

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЯБЛОК

Федюшко А. Ю.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко*

*Решена задача по определению биотропных параметров электромагнитного излучения для уничтожения микроорганизмов на поверхности яблок при их длительном хранении в условиях внешней среды.*

**Постановка проблемы.** Практический опыт показывает, что для хранения плодово-ягодной продукции широкое распространение получил метод хранения плодов в холодильных камерах с регулируемой газовой средой (РГС). Существующая система хранения плодов в холодильных камерах с РГС наряду с достоинствами характеризуется и рядом недостатков. Значительная доля потерь плодов (до 30%) в период хранения приходится на поражение их физиологическими расстройствами и болезнями (плесень, стрептококки, грибки, споровые бактерии и др.) Современная технология хранения плодов в газовой среде является не всегда эффективной и дорогостоящей [1]. В связи с чем возникает необходимость в разработке новых, более доступных и менее затратных технологий хранения. Недорогая и доступная технология хранения плодов может быть осуществлена с помощью использования низкоэнергетической ЭМ технологии и электронных систем для уничтожения физиологических и грибковых болезней плодов яблони для их длительного хранения. Однако, уничтожение физиологических и грибковых болезней плодов яблони может быть получено только при оптимальном сочетании биотропных параметров воздействующего ЭМП [2].

**Анализ последних исследований и публикаций.** Основными потерями объёмов фруктов при хранении являются потери, связанные с болезнями грибкового характера; их объём трудно поддается прогнозам и может достигать 100% [3].

При хранении плодов яблонь в обычной атмосфере через три-четыре месяца происходит увеличение потерь товарных качеств, ухудшение внешнего вида, развитие физиологических заболеваний. Данные потери таких плодов могут достигать до 40...50% [4]. В связи с чем возникает необходимость в разработке новых, более доступных и менее затратных технологий хранения. Эффективная, недорогая и доступная технология хранения плодов может быть осуществлена с помощью использования низкоэнергетической электромагнитной (ЭМ) технологии и электронных систем для уничтожения физиологических и грибковых болезней плодов яблони при их длительном хранении [2]. Применение низкоэнергетического ЭМИ связано с наименьшими затратами энергии при максимальном влиянии на процессы ингибирования жизнедеятельности биообъектов [5]. Установить параметры ЭМП для уничтожения физиологических и грибковых болезней плодов яблони, связанных не с мощностью воздействия и поглощённой энергией, а с информацией, закодированной в биотропных пара-

метрах ЭМП, возможно на основе теоретических исследований, которые к настоящему моменту отсутствуют.

**Цель статьи.** Определение биотропных параметров электромагнитного поля ЭМП микроорганизмов на поверхности яблок в условиях внешней среды.

**Основные материалы исследования.** Для определения резонансной частоты ЭМП вызывающей угнетение патогенных микроорганизмов на поверхности яблок, были проведены исследования по распределению ЭП внутри тонкого сферического слоя с микроорганизмами на основе модели, которая представлена шаром, заполненного изотропной однородной средой с диэлектрической и магнитной проницаемостью.

Таким образом, на основе математического моделирования процесса дифракции, возбуждающей ЭМ волны на биообъекте со слоем микроорганизмов определено оптимальное значение частоты (75 ГГц), при которой ЭМП практически не проникает в биообъект, а величина напряженности ЭП усредненная по объему слоя микроорганизмов достигает максимального значения.

Для уничтожения вредных микроорганизмов на поверхности яблок необходимыми параметрами не только частота ЭМИ, но и наведенный потенциал на мембране клеток. Величина наведенного ЭМИ потенциала должна быть больше 110 мВ, что приведёт к разрушению мембран клеток микроорганизмов. Для определения наведенного потенциала на мембране клеток, который зависит от напряжённости ЭП, экспозиции и частоты ЭМИ, воспользуемся выражением:

$$\phi_{нас}^2 = \phi_0^2 + P \cdot t \frac{C_0 V_0 g^2 C_s}{(4\pi \epsilon_m \epsilon_0 h)^2} \cdot e^{-\frac{F\phi_0}{RT} \frac{g}{e}} + P \frac{g C_s}{4\pi \epsilon_m \epsilon_0 \omega} E_{cp} \cos \omega t \quad (1)$$

где  $\phi_0$  – потенциал на мембране в начальный момент времени;

$P$  – проницаемость мембраны;

$t$  – время экспозиции;

$C_0, C_s$  – концентрации ионов внутри и вне клетки;

$V_0$  – объём клетки в начальный момент времени;

$g$  – заряд иона;

$F$  – число Фарадея;

$R$  – газовая постоянная;

$T$  – абсолютная температура;

$e$  – заряд электрона;

$E_{cp}$  – электрическая напряженность поля;

$N_A$  – постоянная Авогадро;

$h$  – толщина мембраны;

$\omega$  – круговая частота ЭМИ облучения поверхности яблок.

Для расчетов были использованы данные, взятые из литературных источников:  $h = 10^{-8}$  м;  $\epsilon_m = 2,1$ ;  $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$  Ф/м;  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$  моль $^{-1}$ ;  $\varphi_{кр} = 110$  мВ;  $\varphi_0 = 60$  мВ;  $P = 0,8 \cdot 10^{-3}$  с/м $^3$ ;  $V_0 = 2,0 \cdot 10^{-18}$  м $^3$ ;  $g = 3 \cdot 10^{-18}$  Кл;  $F = 96484,56$  К/моль.

В результате расчетов было установлено, что экспозиция составляет  $t = 78$  с, напряженность  $E_{cp} = 10,56$  В/м, наведенный потенциал  $\varphi_{нав} = 185$  мВ, а  $E_0 = 16,26$  В/м. Результаты показали, что для уничтожения вредных микроорганизмов следует использовать источник ЭМИ в КВЧ диапазоне с мощностью 0,7 Вт.

В лабораторных условиях определялось число сапрофитных бактерий, плесневых грибов и дрожжевых клеток на поверхности яблок после их облучения. Для получения зависимости, связывающей количество микроорганизмов на поверхности яблок с параметрами ЭМИ применимо полнофакторное планирование второго порядка. Обработка яблок сорта "Голден" ЭМИ проводилась на лабораторной установке с параметрами: диапазон перестройки частоты 73...77 ГГц; мощность 600...800 мВт экспозиция 60...80 с. Для эксперимента отбирали яблоки диаметром 50 мм сорта "Голден" из 4-х контейнеров по 1 кг. В исследуемых партиях яблок были выделены следующие микроорганизмы: грибкового происхождения; бактериального (сапрофитного) происхождения; дрожжевые клетки. Составлены матрицы: планирования эксперимента, расчета коэффициентов регрессии, определения дисперсии адекватности и результатов обработки данных. После проведения измерений и расчетов получено уравнение регрессии:

$$Y = 307 - 300X_1 + 239X_2 + 249X_3 + 150X_1X_2 + 200X_1X_3 + 100X_2X_3 + 800X_1^2 + 100X_2^2 + 112X_3^2. \quad (2)$$

где  $Y$  – выходной параметр (количество микроорганизмов на поверхности яблок);

$X_1$  – частота электромагнитного излучения;

$X_2$  – мощность источника электромагнитного излучения;

$X_3$  – время облучения микроорганизмов на поверхности яблок.

В лабораторных условиях было установлено, что для обеззараживания яблок в условиях внешней среды необходимо применять электромагнитное излучение с такими значениями натуральных параметров: частота ЭМП 75,8±0,1 ГГц, мощность источника – 650±0,5 мВт, время воздействия на микроорганизмы 60+5 с. Применение ЭМП с оптимальными параметрами позволило почти полностью уничтожить микроорганизмы на поверхности яблок в лабораторных условиях.

**Выводы.** С приведенного материала следует:

1. Для обработки яблок ЭМИ перед их хранением следует использовать источник КВЧ излучения с параметрами: диапазон изменения частоты 73 – 77 ГГц; выходная мощность 650...750 мВт; подавление по-

бочных гармоник в спектре выходного сигнала не менее 48 дБ.

2. Установлено, что для длительного хранения яблок их следует облучать ЭМИ с параметрами: частота 75,8±0,1 ГГц; мощность на поверхности яблок 650±0,5 мВт; время экспозиции 60+5,0 с.

#### Список использованных источников

1. Федюшко Ю. М. Анализ технологии хранения фруктоплодов / Ю. М. Федюшко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". - 2016. – Вип. 175. – С. 160 – 162.

2. Федюшко Ю. М. Биофизические предпосылки для уничтожения вредных микроорганизмов на плодах яблонь электромагнитной энергией / Ю. М. Федюшко, А. Д. Черенков // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – 2016. – Вип. 176. – С. 93 – 95.

3. Каширская Н. Я. Болезни семечковых культур / Н. Я. Каширская. – Мичуринск, 2006. – 164 с.

4. Гудковский В. А. Прогрессивные технологии хранения плодов / В. А. Гудковский, А. А. Кладь, А. Е. Балакирев, Ю. Б. Назаров // Достижения науки и техники АПК. - 2009. – № 2. – С. 66 – 70.

5. Cherenkov A. D. Theoretical Analysis of Electromagnetic Field Electric Tension Distribution in the Seeds of Cereals / A. D. Cherenkov, N. G. Kosulina, A. V. Sapruca // Research journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Scinces/ – November, december, 2015, – RJPBCS 6(6) – P. 1686–1694.

#### Анотація

#### ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ НА ПОВЕРХНІ ЯБЛУК

Федюшко А. Ю.

*Розв'язана задача по визначенню біотропних параметрів електромагнітного випромінювання для знищення мікроорганізмів на поверхні яблук при їх тривалому зберіганні в умовах зовнішнього середовища.*

#### Abstract

#### DETERMINATION OF ELECTROMAGNETIC RADIATION PARAMETERS FOR THE DESTRUCTION OF MICROORGANISMS ON THE SURFACE OF APPLES

A. Fedyushko

*The problem of determining the biotropic parameters of electromagnetic radiation for the destruction of microorganisms on the surface of apples is solved for their long-term storage under environmental conditions.*