

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЕСТЕСТВЕННОЙ ПОТЕРИ МАССЫ КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ ПРИ ХРАНЕНИИ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРОКОВ ГОДНОСТИ КОРНЕПЛОДОВ

Т.В. Першакова, д-р техн. наук, вед. науч. сотр.

Г.А. Купин, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.

А.С. Бородихин, науч. сотр.

В.Н. Алёшин, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.

Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции (филиал) Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия (Россия, г. Краснодар)

DOI: 10.24411/2500-1000-2019-10641

Аннотация. В статье представлены результаты изучения влияния параметров хранения на естественные потери массы корнеплодов моркови столовой сорта Абако. Установлена зависимость величины естественных потерь при хранении от температуры и относительной влажности воздуха в хранилище. На основе выявленных закономерностей разработана математическая модель и программное обеспечение, позволяющие прогнозировать сроки годности корнеплодов моркови столовой и оптимизировать параметры их хранения для продления срока годности.

Ключевые слова: корнеплоды, морковь столовая, хранение, естественная потеря массы, математическое моделирование.

По данным Федеральной службы государственной статистики, валовые сборы овощей (в том числе корнеплодов, таких как морковь столовая) в Российской Федерации на протяжении последних лет растут [1].

Так, изменение валовых сборов и посевных площадей моркови столовой в хозяйствах всех категорий и в коммерческом секторе (сельскохозяйственные организации и крестьянские/фермерские хозяйства) в РФ за 2003-2017 гг. представлено на рисунке 1.

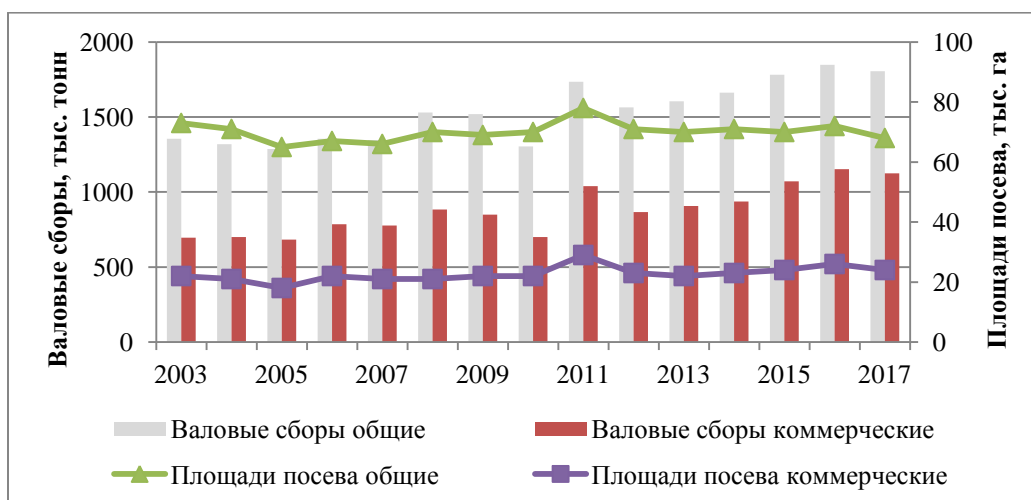


Рис. 1. Изменение валовых сборов и посевных площадей моркови столовой в хозяйствах всех категорий и в коммерческом секторе в РФ

Как показано на рисунке 1, валовые сборы моркови столовой в хозяйствах всех категорий в РФ в 2017 году составили 1806 тыс. тонн, что составляет 12,3% от валовых сборов овощей открытого грунта; площадь посева при этом составила 68 тыс. га, что составляет 10,3% посевных площадей овощей открытого грунта. С 2003 по 2017 годы валовые сборы моркови столовой увеличились в РФ на 33,4% в хозяйствах всех категорий, в том числе в коммерческом секторе – на 61,7%. Доля коммерческого сектора в общих сборах моркови столовой при этом увеличилась до 62,2% в 2017 году с 51,3% в 2003 году. Заметное увеличение валовых сборов после 2014 года является, очевидно, результатом активного развития сельского хозяйства в РФ с целью сокращения импорта.

Однако вероятным препятствием на пути развития сельского хозяйства в РФ может являться тот факт, что не более 40 % собранной растениеводческой продукции может быть переработано или потреблено в период уборки урожая. Большая же часть продукции подлежит краткосрочному или долгосрочному хранению, что делает сохранение в межсезонный период товарного качества и пищевой ценности продукции растениеводства одним из важнейших и наиболее актуальных направлений работы для ученых, работающих в интересах агропромышленного комплекса [2-4].

Проведённый экспертами КНИИХП - филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ анализ ситуации на предприятиях отрасли выявил нехватку возможности прогнозирования естественной потери массы корнеплодов определённого вида и сорта в зависимости от температуры, относительной влажности воздуха в хранилище и длительности хранения.

В связи с этим целью данного исследования являлось выявление зависимостей между такими параметрами хранения, как температура, относительная влажность воздуха, время хранения и величина естественной убыли массы корнеплодов, а также разработка на основе выявленных закономерностей математической модели и программного обеспечения для прогнозирования сроков годности корнеплодных овощей в зависимости от параметров хранения.

Объекты и методы исследований. В качестве объектов исследования использовали корнеплоды моркови столовой сорта Абако.

Корнеплоды хранили в течение 30 суток в различных условиях (температура 0...15°C, относительная влажность воздуха 60...95%).

Все экспериментальные исследования проводились в четырехкратной повторности (отклонение между параллельными определениями допускалось не более 5%). Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом описательной статистики и дисперсионного анализа, используя пакеты программ Microsoft Excel и Statistica.

Обсуждение результатов. На рисунке 2 представлена зависимость естественной потери массы корнеплодов моркови столовой от температуры и относительной влажности воздуха в хранилище при хранении в течение 30 суток.

Из представленных на рисунке 2 данных следует, что наименьшие естественные потери массы наблюдаются в условиях низкой температуры и высокой влажности воздуха. По мере увеличения температуры и относительной влажности воздуха возрастают также и потери массы.

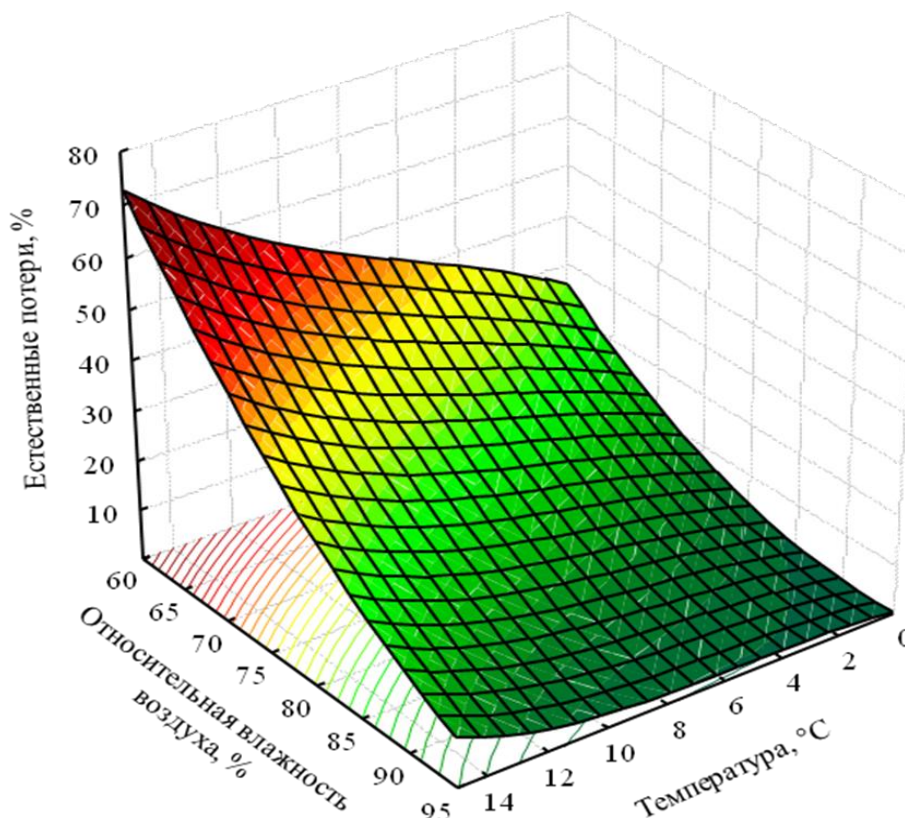


Рис. 2. Изменение естественной потери массы корнеплодов моркови сорта Абако при хранении в течение 30 суток в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха

Полученные данные позволили построить модель изменения естественной потери массы корнеплодов моркови сорта Абако при хранении в течение 30 суток в условиях различных температуры и относительной влажности воздуха.

Полученная зависимость может быть описана следующей формулой ($R^2=0,999$):

$$z = 0,009226x^3 + 1,65 \times 10^{-5}y^3 - 0,15148x^2 + 0,021038y^2 + 7,56697x - 4,2953y - 0,07068xy + 204,246$$

где z – естественная потеря массы, %;
 x – температура, °C;

y – относительная влажность воздуха, %.

Для расчёта естественной потери массы корнеплодов моркови столовой при хранении была разработана программа для ЭВМ «УМК». Данная программа обеспечивает возможность прогнозирования естественной потери массы корнеплодов определённого вида и сорта при вводе значений температуры и относительной влажности воздуха в хранилище, а также предполагаемой длительности хранения. Интерфейс программы представлен на рисунках 3-5.

УМК v.0.0.0.1a

Выберите вид корнеплода

Выберите сорт корнеплода

Средняя температура хранения, °С (0...15):

Относительная влажность воздуха, % (60-95): 60

Длительность хранения (0-30, аппроксимация): 30

Естественная убыль массы: невычислено

Масса закладываемая на хранение: 1 кг

Цена за единицу: 1 RUR

Естественная убыль массы за 30 дней: невычислено

Потери: невычислено

Цена с учётом потерь: невычислено

Северо - Кавказский федеральный научный центр
КНИИХП
Садородства, виноградарства, виноделия

+ -
÷ ×
Рассчитать и вывести отчёт

О программе

Выберите вид и сорт корнеплодов.
Введите температуру хранения, относительную влажность воздуха и длительность хранения.
Затем нажмите кнопку "Рассчитать и вывести отчёт" для получения прогноза естественной убыли массы в % и кг.

Программа разработана в КНИИХП-филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ, сайт kniispr.ru

Рис. 3. Интерфейс программы для ЭВМ «УМК»

УМК v.0.0.0.1a

Морковь

Абако

Средняя температура хранения, °С (0...15): 0

Относительная влажность воздуха, % (60-95): 60

Длительность хранения (0-30, аппроксимация): 30

Естественная убыль массы: невычислено

Масса закладываемая на хранение: 1 кг

Цена за единицу: 1 RUR

Естественная убыль массы за 30 дней: невычислено

Потери: невычислено

Цена с учётом потерь: невычислено

+ -
÷ ×
Рассчитать и вывести отчёт

О программе

Выберите вид и сорт корнеплодов.
Введите температуру хранения, относительную влажность воздуха и длительность хранения.
Затем нажмите кнопку "Рассчитать и вывести отчёт" для получения прогноза естественной убыли массы в % и кг.

Программа разработана в КНИИХП-филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ, сайт kniispr.ru

Рис. 4. Интерфейс программы для ЭВМ «УМК»



Рис. 5. Интерфейс программы для ЭВМ «УМК»

Необходимо заметить, что работа над программой находится на начальном этапе: на данный момент были внесены данные только по сорту моркови Абако. В будущем планируется значительно расширить количество видов и сортов корнеплодов овощей.

Учитывая, что в настоящее время большое внимание уделяется разработке технологий и способов сокращения потерь растительного сырья, считаем разработку подобной программы актуальной. Программа может представлять интерес для

широкого круга специалистов в области пищевых технологий.

Выводы. Таким образом, в ходе проведения исследования установлена зависимость величины естественных потерь при хранении моркови сорта Абако от температуры и относительной влажности воздуха в хранилище. Разработана математическая модель и программное обеспечение, позволяющие прогнозировать сроки годности корнеплодов моркови столовой и оптимизировать параметры их хранения для продления срока годности.

Библиографический список

1. *Федеральная служба государственной статистики* [Электронный ресурс] / URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/economy/ (дата обращения 20.02.19).
2. *Першакова, Т.В.* Современные методы предотвращения микробиологической порчи и увеличения сроков хранения продукции растениеводства / Т.В. Першакова, Г.А. Купин, В.Н. Алешин, С.М. Горлов, Е.Ю. Панасенко // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук.* – 2018. – №9. – С. 115-121.
3. *Першакова, Т.В.* Сравнительная эффективность обработок биологическими препаратами и электромагнитными полями крайне низких частот при хранении корнеплодов моркови / Т.В. Першакова, Г.А. Купин, В.Н. Алешин, С.М. Горлов, Е.Ю. Панасенко // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук.* – 2018. – №7. – С. 157-162.
4. *Панасенко, Е.Ю.* Сравнительная эффективность обработок биологическими препаратами и электромагнитными полями крайне низких частот при хранении корнеплодов столовой свеклы / Е.Ю. Панасенко, В.Н. Алешин, С.М. Горлов, Л.В. Михайлют, М.В. Бабакина // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук.* – 2018. – №11-2. – С. 104-108.

MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESSES OF NATURAL LOSS OF MASS OF CARROT TAPROOTS DURING STORAGE AND DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR PREDICTING THE SHELF-LIFE OF THE TAPROOTS

T.V. Pershakova, *doctor of technical sciences, leading researcher*

G.A. Kupin, *candidate of technical sciences, senior researcher*

A.S. Borodihin, *researcher*

V.N. Aleshin, *candidate of technical sciences, senior researcher*

**Krasnodar research institute of agricultural products storage and processing (branch)
North-Caucasian federal scientific center of horticulture & viticulture
(Russia, Krasnodar)**

***Abstract.** The article presents the results of studying the effect of storage parameters on the natural loss of mass of carrot taproots of the variety Abaco. The dependence of the magnitude of natural losses during storage on the temperature and relative humidity of air in the storage facility has been established. On the basis of the revealed regularities, a mathematical model and software have been developed, which allow predicting the shelf life of carrot taproots and optimizing storage parameters for extending the shelf life.*

***Keywords:** taproots, carrot, storage, natural loss of mass, mathematical modeling.*