

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С ЯБЛОКАМИ ОБРАБОТАННЫХ ПЕРЕД ХРАНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Бородай И. И.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

Для длительного хранения яблок сорта "Голден" был проведен производственный эксперимент. В начале яблоки обрабатывались электромагнитным излучением с параметрами: частота 75,8 ГГц; мощность 650 мВт; экспозиция 60 с. Для блокировки дыхания эти же яблоки обрабатывались электромагнитным излучением с параметрами: частота 35 ГГц; мощность 1,2 Вт; экспозиция 20 с. Применение комбинированного излучения позволило полностью уничтожить микроорганизмы на поверхности яблок и блокировать их дыхание перед закладкой на хранение. Контроль за дыханием яблок в процессе их хранения осуществлялся на дифференциальной резонаторной установке. Такая технология позволила увеличить срок хранения яблок до 180 суток при температуре 18-20°C и давлением $1,01 \cdot 10^5$ н/м².

Постановка проблемы. При существующих способах хранения: обычная, регулируемая, модифицированная атмосферы не обеспечивают защиту плодов яблони от физиологических и грибковых болезней, не гарантируют сохранение их исходного качества на стадиях хранения и реализации [1]. Из анализа литературных источников следует, что значительная доля потерь плодов (до 40%) в период хранения приходится на поражение их физиологическими расстройствами и болезнями. Основной причиной развития заболеваний и снижения качества плодов является избыточное накопление этилена внутри плодов и окружающей среде [2].

В связи с чем возникла необходимость в практической проверке новой, более доступной и менее затратной технологии хранения яблок на основе электромагнитных излучений миллиметрового диапазона.

Анализ последних исследований. Анализ литературных источников показывает, что угнетения патогенных микроорганизмов от действия ЭМП СВЧ и КВЧ диапазонов связано с наведенным потенциалом на мембране клетки [3, 4]. Поглощенная энергия изменяет метаболические и биосинтетические процессы и при определенных параметрах ЭМП (частота, мощность, экспозиция) может замедлять и угнетать клеточный рост. Теоретические и экспериментальные исследования последних лет позволили широко использовать ЭМП СВЧ в технологических процессах переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, в промышленности и в медицине.

Так, в работе [5] рассмотрены результаты воздействия СВЧ излучения на свежие томаты в период их хранения. Причиной порчи плодов томатов в период их хранения являются болезни грибкового и бактериального происхождения, при этом культуры поселяются на пораженных участках плодов и служат интенсификаторами дальнейших процессов порчи.

Применение СВЧ энергии для пастеризации молока позволяет решить проблему детского питания. Получение детского питания и высококачественных молочных продуктов с длительным сроком хранения, с низким уровнем обсемененности бактериями, с отсутствием микротоксинов, пестицидов и других вредных веществ является актуальной задачей. Эта задача решается на основе использования СВЧ пастеризато-

ров [6, 7].

Проведенный анализ по воздействию СВЧ энергии на вредную микрофлору и насекомых продуктов сельского хозяйства показывает, что СВЧ энергия – это очень эффективный источник, который в ряде применений обладает несомненными преимуществами перед другими источниками. Такой источник не вносит каких-либо загрязнений при влиянии на биологические объекты, отличается гибкостью в применениях и практически безинерционен в управлении [6]. Сочетание СВЧ энергии с другими физическими факторами (паром, горячим воздухом, ИК излучением и т.д.) дает возможность конструировать технологическое оборудование для выполнения различных функций. Как показывает проведенный анализ, поглощенная информационная электромагнитная энергия изменяет метаболические и биосинтетические процессы и при определенных параметрах ЭМП (частота, мощность, экспозиция) может уничтожать микроорганизмы на поверхности плодовоовощных культур и блокировать их дыхание при длительном хранении в условиях внешней среды.

Целью статьи. Длительное хранение яблок, обработанных электромагнитным излучением мм диапазона длин волн, в условиях внешней среды.

Основная часть. Проведенный анализ теоретических исследований показал, что электромагнитное поле повышает концентрацию токопереносящих ионов в мембране, приводит соответственно к повышению их взаимодействия и возможному запираению канала. Таким образом, свободное движение ионов через мембрану клетки, что требуется для процесса дыхания, будет тормозиться, а сам процесс дыхания и все обменные процессы становятся замедленными [8].

Для длительного хранения в 2017-2018 г. были выбраны яблоки сорта "Голден" в хозяйстве Харьковской области. При проведении производственного эксперимента яблоки в начале обрабатывались электромагнитным излучением с параметрами: частота 75,8 ГГц; мощность 650 мВт; экспозиция 60 с. [5]. Затем для блокировки дыхания эти же яблоки обрабатывались электромагнитным излучением с параметрами: частота 35 ГГц; мощность 1,2 Вт; экспозиция 20 с. [8].

Применение комбинированного излучения позво-

лило полностью уничтожить микроорганизмы на поверхности яблок (табл. 1) и блокировать их дыхание перед закладкой на хранение. Контроль за дыханием яблок в процессе их хранения осуществлялось на дифференциальной резонаторной установке с параметрами: номинальная частота открытых резонаторов 75 ГГц; добротность резонаторов не менее 4870; чувствительность измерений 10^{-6} по $\Delta\varepsilon'$.

Температура окружающей среды при хранении яблок не превышала 18-20°C, а давление составляло $1,01 \times 10^5$ н/м². Результаты хранения яблок приведены в табл. 2

Проведенный опыт показывает, что комбинированное воздействие ЭМ излучения на яблоки обеспечивает их сохранность в течение 6 месяцев в условиях внешней среды, температура 20°C при давлении $1,01 \times 10^5$ н/м².

В процессе хранения яблок было установлено, что диэлектрическая проницаемость воздушной смеси, при дыхании яблок за время их хранения (6 месяцев), изменяется почти в 10 раз от 0,02 % до 0,2 %.

Для определения химического состава яблок до обработки электромагнитным излучением, после обработки и после шестимесячного хранения, были проведены биохимические анализы. Результаты этих ана-

лизов приведены в табл. 3.

Таблица 1 – Численность микроорганизмов на поверхности яблок перед закладкой их на хранение (число клеток на 1гр. яблок)

Варианты	Сапрофитные бактерии				Среднее по повторностям
	1	2	3	4	
Контроль	$2,0 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^3$	$2,2 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^3$
Опыт	0	0	0	0	0,0
Плесневые грибы					
Контроль	6	5	6	3	5,0
Опыт	0	0	0	0	0,0
Дрожжевые клетки					
Контроль	50	50	51	53	51,0
Опыт	0	0	0	0	0,0

Таблица 2 – Результаты хранения яблок после электромагнитной обработки

Вариант опыта	Опытные партии, кг				Общее количество, кг.	Срок хранения, дней	Выход стандартной продукции, %	Изменение дыхания яблок в процессе их хранения, М, имп
	1	2	3	4				
Контроль	225	225	225	225	900	60	51	Более 100
Опыт № 1	225	225	225	225	900	30	100	10
Опыт № 2	225	225	225	225	900	60	100	22
Опыт № 3	225	225	225	225	900	90	100	38
Опыт № 4	225	225	225	225	900	120	100	62
Опыт № 5	225	225	225	225	900	150	100	83
Опыт № 6	225	225	225	225	900	180	100	98

Оценивая результаты анализа, приведенные в таблице 3, можно сделать определённый вывод: обработка яблок перед закладкой на хранение электромагнитным излучением параметрами не изменяет качества плодов и не влияет на их химический состав.

Экономическая эффективность от применения электромагнитной технологии для длительного хранения яблок составила около 12000 грн на 1т. продукции.

Выводы. Для блокирования дыхания яблок перед закладкой на хранение их необходимо обрабатывать

электромагнитным излучением с параметрами: частота 35 ГГц; мощность 1,2 Вт; экспозиция 20с.

Для контроля за интенсивностью дыхания яблок необходимо применять установку с дифференциальным резонаторным методом измерения:

- номинальная частота открытых резонаторов 75 ГГц;

- добротность резонаторов не менее 4870;

- чувствительность измерений 10^{-6} по $\Delta\varepsilon'$.

Применение комбинированного ЭМИ миллимет-

рового диапазона для обработки яблок позволяет уничтожить микроорганизмы на их поверхности, блокировать дыхание и увеличить срок хранения яблок до 180 суток при температуре 18-20°C и давлении $1,01 \times 10^5$ н/м².

Таблица 3 – Химический состав яблок до обработки, после обработки ЭМИ и длительного хранения

Показатели химического состава	Контроль	Опыт после обработки ЭМИ	Опыт после хранения
Сух. вещество, %	6,0	16,0	17,0
Общий сахар, %	11,2	11,5	12,0
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	10	9,7	8,6
Кислотность, %	0,4	0,4	0,3

Список использованных источников

1. Сизенко Е. И. Проблемы хранения продукции АПК / Е. И. Сизенко // Пищевая промышленность, 2004. – № 6. – С. 9–11.
2. Бородай И. И. Биохимические и биофизические основы хранения плодов / И. И. Бородай // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України", 2016. – Вип. 176. – С. 84–87.
3. Черенков А. Д. Воздействие низкоэнергетических электромагнитных измерений на мембранный потенциал и объем клеток биологических объектов / А. Д. Черенков // Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. – К.: ТЕС, 2000. – 152–155 с.
4. Косулина Н. Г. Теоретический анализ электродинамической системы измерения хемилюминесценции для диагностики биообъекта находящегося под воздействием ЭМП / Н. Г. Косулина, А. Д. Черенков, М. А. Чёрная // Энергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК, 2015. – № 1 (3). – С. 58–60.
5. Федюшко Ю. М. Биофизические предпосылки для уничтожения вредных микроорганизмов на плодах яблонь электромагнитной энергией / Ю. М. Федюшко, А. Д. Черенков // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України", 2016. – Вип. 176. – С. 93–95.
6. Муравьев С. А. Автоматизированная пастеризационно-охлаждающая установка / С. А. Муравьев, А. Д. Еремин, В. П. Букреев, И. М. Чекрыгина // Сб. Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. – Одесса: ОК-ФА, 2000. – С. 112–115.

7. Черенков А. Д. Обоснование метода импульсной рефлектометрии для исследования электрофизических параметров биологических объектов / А. Д. Черенков, Н. Г. Косулина // Энергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК, 2015. – № 1 (3). – С. 62–64.

8. Бородай И. И. Влияние внешнего электромагнитного поля на обменные процессы в плодах фруктов / И. И. Бородай // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХП": зб. наук. пр. Сер.: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків: НТУ "ХП", 2017 р. – № 16 (1238). – С. 131-136.

Анотація

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ЯБЛУКАМИ, ОБРОБЛЕНИМИ ПЕРЕД ЗБЕРІГАННЯМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

Бородай І. І.

Для тривалого зберігання яблук сорту "Голден" був проведений виробничий експеримент. На початку яблука оброблялися електромагнітним випромінюванням з параметрами: частота 75,8 ГГц; потужність 650 мВт; експозиція 60 с. Для блокування дихання ці ж яблука оброблялися електромагнітним випромінюванням з параметрами: частота 35 ГГц; потужність 1,2 Вт, експозиція 20 с. Застосування комбінованого з отримання дозволило повністю знизити мікроорганізми на поверхні яблук і блокувати їх дихання перед закладкою на зберігання. Контроль за диханням яблук здійснювалося на диференціальній резонаторній установці. Така технологія дозволила збільшити термін зберігання яблук до 180 діб при температурі 18-20°C і тиском $1,01 \cdot 10^5$ н/м².

Abstract

EXPERIMENTAL STUDIES WITH APPLES PROCESSED BEFORE ELECTROMAGNETIC RADIATION STORAGE

I. Boroday

For long-term storage of apples "Golden" was conducted a production experiment. In the early apples were processed electromagnetic radiation with the following parameters: frequency 75,8 GHz; capacity of 650 mW; exposure for 60 s. Then lock the breath, these same apples were treated with electromagnetic radiation with parameters: the frequency of 35 GHz; power, 1,2 W; exposure 20 s. Use the combined of radiation allowed to completely destroy microorganisms on the surface of the apples and block their breath before laying on storage. Monitoring the respiration of apples in storage process was carried out on a differential resonator install. This technology made it possible to increase the shelf life of apples to 180 days at a temperature of 18-20°C and pressure of $1.01 \cdot 10^5$ n/m².