiselova-Kaneva², M. Todorova²

¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

² Medical University – Varna, Varna, Bulgaria

The purpose of the research consists in the study of the effect of antioxidant food ingredients on the rheological characteristics of dough made from wheat and wheat-rye flour. While developing the enriched bakery products, including antioxidant, it is important to consider that the introduction of additives in the recipe of bakery products should not only increase their nutritional value but also provide the necessary consumer properties. Dihydroquercetin micronized and dihydroquercetin encapsulated in β -cyclodextrin, previously developed by us, were used as antioxidant food ingredients. Food ingredients (freeze-dehydrated) were added dry by mixing with flour. The amount of food ingredient was determined by the previously calculated formula. The rheological properties of the dough were evaluated in comparison to the control samples (without additives) by Strukturometr ST-2 device; the type of the tip used is a cylinder. There are presented curves of mechanical stress relaxation and data on total, plastic, and elastic deformation. The results of the research show that the introduction of food ingredients based on dihydroquercetin does not significantly affect the composition of the dough. The shift of the total deformation values in relation to the control does not exceed 10%. The influence of food ingredients is most prominent in the composition of wheat-rye dough. At the same time, when introducing dihydroquercetin food ingredients, the final indicator of the rheological properties of dough Δh changes for the wheat dough to no more than 3%, and for the wheat-rye dough to no more than 4.3%. Thus, the results obtained show that the use of food ingredients based on dihydroquercetin does not lead to deterioration of the rheological properties of the dough.

Keywords: bakery products, dihydroquercetin, micronization, encapsulation, dough rheology.

References

1. Anikeeva N.V. [Nutovy Bread with Health Promoting Properties]. *Khlebopechenie Rossii* [Baking in Russia], 2003, no. 1, pp. 36–37. (in Russ.)
2. Anoshkina G.P. [Processing of Flour with Reduced Baking Properties]. *Khleboprodukty* [Khleboprodukty], 2001, no. 8, pp. 30–33. (in Russ.)
3. Bogatyreva T.G., Puchkova L.I., Zhamukova Zh.M. [Influence of Green Tea Flavonoids on Dough Quality]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 2006, no. 1, pp. 17–18. (in Russ.)
4. Boltenko Yu.A. [Determination of the Rheological Properties of the Bakery Products Crumb]. *Khleboprodukty* [Khleboprodukty], 2008, no. 12, pp. 58–59. (in Russ.)
5. Bulgakova N.N. *Razrabotka i sovershenstvovanie tekhnologii khlebobulochnykh izdeliy funktsional'nogo naznacheniya: Dis. kand. tekhn. nauk* [Development and Improvement of Technology for Bakery Products of Functional Purpose: Thesis Research of Candidate of Science (Engineering)]. Voronezh, 2004. 243 p.
6. Vasil'eva O.L., Asmaeva Z.I., Mikhaylova E.O. [Food Additives in Bakery Products]. *Khleboprodukty* [Khleboprodukty], 1991, no. 1, pp. 34–38. (in Russ.)
7. Vorotnyuk V.G. *Primenenie netraditsionnogo rastitel'nogo syr'ya v khlebopekarnom proizvodstve* [Food Additives in Bakery Products]. Moscow, Nauka Publ., 1986. 110 p.
8. Izmaylova V.N., Rebinder B.A. *Strukturoobrazovanie v belkovykh sistemakh* [Structuring in Protein Systems]. Moscow, Nauka Publ., 1974. 268 p.
9. Kazakov E.D., Karpilenko G.P. *Biokhimiya zerna i khleboproduktov* [biochemistry of grain and bread products]. St. Petersburg, 2002. 510 p.
10. Korul'kin D.Yu., Abilov Zh.A., Muzychkina R.A., Tolstikov G.A. *Prirodnye flavonoidy* [Natural Flavonoids]. Novosibirsk, 2007. 232 p.

11. Medvedev P.V. *Sistemnyy analiz svoystv syr'ya i nauchnye osnovy upravleniya kachestvom khleba putem ispol'zovaniya belkovykh kontsentratov: dis. d-ra tekhn. nauk* [System Analysis of the Properties of Raw Materials and Scientific Bases of Bread Quality Management by the Use of Protein Concentrates: Thesis Research of Doctor of Science (Engineering)]. Kemerovo, 2004. 428 p.
12. Nilova L.P., Malyutenkova S.M. [Innovative Food Products in the Formation of Regional Commodity Systems]. *Nauka Krasnoyars'ya* [Siberian Journal of Economics and Management], 2016, no. 5(38), pp. 161–174. (in Russ.)
13. Perepelkina Ya.Yu., Boltenko Yu.A. [Influence of the Rheological Characteristics of the Wheat Dough after its Kneading on the Quality of the Finished Bread]. *Nauchnye issledovaniya: ot teorii k praktike: materialy VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Scientific Research: from Theory to Practice: Proceedings of the VI International Scientific Practical Conference (Cheboksary, December 31, 2015)]. Cheboksary, 2015, no. 5 (6), pp. 152–154. (in Russ.)
14. Potoroko I.Y., Paimulina A.V., Uskova D.G., Kalinina I.V., Popova N.V., Shirish S. The antioxidant properties of functional food ingredients used in the production of bakery and dairy products, their impact on quality and storageability of the product. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2017, vol. 79(4), pp. 143–151. (in Russ.) <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-4-143-151>
15. Tsyganova T.B., Angelyuk V.P., Bukhovets V.A. [New Production Technology for Bakery Products with High Nutritional Value]. *Khlebopechenie Rossii* [Baking in Russia], 2011, no. 5, pp. 28–30. (in Russ.)
16. Shatilov A.V., Bogdanova O.G., Korobov A.V. [Role of Antioxidants in the Healthy Body and a Body with Health Problems]. *Veterinarnaya patologiya* [Veterinary Pathology], 2007, no. 2, pp. 207–211. (in Russ.)
17. Ahmed M.S.H., Kanzal M.O. & Fadhl G.A. Study the Storage Temperature & Periods on Rheological Properties of Wheat Flour. *American Journal of Food Science and Technology*, 2016, vol. 4(5), pp. 135–140.
18. Correa M.J., Añón M.C., Perez G.T. & Ferrero C. Effect of modified celluloses on dough rheology and microstructure. *Food Research International*, 2010, vol. 43, pp. 780–787. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.11.016
19. Zu Y., Wu W., Zhao X. et. al. Enhancement of solubility, antioxidant ability and bioavailability of taxifolin nanoparticles by liquid antisolvent precipitation technique. *International Journal of Pharmaceutics*, 2014, vol. 471, pp. 366–376. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2014.05.049
20. <http://www.freepatent.ru.2142232> *Sposob proizvodstva khleba «Belgorodskiy» s morskoy kapustoy.* Sukhanov E.P., Vereshchak V.D., Pis'mennyy V.V., Troitskiy B.N., Cherkashin A.I., 5.01.1999.
21. <http://www.freepatent.ru.2519859> *Sposob proizvodstva khleba chechevichnogo.* Bischokova F.A., Duguzhev M.A., Gubashiev B.Kh., Kunasheva Zh.M., Kodzokova M.Kh., Kardanov T.Kh., 8.10.2012.
22. Masaki H., Sakaki S., Atsumi T., Sakurai H. Active-oxygen scavenging activity of plant extracts. *Biol. Pharm. Bul.*, 1995, vol. 18, pp. 162–166. DOI: 10.1248/bpb.18.162
23. Miś A., Grundas S., Dzik D., Laskowski J. Use of farinograph measurements for predicting extensograph traits of bread dough enriched with carob fibre and oat wholemeal. *Journal of Food Engineering*, 2012, vol. 108 (1), pp. 1–12. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.08.007
24. Naumenko N.V., Kalinina I.V. Sonochemistry effects influence on the adjustments of raw materials and finished goods properties in food production. *Materials Science Forum*, 2016, vol. 870, pp. 691–696. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.870.691
25. Potoroko I.Yu., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Fatkulnin R.I., Nenasheva A.V., Uskova D.G., Sonawane S.H., Ivanova D.G., Velyamov M.T. Sonochemical Micronization of Taxifolin Aimed at Improving Its Bioavailability in Drinks for Athletes. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 3, pp. 90–100. DOI: 10.14529/hsm180309
26. Ribotta P.D., Ausar S.F., Beltramo D.M. & Leon A.E. Interactions of hydrocolloids and sonicated-gluten proteins. *Food Hydrocolloids*, 2005, vol. 19, pp. 93–99. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2004.04.018

27. Rosell C.M., Rojas J.A., de Barber B. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 2001, vol. 15, pp. 75–81. DOI: 10.1016/S0268-005X(00)00054-0

Irina Yu. Kalinina, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, kalininaiv@susu.ru.

Rinat I. Fatkullin, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, fatkullinri@susu.ru

Diana Ivanova, Doctor of Sciences (Biology), Professor of the Department of Biochemistry, Molecular Medicine and Nutrigenomics, Laboratory of Nutrigenomics, Functional Foods and Nutraceuticals, Medical University – Varna (Varna, Bulgaria), divanova@mu-varna.bg

Yoana Kiselova-Kaneva, Candidate of Sciences (Biology), Associate Professor, Head of the Department of Biochemistry, Molecular Medicine and Nutrigenomics, Laboratory of Nutrigenomics, Functional Foods and Nutraceuticals, Medical University – Varna (Varna, Bulgaria), yoana.kiselova@mu-varna.bg

Miglena Todorova, Candidate of Sciences (Biology), Associate Professor of the Department of Biochemistry, Molecular Medicine and Nutrigenomics, Laboratory of Nutrigenomics, Functional Foods and Nutraceuticals, Medical University – Varna (Varna, Bulgaria), miglena.todorova@mu-varna.bg

Received November 19, 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Исследование влияния пищевых ингредиентов на основе дигидрокверцетина на реологические свойства теста для хлебобулочных изделий / И.В. Калинина, Р.И. Фаткуллин, Д. Иванова и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2019. – Т. 7, № 1. – С. 21–30. DOI: 10.14529/food190103

FOR CITATION

Kalinina I.V., Fatkullin R.I., Ivanova D., Kiselova-Kaneva Y., Todorova M. Study of the Influence of Food Ingredients Based on Dihydroquercetin on the Rheological Properties of the Bakery Product Dough. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2019, vol. 7, no. 1, pp. 21–30. (in Russ.) DOI: 10.14529/food190103