

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТОК НА МИКРОБИАЛЬНУЮ ОБСЕМЕНЕННОСТЬ ФРУКТОВ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

**Першакова Т.В., д-р техн. наук, Купин Г.А., канд. техн. наук,
Алёшин В.Н., канд. техн. наук, Михайлюта Л.В., Бабакина М.В.**

*Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки
сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Краснодар)*

Реферат. Представлены результаты сравнения эффективности влияния биопрепаратов «Экстрасол» и «Витаплан» на микробиологическую обсемененность яблок и груш при хранении. Установлены эффективная концентрация водных растворов биопрепаратов и их расход при обработке фруктов перед закладкой на хранение. Проведено сравнение эффективности влияния нескольких видов обработок (в том числе физической – электромагнитные поля крайне низких частот и биологической – биопрепараты) на количество микроорганизмов на поверхности фруктов при хранении. Установлена более высокая эффективность на снижение микробной контаминации поверхности фруктов совместной их обработки электромагнитными полями крайне низких частот и раствором биопрепарата на основе бактерий *Bacillus subtilis*, по сравнению с обработкой фруктов электромагнитными полями или раствором биопрепарата по отдельности.

Ключевые слова: яблоки, груши, электромагнитные поля крайне низких частот, биопрепараты, микробиальная обсемененность фруктов

Summary. The results of the comparison efficiency of the "Ekstrasol" and "Vitaplan" bio-preparations influence the microbiological contamination of apples and pears during storage are presented. An effective concentration of aqueous solutions of the bio-preparations and their dosage for treatment of fruits before dispatching into storage are established. The comparison of influence efficiency of a few treatment types (including physical – electromagnetic fields of extremely low frequency, and biological – bio-preparations) the amount of microorganisms on the apples and pears surface in the process of storage was made. It was found the higher efficiency of the joint treatment of fruits with electromagnetic fields of extremely low frequency and bio-preparation's solution based on the *Bacillus subtilis* on the decrease in microbial contamination of fruit's surface in comparison with separate fruits treatments with electromagnetic fields or a solution of a bio-preparation.

Key words: apples, pears, electromagnetic fields of extremely low frequency, bio-preparations, microbial contamination of fruits

Введение. Фрукты – важная часть продукции сельского хозяйства в Российской Федерации. Валовые сборы семечковых в хозяйствах всех категорий в период 2000-2016 колебались от 986,8 до 1852,5 тысяч тонн в год (в среднем 1399,5). Максимальное значение (1852,5) достигнуто в 2016 году, что на 32,3 % выше среднего значения за указанный период и на 21,9 % выше уровня 2000 года. На долю яблок и груш приходится более 50 % собранных фруктов [1].

Ценность фруктов обусловлена их химическим составом, включающим витамины, углеводы, пищевые волокна, полифенолы и минеральные вещества. Фрукты используются не только для непосредственного потребления, но и для производства широкого ассортимента пищевых продуктов. Между тем высокое содержание влаги и питательных веществ делает фрукты чувствительными к условиям хранения и уязвимыми к микробиологической порче. Исследования, проведенные в последние годы, свидетельствуют о том, что

более трети собранных фруктов и овощей впоследствии теряется. Основная причина потерь – патогенные инфекции [2, 3]. В связи с этим актуальным является совершенствование существующих и разработка новых способов хранения фруктов, в том числе с применением физических и биологических методов.

Целью исследования являлось изучение эффективности влияния физической (электромагнитные поля крайне низких частот) и биологической (биопрепараты) обработок на микробиальную обсемененность фруктов (яблок и груш) в процессе хранения.

В соответствии с поставленной целью решали следующие задачи:

– исследовать современный рынок биопрепаратов с целью выбора наиболее эффективных для изучения их влияния при обработке фруктов (яблок и груш) на процессы, протекающие при хранении, а также установить концентрации водных растворов биопрепаратов и их расход, оказывающие эффективное влияние на снижение микробиальной обсемененности поверхности фруктов в процессе длительного хранения;

– сравнить эффективность влияния физической (электромагнитные поля крайне низких частот – ЭМП КНЧ) и биологической (биопрепараты) обработок на микробиальную обсемененность яблок и груш в процессе хранения.

Объекты и методы исследований. Объектами исследования являлись яблоки сорта Айдаред и груши сорта Конференция. Яблоки хранили в течение 8 месяцев при температуре $+2...+3^{\circ}\text{C}$, а груши – в течение 7 месяцев при температуре 0°C . Относительная влажность воздуха в обоих случаях составляла 90 %.

Исследования проводили в отделе хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья и в микробиологической лабораториях отдела контроля качества и стандартизации КНИИХП - филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ. Для проведения лабораторных исследований использовали экспериментальную установку для обработки растительных объектов электромагнитными полями крайне низких частот, состоящую из универсального генератора сигналов RIGOL DG1022, усилителя MMF LV102, осциллографа LeCroy WA202 и соленоида (длина – 802мм, диаметр – 204мм, 533 витка на 1 ряд). Микробиологические исследования проводили в соответствии с ГОСТ 31904-2012 (отбор проб для микробиологических исследований), 26669-85 (подготовка проб), 10444.15-94 (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов – КМАФАнМ), 10444.12-2013 (количество плесневых грибов).

Обсуждение результатов. Анализ представленных на рынке биопрепаратов позволил сделать вывод о том, что особый интерес для дальнейших исследований представляют препараты, созданные на основе бактерий *Bacillus subtilis*.

Bacillus subtilis – спорообразующие, не патогенные для человека и животных бактерии, выделяющие в процессе жизнедеятельности более 66 антимикробных веществ для борьбы с другими микроорганизмами-конкурентами, в том числе и с фитопатогенами [4]. Учитывая состав и стоимость, для исследований были выбраны биопрепараты «Экстрасол» и «Витаплан» [5, 6].

С целью определения оптимальной концентрации биопрепаратов, позволяющей эффективно снизить микробиальную контаминацию поверхности фруктов в процессе хранения, образцы обрабатывали водными растворами биопрепаратов «Экстрасол» и «Витаплан» с концентрациями биопрепаратов 10^5 , 10^6 и 10^7 КОЕ/г (расход растворов биопрепаратов – 1 мл на 100 г обрабатываемого сырья). В качестве контрольных образцов использовали фрукты без обработки биопрепаратами.

В табл. 1 и 2 представлены данные по влиянию предварительной обработки яблок сорта Айдаред и груш сорта Конференция биопрепаратами «Экстрасол» и «Витаплан» на микробиальную обсемененность в процессе хранения.

Таблица 1 – Влияние биопрепаратов на микробиальную обсеменённость яблок в процессе хранения

Наименование образца	Количество микроорганизмов, КОЕ/г	
	КМАФАнМ	плесени
Яблоки до хранения	40×10^3	$3,4 \times 10^3$
Яблоки через 8 месяцев хранения без предварительной обработки биопрепаратом	162×10^3	$8,5 \times 10^3$
Яблоки через 8 месяцев хранения, предварительно обработанные водным раствором биопрепарата «Экстрасол», с концентрацией биоагента, КОЕ/г:		
10^5	120×10^3	$7,1 \times 10^3$
10^6	114×10^3	$6,4 \times 10^3$
10^7	116×10^3	$6,5 \times 10^3$
Яблоки через 8 месяцев хранения, предварительно обработанные водным раствором биопрепарата «Витаплан», с концентрацией биоагента, КОЕ/г:		
10^5	104×10^3	$6,5 \times 10^3$
10^6	97×10^3	$5,7 \times 10^3$
10^7	101×10^3	$6,1 \times 10^3$

Из данных табл. 1 и 2 следует, что количество микроорганизмов на поверхности объектов исследования, не обработанных биопрепаратами, значительно увеличивалось за время хранения. Так, на поверхности яблок КМАФАнМ возрастало на 305 %, а количество плесневых грибов – на 150 %. На поверхности груш КМАФАнМ возрастало на 285 %, а количество плесневых грибов – на 160 %.

Обработка фруктов биопрепаратами «Экстрасол» и «Витаплан» перед закладкой на хранение в обоих случаях приводила к снижению микробиальной обсеменённости их поверхности к моменту окончания срока хранения. При этом «Витаплан» отличался несколько более высокой эффективностью: снижение КМАФАнМ на поверхности яблок составляло 35,8-40,1 % (в зависимости от концентрации) и 25,9-29,6 % при обработке биопрепаратом «Экстрасол». Снижение количества плесеней на поверхности яблок составляло 23,5-32,9 % при обработке Витапланом и 16,5-24,7 % при обработке Экстрасолом.

Снижение КМАФАнМ на поверхности груш составляло 30,2-34,4 % (биопрепарат «Витаплан») и 23,4-26,9 % (биопрепарат «Экстрасол»); снижение количества плесеней на поверхности груш составляло 28,6-34,6 % при обработке Витапланом и 12,1-22,5 % при обработке Экстрасолом.

Из представленных в табл. 1 и 2 данных также следует, что микробиальная обсеменённость образцов, обработанных биопрепаратами «Экстрасол» и «Витаплан», зависела от концентрации биоагента. Эффективной концентрацией биоагента для обоих препаратов можно считать 10^6 КОЕ/г, так как увеличение концентрации биоагента существенно не влияло на снижение микробиальной обсеменённости в течение периода хранения, вне зависимости от вида биопрепарата и вида фруктов.

Таблица 2 – Влияния биопрепаратов на микробиальную обсеменённость груш в процессе хранения

Наименование образца	Количество микроорганизмов, КОЕ/г	
	КМАФАнМ	плесени
Груши до хранения	80×10^3	$7,0 \times 10^3$
Груши через 7 месяцев хранения без предварительной обработки биопрепаратом (контроль)	308×10^3	$18,2 \times 10^3$
Груши через 7 месяцев хранения, предварительно обработанные водным раствором биопрепарата «Экстрасол», с концентрацией биоагента, КОЕ/г:		
10^5	236×10^3	$16,0 \times 10^3$
10^6	225×10^3	$14,4 \times 10^3$
10^7	229×10^3	$14,1 \times 10^3$
Груши через 7 месяцев хранения, предварительно обработанные водным раствором биопрепарата «Витаплан», с концентрацией биоагента, КОЕ/г:		
10^5	215×10^3	$13,0 \times 10^3$
10^6	202×10^3	$11,9 \times 10^3$
10^7	206×10^3	$12,1 \times 10^3$

Таким образом, на первом этапе исследования было установлено, что для обработки яблук сорта Айдаред и груш сорта Конференция биопрепаратами «Экстрасол» и «Витаплан» эффективной концентрацией биоагента, позволяющей максимально снизить обсеменённость их поверхности, является концентрация 10^6 КОЕ/г. Также было установлено, что более значительное снижение обсеменённости поверхности яблок и груш наблюдается после их обработки водным раствором биопрепарата «Витаплан» (по сравнению с водным раствором биопрепарата «Экстрасол» аналогичной концентрации). В связи с этим для дальнейших исследований нами был выбран биопрепарат «Витаплан».

На втором этапе исследования представляло интерес сравнить эффективность влияния физической (электромагнитные поля крайне низких частот – ЭМП КНЧ) и биологической (биопрепарат «Витаплан») обработок на микробиальную обсеменённость яблок и груш в процессе хранения.

Необходимо отметить, что ранее нами были установлены эффективные режимы обработки яблок и груш ЭМП КНЧ, а именно, для яблок: частота – 22 Гц, сила тока – 10 А в течение 40 минут, а для груш: частота – 26 Гц, сила тока – 5 А в течение 50 минут. Данные режимы позволяли в значительной мере снизить микробиальную обсеменённость поверхности фруктов при хранении [7, 8]. В данном исследовании было решено провести сравнительную оценку эффективности обработок плодов ЭМП КНЧ с использованием ранее установленных режимов биопрепаратом «Витаплан», а также сочетанием этих видов обработок с сокращением продолжительности действия ЭМП КНЧ.

При сочетании различных видов обработок вначале проводилась обработка ЭМП КНЧ, после чего – биопрепаратом. В качестве контрольных образцов использовали фрукты, не подвергавшиеся обработке ЭМП КНЧ и биопрепаратом.

Яблоки в опытном варианте перед закладкой на хранение обрабатывались следующим образом:

– обработка ЭМП КНЧ (параметры: частота 22 Гц, сила тока 10 А, продолжительность обработки 40 минут);

– обработка биопрепаратом «Витаплан» (водный раствор, концентрация биоагента 10^6 КОЕ/г, расход 1 мл на 100 г);

– совместная обработка ЭМП КНЧ (параметры: частота 30 Гц, сила тока 15 А, продолжительность обработки 5 минут) и биопрепаратом «Витаплан» (водный раствор, концентрация биоагента 10^6 КОЕ/г, расход 1 мл на 100 г).

Груши в опытном варианте перед закладкой на хранение обрабатывались следующим образом:

– обработка ЭМП КНЧ (параметры: частота 26 Гц, сила тока 5 А, продолжительность обработки 50 минут);

– обработка биопрепаратом «Витаплан» (водный раствор, концентрация биоагента 10^6 КОЕ/г, расход 1 мл на 100 г);

– совместная обработка ЭМП КНЧ (параметры: частота 26 Гц, сила тока 10 А, продолжительность обработки 5 минут) и биопрепаратом «Витаплан» (водный раствор, концентрация биоагента 10^6 КОЕ/г, расход 1 мл на 100 г).

В табл. 3 представлено сравнение эффективности влияния различных видов обработок на количество микроорганизмов на поверхности яблок через 8 месяцев хранения. Из представленных данных следует, что обработки яблок только ЭМП КНЧ или биопрепаратом менее эффективны, чем совместная обработка как в случае КМАФАНМ, так и в случае плесневых грибов.

В табл. 4 представлено сравнение эффективности влияния различных видов обработок на количество микроорганизмов на поверхности груши через 7 месяцев хранения.

Таблица 3 – Сравнение эффективности влияния различных видов обработок на количество микроорганизмов на поверхности яблок после 8 месяцев хранения

Вид обработки	Количество микроорганизмов, КОЕ/г	
	КМАФАНМ	Плесени
Обработка ЭМП КНЧ (параметры: частота – 22 Гц, сила тока – 10 А, продолжительность обработки – 40 минут)	87×10^3	$5,8 \times 10^3$
Обработка биопрепаратом «Витаплан» (водный раствор, концентрация биоагента – 10^6 КОЕ/г, расход – 1 мл на 100 г)	97×10^3	$5,7 \times 10^3$
Совместная обработка ЭМП КНЧ (параметры: частота – 30 Гц, сила тока – 15 А, продолжительность обработки – 5 минут) и биопрепаратом «Витаплан» (водный раствор, концентрация биоагента - 10^6 КОЕ/г, расход – 1 мл на 100 г)	80×10^3	$5,2 \times 10^3$

Данные, представленные в табл. 4, также указывают на то, что как и в случае с яблоками, наименьшее количество микроорганизмов на поверхности груш после 7 месяцев хранения наблюдается при их совместной обработке ЭМП КНЧ и биопрепаратом «Витаплан».

Таблица 4 – Сравнение эффективности влияния различных видов обработок на количество микроорганизмов на поверхности груш после 7 месяцев хранения

Вид обработки	Количество микроорганизмов, КОЕ/г	
	КМАФАНМ	Плесени
1	2	3
Обработка ЭМП КНЧ (параметры: частота – 26 Гц, сила тока – 5 А, продолжительность обработки – 50 минут)	190×10^3	$11,7 \times 10^3$

Продолжение таблицы 4

1	2	3
Обработка биопрепаратом «Витаплан» (водный раствор, концентрация биоагента - 10^6 КОЕ/г, расход – 1 мл на 100 г)	202×10^3	$11,9 \times 10^3$
Совместная обработка ЭМП КНЧ (параметры: частота – 26 Гц, сила тока – 10 А, продолжительность обработки – 5 минут) и биопрепаратом «Витаплан» (водный раствор, концентрация биоагента – 10^6 КОЕ/г, расход – 1 мл на 100 г).	155×10^3	$10,9 \times 10^3$

Выводы. Установлены эффективные концентрации и расход водных растворов биопрепаратов, позволяющие снизить микробиальную обсемененность поверхности яблок и груш в процессе длительного хранения, а именно, концентрация водных растворов биопрепаратов «Экстрасол» и «Витаплан» составляет 10^6 КОЕ/г с дозировкой раствора 1 мл на 100 г фруктов.

Установлена более высокая эффективность совместной обработки яблок и груш ЭМП КНЧ и водным раствором биопрепарата «Витаплан» на снижение микробной контаминации поверхности плодов по сравнению с их обработкой ЭМП КНЧ или водным раствором биопрепарата «Витаплан» по отдельности.

Литература

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/economy/ (дата обращения 22.12.17).
2. FAO, 2011. Global food losses and food waste-extent, causes and prevention. in: Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., Meybeck, A. Rome (eds.) (<http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf>).
3. USDA, 2014. The estimated amount, value, and calories of postharvest food losses at the retail and consumer levels in the United States, by Buzby, J.C., Wells, H.F., Hyman, J. EIB-121, US Department of Agriculture, Economic Research Service (<http://www.ers.usda.gov/publications/eib-economic-information-bulletin/eib-xxx.aspx>).
4. Алешин, В.Н. Перспективы применения биопрепаратов при хранении фруктов / В.Н. Алёшин, Г.А. Купин, Т.В. Першакова, Д.В. Кабалина // Сборник материалов конгресса «Наука, питание и здоровье» (8-9 июня 2017). – Минск, 2017. – С. 452-459.
5. Пат. 2259397, Россия, МПК 7C12N, 7A01C, 7C12N. Средство для защиты зерновых сельскохозяйственных культур, подсолнечника, винограда от фитопатогенных микроорганизмов, а овощных культур от фитопатогенных бактерий / Хотянович А.В., Темнова О.В., Орлова Н.А., Быкова Н.В., Чеботарь В.К.; заявитель и патентообладатель - Общество с ограниченной ответственностью «Бисолби-интер»; заявка № 2003110469/13; заявл. 02.04.2003; опубл. 27.08.2005.
6. Витаплан СП [Электронный ресурс] – URL: <http://bioprotection.ru/new/preparations/vitaplan-sp-100-g.html> (дата обращения 11.10.2017).
7. Лисовой, В.В. Исследование влияния электромагнитных полей на изменение микробиальной обсемененности фруктов в процессе хранения / В.В. Лисовой, Т.В. Першакова, Е.П. Викторова [и др.]. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – № 126 (02). – С. 843-854. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/02/pdf/59.pdf> (дата обращения: 11.10.2017).
8. Пат. 2624953, Российская Федерация, МПК – A01F25/00. Способ хранения яблок и груш / Лисовой В.В., Викторова Е.П., Купин Г.А., Алёшин В.Н., Михайлюта Л.В., Бабакина М.В., Першакова Т.В, Ачмиз А.Д.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» (ФГБНУ КНИИХП) (RU). – №2016120482, заявл. 25.05.2016; опубл. 11.07.2017.