

ОПТИМИЗАЦИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭМУЛЬСИИ В УСЛОВИЯХ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ

*Солдатова Е.А., канд. техн. наук, Мистенева С.Ю.,
Савенкова Т.В., д-р техн. наук, проф., Талейсник М.А., канд. техн. наук*

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской
промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем
им. В.М. Горбатова» РАН, Российская Федерация, г. Москва

Аннотация. Представлены преимущества использования эффектов кавитации на пищевые среды. Приведены конкретные примеры и показана перспективность использования данного вида воздействий для обеспечения устойчивости пищевых эмульсий. На примере мучных кондитерских изделий показано, каким образом изменение вида, интенсивности и продолжительности кавитационной обработки обеспечивает возможность управления качеством эмульсии, теста и готовой продукции.

Ключевые слова. Эмульсия, диспергирование, суспензия, кавитация, сахарное печенье.

OPTIMIZATION OF QUALITY INDEXES OF EMULSIONS IN THE OBTAINED IN CONDITIONS OF CAVITATION PROCESSING

*Soldatova E.A., Cand. Sc. (Tech.), Misteneva S.Yu.,
Savenkova T.V., Dr. Sc. (Tech.), Prof., Taleysnik M.A., Cand. Sc. (Tech.)*

All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry –
Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS,
Russian Federation, Moscow

Abstract: The advantages of using the effects of cavitation on food media are presented. Specific examples are given and the prospects of using this type of influence are shown to ensure the stability of food emulsions. This study shows how the change in the type, intensity and duration of the cavitation processing makes it possible to control the quality of the emulsion, test and finished bakery confectionery products.

Keywords. Emulsion, dispersion, suspension, cavitation, sugar cookies.

Перед пищевой промышленностью остро стоит вопрос интенсификации таких наиболее трудо- и энергозатратных процессов как измельчение, гомогенизация, диспергирование и эмульгирование пищевых масс. Пищевые эмульсии – это термодинамически нестабильные системы, способные разрушаться с разделением фаз. Скорость разрушения эмульсии зависит от ее состава, условий обработки и факторов окружающей среды (в том числе температуры и значения pH) [1-3].

Целью настоящих исследований является оптимизация качественных показателей эмульсии для сахарного печенья в условиях кавитационной обработки.

Объектами исследования являлись экспериментальные образцы эмульсий и сахарного печенья. Определение физико-химических и органолептических показателей эмульсии и печенья осуществляли стандартными методами.

Процессы получения эмульсий составляют приоритетную основу современной пищевой промышленности. Традиционно пищевые эмульсии готовят путем энергичного механического диспергирования жидкостей. Процесс образования стабильной против коалесценции эмульсии можно определить как устойчивое распределение одной жидкости в другой в виде более или менее устойчивых капелек. Согласно П.А. Ребиндеру, первой стадией механического диспергирования является растягивание больших капель диспергируемой жидкости, причем они принимают близкую к цилиндру (нити) форму. Вторая стадия состоит в том, что жидкий цилиндр при известных размерах оказывается неустойчивым и самопроизвольно распадается на капельки неравных размеров (меньшую и большую). Деформации капель способствует происходящее также при диспергировании и сжатие капель. В третьей стадии часть капелек коалесцирует при продолжающемся процессе диспергирования в результате растягивания более крупных капель в неустойчивые цилиндры критической длины и их самопроизвольного деления [4].

Применение кавитационного воздействия является одним из наиболее перспективных способов формирования устойчивых эмульсий при высокой производительности применяемых технических средств. Для практической реализации процесса кавитационного эмульгирования необходимо выявление оптимальных режимов воздействия и условий распространения колебаний для создания однородного ультразвукового поля в объеме смеси двух взаимно нерастворимых жидкостей и получения эмульсий с заданными дисперсными характеристиками.

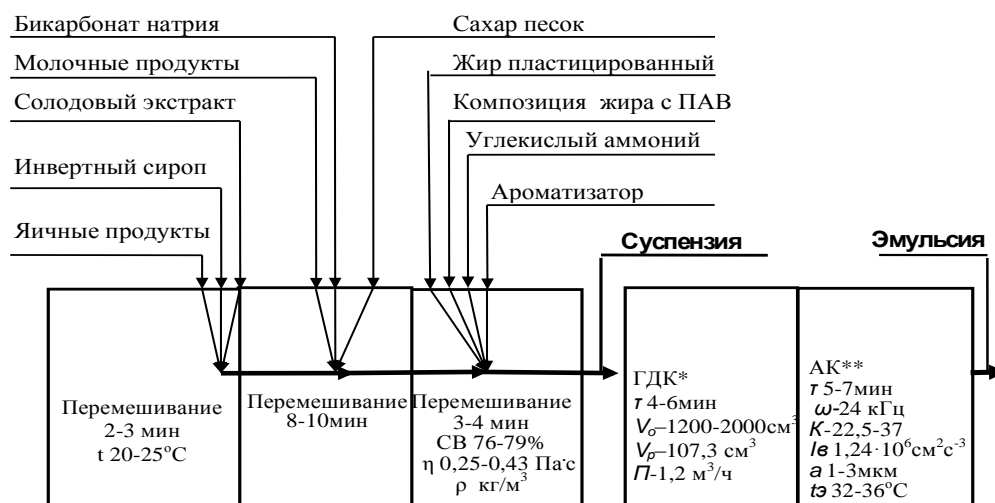
В результате исследований установлено, что связанные с кавитацией физические явления вызывают ряд эффектов, взаимное действие которых позволяет в несколько раз интенсифицировать процесс смешения (таблица 1) [5].

Таблица 1

Эффекты, вызванные кавитацией

Эффекты	Причины
- дробление частиц и увеличение площади поверхностей раздела фаз	} обусловлены ударами (кратковременными импульсами давления), возникающими при схлопывании пузырьков и возникновении микропотоков вблизи них
- эмульгирование (образование эмульсий с большой поверхностью контакта)	
- гомогенизация	
- очистка поверхностей	
- иницирование и ускорение химических реакций	} обусловлены ионизацией газа при образовании кавитационных пузырьков

Принципиальная схема технологии приготовления эмульсии с применением кавитационной обработки разработана ВНИИ кондитерской промышленности, включает предварительную стадию приготовления суспензии [6-7] и представлена на рисунке 1.



где: ГДК* – гидродинамическая кавитация; τ – время обработки; V_0 – объем обрабатываемой эмульсии; V_r – объем реактора; Π – производительность насоса; АК** – акустическая кавитация; ω – частота колебаний рабочего органа; K – кратность циркуляции эмульсии через реактор; I_v – интенсивность воздействия ультразвука; a – амплитуда колебаний; t_e – температура эмульсии.

Рисунок 1. Принципиальная схема получения эмульсии с применением кавитационной обработки

В результате исследований установлена оптимальная интенсивность и продолжительность ультразвукового воздействия: $I=1,24 \cdot 10^6 \text{ см}^2 \cdot \text{с}^{-3}$ в течение 7 мин., в процессе которых обеспечивается максимальное диспергирование и эмульгирование компонентов, при этом температура эмульсии не превышает 40 °С. Благодаря уменьшению среднего размера частиц возрастает вязкость дисперсионной среды и повышается стабильность эмульсии.

Оценка качества готовой продукции показала, что вкусовые достоинства и структурные характеристики печенья, приготовленного с использованием эмульсии, полученной в условиях кавитационной обработки, по основным показателям превосходят аналогичные показатели контрольного образца, приготовленного по существующей технологии (таблица 2).

Таблица 2

Сравнительный качественные показатели сахарного печенья

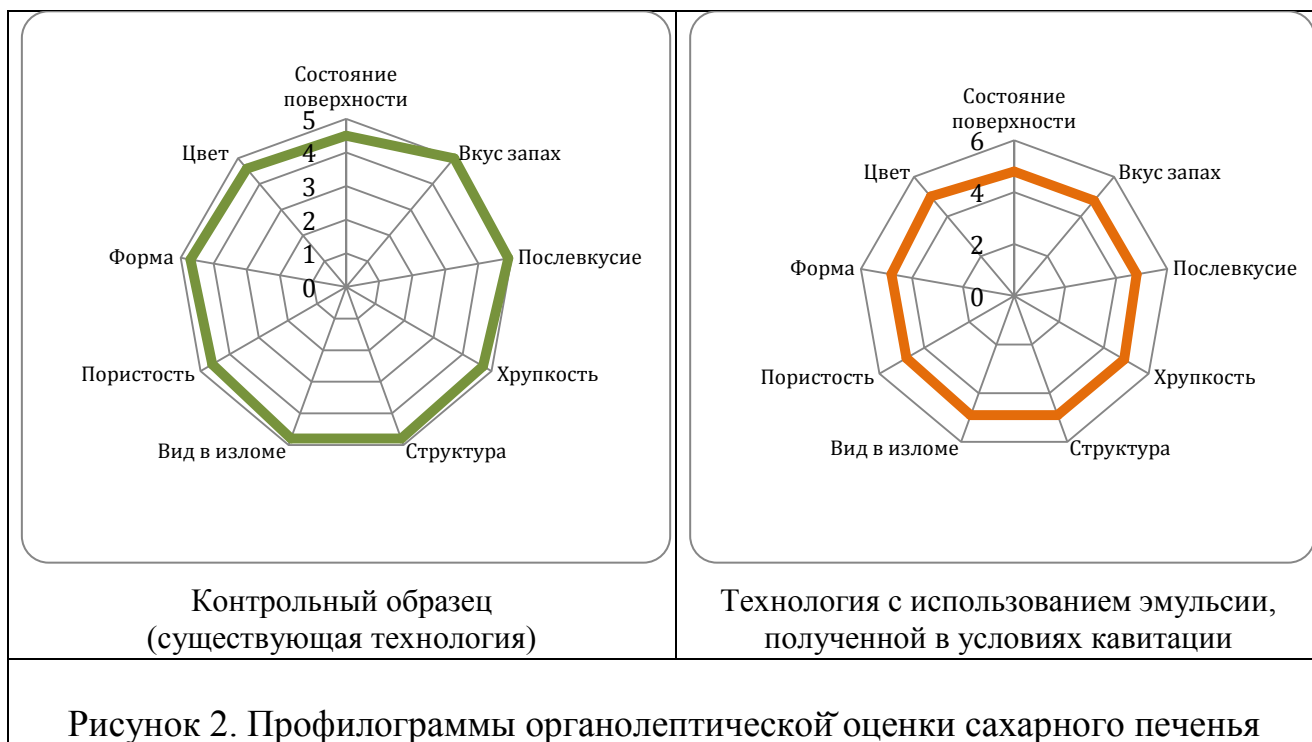
Физико-химические показатели	Допустимое значение по ГОСТ 24901-2014	Образцы печенья	
		Существующая технология	Технология с использованием эмульсии, полученной в условиях кавитации
Влажность, %	не более 10%	5,0	5,5
Плотность готовых изделий, $\text{кг}/\text{м}^3$	не нормируется	560	530
Намокаемость, %	не менее 180	190	210
Прочность, кПа	не нормируется	65	73
Активность воды	не нормируется	0,54	0,49

Исследования на структурометре показали, что образцы печенья, приготовленные с использованием эмульсии, полученной в условиях кавитации, обладают большей хрупкостью при раскусывании, при этом выдерживают повышенную нагрузку на излом, что обеспечит целостность изделий при транспортировании и хранении.

Непосредственно после приготовления образцы продукции были упакованы в термосвариваемый пакет из полипропиленовой пленки и положены на хранение при температуре $(18 \pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажности не более 75 %.

Оценка продукции после 90 суток хранения показала, что физико-химические и микробиологические показатели качества опытных образцов печенья практически не изменяются и к концу срока хранения соответствуют требованиям ГОСТ 24901-2014 и ТР ТС 021/2011.

В результате анализа органолептических характеристик продукции в конце срока годности установлено, что показатели печенья с использованием эмульсии, полученной в условиях кавитации по дескрипторам (хрупкость, пористость, форма, цвет, состояние поверхности) превосходят контрольный образец. Общее количество баллов у печенья, приготовленного по существующей технологии – 43,0, у образца, приготовленного по технологии с использованием эмульсии, полученной в условиях кавитации – 43,6 (при максимально возможном количестве баллов – 45) (рисунок 2).



Таким образом, кавитационная обработка эмульсии в технологии сахарного печенья способствует изменению функционально-технологических свойств жидких пищевых систем, теста и готовой продукции обеспечивая положительный технологический эффект и стабилизацию качества готовой продукции.

Литература

1. Шестаков С.Д. Основы технологии кавитационной дезинтеграции. Теория кавитационного реактора и ее приложения в производстве хлебопродуктов. М.: ЕВА-пресс, 2001. 173 с.
2. Ярмаркин Д.А., Прохасько Л.С., Мазаев А.Н., Асенова Б.К., Зинина О.В., Залилов Р.В. Кавитационные технологии в пищевой промышленности // Молодой ученый. 2014. № 8. С. 312-315.
3. Капустин С.В., Красуля О.Н. Применение ультразвуковой кавитации в пищевой промышленности // Интерактивная наука. 2016. № 2. С.101-103.
4. Ребиндер П.А. К теории эмульсий // Коллоидный журнал. 1946. Т.VIII, вып. 3. С. 157.
5. Пищевые технологии будущего и нанопреобразования биополимеров. Монография для специалистов пищевой отрасли, научных сотрудников, аспирантов, студентов под редакцией академика РАН А.Б. Лисицына. М.: Диапазон В, 2015. 304 с.
6. Талейсник М.А., Солдатова Е.А., Мистенева С.Ю., Щербакова Н.А., Герасимов Т.В., Савенкова Т.В. Основы технологии мучных кондитерских изделий с использованием суспензионной системы // Кондитерское производство. 2017. № 4. С. 14-17.
7. Талейсник М.А., Савенкова Т.В., Солдатова Е.А., Мистенева С.Ю., Мизинчикова И.И. Технология мучных кондитерских изделий с использованием эмульсии, полученной в условиях кавитационной обработки // Вестник МГТУ. 2018. Том 21, № 3. С. 505-512.