УДК 663. 93

DOI 10.29141/2500-1922-2020-5-4-11

Исследование антиоксидантных свойств различных видов кофе

Д.Ф. Игнатова^{1*}, Н.В. Макарова¹

¹Самарский государственный технический университет, г. Самара, Российская Федерация, *e-mail: dinara-bakieva@mail.ru

Ключевые слова:

кофе арабика
(*Coffea Arabica*);
кофе робуста
(*Coffea Canephora*);
зеленый кофе;
антиоксидантные
вещества;
антирадикальная
активность;
восстанавливающая
способность;
фенолы;
флавоноиды

Реферат

Представлены результаты определения содержания антиоксидантных веществ (общее содержание фенольных веществ, общее содержание флавоноидов), а также показателей антирадикальной активности (по методу DPPH) и восстанавливающей силы (по методу FRAP) в различных видах кофе в зернах в зависимости от степени обжарки (слабая, средняя, сильная), видов кофе (робуста и арабика) и страны-импортера. Для исследования использована продукция, представленная в торговых сетях г. Самары. Цель исследования – установление универсального и наиболее распространенного источника функциональных веществ с антиоксидантным действием для организма человека и использование его как в чистом виде, так и в комплексе с другими продуктами (БАД). По результатам проведенного исследования установлено, что кофе робуста (*Coffea Canephora*) средней степени обжарки из Бразилии имеет высокие показатели по всем проведенным анализам, может использоваться и как дополнительный источник антиоксидантных веществ, и как сырье для получения БАД. Кофе арабика (*Coffea Arabica*) средней степени обжарки индонезийского происхождения имеет самую высокую восстанавливающую силу, наибольшее содержание фенолов и флавоноидов. Кофе арабика (*Coffea Arabica*) сильной степени обжарки из Индии имеет самые низкие показатели. Другие виды кофе имеют средние, незначительно отличающиеся характеристики.

Финансирование: Работа выполнена в рамках государственного задания на фундаментальные исследования Самарского государственного технического университета № 0778-2020-0005.

Для цитирования: Игнатова Д.Ф., Макарова Н.В. Исследование антиоксидантных свойств различных видов кофе // Индустрия питания/Food Industry. 2020. Т. 5, № 4. С. 74–81. DOI: 10.29141/2500-1922-2020-5-4-11

Дата поступления статьи: 15 октября 2020 г.

Antioxidant Properties Research of Various Types of Coffee

Dinara F. Ignatova^{1*}, Nadezhda V. Makarova¹

¹Samara State Technical University, Samara, Russian Federation, *e-mail: dinara-bakieva@mail.ru

Keywords:

Arabica coffee
(*Coffea Arabica*);
Robusta coffee
(*Coffea Canephora*);
green coffee;
antioxidant substances;
anti-radical activity;
restoring ability;
phenols;
flavonoids

Abstract

The article presents results of antioxidant compounds determination (total amount of phenolic compounds, total amount of flavonoids) and parameters of the antiradical activity (by the DPPH method) and reducing power (by the FRAP method) in different types of coffee beans depending on roasting degree (weak, medium, strong), coffee variety (Robusta and Arabica) and the importing country. The researchers used the products presented in the retail chains of Samara. The study purpose was to reveal a universal and most common source of functional substances with an antioxidant effect for the human body and use it both in its pure form and in combination with other products (BAS). According to the research results, Robusta coffee (*Coffea Canephora*) of medium roasting from Brazil has high indicators for all the conducted analyses and can be used as an additional source of antioxidant substances, and as a raw material for obtaining BAS. Coffee Arabica (*Coffea Arabica*) of medium roasting of Indonesian origin has the highest restoring power, and the

highest content of phenols and flavonoids. Coffee Arabica (*Coffea Arabica*) of a strong degree of roasting from India has the lowest rates. All other types of coffee have average, slightly different results.

Funding: The research was performed within the State task framework for the fundamental research of the Samara State Technical University No. 0778-2020-0005.

For citation: Dinara F. Ignatova, Nadezhda V. Makarova. Antioxidant Properties Research of Various Types of Coffee. *Индустрия питания/Food Industry*. 2020. Vol. 5, No. 4. Pp. 74–81. DOI: 10.29141/2500-1922-2020-5-4-11

Paper submitted: October 15, 2020

Актуальность

Кофе – это не только зерна, но и напиток, приготовленный на основе обжаренных бобов кофейного дерева, один из самых востребованных в мире, его употребляют миллионы людей каждый день [1].

Потребление кофе является важной частью повседневной жизни и питания современного человека. Некоторые исследователи утверждают, что кофе оказывает возбуждающее действие на мозг человека, а ряд потребителей – любителей кофе сообщают о возникновении нерегулярного сердечного ритма или головных болей, поэтому неохотно пьют кофе [2]. Наоборот, недавние эпидемиологические исследования показали, что употребление кофе приводит к сокращению смертности от сердечно-сосудистых заболеваний [3].

На сегодня многие исследования подтверждают наличие положительных факторов для здоровья человека при употреблении данного напитка [1]. По мнению многих диетологов, положительный эффект от употребления кофе, главным образом, зависит от содержания в нем антиоксидантных и противовоспалительных соединений. Так, дитерпены и меланоидины, содержащиеся в кофе, показывают способность ингибировать продуцирование воспалительных медиаторов. Тем не менее кофеин и дитерпены также могут оказывать негативное воздействие и приводить к резкому повышению артериального давления и росту показателей сыровоточных липидов [4].

Coffea Arabica (кофе арабика) и *Coffea Canephora* (кофе робуста) являются наиболее промышленно значимыми видами кофе. При этом кофе арабика имеет более высокую коммерческую ценность и в целом более благоприятные органолептические характеристики (вкус, аромат) [5].

Антиоксидантная способность кофе основывается, в первую очередь, на фенолах, но во время обжиги фенолы расщепляются, и образуются новые продукты с антиоксидантным эффектом. Основное соединение, влияющее на антиокси-

дантную активность, было идентифицировано как N-метилпиридиний, который образуется во время обжаривания, путем деградации тригонеллина. Деградация составляет около 50 % содержания тригонеллина, концентрация N-метилпиридиния в обжаренном кофе доходит до 0,25 % в пересчете на сухую массу.

Во время обжиги общая антиоксидантная способность снижается примерно до половины исходного уровня на начальной стадии обжаривания [6].

Кофейные зерна хранятся в течение определенного периода и при определенных условиях до тех пор, пока не будут окончательно использованы. Срок хранения может зависеть от потребительского спроса. В процессе хранения физические свойства кофе изменяются в зависимости от размера зерен кофе; зерна уменьшаются по массе и плотности, становятся более яркого цвета. Установлено, что уровень сахарозы в кофе уменьшается с соответствующим увеличением содержания хлорогеновой кислоты [7]. При хранении продукта происходит снижение содержания веществ с антиоксидантными свойствами до 10 % в год [6].

Изучение антиоксидантной способности 3-этилбензотиазолин-6-сульфоновой кислоты, содержащейся в зеленом кофе (86,09 %), показало более высокий процент замедления реакций окисления полифенолов, чем в кофе светлой (82,67 %), средней (81,14 %) и темной (79,43 %) степени обжарки. Содержание кофеина в кофе изменяется от темной (72 %) и средней степени обжарки (72,95 %) до не обжаренного зеленого кофе (77,34 %).

На окислительную активность кофе влияют два фактора: температура и период обжарки [8]: чем больше время и выше температура обжарки, тем ниже его антиоксидантная и антиокислительная активность кофе.

Самые высокие антиоксидантная способность, а также концентрация трех основных 5-, 4- и 3-каффеоилхиноновых кислот были определены для кофе вида *Coffea Canephora* [9].

В работах польских ученых [10] было описано использование молотого кофейного порошка в качестве функциональной добавки. Результаты их исследования показали, что фенольные соединения хлеба, обогащенного порошком кофе, были сильно растворимыми, что свидетельствовало о их высокой биодоступности. Содержание фенолов значительно изменялось с добавлением молотого кофе. Согласно органолептической оценке частичная замена пшеничной муки в хлебе порошком кофе (до 3 %) является приемлемой для потребителей. Хлеб, выработанный с использованием кофейного порошка, обладал более высокой антирадикальной активностью, чем контрольные образцы хлеба.

Кофе является одним из самых популярных в мире напитков благодаря богатому химическому составу, а также уникальным органолептическим показателям (аромат и вкус). Напиток, занимающий второе место (после нефти) по объемам продаж в мире, может выступать в качестве основного источника антиоксидантов для организма человека.

Цели исследования:

- определение содержания антиоксидантных веществ (полифенольных веществ, флавоноидов), а также антирадикальной активности – по методу DPPH, восстанавливающей силы – по методу FRAP в различных видах кофе иностранного производства;
- выявление перспективных видов кофе как исходного сырья для производства экстрактов с точки зрения профилактики заболеваний, вызываемых окислительным действием свободных радикалов.

Объекты и методы исследования

Объекты для исследования – кофе в зернах – были закуплены в торговых сетях г. Самары. Их характеристика представлена ниже (см. таблицу).

Исследование проведено с помощью нескольких методов.

Метод определения общего содержания фенольных веществ. Определение содержания фенольных веществ основано на их способности связываться с белковыми веществами, осаждаться солями металлов, окисляться и давать цветные реакции [11].

Содержание фенольных веществ в прозрачном растворе экстракта продуктов определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре. Спектр поглощения снимали при длине волны 725 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещали контрольную пробу. Калькуляцию фенольных соединений (мг галловой кислоты (ГК)/100 г продукта) проводили по калибровочной кривой.

Метод определения общего содержания флавоноидов. Содержание флавоноидов определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре [12]. Спектр поглощения снимали при длине волны 510 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещали дистиллированную воду.

Калькуляцию флавоноидов (мг катехина (К)/100 г продукта) проводили по калибровочной кривой.

DPPH-метод. Одним из способов оценки антиоксидантной активности является колориметрия свободных радикалов. Данный метод [13]

Характеристики объектов исследования – зерен кофе
Characteristics of the Research Objects – Coffee Beans

Вид	Степень обжарки	Страна-производитель
1. Робуста	Средняя	Бразилия
2. Арабика	Сильная	Италия
3. Арабика	Сильная	Индия
4. Арабика	Сильная	Бразилия
5. Jardin espresso DiMilano (арабика)	Сильная	Бразилия, Коста-Рика, Гватемала
6. Арабика	Средняя	Эфиопия
7. Арабика	Средняя	Колумбия
8. Арабика	Средняя	Индонезия
9. Rio-Rio. Живой кофе (арабика)	Средняя	Бразилия
10. Jacobs Monarch (арабика)	Средняя	Бразилия
11. Арабика	Слабая	Эквадор
12. Арабика	Слабая	Бразилия
13. Арабика (зеленый кофе)	Не обжарен	Бразилия

основан на реакции стабильного синтетического радикала DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила), растворенного в этаноле, с образцом антиоксиданта, содержащегося в экстракте.

Колориметрию свободных радикалов 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила проводили спектрофотометрическим методом на приборе КФК при длине волны 517 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещали этиловый спирт. Для исследования использовали экстракты с концентрацией 0,005; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5 г/см³.

FRAP-метод (метод определения железосвязывающей активности экстрактов). Определение железосвязывающей активности проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 593 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения приливали дистиллированную воду.

Определение железосвязывающей активности (ммоль Fe²⁺/кг исходного сырья) проводили по калибровочной кривой [14].

Определение сухих веществ в экстрактах. Массовую долю растворимых сухих веществ в экстракте определяли рефрактометрическим методом по ГОСТ ISO 2173-2013 «Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ».

Результаты исследования и их обсуждение

Химический состав зерен кофе определяет уровень их биологического действия.

Фенольные соединения – это важный класс, имеющий разные виды биологической активности [15]. Показатели общего содержания фенольных веществ представлены ниже (рис. 1).

Как установлено, лидерами по содержанию фенольных веществ являются кофе арабика средней степени обжарки из Индонезии (образец № 8) – 1 282 мг (ГК)/100 г, а также кофе робуста средней степени обжарки из Бразилии

(№ 1) и кофе арабика средней степени обжарки из Эфиопии (№ 6) – 1 104 мг (ГК)/100 г.

Среднее содержание фенолов показывают: RiO-RiO (кофе арабика средней степени обжарки из Бразилии) (№ 9) – 830 мг (ГК)/100 г; кофе арабика сильной степени обжарки из Италии (№ 2) – 787 мг (ГК)/100 г; кофе Jacobs Monarch (№ 10) – 758 мг (ГК)/100 г; кофе Jardin espresso DiMilano (№ 5) – 757 мг (ГК)/100 г; кофе арабика (зеленый кофе) (№ 13) – 754 мг (ГК)/100 г; кофе арабика средней степени обжарки из Колумбии (№ 7) – 730 мг (ГК)/100 г; кофе арабика сильной степени обжарки из Индии (№ 3) – 691 мг (ГК)/100 г и из Бразилии (№ 4) – 677 мг (ГК)/100 г.

Самое низкое содержание фенольных веществ обнаружено в кофе арабика слабой степени обжарки из Эквадора (№ 11) – 232 мг (ГК)/100 г.

Таким образом, абсолютным лидером по содержанию фенольных веществ является кофе арабика средней степени обжарки из Индонезии, а аутсайдером – кофе арабика слабой степени обжарки из Эквадора.

Для многих растительных материалов флавоноиды являются важным классом, определяющим уровень антиоксидантного действия [16]. В целом общее содержание флавоноидов в исследуемых образцах кофе различается незначительно (рис. 2).

Минимальное значение флавоноидов – 343 мг (К)/100 г – соответствует их содержанию в кофе Jardin espresso DiMilano (№ 5); в кофе Jacobs Monarch (№ 10) – 361 мг (К)/100 г и 364 мг (К)/100 г в кофе арабика слабой степени обжарки из Эквадора (№ 11). Наибольшее значение – 423 мг (К)/100 г – обнаружено в кофе арабика слабой степени обжарки из Бразилии (№ 12) и кофе арабика средней степени обжарки из Индонезии (№ 8) – 422 мг (К)/100 г. В остальных исследованных образцах кофе содержание флавоноидов колеблется от 391 до 419 мг (К)/100 г.

Рис. 1. Общее содержание фенольных веществ в различных видах кофе
Fig. 1. Total Amount of Phenolic Substances in Various Types of Coffee

Рис. 2. Общее содержание флавоноидов в различных видах кофе

Fig. 2. Total Amount of flavonoids in Various Types of Coffee

Способность улавливать свободные радикалы – важная составляющая антиоксидантной защиты организма человека от окислительного стресса [17].

Результаты исследования антирадикальной активности в зернах кофе различных видов представлены на рис. 3.

Наименьшая антирадикальная активность выявлена у кофе сортов робуста из Бразилии (№ 1) – 0,09 мг/мл, кофе арабика сильной обжарки из Индии (№ 3) – $E_{C50} = 0,11$ мг/мл и кофе RiO-RiO (№ 9) – 0,92 мг/мл. Немного большую антирадикальную активность проявили сорта кофе арабика сильной обжарки из Бразилии (№ 4), кофе Jardin espresso DiMilano (№ 5), кофе арабика слабой обжарки из Бразилии (№ 12) и слабой степени обжарки из Эквадора (№ 11) – 2,25; 3,48; 4,47 и 5,45 мг/мл соответственно.

Далее, по мере увеличения показателя E_{C50} и уменьшения антирадикальной активности, был составлен следующий ряд из сортов кофе: Jacobs Monarch (№ 10), кофе арабика средней обжарки из Индонезии (№ 8), кофе средней обжарки из Колумбии (№ 7) и средней обжарки из Эфиопии (№ 6) – 5,74; 6,06; 6,11 и 6,71 мг/мл соответственно. Наибольшей антирадикальной активностью обладает кофе арабика сильной обжарки из Италии (№ 2) – 9,32 мг/мл и зеленый кофе (№ 13) – 9,22 мг/мл.

Показатели восстанавливающей силы (демонстрируют способность замедлять реакции окисления и разложения молекул и клеток в организме человека [18]) в исследуемых образцах кофе различаются незначительно (рис. 4).

Максимальные значения восстанавливающей силы выявлены у кофе арабика средней степени обжарки из Индии (№ 3) – 9,81 ммоль Fe^{2+} /кг исходного сырья и кофе RiO-RiO (№ 9) – 9,72 ммоль Fe^{2+} /кг исходного сырья. У кофе арабика средней степени обжарки из Индонезии (№ 8) значение FRAP составляет 9,18 ммоль Fe^{2+} /кг исходного сырья, что выше значений для кофе арабика средней степени обжарки из Эфиопии (№ 6) и кофе слабой степени обжарки из Бразилии (№ 12) – 8,91 ммоль Fe^{2+} /кг.

Минимальные значения 7,20 и 7,02 ммоль Fe^{2+} /кг исходного сырья характерны для кофе арабика сильной степени обжарки из Бразилии (№ 4) и средней степени обжарки из Колумбии (№ 7) соответственно.

Для остальных образцов кофе значения восстанавливающей силы колеблются в пределах от 7,71 до 8,01 ммоль Fe^{2+} /кг исходного сырья.

Показатели массовой доли растворимых сухих веществ для зерен кофе разных видов представлены на рис. 5.

Максимальное количество сухих веществ содержится: в кофе Jacobs Monarch (№ 10) –

Рис. 3. Антирадикальная активность, определяемая методом DPPH, в различных видах кофе

Fig. 3. Antiradical Activity Determined by the DPPH Method in Various Types of Coffee

Рис. 4. Восстанавливающая сила, определяемая методом FRAP, в различных видах кофе
Fig. 4. Restoring Force Determined by the FRAP Method in Various Types of Coffee

Рис. 5. Массовая доля растворимых сухих веществ в экстрактах кофе
Fig. 5. Mass Fraction of Soluble Dry Substances in the Coffee Extracts

23,20 %; в кофе RiO-RiO (№ 9) – 23,10 % и кофе арабика средней степени обжарки из Эфиопии (№ 6) – 20,40 %.

Минимальные показатели содержания сухих веществ имеют: кофе арабика сильной степени обжарки из Бразилии (№ 4) – 12,35 %; кофе слабой степени обжарки (№ 12) – 12,20 % и кофе средней степени обжарки из Индонезии (№ 8) – 12,05 %.

В остальных образцах кофе содержание сухих веществ колеблется от 13,35 до 19,97 %.

Выводы

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что антиоксидантные свойства кофе в основном зависят от вида кофе и степени обжарки. Так, кофе робуста имеет большую антиоксидантную способность, чем другие образцы.

Зеленый кофе (не обжаренный) также имеет высокие показатели по всем экспериментальным методикам. По мнению авторов, это связано с тем, что тепловая обработка (обжарка) кофейных зерен разрушает большое количество полезных (антиоксидантных) веществ. Однако зеленый кофе имеет короткие сроки хранения, в большей степени подвержен воздействию вре-

дителей и микробиологической порче, и, следовательно, не может транспортироваться на большие расстояния и требует особых условий хранения. Также зеленый кофе характеризуется нетипичными вкусом и ароматом, и поэтому, предположительно, он не будет иметь высокую популярность у потребителей с точки зрения органолептической оценки.

Исследование нескольких образцов кофе, представленных в торговых сетях г. Самары, различающихся по способу обработки и региону происхождения, показало следующее:

- лидером среди представленных видов является кофе робуста средней степени обжарки из Бразилии, который имеет высокие показатели по всем проведенным испытаниям (содержание фенольных веществ и флавоноидов; антирадикальная активность по методу DPPH; восстанавливающая сила по методу FRAP; содержание растворимых сухих веществ);
- кофе арабика средней степени обжарки индонезийского происхождения имеет самый высокий показатель восстанавливающей силы, наибольшее содержание фенолов и флавоноидов;
- кофе арабика сильной степени обжарки из Индии имеет самые низкие показатели, и, сле-

довательно, не может использоваться в качестве перспективного дополнительного сырья в пищевой и фармацевтической промышленности;

- остальные образцы кофе имеют средние, незначительно отличающиеся характеристики.

На основании результатов проведенных экспериментов были выявлены виды кофе, перспективные для профилактики заболеваний, возникающих как следствие окислительного стресса,

для выделения комплекса биологически активных веществ, получения биологически активных добавок.

Кофе можно вводить в состав различных кулинарных изделий и напитков. В качестве образцов можно выделить кофе робуста (*Coffea Canephora*) средней степени обжарки из Бразилии и кофе арабика (*Coffea Arabica*) средней степени обжарки индонезийского происхождения.

Библиографический список

1. Gunalan, G.; Myla, N.; Balabhaskar, R. In Vitro Antioxidant Analysis of Selected Coffee Bean Varieties. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2012. Vol. 4, Iss. 4. Pp. 2126–2132.
2. Bae, J.-H.; Park, J.-H.; Im, S.-S.; Song, D.-K. Coffee and Health. *Integrative Medicine Research*. 2014. Vol. 3, Iss. 4. Pp. 189–191. DOI: 10.1016/j.imr.2014.08.002.
3. Noguchi, K.; Matsuzaki, T.; Sakanashi, M.; Hamadate, N.; Uchida, T.; Kina-Tanada, M.; Kubota, H.; Nakasone, J.; Sakanashi, M., et al. Effect of Caffeine Contained in a Cup of Coffee on Microvascular Function in Healthy Subjects. *Journal of Pharmacological Sciences*. 2015. Vol. 127, Iss. 2. Pp. 217–222. DOI: 10.1016/j.jphs.2015.01.003.
4. Silvio, B.; Marventano, S.; Antoci, M.; Cagnetti, A.; Castorina, G.; Galvano, F.; Marranzano, M.; Mistretta, A. Coffee and Metabolic Impairment: An Updated Review of Epidemiological Studies. *NFS Journal*. 2016. Vol. 3. Pp. 1–7. DOI: 10.1016/j.nfs.2016.02.001.
5. Dias, R.C.E.; Benassi, M.deT. Discrimination between Arabica and Robusta Coffees Using Hydrosoluble Compounds: Is the Efficiency of the Parameters Dependent on the Roast Degree? *Beverages*. 2015. Vol. 1. Pp. 127–139. DOI: 10.3390/beverages1030127.
6. Votavova, L.; Voldrich, M.; Sevcik, R., et al. Changes of Antioxidant Capacity of Robusta Coffee during Roasting. *Czech Journal of Food Sciences*. 2009. Vol. 27. Pp. S49–S52.
7. Ismail, I.; Anuar, M.S.; Shamsudin, R. Effect of the Physic-Chemical Properties of Liberica Green Coffee Beans under Ambient Storage. *International Food Research Journal*. 2013. Vol. 20. Pp. 255–264.
8. Tadros, L.K.; Safaa, M.A.; Sanad, M.I.; El-Sharkawy, A.A.; Ahmed, A.K. Polyphenols and Caffeine of Green and Roasted Coffee Beans as Natural Antioxidants. *Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology*. 2013. Vol. 2. Pp. 31–47.
9. Jeszka-Skowron, M.; Stanis, E.; Paz De Peña, M. Relationship between Antioxidant Capacity, Chlorogenic Acids and Elemental Composition of Green Coffee. *LWT - Food Science and Technology*. 2016. Vol. 73. Pp. 243–250. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.06.018.
10. Dziki, D.; Gawlic-Dziki, U.; Pecio, L.; Rozylo, R.; Swieca, M.; Krzykowski, A.; Rudy, S. Ground Green Coffee Beans as a Functional Food Supplement – Preliminary Study. *LWT - Food Science and Technology*. 2015. Vol. 63. Pp. 691–699. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.03.076.
11. Odzakovic, B.; Dzinic, N.; Kukric, Z.; Grujic, S. Effect of Roasting Degree on the Antioxidant Activity of Different Arabica Coffee Quality Classes. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2016. Vol. 15, Iss. 4. Pp. 409–417. DOI: 10.17306/J.AFS.2016.4.39.

Bibliography

1. Gunalan, G.; Myla, N.; Balabhaskar, R. In Vitro Antioxidant Analysis of Selected Coffee Bean Varieties. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2012. Vol. 4, Iss. 4. Pp. 2126–2132.
2. Bae, J.-H.; Park, J.-H.; Im, S.-S.; Song, D.-K. Coffee and Health. *Integrative Medicine Research*. 2014. Vol. 3, Iss. 4. Pp. 189–191. DOI: 10.1016/j.imr.2014.08.002.
3. Noguchi, K.; Matsuzaki, T.; Sakanashi, M.; Hamadate, N.; Uchida, T.; Kina-Tanada, M.; Kubota, H.; Nakasone, J.; Sakanashi, M., et al. Effect of Caffeine Contained in a Cup of Coffee on Microvascular Function in Healthy Subjects. *Journal of Pharmacological Sciences*. 2015. Vol. 127, Iss. 2. Pp. 217–222. DOI: 10.1016/j.jphs.2015.01.003.
4. Silvio, B.; Marventano, S.; Antoci, M.; Cagnetti, A.; Castorina, G.; Galvano, F.; Marranzano, M.; Mistretta, A. Coffee and Metabolic Impairment: An Updated Review of Epidemiological Studies. *NFS Journal*. 2016. Vol. 3. Pp. 1–7. DOI: 10.1016/j.nfs.2016.02.001.
5. Dias, R.C.E.; Benassi, M.deT. Discrimination between Arabica and Robusta Coffees Using Hydrosoluble Compounds: Is the Efficiency of the Parameters Dependent on the Roast Degree? *Beverages*. 2015. Vol. 1. Pp. 127–139. DOI: 10.3390/beverages1030127.
6. Votavova, L.; Voldrich, M.; Sevcik, R., et al. Changes of Antioxidant Capacity of Robusta Coffee during Roasting. *Czech Journal of Food Sciences*. 2009. Vol. 27. Pp. S49–S52.
7. Ismail, I.; Anuar, M.S.; Shamsudin, R. Effect of the Physic-Chemical Properties of Liberica Green Coffee Beans under Ambient Storage. *International Food Research Journal*. 2013. Vol. 20. Pp. 255–264.
8. Tadros, L.K.; Safaa, M.A.; Sanad, M.I.; El-Sharkawy, A.A.; Ahmed, A.K. Polyphenols and Caffeine of Green and Roasted Coffee Beans as Natural Antioxidants. *Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology*. 2013. Vol. 2. Pp. 31–47.
9. Jeszka-Skowron, M.; Stanis, E.; Paz De Peña, M. Relationship between Antioxidant Capacity, Chlorogenic Acids and Elemental Composition of Green Coffee. *LWT - Food Science and Technology*. 2016. Vol. 73. Pp. 243–250. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.06.018.
10. Dziki, D.; Gawlic-Dziki, U.; Pecio, L.; Rozylo, R.; Swieca, M.; Krzykowski, A.; Rudy, S. Ground Green Coffee Beans as a Functional Food Supplement – Preliminary Study. *LWT - Food Science and Technology*. 2015. Vol. 63. Pp. 691–699. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.03.076.
11. Odzakovic, B.; Dzinic, N.; Kukric, Z.; Grujic, S. Effect of Roasting Degree on the Antioxidant Activity of Different Arabica Coffee Quality Classes. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2016. Vol. 15, Iss. 4. Pp. 409–417. DOI: 10.17306/J.AFS.2016.4.39.

12. Samsonowicz, M.; Regulska, E.; Karpowicz, D.; Lesniewska, B. Antioxidant Properties of Coffee Substitutes Rich in Polyphenols and Minerals. *Food Chemistry*. 2019. Vol. 278. Pp. 101–109. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.11.057.
13. Babova, O.; Occhipinti, A.; Maffei, M.E. Chemical Partitioning and Antioxidant Capacity of Green Coffee (*Coffea Arabica* and *Coffea Canephora*) of Different Geographical Origin. *Phytochemistry*. 2016. Vol. 123. Pp. 33–39. DOI: 10.1016/j.phytochem.2016.01.016.
14. Liang, N.; Kitts, D.D. Antioxidant Property of Coffee Components: Assessment of Methods that Define Mechanisms of Action. *Molecules*. 2014. Vol. 19. Pp. 19180–19208. DOI: 10.3390/molecules191119180.
15. Moreira, A.S.P.; Nunes, F.M.; Simoes, C.; Maciel, E.; Domingues, P.; Domingues, M.R.M.; Coimbra, M.A. Data on Coffee Composition and Mass Spectrometry Analysis of Mixtures of Coffee Related Carbohydrates, Phenolic Compounds and Peptides. *Data in Brief*. 2017. Vol. 13. Pp. 145–161. DOI: 10.1016/j.dib.2017.05.027.
16. Nogaim, Q.A.; Al-Duais, M.; Al-Warafi, A.; Al-Erianee, H.; Al-Sayadi, M. The Chemical Composition of Yemeni Green Coffee. *Journal of Food Chemistry and Nutrition*. 2013. Vol. 1, No. 2. Pp. 42–48.
17. Liang, N.; Xue, W.; Kennepohl, P.; Kitts, D.D. Interaction between Major Chlorogenic Acid Isomers and Chemical Changes in Coffee Brew that Affect Antioxidant Activities. *Food Chemistry*. 2016. Vol. 213. Pp. 251–259. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.06.041.
18. Marcucci, C.T.; Dias, R.C.E.; Almeida, M.B.; Benassi, M. de T. Antioxidant Activity of Commercial Soluble Coffees. *Beverages*. 2017. Vol. 27. Pp. 1–7. DOI: 10.3390/beverages3020027.
12. Samsonowicz, M.; Regulska, E.; Karpowicz, D.; Lesniewska, B. Antioxidant Properties of Coffee Substitutes Rich in Polyphenols and Minerals. *Food Chemistry*. 2019. Vol. 278. Pp. 101–109. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.11.057.
13. Babova, O.; Occhipinti, A.; Maffei, M.E. Chemical Partitioning and Antioxidant Capacity of Green Coffee (*Coffea Arabica* and *Coffea Canephora*) of Different Geographical Origin. *Phytochemistry*. 2016. Vol. 123. Pp. 33–39. DOI: 10.1016/j.phytochem.2016.01.016.
14. Liang, N.; Kitts, D.D. Antioxidant Property of Coffee Components: Assessment of Methods that Define Mechanisms of Action. *Molecules*. 2014. Vol. 19. Pp. 19180–19208. DOI: 10.3390/molecules191119180.
15. Moreira, A.S.P.; Nunes, F.M.; Simoes, C.; Maciel, E.; Domingues, P.; Domingues, M.R.M.; Coimbra, M.A. Data on Coffee Composition and Mass Spectrometry Analysis of Mixtures of Coffee Related Carbohydrates, Phenolic Compounds and Peptides. *Data in Brief*. 2017. Vol. 13. Pp. 145–161. DOI: 10.1016/j.dib.2017.05.027.
16. Nogaim, Q.A.; Al-Duais, M.; Al-Warafi, A.; Al-Erianee, H.; Al-Sayadi, M. The Chemical Composition of Yemeni Green Coffee. *Journal of Food Chemistry and Nutrition*. 2013. Vol. 1, No. 2. Pp. 42–48.
17. Liang, N.; Xue, W.; Kennepohl, P.; Kitts, D.D. Interaction between Major Chlorogenic Acid Isomers and Chemical Changes in Coffee Brew that Affect Antioxidant Activities. *Food Chemistry*. 2016. Vol. 213. Pp. 251–259. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.06.041.
18. Marcucci, C.T.; Dias, R.C.E.; Almeida, M.B.; Benassi, M. de T. Antioxidant Activity of Commercial Soluble Coffees. *Beverages*. 2017. Vol. 27. Pp. 1–7. DOI: 10.3390/beverages3020027.

Информация об авторах / Information about Authors

**Игнатова
Динара Фанисовна**
Ignatova,
Dinara Fanisovna

Тел./Phone: +7 (846) 278-44-00
E-mail: dinara-bakieva@mail.ru

*Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и организации общественного питания
Самарский государственный технический университет
443100, Российская Федерация, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 (Главный корпус)*
*Candidate of Technical Science, Associate Professor, Associate Professor of the Public Catering Technology and Organization Department
Samara State Technical University
443100, Russian Federation, Samara, Malogvardeiskaya St., 244 (Main Building)*
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1478-039X>

**Макарова
Надежда Викторовна**
Makarova,
Nadezhda Viktorovna

Тел./Phone: +7 (846) 278-44-00
E-mail: makarovnv1969@yandex.ru

*Доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и организации общественного питания
Самарский государственный технический университет
443100, Российская Федерация, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 (Главный корпус)*
*Doctor of Technical Science, Professor, Head of the Public Catering Technology and Organization Department
Samara State Technical University
443100, Russian Federation, Samara, Malogvardeiskaya St., 244 (Main Building)*
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4282-598>