

УДК 633.72:581.1

**ВЛИЯНИЕ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ
ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ КОФЕИНА В ЧАЕ****Н. Б. Платонова, В. Н. Бехтерев, О. Г. Белоус***Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский
центр «Субтропический научный центр Российской академии наук»*

Поступила в редакцию 23.07.2020 г.

Аннотация. В статье представлена информация о содержании кофеина, алкалоида пуринового ряда, в чайном сырье (3-лиственная флеш) и готовом чае различных сортов и форм. Исследования ведутся с 2016 года на базе лаборатории физиологии и биохимии растений Федерального исследовательского центра «Субтропический научный центр Российской академии наук». Объектами являются сорта Колхида (контроль) и Сочи, формы №№ 855, 582, 2264 и 3823. Определение кофеина проводили методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) в модификации Бехтерева В.Н. Показаны сезонные изменения кофеина, установлено влияние на его содержание и динамику сортовых особенностей, характеристик вегетационного периода, климатических условий года и переработки. Данный процесс является общим для всех сортов и форм. Результаты исследования выражены в виде средней арифметической величины со стандартным отклонением. Высокая вариабельность кофеина связана с влиянием на его накопление гидротермических факторов. Отмечено, что в чае активнее синтезируется кофеин во флешах сорта Колхида (20.61 мг/г); меньше всего накапливает форма 2264 (12.07 мг/г). По сравнению с остальными периодами вегетации у всех опытных растений больше всего синтез кофеина происходит в июле. В сортовом разрезе наблюдается достаточно сильная изменчивость кофеина во флешах чая (от 29 до 52%), что выражается в разной степени коэффициента вариации. При переработке чайного сырья (3-лиственной флеш) в готовый чай происходит деструкция кофеина и его количество значительно снижается, в среднем в 1.2 – 1.4 раза. Однако, в зеленом чае количество кофеина аналогично его содержанию в свежей флеш. Это связано с тем, что технология производства зеленого чая исключает процессы ферментации и окисления в процессе которых происходит деструкция кофеина. Для дальнейшей селекционной работы интерес представляют формы, имеющие не только более высокое содержание теина (кофеина), но и отличающиеся более стабильным его содержанием.

Ключевые слова: *Camellia sinensis*, сорта, формы, флеш, кофеин, гидротермические факторы, переработка, черный чай, зеленый чай

Основное хозяйственное назначение чайного растения заключается в получении молодых вегетативных побегов – флешей, состоящих из растущей почки и двух – трёх листьев, которые и являются сырьём для производства чая. Молодые флешы содержат разнообразные полезные вещества и среди них такие редкие и ценные, как кофеин, теобромин, теофиллин, танины (дубильные вещества), эфирные масла, многочисленные витамины [1-4]. Все компоненты чая представляют несомненный интерес, в том числе, и алкалоиды – азотсодержащие циклические

органические соединения [5-7]. В одном и том же растении обычно встречается несколько алкалоидов, близких по строению. Алкалоиды чая представлены пуриновыми основаниями. В состав чайного листа входит три таких алкалоида: кофеин, теобромин и теофиллин [8-10]. В чайном листе кофеин находится в комплексе с танинами и часто обозначается при помощи термина теин. Все алкалоиды оказывают очень сильное физиологическое действие на организм человека. Например, под влиянием кофеина становится более интенсивным обмен веществ в организме, усиливается состояние бодрствования и повышенной умственной активности [11-13].

© Платонова Н. Б., Бехтерев В. Н., Белоус О. Г., 2020

На протяжении многих десятилетий на базе Федерального исследовательского центра «Субтропический научный центр Российской академии наук» (ФИЦ СНЦ РАН, ранее – Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур) проводится контроль качественных показателей чая. Рассматривались только два компонента биохимического комплекса чая: дубильные вещества (танины) и водорастворимые экстрактивные вещества [14-16]. Полного исследования характеристик антиоксидантного комплекса чая не проводилось. В то же время данное направление в настоящее время достаточно актуально для исследователей как в нашей стране [2, 13, 17-19], так и за рубежом [4-7, 20-25], о чем свидетельствует большое количество публикаций на эту тему. В связи с этим важно изучить закономерности формирования антиоксидантной системы чая, выращиваемого в России, выявить факторы, влияющие на накопление физиологически активных веществ, проследить изменение их количественного и качественного состава под влиянием условий вегетации и переработки.

В данной статье показаны сезонные изменения содержания кофеина в чайном сырье и чае. Установлено влияние на его содержание и динамику сортовых характеристик особенностей вегетационного периода, климатических условий года и переработки.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Исследования проводятся с 2016 года на следующих объектах *Camellia sinensis* (L.) Kuntze: сорта Колхида (контроль) и Сочи, формы № 855, 582, 2264 и 3823. Полевые наблюдения вели на коллекционно-маточной чайной плантации ФИЦ СНЦ РАН (растения 1981 года посадки) в п. Уч-Дере (Сочи, Лазаревский район, Краснодарский край). Лабораторные исследования выполнены в лаборатории физиологии и биохимии растений ФИЦ СНЦ РАН.

Пробоподготовка. Определение кофеина проводили методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) [26]. Образец чая (2.0 ± 0.01 г), предварительно гомогенизированный, помещали в центробежную пробирку (ОБРАЗЕЦ) емкостью 10 мл. Добавляли к нему (ОБРАЗЦУ) 9 мл экстрагента (смесь воды с ацетонитрилом 7 : 2 по объему). Плотно завинчивали пробку центрифужной виалы. Контрольный образец чая (2.0 ± 0.01 г), предварительно гомогенизированный, помещали в центробежную

пробирку (ОБРАЗЕЦ+ДОБАВКА) емкостью 10 мл. Добавляли к нему (ОБРАЗЕЦ+ДОБАВКА) 9 мл экстрагента (смесь воды с ацетонитрилом 7 : 2 по объему) с 10 мг кофеина. Плотно завинчивали пробку виалы. Образцы помещали на водяную баню и экстрагировали кофеин при 60 °С в течение 30 минут. Образцы охлаждали до комнатной температуры, удаляя снаружи влагу. Экстракционное вымораживание проводили по методу [26] в течение 25 мин при 4000 об./мин. и температуре $\approx 30 \pm 1$ °С. Полученные экстракты анализировали с помощью газового хроматографа «Кристаллюкс» (Россия), оснащенного пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой Phenomenex (США) длиной 30 м с внутренним диаметром 0.32 мм, закрепленной стационарной фазой ZB-5. Анализ погодных условий вегетации и периода исследований велся по следующим показателям: влажность воздуха – полевым психрометром Ассмана, располагая его на высоте 1 м над шпалерой; уровень освещенности – полевым люксметром – УФ-радиометром ТКА-ПКМ; температурные характеристики и количество осадков учитывали по данным сайта Gismeteo (<https://www.gismeteo.ru/weather-sochi-5233/>).

Статистическая обработка экспериментальных данных проводили с использованием пакета ANOVA в STATGRAPHICS Centurion XV (версия 15.1.02, StatPoint Technologies) и MS Excel 2007. Статистический анализ включал одномерный дисперсионный анализ (метод сравнения средних с использованием дисперсионного анализа, t-критерий). Значимость различия между средними значениями при $P < 0.05$ считается статистически значимой. Различия между повторениями оценивались с помощью непарного T-критерия. Результаты исследования выражены в виде среднего арифметического со стандартным отклонением

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Оценивая антиоксидантные компоненты различных сортов и популяций чая, произрастающего в Краснодарском крае, мы провели биохимический анализ сырья (3-листных флешей) и готового (черный, зеленый) чая [27-30]. Как известно, важным биологически активным компонентом чая, определяющим пищевую ценность напитка, является кофеин [8,23]. Необходимо отметить, что чай содержит одну из разновидностей кофеина – теин. Его особенностью является более мягкое воздействие на организм человека: поскольку кофеин

Генотипические отличия в содержании кофеина в 3-листной флешу *Camellia sinensis*

Сорта/формы	Содержание кофеина по месяцам, мг/г			
	май	июнь	июль	август
с. Колхида	20.61 ± 2.15	13.22 ± 2.25	26.93 ± 3.16	13.21 ± 1.65
с. Сочи	16.33 ± 3.05	13.70 ± 1.95	24.63 ± 2.99	14.46 ± 1.16
ф. 3823	15.68 ± 3.25	11.07 ± 2.16	27.10 ± 3.65	9.95 ± 2.05
ф. 582	19.26 ± 1.56	13.31 ± 3.08	28.61 ± 4.05	10.75 ± 1.14
ф. 855	13.52 ± 1.46	11.04 ± 2.29	26.73 ± 2.29	11.90 ± 1.34
ф. 2264	12.07 ± 1.12	12.98 ± 3.06	25.38 ± 2.55	7.62 ± 2.09
НСР (p ≤ 0.05)	2.28	1.67	2.54	2.00

присутствует в сочетании с танинами, то при заваривании он не экстрагируется полностью и напиток действует на организм более мягко. При этом в отличие от кофеина теин не накапливается в организме [5, 6, 23].

На количество кофеина (теина) в чае влияют условия выращивания, применяемая агротехника и условия переработки [14,16,27,30]. Это полностью подтверждается и нашими исследованиями. Так, на рис. 1 показана динамика накопления кофеина в 3-листных флешах чая (на примере сорта Колхида).

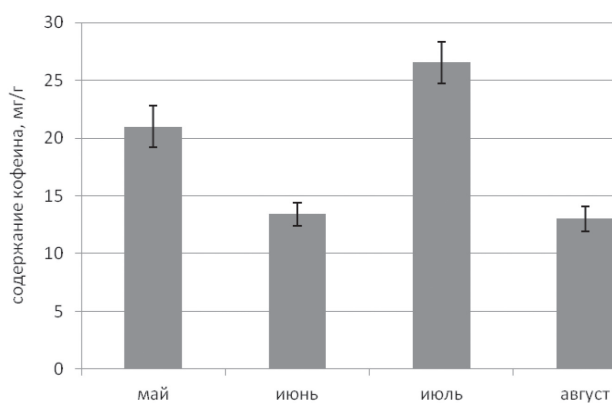


Рис. 1. Динамика содержания кофеина в 3-листных флешах *Camellia sinensis*, мг/г

Как видно из представленных на рисунке данных, наиболее активный синтез кофеина у растений чая наблюдается в июле (в среднем 26.93 мг/г), превышение по сравнению с остальной частью вегетационного периода составляет 1.6 – 2.3 раза, что является существенным. Данный процесс является общим для всех сортов и форм, отличие связано с генотипическими особенностями и заключается в более или менее выраженной сортовой вариации. Так, если в мае наибольший синтез кофеина отмечен у сорта Колхида (20.61 мг/г); наименьший – у формы 2264 (12.07 мг/г), то в остальные периоды вегетации количество синтезируемого листом кофеина мало варьирует у сортов и форм, находясь в пределах от 7.62 мг/г (ф. 2264 в августе) до 28.61 мг/г (ф. 582 в июле) (табл. 1).

При переработке чайного сырья (3-листной флешу) в черный или зеленый чай происходит разрушение кофеина и уменьшение его количества в 1.2 – 1.4 раза (табл.2).

Таблица 2

Содержание кофеина в 3-листной флешу *Camellia sinensis* и зеленом чае

Сорта/формы	Кофеин, мг/г		
	Флешу	V, %	Зеленый чай
с. Колхида	18.49 ± 6.62	36	19.35 ± 3.21
с. Сочи	17.28 ± 5.03	29	18.45 ± 4.13
ф. 3823	15.95 ± 7.84	49	20.42 ± 4.58
ф. 582	17.98 ± 7.93	44	20.20 ± 3.29
ф. 855	15.80 ± 7.36	47	21.83 ± 3.64
ф. 2264	14.51 ± 7.61	52	21.89 ± 4.19
НСР (p ≤ 0.05)	2.15	-	3.24

Как видно из экспериментальных данных, в частности, по представленному в таблице 1 коэффициенту вариации, в содержании кофеина во флешах чая (от 29 до 52%) наблюдается достаточно сильная изменчивость. Это связано с влиянием гидротермальных факторов, как конкретного вегетационного периода, так и условий в период 2016-2019 гг.: количеством осадков, выпадающих в течение месяца, и изменением температуры воздуха, которая часто повышается до +30 °C и выше. В то же время можно отметить и влияние генотипических признаков, что выражается в разной степени изменчивости признака (табл.1). Так, коэффициент вариации содержания кофеина у сорта Сочи составляет 29%, что можно оценить, как средняя изменчивость. В то время как у форм 855, 3823 и 2264 вариация кофеина достаточно высокая – от 47 до 52%, что предполагает экологическую пластичность данных растений, данный факт не очень интересен с точки зрения биохимии готового продукта [31]. Помимо этого, наши исследования показали, что в зеленом чае количество кофеина аналогично его содержанию в свежей флешу, так как технология производства зеленого чая исключает процессы ферментации и окисления, что вызывает деструкцию ряда биохимических компонентов, в том числе и кофеина.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенный сравнительный анализ содержания кофеина в чайном сырье (3-листная флеш) и готовом чае показал, что имеет место значительное изменение его содержания, как в течение вегетационного периода, так и при переработке чайного сырья в готовый продукт. Интерес представляют формы, которые не только имеют более высокое содержание кофеина (теина), но и более стабильное его содержание, как во флешах, так и в готовом чае.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Платонова Н.Б., Белоус О.Г., Остадалова М. Сравнительный анализ биохимических компонентов чая // Субтропическое и декоративное садоводство. 2017. № 61. С. 180-188.
2. Валиулина Д.Ф., Макарова Н.В. Сравнительное исследование антиоксидантной активности популярных марок чая из торговых сетей // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. №80(3). С. 1104-110.
3. Татарченко И.И., Мохначев И.Г., Касьянов Г.И. Химия субтропических и пищевых продуктов. Москва, Академия, 2003, 256 с.
4. Khokhar S., Magnusdottir S.G. Total phenol, catechin, and caffeine contents of teas commonly consumed in the United Kingdom // J. Agric. Food Chem. 2002. Vol. 50. pp. 565-70.
5. Ashihara H., Gillies F.M., Crozier A. Metabolism of caffeine and related purine alkaloids in leaves of tea (*Camellia sinensis* L.) // Plant Cell Physiol. 1997. Vol.38(4). Pp. 413-419.
6. Ashihara H., Sano H., Crozier A. Caffeine and related purine alkaloids: Biosynthesis, catabolism, function and genetic engineering // Phytochemistry. 2008. Vol.69. pp. 841-856.
7. Tariq A. L., Reyaz. A. L. Phytochemical analysis of *Camellia sinensis* leaves // Int. J. Drug Dev. & Res. 2012. Vol. 4(4). pp. 311-316.
8. Запрометов М.Н. Биохимия катехинов. Москва, Наука, 1964, 254 с.
9. Sang S. The chemistry and biotransformation of tea constituents // Pharmacological Research. 2011. Vol.64. pp. 87- 99.
10. Poulter J. Antioxidants in tea // BNF Nutr. Bull. 1998. Vol.23. pp. 203-210.
11. Bohn S.K., Ward N.C., Hodgson J. M., Croft K.D. Effects of tea and coffee on cardiovascular disease risk // Food Funct. 2012. Vol.3. pp. 575.
12. Chung S.Y., Janelle M.L. Effects of tea consumption on nutrition and health // J. Nutr. 2000. Vol.130. pp. 2409-2412.
13. Афонина С. Н., Лебедева Е. Н., Сетко Н. П. Биохимия компонентов чая и особенности его биологического действия на организм (обзор) // Оренбургский медицинский вестник. 2017. Т. V. № 4 (20). – С 17-33
14. Белоус О.Г. Влияние микроэлементов на повышение качества чая // Садоводство и виноградарство. 2006. №6. С. 18 – 20.
15. Бушин П.М., Притула З.В., Малюкова Л.С. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество чая сорта Колхида в условиях субтропиков России // Бюллетень ВИУА. 2001. №114. С. 68 – 69
16. Притула З.В., Малюкова Л.С., Козлова Н.В. Особенности влияния комплекса экологических факторов на биохимические показатели качества чая сорта Колхида в условиях субтропиков России. // Субтропическое и декоративное садоводство. 2009. №42(2). С. 86-103
17. Анисимович И.П., Дейнека В.И., Дейнека Л.А. Параметры антиоксидантной активности соединений: относительная антиоксидантная активность чая // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. № 9(80). Т.11. 2010. С. 104-110.
18. Лапин А.А., Зеленков В.Н. К вопросу об определении антиоксидантного статуса растений // Труды Академии Естественных Наук «Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты». 2007. Т. II. №14. С. 43-52.
19. Потапович А.И., Костюк В.А. Сравнительное изучение антиоксидантной цитопротекторной активности флавоноидов // Биохимия. Т. 68. №. 5. С. 632-638.
20. Saeed M. Green tea (*Camellia sinensis*) and L-theanine: Medicinal values and beneficial applications in humans – A comprehensive review // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2017. Vol.95. pp.1260-1275.
21. Saptashish Deb, Jolvis Pou K.R. A review of withering in the processing of black tea // J. of Biosystems Eng. 2016. Vol.41(4). pp. 365-372. DOI: 10.5307/JBE.2016.41.4.365
22. Sharma V., Rao L.J. A thought on the biological activities of black tea // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2009. Vol. 49(5). pp. 379-404.
23. Wright L.P. Biochemical analysis for identification of quality in black tea (*Camellia sinensis*). Diss. Dr. Phil. Sci. (Biochemistry). Pretoria: University of Pretoria. 2002. 216 p.

24. Zeyi Ai, Beibei Zhang, Yuqiong Chen, Dejiang Ni. Impact of light irradiation on black tea quality during withering // *J Food Sci Tech Mys*. 2017. Vol.54(06). pp. 1212–1227. DOI: 10.1007/s13197-017-2558-z

25. Abogadallah G.M. Antioxidative defense under salt stress // *Plant Signaling and Behavior*. 2010. Vol.5. pp. 369-374.

26. Bekhterev V.N. Patent EP3357873. Published in European Patent Bulletin. 2019.

27. Карцова Л.А., Деев В.А., Бессонова Е.А., Белоус О.Г., Платонова Н.Б. Определение полифенольных антиоксидантов в образцах зеленого чая. Характеристические хроматографические профили // *Аналитика и контроль*. 2019. Т. 23. № 3. С. 377-385. DOI: 10.15826/analitika.2019.23.3.010

28. Konnov N.A., Platonova N.B., Belous O.G. Comparative analysis of ruthin content in tea of

different climatic zones. “Current achievements and trends in ornamental and medicinal plants research”, Jubilee scientific conference, May 9, 2019. Sofia, Bulgaria, 2019, p. 33

29. Platonova N., Astanin A., Sedykh S., Samarina L., Belous O. The composition and content of phenolic compounds in tea, grown in humid subtropics of Russia // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2019. Vol.13(1). pp. 32-37. DOI: 10.5219/990

30. Platonova N., Belous O. The effect of altitude tea plantations above sea level on the chemical composition of tea // *Sciences of Europe*. 2017. Vol.22-1(22). pp. 3-5.

31. Белоус О.Г., Белоус С.А. Значение экспертизы качества чайной продукции // *Вестник СИМБип*. 2014. №1(1). С. 142-148.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук»

Платонова Н. Б., младший научный сотрудник лаборатории физиологии и биохимии растений
E-mail: natali1875@bk.ru

Бехтерев В. Н., доктор химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии и биохимии растений
E-mail: vic-bekhterev@yandex.ru

**Белоус О. Г., доктор биологических наук, доцент, заведующая лабораторией физиологии и биохимии растений*
E-mail: oksana191962@mail.ru

Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences

Platonova N. B., junior researcher at the laboratory of physiology and plants biochemistry
E-mail: natali1875@bk.ru

Bekhterev V. N., DSci., leading researcher at the laboratory of physiology and plants biochemistry
E-mail: vic-bekhterev@yandex.ru

**Belous O. G., DSci., associate Professor, head at the laboratory of physiology and plants biochemistry*
E-mail: oksana191962@mail.ru

THE INFLUENCE OF ONTOGENETIC AND CLIMATIC FACTORS ON THE CONTENT OF CAFFEINE IN TEA

N. B. Platonova, V. N. Bekhterev, O. G. Belous

Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences

Abstract. The article provides information about the content of caffeine, an alkaloid of the purine series, in tea raw materials (3-leaf sprouts) and finished tea of various varieties and forms. Research has been conducted since 2016 at the laboratory of plant physiology and biochemistry of the Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences. The objects are Colchida (control) and Sochi varieties, and forms 855, 582, 2264 and 3823. The determination of caffeine was performed by reverse-phase high-performance liquid chromatography (HPLC) by V.N. Bekhterev modification. Seasonal changes in caffeine are shown, the influence of varietal characteristics, characteristics of the growing season, climatic conditions of the year and processing on its content and dynamics is established. This

process is common to all varieties and tea forms. The results of the study are expressed as an arithmetic mean with standard deviation. It was noted that the highest synthesis of caffeine in all experimental plants was observed in July. High variability of caffeine is associated with the influence of hydrothermal factors on its accumulation. It was noted that in May, caffeine is more actively synthesized in cv. Colchida sprouts (20.61 mg/g); the form 2264 was accumulated the least (12.07 mg/g). Compared to other periods of the growing season at all experimental plants for more the synthesis of caffeine takes place in July. In the varietal section, there is a fairly strong variability of caffeine in tea sprouts (from 29 to 52%), which is expressed in different degrees of coefficient of variation. When processing tea raw materials (3-leaf sprouts) into ready-made tea, the destruction of caffeine occurs and its amount is significantly reduced, on average by 1.2 – 1.4 times. However, in green tea, the amount of caffeine is similar to its content in fresh sprouts. This is due to the fact that the technology of green tea production excludes fermentation and oxidation processes during which the destruction of caffeine occurs. For further breeding work, forms that have not only a higher content of Thein (caffeine), but also differ in its more stable content are of interest.

Keywords: *Camellia sinensis*, varieties, forms, sprouts, caffeine, hydrothermal factors, processing, black tea, green tea

REFERENCES

1. Platonova N.B., Belous O.G., Ostadalova M. Sravnitel'nyi analiz biokhimicheskikh komponentov chaya, Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo, 2017, № 61, S. 180-188.
2. Valiulina D.F., Makarova N.V. Sravnitel'noe issledovanie antioksidantnoi aktivnosti populyarnykh marok chaya iz torgovykh setei, Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii, 2018, №80(3), S. 1104-110, DOI: 10.20914/2310-1202-2018-3-104-110
3. Tatarchenko I.I., Mokhnachev I.G., Kas'yanov G.I. Khimiya subtropicheskikh i pishchevykh produktov, Moskva, Akademiya, 2003, 256 s.
4. Khokhar S., Magnusdottir S.G. Total phenol, catechin, and caffeine contents of teas commonly consumed in the United Kingdom, Journal Agriculture Food Chemistry, 2002, Vol. 50, pp. 565-70.
5. Ashihara H., Gillies F.M., Crozier A. Metabolism of caffeine and related purine alkaloids in leaves of tea (*Camellia sinensis* L.), Plant Cell Physiology, 1997, Vol. 38(4), pp. 413-419.
6. Ashihara H., Sano H., Crozier A. Caffeine and related purine alkaloids: Biosynthesis, catabolism, function and genetic engineering, Phytochemistry, 2008, Vol.69, pp. 841-856.
7. Tariq A. L., Reyaz. A. L. Phytochemical analysis of *Camellia sinensis* leaves, International Journal Drug Dev. & Res., 2012, Vol. 4(4), pp. 311-316.
8. Zaprometov M.N. Biokhimiya katekhinov, Moskva, Nauka, 1964, 254 s.
9. Sang S. The chemistry and biotransformation of tea constituents, Pharmacological Research, 2011, Vol.64, pp. 87-99.
10. Poulter J. Antioxidants in tea, BNF Nutr. Bull., 1998, Vol.23, pp. 203-210.
11. Bohn S.K., Ward N.C., Hodgson J. M., Croft K.D. Effects of tea and coffee on cardiovascular disease risk, Food Funct., 2012, Vol.3, pp. 575.
12. Chung S.Y., Janelle M.L. Effects of tea consumption on nutrition and health, Journal Nutrition, 2000, Vol.130, pp. 2409-2412.
13. Afonina S. N., Lebedeva E. N., Setko N. P. Biokhimiya komponentov chaya i osobennosti ego biologicheskogo deistviya na organizm (obzor), Orenburgskii meditsinskii vestnik, 2017, V. № 4 (20), S. 17-33
14. Belous O.G. Vliyanie mikroelementov na povyshenie kachestva chaya, Sadovodstvo i vinogradarstvo, 2006, №6, S. 18 – 20.
15. Bushin P.M., Pritula Z.V., Malyukova L.S. Vliyanie mineral'nykh udobrenii na urozhainost' i kachestvo chaya sorta Kolkhida v usloviyakh subtropikov Rossii, Byulleten' VIUA, 2001, №114, S. 68 – 69
16. Pritula Z.V., Malyukova L.S., Kozlova N.V. Osobennosti vliyaniya kompleksa ekologicheskikh faktorov na biokhimicheskie pokazateli kachestva chaya sorta Kolkhida v usloviyakh subtropikov Rossii, Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo, 2009, №42(2), S. 86-103
17. Anisimovich I.P., Deineka V.I., Deineka L.A. Parametry antioksidantnoi aktivnosti soedinenii: otnositel'naya antioksidantnaya aktivnost' chaya, Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki, № 9(80), T.11, 2010, S. 104-110.
18. Lapin A.A., Zelenkov V.N. K voprosu ob opredelenii antioksidantnogo statusa rastenii, Trudy Akademii Estestvennykh Nauk «Netraditsionnye prirodnye resursy, innovatsionnye tekhnologii i produkty», 2007, T. II, № 14, S. 43-52.
19. Potapovich A.I., Kostyuk V.A. Sravnitel'noe izuchenie antioksidantnoi tsitoprotektoinoi aktivnosti flavonoidov, Biokhimiya, T. 68, №. 5, S. 632-638.
20. Saeed M. Green tea (*Camellia sinensis*) and L-theanine: Medicinal values and beneficial applications in humans – A comprehensive review,

Biomedicine & Pharmacotherapy, 2017, Vol.95, pp.1260-1275.

21. Saptashish Deb, Jolvis Pou K.R. A review of withering in the processing of black tea, J. of Biosystems Eng., 2016, Vol. 41(4), pp. 365-372, DOI: 10.5307/JBE.2016.41.4.365

22. Sharma V., Rao L.J. A thought on the biological activities of black tea, Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 2009, Vol. 49(5), pp. 379-404.

23. Wright L.P. Biochemical analysis for identification of quality in black tea (*Camellia sinensis*), Diss. Dr. Phil. Sci. (Biochemistry), Pretoria: University of Pretoria, 2002, 216 p.

24. Zeyi Ai, Beibei Zhang, Yuqiong Chen, Dejiang Ni. Impact of light irradiation on black tea quality during withering, J Food Sci Tech Mys., 2017, Vol. 54(06), pp. 1212–1227, DOI: 10.1007/s13197-017-2558-z

25. Abogadallah G.M. Antioxidative defense under salt stress, Plant Signaling and Behavior, 2010, Vol.5, pp. 369-374.

26. Bekhterev V.N. Patent EP3357873, Published in European Patent Bulletin, 2019.

27. Kartsova L.A., Deev V.A., Bessonova E.A., Belous O.G., Platonova N.B. Opredelenie

polifenol'nykh antioksidantov v obraztsakh zelenogo chaya. Kharakteristicheskie khromatograficheskie profile, Analitika i control, 2019, T. 23, № 3, S. 377-385, DOI: 10.15826/analitika.2019.23.3.010

28. Konnov N.A., Platonova N.B., Belous O.G. Comparative analysis of ruthin content in tea of different climatic zones. "Current achievements and trends in ornamental and medicinal plants research", Jubilee scientific conference, May 9, 2019, Sofia, Bulgaria, 2019, p. 33

29. Platonova N., Astanin A., Sedykh S., Samarina L., Belous O. The composition and content of phenolic compounds in tea, grown in humid subtropics of Russia, Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 2019, Vol.13(1), pp. 32-37, DOI: 10.5219/990

30. Platonova N., Belous O. The effect of altitude tea plantations above sea level on the chemical composition of tea, Sciences of Europe, 2017, Vol.22-1(22), pp. 3-5.

31. Belous O.G., Belous S.A. Znachenie ekspertizy kachestva chainoi produktsii, Vestnik SIMBiP, 2014, №1(1), S. 142-148.