

*Гареев Богдан Салаватович, магистр 1 курса, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» г.*

*Екатеринбург*

*Пестов Владимир Васильевич, аспирантура, НИИ Прикладной математики и механики ТГУ, Начальник отдела координации научных исследований ООО*

*«Фотек», г. Екатеринбург*

## **НОВЫЙ МЕТОД ПРИМЕНЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ГАЗОВОЙ ПЛАЗМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ С ЦЕЛЮ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ**

**Аннотация:** Целью данной работы является представление нового метода обработки парного мяса и охлажденных мясопродуктов с помощью низкотемпературной газовой плазмы и обзор основных преимуществ метода над используемыми технологиями.

Проведенный анализ был положен в основу создания нового метода обработки парного мяса и охлажденных мясопродуктов низкотемпературной газовой плазмой, направленного на увеличение сроков хранения и сохранения потребительских свойств мясопродуктов. В статье проведено сравнение основных особенностей предлагаемой технологии и традиционных методов обработки.

**Ключевые слова:** низкотемпературная плазма, плазматрон, холодная плазма, стерилизация мяса.

**Abstract:** The aim of this work is to present a new method of processing fresh meat and chilled meat products with low-temperature gas plasma and a review of the main advantages of the method over the used technologies. The analysis was the basis for creating a new method of processing fresh meat and chilled meat products with

low-temperature gas plasma, aimed at increasing the shelf life and preserving the consumer properties of meat products. The article compares the main features of the proposed technology and traditional methods of processing.

**Keywords:** low-temperature plasma; plasmatron; cold plasma; meat sterilization.

## **Введение**

Нетермические методы обработки и консервации пищевых продуктов интересуют ученых, производителей и потребителей, поскольку они оказывают минимальное воздействие на пищевые свойства продуктов и продлевают срок годности путем ингибирования или уничтожения микроорганизмов. Они также сохраняют в более значительной степени качественные характеристики обрабатываемого продукта, чем обычные термические процессы. Нетермические процессы отвечают отраслевым потребностям, предлагая продукты с добавленной стоимостью, новые рыночные возможности и дополнительную безопасность для потребителей.

Для обеспечения безопасного хранения продуктов в пищевой промышленности и общественном питании используются различные приемы: применение углекислого газа, ультрафиолета, а также ионизирующей радиации. Однако перечисленные приемы воздействия на пищевые продукты не всегда обеспечивают полную сохраняемость качественных и микробиологических характеристик [1].

Альтернативные технологии, такие как низкотемпературная плазма атмосферного давления, не только открывают возможность производить продукты значительно более высокого качества с повышенной безопасностью, но и позволяют решать целый спектр проблем, которые не под силу обычным технологиям. Например, универсальность технологии холодной плазмы подчеркивается тем фактом, что она может применяться в газовой фазе или диффундировать в жидкость для получения активированных жидкостей, которые могут применяться для обработки как твердых, так и жидких продуктов

питания. Кроме того, ионизация может быть достигнута с помощью различных источников плазмы, включая барьерные разряды и микроволны[2].

### **Обзор научных источников**

На сегодняшний день на мясоперерабатывающих предприятиях используются различные технологии обработки мясопродуктов. В основном это технологии обработки углекислым газом, ультрафиолетом, ионизирующей радиацией. Рассмотрим каждую технологию отдельно.

Углекислый газ активно применяется в пищевой промышленности за счет того, что проникает в ткани мяса, снижая уровень рН, тем самым подавляя активность микрофлоры [3; 4]. В упаковочных газовых смесях для свежего мяса CO<sub>2</sub> обычно является или значительной, или даже основной составляющей. При упаковке мясопродуктов учитываются особенности самой продукции: избыточное содержание углекислого газа негативно сказывается на вкусовых качествах готовых мясопродуктов. Помимо этого, чрезмерное воздействие углекислого газа заставляет ткани мяса менять окраску на более темный оттенок. Это является следствием перенасыщения мяса кислородом, при котором его пигмент окисляется. Это также влияет на вкусовые качества, внешний вид и срок хранения. Углекислый газ применяется при низких положительных температурах от 0 до 5 градусов.

Другим способом обеззараживания микрофлоры мясных продуктов является обработка ультрафиолетовыми лучами [5]. При исследованиях выявлена закономерность, что короткие световые волны намного сильнее действуют на микроорганизмы, чем длинные. При этом испускаемые лучи являются бактерицидными и почти не оказывают вредного влияния на жировую и мышечную ткани мяса, образуя вокруг облучаемого мяса озон лишь очень слабой концентрации или исключая его. Однако, у данной технологии есть недостатки. Во-первых, при малой дозе (порядка 50 мДж/см<sup>2</sup>) не обеспечивается достаточная инактивация и консервация; при большой дозе (более 500 мДж/см<sup>2</sup>) разрушаются некоторые витамины, происходит частичная денатурация белков, поверхность мяса темнеет. Во-вторых, УФ- обработка должна проводиться сразу

после забоя и первичной обработки, так как на этом этапе микроорганизмы находятся в основном на поверхности продукции. Но в большинстве случаев этого не происходит. В результате микроорганизмы проникают вглубь мышечных слоев, что делает УФ обработку крайне неэффективной. В-третьих, была замечена зависимость эффективности действия УФ-излучения на споровые клетки плесеней от экспозиции облучения и интенсивности излучения. УФ-лучи в незначительных дозах оказывают стимулирующее влияние на развитие колоний микроскопических грибов.

Кроме того, в последние годы активно используется метод ионизирующей радиации, которая заключается в нетермическом способе сохранения мясного сырья и продуктов прямым ингибированием микроорганизмов с помощью ионизации молекул и атомов микроорганизмов. В результате ионизации нарушаются нормальные биологические функции микроорганизмов и снижается их жизнеспособность [6]. К преимуществам следует отнести то, что данная технология позволяет обрабатывать продукты через упаковку, не влияя на химический состав содержимого. Но при применении данного метода весьма часто наблюдаются следующие нежелательные побочные эффекты: возможное изменение цвета мяса из-за чувствительности молекул миоглобина к поглощенной энергии; также некоторые споры устойчивы к радиации равно, как и некоторые микроорганизмы обладают высокой радиационной стойкостью.

### **Описание метода авторов**

На основе преимуществ и недостатков приведенных особенностей технологий, авторы представляют метод обработки парного мяса и охлажденных мясопродуктов низкотемпературной газовой плазмы с целью увеличения сроков хранения и сохранения потребительских свойств продуктов.

Предлагаемый в данной статье метод заключается в последовательной обработке мясных продуктов путем орошения водой, активированной низкотемпературной плазмой атмосферного давления, последующего обдува поверхности продуктов плазмой  $N_2+O_2$ , содержащей нитриты, и завершающей обработке мяса и упаковки низкотемпературной плазмой атмосферного (либо

пониженного) давления, получаемой из He или Ar, либо их различных комбинаций с кислородом и азотом (либо воздухом).

Предлагаемый авторами метод обработки свежего мяса и охлажденных полуфабрикатов основан на применении мультиразрядного плазматрона оригинальной конструкции для одновременной генерации параллельных потоков низкотемпературной плазмы атмосферного давления различного плазмохимического состава с целью сократить время обработки и увеличить эффективность деконтаминации патогенной микрофлоры на поверхности продукта и упаковки.

По расчетам авторов, при такой последовательности обработки свежего мяса и мясных полуфабрикатов бактериальное обсеменение упакованного продукта снизится с 7,0 — 8,0 log<sub>10</sub> CFU/g до 2,0 — 2,5 log<sub>10</sub> CFU/g. При этом ожидается достичь сохранения внешнего вида и потребительских свойств конечного продукта при увеличении сроков хранения без применения химических консервантов.

Новизна предлагаемой технологии заключается в кумулятивном эффекте комплексного применения различных видов низкотемпературной плазмы для эффективного использования преимуществ каждого из используемых видов, а также в применении в составе оборудования резонансного генератора высокочастотного высоковольтного сигнала оригинальной конструкции, работающего на частотах безопасных для персонала мясоперерабатывающих предприятий. Предлагаемая технология полностью исключает образование в процессе обработки каких-либо токсичных соединений.

### **Заключение**

Можно утверждать, что авторы предложили новую технологию, лишенную некоторых существенных недостатков аналогичных технологий. Использование разработанного авторами устройства для обработки пищевых продуктов позволяет производить стерилизацию продуктов, увеличивая срок хранения продукта. Последнее является одной из первостепенных задач на многих мясоперерабатывающих предприятиях и фермерских хозяйствах.

### **Библиографический список:**

1. Бадмаева И.И., Гомбоева С.В. Увеличение сроков хранения полуфабрикатов животного происхождения путем воздействия низкотемпературной плазмой // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. - №4. – С. 68 – 72.
2. Misra N.N. Securing the food production chain through cold plasma technologies. Innovative Food Science and Emerging Technologies. – 2019.
3. Челомбитько М.А. Применение технологий нетепловой обработки в пищевой промышленности // Инновационные процессы в пищевых технологиях: наука и практика. – 2019.
4. Жакслыкова Д.Ж., Барданцева Е.Е. Современная упаковка как способ хранения мясопродуктов. // Качество продукции, технологий и образования. – 2019.
5. Алынина Д.И., Рыжкова Л.С. Использование УФ-излучения в пищевой промышленности//Инновационные технологии и технические средства для АПК. – 2020. – С.118 – 120.
6. Мусина О.Н., Коновалов К.Л. Радиационная обработка ионизирующим излучением продовольственного сырья и пищевых продуктов – 2016. - №8. – С.46 – 49.