

метрологическое обеспечение большого парка средств измерений. Традиционные подходы, базирующиеся на первичной и периодической поверках, либо калибровках, здесь очевидно малопригодны. Если не решить проблему обеспечения единства измерений в приложениях Интернета вещей, то значимость конечной информации, на основании которой принимаются решения по воздействию на процессы с участием человека, либо автоматически, может быть ничтожной.

Сдерживающим фактором можно признать и не всегда достаточный уровень квалификации специалистов в сфере инновационного сельского хозяйства. Очевидно, в ближайшем будущем нам предстоит разработать новые учебные программы для ряда новых учебных дисциплин, а может быть и новой специальности, либо направления специальности.

Список использованной литературы:

1. Интернет вещей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Интернет_вещей. – Дата доступа: 21.04.2021.
2. Интернет вещей – а что это? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/149593/>. – Дата доступа: 28.04.2021.
3. Интернет вещей в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://svetich.info/publikacii/tochnoe-zemledelie/internet-veshei-v-selskom-hozjaistve.html/> – Дата доступа: 30.04.2021.

УДК 664

В.С. Корко, канд. техн. наук, доцент,
М.А. Челомбитько, канд. с.-х. наук, доцент,
*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск*

ОБРАБОТКА ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ – ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Ключевые слова: обработка под высоким давлением, пищевые продукты, консервирование

Key words: high pressure processing, food, food preservation

Аннотация: высокое давление – нетепловой метод обработки пищевых продуктов для борьбы с микроорганизмами. В отличие от пастеризации и стерилизации при обработке высоким давлением сохраняются сенсорные и питательные свойства пищевых продуктов, при этом не происходит чрезмерного термического или химического воздействия.

Abstract: high pressure is a non-thermal method of food processing to combat microorganisms. Unlike pasteurization and sterilization, high pressure

processing preserves the sensory and nutritional properties of processed foods without excessive thermal or chemical exposure.

Технология высокого давления (HPP – high pressure processing) была названа одной из лучших инновационных технологий в пищевой промышленности за последние 50 лет. Высокое давление может использоваться для обработки как жидкостей, так и твердых продуктов с высоким содержанием влаги. Даже если принципы HPP и ее влияние на микробиологическую инактивацию были признаны с конца 1800-х годов, первая коммерческая установка для HPP появилась в Японии в 1990 г. Хотя технология высокого давления в настоящее время дороже традиционных технологий обработки, использование высокого давления открывает перед пищевой промышленностью новые возможности для реагирования на спрос потребителей.

Основные принципы, определяющие поведение продуктов под давлением:

- принцип Ле Шателье: любая реакция, конформационное изменение, фазовый переход, сопровождающийся уменьшением объема, усиливается давлением;

- принцип микроскопического упорядочения: при постоянной температуре: повышение давления увеличивает градусы упорядочения молекул данного вещества. Следовательно, давление и температура оказывают антагонистическое действие на молекулярную структуру и химические реакции;

- изостатический принцип: пищевые продукты равномерно прессуются давлением со всех сторон, а затем возвращаются в свою первоначальную форму при сбросе давления. Продукты сжимаются независимо от своего размера и геометрии, потому что передача давления к центру не зависит от массы / времени, таким образом, процесс сводится к минимуму.

Если пищевой продукт содержит достаточно влаги, давление не повредит продукт на макроскопическом уровне при условии, что давление прикладывается равномерно во всех направлениях.

Оборудование высокого давления. Система высокого давления состоит из сосуда высокого давления и системы его закрытия, системы создания давления, устройства контроля температуры и системы транспортировки материалов. Сосуд под давлением – важнейший компонент оборудования высокого гидростатического давления. Несколько аспектов должны быть учтены при проектировании сосуда. Емкость высокого давления должна быть стабильной по размерам в безопасном режиме. Если он не работает, он должен выйти из строя с утечкой до разрушения.

Жидкости, передающие давление, используются в сосуде для передачи равномерного и мгновенного давления на образец продукта. Наиболее широко используемые жидкости: вода, растворы гликоля, силиконовое

масло, растворы бензоата натрия, растворы этанола, инертные газы и касторовое масло. Пищевые продукты должны быть расфасованы в гибкую упаковку. Пакеты загружаются в камеру высокого давления. Сосуд опломбирован и заполнен агентом передачи давления. Высокое давление обычно создается водой, используемой в качестве гидравлической жидкости. При комнатной температуре объем воды уменьшается с увеличением давления. В связи с тем, что сжатие жидкости приводит к небольшому изменению объема, высокое давление в сосуде, использующее воду, не представляет таких же эксплуатационных опасностей, как сосуды, использующие сжатые газы. Когда желаемое давление достигнуто, насос или поршень остановлены, клапаны закрыты, давление может поддерживаться без дальнейшего подвода энергии. После выдержки продукта желаемое время при заданном давлении происходит декомпрессия емкости путем сброса жидкости, передающей давление. Для большинства приложений изделия выдерживают 3–5 мин при 600 МПа. Возможно проведение примерно 5–6 циклов в час с учетом времени на сжатие, удержание, загрузку и разгрузку. После обработки давлением обработанный продукт удаляется из сосудов и хранится обычным способом.

Высокое давление может создаваться прямым или косвенным сжатием или нагреванием жидкости под давлением. Прямое сжатие создается за счет нагнетания жидкости поршнем, имеющим конец большого диаметра, и приводимым в движение насосом низкого давления. Этот метод позволяет создать очень быстрое сжатие, но его применение ограничено в лабораторных или производственных системах малого диаметра.

В методе непрямого сжатия используется усилитель высокого давления для перекачивания среды под давлением из резервуара в замкнутый высоконапорный сосуд, пока не будет достигнуто желаемое давление.

При нагреве среды под давлением используется свойство жидкости расширяться под давлением с увеличением температуры и давления. Поэтому этот метод используется, когда высокое давление применяется в сочетании с высокой температурой и требует очень точного контроля температуры во всем внутреннем объеме резервуара высокого давления.

Обработка под высоким давлением и микробная инактивация. Инактивация микробов – одна из основных целей применения техники высокого давления. Достижимая степень микробной инактивации под высоким давлением зависит от числа взаимодействующих факторов, включая тип и количество микроорганизмов, продолжительности обработки, температуры и состава суспензии.

Микроорганизмы можно разделить на чувствительные и устойчивые к высокому давлению. Более устойчивы к давлению грамположительные бактерии, менее устойчивы – грамотрицательные бактерии, плесень и дрожжи. Наименее уязвимы бактериальные споры, которые продемонст-

рировали устойчивость к давлению и механизмы их инактивации отличаются от инактивации вегетативных клеток. Было высказано предположение, что белки спор защищены от сольватации и ионизация. Споры микробов могут быть инактивированы созданием подходящих условий для обработки: более высоким давлением и более длительным временем выдержки при повышенной температуре. Предполагается, что давление вызывает инактивацию спор следующим образом: сначала инициация прорастания, а затем инактивация проросших форм. Прорастание спор может быть вызвано гидростатическим воздействием давления 100–300 МПа, а образующиеся вегетативные клетки чувствительны к условиям окружающей среды.

Губительное действие высокого давления на вегетативные микроорганизмы считается результатом ряда возможных изменений, происходящих в микробной клетке. Денатурация белков, изменение липидной фазы ферментов может нарушить морфологию клеток, генетические механизмы и биохимические реакции. Как возможный инактивирующий механизм считается инактивация ключевых ферментов, в том числе вовлеченных в репликации и транскрипции ДНК. Мембрана – наиболее вероятное место разрушения целостности клетки. Утечка внутриклеточных компонентов через проницаемую клеточную мембрану является самой прямой причиной гибели клеток после обработки под высоким давлением.

Обычно в целях пастеризации рассматривается воздействие давлением обычно в диапазоне 300–600 МПа в течение короткого периода времени, от секунд до минут, при этом инактивируются вегетативные патогенные и другие микроорганизмы. Для стерилизации используется давление выше 600 МПа в сочетании с высокими температурами. Такое воздействие необходимо, потому что некоторые споры устойчивы даже к давлению более 1000 МПа при температуре не выше 45–75 °С. Большинство дрожжей инактивируются при воздействии 300–400 МПа при 25 °С в течение нескольких минут, однако аскоспоры дрожжей могут потребовать обработки при более высоком давлении. Давление инактивация плесневых грибов происходит по модели, аналогичной дрожжевой.

Хотя исследователями были предприняты попытки объяснить реакцию микроорганизмов на воздействие высоким давлением на молекулярном уровне, тем не менее, механизмы, которые повреждают клетки, до сих пор полностью не изучены.

Обработка пищевых продуктов высоким давлением. Обработка под высоким давлением дает уникальную возможность для разработки нового поколения пищевых продуктов с добавленной стоимостью, имеющих лучшее качество и срок хранения.

Обработка под высоким давлением – очень перспективная технология для готового к употреблению мяса (RTE – ready-to-eat meals). Исследователи обнаружили, что в мясе RTE, подвергающемся обработке давлением 600 МПа при 20 °С в течение 180 сек, не отмечалось изменений сенсор-

ных качеств, наблюдалось снижение *Listeria monocytogenes* на 4 log в инокулированном продукте и увеличение срока хранения в холодильнике. Исследователи также сообщают, что обработка НРР (600 МПа в течение 10 минут при 30 °С) может продлить срок хранения продуктов питания, включая вареную и вяленую ветчину и маринованную говяжью вырезку (30). Высокое давление применение 500 МПа может продлить срок хранения свиных окороков и сырокопченой корейки до 8 недель, обеспечивая при этом хорошее микробиологическое и сенсорное качество продуктов.

Обработка под высоким давлением может эффективно деактивировать патогены пищевого происхождения, такие как *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes* и *Salmonella* spp.

Продукты можно пастеризовать при низких или умеренных температурах под давлением. Повышение давления при высокой температуре может стерилизовать продукты. Обработка давлением представляет особый интерес для продуктов или блюд, содержащих ингредиенты, которые сильно изменяются под действием тепла.

НРР имеет перспективу использования в качестве фитосанитарной обработки для контроля карантинных насекомых-вредителей в свежих или минимально обработанных фруктах и овощах с целью продления срока их хранения. Сообщалось об инаktivации дрожжей и плесени в цитрусовых соках. Соки, обработанные под давлением 400 МПа в течение 10 мин при 40 °С, не испортились за 2–3 месяца хранения. Обработка высоким давлением эффективно снижает бактериальную флору свежего козьего сыра и значительно продлевает срок его хранения в холодильнике. В козьем сыре, обработанном при 400–500 МПа в течение 5–10 мин, после 60 дней его хранения (2–4 °С) в исследованиях посева не было обнаружено выживших *E. Coli*.

Технология высокого давления может улучшить микробиологическую безопасность и качество пищевых продуктов, в том числе мяса, молоко и молочных продуктов.

Технология высокого давления имеет большой потенциал для развития новых «минимально» обработанных продуктов с высоким содержанием питательных веществ, высоких сенсорных качеств, новой текстурой и увеличенным сроком хранения.

Список использованной литературы

1. Hendrickx M.E.G., Knorr D., Loey A.V., Heinz V. Ultra high pressure treatment of foods, Kluwer Academic Plenum Publishers, New York. 2005. P. 297–309.
2. Heremans K. Ultra high pressure treatments of foods, Kluwer Academic Plenum Publishers, New York. 2003. P. 23–51.
3. Juste J., Capellas M., Reyes P.L.A., Daniel Y.C. Journal of Rapid Methods and Automation in Microbiology. 2007. V. 9(1). P. 1–10.

4. Patterson M.F., Quinn M., Simpson R., Gilmour A. In: High Pressure Processing of Foods (D.A. Ledward, D.E. Johnston, R.G. Earnshaw, A.P.M. Hasting, Eds.), Nottingham University Press, Nottingham. 1995. P. 47.

УДК: 636.085.51.631.35

Э.В. Дыба, канд. техн. наук, доцент, **В.В. Микульский**, канд. техн. наук,
П.В. Яровенко, **Л.И. Трофимович**,
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск
А.В. Нагорный, ст. преподаватель,
*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВКИ И ХРАНЕНИЯ В ПОЛИМЕРНЫХ РУКАВАХ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ТЮКОВ ИЗ ПРОВЯЛЕННЫХ ТРАВ

Ключевые слова: корма, сенаж, силос, провяленные травы, биоконсерванты, тюковый пресс-подборщик, упаковщик тюков, полимерные рукава, качество кормов, сохранность кормов, кормовая единица, обменная энергия.

Key words: feed, haylage, silage, dried weeds, biopreservatives, baler, bale wrapper, polymer sleeves, forage quality, feed preservation, feed unit, exchange energy.

Аннотация: В статье представлены результаты, доказывающие эффективность применения новой технологии заготовки и хранения в полимерных рукавах спрессованных крупногабаритных тюков силоса из провяленных трав, обработанных консервантами и сенажа без обработки консервантом.

Abstract: The article presents the results proving the effectiveness of the application of a new technology of collecting and storage in polymer sleeves of compressed large-sized silage bales of dried weeds treated with preservatives and haylage without preservative treatment.

Согласно программному комплексу мер по развитию кормопроизводства на 2021–2025 годы, утвержденному Заместителем Премьер-министра Республики Беларусь от 16 марта 2021 г. №06/217-261/220, объем заготовки травяных кормов с использованием полимерных материалов сельскохозяйственного назначения в 2021 году должно составить 1010,0 тыс. тонн, а к 2025 году – 10980,0 тыс. тонн. [1]. Мировой практикой доказано,