

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-4-35-44>

УДК 663.938.8:663.051



Динамика биологически активных соединений и антиоксидантной активности кофе при экстрагировании холодным способом при разных температурах

Л.П. Нилова, С.М. Малютенкова✉, В.Р. Тверской

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»;
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,
✉malutesha66@mail.ru*

Аннотация. Введение. Холодный способ приготовления кофе относительно новый. **Целью работы** являлось исследование динамики биологически активных соединений и антиоксидантной активности при экстрагировании кофе холодным способом на примере кофе арабика, реализуемого на российском потребительском рынке. **Методы.** Экстрагирование осуществляли в течение 24 часов в двух вариантах, отличающихся температурой воды для экстрагирования (+20°C и +4°C). В разновременные интервалы (5 минут, 1, 3, 6, 12 и 24 часа) в экстрактах определяли: спектрофотометрически содержание кофеина, сумму хлорогеновых кислот, фенольные соединения; антиоксидантную активность кулонометрическим методом. Контролем служил экстракт кофе, заваренный в френч прессе в течение 5 минут горячим способом. **Результаты.** Основная часть биологически активных соединений перешла в экстракт через 6 и 12 часов при использовании для экстрагирования воды температурой +20°C и +4°C, соответственно, составляя более 90 и 95% от их общего количества, экстрагированного за 24 часа. В то же время их антиоксидантная активность составила только 83,89 и 87,45%. Содержание биологически активных соединений и антиоксидантная активность экстрактов достигла или превысила контроль после 24 часов экстрагирования. В напитках, приготовленных в течение 6 и 24 часов (температура воды +20 °C) и 12 и 24 часов (температура воды +4°C), дополнительно определяли растворимые сухие вещества, pH, титруемую кислотность, интенсивность коричневого цвета. При более высокой температуре за 24 часа экстрагирования кофе приобретает горький привкус, что снижает его органолептическую оценку. **Заключение.** Для формирования оптимальных органолептических и антиоксидантных свойств при приготовлении кофе арабика холодным способом можно использовать воду температурой +20°C и +4°C с продолжительностью экстрагирования 6 и 24 часа соответственно.

Ключевые слова: кофе, температура экстрагирования, кофеин, хлорогеновые кислоты, фенольные соединения, антиоксидантная активность, физико-химические показатели, органолептическая оценка

Для цитирования: Нилова Л.П., Малютенкова С.М., Тверской В.Р. Динамика биологически активных соединений и антиоксидантной активности кофе при экстрагировании холодным способом при разных температурах. *Новые технологии / New technologies.* 2024;20(4):35-44. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-4-35-44>

Dynamics of biologically active compounds and antioxidant activity of coffee during cold extraction at different temperatures

L.P. Nilova, S.M. Malyutenkova✉, V.R. Tverskoy

*Peter the Great Polytechnic University;
Petersburg, the Russian Federation,
✉malutesha66@mail.ru*

Abstract. Introduction. Cold brewing is a relatively new method of preparing coffee. The goal research was to study the dynamics of biologically active compounds and antioxidant activity during cold extraction of coffee using Arabica coffee sold on the Russian consumer market. **The Methods.** Extraction was carried out for 24 hours in two versions differing in the temperature of the water for extraction (+20°C and +4°C). At different time intervals (5 minutes, 1, 3, 6, 12 and 24 hours) the following were determined in the extracts: spectrophotometrically for caffeine content, the amount of chlorogenic acids, phenolic compounds; antioxidant activity by the coulometric method. The coffee extract brewed in a French press for 5 minutes using the hot method served as a control sample. **The Results.** The main part of biologically active compounds passed into the extract after 6 and 12 hours when using water at a temperature of +20°C and +4°C for extraction, respectively, constituting more than 90 and 95% of their total amount extracted in 24 hours. At the same time, their antioxidant activity was only 83.89 and 87.45%. The content of biologically active compounds and the antioxidant activity of the extracts reached or exceeded the control after 24 hours of extraction. In drinks prepared for 6 and 24 hours (water temperature +20 °C) and 12 and 24 hours (water temperature +4°C), soluble dry substances, pH, titratable acidity, and brown color intensity were additionally determined. At a higher temperature, coffee acquires a bitter taste during 24 hours of extraction, which reduces its organoleptic assessment. **The Conclusion.** To form optimal organoleptic and antioxidant properties when preparing Arabica coffee using cold brewing method, water at a temperature of +20°C and +4°C can be used with an extraction time of 6 and 24 hours, respectively.

Keywords: coffee, extraction temperature, caffeine, chlorogenic acids, phenolic compounds, antioxidant activity, physicochemical parameters, organoleptic assessment

For citation: Nilova L.P., Malyutenkova S.M., Tverskoy V.R. Dynamics of biologically active compounds and antioxidant activity of coffee during cold extraction at different temperatures. *New technologies/ Novye tehnologii*. 2024;20 (4):35-44. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-4-35-44>

Введение. Кофе – один из самых популярных напитков в мире, при заваривании которого происходит экстракция ароматических веществ, кофеина и антиоксидантных соединений фенольной природы, что в совокупности обуславливает его вкусовые качества, тонизирующий эффект и антиоксидантные свойства [1, 2].

Эффективность процесса экстракции связана с множеством переменных факторов: соотношения кофе и воды, температуры воды, диаметра частиц молотого кофе и времени заваривания [3, 4]. Существуют разные способы заваривания кофе [4-7], в

которых преимущественно экстракция происходит под действием горячей воды под давлением или без него, обеспечивая довольно быстрое приготовление напитка. Высокая температура воды при заваривании кофе обеспечивает лучшую растворимость соединений средней полярности, таких как кофеин и фенольные соединения, а также способствует высвобождению липидов кофе, которые могут препятствовать ускоренной экстракции при понижении температуры [8].

При использовании для заваривания кофе холодной воды (холодный способ)

получают напиток называемый «колд брю» (Cold Brew) [3, 7, 9, 10]. Длительность процесса экстракции будет зависеть от температуры воды, которая может колебаться от +4 до +37°C, и достигать до 24 часов, при этом равновесная концентрация основных биологически активных соединений (кофеина и хлорогеновых кислот (ХК) может не совпадать с оптимальными органолептическими показателями, формируемыми ароматическими веществами [10, 11, 12]. По мнению некоторых авторов [7, 9, 13, 14], более медленные процессы экстракции изменяют вкус и аромат кофе «колд брю», уменьшая выраженность кислого вкуса и увеличивая его сладость, по сравнению с горячими способами заваривания. По данным [13], титруемая кислотность различается между ними на 20,3–43,8%.

Холодный способ заваривания кофе относительно новый, и в настоящее время продолжается поиск оптимальных условий проведения холодной экстракции. В открытой печати опубликованы противоречивые данные интенсивности экстракции биологически активных соединений, различающиеся продолжительностью экстракции при одинаковой температуре или меньшей продолжительностью при более низких температурах [3, 4, 7, 13]. При этом экстрагирование осуществляют минеральной [4] или дионизированной [13, 15] водой. Температуру воды регулируют на водяной бане [7] или в холодильнике [14]. Исследования проводят при различном соотношении кофе и воды: 1/10 [4, 13, 15]; 1/15 [14]; 2,5/100; 5,5/100 [3, 4]; 8/100 или 12/100 [9]. В России существует стандартизированная процедура приготовления кофе, отличающаяся от представленных в научной литературе условий, что может изменить результаты экстрагирования.

Цель работы. Исследование динамики биологически активных соединений и антиоксидантной активности при экстрагировании кофе холодным способом при разной температуре.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили на примере кофе арабика молотый «Живой кофе», произведенный в России, воды питьевой, бутилированной «Святой источник». Для экстрагирования согласно ГОСТ 34116–2017 использовали 7 г кофе и 100 мл воды разной температуры: +20°C; +4°C. Продолжительность экстракции – 24 часа (1440 минут) при комнатной температуре. Контролем служил напиток, полученный горячим способом заваривания в френч-прессе кипящей водой с выдержкой 5 минут.

В экстрактах после фильтрования через бумажные фильтры с разной периодичностью (5 минут, 1, 3, 6, 9, 12 и 24 часа) определяли: на спектрофотометре «UNICO-2800» содержание кофеина, сумму хлорогеновых кислот (ΣХК), общие фенольные соединения (ОФС); на кулонометрическом титранте «Эксперт-006» – антиоксидантную активность (АОА).

Кофеин определяли в хлороформенных вытяжках экстрактов после предварительного их подщелачивания до pH 12,5, измеряя оптическую плотность при длине волны 276 нм с учетом оптической плотности фона при длине волны 310 нм. Для определения суммы ХК проводили обезжиривание экстракта петролейным эфиром, затем горячей водой, охлаждали на льду, проводили измерения при длине волны 324 нм. Общее содержание ФС определяли по ГОСТ Р 55488–2013 с реактивом Фолина-Чокальтеу, измеряя оптическую плотность при длине волны 765 нм.

Кулонометрическим титрованием с электрогенерированным бромом определяли время (сек.), затраченное на титрование 2 мл каждого экстракта, после чего согласно прописи прибора пересчитывали время в количество электроэнергии, получая значения АОА в кулонах. Электролитическую ячейку прибора калибровали по рутину.

Из физико-химических показателей определяли: растворимые сухие вещества

(PCB) рефрактометрически по ГОСТ 2173–2013; значения pH на лабораторном pH-метре; титруемую кислотность (ТК) путем титрования 40 мл образца кофе 0,1 N раствором NaOH до pH 6,5 [13], выражая в мл, пошедших на титрование; интенсивность коричневого цвета (A_{420}) напитка предварительно разбавленного питьевой водой до 1:20, измеряли на спектрофотометре при длине волны 420 нм [8].

Дегустационная оценка напитков кофе проводилась специалистами в области качества в количестве 5 человек по органолептическим показателям: цвет, вкус и аромат – с максимальной оценкой 5 баллов.

Измерения проводили в 3-6 кратной повторности на каждом временном этапе, обрабатывая полученные экспериментальные данные осуществляли с использованием в Microsoft Excel 2010.

Результаты и обсуждение. Эффективность экстракции биологически активных соединений зависела от температуры воды для холодного заваривания кофе и носила аналогичный характер для исследуемых соединений. При использовании воды температурой +20 °C их экстракция происходила интенсивно даже в первые пять минут (табл. 1) благодаря хорошей растворимости соединений средней полярности. Уже через 5 минут экстракт содержал 48,6% кофеина от общего количества, извлеченного в течение 1440 мин. (24 часа). Максимальной эффективности экстракция достигла через 360 мин. (6 часов), когда количество кофеина в экстракте составило 90,76%, после чего скорость экстракции снизилась, особенно в последние 12 часов.

Использование для заваривания более холодной воды температурой +4 °C замедлило скорость экстракции кофеина, которого в первые 5 минут извлеклось на 28,2% меньше. Более медленная экстракция привела к тому, что основное количество кофеина 98,27% извлеклось в экстракт только через 12 часов. Количество кофеина в экстрактах достигло контрольных значений

(горячий способ заваривания) (табл. 2), через 6 и 12 часов, соответственно для воды температурой +20 °C и +4 °C. Через 24 часа количество кофеина в экстрактах превысило контроль на 16,5 и 5,2% соответственно, что подтверждает данные, опубликованные Fuller & Rao [3].

Динамика экстракции Σ ХК и ОФС была похожа на динамику кофеина (табл. 1). Их количество достигло контрольных значений (табл. 2) через 6 и 12 часов соответственно при использовании воды температурой +20 °C и +4 °C, составляя от общего количества за 24 часа экстракции: Σ ХК – 91,8 и 97,79%; ОФС – 93,61 и 95,16%. Несмотря на хорошую растворимость ХК в горячей и холодной воде за счет диффузии через внутригранулярные поры внутри молотого кофе, по данным [3], полная экстракция Σ ХК требует длительного периода экстрагирования. При этом холодное экстрагирование в течение 24 часов увеличивает концентрацию ОФС в экстрактах по сравнению с традиционным горячим завариванием [1].

АОА экстрактов имела такую же динамику (см. табл. 1), что отражает влияние на ее формирование исследованных биологически активных соединений. Через 6 и 12 часов экстракции, соответственно при температурах +20 °C и +4 °C, АОА кофейных экстрактов составляла 83,89 и 87,45% от значений, полученных за 24 часа экстракции, что меньше, чем доля экстрагированных биологически активных соединений. Во многих исследованиях [8, 13, 14] не установлено влияние количества ХК на АОА кофейных экстрактов. При увеличении времени заваривания с 9 до 24 часов АОА кофейных экстрактов может как уменьшаться, так и увеличиваться, возможно, из-за выбранных методов определения, что показано в работе [1]. Бразильский и колумбийский кофе за этот период повышал АОА по отношению к DPPH радикалу, но хелатирующая способность (FRAP-тест) при этом уменьшалась.

Во время длительного процесса холодного заваривания происходит также экстракция остаточных промежуточных продуктов реакции Майяра, образующихся в процессе обжарки (например, продукты перегруппировки Амадори, редуктоны и дикарбонилы), а также продуктов полимеризации низкомолекулярных меланоидинов, обладающих худшей растворимостью в холодной воде, тем самым увеличивая коричневую окраску в кофейных экстрактах [12].

Было проведен сравнительный анализ физико-химических характеристик кофе, полученных холодным способом при двух температурах за полные 24 часа (1440 минут) экстракции и на промежуточном этапе при достижении равновесной концентрации биологически активных соединений – 720 минут при температуре +4 °С и 360 минут при температуре +20 °С (табл. 2). Контролем служил кофе, полученный горячим способом в френч-прессе.

Таблица 1. Динамика биологически активных соединений и АОА при экстрагировании кофе холодным способом

Table 1. Dynamics of biologically active compounds and AOA during cold extraction of coffee

Вещество, мг/100 мл	Продолжительность экстрагирования, мин.						
	5	60	180	360	540	720	1440
Температура + 20°C							
Кофеин	13,10	17,65	21,20	24,47	25,80	26,54	26,96
Σ ХК	12,50	20,00	29,10	36,50	38,12	39,00	39,75
ОФС	149,3	228,5	311,0	357,7	370,4	380,0	382,1
АОА	135,2	211,0	258,3	275,2	288,0	297,4	307,9
Температура + 4°C							
Кофеин	10,22	12,00	15,10	18,72	21,78	23,90	24,32
Σ ХК	8,75	12,65	19,96	26,62	31,88	34,10	34,87
ОФС	105,4	135,8	198,3	268,0	312,8	350,2	368,0
АОА	102,4	130,6	182,4	207,2	233,4	254,5	291,0

Таблица 2. Физико-химические характеристики экстрактов кофе

Table 2. Physicochemical characteristics of coffee extracts

Показатели	Температура заваривания				
	+4 °С		+ 20 °С		+ 100°С
	продолжительность, мин.				
	720	1440	360	1440	5
РСВ, %	0,96	1,08	1,06	1,10	1,08
A ₄₂₀	0,360	0,400	0,395	0,410	0,412
pH, ед.	5,15	5,13	5,13	5,12	5,12
ТК, мл 0,1 N NaOH	4,37	4,60	4,55	4,66	4,85
Кофеин, мг/100мл	23,90	24,32	24,47	26,96	23,22
Σ ХК, мг 100 мл	34,10	34,87	36,50	39,75	34,28
ОФС, мг ГК / 100 мл	350,2	368,0	357,7	382,10	361,55
АОА, мг рутина /100 мл	254,5	291,0	258,3	307,90	276,00

Количество РСВ в напитках, полученных холодным способом независимо от температуры заваривания, достигло контрольных значений (горячий способ) только при

полном экстрагировании в течение 24 часов. С увеличением РСВ повышалась интенсивность коричневого цвета (A₄₂₀), но, тем не менее, была менее выражена при заварива-

нии холодным способом даже в случае большего количества РСВ (+20 °С 24 часа), чем при горячем способе, что подтверждает исследование авторов, утверждающих худшую смачиваемость частиц и растворимости меланоидинов в холодной воде [12].

pH напитков практически не отличалось от контроля, и только при заваривании при +4 °С имело место повышение уровня pH в щелочную сторону. Многие авторы [1, 3, 4, 12, 13] отмечают, что холодный кофе характеризуется более щелочной реакцией. При этом никакой корреляции между воспринимаемой кислотностью во вкусе кофейных экстрактов, титруемой кислотностью и pH, не наблюдалось. pH характеризует концентрацию водных ионов водорода, отражая количество депротонированных молекул кислоты в тестируемом образце, тогда как общая титруемая кислотность является мерой всех кислотных протонов в образце, включая недиссоциированные протоны [13]. По их мнению, сложность экстракции депротонированных кислотных соединений приводит к существенным различиям титруемой кислотности кофе при разных способах заваривания [11, 13]. Тем не менее, в наших исследованиях прослеживается увеличение значений титруемой кислотности при более длительном экстрагировании и зависимость от температуры.

Все напитки, приготовленные холодным способом при разных температурах за 24 часа заваривания, не уступали контролю

или превышали по содержанию биологически активных соединений и антиоксидантной активности. Однако более укороченное время заваривания не позволило полностью извлечь ОФС, что отразилось на АОО экстрактов, которая была ниже, чем в контроле на 6,8 и 8,4% соответственно при использовании для экстрагирования воды температурой +20 °С и +4 °С.

Проведенная органолептическая оценка (см. табл. 3) выявила, что самыми лучшими органолептическими показателями характеризовался кофе, приготовленный в результате заваривания водой температурой +4 °С в течение 24 часов. Дегустаторы отмечали мягкий вкус напитка, с легкой кислинкой, характерной для арабики, интенсивного коричневого цвета. Более короткий промежуток времени – 720 мин. (12 часов) – для заваривания при этой температуре не позволили получить выраженный вкус и аромат кофе. Напротив, при использовании для заваривания воды температурой +20 °С напиток с более выраженными органолептическими показателями был получен за 6 часов заваривания. Увеличение времени заваривания до 1440 мин. (24 часа) придало напитку выраженную горечь, нехарактерную для арабики, что может быть обусловлено извлечением олигомеров 4-винилкатехина, для экстракции которого требуется длительное время, усиливающееся более высокой температурой холодного заваривания [3].

Таблица 3. Результаты балльной оценки органолептических показателей напитков из кофе разных способов заваривания

Table 3. The results of scoring the organoleptic characteristics of coffee drinks brewed in different ways

Показатели	Температура заваривания				
	+4 °С		+ 20 °С		+ 100°С
	продолжительность, мин.				
	720	1440	360	1440	5
Цвет напитка	4,2	5,0	5,0	5,0	5,0
Вкус	3,8	5,0	4,6	3,6	4,8
Аромат	4,2	5,0	5,0	5,0	5,0
Итого:	12,2	15,0	14,6	13,6	14,8

Заключение. При приготовлении кофе холодным способом интенсивность экстракции биологически активных соединений зависит от температуры воды, извлекаемая их в количестве более 90% при температуре +20°C за 360 мин. (6 часов) и 95% при температуре +4°C за 720 мин. (12 часов) от их общего количества, экстрагированного за 1440 мин. (24 часа), при этом антиоксидантная активность экстрактов была меньше, составляя 83,89 и 87,45% соответственно.

Кофе, приготовленный холодным способом в течение 1440 мин. (24 часа), содержит больше кофеина, ОФС и характеризуется большей АОО независимо от темпера-

туры воды для экстрагирования по сравнению с горячим способом, а Σ ХК только при использовании воды температурой +20°C. При более высокой температуре воды (+20°C для экстрагирования) кофе приобретает горький привкус, что снижает его органолептическую оценку.

Приготовление напитков из кофе арабика холодным способом можно осуществлять с использованием воды температурой +20°C с длительностью экстракции 360 мин. (6 часов) или воды температурой +4°C с длительностью экстракции 1440 мин. (24 часа), что позволит обеспечить высокие органолептические и антиоксидантные свойства готового напитка.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Parameters on antioxidant activity and caffeine content in infusions of roasted and unroasted arabica coffee beans originated from different countries Muzykiewicz-Szymańska A. [et al.] // *Molecules*. 2021. No. 26. P. 3681. DOI: 10.3390/molecules26123681
2. Antioxidant and antiradical activity of coffee / Yashin A. [et al.] // *Review. Antioxidants*. 2013. No. 2. P. 230-245. DOI:10.3390/antiox2040230
3. Fuller M., Rao N.Z. The effect of time, roasting temperature, and grind size on caffeine and chlorogenic acid concentrations in cold brew coffee // *Scientific Reports*. 2017. No. 7(1). P. 17979. DOI: 10.1038/s41598-017-18247-4
4. What kind of coffee do you drink? An investigation on effects of eight different extraction methods / Angeloni G. [et al.] // *Food Research International*. 2019. No. 116. P. 1327-1335. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.10.022
5. Лашманова Л.А., Ибрагимова Р.Ю., Борисова А.В. Влияние способов заваривания кофе на органолептические и физико-химические свойства // *Вестник КрасГАУ*. 2023. № 3. С. 181-187. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-3-181-187
6. Нилова Л.П., Малютенкова С.М., Тверской В.Р. Оценка антиоксидантных свойств напитков, приготовленных из кофе разными способами // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2024. Т. 13, № 2(66). С. 100-105.
7. Viability of microwave technology for accelerated cold brew coffee processing vs conventional brewing methods / Caudill M. [et al.] // *Journal of Food Engineering*. 2022. No. 317. P. 110866. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2021.110866
8. Rao N.Z., Fuller M., Grim M.D. Physiochemical characteristics of hot and cold brew coffee chemistry: The effects of roast level and brewing temperature on compound extraction // *Foods*. 2020. No. 9. P. 902. DOI: 10.3390/foods9070902

9. Seninde D.R., Chambers I.V.E., Chambers D. Determining the impact of roasting degree, coffee to water ratio and brewing method on the sensory characteristics of cold brew Ugandan coffee // *Food Research International*. 2020. No. 137. P. 109667. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109667
10. Extraction of coffee antioxidants: Impact of brewing time and method / Ludwig I.A. [et al.] // *Food Research International*. 2012. No. 48(1). P. 57-64. DOI: 10.1016/j.foodres.2012.02.023
11. Evaluation of physicochemical characteristics and sensory properties of cold brew coffees prepared using ultrahigh pressure under different extraction conditions / Chen Sh. [et al.] // *Foods*. 2023. No. 12. P. 3857. DOI: 10.3390/foods12203857
12. Wang X., Lim L.-T. Effects of grind size, temperature, and brewing ratio on immersion cold brewed and french press hot brewed coffees // *Applied Food Research*. 2023. No. 3. P. 100334. DOI: 10.1016/j.afres.2023.100334
13. Rao N.Z., Fuller M. Acidity and antioxidant activity of cold brew coffee // *Scientific Reports*. 2018. No. 8. P. 16030. DOI: 10.1038/s41598-018-34392-w
14. Impact of bean origin and brewing methods on bioactive compounds, bioactivities, nutrition, and sensory perception in coffee brews: An Indonesian coffee gastronomy study / Herawati D. [et al.] // *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2024. No. 35. P. 100892. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2024.100892

REFERENCES

1. Parameters on antioxidant activity and caffeine content in infusions of roasted and unroasted arabica coffee beans originated from different countries Muzykiewicz-Szymańska A. [et al.] // *Molecules*. 2021. No. 26. P. 3681. DOI: 10.3390/molecules26123681
2. Antioxidant and antiradical activity of coffee / Yashin A. [et al.] // Review. *Antioxidants*. 2013. No. 2. P. 230-245. DOI: 10.3390/antiox2040230
3. Fuller M., Rao N.Z. The effect of time, roasting temperature, and grind size on caffeine and chlorogenic acid concentrations in cold brew coffee // *Scientific Reports*. 2017. No. 7(1). P. 17979. DOI: 10.1038/s41598-017-18247-4
4. What kind of coffee do you drink? An investigation on effects of eight different extraction methods / Angeloni G. [et al.] // *Food Research International*. 2019. No. 116. P. 1327-1335. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.10.022
5. Lashmanova L.A., Ibragimova R.Yu., Borisova A.V. Influence of coffee brewing methods on organoleptic and physicochemical properties // *Bulletin of KrasSAU*. 2023. No. 3. P. 181-187. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-3-181-187 (In Russ.).
6. Nilova L.P., Malyutenkova S.M., Tverskoy V.R. Evaluation of antioxidant properties of drinks prepared from coffee in different ways // *XXI century: results of the past and problems of the present plus*. 2024. Vol. 13, No. 2(66). P. 100-105. (In Russ.).
7. Viability of microwave technology for accelerated cold brew coffee processing vs conventional brewing methods / Caudill M. [et al.] // *Journal of Food Engineering*. 2022. No. 317. P. 110866. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2021.110866
8. Rao N.Z., Fuller M., Grim M.D. Physiochemical characteristics of hot and cold brew coffee chemistry: The effects of roast level and brewing temperature on compound extraction // *Foods*. 2020. No. 9. P. 902. DOI: 10.3390/foods9070902
9. Seninde D.R., Chambers I.V.E., Chambers D. Determining the impact of roasting degree, coffee to water ratio and brewing method on the sensory characteristics of cold brew Ugandan coffee // *Food Research International*. 2020. No. 137. P. 109667. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109667

10. Extraction of coffee antioxidants: Impact of brewing time and method / Ludwig I.A. [et al.] // Food Research International. 2012. No. 48(1). P. 57-64. DOI: 10.1016/j.foodres.2012.02.023
11. Evaluation of physicochemical characteristics and sensory properties of cold brew coffees prepared using ultrahigh pressure under different extraction conditions / Chen Sh. [et al.] // Foods. 2023. No. 12. P. 3857. DOI: 10.3390/foods12203857
12. Wang X., Lim L.-T. Effects of grind size, temperature, and brewing ratio on immersion cold brewed and french press hot brewed coffees // Applied Food Research. 2023. No. 3. P. 100334. DOI: 10.1016/j.afres.2023.100334
13. Rao N.Z., Fuller M. Acidity and antioxidant activity of cold brew coffee // Scientific Reports. 2018. No. 8. P. 16030. DOI: 10.1038/s41598-018-34392-w
14. Impact of bean origin and brewing methods on bioactive compounds, bioactivities, nutrition, and sensory perception in coffee brews: An Indonesian coffee gastronomy study / Herawati D. [et al.] // International Journal of Gastronomy and Food Science. 2024. No. 35. P. 100892. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2024.100892

Информация об авторах / Information about the authors

Нилова Людмила Павловна, кандидат технических наук, доцент, доцент Высшей школы сервиса и торговли, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; 195251, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5154-7095>, e-mail: nilova_l_p@mail.ru

Малютенкова Светлана Михайловна, кандидат технических наук, доцент, доцент Высшей школы сервиса и торговли, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; 195251, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8081-6688> e-mail: malutesha66@mail.ru

Тверской Василий Ростиславович, аспирант Высшей школы сервиса и торговли, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; 195251, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8798-5366>, e-mail: vasilybasil@gmail.com

Liudmila P. Nilova, PhD (Eng.), Associate Professor, Higher School of Service and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; 195251, the Russian Federation, St. Petersburg, 29 Politekhnicheskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5154-7095>, e-mail: nilova_l_p@mail.ru

Svetlana M. Malyutenkova, PhD (Eng.), Associate Professor, Higher School of Service and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; 195251, the Russian Federation, St. Petersburg, 29 Politekhnicheskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8081-6688>, e-mail: malutesha66@mail.ru

Vasily R. Tverskoy, Postgraduate student, Higher School of Service and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; 195251, the Russian Federation, St. Petersburg, 20

Politekhnikeskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8798-5366>, e-mail: vasilybasil@gmail.com

Заявленный вклад авторов

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Claimed contribution of authors

All authors of the research were directly involved in the design, execution, and analysis of the research. All authors of the article have read and approved the final version submitted.

Поступила в редакцию 16.09.2024

Поступила после рецензирования 30.10.2024

Принята к публикации 08.11.2024

Received 16.09.2024

Revised 30.10.2024

Accepted 08.11.2024