
ПРИМЕНЕНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕЛКОВЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

*Г.Л. Татаров, К.С. Лаштанов, студенты 3
курса инженерного факультета
Научный руководитель – С.А. Лазуткина
Ульяновская ГСХА*

Кавитация — (от *лат.* *cavitas* — пустота) — образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных **паром**. Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить либо при увеличении её скорости (гидродинамическая кавитация), либо при прохождении **акустической волны** большой интенсивности во время полупериода разрежения (акустическая кавитация), существуют и другие причины возникновения эффекта. Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением или во время полупериода сжатия, кавитационный пузырек захлопывается, излучая при этом **ударную волну**.

В последнее время в различных отраслях промышленности все активнее используются методы кавитационно-акустического воздействия для интенсификации химических или массообменных процессов в жидких средах. Поиск и анализ патентной информации по применению акустической кавитационной обработки в пищевой промышленности показал, что наиболее известные разработки в рассматриваемой области включают в себя: приготовление эмульсий; очистку зерна, семян, плодов; обеззараживание и гомогенизацию пищевых сред; экстрагирование полезных веществ из растительного сырья. Имеются данные об успешном использовании рассолов, используемых в мясной промышленности, при обработке зерна в производстве кормов.

Использование ультразвуковых колебаний высокой интенсивности позволяет ускорить многие технологические процессы, протекающие в жидких, газообразных и твердых средах. Основным фактором, инициирующим ускорение процессов в ультразвуковом поле высокой интенсивности, является кавитация – явление образования и схлопывания парогазовых пузырьков в жидкой среде, подвергаемой ультразвуковому воздействию.

Явление синпериодической кавитации, положенное в основу работы аппаратов типа СИРИНКС, возникает при распространении в жидкости упругих колебаний с заданной амплитудой гармонического давления и строго детерминировано по распределению энергии с параметрами пространства упругих колебаний. Кавитационная дезинтеграция осуществляется в реакторном блоке аппарата СИРИНКС. Источниками энергии в аппарате являются электроакустические преобразователи, трансформирующие энергию переменного электрического тока в энергию упругих стоячих волн, которые в кавитационном реакторе, в свою очередь, преобразуются в периодические несимметричные возмущения с высокими значениями в фазе повышенного давления. В кавитационном реакторе могут обрабатываться жидкие среды в виде суспензий, эмульсий, коллоидных либо истинных растворов, а также вода и другие жидкости. Аппарат «Сиринокс 4000» для кавитационной дезинтеграции жидких пищевых сред и воды, используемых в производстве пищевых

продуктов. Такие установки эксплуатируются на предприятиях мясной и хлебопекарной промышленности и в сельском хозяйстве для подготовки кормов. Однако за последние 10 лет в доступном фонде научнотехнической информации отсутствуют данные о применении кавитационной обработки в молочной промышленности. То есть, проблема получения белковых продуктов из молочной смеси, подвергнутой кавитационному воздействию, является еще не изученной. [2]

Были проведены исследования по влиянию акустического кавитационного воздействия на молочное сырье, используемое в производстве творога и сыра.

Молочные смеси готовили в исследовательской лаборатории ООО «Астор-С» на аппарате для кавитационной дезинтеграции жидких пищевых сред и воды типа СИРИНКС Технологический процесс производства молочной смеси из цельного молока и СОМ осуществлялся в следующей последовательности:

- составление смеси из цельного молока и СОМ;
- фильтрование смеси;
- кавитационная обработка смеси;
- промежуточное хранение молочной смеси.

Были исследованы состав и свойства молочной смеси до и после кавитационной обработки, а также состав и свойства готового продукта сразу после получения и в процессе хранения.

По органолептическим показателям молочная смесь после кавитационной обработки не отличалась от молочной смеси до обработки: вкус и запах – чистый, без посторонних запахов и привкусов; консистенция – однородная жидкость без осадка и хлопьев; цвет – белый.

После кавитационной обработки в молочной смеси отмечено незначительное повышение массовой доли сухих веществ, массовой доли жира, плотности, титруемой кислотности (*табл. 1*). Можно предположить, что измене-

Таблица 1.
Физико-химические показатели молочного сырья

Наименование показателя	Значение для образца молока			
	сырое цельное молоко	сухое обезжиренное молоко	молочная смесь до обработки	молочная смесь после обработки
Массовая доля сухих веществ, %	12,21±0,01	98,07±0,01	12,63±0,01	13,42±0,01
Массовая доля жира, %	3,41±0,01	1,9±0,00	2,90±0,01	3,22±0,01
Массовая доля сухого обезжиренного молочного остатка, %	8,79±0,01	87,2±0,01	9,73±0,01	10,20±0,01
Массовая доля белка, %	2,88±0,04	33,3±0,07	3,47±0,02	3,40±0,02
Массовая доля лактозы, %	4,96±0,02	45,9±0,02	4,75±0,02	4,74±0,02
Группа чистоты	1	-	1	1
Плотность, кг/м ³	1030,3±0,1	-	1034,5±0,0	1036,1±0,1
Титруемая кислотность, °Т	18,9±0,1	-	20,3±0,1	22,7±0,1
pH	6,78±0,01	-	6,74±0,00	6,67±0,01

ние этих показателей является следствием кавитационной обработки.

Результаты исследований микробиологических показателей молочной смеси до и после кавитационной обработки показали соответствие показателей требованиям стандартов на молочное сырье (табл. 2).

Таблица 2.

Микробиологические показатели молочного сырья

Наименование показателя	Значение для образца молока			
	сырое цельное молоко	сухое обезжиренное молоко	молочная смесь до обработки	молочная смесь после обработки
Общая бактериальная обсемененность, тыс. КОЕ/см ³ (проба на редуктазу)	До 500 (1 класс)	До 500 (1 класс)	До 500 (1 класс)	До 500 (1 класс)
Бактерии группы кишечных палочек, ед. в 0,01 см ³	-	Не обнаружено	-	-
<i>S. aureus</i> , ед. в 0,1 см ³	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Наличие ингибирующих веществ	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Наличие соды	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Наличие аммиака	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Наличие перекиси водорода	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Наличие формальдегида	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Количество соматических клеток, тыс./см ³	До 90	-	До 90	До 90

Микроскопирование образцов молочной смеси до и после кавитационной обработки не выявило различий в размере жировых шариков и их распределении в продукте. Следовательно, можно предположить, что кавитационная обработка молочной смеси, состоящей из цельного и сухого обезжиренного молока, не приводит к видимому диспергированию жировых шариков.

Из молочной смеси, обработанной воздействием акустической кавитации, вырабатывали творога кислотным и кислотно-сычужным способом; исследовали физико-химические и органолептические показатели творога (свежеприготовленного и после хранения в условиях бытового холодильника в течение 14 суток) и сыворотки. Кавитационная обработка молочной смеси не вызвала отклонений в режимах проведения технологических операций по выработке творога. Используемые в соответствии с технологической инструкцией дозы закваски, хлорида кальция и сычужного фермента обеспечивали рекомендуемую продолжительность сквашивания. Готовый створок имел нормальную плотность и давал на расколе достаточно острые края с выделением прозрачной сыворотки. Выработанный творог обладал хорошими органолептическими свойствами и физикохимическими показателями, соответствующими требованиям действующего стандарта. Выявлено, что способ приготовления молочной смеси для производства творога оказывал влияние на процесс отделения сыворотки и на её физико-химические показатели. Выход творога увеличился в среднем на 5% по сравнению с творогом, выработанным по традиционной технологии.

Анализ органолептических показателей творога в процессе хранения при температуре $4 \pm 2^\circ\text{C}$ (в условиях бытового холодильника) показал, что

через 7 и даже через 10 суток хранения опытные образцы, выработанные из молочной смеси, подвергнутой кавитационной обработке, по качеству не уступали свежеприготовленному продукту. Только к 14-м суткам отмечено ухудшение органолептических показателей: продукт приобрел прогорклый вкус, что свидетельствует о возможном гидролизе молочного жира.

Таким образом, на основе молочных смесей из цельного молока и СОМ, подвергнутых кавитационной обработке, можно рекомендовать предприятиям наладить выпуск творога с хорошими органолептическими свойствами и физико-химическими показателями, соответствующими действующему стандарту на данный продукт. Продукт может храниться при температуре $4 \pm 2^\circ\text{C}$ до 5 суток. Молочная смесь, приготовленная путем смешивания сырого цельного и сухого обезжиренного молока и подвергнутая кавитационной обработке, также отвечает требованиям, предъявляемым к сыропригодному молоку. В молочной смеси содержится достаточное количество белка ($3,4 \pm 0,1\%$). По результатам сычужно-бродильной пробы молочная смесь удовлетворительна для сыроделия (образовался сырок с немногочисленными глазками). [1]

Применение кавитационной обработки в производстве полутвердого сыра не вызывало необходимости изменения температурных и временных параметров проведения отдельных технологических операций. Длительность операций получения и обработки сгустка и сырного зерна не превышала рекомендуемых значений. Сырное зерно при формовании нормально склеивалось в монолит. Было выявлено, что способ приготовления молочной смеси для производства сыра оказывал влияние на протеолиз белков при созревании сыра и физико-химические показатели получаемой сыворотки. К окончанию срока созревания опытные сыры, выработанные из молочной смеси, подвергнутой кавитационной обработке, по качеству не уступали полутвердому сыру, вырабатываемому по традиционной технологии.

Установлена возможность использования современных физических методов обработки молочного сыря (акустическое кавитационное воздействие) в производстве творога и сыра.

Список литературы:

1. http://www.dairynews.ru/news/detail.php?IBLOCK_ID=1&SECTION_ID=4&ELEMENT_ID=7865
2. <http://www.fid-tech.com/bd/tec/astor1.shtml>