

УДК 663.93

## ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ЭКСТРАКТА КОФЕ НА ОБРАЗОВАНИЕ 5-ГИДРОКСИМЕТИЛФУРФУРОЛА

Герасимов Д.В., Сучкова Е.П.

*Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, Санкт-Петербург,  
e-mail: gerasimov\_dv90@rambler.ru, silena07@bk.ru*

Описана необходимость применения ультразвуковых технологий для экстрагирования натурального жареного молотого кофе. Проведено исследование по изучению влияния различных режимов ультразвуковой обработки на процесс экстрагирования кофе. Определены массовые концентрации растворимых сухих веществ в полученных после ультразвуковой обработки образцах экстрактов кофе. Установлено содержание 5-гидроксиметилфурфура в озвученных образцах экстрактов кофе спектрофотометрическим методом анализа. По результатам эксперимента сделан вывод о корреляции с теоретическими данными, а также с данными исследований зарубежных ученых. Сделан вывод о возможности применения ультразвукового метода и необходимости дальнейшей отработки режимов, способствующих максимальному переходу в экстракт растворимых сухих веществ с одновременным минимальным образованием 5-гидроксиметилфурфура. Показана необходимость стандартизации количества 5-гидроксиметилфурфура в кофейных продуктах.

**Ключевые слова:** кофе, экстракт, ультразвук, 5-гидроксиметилфурфуrol

## EFFECT OF ULTRASOUND TREATMENT ON THE 5-HYDROXYMETHYLFURFURAL CONTENT IN THE COFFEE EXTRACT

Gerasimov D.V., Suchkova E.P.

*ITMO University, Institute of Refrigeration and Biotechnologies,  
St. Petersburg, e-mail: gerasimov\_dv90@rambler.ru, silena07@bk.ru*

The necessity of applying ultrasound technology for the extraction of natural roasted ground coffee was described. Study on the impact of various modes of ultrasonic treatment on the coffee extraction process was carried out. The mass concentration of soluble solids was determined in the samples obtained after ultrasonic treatment of coffee extracts. The content of 5-hydroxymethylfurfural in the samples of coffee extracts was determined using spectrophotometric method of analysis. According to the results of the experiment was concluded about correlation with the theory, as well as with research data of foreign scientists. It was concluded about the possibility of applying the ultrasonic method for the coffee extraction. And then the necessity of further checking out ultrasonic treatment modes was discussed. The aim of these modes checking is the searching of the perfect mode which allow to extract the maximum soluble solids with minimum formation of 5-hydroxymethylfurfural. Necessity of standardizing the amount of 5-hydroxymethyl in coffee products was shown.

**Keywords:** coffee, extract, ultrasound, 5-hydroxymethylfurfural

Основной задачей современных пищевых предприятий является повышение экономической эффективности и качества производимой продукции. В условиях жесткой конкуренции на первый план выходит и асортимент выпускаемой продукции.

Для выполнения обозначенных выше задач и привлечения потребителей определенного вида продукции необходимо не только правильно строить рекламную кампанию, но и действительно внедрять новые технологии, совершенствовать технологические процессы производства. В последние годы внедрение новых технологий базируется на концепции безотходного и ресурсосберегающего производства. Суть данной концепции заключается в использовании отходов, получаемых на каждом этапе производства продукта, на пищевые цели.

Однако для более эффективного использования отходов необходимо прежде

максимально извлекать из сырья полезные компоненты.

Одним из наиболее перспективных методов, позволяющих извлекать компоненты из сырья, является ультразвуковая обработка. Ультразвук имеет широкий спектр применения, но наименьшее его распространение приходится на пищевую отрасль. В медицинской промышленности ультразвуковая обработка, напротив, себя зарекомендовала, особенно для обработки биологических объектов растительного происхождения [2, 5].

В пищевой промышленности продуктов на основе сырья растительного происхождения огромное количество. Среди них можно выделить кофе.

Кофе является популярным продуктом среди населения. В России превалирует спрос на кофе натуральный растворимый в свете сложившихся экономических

условий и потребностей населения в быстром приготовлении напитка для употребления [1].

Одной из важнейших стадий производства кофе натурального растворимого является экстрагирование. Несомненно, этот этап открывает множество возможностей для совершенствования технологии получения качественного и экономически выгодного продукта [4].

Целью нашей работы было изучение влияния ультразвуковой обработки на процесс экстрагирования кофе и улучшение свойств получаемых экстрактов с точки зрения безопасности продукции.

Для этого решалось несколько задач:

1) определение динамики изменения массовой концентрации растворимых сухих веществ кофейного экстракта в зависимости от режимов ультразвуковой обработки;

2) определение динамики изменения содержания 5-гидроксиметилфурфуrolа в пересчете на сухое вещество в обработанных ультразвуком образцах.

5-гидроксиметилфурфуrol является показателем качества и безопасности пищевой продукции в случае обработки полуфабрикатов, приводящей к разрушению углеводов с образованием новых соединений. В России регламентируется его содержание лишь в меде, в то время как необходимость отслеживания данного вещества во многих других продуктах очевидна. 5-гидроксиметилфурфуrol – это соединение органической природы, которое в больших концентрациях может наносить вред организму человека, например ухудшая деятельность нервной системы [7, 8].

### Материалы и методы исследования

Сырьем в рамках проведенных исследований выступал натуральный жареный кофе в зернах. Зерна измельчали таким образом, что свыше 80% молотых частиц кофе имели размер менее 1 мм. Размер частиц оказывает большое влияние на процесс экстракции, поэтому в рамках исследования он был приведен к значению, регламентируемому ГОСТом.

Молотый кофе (7 г) экстрагировали питьевой водой (100 мл) при температуре 96–98°C в течение 10 минут. Затем образцы смеси кофейного экстракта со жмыхом охлаждали до 25°C.

Объектами исследования выступали образцы получаемого экстракта натурального жареного молотого кофе сорта Арабика из Бразилии. Данный кофе является распространенным сырьем в кофейной промышленности России.

Образцы экстракта кофе (без отделения от нерастворимой фракции – жмыха) обрабатывали ультразвуком при указанных режимах (таблица).

После ультразвуковой обработки образцы фильтровали через бумажный складчатый фильтр, отделяя кофейный жмых. Контрольные образцы (без обработки ультразвуком) фильтровали сразу после охлаждения до 25°C.

### Режимы ультразвуковой обработки

Длительность ультразвуковой обработки, мин	Интенсивность ультразвуковой обработки, Вт						
	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	3	4	5	6	7	8
3	2	3	4	5	6	7	8

В полученных фильтрованных образцах измеряли содержание растворимых сухих веществ с помощью электронного рефрактометра.

Далее определяли количество 5-гидроксиметилфурфуrolа в пересчете на сухое вещество спектрофотометрическим методом анализа при длине волны 284 нм. Для этого готовили серию стандартных растворов чистого 5-гидроксиметилфурфуrolа с известными концентрациями. Измеряли абсорбционный показатель (Abs), выдаваемый в виде числового значения спектрофотометром. Затем строили график зависимости Abs от концентрации (коэффициент корреляции составил  $R^2 = 0,999$ ). Определяли Abs для образцов и далее по графику находили итоговое значение.

Измерения для каждого из образцов были проведены в четырехкратной повторности.

Обработка экспериментальных данных была осуществлена в программе Excel. В обсуждении приводятся статистически обработанные результаты для доверительного интервала 95%.

### Результаты исследования и их обсуждение

В результате определения содержания растворимых сухих веществ в образцах кофейного экстракта были получены следующие значения (рис. 1). Массовая концентрация растворимых сухих веществ в контрольном образце составила 3,11%.

Результаты показали, что при увеличении мощности ультразвука от 2 до 8 Вт при длительности ультразвуковой обработки 1, 2 и 3 минуты соответственно, массовая концентрация сухих растворимых веществ возрастала. Эти данные полностью соотносятся с описанными свойствами ультразвукового влияния на биологические системы [3]. Вследствие механического действия на частицы кофейного жмыха они измельчались, и процесс перехода сухих веществ в экстракт интенсифицировался. Следующим этапом эксперимента являлось определение 5-гидроксиметилфурфуrolа на спектрофотометре.

В результате определения содержания 5-гидроксиметилфурфуrolа в образцах кофейного экстракта были получены следующие значения (рис. 2). Содержание 5-гидроксиметилфурфуrolа в контрольном образце составило 1098 мг/кг в пересчете на сухое вещество.

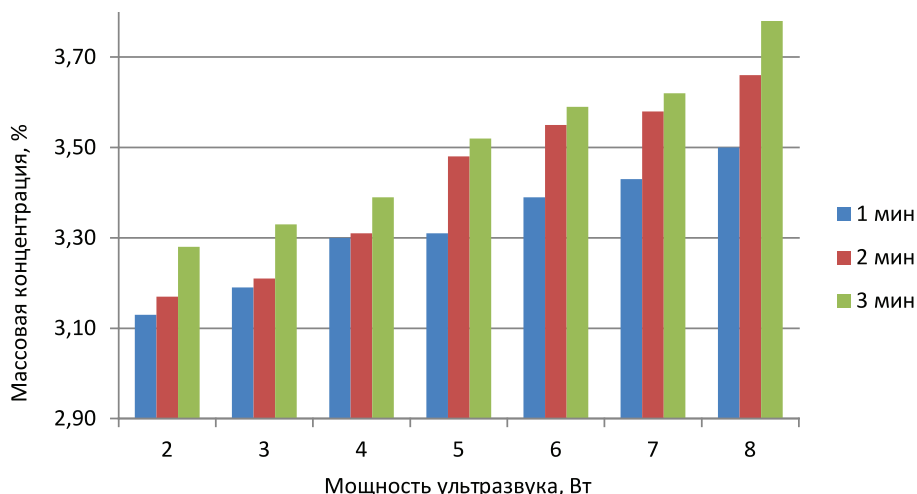


Рис. 1. Сравнительная диаграмма массовых концентраций растворимых сухих веществ в образцах кофейного экстракта, в зависимости от режимов ультразвуковой обработки

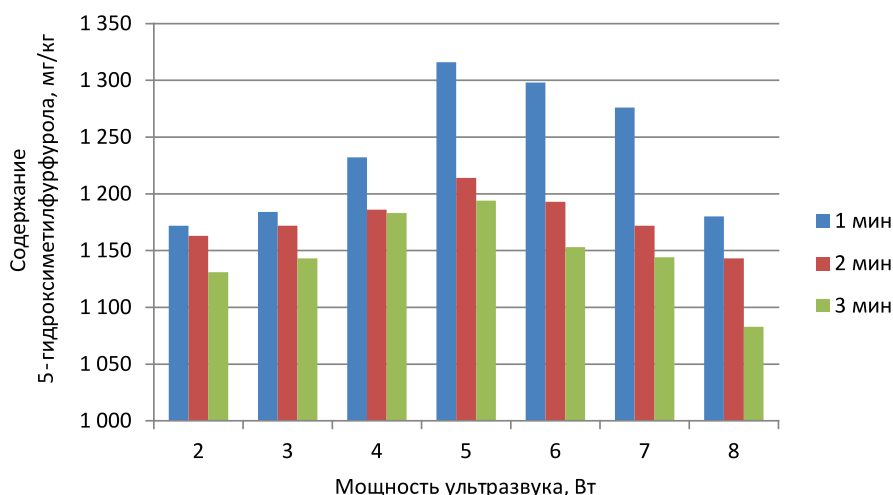


Рис. 2. Сравнительная диаграмма содержания 5-гидроксиметилфурфуrolа в образцах кофейного экстракта, в зависимости от режимов ультразвуковой обработки, мг/кг в пересчете на сухое вещество

Полученные результаты соотносятся с существующими теоретическими данными. Согласно исследованиям испанских ученых, в растворимом кофе обнаруживается свыше 2000 мг/кг 5-гидроксиметилфурфуrolа в пересчете на сухое вещество [6]. На диаграмме видно, что при увеличении мощности ультразвука от 2 до 5 Вт при одинаковой длительности обработки содержание 5-гидроксиметилфурфуrolа в образцах увеличивается. Это объясняется разрушительным действием ультразвука на органические соединения в составе кофе, в частности на углеводы. Однако при увеличении мощности от 5 до 8 Вт содержание 5-гидроксиметилфурфуrolа понижается.

На диаграмме также видно, что с увеличением продолжительности ультразвуковой обработки при одинаковых значениях мощности содержание 5-гидроксиметилфурфуrolа снижается. Этот факт свидетельствует о его чувствительности к физическому и температурному воздействию, что также подтверждается теоретическими данными.

#### Заключение

Приведенные выше результаты показывают, что ультразвуковая обработка кофейного экстракта является действительно перспективным методом. Однако необходим обоснованный выбор режима ультразвуковой обработки.

Ультразвук оказывает влияние на массовую концентрацию сухих растворимых веществ кофе и на содержание 5-гидроксиметилфурфура в экстракте. При этом в жестких условиях обработки содержание 5-гидроксиметилфурфура снижается, что является положительным эффектом. Управляя режимами ультразвука, можно добиться необходимого (и максимально возможного) содержания сухих веществ в экстракте кофе, при этом уменьшая количество вредного органического соединения.

Полученные результаты по определению 5-гидроксиметилфурфура свидетельствуют о необходимости его отслеживания в кофейной продукции и соответствующего нормирования допустимых концентраций.

*Работа выполнена при государственной финансовой поддержке ведущих университетов Российской Федерации (субсидия 074-U01).*

#### Список литературы

1. Андрейченко О. Что на свете всех вкуснее, ароматней и чернее? Обзор российского рынка чая и кофе // Russian Food & Drinks Market Magazine. – 2013. – № 7. – URL: <http://www.foodmarket.spb.ru/archive.php?year=2014&article=1900&section=5#> (дата обращения: 13.08.2014).
2. Герасимов Д. В., Сучкова Е. П. Теоретические основы применения ультразвука для обработки пищевых систем с целью регулирования содержания биологически активных компонентов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: «Процессы и аппараты пищевых производств». – Санкт-Петербург, 2014. – № 2. – С. 53–60. – URL: <http://processes.ihbt.ifmo.ru/file/article/10421.pdf> (дата обращения: 25.02.2015).
3. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Биомедицинская техника» и направлению подготовки бакалавров и магистров «Биомедицинская инженерия» / В.Б. Акопян, Ю.А. Ершов; под ред. д.т.н., проф. С.И. Щукина. – М.: Изд-во МГТУ, 2005. – 222 с.
4. Татарченко И.И. Технология субтропических и пищевых продуктов: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.И. Татарченко, И.Г. Мохначев, Г.И. Касьянов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 384 с.
5. Ультразвук и термодинамические свойства вещества: сб. науч. тр. – Вып. 28. – Курск: Изд-во Курск. гос. пед. ун-та, 2002. – 149 с.
6. Gema Arribas-Lorenzo, Francisco J. Morales. Estimation of dietary intake of 5-hydroxymethylfurfural and related substances from coffee to Spanish population // Food and Chemical Toxicology. – 2010. – № 48. – P. 644–649.
7. Husoy T. et al. Dietary exposure to 5-hydroxymethylfurfural from Norwegian food and correlations with urine metabolites of short-term exposure // Food and Chemical Toxicology. – 2008. – № 46 (12). – P. 697–702.
8. Murkovic M., Bornik M. A. Formation of 5-hydroxymethyl-2-furfural (HMF) and 5-hydroxymethyl-2-furoic acid during roasting of coffee // Mol Nutr Food Res. – 2007, Apr. – № 51 (4). – P. 390–394.

#### References

1. Andrejchenko O. Chto na svete vsekh vkusnee, aromatnej i chernee? Obzor rossijskogo rynka chaya i kofe // Russian Food & Drinks Market Magazine, 2013. no. 7. URL: <http://www.foodmarket.spb.ru/archive.php?year=2014&article=1900&section=5#> (data obrashcheniya: 13.08.2014).
2. Gerasimov D. V., Suchkova E. P. Teoreticheskie osnovy primeneniya ultrazvuka dlya obrabotki pishchevyh sistem s celyu regulirovaniya sodержaniya biologicheski aktivnyh komponentov // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya: «Processy i apparaty pishchevyh proizvodstv». Sankt-Peterburg, 2014. no. 2. pp. 53–60. URL: <http://processes.ihbt.ifmo.ru/file/article/10421.pdf> (data obrashcheniya: 25.02.2015).
3. Osnovy vzaimodejstviya ultrazvuka s biologicheskimi obektami: dlya studentov vysshih uchebnyh zavedenij, obuchayushchihya po napravleniyu podgotovki diplomirovannyh specialistov «Biomedicinskaya tekhnika» i napravleniyu podgotovki bakalavrov i magistrrov «Biomedicinskaya inzheneriya» / V.B. Akopyan, U.A. Ershov; pod red. d.t.n., prof. S.I. Shukina. Moskva: Izd. MG TU, 2005. 222 p.
4. Tatarchenko I. I. Tekhnologiya subtropicheskikh i pishchevukosovyh produktov: uchebnoe posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij / I.I. Tatarchenko, I.G. Mohnachev, G.I. Kasyanov. M.: Izdatelskij centr «Akademiy», 2004. 384 p.
5. Ultrazvuk i termodinamicheskie svoystva veshchestva: Sb. nauch. tr. Vyp. 28. Kursk: Izd. Kurs. gos. ped. un-ta, 2002. 149 p.
6. Gema Arribas-Lorenzo, Francisco J. Morales. Estimation of dietary intake of 5-hydroxymethylfurfural and related substances from coffee to Spanish population // Food and Chemical Toxicology. 2010. no. 48. pp. 644–649.
7. Husoy T. et al. Dietary exposure to 5-hydroxymethylfurfural from Norwegian food and correlations with urine metabolites of short-term exposure // Food and Chemical Toxicology. 2008. no. 46 (12). pp. 697–702.
8. Murkovic M., Bornik M. A. Formation of 5-hydroxymethyl-2-furfural (HMF) and 5-hydroxymethyl-2-furoic acid during roasting of coffee // Mol Nutr Food Res. 2007, Apr. no. 51 (4). pp. 390–394.

#### Рецензенты:

Глуценко Л.Ф., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Технология переработки сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», г. Великий Новгород;

Меледина Т.В., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Пищевая биотехнология продуктов из растительного сырья», ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», г. Санкт-Петербург.

Работа поступила в редакцию 27.04.2015.