

УДК 664.851

DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0017

**ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ФИТОНУТРИЕНТОВ ЗАМОРОЖЕННОГО ЯГОДНОГО СЫРЬЯ
ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ И ХРАНЕНИИ**

© 2020

Базарнова Юлия Генриховна, доктор технических наук, профессор,
директор Высшей школы биотехнологий и пищевых производств**Аронова Екатерина Борисовна**, кандидат технических наук, доцент,
доцент Высшей школы биотехнологий и пищевых производств**Москвичева Елена Владимировна**, кандидат технических наук,
доцент Высшей школы биотехнологий и пищевых производств*Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого**(195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29,**e-mail: jbazarnova@spbstu.ru; aronovae@inbox.ru; moskvicheva_ev@spbstu.ru)*

Аннотация: Одним из направлений развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации является максимальное использование пищевого сырья и вовлечение вторичных материальных ресурсов в производственный цикл. Традиционные способы переработки ягодного сырья на предприятиях сопровождаются образованием большого количества вторичных продуктов (жмыха и шрота ягод). Ягодный жмых отличается высоким содержанием фитонутриентов: фенольных веществ, органических кислот, витамина С, растительных волокон, необходимых для нормальной жизнедеятельности организма человека, что делает его перспективным ингредиентом для пищевых продуктов функционального и специального назначения. Перспективным направлением исследований является разработка способов заготовки и хранения плодово-ягодных жмыхов и шротов, позволяющих сохранить эссенциальные фитонутриенты. В качестве объектов исследования использовали замороженные ягоды красной смородины, красного крыжовника и зеленого крыжовника, а также сырой ягодный жмых, полученный отделением сока из ягод путем прессования из размороженных ягод и сухой ягодный жмых, полученный после инфракрасной сушки. Полученные результаты показали, что обезвоживание сырого ягодного жмыха позволяет сохранить до 50 % фенольных веществ и до 75 % антоцианов от их исходного содержания в ягодном сырье, но приводит к потере водорастворимых компонентов – органических кислот и витамина С. Заготовка и хранение сырого ягодного жмыха путем замораживания при температуре минус (18±1) °С является равноэффективным способом сохранения водорастворимых фитокомпонентов и фенольных соединений ягодного сырья. Сухой ягодный жмых представляет собой полноценную витаминную добавку к ряду пищевых продуктов, в том числе, мучных кондитерских изделий, десертов, желе, кремов, соусов и кисломолочных напитков. Перспективным является использование сухого жмыха в качестве натуральной красящей добавки и загустителя в составе пищевых смесей.

Ключевые слова: фитонутриенты, ягодное сырье, ягодный жмых, фенольные вещества, антоцианы, органические кислоты, витамин С, красная смородина, красный крыжовник, зеленый крыжовник, замороженный жмых.

**STUDY OF PHYTONUTRIENTS COMPOSITION OF FROZEN BERRY RAW MATERIALS
DURING PROCESSING AND STORAGE**

© 2020

Bazarnova Julia Genrihovna, doctor of tech. sciences, professor,
director of the Higher School of Biotechnology and Food Production**Aronova Ekaterina Borisovna**, candidate of tech. sciences, associate professor,
associate professor of the Higher School of Biotechnology and Food Production**Moskvicheva Elena Vladimirovna**, candidate of tech. sciences,
associate professor of the Higher School of Biotechnology and Food Production*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University**(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya, 29,**e-mail: jbazarnova@spbstu.ru; aronovae@inbox.ru; moskvicheva_ev@spbstu.ru)*

Abstract. One of the directions of development of the food and processing industry in the Russian Federation is the maximum use of food raw materials and the involvement of secondary material resources in the production cycle. Traditional methods of processing berry raw materials at enterprises are accompanied by the formation of a large number of secondary products (berry oilcake and meal). Berry oilcake has a high content of phytonutrients: phenolic substances, organic acids, vitamin C, plant fibers, which are necessary for the normal functioning of the human body, which makes it a main ingredient for functional and special purpose foods. A promising area of research is the development of methods for harvesting and storing fruit and berry oilcake and meal, allowing to preserve essential phytonutrients. The objects of the study were frozen berries of red currant, red gooseberry and green gooseberry, as well as raw berry cake obtained by separating juice from berries by pressing from thawed berries and dry berry cake obtained after infrared drying. The

results showed that dehydration of raw berry cake allows you to save up to 50 % of phenolic substances and up to 75 % of anthocyanins from their original content in berry raw materials, but leads to the loss of water-soluble components such as organic acids and vitamin C. Harvesting and storage of raw berry cake by freezing at a temperature of minus $(18 \pm 1) ^\circ\text{C}$ is an equally effective way of preserving water-soluble phytocomponents and phenolic compounds of berry raw materials. Dry berry oilcake is a complete vitamin supplement to a number of food products, including flour confectionery, desserts, jellies, creams, sauces and sour milk drinks. It is perspective to use dry cake as a natural coloring additive and thickener in food mixes.

Keywords: phytonutrients, berry raw materials, berry cake, phenolic substances, anthocyanins, organic acids, vitamin C, red currant, red gooseberry, green gooseberry, frozen cake.

Введение. Одним из приоритетных направлений стратегического развития пищевой промышленности России является рациональное использование пищевого сырья и вовлечение вторичных материальных ресурсов в производственный процесс [1, 2].

Традиционные способы переработки ягодного сырья на предприятиях сопровождаются образованием большого количества вторичных продуктов (жмыха и шрота ягод). Технологию получения фитонутриентов из ягод делят на два способа: прессование и экстрагирование. Оставшееся после отпрессовывания сока из ягод, вторичное сырье, называют жмыхом [3].

В состав жмыха входят неоднородная смесь кожуры, семян и пульпы, которые в сумме составляют около 20-40% от веса обработанных ягод. Их количество зависит от технологии, которая используется в производстве сока или экстракта. Жмых также является ценным источником полифенольных веществ и неусвояемых углеводов [4].

Ягодный жмых отличается высоким содержанием фитонутриентов: фенольных веществ, органических кислот, витамина С, растительных волокон, необходимых для нормальной жизнедеятельности организма человека, что делает его перспективным ингредиентом для пищевых продуктов функционального и специального назначения [4, 5].

В ягодных и фруктовых жмыхах содержится большое количество пигментов, в том числе антоцианов, что открывает перспективы их использования как нутрицевтиков [6, 7]. Например, пигменты, экстрагируемые из кожицы винограда, используются в пищевой промышленности [8-10].

Перспективным направлением исследований является разработка способов заготовки и хранения плодово-ягодных жмыхов и шротов, позволяющих сохранить эссенциальные фитонутриенты [11].

Ленинградская область располагает значительными ресурсами пищевого сырья, в том числе садовых ягод, которые адаптированы к почвенно-климатическим условиям Северо-Запада России и являются источником усвояемых макро- и микронутриентов, в том числе, сахаров, органических кислот, флавоноидов и витаминов [12].

Наиболее распространенным ягодным кустарником являются Крыжовниковые (*Grossulariaceae*). Большинство современных публикаций рассматривает семейство *Grossulariaceae* как монотипное, включающее единственный род Смородина (*Ribes*) [13].

Известно более 1500 сортов крыжовниковых, ко-

торые являются культивируемыми ягодными кустарниками. Крыжовник обыкновенный (*Ribes úvacrispa*) – один из представителей, различающийся по цвету ягод, их форме и размеру. Ягоды крыжовника содержат до 13,5% сахаров, большая часть которых представлена легкоусвояемыми моносахарами, до 2% свободных кислот (лимонной, яблочной и др.), более 1 % пектиновых веществ, витамины С (до 54 мг %), Р (0,25 мг %), В и А [14].

Многочисленными сортами представлены и культивируемые смородины: черная, красная и золотистая. Смородина красная (*Ribes rubrum*) – маленький листопадный кустарник. Ягоды красной смородины имеют ярко-красный цвет, сочную мякоть, кислый вкус, диаметр ягод составляет 8 – 12 мм, образующие грозди из 5-10 ягод. Ягоды красной смородины содержат меньше сахаров (4-10%), чем черной, но больше свободных кислот (до 4,2%). По содержанию аскорбиновой кислоты несколько уступают черной смородине, но тоже являются хорошим источником витаминов С и Р [13, 15].

Целью работы является исследование остаточного содержания биологически активных веществ в ягодном жмыхе красной смородины и крыжовника, разработка эффективных способов его заготовки и хранения.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования были замороженные ягоды красной смородины (*Ribes rubrum*) сорта «Каскад», красного крыжовника (*Red gooseberries*) сорта «Малахит» и зеленого крыжовника (*Viridi gooseberries*) сорта «Русский», собранные в стадии созревания в Ленинградской области в августе 2019 года, а также сырой ягодный жмых, полученный отделением сока из ягод путем прессования из размороженных ягод и сухой ягодный жмых, полученный после инфракрасной сушки.

Отжим сока из размороженных ягод производился в две ступени: первоначально ягоды пропускали через центробежную соковыжималку *Bosch MES4010* (мощность 1200 Вт, скорость вращения – 11000 об/мин). Отделенный жмых подвергали центрифугированию при 12000 об/мин в течение 15 мин. Полученный жмых отделяли от сока и подвергали инфракрасной сушке при температуре 50°C в течение 6 ч до содержания остаточной влаги 3-5%, после чего измельчали на лабораторной мельнице ЛЗМ-1м до порошкообразного состояния. Другой образец жмыха замораживали в герметичных пакетах из полиэтилена при температуре – $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ и затем хранили при температуре – $(18 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 60 суток.

Образцы замороженных ягод смородины красной, крыжовника массой 500 г размораживали в герметичной упаковке в холодильной камере при температуре $6\pm 2^\circ\text{C}$, после чего проводили их сортировку и отбраковку.

В полученных сухих и замороженных образцах ягодного жмыха определяли массовую долю сухого остатка [16], массовую долю влаги [16], содержание органических кислот и кислых солей [17], фенольных веществ согласно методике [18], антоцианов [19], витамина С методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) [20].

Результаты исследования. На рисунке 1 приведены данные по содержанию влаги в исследуемых образцах ягодного сырья, сухого и замороженного жмыха.

Установлено, что обезвоживание жмыха в указанных режимах ИК-сушки позволяет снизить содержание влаги в образцах от 65-77% (в сыром жмыхе) до 3-5% (в сухом жмыхе).

На рисунке 2 (а – г) приведены результаты исследования содержания водорастворимых фитокомпонентов (органических кислот, витамина С, фенольных веществ и антоцианов) в ягодах и ягодном жмыхе.

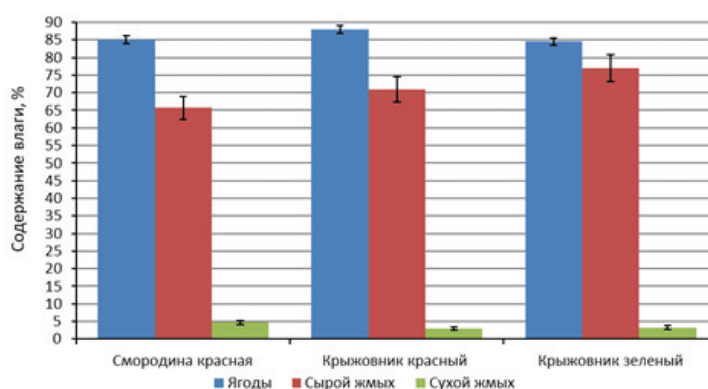
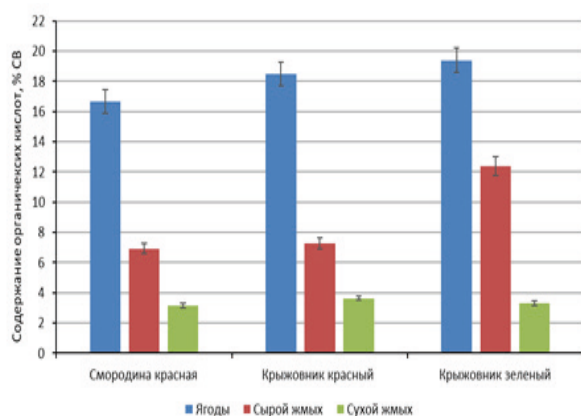
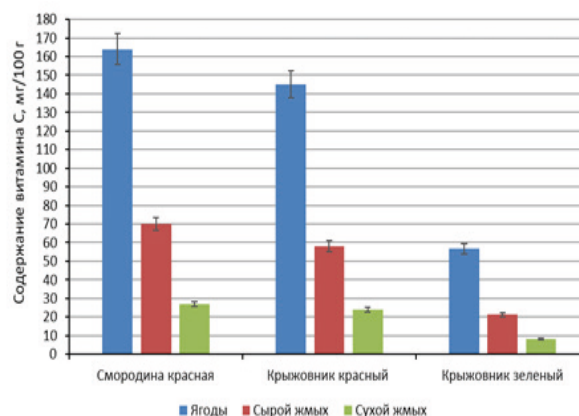


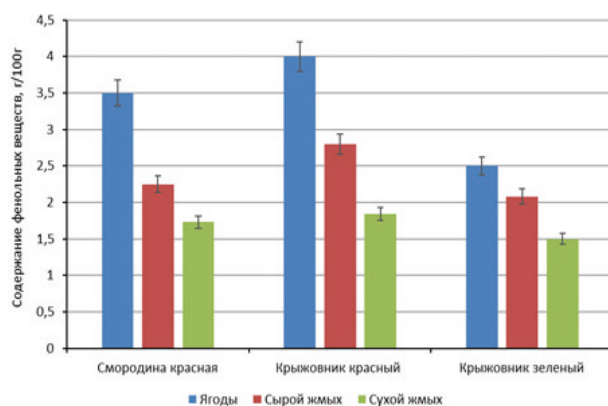
Рисунок 1 – Содержание влаги в ягодах и жмыхе, %



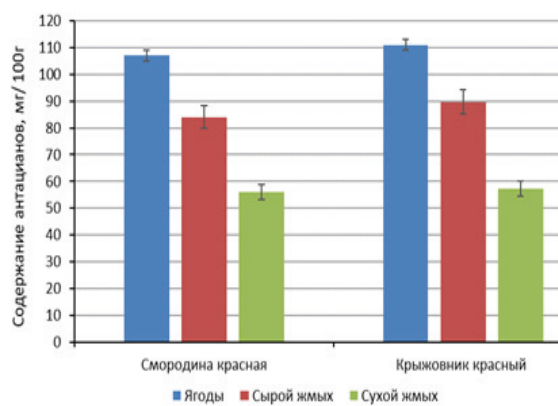
а) органические кислоты



б) витамин С



в) фенольные вещества



г) антоцианы

Рисунок 2 (а-г) – Содержание органических кислот, витамина С, фенольных веществ и антоцианов в исследуемых образцах ягод и жмыхе

Выявлено, что содержание органических кислот и витамина С в сыром ягодном жмыхе смородины красной и крыжовника красного составило 40-50% от исходного содержания в ягодах, что обусловлено их потерями при С при окислении их при контакте с металлическими деталями оборудования в процессе отжима. Обезвоживание жмыха до указанного остаточного содержания влаги (3-5% от массы сухого остатка) также приводит к значительной потере органических кислот и витамина С (до 90 %) от их исходного уровня в ягодах.

Результаты, приведенные на рисунке 2-в, свидетельствуют, что потери фенольных веществ в сыром ягодном жмыхе в среднем составляют 35% по отношению к их содержанию в ягодах, а при последующем обезвоживании жмыха путем ИК-сушки содержание фенольных веществ снижается примерно до 50% от исходного уровня.

Результаты, приведенные на рисунке 2-г, показывают, что содержание антоцианов в сыром жмыхе красной смородины и красного крыжовника составило 75% от их исходного содержания в ягодах. При высушивании содержание антоцианов снижается незначительно, что позволяет сохранить их количество около 55 мг в 100 г сухого жмыха.

В таблице 1 представлены результаты исследований влияния условий холодильного хранения на сохранность органических кислот и фенольных соединений в замороженном жмыхе красной смородины.

Таблица 1 – Динамика органических кислот и фенольных соединений в замороженном жмыхе красной смородины при холодильном хранении. – (18±1) °C, 60 сут.

Показатель	Продолжительность хранения, сут				
	До хранения	14	28	42	56
Содержание органических кислот, % от массы сухого остатка	6,91±0,41	5,98±0,36	5,23±0,29	4,11±0,40	1,86±0,21
Содержание фенольных веществ, г/100 г массы сухого остатка	0,88±0,10	0,73±0,11	0,64±0,09	0,55±0,05	0,41±0,04

Установлено, что в течение первого месяца хранения содержание органических кислот снижается менее интенсивно, чем в последующий период хранения, и составляет в среднем 1,2% каждые 14 суток. Скорость снижения фенольных веществ при этом составляет 0,6% каждые 14 суток хранения.

Заключение. Сравнительная оценка полученных результатов показала, что обезвоживание сырого ягодного жмыха, как вторичного продукта сокового производства, методом ИК-сушки при температуре 50°C, позволяет сохранить до 50% фенольных веществ и до 75% антоцианов (красная смородина и крыжовник) от их исходного содержания в ягодном сырье, но приводит к потере водорастворимых компонентов – орга-

нических кислот и витамина С. Заготовка и хранение сырого ягодного жмыха путем замораживания при температуре – (18±1)°C является равноэффективным способом сохранения водорастворимых фитокомпонентов и фенольных соединений ягодного сырья, однако более энергозатратным, а значит менее экономически выгодным.

Сухой ягодный жмых представляет собой полноценную витаминную добавку к ряду пищевых продуктов, в том числе, мучных кондитерских изделий, десертов, желе, кремов, соусов и кисломолочных напитков. Перспективным является использование сухого жмыха в качестве натуральной красящей добавки и загустителя в составе пищевых смесей [4, 7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Филонов А.В., Крампит М.А., Романенко В.И. Современное состояние и перспективные направления использования вторичных материальных ресурсов пищевой промышленности // *Фундаментальные исследования*. - 2017. - №5. - С.215-219
2. Фединашина Е.Ю., Елисеева С.А., Москвичева Е.В., Насрединова А.Ю. Обоснование технологии мучных кондитерских изделий с использованием вторичных пищевых ресурсов // *Индустрия питания*. Т.5. № 2. 2020. – С. 13-20.
3. Рециклинг отходов в АПК: справочник / И.Г. Голубев, И.А. Шванская, Л.Ю. Коноваленко, М.В. Лопатни-ков. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 296 с
4. Бакин И.А., Мустафина А.С., Вечтомова Е.А., Колбина А.Ю. Использование вторичных ресурсов ягодного сырья в технологии кондитерских и хлебобулочных изделий // *Техника и технология пищевых производств*. № 2 (45), 2017 – С. 5-11.
5. Шевченко А.И., Газизулина Н.А., Базарнова Ю.Г. Исследование состава биологически активных веществ в ягодном жоме и его использование в рецептурах ягодных десертов // *Инновации в технологии продуктов здорового питания*. Международная научная конференция: материалы. 2016. – С. 232-236.
6. Harborne J. B., Williams C. A. Anthocyanins and flavonoids // *Natural Product Reports*. – 2001. – 18. – P. 310–333.
7. Fröhling, B. Anthocyanins, total phenolics and antioxidant capacities of commercial red grape juices, black currant and sour cherry nectars / B. Fröhling, C.-D. Patz, H. Dietrich, F. Will // *Fruit processing*. – May/June 2012 – pp. 100–104.
8. Francis F. J. Polyphenols as natural colorants // *Polyphenolic Phenomena* / A. Scalbert, ed. – Paris: Institut National de la Recherche Agronomique, 1993. – P. 209–220.
9. John Shi, Jianmel Yu, Joseph E. Pohorly, and Yukio Kakuda Polyphenolics in Grape Seeds–Biochemistry and Functionality // *JOURNAL OF MEDICINAL FOOD* 6 (4) 2003. – p. 291–299
10. Натуральные пищевые красители: Обзорная информация / Н.В. Кацерикина, В.М. Позняковский. – Новосибирск: Издательство «ЭКОР». 1999. – 58 с.
11. Иванова Т.Н., Климов Р.В. Исследование бактерицидных свойств настоев лекарственного сырья // *Хранение и переработка сельхоз сырья*, 2002, №12
12. Лавренова Г. В. К вопросу засухоустойчивости и зимостойкости смородины красной; *Энциклопедия лекарственных растений* / Г. В. Лавренова, В. К. Лавренов. – Москва: АСТ, 2008. – 448 с
13. Цапалова И.Э., Губина М.Д., Позняковский В.М. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений: Учебное пособие. – Новосибирск: издат. Новосибирского университета, 2000. –180 с
14. Губанов И. А. и др. 717. Grossularia reclinata (L.) Mill. (Ribes reclinatum L.) – Крыжовник отклоненный // *Иллюстрированный определитель растений Средней России*. В 3 т. –

М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технолог. иссл., 2003. – Т. 2. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). – С. 353.

15. Голуб О.В., Степанова Е.Н., Тяпкина Е.В. Пищевая ценность и качество ягод красной смородины // Техника и технология пищевых производств. – № 1 (44). 2017. – С. 105-110.

16. ГОСТ 33977-2016 Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения общего содержания сухих веществ – М.: Стандартинформ, 2019. – 20 с.

17. ГОСТ ISO 750-2013 Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности – М.: Стандартинформ, 2019. – 10 с.

18. Brune M., Hallberg L., Skanberg A. B. Determination of iron-binding phenolic groups in foods // Journal of Food Science. – 1991. – 56. – P. 128–131

19. ГОСТ 32709-2014 Продукция соковая. Методы определения антоцианинов – М.: Стандартинформ, 2014. – 15 с.

20. ГОСТ 34151-2017 Продукты пищевые. Определение витамина С с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии – М.: Стандартинформ, 2019. – 18 с.

Статья поступила в редакцию 08.11.2020

Статья принята к публикации 11.12.2020