ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-564-573
УДК (663.969+633.12):615.356

Оригинальная статья
http://fptt.ru

Гречишные травяные чайные напитки: сырье, способы получения и оценка биологической активности

Т. В. Танашкина*, А. Ф. Пьянкова, А. А. Семенюта, А. В. Кантемиров, Ю. В. Приходько

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

Поступила в редакцию: 01.06.2021
Принята после рецензирования: 25.06.2021
Принята в печать: 15.07.2021

**e-mail: tatiana.vl.tan@gmail.com*
© Т. В. Танашкина, А. Ф. Пьянкова, А. А. Семенюта, А. В. Кантемиров, Ю. В. Приходько, 2021

Аннотация.
Введение. Зерно гречихи давно используется в пищевых технологиях. Надземная часть растения пока не нашла широкого применения, несмотря на высокое содержание, по сравнению с зерном, биологически активных веществ. Цель работы – оценить потенциал травы гречихи в качестве сырья для чайных напитков функционального назначения.
Объекты и методы исследования. Нижняя и верхняя части стебля, листья, соцветия гречихи посевной и приготовленные из них чайные напитки. В сырье и чайных напитках определяли содержание полифенольных соединений (метод Folin-Ciocalteu), рутина (метод ВЭЖХ); органолептические свойства и антиоксидантную активность чайных напитков – с использованием DPPH радикала.
Результаты и их обсуждение. По органолептическим свойствам лучшими были чайные напитки, приготовленные из верхней части растения. Полифенольные соединения были обнаружены во всех частях растения: в соцветиях – 6,67 %, листьях – 5,71 %, купаже – 5,45 %, в верхней и нижней части стебля – 1,92 и 1,32 % соответственно. Доля этих соединений в чайных напитках была не более 40 % от их содержания в сырье. Высокое количество рутина (5,05 %) наблюдалось в листьях, в других частях растения его содержание было ниже: 3,43 % в купаже, 3,03 % в соцветиях, 1,08 и 0,76 % в верхней и нижней части стебля соответственно. Чайные напитки из травы гречихи, за исключением нижней части стебля, содержали от 15 до 75 % рутина от суточной нормы его потребления. Все образцы проявляли антиоксидантную активность: наиболее высокая отмечена в чайных напитках из соцветий (66,7 %), листьев (62,3 %) и купажа (52,5 %), что составило в пересчете на аскорбиновую кислоту 69, 64 и 52 мкмоль/г сухого вещества соответственно. Для этих же образцов была установлена антирадикальная активность.
Выводы. Трава гречихи посевной сорта «Изумруд» может являться сырьем для получения чайных напитков. Гречишные чайные напитки представляют собой натуральный функциональный пищевой продукт, не содержащий кофеина, обладающий приятным вкусом и ароматом и характеризующийся высокой биологической активностью за счет содержания в нем рутина и других полифенольных соединений.

Ключевые слова. Гречиха, трава гречихи, напитки, полифенолы, рутин, антиоксидантная активность

Для цитирования: Гречишные травяные чайные напитки: сырье, способы получения и оценка биологической активности / Т. В. Танашкина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 3. С. 564–573. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-564-573.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Buckwheat Grass Tea Beverages: Row Materials, Production Methods, and Biological Activity

Tatiana V. Tanashkina*, Alena F. Piankova, Anna A. Semenyuta, Alexey V. Kantemirov, Yury V. Prikhodko

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Received: June 01, 2021
Accepted in revised form: June 25, 2021
Accepted for publication: July 15, 2021

**e-mail: tatiana.vl.tan@gmail.com*
© T.V. Tanashkina, A.F. Piankova, A.A. Semenyuta, A.V. Kantemirov, Yu.V. Prikhodko, 2021

Abstract.
Introduction. Buckwheat grain has long been used in food technology. However, its aboveground part remains understudied even though it is richer in biologically active substances than grain. The research objective was to evaluate the potential of buckwheat grass as a raw material for functional tea beverages.
Study objects and methods. The research featured the lower and upper parts of the stem, leaves, and flowers of common buckwheat, as well as buckwheat tea beverages. The content of polyphenol compounds was determined by the Folin-Ciocalteu method, while the amount of rutin was measured by HPLC analysis. Sensory properties were analyzed by standard methods and quality score, and antioxidant activity – by DPPH radical scavenging method.
Results and discussion. The sensory analyses proved that the best tea beverages were made from the upper part of the plant: the samples had a strong smell of meadow grass and honey. The taste of the samples was pleasant, sweetish, with a honey and light floral aftertaste. As the total score (maximum score – 20) increased, the tea samples were arranged in the following order: lower stem (14.3) > upper stem (16.8) > leaves, (18.5) > blend – mix of leaves, flowers, and upper stem (18.6) > flowers (19.3). Polyphenol compounds were found in all parts of the plant: flowers – 6.67%, leaves – 5.71%, blend – 5.45%, upper and lower stem – 1.92 and 1.32%, respectively. Only 30–40% of buckwheat grass polyphenol compounds were found in tea beverages. Most of them were in the samples prepared from leaves and flowers – 1.78 %. Rutin made up most of the polyphenol compounds found in the leaves (5.05%), but its content was lower in other parts of the plant: 3.43% in the blend, 3.03% in the flowers, 1.08 and 0.76% in the upper and lower stem. Except for the lower stem samples, the tea contained from 15 to 75% of the daily rutin intake. All the tea samples showed antioxidant activity: flowers – 66.7%, leaves – 62.3%, and blend – 52.5%. In terms of ascorbic acid, it was 69, 64, and 52 μmol/g dry matter, respectfully. The same samples demonstrated antiradical activity.
Conclusion. Common buckwheat grass can serve as a raw material for tea beverages. Buckwheat tea is a natural functional food product with zero caffeine. They have a pleasant taste and aroma. They owe their high biological activity to the high content of rutin and other polyphenol compounds.

Keywords. Buckwheat, buckwheat grass, beverages, polyphenol compound, rutin, antioxidant activity

For citation: Tanashkina TV, Piankova AF, Semenyuta AA, Kantemirov AV, Prikhodko YuV. Buckwheat Grass Tea Beverages: Row Materials, Production Methods, and Biological Activity. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(3):564–573. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-564-573.

Введение

Гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Möench) – важнейшая зерновая продовольственная культура, выращиваемая в странах Азии и Восточной Европы. Лидерами в производстве зерна гречихи являются Россия, Китай и Украина, которые в 2019 г., по данным ФАО, собрали 785 702, 430 166 и 85 020 тыс. тонн соответственно [1]. В пищевых целях главным образом используется зерно, из которого вырабатывают крупу (ядрица и продел) и муку, а в странах восточной Азии еще и гречневый чай.

В последние годы существенно возросло значение гречихи в питании [2–4]. Этому способствовали глубокие исследования химического состава зерна, которые выявили его уникальные особенности по сравнению с зерном злаковых культур [5]. Отсутствие глютена в зерне гречихи делает его незаменимым в питании больных целиакией [6]. Белки гречихи характеризуются высокой биологической ценностью [7]. Они способны снижать уровень холестерола в сыворотке крови, эффективны против гипертензии и развитии рака толстой кишки [8–10]. Крахмал гречихи относится к группе резистентных, медленно гидролизуется в кишечнике, способствуя постепенному поступлению глюкозы в кровь, что не приводит к резкому повышению ее уровня в кровяном русле [11, 12]. Поэтому гречиха входит в диету больных сахарным диабетом. Она богата растворимыми и нерастворимыми пищевыми волокнами, что позволяет рекомендовать ее страдающим желудочно-кишечными заболеваниями [13]. Минеральный состав зерна характеризуется, по сравнению с пшеницей и рисом, более высокими концентрациями железа, цинка, меди, марганца, магния, калия и фосфора [14]. В нем много витаминов группы В (тиамина, рибофлавина, ниацина) и токоферола [15]. Зерно гречихи богато соединениями фенольной природы, преимущественно флавоноидами рутином, кверцетином, ориентином и др. [16, 17]. Все указанные выше особенности химического состава, а также присутствие в нем большого количества биологически активных соединений делают зерно гречихи востребованным в специализированном и массовом питании [5, 18].

Надземные части растения – стебель, листья, соцветия – для получения пищевых продуктов пока не используются. Но они нашли применение в медицине благодаря высокому содержанию флавоноида рутина в зеленой массе гречихи по сравнению с зерном. Одно из направлений применения связано с использованием надземной фитомассы гречихи в качестве фармакологического сырья для выработки лекарственной субстанции – рутин. Особенно актуально это для стран, в которых не произрастает софора японская, бутоны которой являются для этого традиционным сырьем. Подобные работы ведутся и в России [19, 20].

Многочисленные исследования показали, что рутин проявляет множественную фармакологическую активность, включая антиоксидантное, цитопротекторное, нейропротекторное, вазопротекторное, антиканцерогенное и кардиопротекторное действия [21]. Было показано, что его антиоксидантные свойства обеспечивают сохранение когнитивных функций [22]. Рутин оказывает антидепрессантоподобный эффект, увеличивая доступность серотонина и норадреналина в синаптической щели, способствуя повышению стрессоустойчивости [23]. Эти данные свидетельствуют о том, что рутин может быть эффективен в профилактике многих заболеваний, антиоксидантной защите, антистрессовом воздействии и др.

Фенольные соединения, к которым относится рутин, являются вторичными метаболитами растений [24]. Они широко используются в медицинской практике для лечения и профилактики многих заболеваний. Большую группу из них представляют полифенольные соединения – фенилпропаноиды, флавоноиды и др., которые присутствуют в ежедневной диете каждого человека. Среднее потребление этих соединений составляет 1 г в сутки [25]. Установлено, что основными полифенолами травы гречихи являются флавоноиды рутин, кверцетин, изокверцитрин, гесперидин, изорамнетин и фенилпропаноиды, среди которых феруловая, хлорогеновая, синапиновая и паракумаровая кислоты [26].

Определенный интерес представляет привлечение травы гречихи в качестве сырья для пищевой промышленности с целью создания продуктов питания функционального назначения. Одной из групп таких продуктов могут стать напитки, являющиеся обязательным компонентом ежедневного рациона любого человека. Например, чайные напитки (ЧН). Они приобретают все большую популярность, поскольку, кроме приятного вкуса, многие из них обладают полезными для поддержания здоровья свойствами. Согласно ГОСТ 32593-2013 чайные напитки – это пищевой продукт, изготовленный из растительного сырья с возможным добавлением чая в количестве не более 50 % по массе и других компонентов. Для их создания можно использовать самое разнообразное растительное сырье: травы, плоды, ягоды и др.

Цель данной работы – оценка потенциала травы гречихи как сырья для чайных напитков функционального назначения.

В задачи исследования входило: определить анатомические части растения гречихи, пригодные для изготовления ЧН; установить содержание полифенольных соединений и рутина в гречишном сырье и приготовленных из него ЧН; а также произвести оценку антиоксидантных свойств чайных напитков.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования стали трава гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Möench) сорта «Изумруд», выращенная на опытных участках Приморского научно-исследовательского института сельского хозяйства РАН (Приморский край, Россия), и приготовленные из нее чайные напитки.

Траву гречихи заготавливали в период массового цветения и разделяли на несколько анатомических фракций – нижняя прикорневая часть стебля (стебель низ), верхняя часть стебля (стебель верх), листья и цветы. Затем сушили воздушным способом в хорошо вентилируемом темном помещении и хранили при комнатной температуре без доступа света. Для приготовления ЧН траву гречихи измельчали, заливали кипяченой водой температурой 85–90 °С из расчета 1 г/100 мл, настаивали 4–5 мин и фильтровали. Настои использовали для органолептических и аналитических исследований. Было приготовлено 5 образцов ЧН: 1 – из нижней части стебля, 2 – из верхней части стебля, 3 – из листьев, 4 – из соцветий и 5 – из купажа, состоящего из верхней части стебля, соцветий и верхушечных листьев.

Гречишное сырье исследовали на содержание полифенольных соединений (ПФ) и рутина. В ЧН определяли органолептические свойства, содержание ПФ и рутина, антиоксидантную и антирадикальную активность, а также антиоксидантную емкость.

Органолептическую оценку ЧН проводили, основываясь на стандартизированных методах для чая (ГОСТ 32572-2013, ГОСТ 32574-2013), т. е. устанавливали прозрачность, цвет, аромат и вкус. Максимальный балл за каждый показатель составлял не более 5. Образцы, набравшие 18–20 баллов, получали оценку «отлично», 15–17 баллов – «хорошо», 12–14 баллов – «удовлетворительно», менее 12 баллов – «неудовлетворительно».

Содержание суммы полифенолов в траве гречихи и ЧН устанавливали колориметрическим методом с использованием реактива Folin-Ciocalteu согласно ГОСТ Р ИСО 14502-1-2010.

Содержание рутина в гречишном сырье и ЧН определяли методом ВЭЖХ в нашей модификации [27]. В качестве стандарта использовали коммерческий препарат рутина (Sigma-Aldrich, США) в количестве 10 мкг/мл. Калибровочную кривую строили в интервале концентраций рутина 5–40 мкг/мл. Для проведения анализа использовали хроматографическую систему Shimadzu LC-10AD vp со спектрофотометрическим UV-VIS детектором SPD-10A vp на колонке Shim-pack CLC-Phenyl 6.0 mm i.d.×15 cm (Shimadzu, Япония).

Пробоподготовка образцов травы гречихи. Отдельные части травы гречихи (соцветия, верхние листья, верхняя и нижняя части стебля) измельчали до состояния пудры. Навеску травы массой около 0,05 г помещали в пробирки со шлифом, заливали

15 мл метанола и инкубировали сначала на водяной бане при температуре 45 °С в течение 30 мин, а затем в ультразвуковой ванне при 30 °С в течение 20 мин. Далее образцы переносили в мерные колбы на 25 мл и доводили дистиллированной водой до метки. Экстракты фильтровали через бумажный фильтр, затем через мембранный шприцевой фильтр с размером пор 0,45 мкм. Перед хроматографированием образцы разбавляли в 5 раз дистиллированной водой.

Пробоподготовка образцов ЧН. Для приготовления образцов гречишных чайных напитков использовали купаж из измельченных соцветий, листьев и верхней части стебля в соотношении 0,25:0,25:0,5 соответственно. Навеску сырья массой 1 г заливали 100 мл кипяченой питьевой воды, охлажденной до 85–90 °С, и настаивали в течение 4–5 мин. Настои фильтровали через бумажный фильтр, затем через мембранный шприцевой фильтр с размером пор 0,45 мкм.

Условия проведения хроматографического анализа. Подвижная фаза метанол:ацетатный буфер (pH 4,1) в соотношении 50:50 (об. %), скорость потока – 1 мл/мин, температура колонки – 30 °С, длина волны – 356 нм. Объем вводимой пробы – 10 мкл. Количественное содержание рутина рассчитывали исходя из данных калибровочных кривых и хроматограмм образцов травы гречихи и ЧН. Расчет проводили с помощью программного обеспечения МультиХром ГПХ.

Определение антиоксидантной активности (АОА) чайных напитков проводили с использованием DPPH радикала методом, описанным J. Aliakbarlu с коллегами и адаптированным для изучаемых образцов. В качестве положительного контроля использовали раствор аскорбиновой кислоты (АК) [28].

Результаты и их обсуждение

Трава гречихи богата рутином, содержание которого выше примерно в 100 раз и более, чем в зерне и продуктах его переработки. По разным оценкам в листьях и соцветиях содержится 2–8 % этого флавоноида, в то время как в зерне – 0,01–0,07 %, в крупе и муке его еще меньше – 0,02 и 0,006 % соответственно [29–34]. Поскольку рутин является водорастворимым соединением, то он экстрагируется из растительного сырья водой, хотя экстракция водно-спиртовыми смесями метанола и этанола является более эффективной. Именно 40–70 % растворы этих спиртов используются для извлечения рутина в аналитических целях. В пищевых целях водные экстракты рутина можно получать при приготовлении настоев травы гречихи в виде чайных напитков.

На первом этапе исследования оценивали возможность применения разных частей растения гречихи для изготовления чайных напитков с точки зрения их органолептических свойств. Для заваривания использовали различные части растения: нижняя и верхняя части стебля, листья, соцветия и купаж. После непродолжительного настаивания оценивали прозрачность, цвет, аромат и вкус напитков (рис. 1). Наиболее прозрачным был образец из нижней части стебля. Насыщенный янтарный цвет был характерен для чайных напитков из листьев. Немного светлее были ЧН из соцветий и купажа. В последнем, а также в напитке из верхней части стебля отмечался зеленоватый оттенок. Самым бледным и невыразительным был цвет ЧН из нижней части стебля. Наиболее гармоничным ароматом характеризовались образцы чайных напитков из листьев, соцветий и купажа. В них преобладал запах луговых трав с легкими медовыми оттенками. Лучшими вкусовыми характеристиками обладал образец, приготовленный из соцветий. В нем явственно ощущалась сладость, выделялись медовые тона и приятный легкий цветочный вкус. По сумме значений всех четырех показателей чайные напитки, приготовленные из стеблей гречихи, получили оценку «хорошо», из листьев, соцветий и купажа – оценку «отлично». По мере возрастания суммарной балльной оценки образцы ЧН расположились в следующем порядке: 1 (14,3) > 2 (16,8) > 3 (18,5) > 5 (18,6) > 4 (19,3). Лучшим образцом по вкусо-ароматическим характеристикам был чайный напиток, приготовленный из соцветий, немногим уступали ему ЧН из листьев и купажа.

Таким образом, согласно результатам органолептической оценки, трава гречихи, особенно ее верхушечная часть, может использоваться для изготовления чайных напитков.

В дальнейших исследованиях оценивали биологическую активность гречишного сырья и

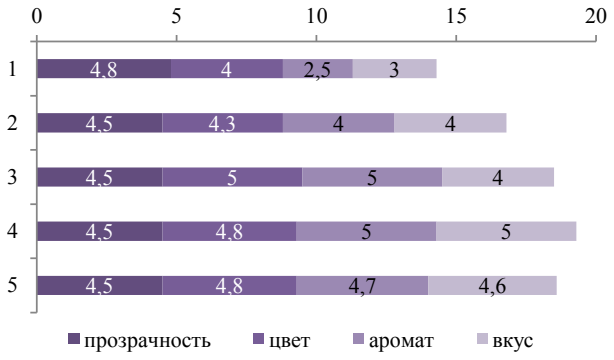


Рисунок 1. Органолептическая оценка чайных напитков из разных анатомических частей травы гречихи: 1 – из нижней части стебля; 2 – из верхней части стебля; 3 – из листьев; 4 – из соцветий; 5 – из купажа

Figure 1. Sensory evaluation of tea beverages from different parts of buckwheat grass: 1 – lower stem; 2 – upper stem; 3 – leaves; 4 – flowers; 5 – blend

полученных из него ЧН. С этой целью определяли содержание в них полифенольных соединений и рутина, а также антиоксидантной активности, по показателям которой судили об антирадикальной активности (АРА) и антиоксидантной емкости (АОЕ) гречишных напитков.

Результаты количественного определения суммы ПФ в разных фракциях травы гречихи показали, что меньше всего их было в нижней части стебля, больше всего – в соцветиях и листьях (табл. 1). Другими авторами также было показано, что распределение полифенольных соединений в разных органах растений неравномерно. Российские исследователи установили, что больше всего ПФ было в листьях и соцветиях гречихи, меньше – в стеблях и в корнях [35]. Количественные значения содержания ПФ в листьях цветущих растений гречихи, полученные другими авторами, в 5–10 раз отличаются между собой. В зависимости от сорта гречихи они варьируют от 1408–1953 до 117–200 мг/г сухого вещества (СВ) [26, 36]. Такие различия могут быть связаны с разными методами экстракции и количественного определения ПФ. Также имеет значение фаза развития растения. В работе D. Zielińska с соавторами сообщалось, что образцы травы гречихи посевной, собранные с разницей в 7 дней (в начале цветения и в период массового цветения и начала формирования плодов), существенно отличались по содержанию в них полифенольных соединений [30].

Таким образом, в литературе имеются сведения о содержании ПФ, в том числе рутина, в траве гречихи. Но работы, в которых представлены данные о нахождении этих веществ не только в сырье, но и в полученных из нее продуктах, единичны [26, 37].

Далее определили уровень ПФ в чайных напитках, приготовленных из разных частей травы гречихи (табл. 1). Результаты показали, что содержание полифенольных соединений в них было существенно ниже по сравнению с исходным сырьем. Из верхней части растения (листья, соцветия, стебель верх, купаж) экстрагировалось примерно 30 % ПФ сырья, из нижней части стебля – около 40 %. Отличия в экстрагируемости разных фракций травянистого сырья могут быть связаны с различным компонентным составом ПФ и степенью их растворимости. Более высокие значения экстрагируемости ПФ соединений из гречишного сырья при получении настоев были получены K. Dziadek с соавторами [26].

Рутин является основным компонентом ПФ гречихи посевной, который содержится во всех органах этого растения, но в разной концентрации. Результаты хроматографического определения количественного содержания рутина показали, что меньше всего его было в нижней части стебля, существенно больше – в листьях, соцветиях и купаже (табл. 2).

Схожие результаты были получены D. Zielinska с соавторами [30]. Они установили, что, в зависимости от фазы цветения (начало цветения и обильное цветение с началом формирования плодов), в стебле гречихи посевной рутина было 0,422 и 0,763 %, листьях – 5,117 и 8,237 %, соцветиях – 7,285 и 7,761 % соответственно. Исследование J. Bystrická с соавторами, проведенное на шести сортах гречихи посевной, выявило существенные различия в содержании рутина в стебле (от 0,526 до 0, 806 %) и листьях (от 2,596 до 3,790 %) в зависимости от сорта [29]. В работе S. Drazic и др. содержание рутина в листьях гречихи обыкновенной, выращенной в четырех регионах Сербии, отличающихся агроклиматическими условиями, варьировалось от 1,6 до 3,95 % [31]. О крайне низком уровне рутина в листьях шести сортов гречихи сообщали K. Dziadek с соавторами [26].

Анализ полученных результатов и данных других авторов показал, что наибольшее количество рутина накапливается в листьях и соцветиях, оно может быть выше более чем в 10 раз по сравнению со стеблем. Содержание рутина в надземной массе гречихи зависит от многих факторов: генотипа и

Таблица 1. Содержание полифенолов в траве гречихи и чайных напитков

Table 1. Content of polyphenols in buckwheat and tea samples

№	Образцы	Содержание полифенолов, % СВ	
		Трава гречихи	Чайные напитки
1	Стебель низ	1,32 ± 0,09	0,57 ± 0,01
2	Стебель верх	1,92 ± 0,13	0,650 ± 0,002
3	Листья	5,71 ± 0,30	1,78 ± 0,01
4	Соцветия	6,67 ± 0,11	1,780 ± 0,003
5	Купаж	5,45 ± 0,49	1,24 ± 0,01

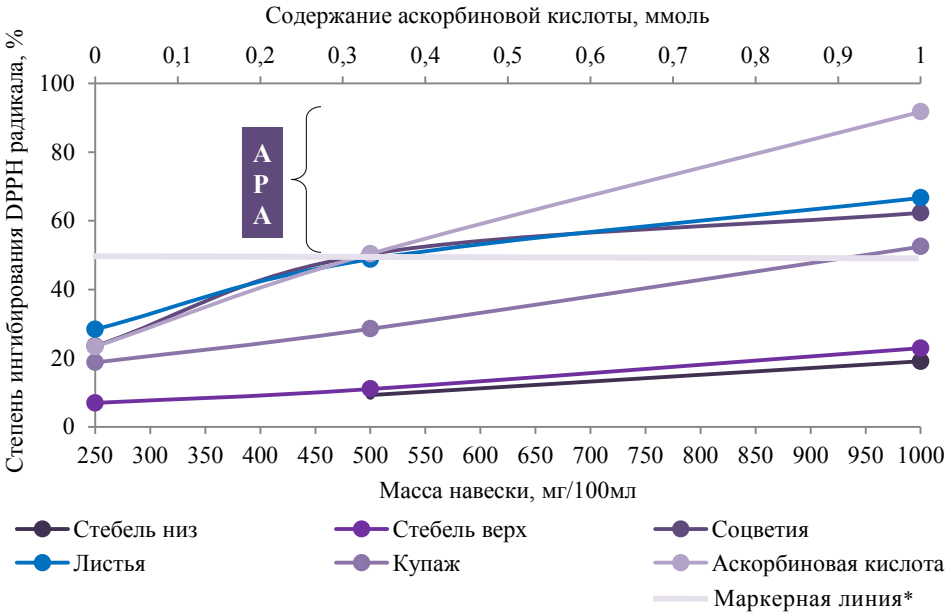
Таблица 2. Содержание рутина в траве гречихи и чайных напитков

Table 2. Content of rutin in buckwheat and tea samples

№	Образцы	Содержание рутина		
		Трава гречихи, % СВ	Чайные напитки, мг/100 мл	Доля от СНП**, %
1	Стебель низ	0,76 ± 0,06	1,7 ± 0,1*	10
2	Стебель верх	1,08 ± 0,16	2,4 ± 0,1*	15
3	Листья	5,05 ± 0,02	11,2 ± 0,1*	75
4	Соцветия	3,08 ± 0,05	6,80 ± 0,01*	45
5	Купаж	3,43 ± 0,25	7,6 ± 0,3	51

* – содержание рутина, определенное расчетным путем;
** – суточная норма потребления.

* – calculated rutin;
** – daily intake.



* – точки пересечения маркерной линии с кривыми АОА образцов ЧН соответствуют концентрации сырья, при которой происходит улавливание 50 % DPPH радикала, что свидетельствует об их АРА

Рисунок 2. Антиоксидантная активность гречишных чайных напитков

Figure 2. Antioxidant activity of buckwheat tea beverages

фазы развития растений, местности произрастания, агроклиматических условий и др.

Знание о точном содержании в готовых пищевых продуктах тех или иных биологически активных веществ, особенно функциональных пищевых ингредиентов, имеет важнейшее значение в питании. Поскольку при технологической обработке сырья часть биологически активных соединений может разрушаться и в готовом продукте их уровень может быть существенно ниже, чем в исходном сырье, определили содержание рутина в чайных напитках из травы гречихи (табл. 2). Доля рутина, экстрагируемого в процессе приготовления ЧН из купажа травы гречихи, составляла не более 24 % от его содержания в сырье. Для других образцов установили это значение расчетным путем. Низкий уровень рутина в чайных напитках, по сравнению с сырьем, связан с его различной экстрагируемостью в воде и водно-спиртовых смесях, а также с разной степенью измельчения травы для аналитических целей и изготовления чайных напитков.

Согласно МР 2.3.1.1915-04 суточная норма потребления рутина составляет 30 мг. Одна чашка ЧН из травы гречихи (200 мл) обеспечивает, в зависимости от вида гречишного сырья, от 10 до 75 % суточной потребности организма в этом соединении (табл. 2). Следовательно, чайные напитки, приготовленные из листьев, соцветий, верхней части стебля и купажа, могут быть отнесены к функциональным пищевым продуктам.

Поскольку для полифенольных соединений, в том числе рутина, характерна высокая антиоксидантная активность, то определили значение этого показателя в ЧН (табл. 3, рис. 2). Результаты оценивали как процент ингибирования DPPH радикала и как АОЕ при сравнении этого показателя со значениями, полученными для АК. Также определили АРА образцов (EC_{50}). Антирадикальную активность выражали через массу травы гречихи, использованную для приготовления 100 мл ЧН, при которой ингибировалось не менее 50 % свободных радикалов DPPH. Результаты показали, что наименьшая АОА была характерна для ЧН из нижней и верхней частей стебля, наибольшая – для ЧН из листьев и соцветий. Значения АОА чайных напитков, полученных из разных частей травы гречихи, согласовывались с данными по содержанию ПФ. Антирадикальная активность была отмечена только для образцов ЧН из листьев, соцветий и купажа. Использование аскорбиновой кислоты в качестве положительного контроля позволило выразить антиоксидантную активность ЧН через концентрацию этого природного антиоксиданта (табл. 3). В работах других авторов также выявлена высокая АОА листьев и соцветий по сравнению со стеблем [30]. Использование исследователями разных методов определения АОА

Таблица 3. Антиоксидантная, антирадикальная активность и антиоксидантная емкость гречишных чайных напитков

Table 3. Antioxidant activity, antiradical activity and antioxidant capacity of buckwheat tea samples

№	Образцы ЧН	АОА, %	E_{C50}, мг/100 мл	АОЕ, мкмоль АК/г СВ
1	Стебель низ	19,1 ± 0,4	–*	следы
2	Стебель верх	22,9 ± 0,3	–*	следы
3	Листья	66,7 ± 0,2	530	69
4	Соцветия	62,3 ± 0,3	500	64
5	Купаж	52,5 ± 1,4	950	52

* – не достигает.

* – below.

и соединений в качестве положительного контроля не позволяет сравнить между собой абсолютные значения этого показателя, представленные в ранее опубликованных работах [29–31].

Для установления связи между полученными значениями содержания полифенольных соединений, рутина и АОА чайных напитков провели корреляционный анализ этих показателей. Наиболее высокий коэффициент корреляции был получен для ПФ и АОА – 0,984. Для ПФ и рутина он составил 0,895, для рутина и АОА – 0,942. Эти данные свидетельствуют о том, что вклад в проявление АОА вносит не только рутин, но и другие соединения. Среди фенольных это может быть феруловая кислота, содержание которой в траве гречихи велико [26].

Выводы

В данной работе проведено исследование органолептических и антиоксидантных свойств гречишных травяных чайных напитков, выполнен количественный анализ полифенольных соединений и рутина в гречишном сырье и в полученных из него ЧН. Результаты органолептических исследований показали, что трава гречихи посевной сорта «Изумруд» может являться сырьем для получения ЧН. Наиболее подходят для этого верхушечная часть растения в виде купажа из листьев, соцветий и верхней части стебля, а также отдельно фракции листьев и соцветий. Содержание биологически активных соединений – ПФ и рутина – было выше в листьях, соцветиях и купаже по сравнению с верхней и нижней частями стебля. В чайных напитках экстрагировалось не более 40 % полифенольных соединений и 24 % рутина от их количества в сырье. Этого было достаточно для обеспечения от 15 до 75 % суточной нормы потребления рутина в зависимости от используемого сырья. Для чайных напитков из купажа, листьев и соцветий была установлена антиоксидантная и антирадикальная активность.

Таким образом, гречишные травяные ЧН – натуральный функциональный пищевой продукт, не содержащий кофеина, обладающий приятным вкусом и ароматом без использования дополнительного сырья и ароматизаторов, характеризующийся высокой биологической активностью за счет содержания ПФ, в том числе рутина, и выраженной антиоксидантной и антирадикальной активностью.

Этот продукт может быть особенно интересен потребителям, которые избегают по ряду причин употребление кофеин-содержащих напитков, таких как черный и зеленый чай. К дополнительными преимуществам можно отнести доступность гречишного сырья и минимальные затраты при его заготовке, обработке и хранении.

Критерии авторства

Все авторы в равной степени участвовали в формулировании целей и задач исследования, выполнении экспериментальных работ и обработке результатов, подготовке рукописи к печати.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность заведующему Отделом селекции зерновых культур Приморского научно-исследовательского института сельского хозяйства РАН, д-р биол. наук А. Г. Клыкову, предоставившему для исследования образцы растений гречихи.

Contribution

All the authors set up the goals and objectives, performed the experimental work, processed the results, and wrote the manuscript.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to A.G. Klykov, Dr.Sci.(Bio.), Head of the Department of Selection of Grain Crops of the Primorsky Research Institute of Agriculture of the Russian Academy of Sciences, who provided samples of buckwheat plants for research.

Список литературы

1. Данные ФАО по сбору зерна гречихи в 2019 г. URL: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (дата обращения: 30.04.2021).

2. Physicochemical and functional properties of buckwheat protein product / H. Tomotake [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2002. Vol. 50. № 7. P. 2125–2129. https://doi.org/10.1021/jf011248q.

3. Krkoskova B., Mrazova Z. Prophylactic components of buckwheat // Food Research International. 2005. Vol. 38. № 5. P. 561–568. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.11.009.

4. Giménez-Bastida J. A., Zieliński H. Buckwheat as a functional food and its effects on health // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2015. Vol. 63. № 36. P. 7896–7913. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02498.

5. Phytochemicals and biofunctional properties of buckwheat: A review / A. Ahmed [et al.] // Journal of Agricultural Science. 2014. Vol. 152. № 3. P. 349–369. https://doi.org/10.1017/S0021859613000166.

6. Arendt E., Bello F. D. Gluten-free cereal products and beverages. Amsterdam: Academic Press, 2008. 464 p.

7. Ikeda K. Buckwheat composition, chemistry, and processing // Advances in Food and Nutrition Research. 2002. Vol. 44. P. 395–434. https://doi.org/10.1016/s1043-4526(02)44008-9.

8. Kayashita J., Shimaoka I., Akajyoh M. Hypocholesterolemic effect of buckwheat protein extract in rats fed cholesterol-enriched diets // Nutrition Research. 1995. Vol. 15. № 5. P. 691–698. https://doi.org/10.1016/0271-5317(95)00036-I.

9. Tomotake H., Kayashita J., Kato N. Hypolipidemic activity of common (*Fagopyrum esculentum* Moench) and tartary (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) buckwheat // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2015. Vol. 95. № 10. P. 1963–1970. https://doi.org/10.1002/jsfa.6981.

10. A buckwheat protein product suppresses 1,2-dimethylhydrazine-induced colon carcinogenesis in rats by reducing cell proliferation / Z. Liu [et al.] // Journal of Nutrition. 2001. Vol. 131. № 6. P. 1850–1853. https://doi.org/10.1093/jn/131.6.1850.

11. Sharma A., Yadav B. S. Resistant starch: Physiological roles and food applications // Food Reviews International. 2008. Vol. 24. № 2. P. 193–234. https://doi.org/10.1080/87559120801926237.

12. Nutritional composition and flavonoids content of flour from different buckwheat cultivars / P. Qin [et al.] // International Journal of Food Science and Technology. 2010. Vol. 45. № 5. P. 951–958. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02231.x.

13. Bonafaccia G., Marocchini M., Kreft I. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat // Food Chemistry. 2003. Vol. 80. № 1. P. 9–15. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00228-5.

14. Nutritional comparison in mineral characteristics between buckwheat and cereals / S. Ikeda [et al.] // Fagopyrum. 2006. Vol. 23. P. 61–65.

15. Wijngaard H. H., Arendt E. K. Buckwheat // Cereal Chemistry. 2006. Vol. 83. № 4. P. 391–401. https://doi.org/10.1094/CC-83-0391.

16. Rutin and flavonoid contents in three buckwheat species *Fagopyrum esculentum*, *F. tataricum*, and *F. homotropicum* and their protective effects against lipid peroxidation / P. Jiang [et al.] // Food Research International. 2007. Vol. 40. № 3. P. 356–364. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.10.009.

17. Kreft M. Buckwheat phenolic metabolites in health and disease // Nutrition Research Reviews. 2016. Vol. 29. № 1. P. 30–39. https://doi.org/10.1017/S0954422415000190.

18. Bioactive compounds in functional buckwheat food / Z.-L. Zhang [et al.] // Food Research International. 2012. Vol. 49. № 1. P. 389–395. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.035.

19. Анисимова М. М., Куркин В. А., Ежков В. Н. Качественный и количественный анализ флавоноидов травы гречихи посевной // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1–8. С. 2011–2014.

20. Анисимова М. М., Куркин В. А., Ежков В. Н. Исследования возможности использования высокоэффективной жидкостной хроматографии для стандартизации сырья гречихи посевной // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 1–4. С. 767–769.

21. Ganeshpurkar A., Saluji A. K. The pharmacological potential of rutin // Saudi Pharmaceutical Journal. 2017. Vol. 25. № 2. P. 149–164. https://doi.org/10.1016/j.jsps.2016.04.025.

22. The antioxidant effects of the flavonoids rutin and quercetin inhibit oxaliplatin-induced chronic painful peripheral neuropathy / M. I. Azevedo [et al.] // Molecular Pain. 2013. Vol. 9. № 1. https://doi.org/10.1186/1744-8069-9-53.

23. Antidepressant-like effect of rutin isolated from the ethanolic extract from *Schinus molle* L. in mice: Evidence for the involvement of the serotonergic and noradrenergic systems / D. G. Machado [et al.] // European Journal of Pharmacology. 2008. Vol. 587. № 1–3. P. 163–168. https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2008.03.021.

24. База данных по фенольным соединениям растений. URL: https://phenol-explorer.eu/ (дата обращения: 30.04.2021).

25. Identification of the 100 richest dietary sources of polyphenols: an application of the Phenol-Explorer database / J. Pérez-Jiménez [et al.] // European Journal of Clinical Nutrition. 2010. Vol. 64. P. S112–S120. https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.221.

26. Identification of polyphenolic compounds and determination of antioxidant activity in extracts and infusions of buckwheat leaves / K. Dziadek [et al.] // European Food Research and Technology. 2018. Vol. 244. № 2. P. 333–343. https://doi.org/10.1007/s00217-017-2959-2.

27. Vachirapatama N., Chamnankid B., Kachonpadungkitti Y. Determination of rutin in buckwheat tea and Fagopyrum tataricum seeds by high performance liquid chromatography and capillary electrophoresis // Journal of Food and Drug Analysis. 2011. Vol. 19. № 4. P. 463–469. https://doi.org/10.38212/2224-6614.2214.

28. Physicochemical properties and antioxidant activity of Doshab (a traditional concentrated grape juice) / J. Aliakbarlu [et al.] // International Food Research Journal. 2014. Vol. 21. № 1. P. 367–371.

29. Bioactive compounds in different plant parts of various buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) cultivars / J. Bystricka [et al.] // Cereal Research Communications. 2011. Vol. 39. № 3. P. 436–444. https://doi.org/10.1556/CRC.39.2011.3.13.

30. Evaluation of flavonoid contents and antioxidant capacity of the aerial parts of common and tartary buckwheat plants / D. Zielińska [et al.] // Molecules. 2012. Vol. 17. № 8. P. 9668–9682. https://doi.org/10.3390/molecules17089668.

31. Effect of environment of the rutin content in leaves of *Fagopyrum esculentum* Moench / S. Drazic [et al.] // Plant, Soil and Environment. 2016. Vol. 62. № 6. P. 261–265. https://doi.org/10.17221/233/2016-PSE.

32. Kreft I., Fabjan N., Yasumoto K. Rutin content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) food materials and products // Food Chemistry. 2006. Vol. 98. № 3. P. 508–512. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.081.

33. Borovaya S. A., Klykov A. G. Some aspects of flavonoid biosynthesis and accumulation in buckwheat plants // Plant Biotechnology Reports. 2020. Vol. 14. № 2. P. 213–225. https://doi.org/10.1007/s11816-020-00614-9.

34. Breeding buckwheat for increased levels of rutin, quercetin and other bioactive compounds with potential antiviral effects / Z. Luthar [et al.] // Plants. 2020. Vol. 9. № 12. https://doi.org/10.3390/plants9121638.

35. Клыков А. Г., Моисеенко Л. М., Горовой П. Г. Биологические ресурсы видов рода Гречиха (Fagopyrum Mill.) на российском Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука, 2018. 302 с.

36. Полехина Н. Н., Павловская Н. Е. Динамика накопления биохимических соединений антиоксидантного действия в разных органах гречихи в процессе онтогенеза // Фундаментальные исследования. 2013. № 10–2. С. 357–361.

37. Rutin content in food products processed from groats, leaves, and flowers of buckwheat / C. H. Park [et al.] // Fagopyrum. 2000. Vol. 17. P. 63–66.

References

1. Dannye FAO po sboru zerna grechikhi v 2019 g [FAO data on buckwheat grain harvest in 2019] [Internet]. [cited 2021 Apr 30]. Available from: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

2. Tomotake H, Shimaoka I, Kayashita J, Nakajoh M, Kato N. Physicochemical and functional properties of buckwheat protein product. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2002;50(7):2125–2129. https://doi.org/10.1021/jf011248q.

3. Krkoskova B, Mrazova Z. Prophylactic components of buckwheat. Food Research International. 2005;38(5):561–568. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.11.009.

4. Giménez-Bastida JA, Zieliński H. Buckwheat as a functional food and its effects on health. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2015;63(36):7896–7913. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02498.

5. Ahmed A, Khalid N, Ahmad A, Abbasi NA, Latif MSZ, Randhawa MA. Phytochemicals and biofunctional properties of buckwheat: A review. Journal of Agricultural Science. 2014;152(3):349–369. https://doi.org/10.1017/S0021859613000166.

6. Arendt E, Bello FD. Gluten-free cereal products and beverages. Amsterdam: Academic Press; 2008. 464 p.

7. Ikeda K. Buckwheat composition, chemistry, and processing. Advances in Food and Nutrition Research. 2002;44:395–434. https://doi.org/10.1016/s1043-4526(02)44008-9.

8. Kayashita J, Shimaoka I, Akajyoh M. Hypocholesterolemic effect of buckwheat protein extract in rats fed cholesterol-enriched diets. Nutrition Research. 1995;15(5):691–698. https://doi.org/10.1016/0271-5317(95)00036-I.

9. Tomotake H, Kayashita J, Kato N. Hypolipidemic activity of common (*Fagopyrum esculentum* Moench) and tartary (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) buckwheat. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2015;95(10):1963–1970. https://doi.org/10.1002/jsfa.6981.

10. Liu Z, Ishikawa W, Huang X, Tomotake H, Kayashita J, Watanabe H, et al. A buckwheat protein product suppresses 1,2-dimethylhydrazine-induced colon carcinogenesis in rats by reducing cell proliferation. Journal of Nutrition. 2001;131(6):1850–1853. https://doi.org/10.1093/jn/131.6.1850.

11. Sharma A, Yadav BS. Resistant starch: Physiological roles and food applications. Food Reviews International. 2008;24(2):193–234. https://doi.org/10.1080/87559120801926237.

12. Qin P, Wang Q, Shan F, Hou Z, Ren G. Nutritional composition and flavonoids content of flour from different buckwheat cultivars. International Journal of Food Science and Technology. 2010;45(5):951–958. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02231.x.

13. Bonafaccia G, Marocchini M, Kreft I. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. Food Chemistry. 2003;80(1):9–15. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00228-5.

14. Ikeda S, Yamashita Y, Tomura K, Kreft I. Nutritional comparison in mineral characteristics between buckwheat and cereals. Fagopyrum. 2006;23:61–65.

15. Wijngaard HH, Arendt EK. Buckwheat. Cereal Chemistry. 2006;83(4):391–401. https://doi.org/10.1094/CC-83-0391.

16. Jiang P, Burczynski F, Campbell C, Pierce G, Austria JA, Briggs CJ. Rutin and flavonoid contents in three buckwheat species *Fagopyrum esculentum*, *F. tataricum*, and *F. homotropicum* and their protective effects against lipid peroxidation. Food Research International. 2007;40(3):356–364. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.10.009.

17. Kreft M. Buckwheat phenolic metabolites in health and disease. Nutrition Research Reviews. 2016;29(1):30–39. https://doi.org/10.1017/S0954422415000190.

18. Zhang Z-L, Zhou M-L, Tang Y, Li F-L, Tang Y-X, Shao J-R, et al. Bioactive compounds in functional buckwheat food. Food Research International. 2012;49(1):389–395. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.035.

19. Anisimova MM, Kurkin VA, Ezhkov VN. Qualitative and quantitative analysis of flavonoids in buckwheet sowing grass. Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2010;12(1–8):2011–2014. (In Russ.).

20. Anisimova MM, Kurkin VA, Ryzhov VM. Research the possibility of using high effective liquid chromatography for standardization of *Fagopyrum sagittatum* herbs raw materials. Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2011;13(1–4):767–769. (In Russ.).

21. Ganeshpurkar A, Saluji AK. The pharmacological potential of rutin. Saudi Pharmaceutical Journal. 2017;25(2):149–164. https://doi.org/10.1016/j.jsps.2016.04.025.

22. Azevedo MI, Pereira AF, Nogueira RB, Rolim FE, Brito GAC, Wong DVT. The antioxidant effects of the flavonoids rutin and quercetin inhibit oxaliplatin-induced chronic painful peripheral neuropathy. Molecular Pain. 2013;9(1). https://doi.org/10.1186/1744-8069-9-53.

23. Machado DG, Bettio LEB, Cunha MP, Santos ARS, Pizzolatti MG, Brighente IMC, et al. Antidepressant-like effect of rutin isolated from the ethanolic extract from *Schinus molle* L. in mice: Evidence for the involvement of the serotonergic and noradrenergic systems. European Journal of Pharmacology. 2008;587(1–3):163–168. https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2008.03.021.

24. Baza dannykh po fenolʹnym soedineniyam rasteniy [Database on phenolic compounds of plants] [Internet]. [cited 2021 Apr 30]. Available from: https://phenol-explorer.eu/.

25. Pérez-Jiménez J, Neveu V, Vos F, Scalbert A. Identification of the 100 richest dietary sources of polyphenols: an application of the Phenol-Explorer database. European Journal of Clinical Nutrition. 2010;64:S112–S120. https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.221.

26. Dziadek K, Kopec A, Piatkowska E, Leszczynska T, Pisulewska E, Witkowicz R, et al. Identification of polyphenolic compounds and determination of antioxidant activity in extracts and infusions of buckwheat leaves. European Food Research and Technology. 2018;244(2):333–343. https://doi.org/10.1007/s00217-017-2959-2.

27. Vachirapatama N, Chamnankid B, Kachonpadungkitti Y. Determination of rutin in buckwheat tea and Fagopyrum tataricum seeds by high performance liquid chromatography and capillary electrophoresis. Journal of Food and Drug Analysis. 2011;19(4):463–469. https://doi.org/10.38212/2224-6614.2214.

28. Aliakbarlu J, Khalili S, Mohammadi S, Naghili H. Physicochemical properties and antioxidant activity of Doshab (a traditional concentrated grape juice). International Food Research Journal. 2014;21(1):367–371.

29. Bystricka J, Vollmannova A, Kupecsek A, Musilova J, Polakova Z, Cicova I, et al. Bioactive compounds in different plant parts of various buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) cultivars. Cereal Research Communications. 2011;39(3):436–444. https://doi.org/10.1556/CRC.39.2011.3.13.

30. Zielińska D, Turemko M, Kwiatkowski J, Zielinski H. Evaluation of flavonoid contents and antioxidant capacity of the aerial parts of common and tartary buckwheat plants. Molecules. 2012;17(8):9668–9682. https://doi.org/10.3390/molecules17089668.

31. Drazic S, Glamoclija D, Ristic M, Dolijanovic Z, Drazic M, Pavlovic S, et al. Effect of environment of the rutin content in leaves of *Fagopyrum esculentum* Moench. Plant, Soil and Environment. 2016;62(6):261–265. https://doi.org/10.17221/233/2016-PSE.

32. Kreft I, Fabjan N, Yasumoto K. Rutin content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) food materials and products. Food Chemistry. 2006;98(3):508–512. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.081.

33. Borovaya SA, Klykov AG. Some aspects of flavonoid biosynthesis and accumulation in buckwheat plants. Plant Biotechnology Reports. 2020;14(2):213–225. https://doi.org/10.1007/s11816-020-00614-9.

34. Luthar Z, Germ M, Likar M, Golob A, Vogel-Mikus K, et al. Breeding buckwheat for increased levels of rutin, quercetin and other bioactive compounds with potential antiviral effects. Plants. 2020;9(12). https://doi.org/10.3390/plants9121638.

35. Klykov AG, Moiseenko LM, Gorovoy PG. Biological resources of species of the genus Fagopyrum Mill. (buckwheat) in the Russian Far East. Vladivostok: Dalʹnauka; 2018. 302 p. (In Russ.).

36. Polehina NN, Pavlovskaya NE. Dynamics of accumulation of biochemical compounds antioxidant action in different organs of buckwheat during ontogeny. Fundamental research. 2013;(10–2):357–361. (In Russ.).

37. Park CH, Kim YB, Choi YS, Heo K, Kim SL, Lee KC, et al. Rutin content in food products processed from groats, leaves, and flowers of buckwheat. Fagopyrum. 2000;17:63–66.