

Сравнительный анализ химического состава и антиоксидантных свойств кофе растворимого и для кофемашин

А. С. Пугачева*, Н. В. Макарова^{ORCID}, Д. Ф. Игнатова

Дата поступления в редакцию: 23.04.2019
Дата принятия в печать: 21.06.2019

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

*e-mail: pugachevaalexandra@gmail.com



© А. С. Пугачева, Н. В. Макарова, Д. Ф. Игнатова, 2019

Аннотация. Кофе является одним из популярных продуктов (напитков) во всем мире из-за своих уникальных органолептических качеств (аромат и вкус). Цель исследования – определение содержания антиоксидантной составляющей в сублимированном и капсульном кофе из торговой сети и выявление перспективных видов кофе как исходного сырья для производства экстрактов с точки зрения профилактики заболеваний, вызываемых окислительным действием свободных радикалов. В статье приведены результаты исследования химического состава (содержания сухих веществ, фенолов, флавоноидов), антирадикальной активности и антиоксидантного действия в растворимых образцах растворимого и капсульного кофе из торговой сети г. Самара (Coffea Premium, Coffesso, Nescafe dolce gusto, Jacobs Milicano, Bushido, Egoiste, Fresco). Образцы кофе Coffea Premium и Coffesso показали наивысшие результаты по всем проведенным испытаниям и могут являться дополнительными источниками для получения организмом антиоксидантных веществ. Образец Coffea Premium по содержанию фенольных веществ, флавоноидов и силе антирадикальной активности безусловный фаворит среди исследованных образцов (со значением 1338 мг галловой кислоты/100 г исходного вещества; 854 мг катехина/100 г исходного вещества и 0,84 мг/см³ соответственно). Образцы кофе Nescafe dolce gusto (капсульный кофе), Jacobs Milicano и Fresco (растворимый кофе) показали средние значения, незначительно отличающиеся друг от друга по всем фенольным анализам. Образцы кофе Bushido и Egoiste являются аутсайдерами по содержанию фенолов, флавоноидов, сухих веществ, показывают низкие значения антирадикальной активности и восстанавливающей способности. В результате исследований можно выбрать в качестве источников дополнительного количества антиоксидантов из множества брендов кофе Coffea Premium и Coffesso.

Ключевые слова. Кофе, кофе в капсулах, растворимый кофе, антиоксидантные вещества, фенолы, флавоноиды, антирадикальная активность, восстанавливающая сила

Для цитирования: Пугачева, А. С. Сравнительный анализ химического состава и антиоксидантных свойств кофе растворимого и для кофемашин / А. С. Пугачева, Н. В. Макарова, Д. Ф. Игнатова // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 312–319. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-312-319>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

Chemical Composition and Antioxidant Properties of Instant Coffee and Coffee Capsules: Comparative Analysis

A.S. Pugacheva*, N.V. Makarova^{ORCID}, D.F. Ignatova

Received: April 23, 2019
Accepted: June 21, 2019

Samara State Technical University,
244, Molodogvardeyskaya Str., Samara, 443100, Russia

*e-mail: pugachevaalexandra@gmail.com



© A.S. Pugacheva, N.V. Makarova, D.F. Ignatova, 2019

Abstract. Coffee is one of the most popular drinks in the world due to its unique sensory properties, i.e. aroma and taste. Coffee consumption increases from year to year, which makes its functional property a relevant issue. The present research featured the antioxidant component in freeze-dried coffee and coffee capsules obtained from a commercial network. The main objective was to identify the most advantageous types of coffee to serve as a raw material for extract production. Coffee is known to prevent diseases caused by the oxidative action of free radicals. The paper presents a review of multiple scientific sources on the beneficial properties of coffee. It also features some results of the study in the chemical composition of coffee, i.e. dry matter content, phenols, flavonoids, etc. The anti-radical activity was described with the help of the DPPH method, while the FRAP method was employed to study the antioxidant properties of several coffee samples. The samples of instant coffee and coffee capsules were obtained from a distribution network (Samara, Russia) and included such brands as *Coffea Premium*, *Coffesso*, *Nescafe Dolce Gusto*, *Jacobs Milicano*, *Bushido*, *Egoiste*, and *Fresco*. *Coffea Premium* and *Coffesso* showed the best results in all the tests and can be additional sources of antioxidant substances. These two varieties of coffee capsules are produced for capsule coffee machines and are roasted

ground coffee beans. *Coffea Premium* demonstrated the best results in phenolic substances, flavonoids, and anti-radical activity with 1338 mg of gallic acid and 854 mg of catechin per 100g of the original substance and 0.84 mg per cm³. *Nescafe Dolce Gusto* coffee capsules and such varieties of instant coffee as *Jacobs Millicano*, and *Fresco* showed similar but average results according to all the phenolic analyzes. *Bushido* and *Egoiste* were found lacking in phenols, flavonoids, and dry substances. These samples demonstrated low values of antiradiation and regenerating ability, which indicates a worse quality than that of coffee capsules. This may be due to some processing peculiarities: instant coffee undergoes thermal treatment when coffee granules are formed, while solvents are used to obtain coffee extract. Thus, the research revealed that *Coffea Premium* and *Coffesso* are the best sources of antioxidants.

Keywords. Coffee, coffee capsules, instant coffee, antioxidant substances, phenols, flavonoids, anti-radical activity, regenerating power

For citation: Pugacheva AS, Makarova NV, Ignatova DF. Chemical Composition and Antioxidant Properties of Instant Coffee and Coffee Capsules: Comparative Analysis. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):312–319. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-312-319>.

Введение

Кофе является одним из самых употребляемых напитков в мире. Однако споры между диетологами относительно полезного и вредного действия кофе на организм только постоянно увеличиваются.

В статье итальянских ученых приводятся данные по многочисленным исследованиям влияния употребления кофе на уровень глюкозы, инсулина в крови, метаболизм липидов, а также сведения об изучении механизма этого действия [1]. По мнению большинства исследователей, небольшое употребление кофе положительно сказывается на здоровье человека. Данные по исследованию состояния венозной системы свидетельствуют в положительном влиянии кофеина из 1 чашки кофе. Споры о функциональных свойствах кофе ведутся постоянно. Однозначного мнения по этому вопросу не существует. Кофе входит в группу пищевых продуктов с масштабным исследованием механизмов антиоксидантного воздействия на организм человека. Благодаря наличию кофеина и хлорогеновой кислоты кофе может использоваться как антиоксидант [2]. Важнейшими биологически активными веществами в кофе на данный момент считаются кофеин и хлорогеновая кислота, а также ее производные.

Вопрос о различии кофе сортов Арабика и Робуста является предметом внимания не только любителей кофе, но и ученых. Так, для кофе двух видов, а также для их смесей исследовано влияние обжаривания на показатели химического состава (содержание кофеина, тригонеллина, никотиновой кислоты, хлорогеновой кислоты) и уровня цветности. Кофе разных видов почти не различаются друг от друга, но влияние степени обжаривания очень велико [3]. Для образцов растворимого кофе выполнены исследования микроструктуры и антиоксидантной активности в зависимости от технологии сушки: сублимационная или распылительная [4]. Образцы растворимого кофе, высушенного сублимационным методом, имеют более мелкую структуру, но образцы, высушенные распылительной сушкой, обладают более высоким уровнем антиоксидантной активности. С точки зрения многих ученых, именно технологические параметры обжаривания являются наиболее существенными факторами, изменяющими свойства, в том числе химический состав и антиоксидантную активность, зеленого кофе. С использованием метода

поверхности отклика удалось выбрать оптимальные параметры обжаривания (время, температура, скорость аэрации) для содержания полифенолов, DPPH- и ORAC-антирадикальной активности зерен кофе [5]. Для 70 образцов кофе сорта Арабика были оценены показатели качества влажности, содержания белков, липидов, углеводов, хлорогеновой кислоты, кофеина [6]. Определены пределы этих показателей для кофе из Йемена. Два вида зерен кофе сортов Арабика и Робуста в разной степени обжаривания (зеленый, легкий, средний, сильный) были исследованы на общее содержание фенолов, антиоксидантную активность по FRAP, ABTS, DPPH методам [7]. Практически по всем показателям зерна кофе сорта Робуста опережают зерна кофе сорта Арабика; по мере обжаривания показатели убывают. Растворимый кофе является продуктом, полученным из экстрактов с помощью различных технологий сушки. Из материалов статьи С. Т. Марсусси можно сделать вывод, что существуют различия в показателях общего содержания фенолов и антиоксидантной активности в зависимости от технологий сушки [8].

Качество зерен кофе определяется большим количеством факторов, из которых важнейшую роль играет количество исходного сырья, технология переработки и хранения. В работе российских ученых было определено, что выход водорастворимых веществ возрастает с уменьшением среднего размера частиц при любом режиме экстрагирования. Опыты по кинетике процесса экстрагирования водорастворимых веществ из кофе проводились в диапазоне изменения температур 20–95 °С в режиме перемешивания. Использование пониженных температур (90–95 °С) для процесса экстрагирования водорастворимых веществ из кофе позволяет добиться высокой степени обработки зерна. Наиболее рациональным, с точки зрения увеличения выхода водорастворимых веществ и улучшения качества готового продукта, является диапазон температур 85–95 °С. Соотношение фаз один из основных параметров, определяющих процесс извлечения водорастворимых веществ из кофе. Процесс периодического извлечения из кофе при больших соотношениях фаз (например, 1:20 и 1:30) приведет к низким концентрациям водорастворимых веществ в растворе. Осуществление процесса низкотемпературного экстрагирования на «тонкой» фракции может обе-

спечить максимальный выход водорастворимых веществ в раствор [9]. В работе В. Н. Лысовой и др. показано, что менее энергоемкий метод, в частности метод холодного экстрагирования (при температуре не выше 100 °С), является перспективной альтернативой сложившейся технологии экстрагирования [10]. В настоящее время проводится большое количество работ по разработке новых технологий переработки кофе, улучшающих микробиологические и органолептические показатели зерен кофе. Одной из таких технологий является Semi-Dry Processing-Honey coffe, приводящая к получению напитка с уникальным вкусом [11]. В статье Н. А. Ковальченко и др. приведены рекомендации к степени помола для наилучшего экстрагирования растворимых веществ при производстве растворимого кофе [12].

Для образцов зеленого кофе сорта Арабика и вида Rio Minas, подвергающихся обжарке при температурах 167 °С, 171 °С, 175 °С в течение 25 или 26 мин, было исследовано общее содержание фенолов, флавоноидов, флавонолов, а также антирадикальная активность по методам DPPH и ABTS [13]. Накоплению фенолов и флавоноидов способствуют высокие температуры, а антиоксидантная активность характерна для образцов с легкой степенью обжарки.

Целый ряд статей касается детального изучения технологии обжаривания зерен кофе. Например, кинетики убыли массы кофе сорта Арабика при обжаривании [14].

В статье индийских ученых были проведены исследования химического состава, общего содержания фенолов, флавоноидов и способности улавливать свободные радикалы 2,2-дифенил-1-пикрилгидразида (DPPH) и оксида азота для двух видов кофе: сорта Arabica Special A и Kumbakonam [15]. Интересно отметить, что такие классы соединений, как алколоиды, флавоноиды и хиноны обнаружены в обоих видах кофе, а класс танинов характерен только для кофе Special A. Два вида кофе практически не отличаются по способности улавливать свободные радикалы DPPH, но обладают разным ингибирующим действием против оксида азота.

Богатый химический состав в сочетании с уникальными органолептическими показателями (аромат и вкус) привел к тому, что кофе является одним из самых популярных напитков в мире (занимает второе место по величине объемов продаж в мире после нефти). Можно считать, что кофе один из основных и распространенных источников антиоксидантов для организма человека.

Целью исследования является определение содержания антиоксидантных веществ (общее содержание фенольных веществ, общее содержание флавоноидов), антирадикальной активности (метод DPPH), восстанавливающей силы (метод FRAP) в сублимированном и капсульном кофе из торговой сети и выявление перспективных видов кофе как исходного сырья для производства экстрактов с точки зрения профилактики заболеваний, вызываемых окислительным действием свободных радикалов.

Объекты и методы исследования

1. Метод определения общего содержания фенольных веществ. Определение фенольных веществ основано на их способности связываться с белковыми веществами, осаждаться солями металлов, окисляться и давать цветные реакции. Исследования проводились по методу [16]. Колориметрическим методом при помощи реактива Folin-Ciocalteu.

2. Исследования содержания флавоноидов проводят по методу [17]. Содержание флавоноидов определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре. Спектр поглощения снимали при длине волны 510 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещали дистиллированную воду. Калькуляцию флавоноидов в мг катехина/100 г продукта проводили по калибровочной кривой.

3. DPPH-метод (метод определения радикалудерживающей способности с использованием реактива 2,2-дифенил-1-пикрилгидразида). Одним из способов оценки антиоксидантной активности является колориметрия свободных радикалов. Данный метод основан на реакции стабильного синтетического радикала DPPH, растворенного в этаноле, с образцом антиоксиданта, содержащегося в экстракте [18]. Колориметрию свободных радикалов 2,2-дифенил-1-пикрилгидразида проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 517 нм.

4. FRAP-метод (метод определения железосвязывающей активности экстрактов). Исследование восстанавливающей силы было проведено по методу [19]. Определение железосвязывающей активности проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 593 нм. В кювету сравнения добавляли дистиллированную воду. Определение железосвязывающей активности проводили по калибровочной кривой в ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья.

5. Определение сухих веществ экстрактов.

Массовая доля растворенных сухих веществ экстракта определяют рефрактометрическим методом по ГОСТ 28562-90. «Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ» [20].

Опыты проводились в трехкратном повторении.

Исследуемые объекты были закуплены в торговых сетях г. Самара в разделах «Кофе». Характеристика объектов исследования представлена в таблице 1.

Результаты и их обсуждение

В большей степени фенольные вещества оказывают сильное влияние на формирование цвета, вкуса и аромата, а также защищают растение от внешнего неблагоприятного воздействия. Фенольные соединения демонстрируют сильный антиоксидантный эффект путем замедления продуцирования различных воспалительных медиаторов, тем самым предотвращая возникновение окислительного стресса для организма человека [21]. По результатам исследования общего содержания фенолов можно отметить, что лидером по содержанию фенольных веществ является кофе в капсулах Coffea Premium со значением 1338 мг

Таблица 1. Характеристика объектов исследования – кофе в капсулах и растворимый кофе

Table 1. Characteristics of the samples: coffee capsules and instant coffee

№	Сорт	Форма выпуска	Сорт	Степень обжарки
1	Coffee Premium	Капсула	Арабика	Сильная
2	Coffesso	Капсула	Арабика	Слабая
3	Nescafe dolce gusto	Капсула	Арабика	Средняя
4	Jacobs Millicano	Растворимый	Арабика	Средняя
5	Bushido	Растворимый	Арабика	Сильная
6	Egoiste	Растворимый	Арабика	Средняя
7	Fresco	Растворимый	Арабика	Слабая

ГК/100 г. Средние показатели содержания фенольных соединений у образцов Coffesso, Nescafe dolce gusto, Fresco – 806, 792, 706 мг ГК/100г соответственно. Все остальные образцы имеют средние показатели, мало отличающиеся друг от друга, и колеблются от 806 до 641 мг ГК/100 г. Полученные результаты изображены на рисунке 1.

Флавоноиды оказывают укрепляющее действие на стенки клеток и молекул, защищая их от разрушения [22]. Максимальное значение содержания флавоноидов выявлены у кофе в капсулах Coffea Premium – 854 мг К/100 г. У остальных образцов значения незначительно отличаются и колеблются от 409 до 317 мг К/100 г. На рисунке 2 показаны результаты содержания флавоноидов испытаний кофе.

Сухие вещества – это питательные и физиологически-активные соединения (например, минеральные соли, витамины, азотистые соединения), содержащи-

еся в клетке в растворенном виде [23]. Измеренные значения массовой доли растворенных сухих веществ для испытуемых образцов представлены на рисунке 3.

Максимальное количество сухих веществ содержится в капсулах кофе Coffesso – 17,83 %, Coffea Premium – 14,65%, Nescafe dolce gusto – 12,4 %, а также в растворимом кофе Jacobs Millicano – 13,4 %. Минимальное значение содержания сухих веществ наблюдается в экстрактах растворимого кофе Egoiste – 11,96 %, Fresco – 10,8 % и Bushido – 10,23 %.

Coffea Premium и Coffesso показали наилучшие результаты среди трех показателей (содержание фенольных веществ, флавоноидов и сухих веществ). Все остальные образцы показали стабильные и средние результаты.

Способность улавливать свободные радикалы важная составляющая часть антиоксидантной защиты организма человека от окислительного стресса. Известно, что свободные радикалы играют главную роль в

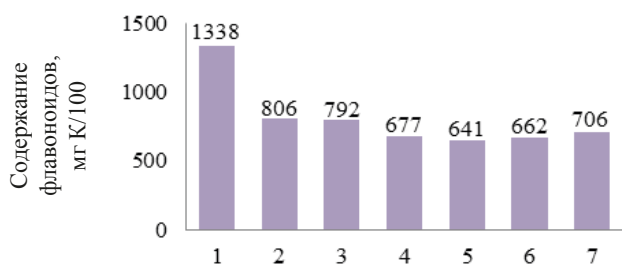


Рисунок 1. Общее содержания фенольных веществ в различных видах кофе

Figure 1. Total content of phenolic substances in various types of coffee

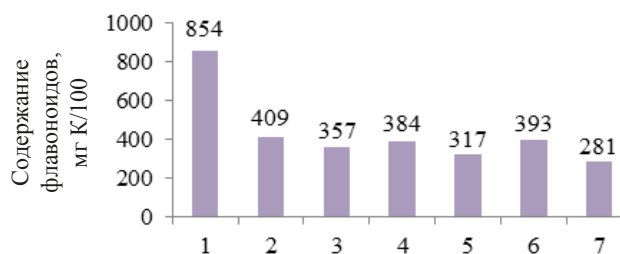


Рисунок 2. Общее содержания флавоноидов в различных видах кофе

Figure 2. Total content of flavonoids in various types of coffee

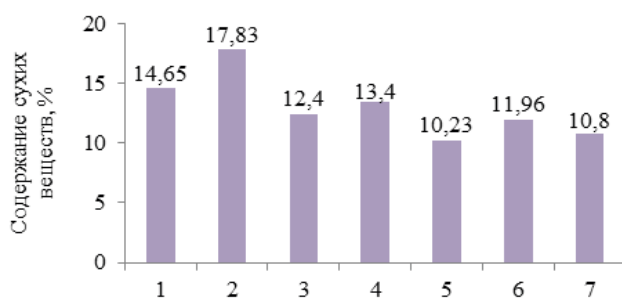


Рисунок 3. Массовая доля растворенных сухих веществ экстрактов кофе

Figure 3. Mass fraction of dissolved solids in coffee extracts

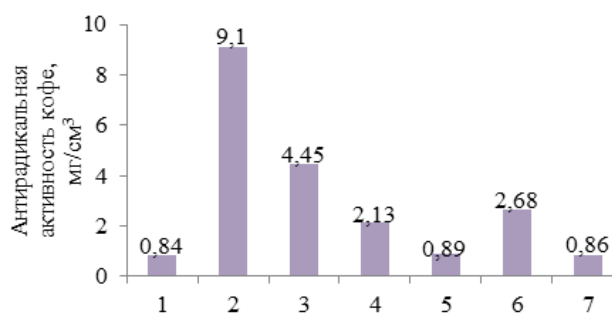


Рисунок 4. Антирадикальная активность по методу DPPH для различных видов кофе

Figure 4. Anti-radical activity according to DPPH method in various types of coffee

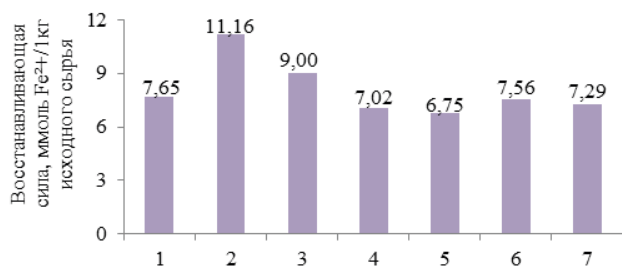


Рисунок 5. Восстанавливающая сила по методу FRAP в различных видах кофе

Figure 5. Restoring force according to the FRAP method in various types of coffee

образовании и развитии многих заболеваний, ускоряя процесс окисления молекул, тем самым разрушая их [24]. Наилучшая антирадикальная активность выявлена у кофе в капсулах Coffea Premium со значением – 0,84 мг/см³, растворимый Fresco – 0,86 мг/см³ и Bushido – 0,89 мг/см³. Среднюю активность проявили Jacobs Millicano и Egoiste – 2,13 мг/см³, 2,68 мг/см³ соответственно. Наихудшая активность проявлена у кофе в капсулах Nescafe dolce gusto – 4,45 мг/см³ и Coffesso – 9,1 мг/см³. Результаты исследования антирадикальной активности для кофе представлены на рис. 4.

Восстанавливающая сила – это сила, которая помогает замедлить реакции окисления и разложения молекул, клеток в организме [25]. Максимальные значения восстанавливающей силы выявлены у капсул Coffesso – 11,16 ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья и Nescafe dolce gusto – 9,00 ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья. У остальных образцов средние показатели, которые колеблются от 7,65 до 6,75 ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья. На рисунке 5 показаны результаты испытаний восстанавливающей силы в образцах.

Если суммировать данные по двум последним показателям (антирадикальной активности и восстанавливающей силе), то кофе Coffea Premium и Coffesso показали наиболее высокие результаты среди остальных образцов по антирадикальной активности и восстанавливающей силе.

Выводы

В ходе проведения исследования нескольких видов кофе, различных по способу производства и по форме выпуска, было определено, что лидером среди представленных сортов кофе является Coffea Premium сильной степени обжарки, который имеет высокие результаты по всем проведенным анализам (определение содержания фенольных веществ, фла-

воноидов и общее содержание растворенных сухих веществ, антирадикальной активности по методу DPPH, восстанавливающей силы по методу FRAP). Все остальные образцы исследуемого кофе можно разделить на две группы:

1. Группа со средними показателями изученных значений. В нее входят кофе: Coffesso, Nescafe dolce gusto, Jacobs Millicano, Fresco;

2. Группа с низкими показателями изученных значений. В нее входят: Bushido и Egoiste.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Кофе может выступать в качестве источника антиоксидантных веществ;

2. Растворимый кофе также является полезным продуктом с антиоксидантным действием, как и кофе для кофемашин. Среди исследованных образцов выделяется кофе Coffea Premium как источник веществ для профилактики заболеваний, возникающих как следствие окислительного стресса.

Авторами было выявлено, что качество кофе в капсулах (молотый кофе из зерен помещенный в специальные капсулы для капсульных кофемашин) превосходит по своим функциональным качествам растворимое кофе. Причина превосходства капсульного кофе над растворимым связана с производством гранулированного кофе: очень высокие или, наоборот, очень низкие температуры при изготовлении гранул кофе, а также, использование жестких растворителей при получении кофейного экстракта). Также при производстве капсульного кофе используются только обжаренные кофейные зерна (в некоторых случаях в капсулы закладываются еще и различные добавки, сухие сливки, пряности, сухой порошок карамели, какао-порошок и т. д.). Следовательно, при тепловой обработке в зернах кофе будет меньше потерь антиоксидантных веществ, чем при производстве кофейных экстрактов (растворимый кофе). Таким образом, перспективными видами кофе для профилактики заболеваний, возникающих как следствие окислительного стресса, а также как исходного сырья для выделения комплекса биологически активных веществ, получения биологически активных добавок, введение кофе в состав различных кулинарных изделий и напитков является кофе в капсулах сортов Арабика Coffea Premium сильной степени обжарки, Coffesso слабой степени обжарки и Nescafe dolce gusto средней степени обжарки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Coffee and metabolic impairment: An updated of epidemiological studies / S. Buscemi, S. Marventano, M. Antoci [et al.] // NFS Journal. – 2016. – Vol. 3. – P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.02.001>.
2. Liang, N. Antioxidant property of coffee components: Assessment of methods that define mechanism of action / N. Liang, D. D. Kitts // Molecules. – 2014. – Vol. 19, № 11. – P. 19180–19280. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules191119180>.
3. Belay, A. Some biochemical compounds in coffee beans and methods developed for their analysis / A. Belay // International Journal of Physical Sciences. – 2013. – Vol. 6, № 28. – P. 6373–6378. DOI: <https://doi.org/10.5897/IJPS11.486>.

4. Ghirişan, A. Comparative study of spray-drying and freeze-drying on the soluble coffee properties / A. Ghirişan, V. Miclăuş // *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Chemia*. – 2017. – Vol. 62, № 4. – P. 309–316. DOI: <https://doi.org/10.24193/subbchem.2017.4.26>.
5. Kwak, H. S. The effect of air flow in coffee roasting for antioxidant activity and total polyphenol content / H. S. Kwak, S. Ji, Y. Jeong // *Food Control*. – 2017. – Vol. 71. – P. 210–216. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.06.047>.
6. The chemical composition of Yemeni green coffee / Q. A. Nogaim, M. Al-Duais, A. Al-Warafi [et al.] // *Journal of Food Chemistry and Nutrition*. – 2013. – Vol. 1, № 2. – P. 42–48.
7. Comparison of different methods of antioxidant activity evaluation of green and roast *C. Arabica* and *C. Robusta* coffee beans / J. Pokorna, P. R. Venskutonis, V. Kraujalyte [et al.] // *Acta Alimentaria*. – 2015. – Vol. 44, № 3. – P. 454–460. DOI: <https://doi.org/10.1556/066.2015.44.0017>.
8. Antioxidant activity of commercial Soluble coffees / C. T. Marcucci, R. C. E. Dias, M. B. Almeida [et al.] // *Beverages*. – 2017. – Vol. 3, № 2. – P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.3390/beverages3020027>.
9. Лысова, В. Н. Влияние основных параметров на процесс экстрагирования водорастворимых веществ из кофе / В. Н. Лысова, О. А. Штефанова // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. – 2015. – Т. 6, № 2. – С. 50–54.
10. Совершенствование технологии экстрагирования кофе / В. Н. Лысова, О. А. Штефанова, В. В. Лисицын [и др.] // *Вестник Астраханского государственного технического университета*. – 2014. – Т. 58, № 2. – С. 81–86.
11. Poltronieri, P. Challenges in specialty coffee processing and quality assurance / P. Poltronieri, F. Rossi // *Challenges*. – 2016. – Vol. 7, № 2. – P. 1–22. DOI: <https://doi.org/10.3390/challe7020019>.
12. Технологические особенности получения экстрагированных напитков на основе натурального кофе / Н. А. Ковальченко, Т. С. Коршик, Л. Н. Кичина [и др.] // *Пиво и напитки*. – 2015. – № 4. – С. 36–40.
13. Effect of roasting degree on the antioxidant activity of different Arabica coffee quality classes / B. Odzakovic, N. Dzinic, Z. Kukric [et al.] // *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*. – 2016. – Vol. 15, № 4. – P. 409–417. DOI: <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.4.39>.
14. Kinetics of mass loss of Arabica coffee during roasting process / G. A. Vargas-Eliás, P. C. Corrêa, N. R. De Souza [et al.] // *Engenharia Agricola*. – 2016. – Vol. 36, № 2. – P. 300–308. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n2p300-308/2016>.
15. Gunalan, G. In vitro Antioxidant Analysis of Selected Coffee Bean Varieties / G. Gunalan, N. Myla, R. Balabhaskar // *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. – 2014. – Vol. 4, № 4. – P. 2126–2132.
16. Ishwarya, S. P. Spray-Freeze-Drying approach for soluble coffee processing and its effect on quality characteristics / S. P. Ishwarya, C. Anandharamkrishnan // *Journal of Food Engineering*. – 2014. – Vol. 149. – P. 171–180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.10.011>.
17. Changes of antioxidant capacity of robusta coffee during roasting / L. Votavova, M. Voldrich, R. Sevcik [et al.] // *Czech Journal of Food Sciences*. – 2009. – Vol. 27. – P. S49–S52.
18. Antioxidant and antiradical activity of coffee / A. Yashin, Y. Yashin, J. Y. Wang [et al.] // *Antioxidants*. – 2013. – Vol. 2, № 4. – P. 230–245. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox2040230>.
19. Babova, O. Chemical partitioning and antioxidant capacity of green coffee (*Coffea Arabica* and *Coffea canephora*) of different geographical origin / O. Babova, A. Occhipinti, M. E. Maffei // *Phytochemistry*. – 2016. – Vol. 123. – P. 33–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2016.01.016>.
20. ГОСТ 28562-90. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 18 с.
21. Correlation between antioxidant activity and coffee beverages quality by electron spin resonance spectroscopic / J. H. O. Barbosa, J. A. G. Luna, A. M. O. Kimoshita [et al.] // *Ciencia e Agrotecnologia*. – 2013. – Vol. 37, № 6. – P. 465–501. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542013000600002>.
22. Instant coffee as a source of antioxidant-rich and sugar-free coloured compounds for use in bakery: Application in biscuits / C. P. Passos, K. Kukurova, E. Basil [et al.] // *Food Chemistry*. – 2017. – Vol. 231. – P. 114–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.105>.
23. Jimenez-Zamora, A. Revolorization of coffee by-products. Prebiotic, antimicrobial and antioxidant properties / A. Jimenez-Zamora, S. Pastoriza, J. A. Rufian-Henares // *LWT – Food Science and Technology*. – 2015. – Vol. 61, № 1. – P. 12–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.031>.
24. Effect of caffeine contained in a cup of coffee on microvascular function in healthy subjects / K. Noguchi, T. Matsuzaki, M. Sakanashi [et al.] // *Journal of Pharmacological Sciences*. – 2015. – Vol. 127, № 2. – P. 217–222. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphs.2015.01.003>.
25. Scully, D. S. An investigation into spent coffee waste as a renewable source of bioactive compounds and industrially important sugars / D. S. Scully, A. K. Jaiswal, N. Abu-Ghannam // *Bioengineering*. – 2016. – Vol. 3, № 4. DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering3040033>.

References

1. Buscemi S, Marventano S, Antoci M, Cagnetti A, Castorina G, Galvano F, et al. Coffee and metabolic impairment: An updated of epidemiological studies. *NFS Journal*. 2016;3:1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.02.001>.

2. Liang N, Kitts DD. Antioxidant property of coffee components: Assessment of methods that define mechanism of action. *Molecules*. 2014;19(11):19180–19280. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules191119180>.
3. Belay A. Some biochemical compounds in coffee beans and methods developed for their analysis. *International Journal of Physical Sciences*. 2013;6(28):6373–6378. DOI: <https://doi.org/10.5897/IJPS11.486>.
4. Ghirişan A, Miclăuş V. Comparative study of spray-drying and freeze-drying on the soluble coffee properties. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Chemia*. 2017;62(4):309–316. DOI: <https://doi.org/10.24193/subbchem.2017.4.26>.
5. Kwak HS, Ji S, Jeong Y. The effect of air flow in coffee roasting for antioxidant activity and total polyphenol content. *Food Control*. 2017;71:210–216. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.06.047>.
6. Nogaim QA, Al-Duais M, Al-Warafi A, Al-Eriane H, Al-Sayadi M. The chemical composition of Yemeni green coffee. *Journal of Food Chemistry and Nutrition*. 2013;1(2):42–48.
7. Pokorna J, Venskutonis PR, Kraujalyte V, Kraujalis P, Dvorak P, Tremlova B, et al. Comparison of different methods of antioxidant activity evaluation of green and roast *C. Arabica* and *C. Robusta* coffee beans. *Acta Alimentaria*. 2015;44(3):454–460. DOI: <https://doi.org/10.1556/066.2015.44.0017>.
8. Marcucci CT, Dias RCE, Almeida MB, Benassi MDT. Antioxidant activity of commercial Soluble coffees. *Beverages*. 2017;3(2):1–7. DOI: <https://doi.org/10.3390/beverages3020027>.
9. Lysova VN, Shtefanova OA. Influence of key parameters on process of extraction of water-soluble substances of coffee. *Technologies of food and processing industry of AIC – healthy food*. 2015;6(2):50–54. (In Russ.).
10. Lysova VN, Shtefanova OA, Lisitsyn VV, Razymovkiy DG. Improvement of the technology of coffee extraction. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2014;58(2):81–86. (In Russ.).
11. Poltronieri P, Rossi F. Challenges in specialty coffee processing and quality assurance. *Challenges*. 2016;7(2):1–22. DOI: <https://doi.org/10.3390/challe7020019>.
12. Kovalchenko NA, Korshik TS, Kichigina LN, Andriyanov IA. Technological Peculiarities of Receiving Extracted Beverages on the Basis of Natural Coffee. *Beer and beverages*. 2015;(4):36–40. (In Russ.).
13. 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;15(4):409–417. DOI: <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.4.39>.
14. Vargas-Eliás GA, Corrêa PC, De Souza NR, Baptestini FM, Melo EDC. Kinetics of mass loss of Arabica coffee during roasting process. *Engenharia Agricola*. 2016;36(2):300–308. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n2p300-308/2016>.
15. Gunalan G, Myla N, Balabhaskar R. In vitro Antioxidant Analysis of Selected Coffee Bean Varieties. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2014;4(4):2126–2132.
16. Ishwarya SP, Anandharamakrishnan C. Spray-Freezing-Drying approach for soluble coffee processing and its effect on quality characteristics. *Journal of Food Engineering*. 2014;149:171–180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.10.011>.
17. Votavova L, Voldrich M, Sevcik R, Čížková H, Mlejnecká J, Stolař M, et al. Changes of antioxidant capacity of robusta coffee during roasting. *Czech Journal of Food Sciences*. 2009;27:S49–S52.
18. Yashin A, Yashin Y, Wang JY, Nemzer B. Antioxidant and antiradical activity of coffee. *Antioxidants*. 2013;2(4):230–245. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox2040230>.
19. Babova O, Occhipinti A, Maffei ME. Chemical partitioning and antioxidant capacity of green coffee (*Coffea Arabica* and *Coffea canephora*) of different geographical origin. *Phytochemistry*. 2016;123:33–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2016.01.016>.
20. State Standard 28562-90. Fruit and vegetable products. Refractometric method for determination of soluble dry substances content. Moscow: Standards Publishing; 1991. 18 p.
21. Barbossa JHO, Luna JAG, Kimoshita AMO, Baffa Filho O. Correlation between antioxidant activity and coffee beverages quality by electron spin resonance spectroscopic. *Ciencia e Agrotecnologia*. 2013;37(6):465–501. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542013000600002>.
22. Passos CP, Kukurova K, Basil E, Fernandes PAR, Neto A, Nunes FM, et al. Instant coffee as a source of antioxidant-rich and sugar-free coloured compounds for use in bakery: Application in biscuits. *Food Chemistry*. 2017;231:114–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.105>.
23. Jimenez-Zamora A, Pastoriza S, Rufian-Henares JA. Revolorization of coffee by-products. Prebiotic, antimicrobial and antioxidant properties. *LWT – Food Science and Technology*. 2015;61(1):12–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.031>.
24. Noguchi K, Matsuzaki T, Sakanashi M, Hamadate N, Uchida T, Kina-Tanada M, et al. Effect of caffeine contained in a cup of coffee on microvascular function in healthy subjects. *Journal of Pharmacological Sciences*. 2015;127(2):217–222. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphs.2015.01.003>.
25. Scully DS, Jaiswal AK, Abu-Ghannam N. An investigation into spent coffee waste as a renewable source of bioactive compounds and industrially important sugars. *Bioengineering*. 2016;3(4). DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering3040033>.


Сведения об авторах

Пугачева Александра Сергеевна

студент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Россия, г. Самара, ул. Малогвардейская, 244, e-mail: pugachevaalexandra@gmail.com

Макарова Надежда Викторовна

д-р хим. наук, заведующая кафедрой технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Россия, г. Самара, ул. Малогвардейская, 244, e-mail: makarovanv1969@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0112-0085>

Игнатова Динара Фанисовна

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Россия, г. Самара, ул. Малогвардейская, 244, e-mail: dinara-bakieva@mail.ru


Information about the authors

Alexandra S. Pugacheva

Student of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya Srt., Samara, 443100, Russia, e-mail: pugachevaalexandra@gmail.com

Nadezhda V. Makarova

Dr.Sci.(Chem.), Head of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya Srt., Samara, 443100, Russia, e-mail: makarovanv1969@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0112-0085>

Dinara F. Ignatova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya Srt., Samara, 443100, Russia, e-mail: dinara-bakieva@mail.ru