

АГРОІНЖЕНЕРІЯ

УДК 663.95:664.014/019

DOI <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.20>

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧАЙНОГО ЭКСТРАКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

ДЖАХАНГІРОВ МУХЕНДІС МАМЕДГУСЕЙН ОГЛИ

<https://orcid.org/0000-0001-5627-173X>

Лянкаранский государственный университет,

Азербайджанская Республика

Введение. Многолетние опыты Лянкаранского предприятия по переработке чая (ММСчай) и других чаеперерабатывающих предприятий показывают, что при первичной переработки зеленого чайного листа образуется различные отходы – волоски, черешки, пластинки, пыль, низкосортные фракции, несортной чайный лист, а также отходы чайных плантаций, состоящие из грубых листьев и веток чайного куста, так называемый формовочный материал, который вследствие низкого качества не может быть использован для получения сортового чая. Формовочный материал образуется в результате ежегодной подрезки чайных кустов, когда удаляются старые, грубые листья и ветки.

В составе чая содержится до 52% нерастворимых в воде веществ (целлюлоза, белки, жиры, хлорофильные пигменты, пектины, крахмал и др.), а также растворимые в воде вещества (простые фенолы, окисляющие и неокисляющие полифенолы, сахара, аминокислоты, витамины, минералы и др.), кофеин. В зеленом чае в 6 раз больше витамина С, чем в черной смородине, в 4 раза больше, чем в мандарине. По витаминам группы Р у него нет аналога. Он богат микроэлементами, в том числе и цинком [1, с.75-82; 2, с.94-97; 3, с. 478].

Учитывая богатый химический состав отходов производства и формовочного материала чая, в настоящее время во всем мире растет их использования как дополнительный ресурс биологически активных веществ [4, с.153-164]. На их основе производят различные продукты- экстракты, напитки, порошки и т. д.

Одновременно, употребление натуральных продуктов растительного происхождения снижает вероятность заболеваний, связанных с окислительным стрессом (воспаление, сердечно-сосудистые заболевания, рак и нарушения, связанные со старением) [5, с. 779-788]. Благоприятные эффекты объясняются потреблением с пищей некоторых биологически активных соединений (токоферолов, каротиноидов, полифенолов, фенолов и антоцианов) [6, с. 836-846], витаминов, минералов и клетчатки [7, с. 18-25].

Известно, что при производства чайного экстракта происходят теплообменные процессы, влияющие на физико-химические показатели экстракта [8, с. 110-112; 9, с. 30-31].

Поэтому в настоящее время является актуальным и особое значение имеет исследование физико-химических и теплофизических свойств в процессе производства чайной продукции, обладающих высокими физиологическими и органолептическими свойствами.

Объекты и методы исследования. В качестве объекта исследования использовался свежий лист зеленого чая, выращенное в Лянкаранско- Астаринской зоне Азербайджанской Республики, отходы и формовочный материал чайного производства, сушеный зеленый и черный чай, жидкий и сухой экстракт на их основе.

В образцах определяли органолептические показатели, массовую долю влаги, общее содержание золы, концентрацию сухих веществ в водном экстракте по массе высушенного экстракта, количество экстрактивных и дубильных веществ, кофеина и минеральных веществ стандартными лабораторными методами [10, с. 12-51], содержание водорастворимых полифенолов определяли методом калориметрии, усовершенствованный автором данной публикации [11, с. 62-68].

Полученные инфузии чая были проанализированы в экспериментальных исследованиях в соответствии с методикой, описанной в [8, с.119]. Так, плотность полученного экстракта была определена методом пикнометра, вязкость – вискозиметрами различного диаметра, а содержание сухого вещества (СВ) – с помощью рефрактометра.

В целом, температура экстракции изучалась в интервале 303,15 - 368,15 К, продолжительность экстракции 10- 420 мин, гидромодуль (соотношение сырье: воды) 1:5 - 1: 50.

Результаты эксперимента и обсуждение. Для изучения характера исследуемого продукта мы изучаем как химические, так и физико-химические показатели исследуемого сырья и инфузии.

Чтобы получить объективную информацию о качестве полученных экстрактов, нами исследовано влияние температуры, длительности процесса экстракции и соотношение компонентов системы на физико-химические показатели экстракта чая черного и зеленого.

Зависимость содержания массовой доли сухого вещества в экстракте черного и зеленого чая от температуры показаны на рис. 1.

Как видно из этого графика, зависимость содержания массовой доли сухого вещества в экстракте черного и зеленого чая от температуры имеет линейный характер. Это зависимость можно определить методом наименьших квадратов по формуле (1):

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 x \quad (1)$$

Тогда математическая модель связи между температурой и содержанием массовой доли сухого вещества в экстракте черного чая может описана следующим линейным уравнением по формуле (2):

$$y = 0,099x - 30,1 \quad (2)$$

Таким же образом, можно отыскать математическую модель между температурой и массовой долей растворенного вещества, в экстракте зеленого чая, которая отображается формулой (3):

$$y = 0,021x - 3,38 \quad (3)$$

Повышение температуры экстрагента приводит к повышению концентрации извлекаемого сухого вещества (СВ). Так, во время экстракции зеленого чая при повышении температуры с 303,15 до 343,15 К концентрация СВ увеличилась на 0,8%, а при повышении до 368,15 К на 1,36%. А во время экстракции черного чая увеличение уже составляет 0,9 и 1,5% соответственно. Это также свидетель-

ствует о повышении относительной плотности и приводит к тому, что в результате ускорения скорости химических реакций, увеличивается переход СВ в экстрагент.

На основании экспериментальных данных установлено, что во время экстракции зеленого чая экстрактивность увеличивается с повышением температуры. Таким образом, экстрактивность при температуре 303,15 К составляет 33,6%, а при температуре 365,15 К 38,6%. Экстрактивность инфузий черного чая составляет 22,6% при температуре 303,15 К и достигает максимума 29,8% при температуре 355,15 К. Однако после этого предела экстрактивность начинает снижаться с повышением температуры и падает до 27,5% при 365,15К.

В то же время, чтобы определить оптимальный режим процесса экстракции, необходимо учитывать время экстракции. График зависимости концентрации экстракта черного и зеленого чая от продолжительности экстракции показан на рисунке 2.

Графоаналитический анализ данных, показанных на рис. 2 позволил разработать математической модели зависимости концентрации экстракта черного и зеленого чая от продолжительности экстракции.

Математическая модель зависимости концен-



Рис. 1. Зависимость содержание массовой доли сухого вещества в экстракте черного и зеленого чая от температуры

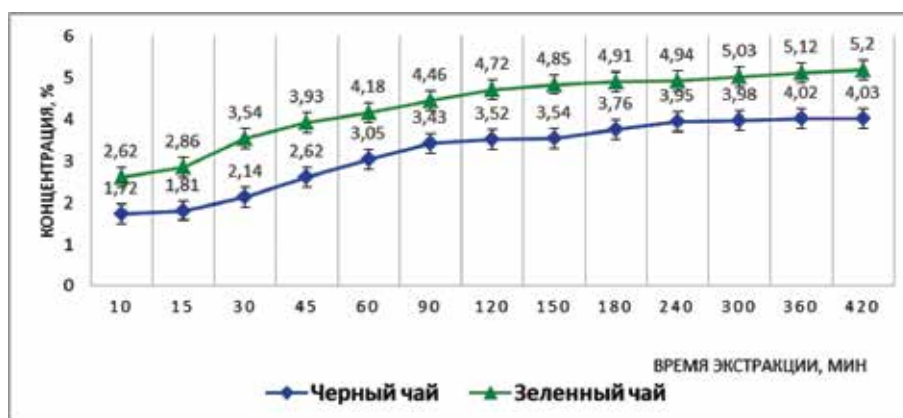


Рис. 2. График зависимости концентрации экстракта черного и зеленого чая от продолжительности экстракции

трации экстракта черного чая от продолжительности экстракции отображается формулой (4):

$$y = 5,23x - 809,46 \quad (4)$$

Математическая модель зависимости концентрации экстракта зеленого чая от продолжительности экстракции может быть рассчитана по формуле (5):

$$y = 5,21x - 805,24 \quad (5)$$

Одновременно, как видно из рис. 2 с увеличением продолжительности экстракции также увеличивается концентрация экстракта, т.е. количество выделяемого растворимого сухого вещества. После 90-минутной экстракции заметных изменений в физических показателях, таких как динамическая вязкость и относительная плотность, не наблюдается. После 180-200 минутного продолжительности экстракции состав экстракта изменяется слабо, поэтому целесообразно проводить процесс экстракции более 200 минут. Для оптимального условия перехода экстрактивных веществ в воду, продолжительность экстракции листьев черного и зеленого чая нами рекомендован в интервале 180-200 мин. в зависимости от качества и срока сбора чайных листьев.

Соотношение компонентов системы, то есть воды с чайным листом, является важным показателем, характеризующим качество продукции. Потому, что разность концентраций экстрагента и внутриклеточного сока- это движущая сила процесса диффузии. Поэтому, именно с учетом этого нами изучено влияние гидромодуля на физико-химические показатели чайного экстракта. При этом нами приняты следующие параметры процесса: температура экстракции – 363,15К, продолжительность экстракции- 90 мин. Результаты эксперимента показаны на рис. 3.

Как видно из представленных данных, при росте гидромодуля экстрактивность черного чая увеличивается на 5,7%, а зеленого – на 12,9%. Это были значительные изменения, объясненные законом о массобмене [12, с. 273-276], так как разница в концентрации первичного сока и экстрагента способствует увеличению перехода растворимых веществ в экстрагент и продолжается до равновесия экстрактивных веществ первичного сока и экстрагента. Потому, что разница в концентрации- это движущая сила процесса диффузии.

В то же время количество растворимого сухого вещества уменьшается в черном чае на 5,22%, а в

зеленом чае – на 6,83%, в связи с чем показатели относительной плотности и вязкости снижаются. Таким образом, количества расхода растворителя может определяться в зависимости от затрат на сгущение веществ, извлеченных из сырья. При этом не следует упускать из виду фактора испарения сухого вещества до заданной концентрации.

Из графика на рис. 3 видно, что зависимость между гидромодулем концентрации экстракта черного чая является гиперболической (т.е. обратно пропорциональной). Это соотношение определяется следующим образом методом наименьших квадратов по формуле (6):

$$y = \alpha_0 + \frac{\alpha_1}{x} \quad (6)$$

Математическая модель зависимости концентрации инфузии черного чая от гидромодуля отображается формулой (7):

$$y = 0,52 + \frac{28,8}{x} \quad (7)$$

Математическая модель зависимости концентрации инфузии зеленого чая от гидромодуля может быть рассчитана по формуле (7):

$$y = 1,117 + \frac{36,3}{x} \quad (8)$$

По результатам проведенных исследований и наблюдений, мы считаем целесообразным использование гидромодуля 1 : 20. Так как этот гидромодуль является наиболее оптимальным вариантом извлечения из сырья чая ценных биологически активных веществ, он обеспечивает сгущение экстракта с минимальными затратами.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что оптимальными условиями для перехода максимального количества экстрактивных веществ в растворитель при экстракции черного и зеленого чая с водой являются температура 363,15 К, продолжительность экстракции 180-200 мин. и соотношение сырье с экстрагентом (гидромодуль) 1:20.

Полученное в результате экстракции раствор высушивают при температуре около 333,15К. В экстракте сухого зеленого чая с влажностью 5, % обнаружено до 22,0 % дубильных веществ от сухого вещества, до 6,2% кофеина, до 12,5% минеральных веществ, а в экстракте черного чая – до 20,0% дубильных веществ от сухого вещества, до 9,7% кофеина и до 13,2% мине-

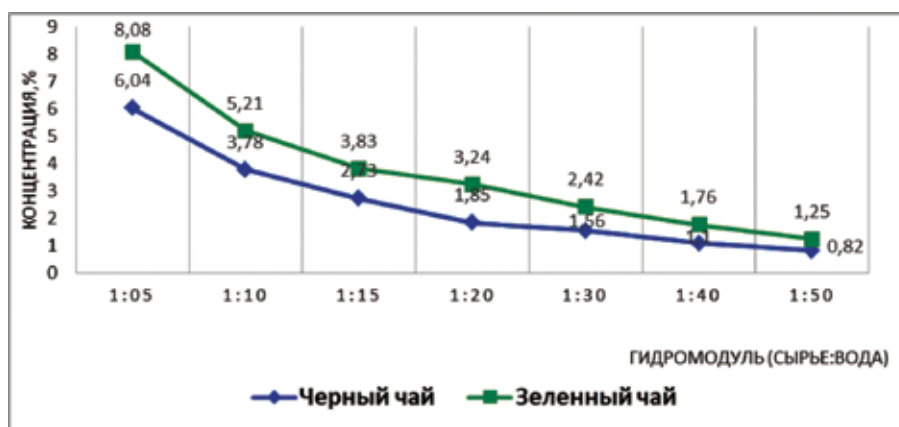


Рис. 3. Зависимость концентрации чайного экстракта от гидромодуля

ральных веществ. Полученные результаты свидетельствуют о росте концентрации биологически активных веществ (БАМ) в несколько раз. Так, применение метода экстракции и испарение влаги в полученном экстракте увеличивают содержание минеральных веществ в 2,5-2,8 раза.

Сухой экстракт чая или быстрорастворимый чайный порошок – это продукт с высокой биологической ценностью по уникальному химическому составу, отличному органолептическому показателю и благоприятному физиологическому воздействию организма [13, с. 42–45]. Экстракт черного и зеленого чая содержит большое количество БАВ, которые хорошо растворяются как в горячей, так и в холодной воде, легко дозируются, обладают микробиологической чистотой, могут быть использованы в качестве натурального ароматизатора и красителя.

Выводы. Полученные чайные экстракты могут быть использованы в производстве алкогольных, безалкогольных и слабоалкогольных напитков, хлебобулочных, кондитерских изделий и т. д. в количестве 5-15% от исходного сырья. Это основано на органолептические показатели и повышении биологической ценности готовой продукции, частично ее дешевой стоимости и доступности для большинства слоев населения. Проведенные исследования позволяют получить натуральный и функциональный экстракт чая из черного и зеленого чая.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Джахангиров М. М., Магеррамов М. А. Содержание аминокислотного состава и изменение теанина в чайных листьях, выращенных в условиях Азербайджанской Республики. *Химия растительного сырья*. 2018. №3. С. 75–82. DOI:10.14258/jcprm.2018033415.
2. Шендеров Б. А., Доронин А. Ф. Чай и кофе - основа для создания функциональных напитков и продуктов питания. *Пиво и напитки*. 2004. № 2. С. 94–97.
3. Quliyev F., Quliyev R. *Çayçılıq*. Bakı, 2014. 559 s. (на азерб.)
4. Щеголева И. Д., Молчанова Е. Н. Отходы чайного производства как дополнительный ресурс биологически активных веществ. *Health, Food & Biotechnology*. 2020. 2(1). P. 153–164. <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i1.s297>
5. Escudero-López B., Cerrillo I., Gil-Izquierdo A., Hornero-Méndez D., Herrero-Martín G., Berná G., Medina S., Ferreres F., Martín F., Fernández-Pachón M. S. (2016). Effect of thermal processing on the profile of bioactive compounds and antioxidant capacity of fermented orange juice. *Int J Food Sci Nutr*. 2016. Vol. 67. P. 779–788.
6. Kongkachuichai R., Charoensiri R., Yakoh K., Kringkasemsee A., Insung P. Nutrients value and antioxidant content of indigenous vegetables from Southern Thailand. *Food Chem*. 2015. Vol. 173. P. 836–846.
7. Liu R.H. Dietary bioactive compounds and their health implications. *J Food Sci*. 2013. Vol. 78. P. 18–25.
8. Магеррамов М. А. Тепло и электрофизические свойства жидких пищевых продуктов. *Detschland/Германия. Palmarium Academic Publishing*, 2012, 439 с.
9. Шендеров Б. А., Доронин А. Ф. Перспективность функциональных напитков для различных групп населения на основе чая и кофе. *Волшебный аромат чая и кофе: 1-я Международная специализированная выставка*. Москва, ВВЦ, 16-19.12. 2003. С. 58–60.
10. Славянский А. А., Вовк Г. А., Жигалов М. С., Мойсеяк М. Б. Лабораторный практикум по техномическому контролю чайного сырья и готовой продукции чайного производства. Москва: Издательский комплекс МГУПП, 2006. 58 с.
11. Cahangirov M. M. Çayda polifenolların miqdarının təyini metodlarının təkmilləşdirilməsi. *Xəbərlər məcmuəsi*.

AMEA Gəncə Bölməsi. Gəncə, 2019. №3. S. 62–68.

12. Теория тепломассообмена: Учебник для технических университетов и вузов / под ред. А. И. Леонтьева. 2-ое изд., испр. и доп. Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1997. 683 с.

13. Поверни Л. Д. Новая технология получения instantного порошкового экстракта зеленого чая. *Пиво и напитки*. 2008. № 2. С. 42–45.

REFERENCES:

1. Dzhakhangirov, M.M., & Magerramov, M.A. (2018). Soderzhaniye aminokislotochnogo sostava i izmeneniye teanina v chaynykh listyakh, vyrashchennykh v usloviyakh Azerbaydzhanskoj Respubliki [The content of the amino acid composition and the change in theanine in tea leaves grown in the conditions of the Republic of Azerbaijan]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya – Chemistry of plant raw materials*, 3, 75–82. DOI:10.14258/jcprm.2018033415 [in Russian].
2. Shenderov, B.A., & Doronin, A.F. (2004). Chay i kofe - osnova dlya sozdaniya funktsional'nykh napitkov i produktov pitaniya [Tea and coffee - the basis for the creation of functional drinks and food]. *Pivo i napitki – Beer and drinks*, 2, 94 – 97 [in Russian].
3. Quliyev, F., & Quliyev, R. (2014). *Çayçılıq [Tea growing]*. Bakı, 559 [in Azeri].
4. Shchegoleva, I.D., & Molchanova, Ye.N. (2020). Otkhody chaynogo proizvodstva kak dopolnitel'nyy resurs biologicheskí aktivnykh veshchestv [Tea waste as an additional resource of biologically active substances]. *Health, Food & Biotechnology*, 2(1), 153–164. <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i1.s297> [in Russian].
5. Escudero-López, B., Cerrillo, I., Gil-Izquierdo, A., Hornero-Méndez, D., Herrero-Martín, G., Berná, G., Medina, S., Ferreres, F., Martín, F., Fernández-Pachón, M.S. (2016). Effect of thermal processing on the profile of bioactive compounds and antioxidant capacity of fermented orange juice. *Int J Food Sci Nutr*. Vol. 67. P. 779–788 [in English].
6. Kongkachuichai, R., Charoensiri, R., Yakoh, K., Kringkasemsee, A., Insung, P. (2015). Nutrients value and antioxidant content of indigenous vegetables from Southern Thailand. *Food Chem*. Vol. 173. P. 836–846 [in English].
7. Liu, R.H. (2013). Dietary bioactive compounds and their health implications. *J Food Sci*. Vol. 78. P. 18–25 [in English].
8. Magerramov, M.A. (2012). Teplo i elektrofizicheskiye svoystva zhidkikh pishchevykh produktov [Heat and electrophysical properties of liquid foodstuffs]. *Palmarium Academic Publishing*. Detschland, 439 [in Russian].
9. Shenderov, B.A., & Doronin, A.F. (2003). Perspektivnost' funktsional'nykh napitkov dlya razlichnykh grupp naseleniya na osnove chaya i kofe [Prospects of functional drinks for different groups of the population based on tea and coffee]. *Volshebnyy aromat chaya i kofe: 1-ya Mezhdunarodnaya spetsializirovannaya vystavka – Magic aroma of tea and coffee: 1st International specialized exhibition*. Moscow: VVTS, 58–60 [in Russian].
10. Slavyanskiy, A.A., Vovk, G.A., Zhigalov, M.S., & Moysyak, M.B. (2006). Laboratornyy praktikum po tekhnicheskomu kontrolyu chaynogo syr'ya i gotovoy produktii chaynogo proizvodstva [Laboratory workshop on technochemical control of tea raw materials and finished products of tea production]. Moscow: Izdatel'skiy kompleks MGUPP, 58 [in Russian].
11. Cahangirov, M.M. (2019). Çayda polifenolların miqdarının təyini metodlarının təkmilləşdirilməsi. *Xəbərlər məcmuəsi*. AMEA Gəncə Bölməsi. Gəncə, 3, 62–68 [in Azeri].
12. Leont'yeva, A.I. (1997). *Teoriya teplomassoobmena: Uchebnik dlya tekhnicheskikh universitetov i vuzov [Theory of heat and mass transfer: Textbook for technical universities and colleges]*. Moscow: Izd-vo MGTU im. N.E. Bauman, 683 [in Russian].
13. Poverni, L.D. (2008). Novaya tekhnologiya polucheniya instantnogo poroshkovogo ekstrakta zelenogo chaya [New technology for obtaining instant powder extract of green tea]. *Pivo i napitki – Beer and drinks*, 2, 42–45 [in Russian].