

Проектирование и моделирование новых продуктов питания

УДК 664.64+664.65

DOI: 10.14529/food190204

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПИЩЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ НА ОСНОВЕ ДИГИДРОКВЕРЦЕТИНА В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

И.В. Калинина¹, Р.И. Фаткуллин¹, Д. Иванова², Л.В. Кондратьева¹

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

² Медицинский университет Варны, г. Варна, Болгария

Целью настоящего исследования стало установление потерь пищевых ингредиентов антиоксидантной направленности в процессе производства хлебобулочных изделий из пшеничной и пшенично-ржаной муки. При разработке обогащенных хлебобулочных изделий, в том числе антиоксидантной направленности, важно учитывать, что введение функциональных пищевых ингредиентов в рецептуру хлебобулочных изделий должно строго соответствовать установленным нормативам (ГОСТ Р 52349–2005, МР 2.3.2.2571-10, МР 2.3.1.1915-04, МР 2.3.1.2432-08). В качестве антиоксидантных пищевых ингредиентов использовались следующие разработанные пищевые ингредиенты – дигидрохверцетин микронизированный, дигидрохверцетин, инкапсулированный в β -циклодекстрин и дигидрохверцетин, инкапсулированный в наноэмульсию. Пищевые ингредиенты (лиофильно-высушенные) вносились в сухом виде путем смешивания с мукой на этапе подготовки основного сырья. Для установления потерь пищевых ингредиентов в процессе производства хлебобулочных изделий были произведены пробные лабораторные выпечки. В готовых образцах хлебобулочных изделий контролировали общее содержание флавоноидов (спектрофотометрическим методом по хверцетину, мг ЕQ/г) и массовую долю дигидрохверцетина (методом ВЭЖХ, мг/г). Полученные результаты показали, что потери пищевых ингредиентов на основе дигидрохверцетина при использовании их для обогащения хлебобулочных изделий существенны и колеблются в диапазоне 24–40 %. Установлено, что инкапсуляция в β -циклодекстрин и наноэмульсию позволяет снизить потери антиоксиданта дигидрохверцетина и обеспечить его стабильность в матрице продукта. Таким образом, полученные результаты позволили установить дозировки пищевых ингредиентов на основе дигидрохверцетина, позволяющие обеспечить содержание функционального пищевого ингредиента в составе хлебобулочных изделий, соответствующее установленным нормативным требованиям для функциональных пищевых продуктов с учетом норм потребления.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, дигидрохверцетин, микронизация, инкапсулирование, наноэмульсии, рациональные дозировки, пищевые ингредиенты.

Введение

Согласно мнению директора Института питания РАМН Тутельяна В.А., формула пищи человека III тысячелетия – это постоянное использование в рационе, наряду с традиционными пищевыми продуктами, функциональных продуктов и биологически активных добавок (БАД) [6–8].

Дигидрохверцетин (ДГК) – флаванол, который занимает лидирующие позиции среди известных антиоксидантов. В Реестре продукции, прошедшей государственную регистрацию (выданные Федеральной службой, включая Управления, дата актуализации базы данных – 24.03.2019 г.) представлено 25 зарегистрированных пищевых и биологически

активных добавок на основе дигидрохверцетина [4, 5, 13, 16, 17].

Существующие на сегодняшний день в России требования к обеспечению эффективности функционального пищевого продукта предполагают содержание функционального пищевого ингредиента в продукте в количестве не менее 15 % от суточной физиологической потребности, в расчете на одну порцию продукта (ГОСТ Р 52349-2005 Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения).

Кроме того, при разработке обогащенных пищевых продуктов, в том числе хлебобулочных изделий антиоксидантной направленности, целесообразно учитывать требования Ме-

тодических рекомендаций МР 2.3.2.2571-10 «Обогащение витаминно-минеральными комплексами массовых сортов хлебобулочных изделий, вырабатываемых по национальным стандартам», Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ» и Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». Согласно МР 2.3.1.1915-04 для дигидрокверцетина установлена норма потребления в диапазоне 25 – 100 мг/сут.

Обладая полезными свойствами, таксифолин имеет некоторые ограничения использования в пищевой отрасли и биомедицине, что обусловлено его низкой растворимостью и биодоступностью. Это приводит к тому, что биологические эффекты таксифолин, определенные в анализах *in vitro*, не могут быть непосредственно перенесены в условия *in vivo* [14, 16, 19, 21].

Плохая растворимость (около 20 мг/л в воде при температуре окружающей среды), приводит к очень ограниченному и медленному поглощению дигидрокверцетина, являясь важным фактором, ограничивающим его биодоступность [11, 12]. Кроме того, как и большинство флавоноидов, дигидрокверцетин является химически лабильным, быстро деградирует при воздействии щелочных сред [18–20]. Все это делает необходимым поиск путей модификации его свойств для обеспечения максимального проявления им своих биоактивных и фармакофорных эффектов.

Внесение пищевого ингредиента в матрицу пищевого продукта должно базироваться на четком понимании того, что свойства БАД будет сохраняться на всех этапах технологического процесса. При разработке рецептур обогащенных хлебобулочных изделий важно учитывать потери функциональных пищевых ингредиентов, которые возникают в технологическом процессе. По этой причине **цель** настоящего исследования была определена как оценка стабильности функциональных пищевых ингредиентов на основе растительного антиоксиданта дигидрокверцетина в процессе производства хлебобулочных изделий.

Материалы и методы

В рамках настоящих исследований изучалась возможность обогащения хлебобулочных изделий пищевыми ингредиентами направ-

ленного 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 (ДГКм);

- дигидрокверцетин микронизированный, инкапсулированный в β -циклодекстрин (ДГКм- β CD);

- дигидрокверцетин микронизированный, инкапсулированный в наноэмульсию на основе льняного масла и лецитина (НЭ ДГКм) [12, 15, 16].

В качестве объектов для обогащения были выбраны хлебобулочные изделия из пшеничной и пшенично-ржаной муки, простые и улучшенные по рецептуре:

- хлеб из пшеничной муки первого сорта;
- хлеб пшенично-ржаной;
- батон нарезной.

Базовые рецептуры исследуемых образцов хлебобулочных изделий представлены в таблице.

Для установления фактических потерь функциональных пищевых ингредиентов ДГКм при получении хлебобулочных изделий были произведены пробные лабораторные выпечки образцов (контрольных и с внесением функциональных пищевых ингредиентов ДГКм (в порошкообразном виде лиофильно высушенные)).

При расчете рационального количества функционального пищевого ингредиента на основе ДГКм учитывались следующие исходные данные:

- средний выход хлебобулочных изделий по отношению к массе муки – 140 %; ожидаемое количество ДГК в готовом продукте – 0,01–0,02 % (что составит с учетом нормы потребления хлеба 250 г $25 \text{ мг} < X_{\text{ДГК}} < 50 \text{ мг}$ и обеспечит не более 50 % от максимального значения рекомендуемой нормы потребления ДГК);

- ожидаемые максимальные потери ДГК в процессе технологии производства составят 60 % (на основании анализа литературы);

- массовая доля влаги в лиофилизатах образцов пищевых ингредиентов ДГКм – не более 2 %.

Расчетные рецептуры хлебобулочных изделий с ПИ ДГКм

Наименование сырья	Расход сырья, кг						
	Хп 1	Хп 2	Хпр 1	Хпр 2	Б 1	Б 2	Б 3
Мука пшеничная хлебопекарная 1 с	100	100	70	70	100	100	100
Мука ржаная обдирная	–	–	30	30	–	–	–
Дрожжи прессованные хлебопекарные	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Сухая солодовая закваска «Аграм темный»	–	–	0,3	0,3	–	–	–
Соль поваренная пищевая	1,0	1,0	1,3	1,3	1,0	1,0	1,0
Сахар-песок	–	–	–	–	2	2	2
Маргарин	–	–	–	–	3,0	3,0	–
Вода	Расчет						

На основании проведенных расчетов были сформированы итоговые рецептуры хлебобулочных изделий с добавкой ДГК:

- хлеб из пшеничной муки с ДГК_м (Хп 1);
- хлеб из пшеничной муки с конъюгатом ДГК_м-βCD (Хп 2);
- хлеб из пшенично-ржаной муки с ДГК_м (Хпр 1);
- хлеб из пшенично-ржаной муки с конъюгатом ДГК_м-βCD (Хпр 2);
- батон «Нарезной» с ДГК_м (Б 1);
- батон «Нарезной» с конъюгатом ДГК_м-βCD (Б 2);
- батон «Нарезной» с инкапсулированным в наноземлю ДГК_м (Б 3).

Расчетное количество НЭ ДГК_м, необходимое для обеспечения заданного количества ДГК в готовом хлебобулочном изделии, не позволяло ввести данный пищевой ингредиент в состав простого хлеба, поэтому была использована только рецептура улучшенного хлебобулочного изделия.

Поскольку основной задачей данного этапа исследований было установить потери функционального пищевого ингредиента в процессе технологии производства хлебобулочных изделий, для всех образцов использовали единообразное ведение технологического процесса.

В готовых образцах обогащенных хлебобулочных изделий контролировалось два показателя: массовая доля ДГК (ВЭЖХ) и массовая доля флавоноидов (в пересчете на эквивалент кверцетина, мгEQ/г).

Рекомендуемые уровни потребления флавоноидов согласно МР 2.3.1.2432-08 установлены в диапазоне: для взрослых – 250 мг/сут, для детей 7–18 лет – от 150 до 250 мг/сут. В качестве критерия оптимизации рецептуры хлебобулочных изделий с учетом литературных данных нами было определено ожидаемое общее содержание флавоноидов $X_{фл} < 75$ мг/сут (на 250 г хлеба).

Результаты и их обсуждение

Полученные результаты (рис. 1) доказывают, что потери ДГК_м различаются как в зависимости от рецептуры хлебобулочного изделия, так и типа используемого пищевого ингредиента.

Наиболее весомые потери были установлены для ДГК_м (36,7–42,2 ± 0,4 % в среднем), что в целом, на наш взгляд, было прогнозируемо.

Поскольку реакционноспособность ДГК_м гораздо выше, чем инкапсулированного ДГК_м, полученные результаты согласуются и с результатами аналогичных исследований, проводимых по направлению обогащения хлебобулочных изделий полифенольными веществами [5, 13, 16].

Пищевой ингредиент ДГК_м имеет больше свободных гидроксильных групп, поэтому активно расходуется на взаимодействие с белками и углеводами в процессе формирования теста. Кроме того, ДГК_м в свободном виде больше атакуется ферментами и используется микроорганизмами. Вместе с тем, следует отметить, что сравнительный анализ количества ДГК_м в образцах пшеничного, пше-

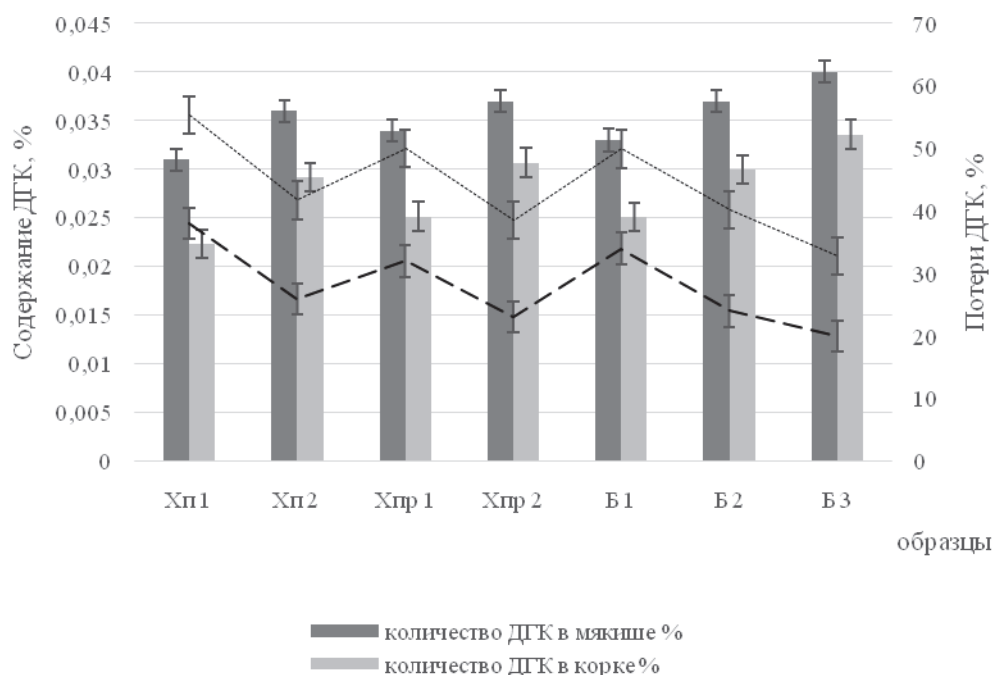


Рис. 1. Результаты количественного определения ДГК в готовых хлебобулочных изделиях с учетом их потери (в мякише и корке-подкорковом слое), %

нично-ржаного хлеба и батона (с добавкой ДГКм) показал меньшие потери во втором образце (в среднем на 5–6 %), что вероятно обусловлено более низким значением pH в системе пшенично-ржаного теста.

Сопоставление уровня потерь по видам пищевых ингредиентов показало, что минимальные значения были отмечены для НЭ ДГКм в составе батона ($23,8 \pm 0,3$ %). Данный факт объясняется практически полной защитой ДГКм системой липосом.

Достаточно низкими значениями потерь ДГК характеризовался конъюгат ДГКм-βCD ($26\text{--}28 \pm 0,3$ % в среднем), причем статистически значимых различий между образцами хлеба пшеничного, пшенично-ржаного и батона не наблюдалось.

Совокупный анализ полученных результатов с уверенностью позволяет говорить, что потери ДГК в корке и подкорковом слое мякиша выше, чем в мякише изделий, независимо от вида изделия и типа используемой добавки (в среднем потери составляют 12–17 %).

Средние значения потерь ДГК для каждого из пищевых ингредиентов были рассчитаны как средневзвешенные, полученные значения округлены с учетом физического смысла величин. В результате были установлены значения ожидаемых потерь пищевых ингреди-

ентов на основе дигидрокверцетина при производстве хлебобулочных изделий:

ДГКм – 40 %;

Конъюгата ДГКм-βCD – 27 %;

НЭ ДГКм – 24 %.

Таким образом, полученные результаты доказывают эффективность технологии инкапсуляции для минимизации потерь ДГКм в процессе приготовления продукта и обеспечения таким образом более высокого уровня биодоступности и биоактивности БАВ.

Параллельно было определено общее количество флавоноидов в исследуемых образцах хлебобулочных изделий (рис. 2).

Полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее высокое количество флавоноидов было отмечено в образцах пшенично-ржаного хлеба, как с добавкой ДГКм, так и конъюгата, как по отношению к хлебу из пшеничной муки, так и по отношению к батону.

В среднем общее содержание флавоноидов хлебе из пшенично-ржаной муки было выше на 20–27 %, чем в хлебе из пшеничной муки и на 25–35 % выше, чем в батоне. Возможно это связано с тем, что в ржаной муке исходно более высокое содержание флавоноидов, о чем свидетельствуют исследования, представленные в литературе [1–3, 9, 10, 15].

Кроме того, можно отметить, что многими исследованиями доказан более высокий уровень сохранности флавоноидов при пониженных значениях pH. Также следует учитывать разный рецептурный состав продуктов и присутствие в составе хлеба из пшенично-ржаной муки солодовой закваски, которая также могла быть дополнительным источником флавоноидов.

В целом следует отметить, что фактическое количество флавоноидов не превышало расчетного максимального значения, что указывает на адекватность рецептур с точки зрения установленных рекомендуемых норм потребления флавоноидов.

Заключение

Таким образом, в результате исследований были установлены рациональные значения количества функциональных пищевых ингредиентов на основе дигидрокверцетина, позволяющие обеспечить соответствие обогащенных хлебобулочных изделий регламентируемым требованиям (кг на 100 кг муки): ДГКм – 0,05; конъюгат ДГКм-βCD – 0,2; НЭ ДГКм – 1,5.

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. 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.
2. Васильева, О.Л. Пищевые добавки в хлебобулочных изделиях / О.Л. Васильева, З.И. Асмаева, Е.О. Михайлова // Хлебопродукты. – 1991. – № 1. – С. 34–38.
3. Воротнюк, В.Г. Применение нетрадиционного растительного сырья в хлебопекарном производстве / В.Г. Воротнюк. – М.: Наука, 1986. – 110 с.
4. Коренькин, Д.Ю. Природные флавоноиды / Д.Ю. Коренькин, Ж.А. Абилов, Р.А. Музычкина, Г.А. Толстиков. – Новосибирск: Тео, 2007. – 232 с.
5. 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. –

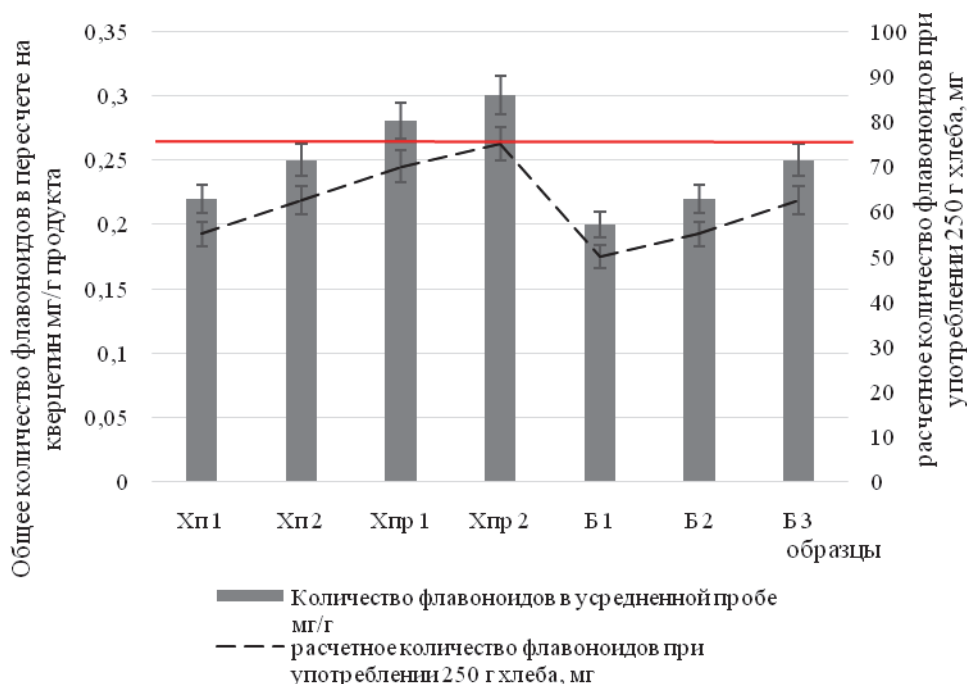


Рис. 2. Результаты количественного определения флавоноидов в усредненных пробах хлебобулочных изделий (мг EQ/g) в сопоставлении с расчетным количеством (при употреблении 250 г хлеба)

C. 143–151. DOI: 10.20914/2310-1202-2017-4-143-151.

6. Тутельян, В.А. Научные основы здорового питания / В.А. Тутельян и др. – М.: Издательский дом «Панорама», 2010. – 816 с.

7. Тутельян, В.А. Питание – это рычаг, который управляет миром / В.А. Тутельян. – <http://medbook.ru/news/5809>

8. Тутельян, В.А. Приоритеты государственной политики здорового питания населения России на федеральном и региональном уровнях / В.А. Тутельян. – http://pfcor.opitani.ru/articles/state_feed_prioritets.shtml

9. 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.

10. 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.

11. Bhattaram V.A., Graefe U., Kohlert C., Veit M., Derendorf H., Pharmacokinetics and Bioavailability of Herbal Medicinal Products // *Phytomedicine*. – 2002. – Vol. 9(3). – P. 1–33.

12. 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. – Vol. 471. – P. 366–376.

13. Kalinna I.V. et al. Regulation of Homeostasis with Products Enriched by Antioxidants in Athletes from Low-Intensity Sports / I.V. Kalinna, I.Yu. Potoroko, N.V. Popova et al. // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 110–116. DOI: 10.14529/hsm180416

14. Masaki, H. Active-oxygen scavenging activity of plant extracts / H. Masaki, S. Sakaki,

T. Atsumi, H. Sakurai // *Biol. Pharm. Bul.* – 1995. – Vol. 18. – P. 162–166.

15. Miš, 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). – P. 1–12.

16. 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. – Vol. 870. – P. 691–696.

17. Potoroko I.Yu. et al. 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

18. Rogovskii V.S., Matiushin A.I., Shimanovskii N.L. et al. Antiproliferative and Antioxidant Activity of New Dihydroquercetin Derivatives // *Eksp. Klin. Farmakol.* – 2010. – Vol. 73. – P. 39–42.

19. Scalia S., Mezzan M. Incorporation of quercetin in lipid microparticles: Effect on photo- and chemical-stability // *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. – 2009. – Vol. 49(1). – P. 90–94.

20. Tommasini S., Raneri D., Ficarra R., Calabrò M.L., Ficarra P. Improvement in solubility and dissolution rate of flavonoids by complexation with β -cyclodextrin // *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. – 2004. – Vol. 35(2). – P. 379–387.

21. 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. – P. 366–376.

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

Кондратьева Любовь Вячеславовна, магистрант кафедры «Пищевые и биотехнологии»,
Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск).

Поступила в редакцию 29 марта 2019 г.

DOI: 10.14529/food190204

EVALUATING STABILITY OF FOOD INGREDIENTS WITH DIHYDROQUERCETIN IN BAKERY PRODUCTION

I.V. Kalinina¹, R.I. Fatkullin¹, D. Ivanova², L.V. Kondratyeva¹

¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

² Medical University – Varna, Varna, Bulgaria

The purpose of this study was to establish the loss of antioxidant-oriented food ingredients in bakery production made from wheat and wheat-rye flour. When developing enriched bakery products, including antioxidant-oriented ones, it is important to take into account the fact that the introduction of functional food ingredients in the formulation of bakery products must strictly comply with the established standards (GOST P 52349-2005, MP 2.3.2.2571-10, MP 2.3.1.1915-04, MP 2.3.1.2432-08). The following developed food ingredients were used as antioxidant food ingredients: micronized dihydroquercetin, dihydroquercetin encapsulated in β -cyclodextrine and dihydroquercetin encapsulated in nanoemulsion. Dehydrated food ingredients (freeze-dried) were mixed with flour at the stage of preparation of the main raw material. The experimental laboratory baking tests were made to evaluate the loss of food ingredients in the production of bakery products. The total flavonoids (spectrophotometric method with quercetin, mg EQ/g) and dihydroquercetin weight fraction (HPLC method, mg/g) were controlled in the finished samples of bakery products. The results showed that the loss of dihydroquercetin food ingredients used for enrichment of bakery products is significant and ranges from 24 to 40 %. It was found that encapsulation in β -cyclodextrine and nanoemulsion reduces dihydroquercetin antioxidant losses and ensures its stability in the product matrix. Thus, the obtained results made it possible to establish the proportion of dihydroquercetin food ingredients providing the content of a functional food ingredient in bakery products that meets the established regulatory requirements for functional foods, taking into account consumption norms.

Keywords: bakery products, dihydroquercetin, micronization, encapsulation, nanoemulsion, rational dosing, food ingredients.

The article was written with the support of the Government of the Russian Federation (the Resolution No. 211 dated from 16.03.2013), the agreement No. 02.A03.21.0011 and with the financial support of the state tasks № 40.8095.2017/БЧ (2017123-Г3) and RFBR grant 18-53-45015.

References

1. Bogatyreva T.G., Puchkova L.I., Zhamukova Zh.M. [The Effect of Green Tea Extract Flavonoids on the Quality of the Dough]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 2006, no. 1, pp. 17–18. (in Russ.)
2. Vasil'eva O.L., Asmaeva Z.I., Mikhaylova E.O. [Food Additives in Bakery Products]. *Khleboprodukty* [Bakery Products], 1991, no. 1, pp. 34–38. (in Russ.)
3. Vorotnyuk V.G. *Primenenie netraditsionnogo rastitel'nogo syr'ya v khlebopekarnom proizvodstve* [Application of Non-Conventional Plant Raw Materials in Bakery Production]. Moscow, Nauka Publ., 1986. 110 p.
4. Korul'kin D.Yu., Abilov Zh.A., Muzychkina R.A., Tolstikov G.A. *Prirodnye flavonoidy* [Natural Flavonoids]. Novosibirsk, 2007. 232 p.

5. Potoroko I.Y., Paimulina A.V., Uskova D.G., Kalinina I.V., Popova N.V., Shirish S. The anti-oxidant 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.) DOI: 10.20914/2310-1202-2017-4-143-151
6. Tutel'yan V.A. et al. *Nauchnye osnovy zdorovogo pitaniya* [The Scientific Basis of Healthy Diet]. Moscow, 2010. 816 p.
7. Tutel'yan V.A. *Pitanie – eto rychag, kotoryy upravlyaet mirom* [Diet is the Lever that Drives the World]. Available at: <http://medbook.ru/news/5809>
8. Tutel'yan V.A. *Prioritety gosudarstvennoy politiki zdorovogo pitaniya naseleniya Rossii na federal'nom i regional'nom urovnyakh* [The State Policy Priorities of Healthy Diet of Russian Population at the federal and regional levels]. Available at: http://pfcop.opitanii.ru/articles/state_feed_prioritets.shtml.
9. Tsyganova T.B., Angelyuk V.P., Bukhovets V.A. [New Technology of Bakery Production with Increased Nutrition Value]. *Khlebopechenie Rossii* [Russian Bakery], 2011, no. 5, pp. 28–30. (in Russ.)
10. Shatilov A.V., Bogdanova O.G., Korobov A.V. [The Antioxidants Role in the Normal and Pathological Conditions of the Body]. *Veterinarnaya patologiya* [Veterinary pathology], 2007, no. 2. (in Russ.)
11. Bhattaram V.A., Graefe U., Kohler C., Veit M., Derendorf H. Pharmacokinetics and Bioavailability of Herbal Medicinal Products. *Phytomedicine*, 2002, vol. 9(3), pp. 1–33. DOI: 10.1078/1433-187X-00210
12. 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
13. Kalinna I.V., Potoroko I.Yu., Popova N.V., Ivanova D.G., Nenasheva A.V. Regulation of Homeostasis with Products Enriched by Antioxidants in Athletes from Low-Intensity Sports. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 4, pp. 110–116. DOI: 10.14529/hsm180416.
14. 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
15. 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
16. 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
17. Potoroko I.Yu., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Fatkullin 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
18. Rogovskii V.S., Matiushin A.I., Shimanovskii N.L. et al. Antiproliferative and Antioxidant Activity of New Dihydroquercetin Derivatives. *Eksp. Klin. Farmakol.*, 2010, vol. 73, pp. 39–42.
19. Scalia S., Mezzan M. Incorporation of quercetin in lipid microparticles: Effect on photo- and chemical-stability. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2009, vol. 49(1), pp. 90–94. DOI: 10.1016/j.jpba.2008.10.011
20. Tommasini S., Raneri D., Ficarra R., Calabrò M. L., Ficarra P. Improvement in solubility and dissolution rate of flavonoids by complexation with β -cyclodextrin. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2004, vol. 35(2), pp. 379–387. DOI: 10.1016/s0731-7085(03)00647-2
21. 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

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

Lubov V. Kondratyeva, master's Degree Student at the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk.

Received March 29, 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Определение стабильности пищевых ингредиентов на основе дигидрокверцетина в процессе производства хлебобулочных изделий / И.В. Калинина, Р.И. Фаткуллин, Д. Иванова, Л.В. Кондратьева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 35–43. DOI: 10.14529/food190204

FOR CITATION

Kalinina I.V., Fatkullin R.I., Ivanova D., Kondratyeva L.V. Evaluating Stability of Food Ingredients with Dihydroquercetin in Bakery Production. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2019, vol. 7, no. 2, pp. 35–43. (in Russ.) DOI: 10.14529/food190204
