

С.В. Капустин, О.Н. Красуля

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация: в статье описаны преимущества использования эффектов ультразвукового воздействия на пищевые среды по сравнению с другими видами широко применяемых технологических приемов – резания, термообработки, перемешивания. Особое внимание уделено использованию сонохимических воздействий при эмульгировании жидких пищевых сред. Приведены конкретные примеры и показана перспективность использования этого вида воздействий для обеспечения устойчивости пищевых эмульсий.

Ключевые слова: эмульсия, кавитация, сонохимия, ультразвук, диспергирование, дезинтеграция.

S. Kapustin, O. Krasulia

THE USE OF ULTRASONIC CAVITATION IN THE FOOD INDUSTRY

Abstract: this article describes the benefits of using the effect of ultrasonic treatment on the nutritional environment in comparison with other types of commonly used processing methods – cutting, heat treatment, mixing. Particular attention is paid to the use sonochemical effects when emulsified liquid food media. The concrete examples and shows promising use of this type of actions to ensure the stability of food emulsions.

Keywords: emulsion, cavitation, sonochemistry, ultrasound, dispersing, disintegration.

Кавитация (от лат. cavita – пустота) – процесс парообразования и последующей конденсации пузырьков пара в потоке жидкости, сопровождающийся шумом и гидравлическими ударами, образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных паром самой жидкости. Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое мо-

жет 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 жидкости в область с более высоким давлением или во время полупериода сжатия, кавитационный пузырёк схлопывается, излучая при этом ударную волну. Принято считать, что при возникновении кавитационных пузырьков в жидкости и изменением их размеров в процессе развития кавитации происходит изменение акустических и физических свойств этой жидкости, что позволяет рассматривать такую жидкость вместе с кавитационными пузырьками как некую новую среду с акустическими характеристиками, которые отличаются от характеристик капельных [1; 2]. В связи с этим, явление кавитации принято называть сонохимическим. В сонохимии используется дезинтегрирующее действие этого эффекта, по сути являющегося физическим эффектом, поэтому сонохимия относится к физической химии, а пищевая сонохимия составляет отдельный раздел сонохимии. Явление кавитации носит локальный характер и возникает только там, где есть условия. Перемещаться в среде возникновения не может.

В пищевой промышленности до недавнего времени актуальность применения этого явления была под вопросом. Традиционные процессы обработки продуктов основаны на естественных широко распространённых способах передачи энергии: различные виды механического измельчения и перемешивания, теплопередача, на которых основаны все виды тепловой обработки. Новые виды передачи энергии пока не пользуются большим спросом в пищевой промышленности. Так, например, микроволновый способ передачи энергии стал всего лишь вспомогательным и применяется, зачастую, для подогрева продуктов. В производстве продуктов питания в основном применяются три способа энергетического воздействия – измельчение посредством резания либо деформации, перемешивание и термическая обработка. Они хорошо изучены и понятны, что под-

тверждает история применения их на протяжении многих столетий при обработке человечеством продуктов из биологического сырья растительного и животного происхождения [3]

Кроме дезинтегрирующего воздействия ультразвука известны совершенно противоположные явления, сопровождающие трансформацию энергии колебаний ультразвукового диапазона в жидкой среде. Так, наряду с диспергирующим эффектом, существует коагулирующий эффект ультразвука, обусловленный действием сил Бьеркнеса, поэтому, в реальных условиях, в реакторе произвольной формы может существовать, например, равновесие между эмульгированием и коалесценцией фазы эмульсии. Аналогично, при ультразвуковой стерилизации жидкостей, наряду с областями поля, нахождение в которых приводит микроорганизмы к летальному исходу, могут существовать зоны, где, наоборот, скопления бактерий будут разделяться без гибели отдельных клеток, давая жизнь новым колониям.

Применение эффектов явления кавитации в перерабатывающей и пищевой промышленности, несомненно, эффективно, так как позволяет существенно снизить, а, в некоторых случаях, полностью исключить, использование химических пищевых добавок. Применение физического воздействия считается более эффективным и безопасным, по сравнению с использованием традиционных химических ингредиентов. Активированная, за счет кавитационных воздействий, вода легко связывается в эмульсиях, где происходит гидролиз жиров с образованием ди- и моноглицеридов, которые являются естественными загустителями. В мясной промышленности гидратация белков увеличивает выход продукции без использования фосфатов, а вода получается связанной на молекулярном уровне. К положительным сторонам обработки ультразвуком относится и бактерицидный эффект, возникающий при водоподготовке. Например, для обеззараживания воды путём пастеризации необходимо затратить много энергии, так как необходимо передать кинетическую энергию на всю массу микроорганизмов, которые распределены по объёму воды, что обязывает прогревать весь объём с большим потреблением электричества. Для достижения такого же эффекта при обработке жидкости

ультразвуком достаточно несколько циклов воздействия на неё. Микроорганизмы вместе с водой, под действием эффектов ультразвука испытывают деформации, приводящие к разрушению их оболочек. В этот момент газы внутри микроорганизмов расширяются, и они взрываются. Перечисленные выше достоинства позволяют ультразвуковому воздействию занять лидирующие позиции в использовании для нужд пищевой промышленности.

Российскими учёными разработана рабочая модель проточного высокопроизводительного аппарата акустической кавитации типа РКУ с пьезокерамическим преобразователем для обработки жидких сред в промышленных масштабах. Состоит такой реактор из проточной камеры и погружённого в неё излучателя ультразвуковых волн. Традиционными жидкими средами являются вода, органические растворители, жидкие среды на водной основе с малым объёмом твёрдых фракций (рассолы, сиропы, молоко и т. д.). Применение водных сред позволяют создать режим развитой кавитации при минимальных энергетических затратах [4].

Процессы получения эмульсий составляют одну из важнейших основ современной пищевой промышленности. Применение ультразвукового кавитационного воздействия является одним из наиболее перспективных способов формирования устойчивых эмульсий (вплоть до фракций 3 мкм и менее) при высокой производительности применяемых технических средств. Для практической реализации процесса ультразвукового эмульгирования необходимо выявление оптимальных режимов воздействия и условий распространения колебаний для создания однородного ультразвукового поля в объёме смеси двух взаимно нерастворимых жидкостей и получения эмульсий с заданными дисперсными характеристиками.

К сожалению, широкие возможности ультразвуковых колебаний высокой интенсивности для интенсификации процессов в высоковязких и высокодисперсных средах пока не получили широкого распространения из-за отсутствия специализированного оборудования, способного обеспечить кавитационный режим обработки жидких пищевых сред.

Из вышеизложенного можно сделать заключение, что использование эффектов сонохимии в пищевой промышленности перспективно. В настоящее время российскими учеными (О.Н. Красуля, С.С. Хмелев) совместно с индийскими коллегами (S. Anand) проводятся разработки новых аппаратов с заданными параметрами кавитационной обработки, а также изучаются теоретические аспекты сонохимического воздействия на пищевые эмульсии (проект РФФИ №15–58–45028/15).

Список литературы

1. Новицкий Б.Г. Применение 192 акустических колебаний в химико-технологических процессах (процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии) / Б.Г. Новицкий. – М.: Химия, 1983.

2. Розенберг Л.Д. Физические основы ультразвуковой технологии» / Под ред. Л.Д. Розенберга. – М.: Наука, 1969. – 689 с.

3. Шестаков С.Д. Основы технологии кавитационной дезинтеграции / С.Д. Шестаков. – М: ЕВА-пресс, 2001.

4. Шестаков С.Д. Технология и оборудование для обработки пищевых сред с использованием кавитационной дезинтеграции»: Учебное пособие для вузов / С.Д. Шестаков, О.Н. Красуля, В.И. Богуш [и др.]. – СПб.: ГИОРД, 2013. – 152 с.

Капустин Сергей Владимирович – аспирант ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)», Россия, Москва.

Kapustin Sergey Vladimirovich – postgraduate Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovskiy, Russia, Moscow.

Красуля Ольга Николаевна – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)», Россия, Москва.

Krasulia Olga Nikolaevna – doctor of engineering sciences, professor Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovskiy, Russia, Moscow.
