

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Н.В. Попова, С.А. Фатеева

В рамках исследований была проведена апробация возможностей использования методов ультразвуковой кавитации для улучшения качества воды в части микробиологических показателей. На основе проведенных исследований авторами был выбран оптимальный режим применения ультразвуковых волн.

Ключевые слова: *сонохимия, вода, ультразвуковая кавитация, водородный показатель, общая жесткость, обсемененность, биологическое действие.*

Вопросы изучения методов оптимизации качества воды применительно к пищевой промышленности и сегодня не утрачивают актуальности. Вода является ключевым фактором технологических процессов получения большинства пищевых продуктов, в связи с чем требуется постоянный мониторинг со стороны контролирующих органов.

По данным Роспотребнадзора, изложенным в государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Челябинской области в 2012 году» вода, используемая для пищевых целей, а также в технологии получения продуктов питания имеет ряд серьезных отклонений в качестве, а значит, могут появляться риски для потребителей:

- доля проб воды из распределительной сети централизованного водоснабжения, не соответствующих санитарным требованиям по санитарно-химическим показателям, составила в 2012 г. – 16,2 %, по микробиологическим – 5,6 %, в том числе выделены возбудители патогенной флоры в 0,04 % проб;

- удельный вес населенных пунктов, обеспеченных «доброкачественной питьевой водой», составил 40,59 % от общего числа населенных пунктов (2011 г. – 31,2 %, в 2010 г. – 45,39 %), «условно-доброкачественной питьевой водой» обеспечено 27,70 % населенных пунктов (2011 г. – 31,81 %, 2010 г. – 26,59 %);

- доля населенных пунктов, обеспеченных питьевой водой, отвечающей требованиям безопасности, составляет 80,55 % (2011 г. – 78,19 %, 2010 г. – 80,53 %);

- доля населенных пунктов, обеспеченных доброкачественной привозной питьевой водой – 84 % (2011 г. – 7,7 %, 2010 г. – 76,9 %).

В рамках наших исследований была проведена апробация возможностей использования методов ультразвуковой кавитации для улучшения качества воды в части микробиологических показателей. Существует множество различных видов водоочистки на промышленных предприятиях, которые условно подразделяют на три большие группы: физико-химические, биологические и механические. Подробнее остановимся на первой группе – физико-химические методы водоочистки, которая подразделяется соответственно на химические (хлорирование, озонирование) и физические (кипячение, обработка ультрафиолетовыми лучами и ультразвуком) [1].

Ультразвук – упругие колебания волны, частота которых выше 20 кГц. В результате взаимодействия ультразвуковых волн с жидкостью возникает сонохимическое действие, что включает кавитацию, обеззараживание, нагрев, эмульгирование, диспергирование и многие другие процессы, активно используемые на этапах производства пищевых продуктов [2].

Сонохимическое действие основано на распространении в воде деформаций, которые создаются периодическими импульсами давления. Под воздействием ультразвуковой волны происходит образование микроскопических газовых включений, которые способны надтепловым путем, т. е. без нагрева, изменить химические свойства воды. Надтепловой механизм передачи энергии в процессах сонохимии делает их экономичнее термических [2, 3].

Оказываемое воздействие ультразвуковых волн на физические и химические процессы, протекаемые в продуктах, позволяет улучшить качество готового продукта, увели-

чить сроки хранения, сократить энергозатраты и создать продукты с новыми потребительскими свойствами.

Наше исследование направлено на изучение влияния ультразвукового воздействия на показатели качества воды, подбор оптимального режима (сочетания зависимости мощности и экспозиции) обработки воды ультразвуком с целью достижения наиболее эффективной обработки.

В связи с этим была проведена целая серия экспериментов по определению таких показателей качества воды, как водородный показатель (рН), общая жесткость и показатель ОМЧ.

При определении водородного показателя и общей жесткости исследуемые образцы воды подвергались ультразвуковому воздействию при следующих режимах: частота 22 кГц, мощность 120, 180 и 240 Вт, экспозиция воздействия 1 мин, 2 мин и 3 мин. Результаты проведенных исследований для водопроводной воды представлены в табл. 1.

Изучая данные исследований, приведенные в табл. 1, выявлена закономерность: увеличение мощности и экспозиции ультразвукового воздействия на образцы воды приводит к возрастанию значений водородного показателя. Под действием ультразвука молекула воды распадается на ионы H^+ и OH^- . Поскольку катионы водорода не могут долго находиться в свободном состоянии, они взаимодействуют с молекулами воды, образуя соединения H_2O . Следствием этого является увеличение количества ионов OH^- , обеспечивающих щелочную реакцию среды.

Показатель общей жесткости воды зависит от содержания солей кальция и магния. Под воздействием ультразвуковых волн соли кальция и магния разрушаются, это приводит к снижению показателя общей жесткости [4].

Для определения степени выраженности

эффекта обеззараживания воды ультразвуковыми волнами был использован метод определения общего числа микроорганизмов, образующих колонии на питательном агаре (ОМЧ). При определении показателя ОМЧ использовались питательные среды на основе агара, лабораторное оборудование, метод посева и учет результатов – в соответствии с МУК 4.2.1018-01 «Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды». Образцы воды подвергались ультразвуковому воздействию при следующих режимах: частота 22 кГц, мощность 120, 180 и 240 Вт, экспозиция воздействия составляла 1 мин, 3 мин и 5 мин (табл. 2).

При исследовании микробиологических показателей питьевой воды была сформирована следующая номенклатура исследуемых образцов:

- ✓ водопроводная вода (контроль) – образец № 1;
- ✓ обработанная ультразвуком водопроводная вода (мощность 120 Вт, время обработки 1 минута) – образец № 2;
- ✓ обработанная ультразвуком водопроводная вода (мощность 180 Вт, время обработки 5 минут) – образец № 3;
- ✓ обработанная ультразвуком водопроводная вода (мощность 240 Вт, время обработки 3 минуты) – образец № 4;
- ✓ обработанная ультразвуком водопроводная вода (мощность 240 Вт, время обработки 5 минут) – образец № 5;
- ✓ водопроводная вода с добавлением сахара (контроль) – образец № 6;
- ✓ обработанная ультразвуком водопроводная вода (мощность 240 Вт, время обработки 5 минут) с добавлением сахара – образец № 7;
- ✓ водопроводная вода с сахаром, обработанная ультразвуком (мощность 240 Вт, время обработки 5 минут) – образец № 8.

Таблица 1

Значения водородного показателя и показателя общей жесткости для исследуемых образцов воды

Показатель	1 мин			2 мин			3 мин			Контроль
	120 Вт	180 Вт	240 Вт	120 Вт	180 Вт	240 Вт	120 Вт	180 Вт	240 Вт	
Водородный показатель, рН	6,85	6,87	6,9	6,91	6,93	6,95	6,98	6,99	7,0	6,74
Температура, °С	15,3	15,3	17,5	22,3	23,2	25,7	32,5	33,6	33,6	15,2
Общая жесткость, ммоль/дм ³	4,95	4,85	4,8	4,75	4,65	4,55	4,5	4,45	4,3	5

Значения показателя ОМЧ для исследуемых образцов воды

Описание образца	Показатель ОМЧ, КОЕ/мл
Водопроводная вода (контроль)	1500
Обработанная ультразвуком водопроводная вода (мощность 120 Вт, время обработки 1 минута)	200
Обработанная ультразвуком водопроводная вода (мощность 180 Вт, время обработки 5 минут)	–
Обработанная ультразвуком водопроводная вода (мощность 240 Вт, время обработки 3 минуты)	–
Обработанная ультразвуком водопроводная вода (мощность 240 Вт, время обработки 5 минут)	–
Водопроводная вода с добавлением сахара (контроль)	2000
Обработанная ультразвуком водопроводная вода (мощность 240 Вт, время обработки 5 минут) с добавлением сахара	–
Водопроводная вода с сахаром, обработанная ультразвуком (мощность 240 Вт, время обработки 5 минут)	–

Далее производился посев по 1 мл исследуемых растворов в заранее приготовленные чашки Петри с питательным агаром. Посев немедленно смешивают с питательным агаром, плавными вращательными движениями, избегая попадания на края и крышку чашки Петри. Затем чашки Петри инкубировали при температуре $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение (24 ± 2) часа [2].

В результате проведенных исследований было обнаружено обсеменение микроорганизмами следующих образцов воды:

- ✓ водопроводная вода (контроль) – образец № 1;
- ✓ обработанная ультразвуком водопроводная вода (мощность 120 Вт, время обработки 1 минута) – образец № 2;
- ✓ водопроводная вода с добавлением сахара (контроль) – образец № 6.

Общая обсемененность контрольных образцов, в которых использовалась необработанная водопроводная вода, гораздо выше нормы, которая не должна превышать 50 КОЕ/мл. В образце, обработанном ультразвуком в течение 1 минуты с мощностью, равной 120 Вт, количество микроорганизмов снизилось в 7,5 раз. В результате повышения мощности и увеличения экспозиции воздействия ультразвука наблюдалась тенденция к полному исчезновению микроорганизмов. Так, эффект воздействия ультразвука на микроорганизмы зависит от интенсивности и времени ультразвукового воздействия. При низкой интенсивности и малом времени воздействия ультразвук может стимулировать активность

и рост микроорганизмов, что нежелательно для обработки воды.

Таким образом, биологическое действие ультразвука существенно зависит от его интенсивности, меняя которую можно получить любые эффекты – от стимуляции до разрушения. Поэтому выбор оптимального режима применения ультразвуковых волн требует особой тщательности [3].

Литература

1. Тихомирова, Н.А. Вода как фактор качества молочных продуктов / Н.А. Тихомирова // *Молочная промышленность*. – М.: Молочная промышленность, 2011.
2. Технология и оборудование для обработки пищевых сред с использованием кавитационной дезинтеграции / С.Д. Шестаков, О.Н. Красуля, В.И. Богуш, И.Ю. Потороко. – М.: Изд-во «ГИОРД», 2013. – 152 с.
3. Ультразвуковая сонохимическая водоподготовка / С.Д. Шестаков, О.Н. Красуля, Я.А. Артемова, Н.А. Тихомирова // *Молочная промышленность*. – М.: Молочная промышленность, 2011. – № 5. – С. 39–42.
4. МУ 2.1.4.1184-03 Методические указания по внедрению и применению санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества», утвержденные главным государственным санитарным врачом РФ, от 15.01.2003.

Попова Наталия Викторовна. Старший преподаватель кафедры «Товароведение и экспертиза потребительских товаров», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, tef_popova@mail.ru.

Фатеева Светлана Александровна. Ассистент кафедры «Товароведение и экспертиза потребительских товаров», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, svetlanka_pretty@mail.ru.

Поступила в редакцию 24 января 2014 г.

*Bulletin of the South Ural State University
Series "Food and Biotechnology"
2014, vol. 2, no. 1, pp. 30–33*

EXAMINATION OF ULTRASOUND EXPOSURE IMPACT ON WATER QUALITY INDICATORS

N. V. Popova, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
S.A. Fateeva, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The approbation of a possible use of different ultrasonic cavitation methods for improvement of water quality in terms of microbiological indicators is obtained within the scope of this study. The authors have chosen an optimal application mode of ultrasonic waves taking into consideration the results of conducted experiments.

Keywords: acoustochemistry, water, ultrasonic cavitation, pH value, total hardness, biological effect.

References

1. Tihomirova N.A. [Water as a factor of quality of milk products]. *Molochnaja promyshlennost'* [Milk Industry]. Moscow, 2011. (in Russ.)
2. Shestakov S.D., Krasulja O.N., Bogush V.I., Potoroko I.Ju. *Tehnologija i oborudovanie dlja obrabotki pishhevych sred s ispol'zovaniem kavitacionnoj dezintegracii* [Technology and Equipment for Processing of Food Environments with the Use of Cavitation Disinfection]. Moscow, GIOR Publ., 2013. 152 p.
3. Shestakov S.D., Krasulja O.N., Artemova Ja.A., Tihomirova N.A. [Ultrasound Sonochemical Water Conditioning]. *Molochnaja promyshlennost'* [Milk Industry]. Moscow, 2011, no. 5, pp. 39–42. (in Russ.)
4. *MU 2.1.4.1184-03 Metodicheskie ukazanija po vnedreniju i primeneniju sanitarno-jepidemiologicheskikh pravil i normativov SanPiN 2.1.4.1116-02 "Pit'evaja voda. Gigienicheskie trebovanija k kachestvu vody, rasfasovannoj v emkosti. Kontrol' kachestva", utverzhdennye glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF, ot 15.01.2003* [Methodological Guidelines on Introduction and Application of Health and Hygiene Rules and Standards SanPiN 2.1.4.1116-02 "Drinking Water. Hygienic Requirements to Bottled Water Quality. Quality Control", approved by Chief State Medical Officer of the Russian Federation of January 15, 2003].

Popova Natalia Viktorovna, senior lecturer, Department of Merchandising and Examination of Consumer Goods, South Ural State University, Chelyabinsk, tef_popova@mail.ru.

Fateeva Svetlana Aleksandrovna, lecturer, Department of Merchandising and Examination of Consumer Goods, South Ural State University, Chelyabinsk, svetlanka_pretty@mail.ru

Received 24 January 2014