

**Демченко В.А., Зикруллаев Д.Ф., Асфондырова И.В., Назарова В.В.**  
**ВЛИЯНИЕ СОНОХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**  
**НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ХРАНЕНИЯ СВЕЖЕВЫЖАТЫХ СОКОВ**

Демченко Вера Артемовна, кандидат технических наук, старший преподаватель факультета пищевой биотехнологии и инженерии

Университет ИТМО;

Россия, 191002, г. Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

E-mail: [dem8484@gmail.com](mailto:dem8484@gmail.com)

Зикруллаев Джахонгир Фуркатович, магистр факультета пищевой биотехнологии и инженерии

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет;

Россия, 191002, г. Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

E-mail: [jaha\\_94legenda@mail.ru](mailto:jaha_94legenda@mail.ru)

Асфондырова Ирина Владимировна, кандидат технических наук, доцент

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29

E-mail: [ririna25@mail.ru](mailto:ririna25@mail.ru)

Назарова Виктория Владимировна, кандидат технических наук, старший преподаватель факультета низкотемпературной энергетики

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет;

Россия, 191002, г. Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

E-mail: [vnazarova@yandex.ru](mailto:vnazarova@yandex.ru)

*В настоящее время в России прослеживается тенденция увеличения показателей потребления населением натуральных фруктовых и овощных соков, большая доля которых приходится на свежевыжатый 100% сок. Среди всех соков, употребляемых на территории нашей страны, самым популярным является апельсиновый. Вещества, находящиеся в цитрусовых фруктах оказывают антиканцерогенное, антивирусное и антиоксидантное действия. Но по истечении времени от изготовления до употребления сока происходит ряд сложных химических изменений, которые вызывают порчу продукта. В связи с малым сроком хранения свежевыжатых соков, а также снижением качественных показателей при их хранении, были проведены исследования влияния ультразвуковой обработки на качество свежевыжатого апельсинового сока, которые являются актуальными и решают проблему насыщения рынка продуктов питания качественным продовольствием. Целью проведения данного исследования являлось увеличение сроков годности и сохранение качественных показателей свежевыжатого апельсинового сока. При использовании органолептического и микробиологического методов исследования, проводимых в ходе эксперимента, получены следующие результаты: установлено, что применение ультразвуковой обработки значительно улучшает качество сока при хранении. В частности, зафиксировано: отсутствие образования осадка в процессе хранения обработанных ультразвуком образцов*

свежевыжатого апельсинового сока; сохранение яркого, присущего данному продукту, цвета; ультразвуковая обработка значительно сократила развитие общей бактериальной обсемененности полученного продукта. Предложен оптимальный режим работы оборудования - рекомендуемая интенсивность обработки 75 Вт в течение 3 минут, до достижения температуры в продукте 60°C.

**Ключевые слова:** свежевыжатый апельсиновый сок, ультразвук, органолептика, микробиология, анализ, сырье, лабораторная установка, сонохимия, качество сока.

**Для цитирования:** Демченко В.А., Зикруллаев Д.Ф., Асфондырова И.В., Назарова В.В. Влияние сонохимического воздействия на продолжительность хранения свежевыжатых соков // Новые технологии. 2019. Вып. 1(47). С. 37-46. DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10104

**Demchenko V.A., Zikrullaev J.F., Asfondyarova I.V., Nazarova V.V.  
EFFECT OF SONOCHEMICAL IMPACT ON THE DURATION  
OF FRESH JUICES STORAGE**

Demchenko Vera Artemovna, Candidate of Technical Sciences, a senior lecturer of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering

ITMO University;

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

E-mail: [dem8484@gmail.com](mailto:dem8484@gmail.com)

Zikrullaev Jakhongir Furkatovich, Master of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering St. Petersburg National Research University;

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

E-mail: [jaha\\_94legenda@mail.ru](mailto:jaha_94legenda@mail.ru)

Asfondyarova Irina Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, an associate professor

FSAEI HE SPbPU «St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great»;

Russia, 195251, St. Petersburg, 29 Polytechnicheskaya str.

E-mail: [ririna25@mail.ru](mailto:ririna25@mail.ru)

Nazarova Victoria Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, a senior lecturer at the Faculty of Low-Temperature Energy

St. Petersburg National Research University;

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

E-mail: [vnazarova@yandex.ru](mailto:vnazarova@yandex.ru)

*At present in Russia there is a tendency of increased consumption of natural fruit and vegetable juices by the population. A large proportion falls on 100% fresh juice. Among all the juices consumed in our country, orange juice is the most popular one. Substances found in citrus fruits have anticarcinogenic, antiviral and antioxidant effects. But from the time of production to the time of juice consumption, a number of complex chemical changes occur, which spoil the product. Due to the short shelf life of fresh juices, as well as decrease in quality indicators during their storage, studies have been carried out on the effect of ultrasonic processing on the quality of fresh orange juice, which are relevant and solve the problem of supplying food market with quality food. The purpose of this study is to increase the shelf life and preserve the quality indicators of fresh orange juice. When using organoleptic and microbiological research methods*

*conducted during the experiment, the following results have been obtained: it's been found that the use of ultrasonic treatment significantly improves the quality of juice during storage. In particular, it's been recorded: the absence of sediment formation during storage of fresh orange juice samples treated with ultrasound; preservation of bright color inherent in this product; ultrasonic treatment has significantly reduced the development of the total bacterial contamination of the resulting product. An optimal operation mode of the equipment has been proposed - the recommended treatment intensity is 75 W for 3 minutes, until the temperature in the product reaches 60°C.*

**Key words:** *fresh orange juice, ultrasound, organoleptics, microbiology, analysis, raw materials, laboratory setup, sonochemistry, quality of juice.*

**For citation:** Demchenko V.A., Zikrullaev J.F., Asfondyarova I.V., Nazarova V.V. Effect of sonochemical impact on the duration of fresh juices storage. // *Novye tehnologii (Majkop)*. 2019. Iss. 1(47). P. 37-46. (In Russ., English abstract). DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10104

Срок годности свежевыжатого сока не более суток. Хранить его в течение суток нужно в плотно закрытой таре, в охлажденном состоянии.

Лучше всего употреблять данный напиток не позднее 10-30 минут после приготовления. В таком случае все полезные вещества поступят в организм в неизменном виде, не успев вступить в реакцию с кислородом воздуха.

Польза заключается в том, что в свежих соках содержится большое количество биологически активных веществ, которые участвуют в процессе обмена веществ в человеческом организме. Витамины и минералы в таком продукте содержатся в более высоких концентрациях, чем в плодах.

Кроме того, большая часть пестицидов и тяжелых металлов остаются в жмыхе, поэтому соки более безопасны в этом отношении.

В различных комбинациях свежевыжатые соки способны заменить витаминные комплексы. Систематическое употребление подобных напитков способствует укреплению иммунитета, повышению выносливости организма, снижению утомляемости, является профилактикой многих заболеваний.

Стоит помнить, что свежевыжатый и пакетированный сок – это совершенно разные продукты. Соки в торговой сети проходят многократную тепловую обработку, в процессе чего теряют большинство полезных свойств и обогащаются синтетическими витаминами, остаются лишь вредные сахара.

В настоящее время консервирование с использованием метода пастеризации считается наиболее популярным и по сей день, и применяется данный метод для того, чтобы увеличить срок хранения продукта за счет инактивации соответствующих ферментов и микроорганизмов. При этом многие продукты питания нельзя обрабатывать этим методом, так как для него характерны высокие температуры. При нагревании некоторые продукты выделяют нежелательные вещества и вступают в нежелательные реакции, происходит перестройка макромолекул, деформируются структуры животных и растительных клеток, что в совокупности или по отдельности может привести к снижению и потере качества. Так, в результате термической обработки некоторые продукты могут потерять свойственные им сенсорные характеристики, а также изменению может быть содержание и/или концентрация питательных веществ. Ультразвук является эффективным

нетермическим (при минимальном повышении температуры) способом обработки. При обработке ультразвуком тепловая энергия, вырабатываемая на местном уровне кавитацией и высвобождающимися радикалами может привести к инактивации ферментов.[1]

За счет использования ультразвука может быть значительно снижена активность такого фермента, как пероксидаза, которая встречается в большинстве сырых необработанных фруктов и овощей, и может в частности вызывать в них отсутствие вкуса и окрашивание в коричневый цвет. Поскольку такие ферменты, как липаза и протеаза, достаточно термоустойчивы, они могут способствовать уменьшению срока хранения молочной продукции, которая была обработана термически. Их можно инактивировать посредством одновременного воздействия на них ультразвукового импульса, высокого давления и температуры. [2]

Большинство известных полиовирусов и микроорганизмов, оказывающих негативное влияние на характеристики продуктов питания, могут быть эффективно уничтожены с помощью ультразвука. Он может быть использован для консервации различных десертов, а также мяса и молочных продуктов. [4]

Ультразвуковая стерилизация так же может использоваться при производстве безалкогольных напитков. Такой способ в большей мере относят к механической стерилизации. При распространении ультразвуковых колебаний, в жидкости происходит процесс ультразвуковой кавитации. Для запуска разрушения клеток достаточно 0,5-0,8 Вт/см<sup>2</sup> интенсивности ультразвука. [3]

На сегодняшний день популярность набирает метод ультразвуковой обработки для пищевых сред. Ультразвук – это высокочастотные механические колебания, которые не могут быть восприняты ухом человека. Такие импульсы способны обеспечить разрушение микроорганизмов и соединений на молекулярном уровне, а также могут коагулировать белки и инактивировать ферменты.

Процесс воздействия ультразвуковых волн тесно связан с процессом кавитации. Под кавитацией принято понимать образование полостей в жидкостях, которые заполнены резко захлопывающимися парами данной жидкости. В процессе кавитации возникают мощные импульсы, которые могут способствовать разрушению многих соединений и биологических объектов. Самые опасные для таких объектов ультразвуковые частоты – от 20 кГц и выше, вплоть до 100 кГц, при которых интенсивность составляет 0,5...1,0 Вт/см<sup>2</sup>. Факторами, от которых будет зависеть эффективность обработки, могут быть: время действия, химический состав среды, вязкость и температура среды и другие. [7]

Существует мнение, что ультразвуковое воздействие способно практически полностью уничтожить все микроорганизмы, находящиеся в данной химической среде. Эффективность такого процесса может быть увеличена при использовании тепла наряду с ультразвуком, что позволит снизить затраты энергетических ресурсов на проведение такой обработки. [6, 8]

В качестве ультразвукового преобразователя был выбран прибор серии «Волна» модель УЗТА-0,2/22-ОМ (рисунок 1).

По сравнению с другими устройствами он имеет ряд преимуществ, такие как: малые габариты, пониженное потребление электроэнергии, простота в управлении, улучшение качества готовой продукции и т.д.



**Рис. 1.** Ультразвуковой аппарат серии «ВОЛНА-М»

Определение органолептических свойств восстановленного сока проводится соответствующему межгосударственному стандарту №8756.1-79 «Продукты пищевые консервированные. Методы определения органолептических показателей, массы нетто или объема и массовой доли составных частей». [5]

С учетом органолептических данных можно было определить основные характеристики продукта.

Изображенный ниже рисунок демонстрирует примеры визуального определения степени соответствия требованиям, указанным в нормативно-технических документах.



**Рис. 2.** Внешний вид образцов свежевыжатого апельсинового сока, обработанного ультразвуком различной интенсивности, и контрольный образец

После суток хранения в обработанном ультразвуком соке не образовывался осадок, сок имел привлекательный вид. При обработке ультразвуком мощностью 45 Вт и в контроле появился осадок, и цвет сока был темным. При обработке мощностью 60 Вт, внешний вид сока заметно сохранился – был ярким и светлым, без образования осадка, а при мощности 75 Вт видны наилучшие результаты. Такие показатели свежевыжатого сока невозможно получить без использования химических пищевых добавок.

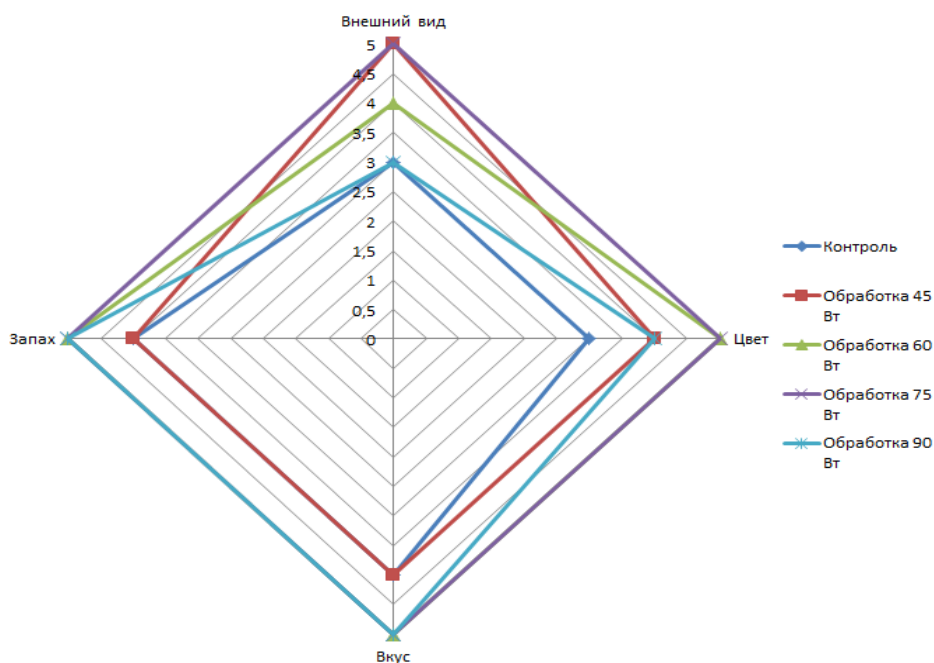
Номограмма органолептических показателей образцов сока, обработанных с различной интенсивностью ультразвукового излучения, представлена на рисунке 3.

Результаты проведения микробиологического анализа контроля и обработанного ультразвуком различной интенсивности апельсинового сока показаны на рисунке 4.

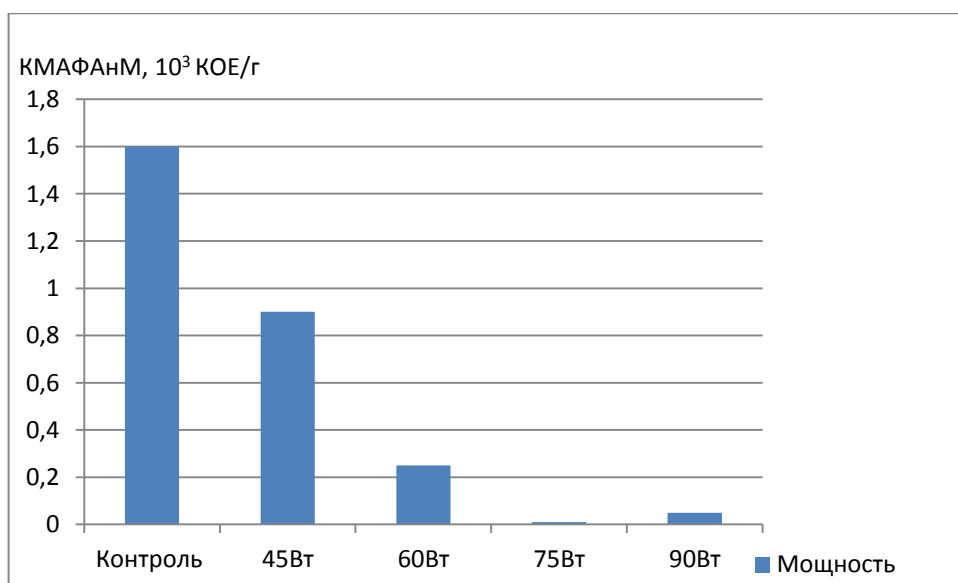
Норма количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов в свежавыжатом соке, разрешенном к употреблению  $1 \cdot 10^3$ .

В необработанном ультразвуком образце значительно превышено содержание микроорганизмов, наилучший результат получен при обработке сока ультразвуком при интенсивности экспериментальной установки 75 Вт.

Проведенное исследование по изучению влияния ультразвуковой обработки на показатели качества свежавыжатого апельсинового сока показало, что данный вид тепловой пастеризации позволяет улучшить органолептические и микробиологические показатели готового продукта, существенно сократив потерю полезных веществ и витаминов. Была подобрана технология изготовления сока и определены рабочие параметры интенсивности работы ультразвуковой установки. Рекомендуемая интенсивность обработки 75 Вт в течение 3 минут, до достижения температуры в продукте  $60^\circ\text{C}$ . Исходя из полученных данных эксперимента, срок годности свежавыжатого апельсинового сока был увеличен в 2 раза.



**Рис. 3.** Номограмма органолептических показателей образцов сока, обработанных с разной интенсивностью ультразвукового излучения



**Рис. 4.** *Изменение количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАНМ) в соке от мощности излучения ультразвука спустя сутки хранения экспериментальных образцов*

Таким образом, из всего вышесказанного следует, что обработка свежесжатых соков с помощью ультразвука, позволяет в разы увеличить срок хранения продукта, при этом, не происходит потери полезных свойств. Опыты, проведенные в лаборатории Университета ИТМО, показали, что при данном виде обработки эффективность пастеризации увеличивается во много раз. В результате проведения эксперимента был увеличен срок хранения продукта и снижены экономические потери.

#### ***Литература:***

1. Антуфьев В.Т., Иванова М.А., Понедельченко А.А. Результаты исследования стабилизации производительности ультразвуковой установки с керамическими мембранными элементами при обработке вина // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. №2(68). С. 37-42.
2. Герасимов Д.В., Сучкова Е.П. Теория использования ультразвуковых импульсов в процессе обработки пищевых систем, необходимая для регулирования содержания биологически активных компонентов // Журнал Санкт-Петербургского национального исследовательского университета. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. №3. С. 53-60.
3. Иванова М.А., Понедельченко А.А. Разработка экспериментальной ультразвуковой установки с керамическими мембранными элементами для обработки вина // Журнал Санкт-Петербургского национального исследовательского университета. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2015. №1(23). С. 56-61.
4. Капустин С.В., Красуля О.Н. Применение ультразвуковой кавитации в пищевой промышленности // Интерактивная наука. 2016. №2. С. 101-103.
5. Корячкина С.Я. Методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовых продуктов. Методы исследования свойств растительного сырья: учебно-методическое пособие для высшего профессионального образования. Орел: Госуниверситет-УНПК, 2011. 297 с.
6. Влияние ультразвуковой обработки на микробиологические показатели плодоовощных полуфабрикатов / Манеева Э.Ш. [и др.] // Наука и образование:

фундаментальные основы, технологии, инновации: сборник материалов международной научной конференции, посвященной 60-летию Оренбургского государственного университета (15-17 сент. 2015 г.). Оренбург, 2015. С. 275-278.

7. Тюрина С.Б. Разработка технологии комбинированной стерилизации жидких продуктов питания с применением тепла и ультразвука: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Москва, 2002. 26 с.

8. Использование высокоинтенсивных ультразвуковых волн в промышленности: курс лекций / Хмелев В.Н. [и др.]. Бийск: АГТУ, 2010. 203 с.

#### *Literature:*

1. Antufiev V.T., Ivanova M.A., Ponedelchenko A.A. The results of the study of stabilization of an ultrasonic installation performance with ceramic membrane elements during wine processing // Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies. 2016. №2 (68). P. 37-42.

2. Gerasimov D.V., Suchkova E.P. Theory of the use of ultrasonic pulses in the processing of food systems, necessary for regulating the content of biologically active components // Journal of St. Petersburg National Research University. Series: Processes and equipment for food production. 2014. №3. P. 53-60.

3. Ivanova M.A., Ponedelchenko A.A. Development of an experimental ultrasound unit with ceramic membrane elements for wine processing // Journal of the St. Petersburg National Research University. Series: Processes and equipment for food production. 2015. №1 (23). P. 56-61.

4. Kapustin S.V., Krasulya O.N. The use of ultrasound cavitation in food industry // Interactive science. 2016. No. 2. P. 101-103.

5. Koryachkina S.Ya. Methods for researching the properties of raw materials, semi-finished and finished products. Methods for studying the properties of plant materials: a teaching aid for higher professional education. Orel: State University-UNPK, 2011. 297 p.

6. The effect of ultrasonic processing on microbiological indicators of fruit and vegetable semi-finished products / Mananeva E.Sh. [et al.] // Science and Education: Fundamentals, Technologies, and Innovations: a collection of materials from the international scientific conference devoted to the 60th anniversary of Orenburg State University (September 15-17, 2015). Orenburg, 2015. P. 275-278.

7. Tyurina S.B. Development of technology for combined sterilization of liquid food using heat and ultrasound: abstr. Of dis. ... Cand. of Tech. Sciences: 05.18.01. Moscow, 2002. 26 p.

8. The use of high-intensity ultrasonic waves in industry: a course of lectures / Khmelev V.N. [et al.]. Biysk: ASTU, 2010. 203 p.