

## ВОДОПОДГОТОВКА В ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА КАК ФАКТОР ИХ КАЧЕСТВА

*Н.В. Попова*

Широкое использование воды во всех сферах жизни человека и различных пищевых производствах определяет достаточно высокие требования к ее качеству и безопасности (по СанПиН 2.1.4.1074-01).

Постоянное ухудшение качества воды, что отражается в ежегодных докладах Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, предполагает необходимость внедрения в пищевые производства современных методов водоподготовки, способствующих не только глубокой очистке воды, но и приданию ей требуемых для конкретного производства свойств. Спектр методов водоподготовки достаточно широк, включает в себя физические, физико-химические и химические методы. Выбор и комбинация метода водоподготовки определяется как видом и типом пищевого производства, так и свойствами и качеством поступающей воды.

Одним из современных методов водоподготовки является ультразвуковое воздействие. Помимо очистки воды ультразвук в жидкой среде вызывает кавитационные эффекты, которые способствуют изменению свойств воды (активной кислотности, температуры, жесткости), а в дальнейшем при растворении в обработанной воде сухого молока – повышению относительной скорости растворения сухого молока. Кроме того, под воздействием ультразвукового капиллярного эффекта происходит более интенсивное проникновение воды-растворителя в вещества белковой природы, составляющие значительную долю сухого продукта, что приводит к их более полному и краткосрочному набуханию, способствующему в итоге снижению индекса растворимости

Таким образом, ультразвуковая обработка воды, используемой для восстановления сухого молока при производстве молочных продуктов, может применяться в качестве современного метода водоподготовки, способствующего не только очистке воды, но и интенсификации процессов производства восстановленных продуктов переработки молока.

**Ключевые слова:** вода, водоподготовка, сухое молоко, восстановление сухого молока, восстановленные продукты переработки молока, индекс растворимости.

Развитие молочной отрасли, основанное на постоянном увеличении доли сухого молока в переработке, актуализирует проблему качества воды и ее подготовки для использования в пищевых производствах. Занимая большую долю (до 88 %) в восстановленном продукте переработки молока, вода оказывает влияние на качество и потребительские свойства вырабатываемого молочного продукта.

Под качеством воды понимают характеристики состава и свойств воды, определяющих пригодность ее для конкретных видов водопользования. Качество воды строго регламентируется по санитарно-эпидемиологическим требованиям – безопасности, безвредности по химическому составу, органолептическим свойствам.

Основными причинами неудовлетворительного качества воды являются: факторы природного характера (повышенное содержа-

ние в воде соединений железа и марганца); антропогенное загрязнение поверхностных и подземных вод; отсутствие или ненадлежащее состояние зон санитарной охраны водоисточников; использование старых технологических решений водоподготовки в условиях ухудшения качества воды; низкое санитарно-техническое состояние существующих водопроводных сетей и сооружений; осуществление производственного контроля в сокращенном объеме; нестабильная подача воды [1, 2].

За последние три года ситуация с состоянием как подземных, так и поверхностных источников централизованного питьевого водоснабжения и качеством воды в местах водозабора во многих регионах Российской Федерации существенно не изменилась и остается неудовлетворительной.

Во многих субъектах РФ основными санитарно-химическими показателями, по кото-

рым отмечается несоответствие воды гигиеническим нормативам, являются железо, марганец и соли жесткости, однако станции обезжелезивания и установки по умягчению воды имеются только на крупных водозаборных сооружениях.

Для воды, используемой в молочном производстве, требования устанавливаются по СанПиН 2.1.4.1074-01. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», но с ограничением по содержанию взвесей, железа, марганца, солей жесткости и часто по биозагрязнениям [3]. Нормативы по обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории Российской Федерации, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение, приведены в таблице.

**Нормативы безвредности питьевой воды  
(по СанПиН 2.1.4.1074-01)**

Показатели	Нормативы (ПДК), не более
Водородный показатель, рН	6–9
Общая минерализация (сухой остаток), мг/л	1000 (1500)
Жесткость общая, мг-экв./л	7,0 (10,0)
Окисляемость перманганатная, мг/л	5,0
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионактивные, мг/л	0,5
Фенольный индекс, мг/л	0,25

В производстве восстановленной молочной продукции качество воды в первую очередь определяет органолептические, физико-химические, микробиологические и реологические показатели продуктов. Для воды, используемой в технологии восстановления, должны быть жестко регламентированы показатели: содержание взвешенных частиц (прозрачность); солесодержание; концентрация водородных ионов; общая жесткость и ее составляющие; общая щелочность и ее составляющие; окисляемость.

Солесодержание влияет на органолептические параметры и растворимость сухих веществ, величина рН определяет скорость протекания химических реакций, влияет на запах, привкус и внешний вид воды. Повышение жесткости воды способствует снижению ско-

рости растворения сухих молочных продуктов, а в восстановленном продукте переработки молока – понижению устойчивости белковой фазы с повышением риска преждевременной коагуляции, а также термостойкости восстановленных продуктов. Предотвратить эти процессы можно умягчением воды [4, 5].

Проблема взаимосвязи компонентов молочных продуктов с водой усугубляется наличием в ней множества примесей, которые оказывают воздействие на процесс растворения и влияют на качество готовой продукции. В частности, вода влияет на термостабильность, образование осадка, вязкость и загустевание в процессе производства и хранения, запах и вкус восстановленного молока и вырабатываемой из него в дальнейшем молочной продукции [6, 7].

Вследствие сложного дисперсного состава воды и возможного наличия в ней разнообразных минеральных и органических примесей требуется осуществление водоподготовки перед ее использованием в пищевых производствах. Выбор и комбинация метода водоподготовки определяется как видом и типом пищевого производства, так и свойствами и качеством поступающей воды. Анализ предложенных в литературе методов водоподготовки позволил их систематизировать с учетом выполняемых целей (рис. 1).

Требуемым критериям безопасности в большей степени отвечают физические (безреагентные) методы водоподготовки, и в частности ультразвуковое воздействие. Оно характеризуется наличием упругих колебаний и волн частотой выше 15–20 кГц, которые и определяют его специфические особенности в различных средах. Важнейшим нелинейным эффектом в ультразвуковом поле является кавитация – возникновение в жидкости массы пульсирующих пузырьков, заполненных паром, газом или их смесью. Движение пузырьков в различных направлениях, их схлопывание, слияние друг с другом и т. д. порождают в жидкости импульсы сжатия (микроударные волны) и микропотоки, что способствует локальному нагреванию среды, возникновению ионизации. В результате указанных эффектов происходит разрушение находящихся в жидкости твердых тел (кавитационная эрозия), жидкость перемешивается, инициируются или ускоряются различные физические и химические процессы. Степень и глубина кавитационных процессов определяются условиями ультразвукового воздействия [8, 9].



Рис. 1. Классификация методов водоподготовки, используемых в пищевой промышленности

Для кавитации характерно понятие порога, под которым понимается интенсивность ультразвука, ниже которой не наблюдаются кавитационные явления. Для воды и водных растворов пороги кавитации возрастают с увеличением частоты ультразвука и уменьшением времени воздействия.

В результате кавитационных процессов внутри жидкости возникают определенные эффекты:

- сильные акустические сигналы на частоте, равной половине частоты ультразвука, вызвавшего кавитацию;

- ускорение протекающих химических реакций либо инициирование новых;

- интенсивные микротоки и ударные волны, которые ведут к механическим перемешиваниям внутренних слоев жидкости;

- разрыв химических связей макромолекул;

- ультразвуковое свечение и различные биологические эффекты.

Ультразвуковые волны при распространении в жидкости образуют участки с высоким и низким давлением, которые, в свою очередь, обуславливают формирование в сре-

де зон высоких сжатий и зон разрежений. Все это не может не отразиться на свойствах и показателях качества воды, что и ставилось целью наших исследований. Ультразвуковая обработка воды осуществлялась нами при различной мощности (120, 180 и 240 Вт) и длительности (1, 3 и 5 минут). В результате по оцениваемым показателям получены следующие выводы.

1. Значение показателя активной кислотности позволяет оценить состояние воды, характер физико-химических и биохимических процессов, происходящих в ней. Исходное усредненное значение рН образцов воды составляло  $(7,06 \pm 0,2)$  ед.

Посредством варьирования двух параметров – мощность и продолжительность ультразвуковой обработки – нами было установлено их влияние на рН воды, описываемое уравнением:

$$y = 6,827 - 0,03x_1 - 0,143x_2 + 0,04x_2^2, \quad (1)$$

где  $x_1$  – мощность обработки, Вт;  $x_2$  – время обработки, мин.

Ультразвуковая обработка способствует колебаниям рН воды в небольших пределах, в процентном отношении отклонения укладываются в диапазон от 0,43 до 4,39 %. Причем повышение мощности в отличие от длительности в меньшей мере отражается на колебаниях

значений рН. Плавное изменение значений рН позволяет выбрать нужный режим обработки с учетом первоначальных значений активной кислотности питьевой воды и требуемых на конкретном пищевом производстве.

2. Изменение условий ультразвуковой обработки также вызывает варьирование температурного фактора (рис. 2) в сторону увеличения, что обуславливает положительное воздействие на последующую растворимость сухого молока, так как в традиционной технологии восстановления молока нагревание воды перед внесением в нее сухого молока является отдельным обязательным этапом.

Временные изменения структуры воды под влиянием ультразвуковой обработки способствуют выделению энергии, о чем свидетельствует повышение температуры после кавитационной обработки.

Необходимо отметить, что при мощности воздействия до 180 Вт и длительности до трех минут увеличение температуры протекает плавно, резкий скачок отмечен при 5 минутах воздействия. Большая мощность обработки – 240 Вт – способствует резкому увеличению температуры: при 3 минутах обработки – на 17,7 %, при 5 – 27,2 %, зависимость температуры от времени и мощности обработки имеет вид:

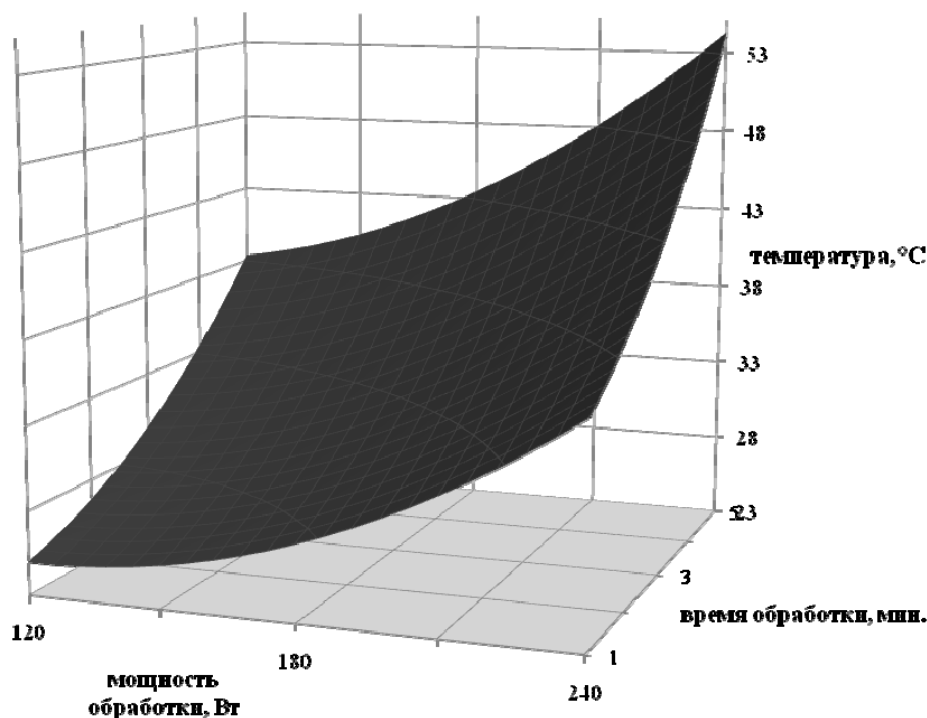


Рис. 2. Зависимость температуры воды от мощности и длительности УЗ-обработки

$$y = 33,356 + 6,7x_1 + 7,917x_2 + 2,867x_1^2 + 2,117x_2^2 + 1,25x_1x_2, \quad (2)$$

где  $x_1$  – мощность обработки, Вт;  $x_2$  – время обработки, мин.

Так как оптимальной температурой, рекомендованной технологической инструкцией по восстановлению сухого молочного продукта (СМП), является диапазон от 40 до 60 °С [4, 7, 10], резкие увеличения температурного фактора при использовании ультразвуковой обработки в промышленных масштабах нежелательны в связи с трудностью быстрого варьирования. Также важно отметить, что пятиминутная обработка при мощности 240 Вт способствует повышению температуры воды до  $(54,2 \pm 2)$  °С, что, укладываясь в оптимальный температурный диапазон, все же свидетельствует о нежелательности более длительной и с большей мощностью ультразвуковой обработки.

3. Жесткость питьевой воды, под которой понимается сумма молярных концентраций  $Ca^{2+}$  и магния  $Mg^{2+}$ , должна быть в пределах 7,0 мг-экв/л.

Повышенная жесткость воды оказывает отрицательное воздействие на процесс выработки восстановленной молочной продукции: большая жесткость воды снижает скорость процесса растворения сухих молочных продуктов, понижает устойчивость белковой

фракции в восстановленном молоке, что повышает риск преждевременной коагуляции белков и снижает термостойкость восстановленных молочных продуктов. Результаты оценки жесткости воды в зависимости от времени и мощности воздействующего фактора представлены на графике (рис. 3).

Данные рисунка позволяют отметить положительную тенденцию воздействия ультразвуковых колебаний на снижение жесткости воды, в частности обработка при мощности 120 Вт в течение 1 минуты снижает жесткость в среднем на 3,9 %. При механических воздействиях происходит разрушение солей жесткости, снижается их концентрация, что имеет положительный эффект в технологиях восстановления сухого молока. Воздействуя на соли кальция и магния, ультразвуковая обработка способствует выпадению их в осадок, что способствует умягчению воды.

Таким образом, можно свидетельствовать о положительном влиянии ультразвуковой обработки на физико-химические свойства воды, подвергнутой воздействию. С точки зрения наиболее благоприятного сочетания указанных параметров, позволяющих достигнуть наилучших характеристик в технологическом и экономическом аспектах, нами была определена мощность ультразвуковой обработки 120 Вт.

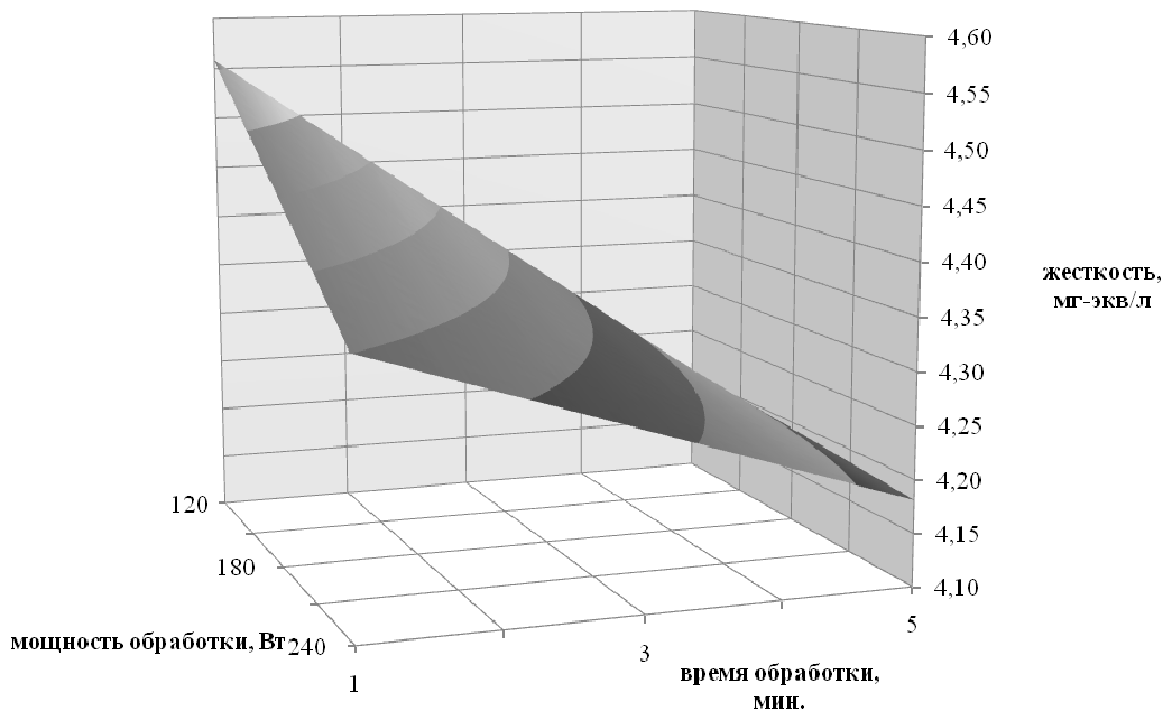


Рис. 3. Зависимость жесткости воды от мощности и длительности ультразвуковой обработки

## Прикладная биохимия и биотехнологии

В последующих исследованиях подтверждается положительное влияние ультразвуковой обработки как метода водоподготовки на скорость растворения сухого молока и индекс его растворимости (рис. 4) [10].

Увеличение относительной скорости растворения сухого молока в воде, подвергнутой ультразвуковой обработке длительностью от одной до пяти минут, составило от 17,6 до 34,2 %.

Образование акустических потоков в среде продукта, которое является следствием ка-

витационных процессов, влечет за собой деструктивные изменения оболочек частиц компонентов смеси и по мере протекания данного процесса увеличивается площадь поверхности их соприкосновения с растворителем, это в итоге ускоряет процесс растворения сухого молока.

Также предположительно под воздействием ультразвукового капиллярного эффекта происходит более интенсивное проникновение воды-растворителя в вещества белковой природы, составляющие значительную долю

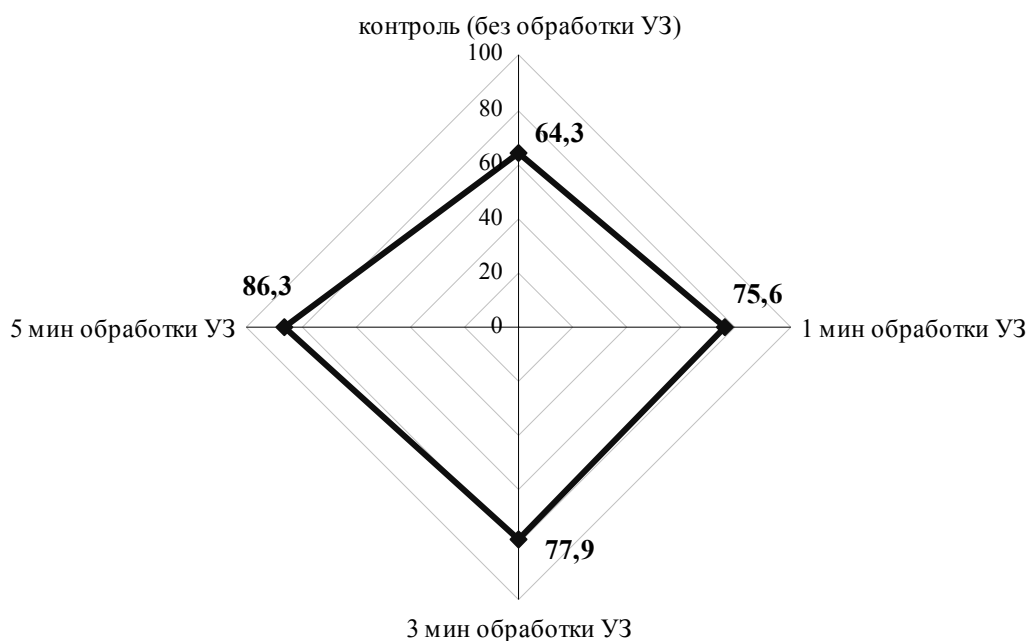


Рис. 4. Результаты определения относительной скорости растворения сухого молока в образцах, %

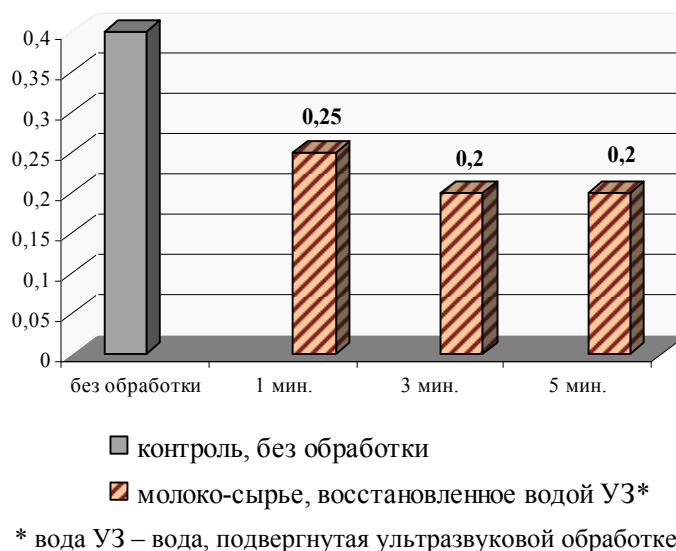


Рис. 5. Усредненные индексы растворимости сухого молока в исследуемых образцах, см<sup>3</sup>

сухого продукта, что приводит к их более полному и краткосрочному набуханию, способствующему в итоге снижению индекса растворимости (рис. 5).

Усредненные результаты оценки индекса растворимости (отклонения по пробам  $\pm 0,03$  см<sup>3</sup>) свидетельствуют, что ультразвуковая обработка способствует интенсификации процесса восстановления и углублению его, это отражается на снижении индекса растворимости в среднем на 37,5...50 % (с учетом времени обработки).

Активизация воды до внесения в нее сухого обезжиренного молока оказывает положительное влияние на снижение индекса растворимости, и действие это может основываться на возбужденном состоянии молекул воды, дополнительной энергии от разрыва водородных связей, разрушения кластеров воды, кавитационных процессах в ее структуре.

Таким образом, результатами исследований доказано положительное влияние ультразвуковой кавитации на свойства воды как важного сырьевого компонента для производства восстановленных молочных продуктов и, в дальнейшем, на полноту и скорость восстановления сухого молока, что определяет возможность внедрения ультразвуковой обработки в молочные производства в качестве перспективного метода водоподготовки.

#### Литература

1. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года // Распоряжение Правительства РФ от 27.08.2009 № 1235-р (ред. от 17.04.2012). – [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_128678/?frame=1](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_128678/?frame=1).

2. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополу-

чия населения в Российской Федерации в 2012 году». – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2013. – 176 с.

3. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (с изменениями от 7 апреля 2009 г., 25 февраля 2010 г.). – Введ. 2002-01-01. – М.: Минздрав России, 2001.

4. Бредихин, С.А. Технология и техника переработки молока / С.А. Бредихин, Ю.В. Космодемьянский, В.Н. Юрин. – М.: Колос, 2003. – 400 с.

5. Голубева, Л.В. Справочник технолога молочного производства / Л.В. Голубева. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 272 с.

6. Востриков, С.В. Подготовка воды для пищевых производств и контроль ее качества: учеб. пособие / С.В. Востриков, С.А. Довгань – Воронеж: Изд-во ВГТА, 2009. – 293 с.

7. Галстян, А.Г. Передовые технологии водоподготовки в производстве восстановленных молочных продуктов / А.Г. Галстян, А.Н. Петров. – <http://www.water.ru/bz/param/moloko.shtml>.

8. Эльпинер, И.Е. Биофизика ультразвука / И.Е. Эльпинер. – М.: Наука, 1973. – 384 с.

9. Зенин, С.В. Гидрофобная модель структуры ассоциатов молекул воды / С.В. Зенин, Б.В. Тяглов // Журнал физической химии. – 1994. – Т. 68, № 4. – С. 636–641.

10. Липатов, Н.Н. (ст.). Восстановленное молоко (теория и практика производства восстановленных молочных продуктов) / Н.Н. Липатов (ст.). – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.

**Попова Наталия Викторовна.** Старший преподаватель кафедры «Товароведение и экспертиза потребительских товаров», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), [tef\\_porova@mail.ru](mailto:tef_porova@mail.ru).

Поступила в редакцию 5 ноября 2014 г.

## TREATED WATER PROCESSING IN THE RECOVERY TECHNOLOGY OF MILK PROCESSING PRODUCTS AS A QUALITY FACTOR

*N.V. Popova*, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

A wide use of water in all spheres of human's life and different food production determines high requirements to the quality and safety (in accordance with Sanitary Rules and Regulations 2.1.4.1074-01)

Constant deterioration of water quality, which is shown in annual reports of the Federal Supervision Agency for Consumer Protection and Human Welfare, assumes the necessity to implement modern methods of water treatment in food production contributing to the appearance of the properties which are necessary for specific production. The variety of methods for treated water processing is quite broad and consists of physical, physical and chemical methods. The selection and combination of methods is determined by the type of food production and the properties and quality of water used.

One of the methods of water processing is ultrasonic influence. Apart from water treatment ultrasonic in a liquid medium has cavity effects which contribute to the changes in water properties (active acidity, temperature, hardness) and to the increase of speed ratio of powdered water solution in treated water. Moreover, under influence of ultrasonic capillary effect there is intensive invasion of water solvent agent into protein-based substances containing a considerable portion of dry product which leads to full and short-term extension which contributes to final reduction of solubility index.

Thus, ultrasonic water processing used for powdered milk treatment at production of milk products can be used as a modern method of treated water processing contributing to water treatment and intensification of the processes of production of rehydrated products of milk processing.

**Keywords:** water, water processing, powdered milk, rehydrated products of milk processing, solubility index.

### References

1. *Vodnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda*. [Water Strategy of the Russian Federation for the Period up to 2020]. Directive of the Government of the Russian Federation no. 1235-p of August 27, 2009 (edited on April 17, 2012)]. Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_128678/?frame=1](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_128678/?frame=1).
2. *Gosudarstvennyy doklad "O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossiyskoy Federatsii v 2012 godu"* [National Report "On the State of Sanitation and Epidemiological Welfare of the Population of the Russian Federation in 2012]. Moscow, Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitel'ev i blagopoluchiya cheloveka, 2013. 176 p.
3. *SanPiN 2.1.4.1074-01. Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody tseentralizovannykh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva*. [Sanitary Rules and Regulations 2.1.4.1074-01. Drinking Water. Hygienic Requirements to Water Quality of the Centralized System of Domestic Water Supply. Quality Control]. Sanitation and Epidemiological Rules and Regulations (with Alterations of April 7, 2009, February 25, 2010) – Introduced 2002-01-01]. Moscow, Minzdrav Rossii, 2001.
4. Bredikhin S.A., Kosmodem'yanskiy Yu.V., Yurin V.N. *Tekhnologiya i tekhnika pererabotki moloka* [Technology and Technique for Milk Processing]. Moscow, Kolos Publ., 2003. 400 p.



5. Golubeva L.V. *Spravochnik tekhnologa molochnogo proizvodstva* [Water Treatment for Food Production and its Quality Control]. St. Petersburg, GIORD Publ., 2005. 272 p.
6. Vostrikov S.V., Dovgan' S.A. *Podgotovka vody dlya pishchevykh proizvodstv i kontrol' ee kachestva* [Advanced Technologies of Water Processing in the Process of Rehydrated Milk Products Production]. Voronezh, 2009. 293 p.
7. Galstyan A.G., Petrov A.N. *Peredovye tekhnologii vodopodgotovki v proizvodstve vosstanovlennykh molochnykh produktov* [Guide Book for Milk Industry Manufacturing Engineer]. Moscow. Available at: <http://www.water.ru/bz/param/moloko.shtml>.
8. El'piner I.E. *Biofizika ul'trazvuka* [Ultrasonic Biophysics]. Moscow, Nauka Publ., 1973. 384 p.
9. Zenin S.V., Tyaglov B.V. [Water-blocking Model of the Structure of the Associates of Water Molecules]. *Zhurnal fizicheskoy khimii* [Physical Chemistry Periodicals]. 1994, vol. 68, no. 4, pp. 636–641. (in Russ.)
10. Lipatov, N.N. (st.). *Vosstanovlennoe moloko (teoriya i praktika proizvodstva vosstanovlennykh molochnykh produktov)* [Rehydrated Milk (Theory and Practice of Rehydrated Milk Products Production)]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985. 256 p.

**Popova Natalia Viktorovna**, senior lecturer, Department of Merchandising and Examination of Consumer Goods, South Ural State University, Chelyabinsk, [tef\\_popova@mail.ru](mailto:tef_popova@mail.ru).

*Received 5 November 2014*