



ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 663.958.8

DOI: 10.36718/1819-4036-2021-5-180-186

Мария Олеговна Карпова

Самарский государственный технический университет, лаборант кафедры технологии и организации общественного питания, Самара, Россия

E-mail: karpova-mana@mail.ru

Надежда Викторовна Макарова

Самарский государственный технический университет, заведующая кафедрой технологии и организации общественного питания, доктор химических наук, профессор, Самара, Россия

E-mail: makarovannv1969ya.ru

Дмитрий Валерьевич Будылин

Самарский государственный технический университет, аспирант кафедры технологии и организации общественного питания, Самара, Россия

E-mail: chief.budylin2013@yandex.ru

Динара Фанисовна Игнатова

Самарский государственный технический университет, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, кандидат технических наук, Самара, Россия

E-mail: dinara-bakieva@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРАКТОВ ЧЕРНОГО И ЗЕЛЕННОГО ЧАЯ С АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТЬЮ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ИСХОДНОГО СЫРЬЯ НА ИЗВЛЕЧЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ ВЕЩЕСТВ

Цель исследования – подбор степени измельчения для черного и зеленого чая, обеспечивающей наиболее высокие показатели содержания фенолов, флавоноидов, танинов, антирадикальной активности по методу DPPH и восстанавливающей силы по методу FRAP. Задачи исследования – получение сырья со степенью измельчения 0,5; 1,0; 1,6 мм; получение экстрактов черного и зеленого чая с использованием воды; определение фенольных веществ, флавоноидов, танинов, антирадикальной активности по методу DPPH, восстанавливающей силы по методу FRAP в экстрактах черного и зеленого чая со степенью измельчения 0,5; 1,0; 1,6 мм; определение степени измельчения, при использовании которой извлекается наибольшее количество антиоксидантных веществ. Объектами исследования выступали экстракты черного и зеленого чая, полученные с использованием одного вида растворителя – воды и тремя степенями измельчения: 0,5; 1,0; 1,6 мм. Определена степень измельчения листьев черного и зеленого чая, позволяющая максимально полно экстрагировать антиоксидантные вещества из черного и зеленого чая. Максимальное количество фенольных веществ (784 и 1324 мг (ГК)/100 г), флавоноидов (437 и 651 мг (К)/100 г), танинов (98,2 и 119,7 мг катехина/100 г) экстрагировалось из экстрактов черного и зеленого чая при измельчении 0,5 мм. Наибольший показатель восстанавливающей силы был у экстрактов черного и зеленого чая с измельчением 0,5 мм (14,27 и 13,96 ммоль Fe²⁺/кг). При измельчении 0,5 мм экстракты черного и зеленого чая проявляли наименьшую ан-

тирадикальную активность ($Ec_{50} = 3,7 \text{ мг/см}^3$ и $Ec_{50} = 3,3 \text{ мг/см}^3$ соответственно). Рекомендуем измельчение чая 0,5 мм как наиболее подходящее для получения экстрактов из черного и зеленого чая с высоким уровнем изучаемых показателей.

Ключевые слова: антиоксидантная активность, чай черный, чай зеленый, фенолы, флавоноиды, танины, свободные радикалы, растворитель, вода, степень измельчения.

Maria O. Karpova

Samara State Technical University, laboratory assistant of Department of Technology and Catering, Samara, Russia

E-mail: karpova-mana@mail.ru

Nadezhda V. Makarova

Samara State Technical University, head of Department of Technology and Catering, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Samara, Russia

E-mail: makarovnv1969ya.ru

Dmitri V. Budylin

Samara State Technical University, post graduate student of Department of Technology and Catering, Samara, Russia

E-mail: chief.budylin2013@yandex.ru

Dinara F. Ignatova

Samara State Technical University, Associate Professor of Department of Technology and Catering, candidate of technical sciences, Samara, Russia

E-mail: dinara-bakieva@mail.ru

RESEARCH ON THE TECHNOLOGY OF BLACK AND GREEN TEA EXTRACTS WITH ANTIOXIDANT ACTIVITY PRODUCTION: DETERMINATION OF THE EFFECT OF THE DEGREE OF GRINDING OF THE INITIAL RAW MATERIAL ON THE REMOVAL OF ANTIOXIDANT SUBSTANCES

The aim of the study was to select the degree of grinding for black and green tea, providing the highest levels of phenols, flavonoids, tannins, antiradical activity according to the DPPH method and restoring power according to the FRAP method. Research objectives are obtaining raw materials with a grinding degree of 0.5; 1.0; 1.6 mm; obtaining extracts of black and green tea using water; determination of phenolic substances, flavonoids, tannins, antiradical activity by the DPPH method, restoring force by the FRAP method in black and green tea extracts with a grinding degree of 0.5; 1.0; 1.6 mm; determination of the degree of grinding, when using which the largest amount of antioxidant substances is extracted. The objects of the study were black and green tea extracts obtained using one type of solvent - water and three degrees of grinding: 0.5; 1.0; 1.6 mm. The degree of grinding of black and green tea leaves has been determined, which makes it possible to extract antioxidant substances from black and green tea as fully as possible. The maximum amount of phenolic substances (784 and 1324 mg (HA)/100 g), flavonoids (437 and 651 mg (K)/100 g), tannins (98.2 and 119.7 mg catechin / 100 g) were extracted from black and green tea when grinding 0.5 mm. The highest index of restorative power was observed in extracts of black and green tea with a grinding of 0.5 mm (14.27 and 13.96 mmol Fe^{2+} /kg). When milled with 0.5 mm, black and green tea extracts exhibited the least antiradical activity ($Ec_{50} = 3.7 \text{ мг/см}^3$ and $Ec_{50} = 3.3 \text{ мг/см}^3$, respectively). We recommend grinding tea 0.5 mm as the most suitable for obtaining extracts from black and green tea with a high level of the studied indicators.

Keywords: antioxidant activity, black tea, green tea, phenols, flavonoids, tannins, free radicals, solvent, water, degree of grinding.

Введение. Измельчение является широко используемым процессом для уменьшения размера сырья в пищевой промышленности. Высу-

шенные зерна и корни могут разрушаться разными способами, включая сжатие, удар, истирание, растирание и резку [1]. Измельчение ис-

пользуется для увеличения степени извлечения соединений из растений. Действительно, тонкий помол уменьшает размер частиц, сгущает распределение частиц по размерам и увеличивает удельную площадь поверхности, что приводит к улучшению функциональности материала [2].

Известно, что размер оказывает заметное влияние на физико-химические свойства измельченного твердого сырья. Уменьшение размера поверхности ультрадисперсного измельченного твердого сырья вызывает различные изменения, которые приводят к уникальным свойствам сыпучих материалов. До настоящего времени эта технология обработки находила применение в прикладных областях керамики, электротехники, химии и бумаги, а также в фармацевтических компаниях, но мало использовалась в пищевой промышленности. Этот метод может не подходить для многих аспектов из-за ограничений, которые приводят к повреждению активных ингредиентов пищевого сырья [3].

Влияние методов и степени измельчения рассматривается во многих исследованиях [4–8]. Таким образом, на основании данных проанализированных литературных источников можно сделать вывод о решающем влиянии степени измельчения сырья, используемого для экстракции, на выход антиоксидантных веществ.

Чай, известный с древнейших времен, является одним из самых популярных напитков и широко используемой пищевой добавкой в мире. Чайные листья богаты полифенолами, а также хорошо известны своими антиоксидантными свойствами [9]. Химический состав чая включает кроме полифенолов алкалоиды (кофеин и теобромин), аминокислоты (главным образом L-теанин), углеводы, белки, хлорофилл, летучие соединения, минералы (алюминий, марганец и фторид) и другие соединения [10].

Экстракция – это метод отделения определенных компонентов от жидкости или смеси твердых веществ в другой растворитель или фазу. В качестве растворителя при экстракции может использоваться любой растворитель, в том числе и вода. Настои – это фармакологическое или бытовое понятие, тогда как экстракт – это технологическое понятие. Использование воды в качестве растворителя для анализируемых объектов доказывается в предыдущих исследованиях [11].

Цель исследования: подбор степени измельчения для черного и зеленого чая, обеспечивающей наиболее высокие показатели содержания фенолов, флавоноидов, танинов, антирадикальной активности по методу DPPH и восстанавливающей силы по методу FRAP.

Задачи исследования: получение сырья со степенью измельчения 0,5; 1,0; 1,6 мм; получение экстрактов черного и зеленого чая с использованием воды; определение фенольных веществ, флавоноидов, танинов, антирадикальной активности по методу DPPH, восстанавливающей силы – по методу FRAP в экстрактах черного и зеленого чая со степенью измельчения 0,5; 1,0 и 1,6 мм; определение степени измельчения, при использовании которой извлекается наибольшее количество антиоксидантных веществ.

Методы и объекты исследования. В исследовании использовались два вида чая с различными степенями измельчения: 1,6; 1,0 и 0,5 мм. В качестве растворителя для экстракции использовали воду, так как по результатам исследования этот тип растворителя извлекает наибольшее количество антиоксидантных веществ.

Таким образом, на испытания было представлено по 3 образца, в которых определяли показатели: общее содержание фенольных веществ, содержание флавоноидов, танинов, антирадикальную активность – по методу DPPH, восстанавливающую силу – по методу FRAP.

Получение сырья с необходимой степенью измельчения: измельченное сырье просеивали через сито с размером 1,6; 1,0 и 0,5 мм.

Получение экстракта: 2 г исследуемого чая переносили в стеклянную колбу с притертой крышкой и заливали 20 мл растворителя (для каждого растворителя 3 колбы). Экстракция чая продолжалась 2 ч в термостате при температуре 37 °С. Полученный экстракт центрифугировали 15 мин при скорости 5 000 об/мин.

Определение общего содержания фенольных веществ в экстрактах чая проводилось на основе методики [12].

Для определения общего содержания флавоноидов в исследуемых экстрактах чая была взята методика [13].

Определение общего содержания танинов проводилось на основе методики [14].

Определение антирадикальной активности по методу DPPH экстрактов чая проводилось на основе методики [15].

В качестве исходной методики для определения восстанавливающей силы по методу FRAP использовали метод [16].

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты испытаний определения общего содержания фенольных веществ в экстрактах двух видов чая с различной степенью измельчения представлены на рисунке 1.

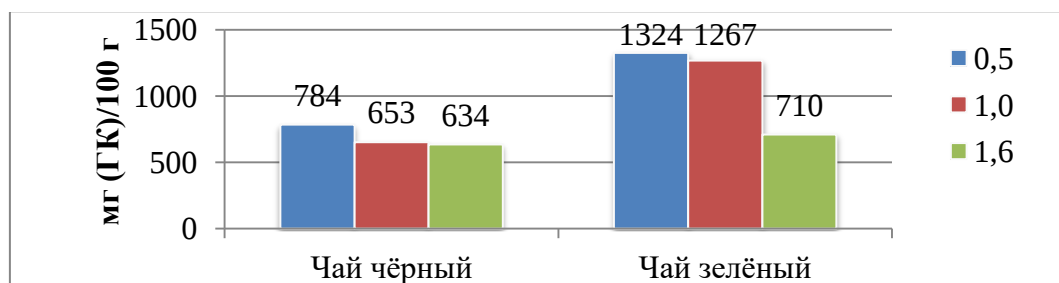


Рис. 1. Результаты исследования общего содержания фенольных веществ в различных экстрактах черного и зеленого чая со степенью измельчения 1,6; 1,0 и 0,5 мм

Максимальное количество фенольных веществ из черного (784 мг (ГК)/100 г) и зеленого (1324 мг (ГК)/100 г) чая возможно экстрагировать при степени измельчения исходного сырья 0,5 мм.

Полученные результаты определения общего содержания флавоноидов в экстрактах черного и зеленого чая со степенью измельчения 1,6; 1,0 и 0,5 мм представлены на рисунке 2.

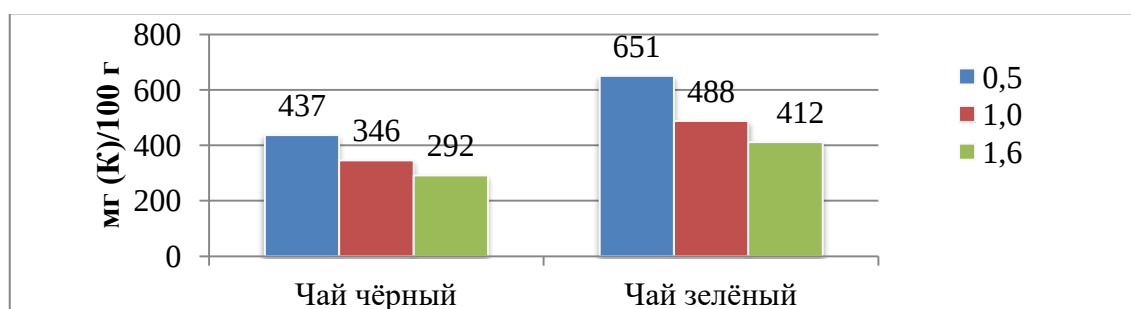


Рис. 2. Результаты исследования общего содержания флавоноидов в различных экстрактах черного и зеленого чая со степенью измельчения 1,6; 1,0 и 0,5 мм

При степени измельчения, равной 0,5 мм, как из черного (437 мг (К)/100 г), так и из зеленого (651 мг (К)/100 г) чая извлекается большее количество флавоноидов.

Результаты испытаний определения содержания танинов в экстрактах 2 видов чая со степенью измельчения 1,6; 1,0 и 0,5 мм представлены на рисунке 3.

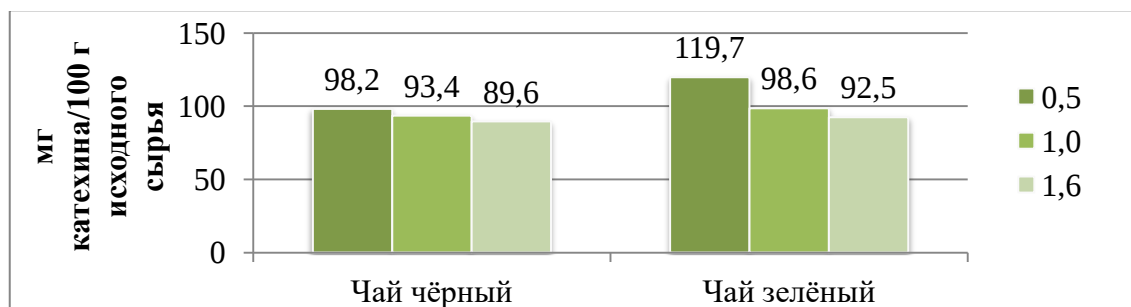


Рис. 3. Результаты исследования содержания танинов в различных экстрактах черного и зеленого чая со степенью измельчения 1,6; 1,0 и 0,5 мм

Из экстрактов черного (98,2 мг катехина/100 г исходного сырья) и зеленого (119,7 мг катехина/100 г исходного сырья) чая со степенью измельчения 0,5 мм извлекается наибольшее количество танинов.

Результаты испытаний антирадикальной активности экстрактов черного и зеленого чая со степенью измельчения 1,6; 1,0 и 0,5 мм представлены на рисунке 4.

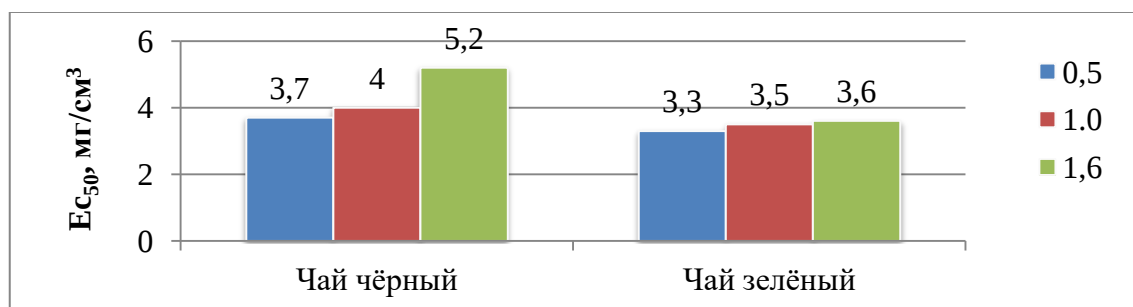


Рис. 4. Результаты исследования антирадикальной активности по методу DPPH в различных экстрактах черного и зеленого чая со степенью измельчения 1,6; 1,0 и 0,5 мм

По результатам исследования можно отметить, что наименьшие показатели по улавливанию свободного радикала 2,2-дифенил-1-пикрил-гидразила наблюдаются при степени измельчения 0,5 мм как для черного ($EC_{50} = 3,7$ мг/см³), так и для зеленого ($EC_{50} = 3,3$ мг/см³) чая.

Результаты испытаний определения значения восстанавливающей силы в экстрактах двух видов чая с различной степенью измельчения представлены на рисунке 5.

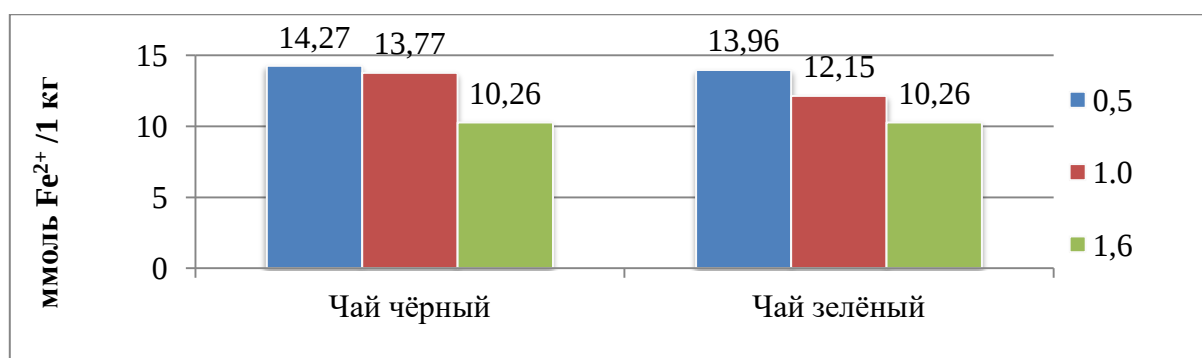


Рис. 5. Результаты исследования восстанавливающей силы по методу FRAP в различных экстрактах черного и зеленого чая со степенью измельчения 1,6; 1,0 и 0,5 мм

Для увеличения показателя восстанавливающей силы у черного (14,27 ммоль Fe²⁺/кг) и зеленого (13,96 ммоль Fe²⁺/кг) чая можно рекомендовать использовать степень измельчения 0,5 мм.

Выводы. Высокие значения содержания фенольных веществ, флавоноидов, танинов, восстанавливающей силы FRAP и наименьшая антирадикальная активность обнаружены в экс-

трактах черного и зеленого чая со степенью измельчения частиц 0,5 мм.

Литература

1. Moon J.H., Yoon W.B. Effect of moisture content and particle size on grinding kinetics and flowability of balloon flower (*Platycodon grandiflorum*) // Food Sci.Biotechnol.2017. Vol. 27. P. 641–650.

2. Barnwal P., Singh K.K., Sharma A., Choudhary A.K., Saxena S.N. Influence of pin and hammer mill on grinding characteristics, thermal and antioxidant properties of coriander powder // J. Food Sci. Technol. 2015. Vol. P. 7783–7794.
3. Jiang L., Xu Q.X., Qiao M., Ma F.F., Thakur K., Wei Z.J. Effect of superfine grinding on properties of *Vaccinium bracteatum* Thunb leaves powder. // Food Sci. Biotechnol. 2017. Vol. 26. P. 1571–1578.
4. Liu Y., Wang L., Liu F., Pan S. Effect of grinding methods on structural, physicochemical, and functional properties of insoluble dietary fiber from orange peel // Int. J. Polym. Sci. 2016. Vol. 2016. P. 1–7.
5. Sutejo A., Mardjan S.S., Hermawan W. Design and performance of tea shoots chopper: optimization of stems and leaves separation // Int. J. Sci. Technology Research. 2018. Vol. 7. P. 21–25.
6. Chen Q.M., Fu M.R., Yue F.L., Cheng Y.Y. Effect of superfine grinding on physicochemical properties, antioxidant activity and phenolic content of red rice (*Oryza sativa* L.) // Food Nutr. Sci. 2015. Vol. 6. P. 1277–1284.
7. Yuwono S.S., Faustina D.R. Effect of withering time and chopping size on properties of pucukmerah (*Syzygiumoleana*) herbal tea // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2019. Vol. 230. P. 1–7.
8. Li C., Liu Y., Feng H., Ma S. Effect of superfine grinding on the physicochemical properties of bulbs of *Fritillaria unibracteata* Hsiao et K.C. Hsia powder // Food SciNutr. 2019. Vol. 7. P. 3527–3537.
9. Ponmurugan P., Kavitha S., Suganya M., Gnanamangai B.M. Tea polyphenols chemistry for pharmaceutical applications // Tea – Chemistry and Pharmacology. 2019. Vol. 1. P. 1–15.
10. Fernando C.D., Soysa P. Extraction Kinetics of phytochemicals and antioxidant activity during black tea (*Camellia sinensis* L.) brewing // Nutr. J. 2015. Vol. 14. P. 1–7.
11. Карпова М.О., Макарова Н.В., Игнатова Д.Ф. и др. Определение типа растворителя в технологии производства экстрактов чая с антиоксидантной активностью // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82, № 4. С. 169–178. DOI: 10.20914/2310-1202-2020-4-169-178.
12. Molina Cortés A., Sánchez Motta T., Tobar Tosse F., Quimbaya M. Spectrophotometric estimation of total phenolic content and antioxidant capacity of molasses and vinasses generated from the sugarcane industry // Waste and Biomass Valorization. 2019. Vol. 1. P. 1–11.
13. Silva L., Pezzini B.R., Soares L. Spectrophotometric determination of the total flavonoid content in *Ocimum basilicum* L. (*Lamiaceae*) leaves // Pharmacogn Mag. 2015. Vol. 11. P. 96–101.
14. Rebaya A., Belghith S.I., Baghdikian B., Leddet V.M. Phenolic, total flavonoid, tannin content, and antioxidant capacity of *Halimium halimifolium* (*Cistaceae*) // J. App. Pharm. Sci. 2015. Vol. 5. P. 52–57.
15. Johari M.A., Khong H.Y. Total phenolic content and antioxidant and antibacterial activities of *Pereskia bleo* // Adv. Pharmacol. Sci. 2019. Vol. 2019. P. 1–4.
16. Rubio C.P., Hernández-Ruiz J., Martínez-Subiela S., Tvarijonaviciute A., Ceron J.J. Spectrophotometric assays for total antioxidant capacity (TAC) in dog serum: an update // BMC Vet Res. 2016. Vol. 12. P. 1–7.

Литература

1. Moon J.H., Yoon W.B. Effect of moisture content and particle size on grinding kinetics and flowability of balloon flower (*Platycodon grandiflorum*) // Food Sci.Biotechnol. 2017. Vol. 27. P. 641–650.
2. Barnwal P., Singh K.K., Sharma A., Choudhary A.K., Saxena S.N. Influence of pin and hammer mill on grinding characteristics, thermal and antioxidant properties of coriander powder // J. Food Sci. Technol. 2015. Vol. P. 7783–7794.
3. Jiang L., Xu Q.X., Qiao M., Ma F.F., Thakur K., Wei Z.J. Effect of superfine grinding on properties of *Vaccinium bracteatum* Thunb leaves powder. // Food Sci. Biotechnol. 2017. Vol. 26. P. 1571–1578.
4. Liu Y., Wang L., Liu F., Pan S. Effect of grinding methods on structural, physicochemical, and functional properties of insoluble dietary

- fiber from orange peel // Int. J. Polym. Sci. 2016. Vol. 2016. P. 1–7.
5. Sutejo A., Mardjan S.S., Hermawan W. Design and performance of tea shoots chopper: optimization of stems and leaves separation // Int. J. Sci. Technology Research. 2018. Vol. 7. P. 21–25.
 6. Chen Q.M., Fu M.R., Yue F.L., Cheng Y.Y. Effect of superfine grinding on physicochemical properties, antioxidant activity and phenolic content of red rice (*Oryza sativa* L.) // Food Nutr. Sci. 2015. Vol. 6. P. 1277–1284.
 7. Yuwono S.S., Faustina D.R. Effect of withering time and chopping size on properties of pucukmerah (*Syzygiumoleana*) herbal tea // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2019. Vol. 230. P. 1–7.
 8. Li C., Liu Y., Feng H., Ma S. Effect of superfine grinding on the physicochemical properties of bulbs of *Fritillaria unibracteata* Hsiao et K.C. Hsia powder // Food Sci Nutr. 2019. Vol. 7. P. 3527–3537.
 9. Ponmurugan P., Kavitha S., Suganya M., Gnanamangai B.M. Tea polyphenols chemistry for pharmaceutical applications // Tea – Chemistry and Pharmacology. 2019. Vol. 1. P. 1–15.
 10. Fernando C.D., Soysa P. Extraction Kinetics of phytochemicals and antioxidant activity during black tea (*Camellia sinensis* L.) brewing // Nutr. J. 2015. Vol. 14. P. 1–7.
 11. Karpova M.O., Makarova N.V., Ignatova D.F. I dr. Opredelenie tipa rastvoritelya v tehnologii proizvodstva e`kstraktov chaya s antioksidantnoy aktivnost'yu // Vestnik VGUIT. 2020. T. 82, № 4. S. 169–178. DOI: 10.20914/2310-1202-2020-4-169-178.
 12. Molina Cortés A., Sánchez Motta T., Tobar Tosse F., Quimbaya M. Spectrophotometric estimation of total phenolic content and antioxidant capacity of molasses and vinasses generated from the sugarcane industry // Waste and Biomass Valorization. 2019. Vol. 1. P. 1–11.
 13. Silva L., Pezzini B.R., Soares L. Spectrophotometric determination of the total flavonoid content in *Ocimum basilicum* L. (*Lamiaceae*) leaves // Pharmacogn Mag. 2015. Vol. 11. P. 96–101.
 14. Rebaya A., Belghith S.I., Baghdikian B., Leddet V.M. Phenolic, total flavonoid, tannin content, and antioxidant capacity of *Halimium halimifolium* (*Cistaceae*) // J. App. Pharm. Sci. 2015. Vol. 5. P. 52–57.
 15. Johari M.A., Khong H.Y. Total phenolic content and antioxidant and antibacterial activities of *Pereskia bleo* // Adv. Pharmacol. Sci. 2019. Vol. 2019. P. 1–4.
 16. Rubio C.P., Hernández-Ruiz J., Martínez-Subiela S., Tvarijonaviciute A., Ceron J.J. Spectrophotometric assays for total antioxidant capacity (TAC) in dog serum: an update // BMC Vet Res. 2016. Vol. 12. P. 1–7.

