

УДК 664

## ОБРАБОТКА ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННЫМ МЕТОДАМ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Корко В.С., к.т.н,

Челомбитько М.А., к.с.х.н.,

Белорусский государственный аграрный технический университет, г.  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Нетермические методы обработки/консервации пищевых продуктов интересуют ученых, производителей и потребителей, поскольку они менее энергоемкие, оказывают минимальное воздействие на пищевые и сенсорные свойства продуктов и продлевают срок годности путем ингибирования или уничтожения микроорганизмов. Такие процессы также отвечают отраслевым потребностям, предлагая продукты с добавленной стоимостью, новые рыночные возможности и дополнительную безопасность. Производители, стремящиеся к микробиологической стерилизации продуктов через нетепловые средства, могут выбрать один из нескольких способов, включая высокое давление, ультрафиолетовое облучение, импульсный свет и ультразвуковую обработку в зависимости от требований стерилизации, типа продукта и других технологических условий.

**Материалы и методы.** Представленный материал является обобщением результатов международных исследований в области нетепловых методов обработки пищевых продуктов и в, частности, метода высокого давления.

**Основная часть.** Впервые в истории технологию высокого давления (ТВД) использовали для воздействия на микроорганизмы в 1883 г. [1]. Однако эффект высокого гидростатического давления на продукты питания был впервые раскрыт в 1899 г. В.Х. Хайтом и сотрудниками сельскохозяйственной экспериментальной станции Университета Вирджинии, которые использовали давление до 600 МПа в качестве инструмента для сохранения молока и позже в 1914 г. для сохранения овощей и фруктов [2]. В дальнейшем в этом направлении было проведено только несколько работ, и только в середине 1980-х годов были возобновлены исследования в связи с успешным использованием ТВД как метода консервации, альтернативного традиционной термической обработке пищевых продуктов. В 1992 г. впервые в Японии выпустили на рынок продукт, обработанный высоким давлением [3]. В последние годы обработка давлением уже эффективно внедряется в пищевую промышленность. Было проведено много исследований для понимания эффекта технологии ТВД, когда пищевые продукты остаются безопасными, свежими, питательными и инновационными. В настоящее время

проводятся многочисленные исследования по совершенствованию оборудования, успешно продвигается коммерциализация продуктов ТВД и увеличивается потребительский спрос на минимально обработанные, безопасные и высококачественные продукты. ТВД успешно используется в Японии, США и Европе для пастеризации продуктов питания [4, 5, 7, 8, 9].

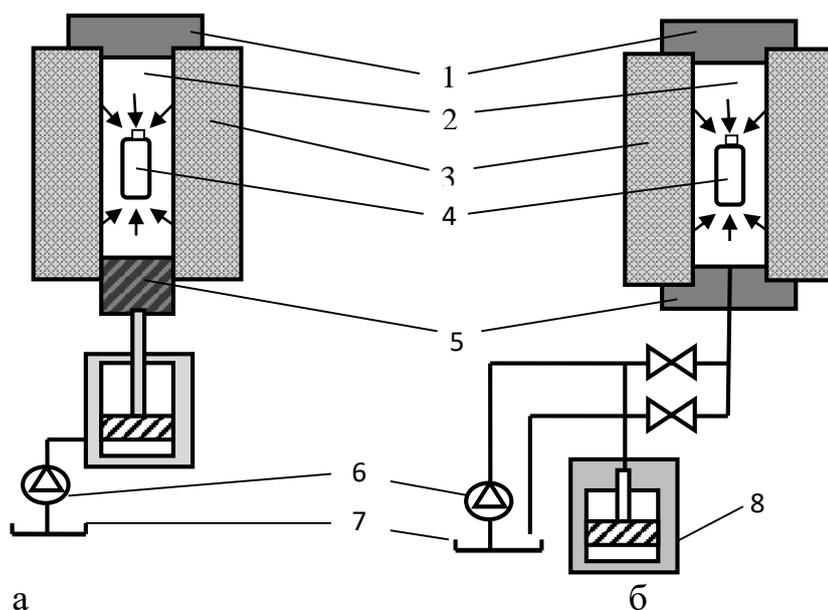
Основные механизмы, объясняющие поведение продуктов под воздействием высокого давления, включают принцип ЛеШателье, изостатическое прессование и принципы микроскопического упорядочения. Принцип ЛеШателье утверждает, что химическая система в состоянии равновесия испытала бы изменение реакции, сопровождающееся уменьшением объема, когда усиливается давление, и наоборот [4]. Изостатическое прессование (принцип Паскаля) – процесс передачи давления единообразно во всех направлениях. Следующей декомпрессией материал возвращается к своей первоначальной форме. Принцип микроскопического упорядочения гласит, что при постоянной температуре при увеличении давления взаимно увеличивается степень упорядочения молекул вещества. В результате давление, а также температура оказывают антагонистическое воздействие на молекулярную структуру.

Давление от 300 до 800 МПа может снизить порчу продуктов и инактивировать патогенные микроорганизмы. Давление вызывает биохимические реакции в клетке и ее морфологии, ряд изменений в микробной клеточной мембране, которые, в конечном итоге могут привести к микробным инактивациям. Основным местом повреждения давлением являются клеточные мембраны микроорганизмов, которые играют важную роль в функции дыхания. Таким образом, значительное изменение проницаемости мембраны может привести к гибели клетки. Изменения в морфологии клеток включают в себя коллапс межклеточных газовых вакуолей, удлинение аномальной клетки и прекращение движения в случае подвижных микроорганизмов.

Степень достижения микробной инактивации зависит от типа и количества микроорганизмов, величины и продолжительности обработки, температуры и состава суспензионной среды или пищи. В общем, дрожжи и плесени легче инактивируются давлением, чем бактерии, а среди бактерий вегетативные формы более восприимчивы, чем споры. Как правило, увеличение давления увеличивает микробную инактивацию. Однако увеличение времени обработки не обязательно увеличивает показатели микробной смертности. При объединении с другими факторами сохранения, такими как активность воды, рН, температура или противомикробные препараты, действие под давлением может оказывать антагонистическое, аддитивное или синергическое действие. В продуктах с низкой водной активностью, что достигается высоким содержанием сахара, т.е. с высокой концентрацией, снижается чувствительность микроорганизмов к давлению (антагонистический эффект). Низкое значение рН и

использование комбинированных умеренных температур способствуют усилению микробной инактивации при повышенном давлении (синергетический эффект).

С помощью обработки давлением можно оттаивать замороженные продукты, сокращая время, требуемое при атмосферном давлении, что приводит к сохранению цвета и вкуса во фруктах. Обычно оттаивание происходит более медленно, чем замерзание, что потенциально может привести к дальнейшему повреждению образца. Следовательно, замораживание и оттаивание под давлением представляют собой потенциальную область развития, хотя на данный момент опубликованы результаты нескольких предварительных исследований. Типичная промышленная система высокого давления состоит из камеры высокого давления, средства формирования давления, температурного устройства управления и системы обработки материалов [5]. Генерирование высоких давлений в камерах обеспечивается двумя типами процессов сжатия (рисунок 1): прямым (поршневым) или косвенным (насосным).



**Рис. 1. Схематическое изображение методов обработки высоким давлением путем прямого (а) или косвенного (б) сжатия:** 1 – главный клапан, 2 – сжатая среда, 3 – камера высокого давления, 4 – продукт, 5 – поршень, 6 – насос низкого давления, 7 – резервуар, 8 – насос высокого давления.

Метод прямого сжатия (рисунок 1а) использует закрытие клапанов камеры, чтобы действовать как поршень для создания/снятия давления. Происходит уменьшение удельного объема внутри камеры до тех пор, пока желаемое давление будет достигнуто. Хотя прямая система может обеспечить быстрое сжатие, ограничения динамического уплотнения между поршнем и камерой препятствуют применению этой техники в мелкомасштабной лаборатории.

Косвенное сжатие (рисунок 1б) применяют в пищевой промышленности при большом давлении. Используют насос высокого

давления для перекачки по трубам жидкости из резервуара-накопителя в камеру высокого давления. Этот метод более уместен для твердых веществ и высоковязкой жидкой пищи и позволяет снизить давление или сохранить постоянным на требуемый уровень во время обработки в течение нескольких минут.

Предварительно упакованные продукты загружаются в камеру, заполненную жидкостью. В случае жидких пищевых продуктов, например, при переработке соков или молока, пища будет действовать как среда давления. Под давлением камера заполняется жидкой пищей, сжимается, а затем переносится в резервуар для резервирования или непосредственно к линии розлива. Жидкости, передающие давление, используются в камере для мгновенного и равномерного распределения давления продуктов. Этот процесс не зависит от объема, размера и формы продукта и камеры высокого давления. Вязкость жидкости под давлением является одним из факторов, который необходимо учитывать при выборе жидкости. Способность жидкости, передающей давление, не быть агрессивной к материалу внутренней поверхности камеры высокого давления имеет большое значение для предотвращения коррозии во время обработки. Акт сжатия при обработке под высоким давлением повысит температуру как продукта, так и жидкости адиабатически около 3°C на каждые 100 МПа [6].

В большинстве случаев камеру высокого давления изготавливают из стали. Из-за низкого увеличения уровня температуры стали при повышении давления (~0°C/100 МПа), температура камеры после декомпрессии будет ниже, чем в обрабатываемом продукте [7]. Из-за теплообмена между продуктом и стенкой сосуда, детали, находящиеся в контакте со стенкой, будут охлаждаться. В этом состоянии эти части не будут обеспечивать конечную температуру до уровня, достигаемого в центре камеры высокого давления.

При выборе упаковочного материала для обработки высоким давлением, обращают внимание на эластичность, которая должна быть достаточной для передачи давления в обрабатываемый продукт, а также обеспечивать высокую герметичность. Упаковка, используемая для обработки, должна быть способна приспособиться к 15%-ному снижению объема, а затем вернуться к его первоначальному размеру и форме без влияния на герметизирующие свойства. Исходя из этих фактов, полимеры или сополимеры считаются наиболее подходящими для ТВД и обычно используются в качестве упаковочных материалов. Соплимерные упаковочные пленки наиболее приемлемы для ТВД на основе их соответствующих барьерных свойств, прочности на разрыв, паропроницаемости, проницаемости для кислорода, прочности теплового уплотнения и проницаемости аромата.

**Заключение.** Из рассмотренного вытекают основные преимущества ТВД: повышение качества продуктов питания (сохраняются свежесть продукта, органолептические и питательные свойства); повышение безопасности пищевых продуктов (уничтожает

болезнетворные микроорганизмы; повышение степени удовлетворения потребителей (продлевает срок годности продукта); исключение или снижение потребности в пищевых консервантах (создает природный продукт, без добавок); обеспечение инновации и конкурентных преимуществ (для продуктов, которые не могут быть термически обработаны); более эффективное решение технологических процессов (возможность удалять моллюсков или извлекать мясо ракообразных без кипячения, более высокая производительность, свежий аромат, минимальный ручной труд и т.д.); получение экологически чистой технологии (нужна только оборотная вода и электроэнергия); сокращение времени обработки; низкое потребление энергии.

Для более эффективной инактивации микроорганизмов желательнее использовать два и более метода нетермической обработки. Интенсивности обработки, необходимые для инактивации клеток, требуют количественной оценки и стандартизации.

### **Список литературы**

1. Knorr D. Hydrostatic Pressure Treatment of Food: Microbiolog in New Methods of Food Preservation. *Ed New York: Springer*. 1995. P. 159-175.

2. Hite B. H., Gidding N. J., Weakley C. E. Effect of pressure on certain micro-organisms encountered in the preservation of fruits and vegetables. *West Virginia University Agricultural Experiment Station*. 1914. Vol. 146. P. 2-67.

3. Knorr D. Effects of high-hydrostatic-pressure processes on food safety and quality. *Food Technology*. 1993. Vol. 47. P. 156-161.

4. Jaeger H., Reineke K., Schoessler K., Knorr D. Effects of Emerging Processing Technologies on Food Material Properties in Food Materials Science and Engineering. *Ed New York: Wiley-Blackwell*. 2012. P. 222-262.

5. Mertens B. Hydrostatic Pressure Treatment of Food: Equipment and Processing in New Methods of Food Preservation. *Ed New York: Springer*. 1995. P. 135-158.

6. Patzca E., Koutchma T., Balasubramaniam V. Quasi-adiabatic temperature increase during high pressure processing of selected foods. *Journal of Food Engineering*. 2007. Vol. 80. P. 199-205.

7. de Heij W. B., Schepdael L. Van, Moezelaar R., Hoogland H., Matser A. M., van den Berg R. W. High-pressure sterilization: Maximizing the benefits of adiabatic heating. *Food Technology*. 2003. Vol. 57. P. 37-41.

8. Huang H.-W., Hsu C.-P., Yang B. B., Wang C.-Y. Potential utility of high-pressure processing to address the risk of food allergen concerns. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014. Vol. 13. P. 78-90.

9. Vetter G., Luft G., Maier S. Design and construction of high-pressure equipment for research and production. *In Industrial Chemistry Library, A. Bertucco and G. Vetter, Eds, ed. Amsterdam: Elsevier*. 2001. P. 141-242.