

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРАТАЦИИ БЕЛКОВ НА ОСНОВЕ СОНОХИМИИ

Л.А. Цирульниченко

Автором рассмотрены вопросы применения альтернативных способов регулирования качества и технологических свойств мяса птицы. В статье рассмотрены проблемы, которые стоят перед мясоперерабатывающими предприятиями. В качестве перспективного способа автором предложено применение ультразвукового воздействия. В статье приведены основные эффекты, которые могут быть применены в технологическом процессе переработки мяса птицы.

Ключевые слова: ультразвук, сонохимия, мясо птицы, гидратация.

В настоящее время воздействие акустических колебаний используется в качестве стимулирующего, интенсифицирующего и оптимизирующего фактора практически во всех классах технологических процессов [3]. Так, например, при акустическом диспергировании или акустической очистке проявляется их стимулирующий характер. Интенсификацию наблюдают при увеличении скорости процессов, примером могут служить, акустическое растворение, акустическая кристаллизация и сушка. В тех случаях, когда за счет акустических колебаний наблюдается упорядочивание течения процесса (акустическая грануляция и акустическое центрифугирование), проявляется оптимизирующий характер их воздействия.

Известно, что воздействие ультразвука (УЗ) на химико-технологические процессы осуществляется через эффекты первого и второго порядка. К эффектам первого порядка относят частоту, интенсивность и скорость акустических колебаний. К эффектам второго порядка относят нелинейные эффекты, развивающиеся в жидкости при распространении мощных акустических колебаний – кавитация (разрыв сплошности жидкости), акустические течения (звуковой ветер), пульсация газовых пузырьков и т.п.

Явление кавитации – главный инструмент сонохимии, которая изучает химические реакции, проявляющаяся в жидкости при воздействии ультразвука.

Протекающие под воздействием кавитации процессы в жидких пищевых средах представляют немалый интерес с точки зрения их влияния на физико-химические и другие свойства сырья и готовой продукции в пищевой и перерабатывающей промышленности. В частности, на гидратационные свойства белков мясного сырья [1, 6, 7, 8].

Водосвязывающая способность мяса определяет его качество при технологической и кулинарной обработке. Состояние миофибриллярных белков мяса в процессе посола определяет нежность, сочность и выход готовых продуктов. Так, при продолжительной механической обработке мясного сырья вначале происходит разрыхление структуры белков соленого мяса, что улучшает технологические показатели, затем наблюдается разрушение сетки мембран и филаментов, что влечет за собой уплотнение структуры мясного сырья и снижение технологических показателей [2, 4, 5].

Таким образом, исследование состояния воды в мясе позволяет определять его технологические свойства и тем самым научно подходить к использованию методов воздействия на водную фракцию продукта и регулированию качественных и количественных соотношений форм связи.

Установление возможности интеграции УЗ обработки воды в технологию производства продуктов переработки мяса птицы на этапе подготовки пищевых жидких сред (рассолов), в рамках работы проводилось путем постановки серии рекогносцировочных экспериментов.

Для исследований применялся аппарат ультразвуковой технологической «Волна» модель УЗТА-0,4/22-ОМ (технические характеристики представлены в таблице 1). Принцип действия основан на использовании свойств ультразвуковых колебаний высокой интенсивности в жидких и жидкодисперсных средах.

Паспортный режим ультразвуковой кавитационной обработки следующий: 2 кВт с частотой $22 \pm 1,65$ кГц.

Таблица 1
Технические характеристики УЗТА-0,4/22-ОМ

| Наименование показателя | Значение |
|--|---------------|
| Частота механических колебаний, кГц | $22 \pm 1,65$ |
| Максимальная потребляемая мощность, Вт | 400 |
| Диапазон регулирования мощности, % | 30–100 |
| Избыточное давление обрабатываемой среды, атм., не более | 4 |

При кавитации в воде генерируются гигантские импульсы давления, вызывающие соответствующие ее деформации, которые распространяются в ней со скоростью звука. Трансформация потенциальной энергии этих деформаций реализует надтепловой механизм разрушения молекулярных ас-

социатов при этом лишь вода переходит в термодинамически неравновесное состояние, а растворенная в ней поваренная соль полностью диссоциирует на ионы, которые будут иммобилизованы полярными мономолекулами воды либо прочно связаны в образующихся сольватных оболочках белка [3].

Если до начала процесса релаксации неравновесного состояния воду смешать с измельченной биомассой, содержащей животный или растительный белок, то произойдет интенсивная реакция гидратации, превращающая воду в составную часть структуры белка и увеличивающая тем самым его массу.

Оценить изменение уровня гидратации белковых структур мяса птицы под действием эффекта кавитации также можно по методике, предложенной проф. А Фишером (Университет Хоэнхайм, Германия).

Данная методика представляет собой контроль потерь массы фаршем при термообработке при температурах, близких к температуре кипения. Суть метода состоит в том, что воду, имеющую различные формы связи с биомассой исследуемого образца, приводят в термодинамическое равновесие с ее насыщенным паром при атмосферном давлении. При этом считают, что вода, объемная концентрация которой в образце стала равной концентрации ее в окружающем насыщенном паре – это свободная вода, соответственно, остальная – связанная. Термические потери i -тым образцом в процентах массы в каждой партии определяли по формуле (1):

$$L_i = \frac{M_i - m_i}{M_i - \mu_i} \times 100, \quad (1)$$

где M_i , m_i – массы образцов пробы в пробирках до термообработки и после, соответственно; μ_i – массы пробирок.

Нами были рассчитаны значения показателя Δ , который отражает содержание (%) гидратационно и капиллярно связанной влаги в образцах фаршей, полученных с использованием активированных жидких сред, относительно контрольных.

Изменение уровня гидратации белков опытных образцов МЦБ по отношению к контрольным представлено на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что использование кавитационного воздействия для приготовления посолочных смесей позволяет сократить термopotери массы в среднем на 4–5 % (при мощности от 120 до 240 Вт и продолжительности воздействия от 1 до 3 мин) для мясного сырья различного термического состояния. Положительная динамика для фаршей на основе МЦБ, изготовленных из размороженного сырья, обладающего наиболее низкими функционально-технологическими свойствами, что, вероятно, связано с механическим повреждением клеток кристаллами льда, представляет особый интерес для наших исследований.

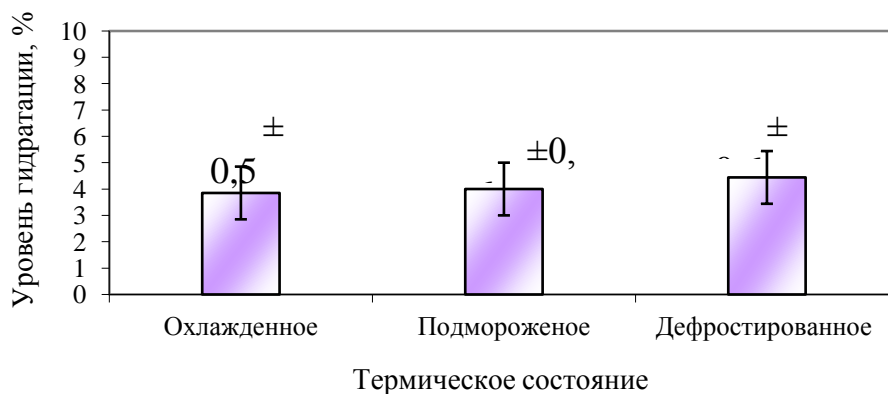


Рис. 1. Изменение уровня гидратации белков опытных образцов МЦБ по отношению к контрольным

Для определения оптимального режима обработки с учетом термического состояния мяса птицы был проведен двухфакторный анализ. В качестве переменных факторов были выбраны мощность и продолжительность ультразвукового воздействия. Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 2.

Таблица 2

План проведения эксперимента

| Уровни | Входные параметры | | Выходные параметры | | |
|-----------------------|-------------------|-----------------|------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | мощность, Вт | экспозиция, мин | | | |
| Основной 0 | 180 | 2 | Охлажденное мясо ЦБ | Подмороженное мясо ЦБ | Дефростиро- ванное мясо ЦБ |
| Верхний + | 240 | 3 | | | |
| Нижний - | 120 | 1 | | | |
| Интервал варьирования | 60 | 1 | | | |
| Сочетание факторов | | | | | |
| 1 | - | - | | | |
| 2 | + | - | | | |
| 3 | 0 | - | | | |
| 4 | - | + | | | |
| 5 | + | + | | | |
| 6 | 0 | + | | | |
| 7 | - | 0 | | | |
| 8 | + | 0 | | | |
| 9 | 0 | 0 | | | |

Реализация плана двухфакторного эксперимента и статистическая обработка данных позволили получить адекватные изучаемому процессу поверхности отклика (рис. 2).

Для образцов фаршей из охлажденного мяса показатель уровня гидратации изменяется от 2,3 % при 120 Вт, 1 мин до 7,4 % при 180 Вт, 2 мин. Для фаршей из подмороженного мяса – от 2 % при 120 Вт, 1 мин до 6,8 % при 180 Вт, 3 мин. Для фаршей из дефростированного мяса – от 1,7 % при 120 Вт, 1 мин до 7 % при 180 Вт, 2 мин.

Таким образом, наибольшее значение уровня гидратации в зависимости от термического состояния сырья отмечены при следующих экспозициях:

- охлажденное сырье – 186 Вт, 1,8 мин;
- подмороженное сырье – 180 Вт, 2,1 мин;
- дефростированное сырье – 173 Вт, 2,3 мин.

Наивысшие значения уровня гидратации указывают на предпочтительность практического использования исследуемых параметров с учетом возможностей УЗ реактора «Волна» УЗТА-0,4/22-ОМ в диапазоне:

- охлажденное сырье – 180 Вт, 1,8 мин;
- подмороженное сырье – 180 Вт, 2,1 мин;
- дефростированное сырье – 180 Вт, 2,3 мин.

Установленные режимы УЗ воздействия могут быть использованы для получения жидких пищевых сред (рассолов) в технологии производства различных видов ППМЦБ, в том числе патрульных и рубленых полуфабрикатов с учетом термического состояния сырья.

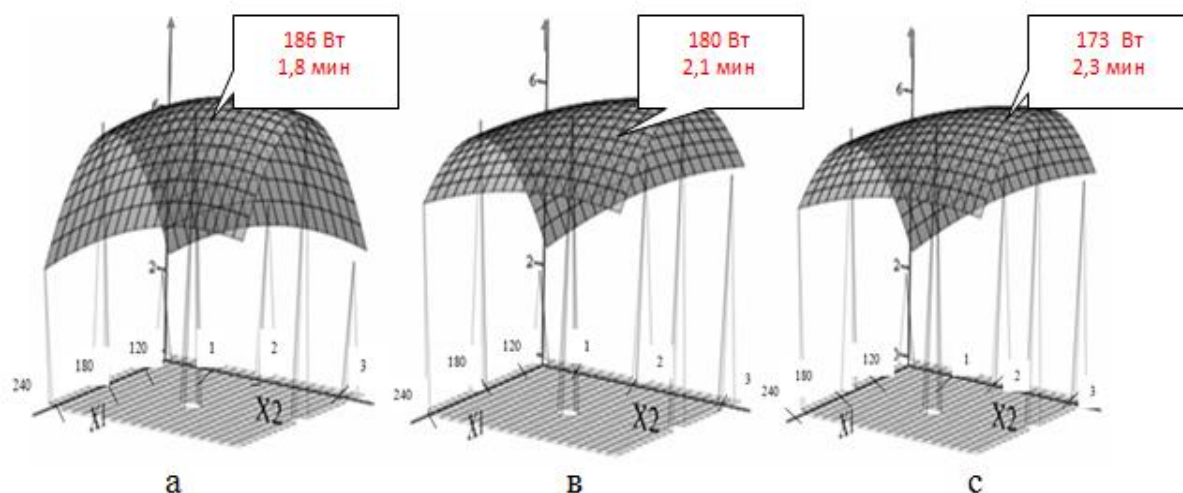


Рис. 2. Зависимость показателей уровня гидратации белков мяса от мощности и длительности УЗ воздействия для фаршей из охлажденного (а), подмороженного (в) и дефростированного (с) сырья (X_1 – мощность, Вт, X_2 – время, мин)

Учитывая, что уровень гидратации белков мяса тесно взаимосвязан с его функционально-технологическими свойствами, исследование влияния эффектов кавитации на их изменение составляет определенный интерес с точки зрения возможности улучшения потребительских свойств готовых продуктов.

Библиографический список

1. Возможности применения кавитационного воздействия в технологиях пищевых производств описаны в трудах отечественных и зарубежных ученых Юдаева В.Ф., Промтовой М.А., Рогова И.А., Красули О.Н., Шестакова С.Д., Тихомировой Н.А., Хмелева В.Н., М. Ashokkumar, Т. Maisona, J. Suslika и др.
2. Месхи, А.И. Биохимия мяса, мясопродуктов и птицепродуктов / А.И. Месхи. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 280 с.
3. Шестаков, С.Д. Технология и оборудование для обработки пищевых сред с использованием кавитационной дезинтеграции / С.Д. Шестаков, О.Н. Красуля, В.И. Богуш, И.Ю. Потороко. – М.: Изд-во «Гиорд», 2013.
4. Жаринов, А.И. Роль макроэлементарного состава воды и хлорида натрия в формировании свойств мясных систем и качества готовой продукции / А.И. Жаринов, Т.А. Сергиенкова, О.В. Веселова, В.А. Малков // Все о мясе. – 2001. – № 3. – С. 911.
5. Заяс, Ю.Ф. Качество мяса и мясопродуктов / Ю.Ф. Заяс. – М.: Легкая и пищ. пр-ть, 1981. – 480 с.
6. М. Ashokkumar The characterization of acoustic cavitation bubbles – an overview Ultrasonics Sonochemistry, 18 (2011), Pp. 864–872.
7. Shestakov, O. Krasulya, V. Bogush, I. Potoroko Technology and equipment for food processing environments using cavitation disintegration, M Publishing house «Giord», 2013. – 152 p
8. Suslick K.S. The chemical effects of ultrasound // Scientific American. 1989. February. – Pp. 80–86.

[К содержанию](#)