

**Технологии применения электрической энергии в процессе хранения
корнеплодов и динамического мониторинга их качества
(Занфирова Л.В., Чистова Я.С.)**

В настоящее время, направление развития науки и техники в РФ, преимущественно, задается стратегиями Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы и Национальной технологической инициативой 2035.

Целью Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства является обеспечение стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции за счет внедрения и развития отечественных технологий, в том числе, производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, современных средств диагностики и методов контроля качества сельскохозяйственной продукции [82], Национальная технологическая инициатива (НТИ) направлена на развитие и создание в России перспективных технологических рынков и отраслей, предусматривает взаимодействие между государством, бизнесом и наукой. В рамках НТИ сформировано 13 ключевых рынков, таких как: Аэронет (воздушный транспорт), Автонет (автомобильный транспорт), Фуднет (пища), Энерджинет (энергетика), Технет (промышленность), Эдунет (образование) и прочие. Каждый из рынков развивается согласно своей дорожной карте, которые периодически дорабатываются и обновляются. Так, главной целью обновленной дорожной карты рынка Фуднет 2.0, стало формирование в России «пищевой индустрии 4.0», способной к конкуренции на мировых рынках, и основанной на цифровизации, сетевых рыночных моделях, биотехнологиях и ресурсоэффективности, видоизменении продуктов и услуг с учетом запросов современных потребителей.

В рамках данной работы, мы рассмотрим некоторые аспекты развития

технологий процесса оценки качества, закладки на хранение и сохранения товарной привлекательности сельскохозяйственной продукции, и ее пищевой ценности, в период от уборки до реализации.

Обеспечение граждан России качественными и доступными продуктами питания отечественного производства – одна из актуальных задач АПК. Корнеплоды являются важной составляющей продуктовой корзины населения России, а также используются в качестве сырья в перерабатывающей промышленности.

Корнеплоды – это овощные культуры, в корнях которых откладываются питательные вещества. К ним относят свеклу, морковь, редис, репу, брюкву, петрушку, сельдерей, цикорий и прочее. Мы будем рассматривать корнеплоды, входящие в так называемый «борщевой набор»

Борщевой набор – это определенный набор часто употребляемых среднестатистическим жителем нашей страны продуктов, из которых, в том числе, можно приготовить борщ. В состав борщевого набора входят: картофель, капуста, лук, свекла, морковь, чеснок.

Существует также, «индекс борща» (borsch index) – ВІ, который используется для формирования комплексной оценки покупательной способности россиян, по аналогии с «индексом Биг-Мака», который был впервые описан в сентябре 1986 года в журнале The Economist, как неофициальный способ оценки доступности потребительской корзины в разных странах мира.

То есть, термин «борщевой набор» – это экономический показатель, по которому осуществляется мониторинг динамики потребительских цен в РФ.

НаРисунок 46, показано процентное соотношение предлагаемых потребителю овощей входящих в борщевой набор. Наибольший процент, как в натуральном, так и в стоимостном выражении показывает картофель, так как он является компонентом многих других блюд, а затем, по нисходящей располагаются: репчатый лук, белокочанная капуста, морковь и свекла.

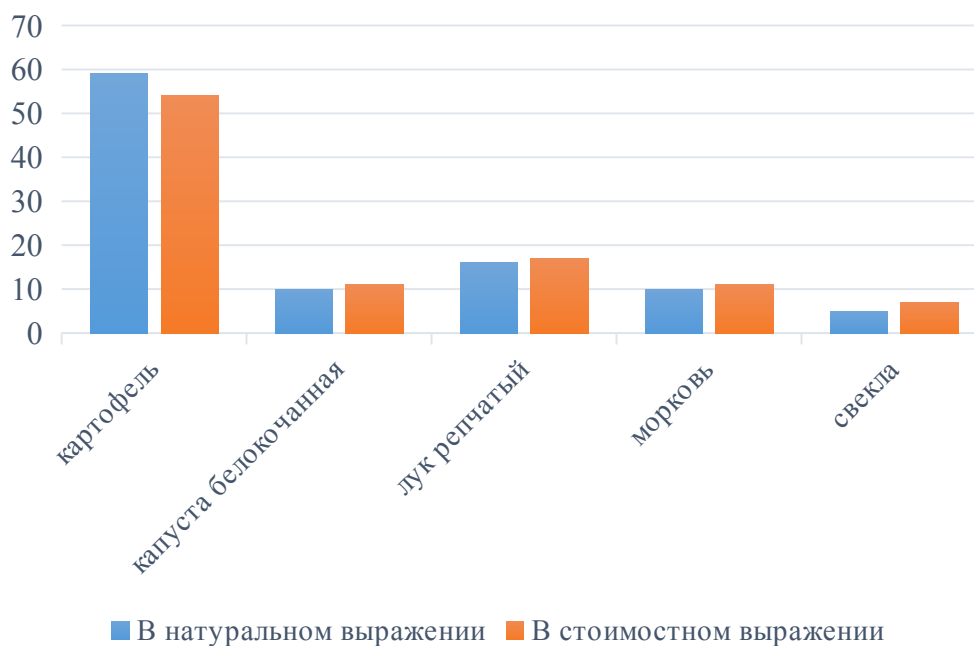


Рисунок 46. – Специфика рынка борщевых наборов

Минсельхоз РФ ожидает рост урожая овощей борщевых наборов, по сравнению с показателем за 2021 год в России. Об этом говорится в сообщении в Telegram-канале министерства. «По итогам года ожидаем роста урожая овощей «борщевых наборов», – говорится в публикации.

Столовые морковь и свекла – незаменимые компоненты борщевых наборов, одни из популярных корнеплодных овощных культур, имеющие важное значение в питании человека, благодаря своему химическому составу, включающему углеводы, минеральные вещества и витамины.

По данным ряда исследователей, потери выращенных корнеплодов в процессе уборки, сортировки, транспортировки, хранения, подготовки к переработке и реализации могут составлять до 40 % урожая [82].

Корнеплоды чувствительны к условиям и технологиям уборки хранения, поскольку малая толщина их покровных тканей, большое содержание питательных веществ и влаги способствуют их физическим и микробиологическим повреждениям.

Так, в качестве одной из основных причин снижения эффективности производства столовой свеклы следует считать ее значительные потери в процессе хранения. Причинами их возникновения является естественная

убыль массы, обусловленная испарением воды, а так же поражение грибными и бактериальными болезнями [83]. Масштабы потерь при хранении определяются суммой различных причин: сортом свеклы; условиями роста корнеплодов и агротехникой их возделывания; технологией и временем уборки; послеуборочной доработкой; особенностями хранения. Однако, основным фактором, определяющего величину потерь продукции при хранении, признана ее лёжкость – потенциальную способность храниться в течение определенного периода времени без значительных потерь и снижения качества, которая существенно зависит и от сортовой особенности культуры.

Результаты исследований по сохраняемости корнеплодов свеклы разных сортов и их устойчивости к болезням представлены в Таблица 15.

Таблица 15

Сохраняемость и поражаемость болезнями некоторых сортов и гибридов свёклы столовой

Сорт/гибрид	Товарная продукция%	Потери%		
		Всего	Массы	Болезни
Селекция Россия				
Бордо 237	91,5	8,5	7,0	1,5
Бордовая ВНИИО	89,2	10,8	6,8	4,1
Двусемянная ТСХА	88,8	11,2	7,2	4,0
Деметра	69,5	30,5	5,9	24,6
Детройт	53,8	46,2	8,2	38,1
Маришка	94,2	5,9	5,4	0,5
Мулатка	56,6	43,5	7,5	36,0
Одноростковая	73,2	26,8	6,1	20,7
Русская односемянная	91,1	9,0	5,9	3,1
Славянка	44,2	55,8	6,1	49,8
Голландская селекция				
Боро F1	53,2	46,9	7,0	39,9
ВоданF1	72,6	27,4	7,9	19,6 1
Пабло F1	88,1	11,4	7,7	3,7
Экшен F1	50,0	50,0	10,6	39,5

В процессе двухгодичного эксперимента, исследователи хранили

столовую свеклу в холодильниках, при диапазоне температур от 0 °С до + 1°С и относительной влажности воздуха 90-95%, в тканых полипропиленовых мешках.

Сохраняемость корнеплодов столовой свеклы оценивали после 7 месяцев хранения, по фактическому выходу товарной продукции. В качестве критериев оценки использовали измерения: общую убыль массы; потери от болезней; нарушения структуры. Сохранность и подверженность заболеваниям различалась в зависимости от сорта и погодных условий, предшествующих уборке: в сухую и теплую предуборочную погоду, корнеплоды полностью вызревали и меньше поражались заболеваниями.

Также, разница в длительности «успешного» хранения зависит от срока созревания корнеплодов: скороспелые сорта – хранятся менее продолжительный период времени и предназначены для ранней реализации или переработки; поздние и среднепоздние сорта – могут храниться до следующего урожая.

Следует также отметить, что значительная часть валовой продукции столовой свеклы закладывается на длительное хранение, а ее посевные площади составляют около 10% от всех посевных площадей овощных культур для открытого грунта выращиваемых в РФ. Морковь столовая занимает около 11% площадей, занятых овощными культурами на территории страны.

Усредненные результаты пятилетних исследований по сохраняемости корнеплодов моркови столовой разных сортов и их устойчивости к болезням представлены в .

Таблица 16

Сохраняемость и поражаемость болезнями некоторых сортов и гибридов моркови столовой

Сорт/гибрид	Товарная продукция%	Потери%		
		всего	массы	болезни
Селекция Россия				
Леандр	90,7	9,3	6,2	0
Лосиноостровская 13	90,4	9,6	5,6	4,1
Корсар	94,6	5,4	5,4	0
Факел	93,2	6,8	6,8	0
Осенний король	94,0	6,0	5,3	0,8
Шантенэ Королевская	94,0	6,1	5,1	0,8
Шантенэ Роял	90,1	9,9	7,2	2,7
Минор	90,8	9,2	6,3	2,9
НИИОХ 336	94,0	6,0	5,6	0,4
F1 Надежда	91,1	8,9	6,4	2,5
Зарубежная селекция				
F1 Берлин	94,5	5,5	5,5	0
F1 Канада	93,9	6,1	5,3	0,9
F1 Найджел	90,6	9,4	5,9	3,5
F1 Ньюс	85,7	14,3	8,2	5,5

Оценивание сохраняемости корнеплодов моркови, проводилось после семи месяцев хранения при температуре от 0°С до +1°С и относительной влажности воздуха 90-95%. Самые высокие показатели сохраняемости продемонстрировали: российский сорт Корсар (94,6%) и гибрид зарубежной селекции – F1 Берлин (94,5%).

В средней полосе свеклу убирают раньше, чем морковь, обычно в первой половине сентября. Объясняется это тем, что свекла более требовательна к теплу, а корнеплод у нее возвышается над поверхностью почвы и, следовательно, может быть поврежден заморозками.

Столовая свекла должна соответствовать требованиям ГОСТ 1722-85. Свекла столовая свежая заготавливаемая и поставляемая. Технические условия»[84], а столовая морковь – ГОСТ 1721-85. Морковь столовая свежая, заготавливаемая и поставляемая. Технические условия.

Корнеплоды свеклы и моркови, закладываемые на хранение, сначала проходят визуальную оценку и ручной отбор.

Во-первых, оценивается внешний вид корнеплодов: чистота (без

налипших комков земли, не более 1% к массе корнеплода); отсутствие излишней влажности; форма и окраска (согласно сорту, но не значительные отклонения возможны); длина оставшихся листовых черешков (без них или не более 2 см); отсутствие глубоких тещин и механических повреждений (допускаются поверхностные зарубцевавшиеся дефекты не более 3 мм); отсутствие повреждений вредителями и признаков заболеваний; не помороженные и не вялые.

Во-вторых, осуществляется оценка органолептических показателей: исследуются запах и вкус – они должны соответствовать ботаническому описанию тестируемых сортов корнеплодов, а также выявляется содержание токсичных элементов, пестицидов и нитратов. Для анализа берутся пробы из каждой партии поступающих корнеплодов.

Корнеплоды, не соответствующие требованиям – отбраковываются, идут на переработку или на корм сельскохозяйственным животным.

Перед закладкой нового урожая на хранение, хранилище дезинфицируют формалином, сернистым ангидридом, известковым молоком, хлорной известью, аэроионами, озоном и аэрозолем ВИЗР-10-11, причем последние три вида дезинфицирующих агентов, можно применять и в процессе хранения корнеплодов. Поскольку озон обладает бактерицидным и фунгицидным действием, но при этом не проникает внутрь хранящейся продукции, периодическое озонирование хранилищ позволяет сократить потери клубнеплодов от загнивания и их естественную убыль. Хотя следует отметить, что плесневые грибы не обладают абсолютной чувствительностью к озону.

Также, представляются перспективными исследования, касающиеся комплексной обработки корнеплодов электромагнитными полями крайне низких частот (частота 28 Гц, время обработки 30 минут, магнитная индукция 12 мТл) и биопрепаратом Витаплан (106 КОЕ/г), в результате которых установлено, что при обработке корнеплодов этим способом, в стандартных условиях хранения, общие потери уменьшаются на 5,5%.

Хранение столовой свеклы осуществляется несколькими способами: навалом; в секциях; закромах; таре (поддонах, ящиках, контейнерах). Способ хранения зависит как от назначения продукции (ранней или поздней реализации и др.), так и от возможностей хозяйства (его материально-технической базы). В хранилищах любого типа поддерживают благоприятный микроклимат, осуществляя вентиляцию (естественную, приточно-вытяжную, активную, принудительную) и искусственное охлаждение. В хранилищах современного типа применяют искусственное охлаждение и активную вентиляцию, что значительно увеличивает качество и количество сохраненного урожая.

Столовую морковь хранят подобными столовой свекле способами: в ящиках навалом; ящичных поддонах; в штабелях с укрытием полиэтиленовой пленкой; открытых полиэтиленовых мешках; тканевых мешках. Морковь сортируют по размеру и плотно укладывают вровень с краями тары и охлаждают (замедляя обмен веществ в корнеплоде). От уборки корнеплодов с поля, до закладки на хранение, в идеале, должно пройти не больше 24 часов.

Режим хранения всех корнеплодов подразделяют на три базовых периода:

- Лечебный (подготовительный);
- Охлаждения;
- Основного хранения.

Лечебный период хранения нужен для полноценной подготовки урожая к успешному хранению. В этот период, в среднем длящийся 8-10 суток, корнеплоды активно вентилируют при температуре от 10 °С до 12 °С и высокой относительной влажности воздуха (90-95%). Созданные условия, позволяют, поврежденным в процессе уборки и транспортировки корнеплодам, восстановить раневые поверхности и более эффективно противостоять увяданию и проникновению вредоносных агентов.

В период охлаждения, корнеплоды вентилируют холодным воздухом, постепенно понижая температуру (0,5-1 °С/сутки) и доводя ее до температуры оптимального режима хранения: корнеплоды свеклы от 0°С до +4°С (причем, при температуре от +2°С до +4°С потери от грибных болезней снижаются); корнеплоды моркови от 0°С до 2°С. Длительность периода охлаждения в среднем составляет от 10 до 15 суток. Период основного хранения наиболее длителен и может составлять от 4-6 месяцев и больше.

Крайне важным и трудоемким в период основного хранения становится контроль качества сохраняемых корнеплодов. Он предусматривает:

- периодический мониторинг технических и санитарных параметров в помещениях и тары хранения;
- измерение, оценка и поддержание показателей температуры и влажности в хранилище;
 - недопущение образования конденсата на сохраняемых овощах;
 - обязательный ежедневный визуальный осмотр сохраняемых корнеплодов;
 - ликвидация выявленных очагов поражения овощей и дезинфекцию мест их нахождения;
 - осуществление быстрой (при необходимости) товарной доработки корнеплодов и их реализации.

Тщательное проведение всех контрольных мероприятий, является залогом хорошего качества и минимальных потерь сохраняемой продукции. Но даже при строгом соблюдении регламента всех выше описанных элементов контроля, фиксируются достаточно весомые потери корнеплодов борщового набора (Таблица 15 и). Это связано, в первую очередь, с естественными ограниченными возможностями анализаторной системы человека, и его общим утомлением от монотонного труда с многократно повторяющимися стереотипными действиями. Следовательно, активное внедрение современных технологий сбора и анализа данных [20], с их быстрой последующей обработкой, позволит облегчить труд людей в системе

АПК в целом [85], и эффективно осуществлять раннюю диагностику порчи корнеплодов в частности.

Наиболее интересными и перспективными, для оценки качества сохраняемой продукции, в режиме 24/7, являются технологии машинного зрения и Big Data (большие данные). Эти цифровые технологии позволяют удаленно «видеть», фиксировать, сравнивать и сопоставлять получаемые данные со множеством факторов и показателей одновременно. Машинное зрение и большие данные уже становятся неотъемлемой составляющей сельского хозяйства во многих странах мира. Они активно применяются для мониторинга полей сельскохозяйственного назначения: цифровые камеры позволяют отслеживать состояние и передвижение поголовья скота или проводить динамическую фиксацию роста и развития растений, определяя их потребности и своевременно предупреждая о возникших проблемах и путях их устранения. Машинное зрение и большие данные используются для дифференциации сельскохозяйственной продукции по виду, цвету, форме, наличию разнообразных повреждений и многим другим параметрам.

Применение технологии машинного зрения, позволяет успешно работать с биологическими объектами со сложной, отличной от линейной формой, какими и являются корнеплоды. Возможность восприятия и анализа многомерных объемных объектов системами технического зрения, достигается посредством лазерного луча, цифровых 3D камер высокого разрешения и чувствительности, фотоэлектрического преобразования информации и соответствующим алгоритмам обработки поступающей информации. Алгоритмы обработки формируются на основе максимально большого количества загруженных в память компьютера вариантов возможных дефектов корнеплодов (Big Data). На этой основе формируется цифровой эталон качественного корнеплода каждого вида, и закладываются возможные отклонения, которые также можно оценивать как вариант нормы. В результате сопоставления, «обученная» система машинного зрения может эффективно контролировать изменения параметров эталонного корнеплода:

цвет, форму, размер, температуру, влажность и прочие значимые характеристики.

Закладка качественных корнеплодов на хранение и тщательный мониторинг их состояния на всем протяжении этого процесса, позволяют существенно снизить потери продукции, но также немаловажным фактором являются условия длительного хранения. Наиболее эффективным способом длительного хранения корнеплодов, является хранение в овощехранилищах с активной вентиляцией. Это сложный комплекс вентиляционного оборудования в совокупности с различными системами воздуховодов, требующий точной установки на отведенные места контейнеров с корнеплодами в хранилище [86]. Одними из самых современных систем активного вентилирования являются следующие:

Аспирационная стена. Конструкция этой системы предполагает выстраивание внутри хранилища, параллельно внешней стене, специальной подпорной стены с вертикальными проемами. Контейнеры с корнеплодами выстраивают в определенном порядке вдоль проемов в стене. Система подготовки воздуха располагается между двумя стенами – основной и подпорной, здесь же, на высоте двух метров, монтируются высоконапорные вытяжные вентиляторы, которые выполняют несколько функций: удаление отработанного воздуха из коридоров через проемы, за счет чего между контейнерами создается зона пониженного давления и происходит продувка контейнеров; выброс отработанного воздуха из коридоров в окружающую среду или, после смешивания со свежим воздухом, возвращение обратно в хранилище.

Кроме вентиляторов, в здании хранилища, также необходима холодильная система, которая работает в теплые месяцы хранения. Для этого устанавливают специализированные воздухоохладители, в которых, с помощью определенного расположения вентиляторов, проталкивающих воздух, происходит циркуляция воздуха. Важным аспектом проектирования такой системы является грамотный расчет электропривода вентиляторов [60].

Щелевая стена

Конструкция предполагает наличие щелей в стене, совпадающих с проемами в контейнерах для вил погрузчика. Контейнеры расставляют вплотную к стене, и циркуляция воздуха происходит по созданным каналам, вентилируя сохраняемые корнеплоды. Эффективность технологии достигается за счет правильного подбора и расположения технологического оборудования [83], к которому относятся: вентиляционная система; холодильная система; система увлажнения. Необходимые параметры в овощехранилище поддерживаются за счет системы автоматического контроля, которая регулирует работы всех компонентов систем, работающих от электрического привода.

Напорная стена. В отличие от предыдущих конструкций, в данной системе выстраивается подпорная стена (которая отгораживает вентиляционную камеру, где располагаются вентиляторы, впускные и выпускные клапаны), через отверстия в которой, воздух нагнетается не в сами контейнеры, а в коридоры, образованные выстроенными определенным способом этими контейнерами. Свежий воздух поступает в хранилище через приточные клапаны, проходя через вентиляторы. Под воздействием давления, воздух вынужден проходить через продукцию, насыщаясь влагой и удаляя CO₂. Выходящий воздух, считается отработанным и естественным путем удаляется из хранилища через выпускные клапаны.

Подпольные каналы. Через впускные клапаны подпорной стены свежий воздух поступает в камеру смешивания, где, соединяясь с рециркуляционным воздухом хранилища, приобретает необходимую температуру и влажность, поступает в насыпь продукции по подпольным воздуховодам. Для коррекции температуры и влажности поступающего воздуха используются рециркуляционные клапаны, увлажнители, нагреватели и охладители. Напорные вентиляторы могут устанавливаться как непосредственно в каждый подпольный канал, так и в фальшпол камеры подготовки воздуха. В арочных ангарах вентиляторы устанавливаются группой необходимой

мощности с торца ангара.

Продукция борщевого набора играет важную роль в продовольственной безопасности страны. Ориентир на умное сельское хозяйство, заложенный в дорожной карте развития рынка Фуднет, говорит о том, что сохранность сельскохозяйственной продукции должна реализовываться на высшем технологическом уровне. Ключевыми моментами в этом процессе являются: выбор наиболее лежких сортов корнеплодов; тщательная подготовка хранилищ и корнеплодов перед закладкой на хранение; мониторинг состояния овощей в процессе хранения; правильный температурно-влажностный режим в хранилищах. Оценка качества овощной продукции перед закладкой реализуется различными способами, но наиболее эффективным на наш взгляд является применение системы машинного зрения со сложной оптической системой в совокупности с самообучающейся нейросетью. Сохраняемость товарного качества корнеплодов, будет иметь наибольший процент при использовании в хранилищах систем активного вентилирования, предполагающих принудительное нагнетание воздуха в помещения и наличие автоматизированного контроля за всеми элементами системы. Совокупность применения описанных методик, позволит снизить риск развития болезней внутри хранилища и минимизировать количество единиц испорченной продукции в период хранения.