

12. Slobodyanik, V.S., Sulejmanov, S.M., Grebenschchikov, A.V., Nguen, T.CH.L., Mikrostruktura kal'mara tihookeanskogo kak syr'ya dlya pishchevoj industrii (Microstructure of Pacific Squid as Raw Material for Food Industry), *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, No 1 (136), PP. 233–239.

13. Trin'ko, L.V., Lazhenceva, L. YU., Shul'gina, L.V. Tekhnologiya novyh vidov konservirovannykh produktov iz golovonogih mollyuskov (Technology of New Kinds of Canned Products of Cephalopods Mollusks), *Nauchnye trudy Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo rybohozyajstvennogo universiteta*, 2012, No 25, PP. 130–135.

14. Shevchenko, V.V., Rybalova, N.B., Veselova, N.V. Ehkspertiza kachestva pishchevoj produkcii iz golovonogih mollyuskov v zavisimosti ot tekhnologii proizvodstva (Examination of the Quality of Food Products of Cephalopods Depending on the Production Technology), *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, No 40, PP. 117–122.

УДК 66.022.39+664
ГРНТИ 65

DOI: 10.24411/1999-6837-2018-13062

Калинина И.В., канд. техн. наук, доцент;
Потороко И.Ю., д-р техн. наук, профессор;
Фаткуллин Р.И., канд. техн. наук;
Науменко Н.В., канд. техн. наук, доцент,
Южно-Уральский государственный университет;
г. Челябинск, Челябинская область, Россия
Сонавэйн Ш., д-р физ.-мат. наук, профессор,
Национальный технологический институт,
г. Варангал, Индия
E-mail: 9747567@mail.ru

НАНОЭМУЛЬСИИ, ПОЛУЧЕННЫЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА, КАК СПОСОБ ИНКАПСУЛЯЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ*

© Калинина И.В., Потороко И.Ю., Фаткуллин Р.И.,
Науменко Н.В., Сонавэйн Ш., 2018

В данном исследовании изучается возможность использования наноэмульсий типа «масло-вода», полученных с применением ультразвукового воздействия, для инкапсуляции биологически активного вещества дигидрохверцетина с целью повышения и сохранения его биоактивных свойств. В работе был исследован дисперсный состав двух контрольных (полученных традиционным методом) эмульсий и двух модельных образцов (эмульсий, полученных с применением ультразвука), полученных с применением разных подходов. Анализ дисперсного состава проводился с использованием анализатора Nanotracs Ultra (Microtracs Inc., США). В исследовании представлены также данные по оценке общей антиоксидантной активности рассматриваемых образцов эмульсий. Антиоксидантная активность оценивалась кулонометрическим методом с применением кулонометра «Эксперт-006-антиоксиданты» (зарегистрирован в Госреестре СИ РФ №23192) и выражалась в мг аскорбиновой кислоты. Результаты, полученные в рамках данного исследования, позволили установить целесообразность и эффективность применения ультразвукового воздействия для получения наноэмульсий, дисперсный состав одного из модельных образцов эмульсии составлял 174,8 нм, тогда как для контрольных образцов было отмечено присутствие фракций размером более 5000 нм. Результаты оценки общей антиоксидантной активности также показали положительное влияние ультразвукового

* Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление №211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011 и при финансовой поддержке государственных заданий № 40.8095.2017/БЧ (2017123-ГЗ) и № 19.8259.2017/БЧ и гранта РФФИ 18-53-45015.

воздействия на формирование и сохранение биоактивных свойств дигидрокверцетина. Был также отмечен синергетический эффект антиоксидантных свойств льняного масла и дигидрокверцетина. Полученные результаты показали, что использование ультразвукового воздействия при получении эмульсий позволяет добиться увеличения значений общей антиоксидантной активности более чем в 2 раза по сравнению с контролем. Потери антиоксидантных свойств для эмульсий, полученных с применением ультразвука, также были ниже, чем в контрольных образцах эмульсий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: НАНОЭМУЛЬСИИ, УЛЬТРАЗВУК, ДИГИДРОКВЕРЦЕТИН, ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ, АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ

UDC 66.022.39+664

DOI: 10.24411/1999-6837-2018-13062

Kalinina I.V., Cand. Tech. Sci., Associate Professor;

Potoroko I.Yu., Dr Tech. Sci., Professor;

Fatkullin R.I., Cand. Tech. Sci.;

Naumenko N.V., Cand. Tech. Sci., Associate Professor,
South Ural State University,

Chelyabinsk, Chelyabinsk region, Russia;

Sh. Sonawane, Dr Physical and Mathematical Sci., Professor

National Institute of Technology,

Warangal City-506004, TS, India,

E-mail: 9747567@mail.ru

NANOEMULSIONS DERIVED BY MEANS OF ULTRASOUND AS A METHOD OF ENCAPSULATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

The current investigation examines the possibility of using nanoemulsions of «oil-water» type obtained by applying ultrasonic treatment, in order to encapsulate biologically active substances of dihydroquercetin with the purpose of increasing and preserving its bioactive properties. The paper investigated the powder of two control emulsions (obtained by the traditional method) and two model samples (emulsions obtained by means of ultrasound) that were derived by means of different approaches. The analysis of the powder was carried out using the analyzer Nanotrak Ultra (Microtrak Inc., USA.) The studies also present data on the assessment of the total antioxidant activity of the samples of emulsions in question. Antioxidant activity was assessed by coulometric method using coulometer «Expert-006-antioxidants» (registered in the State Register SI RF №23192) and expressed in mg of ascorbic acid. The results obtained in the framework of this studies made it possible to determine the feasibility and effectiveness of the use of ultrasonic effect intended to the production of nanoemulsions. The powder of one of the model samples of the emulsion was 174.8 nm, while the presence of fractions larger than 5000 nm was registered in the control samples. The results of the assessment of total antioxidant activity also showed a positive effect of ultrasonic action on the formation and preservation of bioactive properties of dihydroquercetin. The synergistic effect of antioxidant properties of linseed oil and dihydroquercetin was also registered. The results showed that the use of ultrasonic effect in the preparation of emulsions made it possible to increase the values of total antioxidant activity more than 2 times as compared to the control. Losses of antioxidant properties for the emulsions obtained by means of ultrasound were also lower than in the control samples of emulsions.

KEY WORDS: NANOEMULSION, ULTRASOUND, DIHYDROQUERCETIN, POWDER, ANTI-OXIDANT ACTIVITY

Введение. Сегодня растет интерес к использованию как природных, так и синтезированных пищевых продуктов лечебного и лечебно-профилактического назначения, основная роль которых в рационе питания – это профилактика хронических заболеваний. В частности, одно из основных направлений – это выделение, очистка и характеристика биологически активных компонентов из природных источников («нутрицевтиков»), которые, как утверждается, обладают выраженным фармакологическим действием на организм человека, и включение их в пищевые продукты. Вместе с тем существуют многочисленные проблемы, связанные с включением многих из этих биологически активных добавок в коммерчески доступные продукты питания, что обусловлено их низкой растворимостью в воде, высокой температурой плавления, плохой химической стабильностью и низкой биодоступностью [2, 4-6, 16]. В настоящее время разработано несколько подходов для улучшения биодоступности нутрицевтиков с использованием проектирования и конструирования пищевой матрицы. Одним из таких подходов является инкапсуляция биологически активных ингредиентов.

Последние годы характеризуются активным прогрессом в развитии систем инкапсуляции, к числу которых можно отнести микроэмульсии, наноэмульсии, многофазные эмульсии, нанодисперсные растворы, микрогели и др [9, 12, 16].

Каждая из этих систем имеет свои преимущества и недостатки, и выбор системы доставки, подходящей для конкретного использования, является задачей многофакторной.

В целом, к системам инкапсуляции предъявляется ряд общих требований, среди которых: совместимость с пищевым продуктом, надежность, стабильность к воздействиям условий окружающей среды, экономическая жизнеспособность, юридическая приемлемость и др.

В рамках настоящего исследования

рассматривается возможность использования наноэмульсий типа «масло-вода», в качестве системы инкапсуляции флавонола дигидрокверцетина (ДГК).

ДГК представляет собой полифенольное соединение растительного происхождения. Биологическая активность молекулы ДГК обусловлена её нативной формой, благодаря которой молекула выполняет своё биологическое предназначение. За последние несколько десятилетий, флавоноид дигидрокверцетин достаточно интенсивно изучался благодаря уникальным плейотропным биологическим свойствам. Для ДГК установлены антиоксидантные свойства, капилляропротекторные, противовоспалительные, и другие [1-3, 7, 8, 13, 14].

Целью данного исследования была разработка эффективных подходов к получению устойчивых эмульсий типа масло-вода с применением ультразвукового воздействия (УЗВ) в качестве системы инкапсуляции дигидрокверцетина.

Материалы и методы исследования.

В качестве объекта исследования выступал сухой экстракт ДГК, представленный ООО «БиоТех» (с содержанием ДГК 98,9 %) [2], в качестве жировой фракции эмульсии использовалось льняное масло. В качестве водной фазы использовалась дистиллированная вода.

Для получения УЗ наноэмульсий применялся аппарат ультразвуковой технологической погружной «Волна-Л» модель УЗГА-0,63/22-ОЛ с рабочим инструментом грибкового типа. Ультразвуковая колебательная система построена на пьезоэлектрических кольцевых элементах и изготовлена из титанового сплава ВТ5. Принцип действия основан на использовании свойств ультразвуковых колебаний высокой интенсивности в жидких и жидкодисперсных средах. Используемые инженерные решения защищены патентом РФ № 2141386.

Концентрация масла в эмульсии составляла 5%, ДГК вносили в количестве

0,1 % к общему объему эмульсии. В качестве стабилизатора использовали гуаровую камедь в количестве 0,2 % на каждый процент жировой фракции.

Готовились образцы контрольные и модельные. Кодировка и описание образцов представлено ниже.

Контрольные образцы:

Контроль 1 (К1). Эмульсию готовили путем механического перемешивания (10000 об/мин) всех ингредиентов одноэтапно при температуре 40 °С в течение 20 мин.

Контроль 2 (К2). Эмульсия, приготовленная аналогично К1, без внесения ДГК.

Модельные образцы:

Наноэмульсия 1 (НЭ1). Готовили путем одноэтапного смешивания всех ингредиентов с использованием УЗВ. Режимы УЗВ: мощность воздействия 320 Вт продолжительность 15 мин (циклами 5 мин работы прибора, 5 мин отдыха). Объем смеси составлял 100 мл. УЗ обработка велась в условиях принудительного охлаждения обрабатываемой смеси при контроле температуры не выше 40 °С.

Наноэмульсия 2 (НЭ2). Готовили путем двухэтапного смешивания ингредиентов с использованием УЗВ. На первом этапе готовили грубую эмульсию льняного масла в воде под воздействием УЗ (режим: 320 Вт, 5 мин). На втором этапе вносили ДГК и гуаровую камедь в подготовленную эмульсию и обрабатывали УЗ (режим: 320 Вт, 5 мин + 5 мин). Объем смеси составлял 100 мл. УЗ обработка велась в условиях принудительного охлаждения обрабатываемой смеси при контроле температуры не выше 40 °С [9, 10, 15].

Полученные образцы эмульсий оценивались по следующей номенклатуре показателей:

- дисперсный состав;
- общая антиоксидантная активность (свежеприготовленных, через 7

дней, через 14 дней хранения в агрессивных условиях).

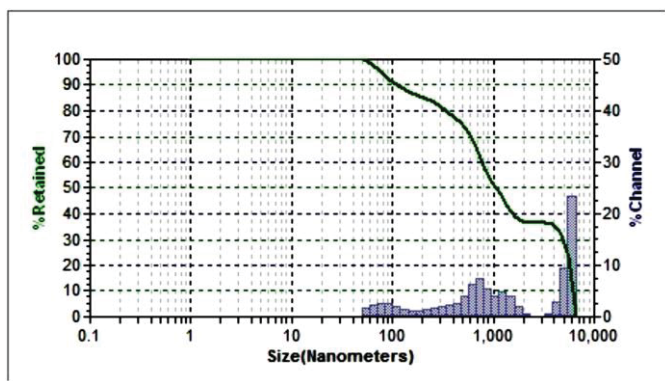
Для установления размера частиц ДГК использовали анализатор Nanotrac Ultra (Microtrac Inc., США). Измерения, проводимые на Nanotrac, соответствуют стандарту ISO 13321.

Для определения антиоксидантной активности использовали кулонометр «Эксперт-006-антиоксиданты» (зарегистрирован в Госреестре СИ РФ №23192.), предназначенный для определения антиоксидантной активности в пересчете на аскорбиновую кислоту методом кулонометрического титрования.

Расчеты и графическая интерпретация результатов реализации моделей проводились с использованием визуального программирования в среде MICROSOFT Office.

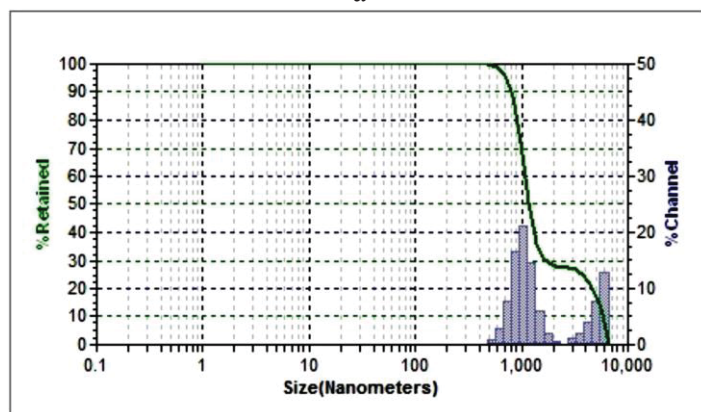
Результаты и их обсуждение.

Известно, что наноэмульсии представляют собой коллоидные системы по меньшей мере двух несмешивающихся жидкостей, причем одна из жидкостей диспергируется в другую в виде небольших сферических капелек, имеющих диаметр в диапазоне 10 – 200 нм, в отличие от обычной эмульсии – 0,1 – 100 мкм [9, 12]. Такие эмульсии нашли очень важную роль в инкапсулировании либо плохо растворимых, либо липофильных пищевых биоактивных веществ, к числу которых относятся и флавоноиды <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417713003246> - b0020. Из-за небольшого размера капель и большой площади поверхности наноэмульсии обладают хорошей устойчивостью к гравитационному разделению, флокуляции и коалесценции. С целью подтверждения возможности использования УЗ для уменьшения размера капель жировой фазы эмульсии были получены результаты анализа дисперсного состава (рис. 1).



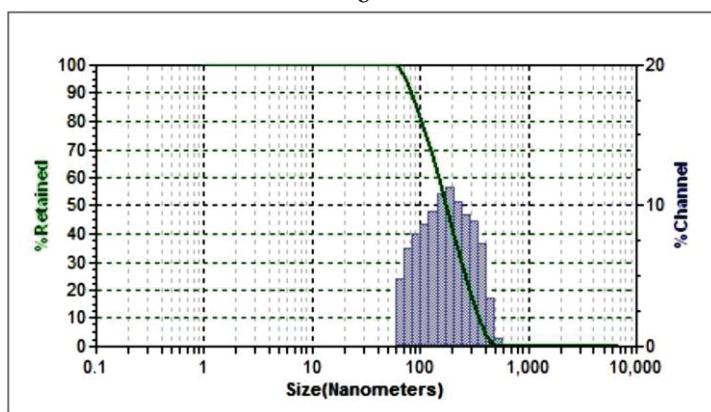
5720 нм – 36.5 %
 1397 нм – 12.3 %
 638.0 нм – 37.8 %
 86.30 нм – 13.4 %

а



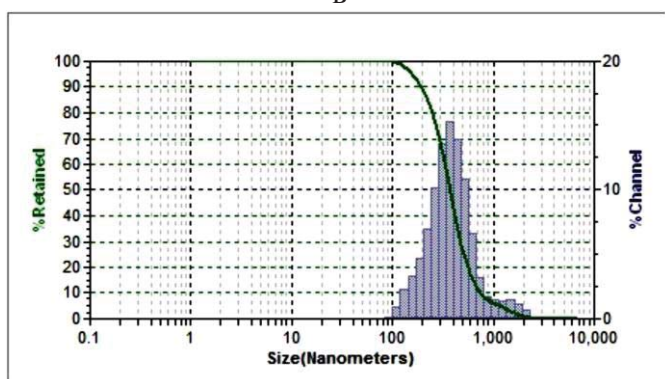
5450 нм – 27.1 %
 1042 нм – 72.9 %

б



174,8 нм – 100.0%

в



377.0 нм – 100.0%

г

Рис. 1. Кривые распределения частиц дисперсной системы эмульсий: а – К1, б – К, в – НЭ1, г – НЭ2

Полученные результаты позволили установить выраженное влияние УЗВ на дисперсный состав эмульсий. Если контрольные образцы характеризовались присутствием разноразмерных фракций с преобладанием частиц более 1000 нм, то для эмульсий, полученных с использованием УЗ, наблюдалась другая картина. В образцах эмульсий НЭ1 и НЭ2 были обнаружены фракции частиц одного размерного ряда: 174,8 нм – для НЭ1 и 377,0 нм – для НЭ2, что, в целом, указывает на достижение поставленной цели. НЭ1 по размеру жировых капель можно отнести к наноэмульсиям

Вместе с тем необходимо отметить ряд особенностей формирования наноэмульсий. Одноэтапное получение наноэмульсии привело к образованию жировых капель меньшего размера (в 2 раза в сравнении с НЭ2).

Сопоставление результатов дисперсного анализа контрольных образцов эмульсий показало, что включение в состав эмульсии ДГК приводит к образованию более крупных частиц жировой фазы. Установленные факты требуют дальнейших углубленных исследований.

На следующем этапе наших исследований была проведена оценка общей АОА полученных эмульсий (рис 2).

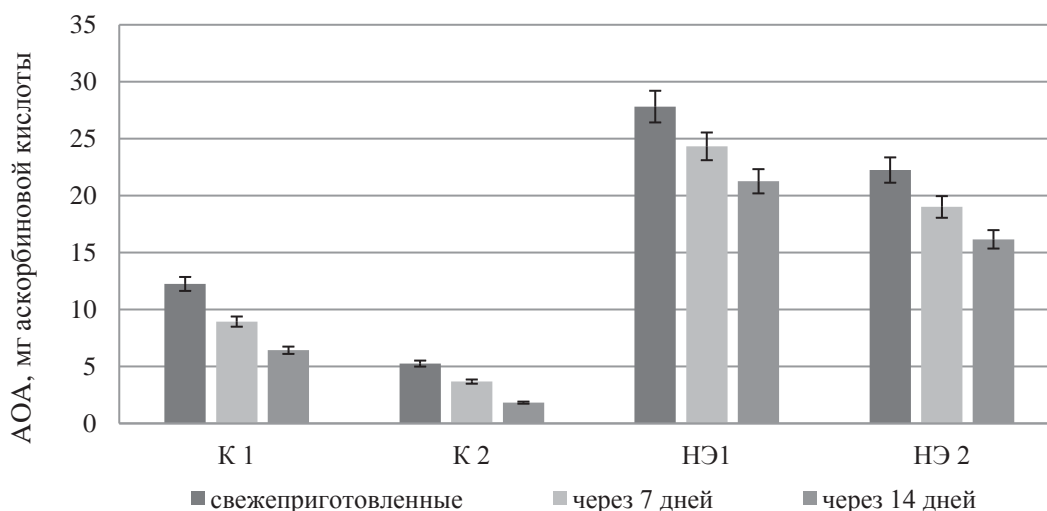


Рис.2. Результаты определения общей АОА исследуемых эмульсий (мг аскорбиновой кислоты на 1 мл раствора)

Результаты оценки АОА исследуемых эмульсий показали, что ультразвуковая эмульсификация позволяет увеличить биоактивность ДГК в составе эмульсии по сравнению с контролем: в 2,27 раза – для НЭ1 и в 1,94 раза – для НЭ2. Такой рост антиоксидантных свойств, в первую очередь, может быть объяснен тем, что в условиях приготовления эмульсии К1 ДГК полностью не переходит в растворенное состояние и не проявляет в полной мере свою биоактивность [6-8, 11, 13].

Полученные результаты также показали, что АОА эмульсии льняного масла с ДГК более чем в 2 раза выше, чем эмульсии льняного масла без ДГК. Также

было отмечено, что АОА НЭ1 превышала АОА НЭ2 в 1,25 раза.

Проведенные исследования показали, что подход получения ультразвуковой наноэмульсии является эффективным с точки зрения сохранения биоактивности ДГК в процессе хранения. Потери АОА для НЭ1 через 14 дней составили 23,57 %, тогда как для К1 – 47,53 %. Потери АОА для НЭ2 при хранении были сопоставимы с НЭ1, лишь незначительно превышали их.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования показали возможность применения УЗ для получения наноэмульсий типа масло-вода. Данный подход можно признать эффективным с

точки зрения инкапсуляции труднорастворимых биологически активных веществ, в частности ДГК. Наноэмульсии, полученные с применением ультразвука и одновременного смешивания всех

компонентов, показали лучшие результаты с точки зрения формирования эмульсии и сохранения биоактивных свойств ДГК.

Библиографический список

1. Корулькин, Д.Ю. Природные флавоноиды / Д.Ю. Корулькин [и др.]. - Новосибирск: Тео, 2007. – 232 с.
2. Потороко, И. Ю. Возможности регулирования антиоксидантной активности экстрактов лекарственных растений / И. Ю. Потороко, И. В. Калинина, Н. В. Наumenko, Р. И. Фаткуллин, Шаик Шибана, Соनावайн Шириш, Диана Иванова, Йоана Киселова-Канева, О. А. Толстых, А. В. Паймулина // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – №4, Т.17. – С. 77–90.
3. 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.
4. Antiproliferative and antioxidant activity of new dihydroquercetin derivatives / V.S. Rogovskii, A.I. Matiushin, N.L. Shimanovskii et. al. // Eksp. Klin. Farmakol. – 2010. – Vol. 73. – P. 39–42.
5. Application of ultrasonic waves for the improvement of particle dispersion in drinks / R. Fatkullin, N. Popova, I. Kalinina et. al. // Agronomy Research. – 2017. – Vol. 15. – P. 1295–1303.
6. Dihydroquercetin (DHQ) induced HO-1 and NQO1 expression against oxidative stress through the Nrf2-dependent antioxidant pathway / L. Liang, C. Gao, M. Luo et. al. // J. Agric. Food Chem. – 2013. – Vol. 61. – P. 2755–2761.
7. Dihydroquercetin as a means of antioxidative defence in rats with tetrachloromethane hepatitis / Y.O. Teselkin, I. Babenkova, V. Kolhiet. al. // Phytother. Res. – 2000. – Vol. 14. – P. 160–162.
8. 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.
9. Ghosh, V., Mukherjee, A., Chandrasekaran, N. Ultrasonic emulsification of food grade nanoemulsion formulation and evaluation of its bactericidal activity / V. Ghosh, A. Mukherjee, N. Chandrasekaran // Ultrason. Sonochem. – 2013. – Vol. 20. – P. 338–344.
10. Krasulya, O. Applications of sonochemistry in Russian food processing industry / O. Krasulya, S. Shestakov, V. Bogush, I. Potorocho // Ultrasonics Sonochemistry. – 2014. – No. 21. – P. 2112–2116.
11. 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.
12. McClements, D.J. Nanoemulsions versus microemulsions: terminology, differences, and similarities / D.J. McClements // Soft Matter. – 2012. – Vol. 40. – P. 1719–1729.
13. Melidou, M. Protection against nuclear DNA damage offered by flavonoids in cells exposed to hydrogen peroxide: the role of iron chelation / M. Melidou, K. Riganakos, D. Galaris // Free Radic. Biol. Med. – 2005. – Vol. 39. – P. 1591–1600.
14. Mittler, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance / R. Mittler // Trends in Plant Science. – 2002. – Vol. 7 (9). – P. 405–410. – URL: [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(02\)02312-9](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(02)02312-9).
15. 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.
16. Rasenack, N. Preparation of microcrystals by in situ micronization / H. Steckel, B.W. Müller // Powder Technology. – 2004. – Vol. 143–144. – P. 291–296.

Reference

1. Korul'kin, D.YU. Prirodnye flavonoidy (Natural Flavonoids), D.YU. Korul'kin [i dr.], Novosibirsk: Teo, 2007, 232 p.
2. Potorocho, I. YU. Vozmozhnosti regulirovaniya antioksidantnoj aktivnosti ehkstraktov lekarstvennykh rastenij (Possibilities of Regulation of Antioxidant Activity of Extracts of Herbs), I. YU. Potorocho, I. V. Kalinina, N. V. Naumenko, R. I. Fatkullin, SHAik SHibana, Sonavajn SHirish, Diana Ivanova, Joana Kiselova-Kaneva, O. A. Tolstyh, A. V. Pajmulina, *CHelovek. Sport. Medicina*, 2017, No 4, T.17, PP. 77–90.
3. Shatilov, A.V., Bogdanova, O. G., Korobov, A. V. Rol' antioksidantov v organizme v norme i pri patologii (The Role of Antioxidants in the Body under Normal and Pathological Conditions), *Veterinarnaya patologiya*, 2007, No 2, PP. 207–211.
4. Antiproliferative and antioxidant activity of new dihydroquercetin derivatives, V.S. Rogovskii, A.I. Matiushin, N.L. Shimanovskii et. al., *Eksp. Klin. Farmakol*, 2010, Vol. 73, PP. 39–42.
5. Application of ultrasonic waves for the improvement of particle dispersion in drinks, R. Fatkullin, N. Popova, I. Kalinina et. al., *Agronomy Research.*, 2017, Vol. 15, PP. 1295–1303.

6. Dihydroquercetin (DHQ) induced HO-1 and NQO1 expression against oxidative stress through the Nrf2-dependent antioxidant pathway, L. Liang, C. Gao, M. Luo et. al., J. Agric. Food Chem., 2013, Vol. 61, PP. 2755–2761.
7. Dihydroquercetin as a means of antioxidative defence in rats with tetrachloromethane hepatitis, Y.O. Teselkin, I. Babenkova, V. Kolhuret. al., Phytother. Res., 2000, Vol. 14, PP. 160–162.
8. 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, PP. 366–376.
9. Ghosh, V., Mukherjee, A., Chandrasekaran, N. Ultrasonic emulsification of food grade nanoemulsion formulation and evaluation of its bactericidal activity, V. Ghosh, A. Mukherjee, N. Chandrasekaran, Ultrason. Sonochem, 2013, Vol. 20, PP. 338–344.
10. Krasulya, O. Applications of sonochemistry in Russian food processing industry, O. Krasulya, S. Shestakov, V. Bogush, I. Potoroko, Ultrasonics Sonochemistry, 2014, No. 21, PP. 2112–2116.
11. Masaki, H. Active-oxygen scavenging activity of plant extracts, H. Masaki, S. Sakaki, T. Atsumi, H. Sakurai, Biol. Pharm. Bul., 1995, Vol. 18, PP. 162–166.
12. McClements, D.J. Nanoemulsions versus microemulsions: terminology, differences, and similarities, D.J. McClements, Soft Matter, 2012, Vol. 40, PP. 1719–1729.
13. Melidou, M. Protection against nuclear DNA damage offered by flavonoids in cells exposed to hydrogen peroxide: the role of iron chelation, M. Melidou, K. Riganakos, D. Galaris, Free Radic. Biol. Med., 2005, Vol. 39, PP. 1591–1600.
14. Mittler, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance, Trends in Plant Science, 2002, Vol. 7 (9), PP. 405–410, URL: [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(02\)02312-9](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(02)02312-9).
15. 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.
16. Rasenack, N. Preparation of microcrystals by in situ micronization, H. Steckel, B.W. Müller, Powder Technology, 2004, Vol. 143–144, PP. 291–296.

УДК 664.662 + 664.641
ГРНТИ 65.33.03

DOI: 10.24411/1999-6837-2018-13063

Наумова Н.Л., д-р техн. наук, доцент;
Южно-Уральский государственный университет,
г. Челябинск, Челябинская область, Россия;
Бурмистрова О.М., канд. с.-х. наук, доцент;
Бурмистров Е.А., канд. с.-х. наук;
Савостина Т.В., канд. ветеринар. наук;
Южно-Уральский государственный аграрный университет,
г. Троицк, Челябинская область, Россия
Чернизова Э.А., студент бакалавриата,
Южно-Уральский государственный университет,
г. Челябинск, Челябинская область, Россия;
E-mail: n.naumova@inbox.ru, olgatzareva@rambler.ru, savolita@ya.ru, thkimi@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ КУНЖУТНОЙ МУКИ В РЕЦЕПТУРЕ ХЛЕБА «СЛАВЯНСКИЙ»[‡]

© Наумова Н.Л., Бурмистрова О.М., Бурмистров Е.А.,
Савостина Т.В., Чернизова Э.А., 2018

Концепция развития функционального и специализированного хлебопечения в РФ до 2020 года предусматривает ликвидацию дефицита микронутриентов в пищевых рационах через употребление хлебобулочных изделий функционального и специализированного назначения. Стратегией повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года предусмотрено также первостепенное применение научных изысканий в области питания россиян, направленных на профилактику алиментарно-

* Исследования выполнены при поддержке Правительства РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.А03.21.00Н.