

УДК 664.8.03

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОБИАЛЬНОЙ ОБСЕМЕНЕННОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

Першакова Т.В., Купин Г.А., Михайлюта Л.В., Панасенко Е.Ю.,
Лисовой В.В., Викторова Е.П.

*ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки
сельскохозяйственной продукции», Краснодар, e-mail: 7999997@inbox.ru, kisp@kubannet.ru*

Решение проблем, связанных с обеспечением длительного хранения растительного сырья, является одним из стратегических направлений обеспечения продовольственной безопасности страны. Потери растительного сырья и снижение его качества в процессе хранения приводят к экономическому ущербу, являясь при этом потенциальной угрозой для здоровья потребителей. В связи с этим актуальна разработка новых и совершенствование существующих технологий хранения растительного сырья. Цель исследований заключается в выявлении закономерностей влияния обработки корнеплодов столовой свеклы электромагнитными полями крайне низких частот (ЭМП КНЧ) перед закладкой на хранение на фитопатогенную микрофлору, вызывающую микробильную порчу, снижение качества и пищевой ценности корнеплодов. Объект исследования – свекла столовая сорта Бордо 237. Выявлены закономерности влияния параметров предварительной обработки корнеплодов столовой свеклы ЭМП КНЧ на гибель микроорганизмов, находящихся на их поверхности. Установлены эффективные параметры обработки корнеплодов свеклы ЭМП КНЧ перед закладкой на хранение, а именно: частота электромагнитного поля, сила тока электромагнитного поля и продолжительность обработки, позволяющие подавить деятельность фитопатогенных микроорганизмов.

Ключевые слова: растительное сырье, корнеплоды столовой свеклы, электромагнитное поле, крайне низкие частоты, предварительная обработка, микробильная обсемененность, длительное хранение

STUDY OF THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC FIELDS ON THE CHANGE OF MICROBIAL CONTAMINATION OF VEGETABLE RAW MATERIALS DURING STORAGE

Pershakova T.V., Kupin G.A., Mikhaylyuta L.V.,
Panassenko E.Yu., Lisovoy V.V., Viktorova E.P.

*FSBSI Krasnodar Research Institute of Agricultural Products Storage and Processing,
Krasnodar, e-mail: 7999997@inbox.ru, kisp@kubannet.ru*

Solving the problems associated with providing long-term storage of plant raw materials, it is one of the strategic directions of the country's food security. Losses of vegetable raw materials and a decrease in its quality during storage leads to economic loss, being a potentially dangerous for consumer health. therefore it is relevant to develop new and improve existing plant raw material storage technologies. The purpose of research is to identify patterns of influence of the processing of root crops beet electromagnetic fields of extremely low frequency (ELF EMF) before storage on the phytopathogenic microflora, causing microbial spoilage, reducing the quality and nutritional value of roots. object of study – beetroot 237 Bordeaux varieties. disclosed regularities of influence of root crops of beet pretreatment parameters of ELF EMF exposure to the death of microorganisms, which are on their surface. effective parameters of processing of beet root crops ELF EMF before storage, namely, the frequency of the electromagnetic field, strength of the current of the electromagnetic field and the duration of treatment, allowing to suppress the activity of pathogenic microorganisms were set.

Keywords: plant material, beet roots, electromagnetic field, extremely low frequency, pre-treatment, microbial contamination, long-term storage

Решение проблем, связанных с обеспечением длительного хранения растительного сырья, является одним из стратегических направлений обеспечения продовольственной безопасности страны. Потери растительного сырья и снижение его качества в процессе хранения приводят к экономическому ущербу, являясь при этом потенциальной угрозой для здоровья потребителей.

В связи с этим актуальна разработка новых и совершенствование существующих технологий хранения растительного сырья.

Овощи – значимая группа сельскохозяйственной продукции, роль которых в обе-

спечении питания населения трудно переоценить. Корнеплоды, и в частности свекла столовая, имеют большое значение в питании человека, что объясняется наличием в их составе ряда биологически активных веществ. По данным Федеральной службы государственной статистики, в Российской Федерации за последние пять лет площади, занятые под овощные культуры, увеличились. Площадь посевов свеклы столовой составляет 7,16% от общей посевной площади овощей открытого грунта [7]. На рис. 1 представлена динамика производства свеклы столовой в Российской Федерации в 2010–2014 годах.

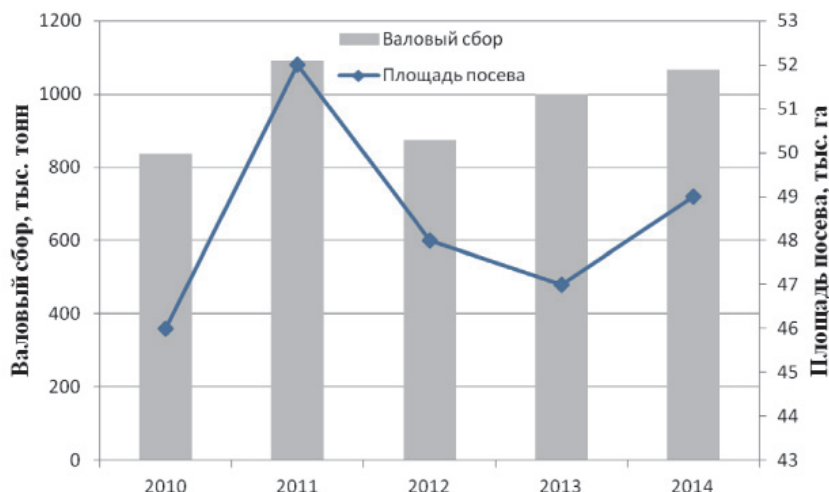


Рис. 1. Производство свеклы столовой в Российской Федерации

Как видно из представленных на рисунке данных, посевная площадь свеклы столовой увеличилась в 2014 году до 49 тыс. га (106% от уровня 2010 года). Валовые сборы свеклы столовой составили 1068 тыс. т (127,5% от уровня 2010 года). В связи с этим представляет интерес разработка технологий длительного хранения свеклы столовой.

Существенное влияние на процессы хранения растительного сырья оказывают микробиологические процессы. На поверхности корнеплодов присутствуют различные микроорганизмы, большая часть которых не участвует в процессах заболеваний и порчи и находится в неактивном состоянии.

В период длительного хранения овощей поражение их микроорганизмами может привести к значительным потерям. Этому способствует нарушение технологических процессов их заготовки, транспортирования и хранения. Низкая кислотность овощей способствует их поражению патогенными микроорганизмами, разрушающее действие которых на поверхностные ткани корнеплодов обусловлено мацерирующим воздействием ферментного комплекса пектолитического, гемицеллюлолитического и, частично, целлюлолитического действия. Вследствие этого микроорганизмы получают возможность преодолевать поверхностные ткани корнеплодов, приобретая, таким образом, доступ к питательному содержанию протоплазмы [1]. Инактивация указанных ферментов, в частности за счет действия электромагнитных излучений, препятствует повреждению тканей, развитию количества колоний микроорганизмов и, как следствие, способствует увеличению сроков хранения.

Учеными ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» разработан способ хранения корнеплодов моркови, предусматривающий их обработку перед закладкой на длительное хранение ЭМП КНЧ, использование которого позволяет увеличить сроки хранения корнеплодов, снизить потери массы и потери биологически активных веществ [5]. Учитывая эффективность обработки корнеплодов моркови ЭМП КНЧ перед закладкой их на хранение, следует исследовать влияние данного вида обработки на процессы, протекающие при хранении корнеплодов свеклы столовой. Однако предварительными исследованиями установлено, что параметры обработки моркови ЭМП КНЧ не достаточно эффективны для обработки столовой свеклы. В связи с этим целью исследования является выявление эффективных параметров обработки корнеплодов столовой свеклы электромагнитными полями крайне низких частот, в максимальной степени позволяющих снизить ее обсемененность.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны корнеплоды столовой свеклы сорта Бордо 237. Подготовку проб для микробиологических исследований осуществляли по ГОСТ 26669-85, определение количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) – в соответствии с ГОСТ 10444.15-94, количество дрожжей и плесневых грибов – в соответствии с ГОСТ 10444.12-88 [2, 3]. Для выявления, культивирования и подсчета КМАФАнМ в качестве питательной среды использовали сухой питательный агар; для дрожжей и плесневых грибов – среду Сабуро. Исследования по воздействию электромагнитных полей крайне низких

частот на процент гибели микроорганизмов, находящихся на поверхности корнеплодов столовой свеклы, проводили с использованием экспериментальной установки для обработки электромагнитными полями крайне низких частот (ЭМП КНЧ) [3].

Результаты исследования и их обсуждение

С целью разработки наиболее эффективного способа обработки корнеплодов свеклы столовой перед хранением был проведен анализ основных болезней, являющихся причиной порчи корнеплодов в процессе хранения [4].

Анализ данных, приведенных в табл. 1, позволяет сделать вывод о том, что корнеплоды свеклы столовой и моркови поражаются различными заболеваниями, возбудителями которых являются микроорганизмы, принадлежащие к различным родам и видам. Вероятно, это связано с различиями в видовом составе эпифитной микрофлоры; анатомическом строении; толщине кожицы, химическом составе и содержании веществ (антоцианов, флавонолов), тормозящих развитие микроорганизмов.

организмов. В связи с этим на следующем этапе исследований представляло интерес изучение количественного и качественного состава микроорганизмов, находящихся на поверхности исследуемых корнеплодов.

На рис. 2 представлены результаты исследований количества основных видов микроорганизмов (дрожжи и плесени), находящихся на поверхности корнеплодов свеклы и моркови.

Анализ данных, приведенных на рис. 2, позволяет сделать вывод о существенном различии видового состава микрофлоры, находящейся на поверхности исследуемых корнеплодов. На поверхности корнеплодов моркови в большей степени представлены дрожжи. Соотношение количества дрожжевых клеток к количеству плесневых грибов на поверхности моркови составляет – 17,8:1, в то время как на поверхности корнеплодов свеклы количество плесневых грибов превышает количество дрожжевых клеток в 8,9 раза.

В связи с существенной разницей видового состава микрофлоры исследуемых корнеплодов была выдвинута гипотеза

Таблица 1

Микроорганизмы, вызывающие заболевания, поражающие корнеплоды свеклы столовой и моркови в процессе хранения

Род и вид микроорганизмов	Заболевание	
	свеклы столовой	моркови
<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Rhizopus</i> , <i>Phoma betae</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i>	Кагатная гниль	–
<i>Peronospora schachtii</i>	Пероноспороз	–
<i>Phoma betae</i>	Фомоз	Фомоз
<i>Cercospora beticola</i>	Церкоспороз	–
<i>Phoma betae</i> , <i>Pythium debarianum</i> , <i>Rhizoctonia (solani) aserholdii</i> , <i>Fusarium</i>	Корнеед	–
<i>Ramularia beticola</i>	Рамуляриоз	
<i>Whetzelinia sclerotiorum</i>	–	Белая гниль
<i>Erwinia carotovora</i> , <i>Pseudomonas sp.</i>	–	Мокрая гниль, Мучнистая роса
<i>Fusarium</i>	–	Фузариоз
<i>Alternaria radicina</i>	–	Альтернариоз

Кроме того, клетки исследуемых корнеплодов обладают различной способностью реагировать на воздействие патогенных микроорганизмов, изменяя обмен веществ, фитонцидную активность, скорость ферментативных процессов притекающих с образованием веществ, токсичных для микро-

о том, что параметры обработки ЭМП КНЧ, выбранные нами ранее для обработки корнеплодов моркови с целью подавления жизнедеятельности патогенных микроорганизмов, могут быть не эффективны для обработки свеклы столовой, что было нами подтверждено экспериментальными данными.

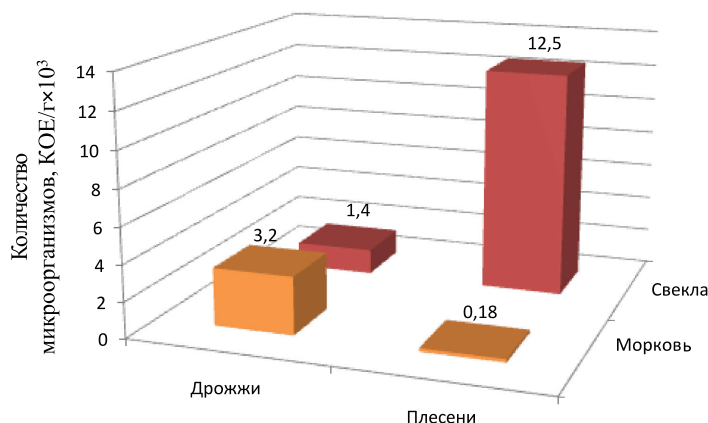


Рис. 2. Количество микроорганизмов на поверхности корнеплодов

В связи с этим на следующем этапе исследования определяли влияние параметров электромагнитной обработки корнеплодов свеклы на микробную обсемененность поверхности столовой свеклы. Известно, что наиболее значимыми параметрами электромагнитной обработки являются частота и сила тока электромагнитного поля, а также продолжительность обработки. Кроме этого, многие исследователи в качестве четвертого параметра (фактора) использовали кратность обработки [6].

Учитывая полученные ранее данные, свидетельствующие о том, что увеличение времени обработки свыше 30 минут не приводит к более высокой степени снижения микробной контаминации, было принято решение в качестве переменных факторов при обработке корнеплодов столовой свеклы ЭМП КНЧ выбрать частоту и силу тока. Частоту ЭМП варьировали в диапазоне от 15 до 35 Гц, а силу тока – в интервале от 5

до 15 А. Продолжительность обработки во всех опытах была постоянной – 30 минут.

Результаты исследований приведены на рис. 2.

Из приведенных на рис. 3 данных можно сделать вывод о том, что при обработке корнеплодов столовой свеклы в ЭМП КНЧ наблюдается тенденция увеличения степени гибели микроорганизмов в зависимости от частоты ЭМП, которая наиболее четко прослеживается в диапазоне частот от 15 до 35 Гц. При этом существенного отличия в показателях, полученных при частотах 15 и 20 Гц и 30 и 35 Гц, не наблюдается. Максимальная степень гибели микрофлоры при каждой из используемых частот наблюдается при силе тока 15 А. Наибольший процент гибели микроорганизмов на поверхности корнеплодов (31,0%) наблюдается при параметрах обработки 30 Гц – 15 А. Дальнейшее увеличение частоты ЭМП на степень гибели микроорганизмов существенного значения не оказывает.

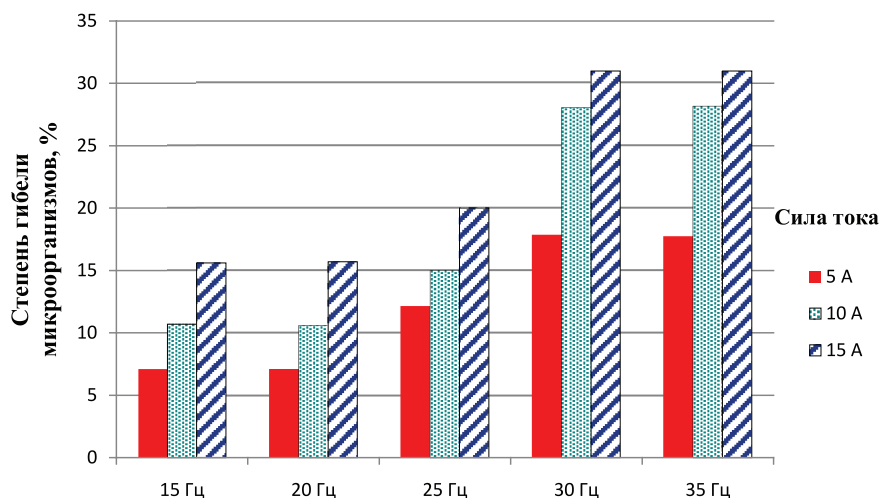


Рис. 3. Влияние обработки столовой свеклы ЭМП КНЧ различных параметров на степень гибели микроорганизмов

Различные группы микроорганизмов, представленные на поверхности корнеплодов свеклы столовой, по-разному реагируют на частоту и силу тока. Одни из них угнетаются при меньших частотах и не реагируют на ЭМП с более высокими частотами, другие микроорганизмы гибнут при воздействии более высоких частот.

генных микроорганизмов на поверхности корнеплодов.

2. При обработке корнеплодов свеклы столовой ЭМП КНЧ наибольшая степень гибели микроорганизмов наблюдается при силе тока 15 А, при каждой из используемых частот ЭМП (15, 20, 25, 30, 35 Гц). Наибольший процент гибели микроорганизмов

Таблица 2

Влияние обработки корнеплодов столовой свеклы ЭМП КНЧ при силе тока 15 А на КМАФАНМ и процент гибели микроорганизмов

Вариант обработки	Количество МАФАНМ, КОЕ/г	Степень гибели микроорганизмов, %
Контроль (свекла без обработки)	$50,0 \cdot 10^5$	–
Обработка 30 Гц в течение 30 минут	$34,5 \cdot 10^5$	31,0
Последовательная обработка 15 Гц – 10 мин 25 Гц – 10 мин 30 Гц – 10 мин	$29,5 \cdot 10^5$	41,0

В связи с этим была выдвинута гипотеза о том, что варьирование частоты электромагнитного поля при постоянной силе тока в течение установленного ранее оптимального периода времени (30 минут) может обеспечить больший процент гибели микроорганизмов, чем обработка при постоянной частоте. Частоту электромагнитного поля меняли через равные промежутки времени, а именно каждые 10 минут. На основании результатов исследований, приведенных на рис. 3, в качестве рабочих частот выбрали частоты 15; 25 и 30 Гц, а силу тока – 15 А. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Из приведенных в табл. 2 данных можно сделать вывод о том, что последовательная обработка корнеплодов столовой свеклы ЭМП КНЧ с параметрами: 15 Гц – 15 А – 10 минут; 25 Гц – 15 А – 10 минут; 30 Гц – 15 А – 10 минут обеспечивает процент гибели микроорганизмов в большей степени, чем однократная обработка при частоте 30 Гц и силе тока 15 А в течение 30 минут.

Выводы

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Инактивация ферментных комплексов, снижающих устойчивость корнеплодов в процессе хранения, эффективна в результате воздействия действия электромагнитного поля крайне низких частот, препятствующего развитию колоний пато-

на поверхности корнеплодов (31,0%) наблюдается при варианте обработки 30 Гц – 15 А. Дальнейшее увеличение частоты ЭМП на степень гибели микроорганизмов существенного значения не оказывает.

3. Максимальный процент гибели микроорганизмов достигается при последовательной обработке корнеплодов свеклы столовой ЭМП КНЧ при следующих параметрах: сила тока 15 А, частота 15 Гц – 10 минут; сила тока 15 А, частота 25 Гц – 10 минут; сила тока 15 А, частота 30 Гц – 10 минут.

Список литературы

1. Блекберн К.де В. Микробиологическая порча пищевых продуктов: пер.англ. – СПб.: профессия, 2008. – 784 с.
2. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных и факультативно анаэробных микроорганизмов. – Введ. 1996-01-01. – М.: Стандартинформ, 2010. – 7 с.
3. ГОСТ 10444.12-88. Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов. – Введ. 1990-01-01. – М.: Стандартинформ, 2010. – 8 с.
4. Хессайон Д.Г. Все о болезнях и вредителях растений. – М.: Кладезь-Букс, 2009. – 145 с.
5. Купин Г.А. Исследование влияния электромагнитного поля на изменение микробиальной обсемененности корнеплодов моркови в процессе хранения / Г.А. Купин, Е.П. Викторова, В.Н. Алёшин, Л.В. Михайлюта // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 3 (19). – С. 46–50.
6. Пат. 2172096, Россия, МПК А01F25/00, С13С1/00, Способ хранения корнеплодов сахарной свеклы / Барышев М.Г., Касьянов Г.И. и др. заявитель и патентообладатель Барышев М.Г., Касьянов Г.И. – № 2000104935/13; заявл. 28.02.2000; опубл. 20.08.2001.
7. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/economy/ (дата обращения 22.12.15).