

УДК 641.539:664

Постнов Г.М., кандидат технических наук, доцент,
Червоный В.Н., кандидат технических наук, доцент, Челомбитько В.А.
Харьковский государственный университет питания и торговли, Украина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДНО-ЖИРОВЫХ ЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ОТРАСЛИ

На современном этапе развития человечества возникает необходимость решения проблем рационального использования энергетических и материальных ресурсов, безопасности производств и продукции. Этот вопрос является особенно актуальным для развития пищевой промышленности как стран СНГ, но и многих развитых стран мира.

Для эффективного решения указанных проблем на сегодняшний день существует несколько путей, среди которых одно из главных мест занимает интенсификация технологических процессов в пищевых производствах с использованием ультразвуковых технологий. Использование ультразвука возможно для проведения процессов сушки, резки, коагуляции, растворения и кристаллизации. Однако наиболее эффективным возможно применение ультразвука в процессах диспергирования и эмульгирования.

Вопросу изучения ультразвука, его применение для получения эмульсий посвятили труда отечественные и зарубежные ученые И.Е. Эльпинер, И.А. Рогов, В.М. Горбатов, Ю.Ф. Заяс, В.Н. Хмелев, Б.Г. Новицкий, А.А. Литвиненко, А.И. Некоз, П.М. Немирович, Hao Feng, Gustavo V. Barbosa-Cánovas, Jochen Weiss. Большой вклад в развитие моделирования процессов пищевых производств и показателей качества пищевых продуктов внесли И.М. Федоткин, В.С. Гуць, Н.В. Остапчук, Е.Л. Алексеев [1–5].

По данным исследований, проведенных для изучения процесса ультразвукового эмульгирования, существует несоответствие между результатами ряда исследователей. Отсутствуют окончательные результаты или их корреляции, с помощью которых было бы возможным моделирование изменения среднего размера частиц и распределения частиц по размерам в зависимости от использования акустических параметров ультразвуковой обработки (частоты, удельной энергии, длительности обработки). Этот вопрос становится очень важным для развития пищевой промышленности, поскольку его решение позволит обосновать рациональные параметры ультразвуковой обработки пищевых жиров для получения высококачественных эмульсий, а также способствовать внедрению ультразвуковых технологий в пищевую промышленность.

Так, для получения эмульсий на предприятиях пищевой промышленности зачастую используются аппараты механического действия (смесители, эмульсаторы, гомогенизаторы), существенным недостатком которых является то, что полученная эмульсия имеет в своем составе жировые шарики диаметром до 5,0...10,0 мкм, что значительным образом влияет на качество эмульсий. Перспективный в техническом и технологическом аспектах ультразвуковой способ дает возможность получения эмульсий с жировыми шариками до 0,1 мкм. Это значительно повышает качество эмульсий и расширяет возможности их использования в пищевой промышленности.

Рациональным является использование эмульсий, полученных с использованием ультразвуковой обработки, в технологиях производства хлебобулочных изделий для улучшения органолептических показателей, увеличения пористости, удельного объема.

Таким образом, усовершенствование процесса ультразвукового эмульгирования жиров и их аппаратное оформление является актуальным научно-техническим заданием.

На первом этапе, исходя из имеющихся представлений о процессе, были поставлены и решены задачи определения рациональной продолжительности обработки, основываясь на показателе заданного критерия качества, которым было избрано разницу изменения температуры водно-жировой эмульсии Δt (τ).

Экспериментальные данные зависимости Δt (τ) свидетельствуют, что 92% полученных данных могут быть аппроксимированы линейной зависимостью. Суммарный коэффициент поглощения является функцией многих параметров. В рамках модели

$$k \cdot P \cdot \tau = \Delta t \cdot G \cdot c \quad (1)$$

суммарный коэффициент можно записать в виде:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{2\pi^2 \cdot f^2 \cdot A^2 \cdot c_{зв} \cdot k}{r^2 \cdot h \cdot c} \cdot \left(r_{\text{випр}}^2 - r^2 \cdot e^{-\frac{4\pi^2 \cdot f^2 \cdot \eta}{c_{зв}^3 \cdot \rho} \left(\frac{4}{3}\eta + \frac{\nu-1}{c_p} \lambda_m \right) \cdot h} \right) \right), \quad (2)$$

де P – мощность, расходуемая на нагрев, Вт; τ – продолжительность ультразвуковой обработки, с; Δt – повышение температуры в результате обработки смеси, К; G – масса обрабатываемой смеси, кг; c – теплоёмкость, Дж/(кг·К); f – частота ультразвуковых колебаний, Гц; A – амплитуда ультразвуковых колебаний, м; $c_{зв}$ – скорость звука, м/с; k – коэффициент полезного действия; $r_{\text{випр}}$ – радиус ультразвукового излучателя, м; r – радиус ёмкости, м; η – коэффициент динамической вязкости среды, Па·с; h – толщина слоя жидкости, м; ρ –

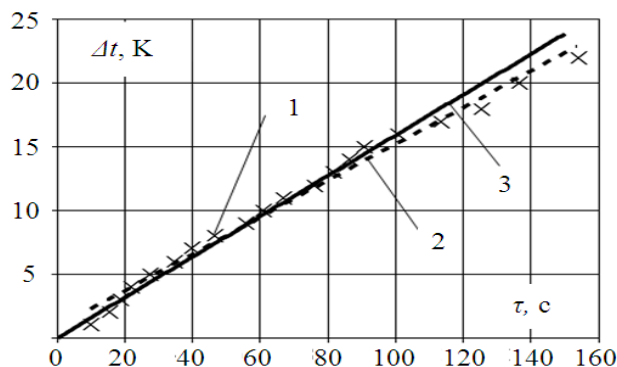
плотность обрабатываемой смеси, кг/м³; ν – отношение удельных теплоёмкостей; c_p – теплоёмкость при постоянном давлении, Дж/(кг·К); λ_m – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К).

В случае, если показатель экспонентной функции является малой величиной ($e^\beta = 1 + \beta$), то будем иметь обычную линейную функцию, а именно:

$$\Delta t = \frac{2\pi^2 \cdot f^2 \cdot A^2 \cdot c_{зв.} \cdot k \cdot \tau}{r^2 \cdot h \cdot c} \cdot \left(r_{\text{еинп.}}^2 - r^2 + \frac{4\pi^2 \cdot f^2 \cdot \eta \cdot r^2}{c_{зв.}^3 \cdot \rho} \cdot \left(\frac{4}{3}\eta + \frac{\nu-1}{c_p} \cdot \lambda_m \right) \cdot h \right) \quad (3)$$

Представленная формула показывает зависимость рациональной продолжительности ультразвуковой обработки от следующих факторов: параметров ультразвуковой колебательной системы, геометрических размеров емкости, характеристики сырья и его количества.

Полученные результаты были подкреплены экспериментальными исследованиями (рис. 1).



- 1 – экспериментальные значения;
- 2 – корреляция экспериментальных значений;
- 3 – расчетная зависимость

Рисунок 1 – Зависимость разницы изменения температуры водно-жировой эмульсии Δt от продолжительности обработки τ при частоте ультразвуковых волн 22 кГц

Исходя из современного анализа представление о процессе по литературным источникам, как определяющую частоту ультразвуковых волн было выбрано значение 22 кГц. Установлено, что рациональная продолжительность ультразвуковой обработки не должна превышать 160 с. Дальнейшее увеличение продолжительности обработки приводит к резкому увеличению температуры получаемой эмульсии, что ухудшает ее качество.

На следующем этапе проведены исследования по выявлению частоты распределения размеров жировой фазы при частоте ультразвуковой обработки 22 кГц для 10, 20 и 30% системы.

Полученные данные свидетельствуют о том, что более высокие значения дисперсности имеет эмульсия с меньшим количеством жировой фазы, то есть количество жировых шариков с размерами до $4 \cdot 10^{-6}$ м с 10% содержанием жира больше на 11...13%, чем для 30% системы. Однако по продолжительности обработки 135 с распределение частиц жировой фазы для всех видов эмульсии практически одинаков, что обосновывает использование при обработке ультразвуком часть жира 30%.

Исследовано изменение среднего диаметра частиц дисперсной фазы обрабатываемой системы в зависимости от продолжительности ультразвуковой обработки с удельной мощностью ультразвуковой обработки 10, 15, 30 Вт/дм³. Полученные данные свидетельствуют о том, что увеличение показателя удельной мощности ультразвуковой обработки в три раза (с 10 Вт/дм³ до 30 Вт/дм³) приводит к уменьшению показателя минимального среднего размера частиц дисперсной фазы на 43%, т.е. по показателю $3,37 \cdot 10^{-6}$ м до $2,05 \cdot 10^{-6}$ м.

Математическая обработка результатов исследования дисперсности с использованием методов регрессионного анализа показала, что показатель среднего диаметра частиц d дисперсной фазы обрабатываемой системы может быть описан математической зависимостью показателей удельной мощности P и длительности τ ультразвуковой обработки. В результате было получено зависимости изменения d от количества удельной энергии ультразвуковой обработки A в обрабатываемых системах с удельной мощностью ультразвуковой обработки 10, 15 и 30 Вт/дм³.

Таким образом, можно отметить, что максимальную дисперсность имеют эмульсии, которые были обработаны с удельной мощностью ультразвуковой обработки 30 Вт/дм³. Однако уменьшение показателя удельной мощности в два раза (до 15 Вт/дм³) увеличивает в два раза производительность и приводит к увеличению значения минимального среднего размера частиц дисперсной фазы на 18% при почти одинаковой продолжительности обработки. То есть использование удельной мощности ультразвуковой обработки на уровне 15 Вт/дм³ является рациональным и обоснованным.

Список использованной литературы

1. Эльпинер И.Е. Биофизика ультразвука / И. Е. Эльпинер. – М.: Наука, 1973. – 362 с.
2. Заяс Ю.Ф. Ультразвук и его применение в технологических процессах мясной промышленности / Ю.Ф. Заяс. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – 292 с.
3. Хмелев В. Н. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, С.С. Хмелев, С.Н. Цыганок, / Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2015. – 687 с.

4. Кавітаційні пристрої в харчовій, переробній та фармацевтичній промисловості / О. А. Литвиненко, О. І. Некроз. П. М. Немирович. З. Кіндрат. – К.: РВЦ УДУХТ, 1999. – 87 с.
5. Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing / Hao Feng, Gustavo V. Barbosa-Canovas, Jochen Weiss. – Springer, New York, 2010. – 678 p.

УДК 663.8

Урбанчик Е.Н., кандидат технических наук, доцент, Станюленис О.О.
Могилевский государственный университет продовольствия, Республика Беларусь

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ НАПИТКОВ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОРОЩЕННЫХ ЗЕРЕН И СЕМЯН

Недостаток витаминов А, Р, D, Е, С, группы В в современной рафинированной пище для человека проявляется в постоянной усталости, нервном напряжении, снижении работоспособности. В последние десятилетия энергозатраты у человека снизились в 2–3 раза, соответственно должно было снизиться и потребление пищи, иначе приобретается излишний вес. Однако, если потребность в жирах и углеводах снизилась, то потребность в витаминах и минералах осталась прежней. Витамин А необходим для нормального зрения, отвечает за состояние кожи и слизистых оболочек, нужен для роста организма, работы иммунной системы. Витамины группы В участвуют в тканевом дыхании и выработке энергии. При недостатке витаминов группы В появляются анемия, слабость, нарушение зрения, повышенная утомляемость, уменьшение аппетита, зуд и жжение кожи, отеки, тяжесть в ногах. Витамин Р следит за прочностью и одновременно проницаемостью стенок сосудов и капилляров. Витамин D отвечает за обмен кальция и обеспечивает нормальный рост и развитие костных тканей. Витамин Е защищает клетки от повреждения, необходим для регенерации тканей и работы репродуктивной системы. Витамин С – мощный антиоксидант, регулятор окислительно–восстановительных процессов. От этого витамина зависит и состояние психики, нервов и просто хорошее настроение [1, 2, 3].

Растительное сырье является очень ценным источником витаминов, его использование практически исключает возможности передозировки и возникновения побочного действия, которые неизбежны при длительном и неконтролируемом употреблении синтетических витаминных препаратов. Количество витаминов в пророщенных зернах и семенах возрастает. Так, в сухих семенах пшеницы содержание витамина С – 1,07 мг/100г, а в проростках (пятые сутки проращивания) – 8,40 мг/100г. (рисунок 1)

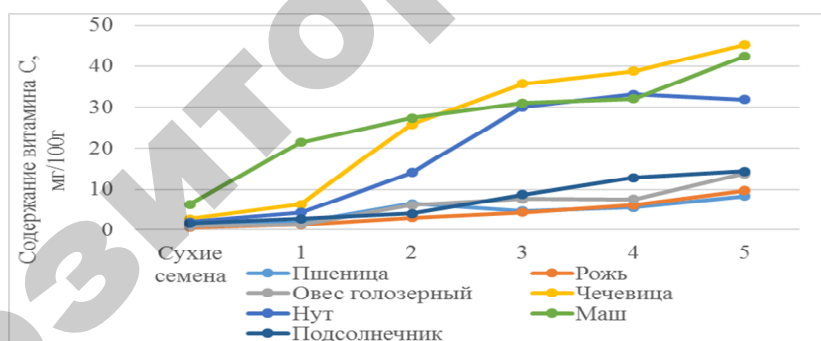


Рисунок 1 – Содержание витамина С в сухих и прорастающих семенах (мг/100г)

Целью настоящей работы является выработка первичных рекомендаций по разработке рецептуры коктейля, обогащенного витамином С и водорастворимыми антиоксидантами, на основе пророщенного зерна и семян. Исходным сырьем выбираем распространенные культуры: пшеницу, рожь, овес, чечевицу, нут, маш, подсолнечник (рисунок 1).

Содержание витамина С в проростках по сравнению с сухим семенем возрастает: у пшеницы в 7,8 раза, ржи в 16,6 раза, овса голозерного в 15,7 раза, чечевицы в 15,9 раза, нута в 15,6 раза, маша в 6,6 раза, подсолнечника в 8,7 раза. Соответственно, основой для коктейля, наиболее богатой по витамину С является пророщенная чечевица.

Для придания гаммы вкуса добавляем к основе измельченные фрукты, соки, богатые витамином С. Выбираем апельсины, малину, киви, грейпфрутовый сок (рисунок 2).