

**Канина Ксения Александровна, аспирант,  
Красуля Ольга Николаевна, профессор, д.т.н.,  
Пастух Ольга Николаевна, доцент, к.с.-х.н.**

Российский государственный аграрный университет –  
МСХА им. К.А. Тимирязева, (Россия, г.Москва)

**Семенова Елена Сергеевна, м.н.с.**  
ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной  
промышленности» (Россия, г.Москва)

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ НА МОЛОКО-СЫРЬЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРА-БРЫНЗЫ**

*Аннотация. Рассмотрены вопросы применения вторичных эффектов ультразвукового воздействия на молоко с целью достижения определенного пастеризационного эффекта при максимальном сохранении нативных свойств сырья.*

*Ключевые слова: высокочастотная акустическая кавитация, коровье молоко, обработка, сыр-брынза, физико-химические и микробиологические показатели.*

**Kanina Kseniya Aleksandrovna, postgraduate,  
Krasulya Olga Nikolaevna, professor, D.E.,  
Pastukh Olga Nikolaevna, docent, Ph.D.**

Russian State Agricultural University – MAAU after K.A. Timiryazev  
(Russia, Moscow)

**Semenova Elena Sergeevna, research assistant**  
All-Russian Dairy Research Institute (Russia, Moscow)

## **THE RESEARCH OF ACOUSTIC CAVITATION IMPACT OF RAW MILK ON BRYNZA CHEESE PRODUCTION**

*Abstract. The questions of usage of the secondary effects of ultrasonic effect on milk aimed at achieving of the specified pasteurization effect at maximum reservation of raw material native properties are considered in the article.*

*Key words: high-frequency acoustic cavitation, cow's milk, treatment, brynza cheese, physical-chemical and microbiological indices.*

Молоко – это биологически полноценный продукт, имеющий в своем составе множество биодоступных и эссенциальных элементов, которые необходимы для нормального функционирования живого организма [1]. Срок хранения биологически важных компонентов молока зависит в первую очередь от микробиальной составляющей, так как микроорганизмы попадают как эндо-, так и экзогенным путем, поэтому приходится бороться с нежелательной микрофлорой разными технологическими способами [2,3].

Существуют различные технологические способы обработки молока с целью уничтожения нежелательной микробиальной биоты. Пастеризация, стерилизация, ультрапастеризация – это основные виды традиционной обработки молока, которая применяется при производстве различных видов молочных продуктов. При этом тепловая нагрузка влияет на молоко, непосредственно на его составляющие компоненты, такие как минеральный состав, витамины, особенно, кальций, и приводит к их потере. Имеются данные, что при пастеризации, например, изменяется солевой состав молока, кислотность, а также разрушаются отдельные аминокислоты [1]. Поэтому в настоящее время разрабатываются новые технологические способы и приемы обработки молока-сырья с целью повышения его качества при сохранении биологической ценности продукта. К нетрадиционным способам воздействия на молоко относятся обработка инфракрасными лучами, электромагнитное облучение, бета- и гамма-излучение, высокое давление, омический нагрев и др. [4,5].

Одним из малоизученных способов воздействия на молоко-сырье, является кавитация. *Кавитация* – это процесс периодического механического разрушения жидкости под влиянием растягивающих напряжений, действующий в ней в фазе разрежения, и последующего восстановления ее целостности в фазе сжатия [4-6]. Многие авторы, как зарубежные, так и отечественные, отмечают положительный эффект от применения акустической кавитации на молоко-сырье с точки зрения производства различных молочных продуктов. При обработке акустической кавитацией молока-сырья также происходит увеличение полисахарида кеферана в молочном сырье, который имеет иммуномодулирующие свойства и эффект уничтожения микроорганизмов [5-7].

Целью данной работы являлось изучение воздействия акустической кавитации на молоко для уменьшения микробиологической обсемененности и снижения тепловой нагрузки на сырье при выработке молочного продукта.

Экспериментальная часть работы была выполнена в условиях кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева и в лаборатории технохимического контроля Всероссийского научно-исследовательского института молочной промышленности (ВНИМИ). Исследования проводились в 3-х кратной повторности в несколько этапов, применяя обработку экспериментальных данных с помощью прикладного пакета программы Microsoft Exsell. Для обработки молока-сырья применяли высокочастотные ультразвуковые колебания (свыше 45 кГц), сгенерированные электрическим ультразвуковым прибором погружного типа импульсного воздействия УЗО «Активатор - 150» российского производства, в импульсном режиме – 55 импульсов в минуту, используя различное время обработки.

Полученные результаты воздействия акустической кавитации на молоко представлены в таблице 1 и свидетельствуют, что высокочастотная ультразвуковая обработка не влияет на изменение физико-химических показателей молока-сырья. Однако, уровень микробной контаминации молока-сырья снижается и при 30 минутной обработке и мощности воздействия 45 кГц уменьшается почти на 40%, что позволяет сделать вывод об

эффективности выбранного способа воздействия на молоко для значительного снижения уровня микрофлоры в молоке и достижения при этом определенного «пастеризационного эффекта».

Таблица 1 – Физико-химические показатели молока в зависимости от времени обработки высокочастотной ультразвуковой кавитацией

Показатель молока	Контроль	Продолжительность обработки, мин.			
		5	15	25	30
Массовая доля, %:					
- СОМО	7,80±0,30	7,60±0,30	7,70±0,27	7,80±0,23	7,80±0,20
- жира	3,50±0,20	3,40±0,20	3,45±0,25	3,48±0,23	3,50±0,22
- белка	3,02±0,24	3,05±0,24	3,10±0,25	3,06±0,30	3,02±0,27
Титруемая кислотность, °Т	16±0,1	17±0,1	16±0,1	17±0,1	16±0,1
КМАФАнМ, КОЕ/см <sup>3</sup>	5,29x10 <sup>2</sup>	3,00x10 <sup>2</sup>	3,10x10 <sup>2</sup>	3,15x10 <sup>2</sup>	3,20x10 <sup>2</sup>
БГКП, КОЕ/см <sup>3</sup>	3,26x10 <sup>2</sup>	2,30x10 <sup>2</sup>	2,22x10 <sup>2</sup>	2,10x10 <sup>2</sup>	2,09x10 <sup>2</sup>

С целью изучения влияния продолжительности ультразвукового воздействия на качество белковой составляющей молока-сырья, были проведены соответствующие исследования, представленные в таблице 2. Установлено, что показатель «общий белок» не изменяется при выбранных диапазонах воздействия (30-120 мин). Исходя из полученных результатов, следует, что показатель «содержание сывороточных белков» также остается, практически неизменным в зависимости от продолжительности обработки, что свидетельствует об отсутствии заметной деструкции этих видов белков. Можно полагать, что высокочастотная кавитационная обработка молока-сырья не оказывает негативного влияния на качество белковой составляющей готового молочного продукта.

Таблица 2 – Белковый состав молока в зависимости от времени обработки высокочастотной ультразвуковой кавитацией

Показатель молока	Контроль	Продолжительность обработки, мин.		
		30	60	120
Содержание, %:				
- общий белок	3,09±0,030	3,11±0,18	3,08±0,02	3,11±0,01
- казеин	2,29±0,15	2,36±0,01	2,35±0,03	2,32±0,014
- сывороточные белки	0,85±0,12	0,78±0,13	0,77±0,16	0,82±0,01
- общий азот	0,484±0,006	0,487±0,014	0,482±0,03	0,487±0,002
- небелковый азот	0,0276±0,03	0,0277±0,016	0,0275±0,01	0,0260±0,16

Из обработанного молока-сырья был выработан сыр типа брынзы (рисунок 1). Основные показатели сыра: массовая доля жира составила – 17,6 %, белка – 21 %. Содержание ионов кальция в нативном состоянии 6,0 г/кг, общее содержание кальция 8,22 г/кг. Можно отметить, что в отличие от пастеризации, кавитация сохраняет такой биологически важный компонент молока, как кальций, который важен для производства сыров с сычужным свертыванием.



процесс вымешивания сырного серна  
Рисунок1 – Технология сыра-брынзы



разрез головки сыра брынзы

*Выводы. Из проведенных исследований можно сделать вывод, что акустическая кавитация не влияет на физико-химические показатели и технологические свойства молока, при этом снижает его бактериальную обсемененность. Поэтому этот вид обработки возможно применять для уменьшения нежелательной микрофлоры молока с целью снижения тепловой нагрузки на него, что будет способствовать сохранению эссенциальных веществ молока.*

#### Список литературы

1. Тёпел А. Химия и физика молока. Пер. с нем. под ред. С.А. Фильчаковой. СПб.: «Профессия», 2012. 832 с.
2. Шуваринов А.С., Канина К.А., Красуля О.Н., Пастух О.Н., Робкова Т.О. Физико-химические показатели козьего, овечьего и коровьего молока // Овцы, козы, шерстяное дело. 2017. № 1. С. 38-40.
3. Пастух О.Н., Жукова Е.В. Качество рассольных сыров в разные сезоны года // В сборнике: Научное обеспечение развития АПК в современных условиях. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. 2011. С. 34-36.
4. Канина К.А. Использование ультразвуковой кавитации для обработки молока-сырья // В сборнике: Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Курганской области. Под общей редакцией С.Ф. Сухановой. 2018. С. 524-527.
5. Канина К.А., Красуля О.Н., Жижин Н.А., Семенова Е.С. Изучение влияния воздействия высокочастотной акустической кавитации на качество молока-сырья и молочных продуктов на его основе // Вестник государственного университета инженерных технологий. 2019. Т. 81. № 3. С. 145-150.
6. Тихомирова Н.А., ЭльМогази А. Х., Красуля О.Н. и др. Кавитация, энергосбережение в производстве восстановленных молочных продуктов // Переработка молока. 2011. № 7. С. 14-16.
7. Канина К.А., Жижин Н.А. Физико-химические показатели и жирнокислотный состав молока-сырья при воздействии акустической кавитации // В сборнике: Доклады ТСХА. 2019. С. 545-547.