

Разработка технологии производства снежков на основе ягод черной смородины (*Ribes nigrum*)

Надежда В. Макарова	1	makarovnv1969@mail.ru	 0000-0002-00112-0085
Динара Ф. Игнатова	1	dinara-bakieva@mail.ru	 0000-0002-1478-039X
Екатерина А. Васильева	1	katerinavasileva99@yahoo.com	 0000-0002-5250-7677
Юлия И. Солина	1	u.solina@ya.ru	 0000-0003-3254-9463
Елена А. Елисеева	1	e11seevaml@ya.ru	 0000-0001-9179-2194

1 Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия

Аннотация. Интерес к потреблению ягод во многом обусловлен содержанием в них биологически активных веществ и их значением как диетических антиоксидантов. Полифенольные соединения, обнаруженные в ягодах черной смородины, известны как агенты, действующие профилактически и терапевтически на организм человека. Были определены: общее содержание фенольных веществ, флавоноидов, антирадикальная активность по методу DPPH, восстанавливающая сила по методу FRAP, антоцианов, органолептические характеристики, содержание пищевых волокон, содержание витамина С для исходного сырья, полуфабрикатов (ягод черной смородины, пюре черной смородины, двух видов снежков сублимационной сушки из ягод черной смородины). По результатам исследования выявлено, что ягода, подвергшаяся сублимационной сушке (снежки двух видов сублимационной сушки), показала высокие результаты: 42,05 ммоль Fe²⁺/1 кг (снежки со структурообразователем, пектин 5%), 38,6 ммоль Fe²⁺/1 кг (снежки) восстанавливающая сила по методу FRAP, 47,1 Ес 50 мг/мл (снежки), 79,4 Ес 50 мг/мл (снежки со структурообразователем, пектин 5%) антирадикальная активность по методу DPPH, 766 мг ГК/100 г (снежки), 835 мг ГК/100 г (снежки со структурообразователем, пектин 5%) общее содержание фенольных веществ, 374 мг К/100 г (снежки), 392 мг К/100 г (снежки со структурообразователем, пектин 5%) общее содержание флавоноидов, 166,07 мг ЦГ/100 г (снежки), 174,21 мг ЦГ/100 г (снежки со структурообразователем, пектин 5%) содержание антоцианов, 50,1% (снежки), 66,9% (снежки со структурообразователем, пектин 5%) содержание витамина С, 76,8% (снежки), 90% (снежки со структурообразователем, пектин 5%) пищевые волокна, 1,92% (снежки), 2,13% (снежки со структурообразователем, пектин 5%) – титруемая кислотность. Таким образом, можно сделать вывод о том, что вакуумная сушка обеспечивает образцы с хорошими физико-химическими свойствами и лучше, чем обычно высушенный образец.

Ключевые слова: черная смородина, вакуумная сушка, фенольные вещества, антоцианы, органолептика

Development of a technology for the production of snacks based on blackcurrant berries (*Ribes nigrum*)

Nadezhda V. Makarova	1	makarovnv1969@mail.ru	 0000-0002-00112-0085
Dinara F. Ignatova	1	dinara-bakieva@mail.ru	 0000-0002-1478-039X
Vasilieva A. Ekaterina	1	katerinavasileva99@yahoo.com	 0000-0002-5250-7677
Yuliay I. Solina	1	u.solina@ya.ru	 0000-0003-3254-9463
Elena A. Eliseeva	1	e11seevaml@ya.ru	 0000-0001-9179-2194

1 Samara State Technical University, ul. Molodogvardeiskaya, 244, Samara, 443100, Russia

Abstract. Interest in the consumption of berries is largely due to the content of biologically active substances in them and their importance as dietary antioxidants. Polyphenolic compounds found in blackcurrant berries are known as agents that act prophylactically and therapeutically on the human body. The following were determined: total content of phenolic substances, flavonoids, anti-radical activity according to the DPPH method, restoring power according to the FRAP method, anthocyanins, organoleptic characteristics, dietary fiber content, vitamin C content for feedstock, semi-finished products (blackcurrant berries, blackcurrant puree, two types freeze-dried snacks from blackcurrant berries). According to the results of the study, it was found that the freeze-dried berry (snacks of two types of freeze-drying) showed good results: 42.05 mmol Fe²⁺ /1 kg (snacks with a structure-forming agent, 5% pectin), 38.6 mmol Fe²⁺ /1 kg (snacks) restoring power according to the FRAP method, 47.1 Ec 50 mg/ml (snacks), 79.4 Ec 50 mg/ml (snacks with a builder, pectin 5%) anti-radical activity according to the DPPH method, 766 mg HA/100 g (snacks), 835 mg HA/100 g (snacks with a builder, pectin 5%) total phenolic content, 374 mg K/100 g (snacks), 392 mg K/100 g (snacks with by a touring agent, 5% pectin) total flavonoid content, 166.07 mg CG/100 g (snacks), 174.21 mg CG/100 g (snacks with a structuring agent, 5% pectin) anthocyanins content, 50.1% (snacks), 66.9% (snacks with a builder, pectin 5%) vitamin C content, 76.8% (snacks), 90% (snacks with a builder, pectin 5%) dietary fiber, 1.92% (snacks), 2.13 % (snacks with a builder, pectin 5%) – titratable acidity. Thus, we can conclude that vacuum drying provides samples with good physicochemical properties and is better than a dried sample.

Keywords: blackcurrant, vacuum drying, phenolic substances, anthocyanins, organoleptic

Для цитирования

Макарова Н.В., Игнатова Д.Ф., Васильева Е.А., Солина Ю.И., Елисеева Е.А. Разработка технологии производства снежков на основе ягод черной смородины (*Ribes nigrum*) // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 158–167. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-158-167

For citation

Makarova N.V., Ignatova D.F., Vasilieva E.A., Solina Yu.I., Eliseeva E.A. Development of a technology for the production of snacks based on blackcurrant berries (*Ribes nigrum*). *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 158–167. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-158-167

Введение

Черная смородина является одной из самых урожайных ягодных культур. На данный момент она считается одним из самых богатых сырьевых источников биологически активных соединений. Причем немаловажную роль в уровне показателей содержания этих соединений играет такой фактор, как сорт. В статье [1] описаны результаты исследования в 4 сортах черной смородины: Focus, Ben Gairh, Otelo, Viola, таких показателей, как содержание полифенолов, флавоноидов, антоцианов, аскорбиновой кислоты, витамина В. В зависимости от сорта уровень показателей отличается в несколько раз.

Китайскими учеными из черной смородины сорта Meifeng был выделен новый вид полисахарида, для которого были изучены молекулярный вес, состав. Доказано, что данный полисахарид обладает способностью тормозить реакцию гликирования [2].

В работе [3] словенских ученых приводятся данные широкомасштабных исследований 23 сортов черной смородины на наличие таких классов соединений, как сахара, кислотность, фенолов и индивидуальный состав этих классов. На основании полученных результатов делается вывод о большой зависимости показателей от сортности смородины.

Аналогичный вывод сделан и в статье [4]. При этом сравнены не только 3 сорта черной смородины, но красной и белой.

Для 32 сортов черной смородины финские ученые обнаружили [5] различия в общем содержании антоцианов и флавонолов, а также в соотношении таких соединений, как мирцетин, кверцетин, кемпферол и четырех важнейших антоцианов: делфинидин-3-рутинозид, цианид-3-рутинозид, делфинидин-3-глюкозид, цианид-3-глюкозид.

Из смородины методами ферментативной экстракции были выделены 62 представителя полифенолов и 11 производственных антоцианов, которые удалось идентифицировать методами масс-спектрофотометрии. Фенольные фракции обладали антиоксидантной активностью и способностью ингибировать действие α -амилазы, α -глюкозидазы, липазы [6].

Для сохранения свойств полифенольной фракции, выделенной из черной смородины, было предложено [7] использовать технологию инкапсулирования. В качестве исходного сырья были взяты 5 сортов смородины. Для конечных инкапсулированных экстрактов было изучено содержание полифенолов, антоцианов, процианидинов, антиоксидантная активность до и после сушки экстрактов и хранение при 8 °С в течение 12 мес.

Сербские ученые для 7 сортов черной смородины методом ВЭЖХ хроматографии изучили содержание кверцетина, мирицетина, кемпферола, эпикатехина, катехина. Для экстрактов смородины исследована антибактериальная активность против 8 видов микробов, бактерий и грибов [8].

Для смородины, выращенной на территории Чили и Аргентины, были выделены 60 соединений из экстрактов. Эти экстракты проявляют цитопротекторный эффект, работают против клеточного гастрита человека и рекомендуются как элемент профилактического питания [9].

Основным методом консервации ягод и сохранения их свойств в течение длительного времени является сушка [10]. Для целого ряда ягод исследована кинетика вакуумной сушки при различных параметрах времени и температуры. Составлены кинетические модели этого процесса.

На примере ягод черной смородины изучено [11] влияние четырех вариантов технологий сушки (сублимационная, конвективная, микроволновая, конвективная + микроволновая) на содержание индивидуальных антоцианов, антиоксидантную активность. Именно микроволновая сушка, по мнению авторов, наиболее предпочтительна для получения порошка ягод черной смородины с высшими показателями биологически активных соединений.

Как доказывают греческие ученые [12], сушеные ягоды смородины сорта Аругена являются источником комплекса сахаров: фруктозы, глюкозы, сахарозы, мальтозы.

В выборе технологических параметров вакуумной сушки ягод смородины использован метод поверхности отклика. В качестве контрольных параметров использовано общее содержание фенолов, флавоноидов, антоцианов, аскорбиновой кислоты, антирадикальной активности. В основе переменных параметров выступают температура, время, давление [13].

На примере 3 видов ягод: черной смородины, малины, бузины, чилийские ученые доказали [14], что сушеные ягоды являются источником не только сахаров, органических кислот, но и антоцианов, фенолов. Причем сушеные ягоды черной смородины намного превосходят по показателям ягоды малины и немного уступают ягодам бузины.

Польские ученые предлагают использовать [15] порошок ягод черной смородины в качестве компонента мясных продуктов. Именно этот порошок оказывает не только антимикробный эффект на патогенную микрофлору, но и предотвращает вторичное окисление.

Таким образом образом, исследования химического состава биологической активности ягод черной смородины показывают перспективность этого направления.

Цель работы – сравнительное изучение физико-химических свойств (содержание сухих веществ, аскорбиновой кислоты, титруемой кислотности, фенолов, флавоноидов, антоцианов, сахара, пищевых волокон, DPPH, FRAP) ягод, пюре, сэзов черной смородины; подбор наиболее оптимальных рецептур сэзов из ягод черной смородины с добавлением и без пластификатора на основании анализа данных органолептических и физико-химических свойств.

Объекты и методы исследований

Метод приготовления экстрактов исследуемых образцов. 2 г измельченных ягод, пюре, сэзов (для экстракта концентрацией 0,1 г/см³) помещают в колбы с притертой пробкой, добавляют 20 мл смеси дистиллированной воды и водного этилового спирта (модуль разбавления 1:1), выдерживают при 37 °С в течение 2 ч при непрерывном перемешивании. Далее отделяют прозрачный слой экстракта фильтрованием и центрифугированием на центрифуге в течение 15 мин при скорости 3000 мин⁻¹.

Метод определения общего содержания фенольных веществ. Определение фенольных веществ основано на их способности связываться с белковыми веществами, осаждаться солями металлов, окисляться и давать цветные реакции. Исследования проводились по методу [16]. Колориметрический метод определения общего содержания фенольных веществ основан на применении реактива Фолина.

К 0,25 мл готового экстракта плодов/пюре/сэзов ягод концентрацией 0,1 мг/см³, добавили 0,25 мл 50%-ого водного раствора реактива Folin-Ciocalteu, 0,50 мл насыщенного раствора карбоната натрия и 4,00 мл дистиллированной воды. Смесь выдерживали 25 мин при 25 °С при постоянном помешивании для завершения реакции. Далее пробы центрифугировали 10 мин при скорости 2000 мин⁻¹.

Содержание фенольных веществ в прозрачном растворе экстракта плодов/пюре/сэзов ягод определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре. Спектр поглощения снимали при длине волны 725 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещали контрольную пробу. Калькуляцию фенольных соединений в мг галловой кислоты (ГК)/100 г продукта проводили по калибровочной кривой.

Метод определения общего содержания флавоноидов. Исследования содержания флавоноидов проводили по методу [17] с модификацией для экстрактов плодов/пюре/сэзов ягод. В пробирки помещали 0,50 мл экстракта плодов/пюре/сэзов ягод концентрацией 0,1 мг/см³, 2,50 мл дистиллированной воды, 0,15 мл раствора 5%-ного нитрита натрия. Выдерживали в течение 5 мин. Затем приливали 0,30 мл 10%-ого хлорида алюминия (III), выдерживали в течение 5 мин при 20–25 °С. Добавляли 1,00 мл 1 М гидроксида натрия и 5,00 мл дистиллированной воды.

Содержание флавоноидов определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре. Спектр поглощения снимали при длине волны 510 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещали дистиллированную воду. Калькуляцию флавоноидов в мг катехина (К)/100 г продукта проводили по калибровочной кривой.

Метод определения радикалудерживающей способности с использованием реактива 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH-метод). Одним из способов оценки антиоксидантной активности пищевых веществ является колориметрия свободных радикалов. Данный метод основан на реакции стабильного синтетического радикала DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила), растворенного в этаноле, с образцом антиоксиданта, содержащегося в экстракте [18]. В результате восстановления свободного радикала DPPH антиоксидантами функциональных продуктов сменяется пурпурно-синяя окраска реактива на желтую, так как происходит переход свободного радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила, имеющего пурпурно-синюю окраску, в стабильную молекулу 2,2-дифенил-1-пикрилгидразина, который имеет желтую окраску.

Существует два способа проведения эксперимента по данному методу – статический и динамический. Статический показывает, при какой концентрации экстракта наблюдается наилучшее ингибирование свободных радикалов. Динамический характеризует процесс ингибирования во времени и показывает время, которое необходимо для ингибирования радикалов DPPH антиоксидантами экстракта с концентрацией, при которой наблюдается наилучшее ингибирование свободных радикалов. Чтобы охарактеризовать антиоксидантную активность существует параметр E_{C50} – это та концентрация экстракта, при которой происходит 50%-ное ингибирование радикала DPPH антиоксидантом экстракта. Торможение реакций окислительного распада происходит тем быстрее и антиоксидантная активность образцов тем выше, чем ниже показатель E_{C50}.

В пробирки помещали 0,20 мл экстракта плодов/пюре/сэзов ягод с различной концентрацией, 2,00 мл дистиллированной воды, 2,00 мл спиртового раствора 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила. Смесь выдерживали в течение 30 мин при 20–25 °С в недо-ступном для света месте.

Колориметрию свободных радикалов 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 517 нм в кювете толщиной слоя жидкости 10 мм.

Метод определения железосвязывающей активности экстрактов (FRAP-метод). Исследование восстанавливающей силы было проведено по методу [19] с модификацией для экстрактов плодов/пюре/сэзов ягод.

В пробирки прибавляли 1,00 мл реактива FRAP, 3,00 мл дистиллированной воды, 0,10 мл готового экстракта плодов/пюре/сэзов ягод концентрацией 0,1 мг/см³. Смесь выдерживают 4 мин при температуре 37 °С при периодическом перемешивании.

Определение железосвязывающей активности проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 593 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. Определение железосвязывающей активности проводили по калибровочной кривой в ммоль Fe^{2+} /1 кг исходного сырья.

Определение концентрации антоцианов спектрофотометрическим методом. Раствор А: 0,025 М КС1, рН 1,0. Навеску КС1 массой 0,465 г растворяли в 240 мл дистиллированной воды в химическом стакане. Доводили значение рН до 1,0 раствором концентрированной соляной кислоты, добавляя ее по каплям. Переносили полученный раствор в мерную колбу вместимостью 250 мл и доводили до метки дистиллированной водой с последующим контролем рН.

Раствор Б: 0,4 М CH_3COONa , рН 4,5. Навеску $CH_3COONa \cdot 3H_2O$ массой 13,6 г растворяли в 240 мл дистиллированной воды в химическом стакане. Доводили рН до 4,5 раствором концентрированной соляной кислоты, добавляя ее по каплям [20]. Переносили полученный раствор в мерную колбу вместимостью 250 мл и доводили до метки дистиллированной водой, повторно контролируя рН. Аликвотные объемы анализируемого экстракта Va антоцианов (с предварительным подбором разбавления) переносили в мерные колбы Vк и доводили до метки растворами А и Б.

Метод определения титруемой кислотности. В стакан вносили пипеткой 25 см³ неразбавленного сока или пробы сока, разбавленного так, чтобы на последующее титрование расходовалось не менее 8 см³ титранта [21]. Для анализа продуктов с высокой вязкостью и (или) с высоким содержанием частиц мякоти (например, для пульпы) берут соответствующую навеску пробы и разбавляют водой так, чтобы соблюдалось вышеуказанное условие. Пробу в стакане при температуре 20 °С начинали перемешивать магнитной мешалкой и титровали из бюретки раствором гидроксида натрия до значения рН 8,1. Измеряли объем раствора, пошедший на титрование. Если рН-метр снабжен температурной компенсацией, то испытание допускается выполнять при температуре в интервале 10 – 30 °С.

Метод определения сухих веществ. В чистую сухую бюксу помещали 11 + 1 г очищенного и прокаленного в соответствии с пунктом песка, ставили бюксу с песком и стеклянной палочкой в сушильный шкаф и, сняв крышку, сушили до постоянной массы при температуре 103 ± 2 °С в течение 1 ч. Снятая крышка помещалась в сушильном шкафу рядом [22]. Закрыв в сушильном шкафу бюксу крышкой, переносили ее в эксикатор, охлаждали в течение 30 мин и взвешивали. Затем бюксу высушивали повторно при этой же температуре в течение 30 – 40 мин и повторяли ту же операцию охлаждения и взвешивания. За результат испытания принимали среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, допускаемое расхождение между которыми не должно превышать 0,5% (предел повторяемости, г). В эту же бюксу помещали навеску пробы, массой $5,0 \pm 0,1$ г, закрывали крышкой и взвешивали. Затем,

тщательно перемешав навеску с песком стеклянной палочкой, равномерно распределяли содержимое по дну бюксы. Открытую бюксу с навеской и стеклянной палочкой помещали в сушильный шкаф и сушили в течение 4 ч при 103 ± 2 °С. Снятая крышка помещалась в сушильном шкафу рядом. Бюксу закрывали крышкой, охлаждали в эксикаторе в течение 30 мин и взвешивали.

Метод определения пищевых волокон. С помощью пипеточного дозатора в каждый стакан вносили по 0,05 см³ раствора термостабильной α -амилазы. Содержимое перемешивали, слегка вращая стаканы, после чего стаканы закрывали алюминиевой фольгой и помещали в кипящую водяную баню. Время выдержки 30 мин отсчитывали с момента, когда содержимое нагреется до температуры 90 °С. Затем смесь охлаждали до температуры 20 °С и доводили значение рН до 7,4 – 7,6 раствором гидроксида натрия молярной концентрацией 0,275 моль/дм³. В каждый стакан вносили 0,05 см³ раствора протеазы с помощью пипеточного дозатора [23]. Содержимое стаканов перемешивали и закрывали алюминиевой фольгой, выдерживали на водяной бане при температуре 60 °С в течение 30 мин при постоянном перемешивании, охлаждали до 20 °С и доводили значение рН до 4,3–4,7 с помощью раствора соляной кислоты 0,325 моль/дм³. Затем в каждый стакан с помощью пипеточного дозатора вносили 0,150 см³ раствора амилоглюкозидазы, выдерживали на водяной бане при температуре 60 °С в течение 30 мин, отсчитывая время с момента, когда температура содержимого стаканов достигнет 60 °С. Мерным цилиндром отмеряли 280 см³ этилового спирта 78% об., подогревали его до температуры 60 °С, добавляли к содержимому стаканов и выдерживали при комнатной температуре в течение 60 мин для формирования осадка. Высушенные при температуре 60 °С до постоянной массы (разница между взвешиваниями не должна превышать 0,001 г) и взвешенные (с точностью до 0,0001 г) бумажные фильтры помещали в стеклянные воронки и смачивали этиловым спиртом 95% об., осадок, содержащий пищевые волокна, фильтровали количественно, смывая со стенок стаканов порциями этилового спирта, затем осадок на фильтре промывали три раза порциями этилового спирта 78% об. по 20 см³, два раза порциями этилового спирта 95% об. по 10 см³ и два раза порциями ацетона по 10 см³. Осадки на фильтрах высушивали при температуре 105 °С в сушильном шкафу до постоянной массы (разница между взвешиваниями не должна превышать 0,001 г). Фильтры охлаждали в эксикаторе и взвешивали с точностью до 0,0001 г.

Метод определения сахаров. 50 см³ испытуемого раствора вносили пипеткой в мерную колбу вместимостью 100 см³ и доводили водой до метки. Полученный раствор содержит около 2 г/дм³. В коническую колбу вместимостью 250 см³ вносили пипеткой 20 см³ раствора железосинеродистого калия, 5 см³ раствора гидроксида натрия, 8 см³ разбавленного раствора и 2 см³ воды. Колбу присоединяли к обратному холодильнику, содержимое нагревали

до кипения, кипятили 1 мин и затем охлаждали под струей холодной воды до комнатной температуры. Колориметрируемый раствор должен быть прозрачным [24]. Если полученный раствор будет мутным, то его следует профильтровать. Проводили измерения оптической плотности. Значения оптической плотности должны уложиться в интервале 0,2–0,7. В случае получения других значений определение повторяли, соответственно изменив объем добавляемого испытуемого раствора и воды, но так, чтобы суммарный объем был равен 10 см³. Оптическую плотность измеряли в каждом растворе не менее трех раз и определяли среднеарифметическое значение.

Метод определения витамина С. В стакан вместимостью 50 см³ вносили пипеткой объем экстракта, но не более 25 см³, прибавляли экстрагирующий раствор приблизительно до объема 30 см³ и погружали электроды рН-метра-милливольтметра так, чтобы при перемешивании они не касались магнитного стержня мешалки [25]. Затем титровали потенциометрически из микробюретки раствором 2,6–дихлорфенолиндофенолята натрия. Раствор 2,6–дихлорфенолиндофенолята натрия прибавляли порциями по 0,1–0,2 см³ при постоянном перемешивании. Записывали показания прибора в милливольтгах, соответствующие каждому прибавленному объему раствора 2,6–дихлорфенолиндофенолята натрия. При титровании стрелка прибора сначала отклонялась влево, затем ее движение замедлилось и после точки эквивалентности стрелка отклонилась вправо. Объем раствора 2,6–дихлорфенолиндофенолята натрия, соответствующий точке эквивалентности и, следовательно, израсходованный на титрование объема, устанавливали по максимальной разнице двух соседних показаний прибора или по потенциометрической кривой зависимости величины потенциала в милливольтгах от объема раствора 2,6–дихлорфенолиндофенолята натрия в кубических сантиметрах.

Результаты и их обсуждение

Самое общее определение понятия сухих веществ (сухого остатка в химии) заключается в том, что это субстанции, из которых удалена влага. Но влагу, которая содержится в веществе или материале, можно разделить на две составляющие: та, которая содержится в молекулах вещества, или связанная; та, которая содержится между молекулами вещества, или свободная. Свободную воду мы можно удалить физическими методами: выпариванием, высушиванием, отгонкой и т. д. При этом структура вещества может меняться, химический состав – нет. Связанная влага может быть удалена только при более жестких условиях или даже только с помощью химических веществ.

Сухие – это вещества, в которых отсутствуют оба вида воды. При этом необходимо помнить, что окружающий воздух постоянно содержит некоторое количество водяного пара.

Поэтому высушенные горячие вещества необходимо хранить в специальных емкостях, чтобы в них не попали водяные пары.

По полученным данным содержание сухих веществ в свежей ягоде составило 17,8 нм. В сублимируемом сырье по сравнению с приводимыми в литературных источниках данными доля сухих веществ выше 21,3 нм (рисунок 1).

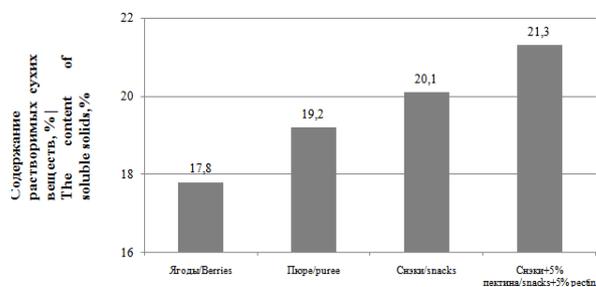


Рисунок 1. Результаты определения общего содержания сухих веществ, пюре, снэках черной смородины

Figure 1. Results of determination of the total content of dry substances, purees, snacks of black currant

Это можно объяснить тем, что в процессе замораживания сырья происходит выделение части свободной воды в виде кристаллов льда, приводящее к увеличению сухих веществ.

Гармоничное сочетание сахаров и кислот в значительной степени определяет вкус ягод. Отношение количества сахаров к титруемой кислотности принято называть объективным показателем вкуса (ОПВ). В процессе исследования увеличивалось содержание сахаров и кислотность, что привело к стабильным показателям ОПВ (рисунок 2).

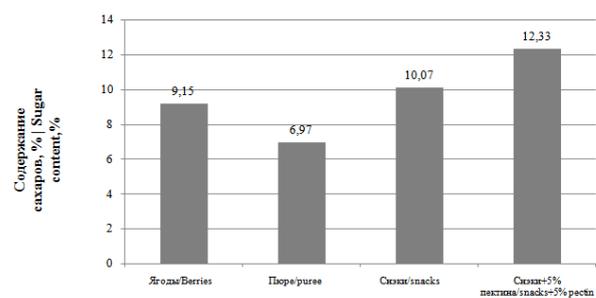


Рисунок 2. Результаты определения общего содержания сахаров в ягодах, пюре, снэках черной смородины

Figure 2. Results of determination of the total content of sugars in berries, puree, snacks of black currant

Изменение титруемой кислотности ягод (в пересчете на яблочную кислоту) при замораживании и хранении представлено на рисунке 3. Титруемая кислотность в процессе замораживания увеличилась на 0,45%. Активная кислотность (рН) при различной температуре и хранения менялась незначительно.

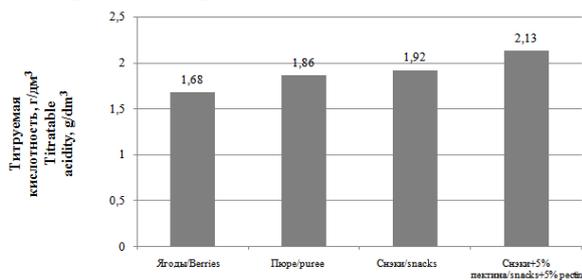


Рисунок 3. Результаты определения титруемой кислотности в ягодах, пюре, снэках черной смородины

Figure 3. The results of the determination of titratable acidity in berries, purees, snacks black currant

Пищевые волокна – необычные вещества. Они не перевариваются в желудке и тонком кишечнике. Этот факт может навести на мысль, что от них мало пользы. Но их польза начинает проявляться в толстом кишечнике. Они не только регулируют перистальтику, но и оказывают благотворное воздействие на здоровье (рисунок 4).

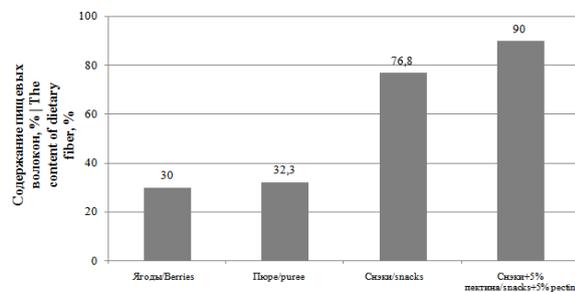


Рисунок 4. Результаты определения общего содержания пищевых волокон в ягодах, пюре, снэках черной смородины

Figure 4. Results of determination of the total content of dietary fibers in berries, puree, snacks of black currant

Исходя из данных (рисунок 4), самые низкие показатели выявлены у ягод – 30 нм, а самые высокие снэки + 5% пектина – 90 нм; следует сделать вывод о том, что к употреблению следует использовать продукт с высшим показателем, т. к. он способствует лучшему обволакиванию стенок кишечника и всей пищеварительной системы человека.

Пищевые волокна в сочетании с достаточным поступлением в организм жидкости (чем больше их в рационе, тем больше необходимо пить) оказывают регулирующее воздействие на перистальтику кишечника. Под «регулированием» понимается способность пищевых волокон препятствовать замедлению (запоры) и контролировать ускорение работы кишечника (диарея).

Витамин С – незаменимое вещество для человека. Он не синтезируется в организме самостоятельно, поэтому должен поступать в достаточном количестве с пищей.

Основными источниками аскорбиновой кислоты являются овощи и фрукты. Также она встречается в некоторых травянистых растениях,

плодах, семенах. Следует учитывать, что витамин С под действием температуры выше 60 °С разрушается, поэтому термическая обработка овощей и фруктов приводит к потере аскорбиновой кислоты. Их рекомендуется есть в свежем (сыром) виде (рисунок 5).

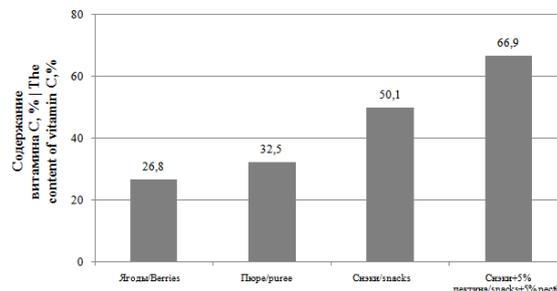


Рисунок 5. Результаты определения общего содержания витамина С в ягодах, пюре, снэках черной смородины

Figure 5. Results of determination of the total content of vitamin C in berries, puree, snacks of black currant

А вот сушка плодов не уменьшает содержание витамина С: его количество в них остаётся прежним. С учётом потери воды, процент содержания аскорбиновой кислоты в единице массы ягод даже увеличивается. Замороженные продукты также сохраняют полностью свой витаминный состав. Учитывая этот факт, следует заметить, что экстракт снэка с добавлением структурообразователя (пектин 5%) из черной смородины занимает лидирующую позицию. Это следует учитывать при выборе употребления исходного сырья или пройденного через этап сушки.

Фенолы – это ароматические соединения, содержащие в своей молекуле бензольное ядро с одной или несколькими гидроксильными группами. Они встречаются в различных частях многих растений (в покровных тканях в плодах, проростках, листьях, цветках) и придают им окраску и аромат; играют важную роль в различных физиологических процессах, таких, как фотосинтез, дыхание, рост, устойчивость растений к инфекционным болезням, рост и репродукция; защищают растения от патогенных микроорганизмов и грибковых заболеваний.

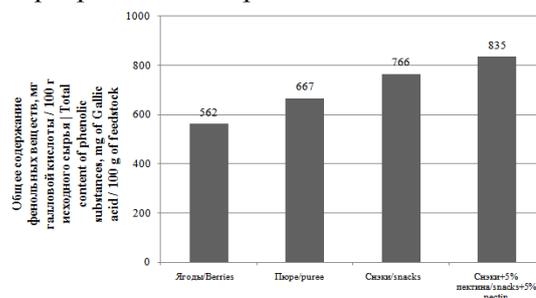


Рисунок 6. Результаты определения общего содержания фенолов в ягодах, пюре, снэках черной смородины

Figure 6. Results of determination of the total content of phenols in berries, puree, snacks of black currant

По показателю общего содержания фенолов можно увидеть, что лидирующую позицию занимает экстракт из смзков с добавлением структурообразователя (пектин 5%) черной смородины (рисунок 6).

Именно класс флавоноидов обладает различными видами биологической активности, причем на значительном уровне. Флавоноиды оказывают огромное влияние на растительный метаболизм.

Если сравнивать плоды/пюре/смзков из ягод черной смородины, то экстракты, полученные из измельченных плодов ягоды, показал самые низкие значения общего содержания флавоноидов из изученных (рисунок 7).

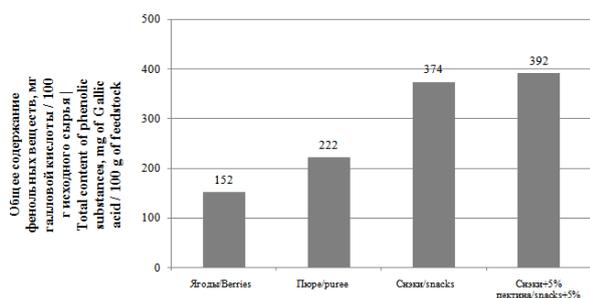


Рисунок 7. Результаты определения общего содержания флавоноидов в ягодах, пюре, смзках черной смородины

Figure 7. Results of determination of the total content of flavonoids in berries, puree, snacks of black currant

Анализируя данные по показателю общего содержания флавоноидов, можно отметить весьма различные уровни четырех экстракций плодов/пюре/смзков из ягод. По показателям содержания флавоноидов экстракты плодов и пюре имеют небольшие, но различия. Высокими показателями общего содержания флавоноидов обладают экстракты смзков с добавлением структурообразователя (пектин 5%) черной смородины.

Антоцианы относятся к основной группе соединений, являющихся водорастворимыми пигментами в природе. Именно они придают фруктам и овощам голубую, фиолетовую, пурпурную, оранжевую, розовую окраски. Но, кроме того, этот класс соединений обладает как антиоксидантным действием, так и различными видами биологической активности и возможностью профилактики таких заболеваний, как рак, диабет, артрит и сердечно-сосудистые расстройства.

Согласно полученным данным можно выстроить ряд экстрактов плодов/пюре/смзков из ягод по убыванию показателя: экстракты смзков со структурообразователем (пектин 5%) ягоды > экстракты смзков ягоды > экстракты пюре ягоды > экстракты ягоды (рисунок 8). Интересно отметить, что экстракты смзков со структурообразователем (пектин 5%) ягоды из черной смородины все также удерживают первую позицию.

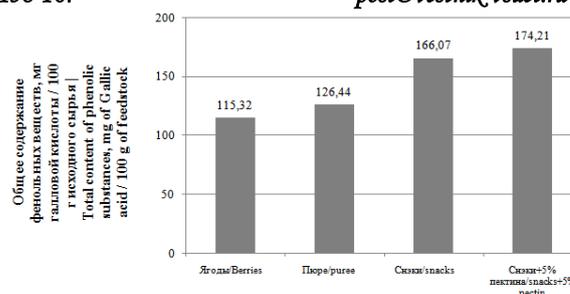


Рисунок 8. Результаты определения общего содержания антоцианов в ягодах, пюре, смзках черной смородины

Figure 8. Results of determination of the total content of anthocyanins in berries, puree, snacks of black currant

Фенольные соединения – это важный класс, имеющий различные виды биологической активности.

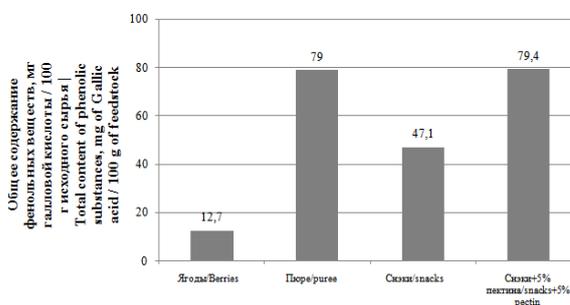


Рисунок 9. Результаты определения антирадикальной активности по методу DPPH в ягодах, пюре, смзках черной смородины

Figure 9. Results of determination of antiradical activity by DPPH method in berries, puree, black currant snacks

Высокие значения в данном методе показал экстракт пюре ягоды черной смородины (рисунок 9), последнее место все также занимает исходное сырье.

После полученной информации следует учесть то, что после употребления печенья со структурообразователем (пектин 5%), стоит выпить большое количество воды для лучшего его усвоения.

Показатель восстанавливающей силы характеризует способность антиоксидантов тормозить катализирующее действие ионов металлов в реакциях окисления.

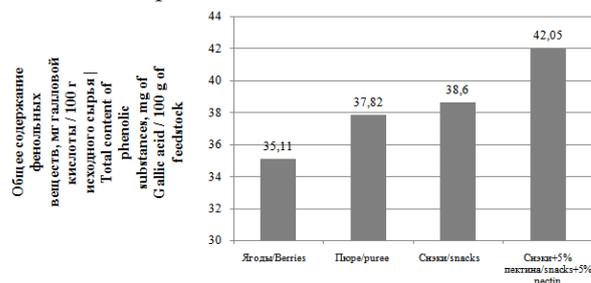


Рисунок 10. Результаты определения общего содержания FRAP значения в ягодах, пюре, смзках черной смородины

Figure 10. Results of determination of the total content of FRAP-value in berries, puree, snacks of black currant

Значения FRAP для экстрактов тоже можно выстроить в ряд по убыванию, порядок при этом остался прежним. Самый высокий показатель у печени со структурообразователем (пектин 5%), следующее место занимает печень, включает таблицу исходное сырье из черной смородины (рисунок 10). По данным исследований можно сделать вывод о том, что способность тормозить катализирующее действие ионов металлов в реакциях окисления у экстрактов пюре черной смородины, а также у исходного сырья – самое низкое.

Заключение

Ягоды черной смородины и продукты её переработки содержат водорастворимые и спирторастворимые химические соединения, обладающие антиоксидантными свойствами. В процессе переработки необходимо учитывать

особенности химического состава сырья, вида растворителя.

Выявлено, что в процессе хранения происходит изменение химического состава ягод черной смородины, при этом увеличивается содержание сухих растворимых веществ, что в дальнейшем благоприятно влияет на диффузию при получении экстрактов.

Антиоксидантные свойства черной смородины при хранении не изменяются, имеется небольшое увеличение содержания антоцианов в ягодах, изучаемых после хранения.

Также следует сделать вывод о том, что ягоды, которые подверглись сублимационной сушке, показали лучшее удерживание витамина С, антиоксидантную способность, антоцианов и фенолов, чем те, над которыми происходило воздействие горячим воздухом или во время механического воздействия при температуре 70 °С.

Литература

- 1 Orsavová J., Hlaváčová I., Mlček J., Snopek L. et al. Contribution of phenolic compounds, ascorbic acid and vitamin E to antioxidant activity of currant (*Ribes L.*) and gooseberry (*Ribes uva-crispa L.*) fruits // *Food Chemistry*. 2019. V. 284. P. 323–333.
- 2 Xu Y., Liu G., Yu Z., Song X. et al. Purification, characterization and antiglycation activity of a novel polysaccharide from black currant // *Food Chemistry*. 2016. V. 199. P. 694–701.
- 3 Mikulic-Petkovsek M., Slatnar A., Schmitzer V., Stampar F. et al. Chemical profile of black currant fruit modified by different degree of infection with black currant leaf spot // *Scientia Horticulturae*. 2013. V. 150. P. 399–409.
- 4 Mikulic-Petkovsek M., Koron D., Veberic R. Quality parameters of currant berries from three different cluster positions // *Scientia Horticulturae*. 2016. V. 210. P. 188–196.
- 5 Mattila P.H., Hellström J., Karhu S., Pihlava J.-M. et al. High variability in flavonoid contents and composition between different North-European currant (*Ribes spp.*) varieties // *Food Chemistry*. 2016. V. 204. P. 14–20.
- 6 Burgos-Edwards A., Jiménez-Aspeeb F., Theoduloz C., Schmeda-Hirschmann G. Colonic fermentation of polyphenols from Chilean currants (*Ribes spp.*) and its effect on antioxidant capacity and metabolic syndrome-associated enzymes // *Food Chemistry*. 2018. V. 258. P. 144–155.
- 7 Bakowska-Barczak A.M., Kolodziejczyk P.P. Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation // *Industrial Crops and Products*. 2011. V. 34. P. 1301–1309.
- 8 Paunović S.M., Mašković P., Nikolić M., Miletić R. Bioactive compounds and antimicrobial activity of black currant (*Ribes nigrum L.*) berries and leaves extract obtained by different soil management system // *Scientia Horticulturae*. 2017. V. 222. P. 69–75.
- 9 Jiménez-Aspee F., Theoduloz C., Vieira M.N., Rodríguez-Werner M.A. et al. Phenolics from the Patagonian currants *Ribes spp.*: Isolation, characterization and cytoprotective effect in human AGS cells // *ScienceDirect*. 2016. V. 26. P. 11–26.
- 10 Xie L., Mujumdar A.S., Fang X.-M., Wang J. et al. Far-infrared radiation heating assisted pulsed vacuum drying (FIR-PVD) of wolfberry (*Lycium barbarum L.*): Effects on drying kinetics and quality attributes // *Food and Bioprocess Processing*. 2017. V. 102. P. 320–331.
- 11 Michalska A., Wojdyło A., Łysiak G.P., Lech K. et al. Functional relationships between phytochemicals and drying conditions during the processing of blackcurrant pomace into powders // *Advanced Powder Technology*. 2017. V. 28. P. 1340–1348.
- 12 Nikolidaki E.K., Chiou A., Christea M., Gkegka A.P. et al. Sun dried Corinthian currant (*Vitis Vinifera L.*, var. *Apyrena*) simple sugar profile and macronutrient characterization // *Food Chemistry*. 2017. V. 221. P. 365–372.
- 13 Šumic Z., Vakula A., Tepic A., Cakarevic J. et al. Modeling and optimization of red currants vacuum drying process by response surface methodology (RSM) // *Food Chemistry*. 2016. V. 203. P. 465–475.
- 14 Gagneten M., Corfield R., Mattson M.G., Sozzi A. et al. Spray-dried powders from berries extracts obtained upon several processing steps to improve the bioactive components content // *Powder Technology*. 2019. V. 342. P. 1008–1015.
- 15 Nowak A., Czyżowska A., Efenberger M., Krala L. Polyphenolic extracts of cherry (*Prunus cerasus L.*) and blackcurrant (*Ribes nigrum L.*) leaves as natural preservatives in meat products // *Food Microbiology*. 2016. V. 59. P. 142–149.
- 16 ГОСТ 33407–2015. Определение содержания фенольных и фурановых соединений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.
- 17 ГОСТ Р 55312–2012. Метод определения флавоноидных соединений.
- 18 ГОСТ 32709–2014. Продукция соковая. Методы определения антоцианинов.
- 19 ГОСТ ISO 750–2013. Продукты переработки фруктов и овощей. Титруемая кислотность.
- 20 ГОСТ 28562–90. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ.

- 21 ГОСТ Р 54014–2010. Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом.
- 22 ГОСТ 8756.13–87. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров.
- 23 ГОСТ 24556–89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С.
- 24 Zdunić G., Šavikin K., Pljevljakušić D., Djordjević B. Black (*Ribes nigrum* L.) and Red Currant (*Ribes rubrum* L.) Cultivars // Nutritional Composition of Fruit Cultivars. 2016. V. 10. P. 101–126.
- 25 Petrov N., Maslennikova G.A. Physical and chemical aspects of vacuum drying of berry raw materials // Foods and Raw Materials. 2016. V. 26. P. 129–134.

References

- 1 Orsavová J., Hlaváčová I., Mlček J., Snopek L. et al. Contribution of phenolic compounds, ascorbic acid and vitamin E to antioxidant activity of currant (*Ribes* L.) and gooseberry (*Ribes uva-crispa* L.) fruits. *Food Chemistry*. 2019. vol. 284. pp. 323–333.
- 2 Xu Y., Liu G., Yu Z., Song X. et al. Purification, characterization and antiglycation activity of a novel polysaccharide from black currant. *Food Chemistry*. 2016. vol. 199. pp. 694–701.
- 3 Mikulic-Petkovsek M., Slatnar A., Schmitzer V., Stampar F. et al. Chemical profile of black currant fruit modified by different degree of infection with black currant leaf spot. *Scientia Horticulturae*. 2013. vol. 150. pp. 399–409.
- 4 Mikulic-Petkovsek M., Koron D., Veberic R. Quality parameters of currant berries from three different cluster positions. *Scientia Horticulturae*. 2016. vol. 210. pp. 188–196.
- 5 Mattila P.H., Hellström J., Karhu S., Pihlava J.-M. et al. High variability in flavonoid contents and composition between different North-European currant (*Ribes* spp.) varieties. *Food Chemistry*. 2016. vol. 204. pp. 14–20.
- 6 Burgos-Edwards A., Jiménez-Aspeeb F., Theoduloz C., Schmeda-Hirschmann G. Colonic fermentation of polyphenols from Chilean currants (*Ribes* spp.) and its effect on antioxidant capacity and metabolic syndrome-associated enzymes. *Food Chemistry*. 2018. vol. 258. pp. 144–155.
- 7 Bakowska-Barczak A.M., Kolodziejczyk P.P. Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation. *Industrial Crops and Products*. 2011. vol. 34. pp. 1301–1309.
- 8 Paunović S.M., Mašković P., Nikolić M., Miletić R. Bioactive compounds and antimicrobial activity of black currant (*Ribes nigrum* L.) berries and leaves extract obtained by different soil management system. *Scientia Horticulturae*. 2017. vol. 222. pp. 69–75.
- 9 Jiménez-Aspee F., Theoduloz C., Vieira M.N., Rodríguez-Werner M.A. et al. Phenolics from the Patagonian currants *Ribes* spp.: Isolation, characterization and cytoprotective effect in human AGS cells. *ScienceDirect*. 2016. vol. 26. pp. 11–26.
- 10 Xie L., Mujumdar A.S., Fang X.-M., Wang J. et al. Far-infrared radiation heating assisted pulsed vacuum drying (FIR-PVD) of wolfberry (*Lycium barbarum* L.): Effects on drying kinetics and quality attributes. *Food and Bioprocess Processing*. 2017. vol. 102. pp. 320–331.
- 11 Michalska A., Wojdyło A., Łysiak G.P., Lech K. et al. Functional relationships between phytochemicals and drying conditions during the processing of blackcurrant pomace into powders. *Advanced Powder Technology*. 2017. vol. 28. pp. 1340–1348.
- 12 Nikolidaki E.K., Chiou A., Christea M., Gkegka A.P. et al. Sun dried Corinthian currant (*Vitis Vinifera* L., var. Apyrena) simple sugar profile and macronutrient characterization. *Food Chemistry*. 2017. vol. 221. pp. 365–372.
- 13 Šumić Z., Vakula A., Tepić A., Čakarević J. et al. Modeling and optimization of red currants vacuum drying process by response surface methodology (RSM). *Food Chemistry*. 2016. vol. 203. pp. 465–475.
- 14 Gagneten M., Corfield R., Mattson M.G., Sozzi A. et al. Spray-dried powders from berries extracts obtained upon several processing steps to improve the bioactive components content. *Powder Technology*. 2019. vol. 342. pp. 1008–1015.
- 15 Nowak A., Czyżowska A., Efenberger M., Krala L. Polyphenolic extracts of cherry (*Prunus cerasus* L.) and blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) leaves as natural preservatives in meat products. *Food Microbiology*. 2016. vol. 59. pp. 142–149.
- 16 GOST 33407–2015. The definition of the content of phenolic and furan compounds by high performance liquid chromatography. (in Russian).
- 17 GOST R 55312–2012. Method of determination of flavonoid compounds. (in Russian).
- 18 GOST 32709–2014. Juice Products. Methods for determining anthocyanins. (in Russian).
- 19 GOST ISO 750–2013 Products of processing fruits and vegetables. Titratable acidity. (in Russian).
- 20 GOST 28562–90. Fruit and vegetable processing Products. Refractometric method for determination of soluble solids. (in Russian).
- 21 GOST R 54014–2010. Functional food Products. Determination of soluble and insoluble dietary fibers by enzymatic gravimetric method. (in Russian).
- 22 GOST 8756.13–87. Fruit and vegetable processing Products. Methods for determining sugars. (in Russian).
- 23 GOST 24556–89. Fruit and vegetable processing Products. Methods for determining vitamin C. (in Russian).
- 24 Zdunić G., Šavikin K., Pljevljakušić D., Djordjević B. Black (*Ribes nigrum* L.) and Red Currant (*Ribes rubrum* L.) Cultivars. Nutritional Composition of Fruit Cultivars. 2016. vol. 10. pp. 101–126.
- 25 Petrov N., Maslennikova G.A. Physical and chemical aspects of vacuum drying of berry raw materials. *Foods and Raw Materials*. 2016. vol. 26. pp. 129–134.

Сведения об авторах

Надежда В. Макарова д.х.н., профессор, кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская 244, г. Самара, 443100, Россия, makarovnv1969@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-00112-0085>

Динара Ф. Игнатова к.т.н., кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия, dinara-bakieva@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1478-039X>

Екатерина А. Васильева аспирант, кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия, katerinavasileva99@yahoo.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5250-7677>

Юлия И. Солина студент, кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия, u.solina@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3254-9463>

Елена А. Елисеева студент, кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия, e11seevaml@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9179-2194>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Nadezhda V. Makarova Dr. Sci. (Chem.), Professor, technology and organization of catering department, Samara State Technical University, ul. Molodogvardeiskaya str., 244, Samara, 443100, Russia, makarovnv1969@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-00112-0085>

Dinara F. Ignatova Cand. Sci. (Engin.), technology and organization of catering department, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya str., 244, Samara, 443100, Russia, dinara-bakieva@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1478-039X>

Vasilieva A. Ekaterina graduate student, technology and organization of catering department, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya str., 244, Samara, 443100, Russia, katerinavasileva99@yahoo.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5250-7677>

Yuliya I. Solina student, technology and organization of catering department, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya str., 244, Samara, 443100, Russia, u.solina@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3254-9463>

Elena A. Eliseeva student, technology and organization of catering department, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya str., 244, Samara, 443100, Russia, e11seevaml@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9179-2194>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 22/07/2019	После редакции 31/07/2019	Принята в печать 14/08/2019
Received 22/07/2019	Accepted in revised 31/07/2019	Accepted 14/08/2019