

УДК 663.93

Теоретические основы применения ультразвука для обработки пищевых систем с целью регулирования содержания биологически активных компонентов

Герасимов Д. В., gerasimov_dv90@rambler.ru

канд. техн. наук Сучкова Е. П., silena07@bk.ru

Университет ИТМО

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

В статье рассмотрен метод ультразвуковой обработки биологических объектов с целью изменения их состава и свойств. Как известно, кофе является биологическим объектом растительного происхождения. В его химический состав входит множество соединений. Самым известным из них является алкалоид кофеин. Это биологически активное вещество занимает особое место не только в пищевой, но и в фармацевтической промышленности. Кофеин может вызывать серьезные изменения в организме человека. Поэтому его содержание в пищевых продуктах и лекарственных средствах регламентируется государственными стандартами. Ультразвук является одним из эффективных методов обработки биологических объектов. Регулируя длительность и интенсивность ультразвукового воздействия на объект (например, кофе), можно изменять его качественный и количественный состав.

Ключевые слова: кофе, кофеин, ультразвук, биологический объект, биотехнологии, активность воды.

The theoretical basics of employment ultrasound for food systems processing in order to regulate the content of bioactive components

Gerasimov D.V., gerasimov_dv90@rambler.ru

Ph. D. Suchkova E. P., silena07@bk.ru

University ITMO

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

The article describes the method of ultrasonic processing of biological objects in order to change their structure and properties. It is known that coffee is a biological object of vegetable origin. Its chemical structure includes many compounds. The most famous of them is alkaloid caffeine. This active substance has a special significance not only in food industry but also in the pharmaceutical. Caffeine can cause serious changes in the body of a human. Because of this its content in foods and medicines is regulated by state standards. Ultrasound is one of the effective methods for processing biological objects. Regulating duration and intensity of ultrasonic influence on the object (such as coffee), its qualitative and quantitative composition can be changed.

Keywords: coffee, caffeine, ultrasound, ultrasonic processing, biological object, biotechnology, water activity.

В последние десятилетия, ставшими периодом стремительно развивающихся информационных технологий, набирает обороты и область биотехнологий.

Среди множества разделов биотехнологии основными являются те области научных исследований и методы, от которых зависит результативность множества направлений научно-технического прогресса. В частности, пищевых технологий, которые позволяют разрабатывать доступные продукты нового поколения.

Пищевая биотехнология выделилась отдельной ветвью из биотехнологии в конце XX века. Это связано со значительным ухудшением структуры питания населения, дефицитом важнейших компонентов пищи, постоянно действующими неблагоприятными факторами окружающей среды. Предмет изучения пищевой биотехнологии – новые источники и способы получения пищевого сырья [1, 2].

В рамках поиска и разработки новых методов извлечения различных компонентов пищи, в том числе биологически активных веществ, научным сообществом проводятся определенные исследования, которые включают в себя заимствование методов и средств, в том числе и из других областей науки.

Одной из актуальных проблем пищевой промышленности и по сей день остается неполнота выделения из твердых биологических объектов отдельных, весьма ценных компонентов. При этом сопутствующими проблемными факторами становятся количественный контроль выделяемых веществ и возможность регулирования их содержания в готовом продукте.

Одним из наиболее известных пищевых продуктов, представленных на мировом рынке, является кофе.

Кофе содержит множество важных соединений, которые в той или иной степени могут быть как полезны для человеческого организма, так и оказывать на него негативное влияние. В состав экстрактивных веществ кофе входят алкалоиды, белки, фенольные соединения, моно- и дисахара, липиды, органические кислоты, аминокислоты, минеральные элементы и ряд других веществ, содержащихся в небольшом количестве [3].

Самым известным алкалоидом, содержащимся в кофейных зернах, является кофеин (Рис. 1). Это биологически активное вещество широко применяется в медицинской практике, так как оказывает стимулирующее действие на центральную нервную и сердечнососудистую системы, может вступать во взаимодействие с другими медицинскими препаратами [4, 5]. Последние исследования показали, что кофеин может предохранять организм от вредного воздействия радиации [6].

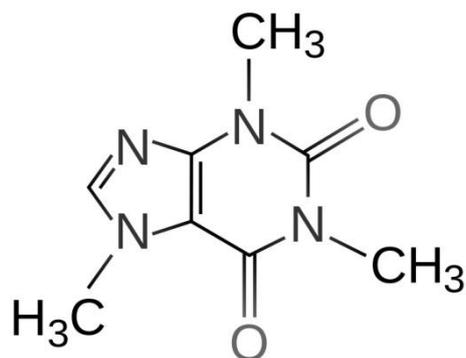


Рис. 1 Структурная формула кофеина

Кофеин также известен под названием 2,6-диокси-1,3,7-триметилпурин, или 1,3,7-триметилксантин. В сыром кофе он находится в свободном и связанном с хлорогеновокислым калием состояниях.

Помимо кофеина алкалоиды в экстракте представлены теобромином и теофиллином, а также тригонеллином [3].

Одним из преимущественно потребляемых видов является натуральный растворимый кофе – сухой пищевой продукт, растворимый в воде, получаемый из натурального жареного кофе физическими методами с использованием в качестве экстрагента воды [7].

При производстве натурального растворимого кофе используют кофейные зерна двух основных видов растений: Арабика (*Coffea Arabica* Linney) и Робуста (*Coffea Canephora* Pierre). Около $\frac{3}{4}$ мирового производства кофе приходится на долю вида Арабика и примерно $\frac{1}{4}$ – на долю вида Робуста. Арабика ценится за свой насыщенный аромат, которым Робуста не может похвастаться. Однако в Робусте содержится большее количество кофеина и урожай этого вида растения можно ожидать до 10 раз в год, что делает Робусту гораздо дешевле.

Производство кофе натурального растворимого состоит из следующих основных этапов:

- приемка сырья;
- сепарация и очистка сырья;
- обжаривание сырья;
- измельчение обжаренного полуфабриката;
- экстрагирование обжаренного полуфабриката;
- сушка экстракта;
- фасование готовой продукции [8].

Как и любой продукт, кофе имеет ряд физико-химических характеристик, регламентируемых нормативными документами. В частности, ГОСТом установлена массовая доля кофеина для кофе натурального растворимого в пересчете на сухое

вещество не менее 2,3 % [9]. Это свидетельствует о том, что указанное биологически активное вещество имеет достаточно оснований для возникновения интереса по выявлению влияния на его содержание в готовом продукте отдельных методов обработки.

Необходимость обработки пищевых систем новыми и уже зарекомендовавшими себя методами возникла давно [10]. Одним из эффективных и интересных методов обработки биологических объектов является ультразвук.

Ультразвук представляет собой волнообразно распространяющееся колебательное движение частиц среды и характеризуется рядом отличительных особенностей по сравнению с колебаниями слышимого диапазона. В ультразвуковом диапазоне частот сравнительно легко получить направленное излучение; ультразвуковые колебания хорошо поддаются фокусировке, в результате чего повышается интенсивность ультразвуковых колебаний в определенных зонах воздействия. При распространении в газах, жидкостях и твердых телах ультразвук порождает уникальные явления, многие из которых нашли практическое применение в различных областях науки и техники.

При применении ультразвуковых технологий в жидких средах возникает и протекает специфический физический процесс – ультразвуковая кавитация, обеспечивающий максимальные энергетические воздействия, как на сами жидкости, так и на твердые тела в жидкостях.

Кавитация – образование в жидкости пульсирующих пузырьков (каверн, полостей), заполненных паром, газом или их смесью. В ультразвуковой волне во время полупериодов разрежения возникают кавитационные пузырьки, которые резко захлопываются после перехода в область повышенного давления, порождая сильные гидродинамические возмущения в жидкости, интенсивное излучение акустических волн. При этом в жидкости происходит разрушение поверхностей твердых тел, граничащих с кавитирующей жидкостью [11].

Более подробно можно выделить следующие виды оказываемого действия ультразвука на биологические объекты и системы:

- 1) механическое действие ультразвука приводит к измельчению и диспергированию частиц;
- 2) физико-химическое действие ультразвука на биологические объекты, прежде всего, связано с морфологией их поверхности. Ультразвук усиливает в тканях проницаемость клеточных мембран и диффузные процессы, изменяет концентрацию водородных ионов в тканях, вызывает расщепление высокомолекулярных соединений, ускоряет обмен веществ. В химическом отношении продукты распада ионизированных молекул воды в тканях организма крайне активны. Именно их большой активностью обусловлен ряд общебиологических эффектов, проявляющихся под влиянием ультразвука. Ультразвук изменяет скорость процессов на границе газ–жидкость. Действие ультразвука повышает растворимость азота в воде на 12 %. И в то же время ультразвуковое облучение растворов приводит к их дегазации;

- 3) тепловое действие ультразвука происходит вследствие превращения акустической энергии в тепловую в результате поглощения ультразвука. Кроме того, образование тепла обусловлено физическими явлениями, вызывающими так называемый эффект пограничных поверхностей. Сущность его заключается в усилении действия ультразвука на границе разделения двух сред. Особенно это сказывается на тепловом эффекте, который может усиливаться в несколько раз;
- 4) биологическое действие ультразвука на клетки и ткани определяется главным образом интенсивностью ультразвука и длительностью облучения и может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на жизнедеятельность организмов. Повышение интенсивности ультразвука может привести к возникновению в биологических средах акустической кавитации, сопровождающейся механическим разрушением клеток и тканей (кавитационными зародышами служат имеющиеся в биологических средах газовые пузырьки). Однако более интенсивные и длительные воздействия могут привести к перегреву биологических структур и их разрушению (денатурация белков и др.).

Ультразвуковой метод позволяет получить многие биологически активные вещества животного происхождения: ферменты (трипсин, химотрипсин, дезоксирибонуклеаза и др.), гормоны (тироксин, эстрогены и др.), витаминные препараты.

Из сырья природного происхождения ультразвуком возможно извлекать практически все известные соединения, продуцируемые растениями. При использовании ультразвука наблюдается не только значительное ускорение производственного процесса, но и увеличение по сравнению с другими способами экстрагирования выхода основного продукта.

Помимо прочего ультразвук способен оказывать эффект стерилизации, сохраняющийся в течение некоторого времени после обработки раствора, эмульсии и т. д. [11].

Ультразвуковая аппаратура для обработки систем имеет довольно широкий спектр. Начиная с портативных гомогенизаторов и стационарных устройств обработки проб малых и средних объемов и заканчивая промышленными ультразвуковыми установками для обработки потоков больших объемов в условиях непрерывного производства [12].

Руководствуясь указанными выше свойствами, которыми обладает ультразвук, можно предположить, что в случае применения данного метода обработки биологических объектов, в частности на стадии экстракции в процессе производства растворимого кофе, можно не только увеличивать выход биологически активных веществ (кофеин и т. д.), но и управлять их содержанием в получаемом экстракте.

Учитывая оказываемый стерилизующий эффект ультразвука, можно предполагать дополнительную гарантию отсутствия микробных загрязнителей в получаемом экстракте, подвергнутом ультразвуковому воздействию.

Также имеет смысл обозначить возможное изменение такого важного показателя как «активность воды». Этот показатель имеет широкое применение в прогнозировании свойств пищевых продуктов за рубежом, является инструментом регулирования качества пищевых продуктов и их сроков хранения [13, 14]. Определяя показатель «активности воды» в экстракте кофе, можно предположить изменение его качества и сроков хранения до следующей стадии технологического процесса. А также вести речь об эффективности стерилизации и извлечении биологически активных веществ.

Список литературы

1. Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения: Учебник / О. А. Неверова, Г. А. Гореликова, В. М. Позняковский. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007. – 415 с.
2. Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения: Учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 240700.62 "Биотехнология" соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту 3-го поколения / О. А. Неверова, А. Ю. Просеков, Г. А. Гореликова, В. М. Поздняковский. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 316 с.
3. Химия субтропических и пищевкусковых продуктов: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И. И. Татарченко, И. Г. Мохначев, Г. И. Касьянов. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 256 с.
4. Биологически активные вещества растительного происхождения. В 3 т. Т. 1 А - К / Б. Н. Головкин, Р. Н. Руденская, И. А. Трофимова, А. И. Шретер. – М.: Наука, 2001. – 350 с.
5. Безопасность пищевой продукции: Учебник, 2-е изд., перераб. и доп. / Донченко Л. В., Надыкта В. Д. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 539 с.
6. Фармацевтическая химия: Учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 060108 (040500) / В. Г. Беликов. – Изд. второе. – М.: МЕДпресс-информ, 2008. – 615 с.
7. ГОСТ Р 52089-2003 Кофе. Термины и определения.
8. Технология субтропических и пищевкусковых продуктов: Учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / И. И. Татарченко, И. Г. Мохначев, Г. И. Касьянов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 384 с.
9. ГОСТ Р 51881-2002 Кофе натуральный растворимый. Общие технические условия.
10. Герасимов Д. В., Сучкова Е. П., Лаптева Н. Г. Необходимость специальной обработки воды в производстве молочных продуктов на основе восстановленных компонентов // Успехи современного естествознания. - Москва: «Академия Естествознания», 2013. – № 1. – С. 169-170. – 200 с. – ISSN 1681-7494. – URL: <http://www.rae.ru/use/pdf/2013/1/38.pdf> (дата обращения: 19.05.2014).

11. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности / В. Н. Хмелев, А. Н. Сливин, Р. В. Барсуков, С. Н. Цыганок, А. В. Шалунов; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 203 с.
12. Ультразвуковые лабораторные устройства и промышленные установки. – URL: <http://www.ultrazvuc.ru> (дата обращения: 20.05.2014).
13. Герасимов Д. В., Сучкова Е. П. Исследование методов обработки воды и водной составляющей восстановленных молочных продуктов и их влияния на показатель активности воды // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств», 2013. – №2. – URL: <http://processes.open-mechanics.com/articles/809.pdf> (дата обращения: 15.05.2014).
14. Цуканов М. Ф., Черноморец А. Б. Технологические аспекты показателя «активность воды» и его роль в обеспечении качества продукции общественного питания // ТТПС, 2010. – №11. – С. 58-63.

References

1. Food biotechnology of products from phyto genesis raw materials: Textbook. O. A. Neverova, G. A. Gorelikova, V. M. Poznyakovskii. – Novosibirsk: Sib. univ. izd-vo, 2007. 415 p.
2. Food biotechnology of products from phyto genesis raw materials: The textbook for students of the higher educational institutions which are training in the direction of training of bachelors 240700.62 "Biotechnology" conforms to the Federal state educational standard of the 3rd generation. O. A. Neverova, A. Yu. Prosekov, G. A. Gorelikova, V. M. Pozdnyakovskii. – M.: INFRA-M, 2014. 316 p.
3. Chemistry of subtropical and food and flavoring products: Studies. grant for the student. высш. studies. institutions. I.I. Tatarchenko, I.G. Mokhnachev, G.I. Kas'yanov. – M.: Izdatel'skii tsentr «Akademiya». 2003. 256 p.
4. Biologically active agents of a phyto genesis. V 3 t. T. 1. A – K. B. N. Golovkin, R. N. Rudenskaya, I. A. Trofimova, A. I. Shreter. – M.: Nauka, 2001. 350 p.
5. Safety of food products: Textbook, 2nd prod. reslave. and additional. Donchenko L. V., Nadykta V. D. – M.: DeLi print, 2007. 539 s.
6. Pharmaceutical chemistry: The manual for the students who are training in the specialty 060108 (040500). V. G. Belikov. – Izd. vtoroje. – M.: MEDpresc-inform, 2008. 615 p.
7. GOST R 52089-2003 Coffee. Terms and definitions.
8. Technology of subtropical and food and flavoring products: Manual for the student. высш. studies. institutions. I. I. Tatarchenko, I. G. Mokhnachev, G. I. Kas'yanov. – M.: Izdatel'skii tsentr «Akademiya». 2004. 384 p.
9. GOST R 51881-2002 Kofe natural'nyi rastvorimyi. Obshchie tekhnicheskie usloviya.
10. Gerasimov D. V., Suchkova E. P., Lapteva N. G. Need of special processing of water for production of dairy products on the basis of the restored components. Achievements of modern

natural sciences. - Moskva: «Akademiya Estestvoznaniya», 2013. № 1. p. 169-170. 200 p. – ISSN 1681-7494. – URL: <http://www.rae.ru/use/pdf/2013/1/38.pdf> (data obrashcheniya: 19.05.2014).

11. Application of ultrasound of high intensity in the industry. V. N. Khmelev, A. N. Slivin, R. V. Barsukov, S. N. Tsyganok, A. V. Shalunov; Alt. gos. tekhn. un-t, BTI. – Biisk: Izd-vo Alt. gos. tekhn. un-ta, 2010. 203 p.

12. Ultrasonic laboratory devices and plants. URL: <http://www.ultrazvuc.ru> (data obrashcheniya: 20.05.2014).

13. Gerasimov D. V., Suchkova E. P. Research of methods of processing of water and water component of the restored dairy products and their influence on an indicator of activity of water. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya «Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv»*. 2013. № 2.

14. Tsukanov M. F., Chernomorets A. B. Technological aspects of an indicator "activity of water" and its role in ensuring quality of production of public catering. *TTPS*. 2010. №11. p. 58-63.