

ИННОВАЦИИ В КАРТОФЕЛЕХРАНЕНИИ

Г.В. Никитенко, зав. каф. ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» док. техн. наук, проф.

А.А. Лысаков, доц. каф. ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» канд. техн. наук, s_lysakov@mail.ru

В статье рассматриваются эффективные методы увеличения доступного потребителям количества картофеля в стране, которое можно достичь не только традиционными способами, но и применяя воздействие различных физических факторов, таких как магнитное поле, электрический ток, ионизация. Изучение влияния этих способов воздействия на картофель является актуальной задачей. Предварительные исследования влияния электромагнитного поля на картофель показали, что его потери после обработки сокращаются с 30 до 5 процентов, при полном сохранении вкусовых и продовольственных качеств.

Ключевые слова: картофель, хранилище, уменьшение потерь, электромагнитное влияние, ионизация, постоянный ток, переменный ток, продовольственная безопасность.

INNOVATIONS IN POTATO STORAGE

G.V. Nikitenko, Head of DEPT. at the «Stavropol State Agrarian University»
Ph.D. of Engineering, Professor

A.A. Lysakov, Associate Professor, «Stavropol State Agrarian University»,
Doctor of Engineering, s_lysakov@mail.ru

The article discusses the effective ways of increasing the quantity of potatoes available for consumers in the country, which can be achieved not only by traditional means but also by using influence of various physical factors such as magnetic field, electric current, ionization. The study of the influence of these effects on potatoes is an urgent task. Preliminary studies of the effects of electromagnetic fields on potatoes showed that potato loss after its treatment decrease from 30 to 5 percent, while preserving the taste and food qualities.

Key words: potato, storage, reducing losses, electromagnetic interference, ionization, direct current, alternating current, food security.

Правильное хранение сельскохозяйственной продукции позволяет обеспечить круглогодичное снабжение населения страны продуктами питания и сохранить их высокие питательные и вкусовые качества, внешний вид. Кроме того, правильное хранение сельскохозяйственной продукции напрямую связано с продовольственной безопасностью Российской Федерации, поэтому улучшение условий хранения и сокращение потерь продукции в картофелехранилищах является важной и актуальной задачей.

К основным современным способам хранения картофеля относятся следующие: метод активного вентилирования, использование химических препаратов, получение генномодифицированного (ГМО) картофеля, который не подвержен гниению. Однако, в силу ряда причин, эти способы имеют ряд недостатков экономического, технического, технологического характера. Например, метод активного вентилирования является наиболее энергозатратным, поскольку требует большого количества датчиков, электродвигателей, нагревательных и охладительных систем, которые должны работать практически круглосуточно в

течение всего срока хранения. В картофелехранилищах зачастую установлено устаревшее неэффективное вентиляционное оборудование. Рост цен на электроэнергию и энергоносители заставляет экономить, что приводит к ограничению работы электрооборудования картофелехранилищ, а это в свою очередь сказывается отрицательно на процессе хранения и на состоянии хранимой продукции. В результате возрастают потери картофеля, который просто выбрасывается; поставщики картофеля пытаются возместить свои убытки и повышают цены. В Ставропольском крае, к примеру, стоимость 1 кг картофеля за сезон может колебаться от 20 руб. до 60 руб. [1, 2].

В последние годы достигнуты заметные успехи в организации хранения картофеля, однако потери все еще остаются достаточно большими и качество клубней при хранении заметно ухудшается, поэтому предпринимаются попытки использования других способов обработки клубней картофеля перед закладкой на хранение. Такими способами являются электрофизические – использование электромагнитного поля (постоянного, переменного, пульсирующего), СВЧ-полей, обработка отрицательными аэроионами, электрическими полями коронного разряда.

Наиболее интересным и малоизученным является исследование влияния электрофизических способов обработки картофеля на лежкость клубней картофеля – это являлось целью эксперимента. В ходе эксперимента решались следующие задачи: установить характер влияния электрофизического воздействия на клубни картофеля; определить оптимальные параметры электрофизического воздействия и его влияние на динамику изменения массы обработанных клубней картофеля по сравнению с необработанными [3, 4].

Для определения влияния других факторов исследовались: обработка клубней картофеля электромагнитным полем постоянного тока, электромагнитным полем переменного тока, ионизация клубней картофеля, обработка клубней картофеля в СВЧ поле.

При проведении эксперимента использовались стандартные методы исследований: метод многофакторного эксперимента, статистический анализ, определение адекватности. Измерительные приборы, используемые в эксперименте, сертифицированы в Российской Федерации: электронные весы, вольтметр, амперметр, секундомер, миллитесламетр, пирометр для измерения температуры, датчики влажности, микроскоп. Сорт картофеля во всех опытах – Раменский. Эффективность обработки оценивалась по остаточной массе клубней. Для СВЧ-обработки в поле частотой 2500 МГц время обработки клубней изменялось от 1 до 30 секунд.

Результаты, полученные в процессе эксперимента показали, что минимальная убыль массы в 39% наблюдалась у контрольного образца; даже начальная обработка СВЧ-полями длительностью в 1 секунду уменьшает массу картофеля до 50 процентов за 16 суток. Данный способ обработки наиболее подходит для сушки картофеля или другой тепловой обработки с дальнейшей переработкой (рис. 2). В частности, имеется технология хранения сортов чипсового картофеля, при которой клубни подвергаются термическому нагреву [7, 8], определяемая по формуле:

$$\Delta = 100 - \left(\frac{m_{\text{н}}}{m_{\text{к}}} \cdot 100 \right),$$

где $m_{\text{н}}$, $m_{\text{к}}$ – масса клубней в начале и конце опыта.

Во время экспериментальных исследований целые и поврежденные клубни картофеля подвергались электрофизической обработке и закладывались на хранение в пакетах на 16 суток при постоянной температуре воздуха 25 градусов Цельсия и влажности 60 процентов. Данные параметры были выбраны с целью ускорения процессов гниения и прорастания картофеля. Во время эксперимента измерялась масса клубней, а у поврежденных площадь и толщина образовавшейся защитной поверхности.

Обработка клубней картофеля отрицательными аэроионами происходила следующим образом: в закрытую емкость укладывался картофель и устанавливался генератор отрицательных аэроионов, генератор включался на время от 1 мин. до 15 мин., концентрация ионов составляла 1900 ион/см³. Результаты эксперимента представлены на рис. 1. Из зависимостей, представленных на рис. 1 видно, что наибольшая потеря массы (39 процентов) наблюдается у контрольных образцов, однако увеличение времени обработки клубней аэроионами не снижает убыль массы, как ожидалось в начале эксперимента, а результат воздействия имеет неустойчивый характер. Оптимальным режимом обработки является время, равное 5 минутам или близкое к нему, поэтому данный режим необходимо подвергнуть дополнительному исследованию [5, 6]. Исследования влияния электромагнитных полей на растения установили положительное воздействие, однако, на сегодняшний момент, отсутствует четкое теоретическое обоснование, позволяющее окончательно выяснить механизм влияния магнитного поля. Ряд ученых связывает изменения в растениях с влиянием магнитного поля на воду, содержащуюся в них [12–15].

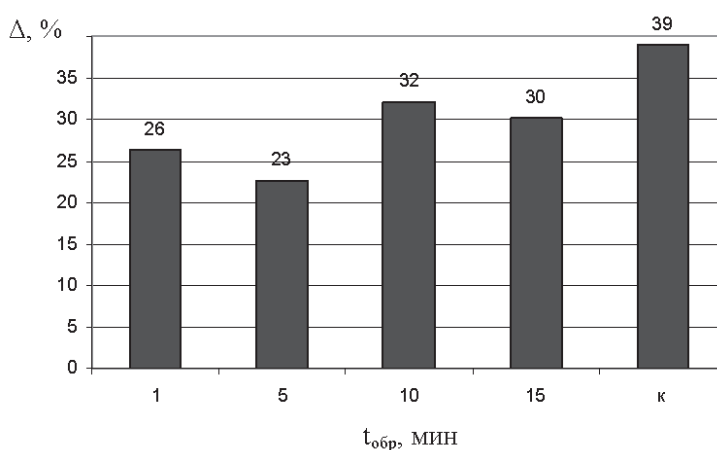


Рис. 1. Зависимость убыли массы картофеля Δ (%) от времени обработки отрицательными аэроионами $t_{обр}$ (мин); к – необработанный контрольный образец

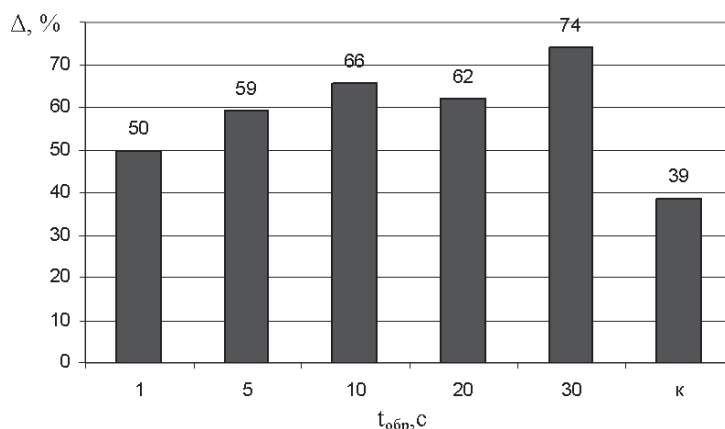


Рис. 2. Зависимость убыли массы картофеля Δ (%) от времени СВЧ-обработки $t_{обр}$ (с), к – необработанный контроль

Значительное количество экспериментальных исследований связано с предпосевной электромагнитной обработкой растений. Такие исследования проводились везде: в России, США, Китае, ЕС и т.д. Однако, практически нет никаких исследований по электромагнитной обработке продукции, закладываемой на хранение. Проводились исследования по обработке искровым разрядом, ультразвуком, озонированием, рентгеновским облучением и т.д. Все эти способы обладают значительными энергозатратами по сравнению с электромагнитным. Электромагнитный способ обработки является наиболее экономичным и экологичным.

В настоящее время проектирование аппарата магнитной обработки осуществляется при помощи программных продуктов, которые позволяют провести моделирование всех процессов, проходящих внутри аппарата, оптимизировать конструкцию аппарата, упростить конструкцию, и просто проверить работоспособность той или иной схемы аппарата электромагнитной обработки [9].

Электромагнитное устройство, с помощью которого проводилась обработка картофеля, является принципиально новым, позволяющим позитивно изменить как сам процесс магнитной обработки, так и средства его реализации. Конструкция и технология изготовления данного аппарата позволяет приспособлять его для выполнения конкретной задачи магнитной обработки картофеля, использовать аппараты повышенной производительности и с минимальными затратами энергии [10, 11].

Аппарат электромагнитной обработки клубней картофеля, схема которого представлена на рис. 3, включает в себя загрузочный бункер 1 из немагнитного материала, в который происходит загрузка картофеля 2 (Q_3), трубопровод 3, в котором находится рабочая зона. Также есть источник электромагнитного поля, выполненный в виде расположенных одна за другой вдоль трубопровода 3 намагничивающих катушек 4, 7 и заключенных в магнитопроводы 5. Подключение намагничивающих катушек 4, 7 – последовательное. Магнитопроводы 5 служат для увеличения коэффициента полезного действия за счет уменьшения потерь рассеивания электромагнитной энергии в окружающую среду. Есть немагнитная направляющая спираль 6, предназначенная для равномерной электромагнитной обработки клубней картофеля 2. Выгрузка происходит через выгрузной бункер 8 (Q_B). Бункеры 1 и 8, трубопровод 3 и магнитопроводы 5 крепятся с помощью, например, сварки.

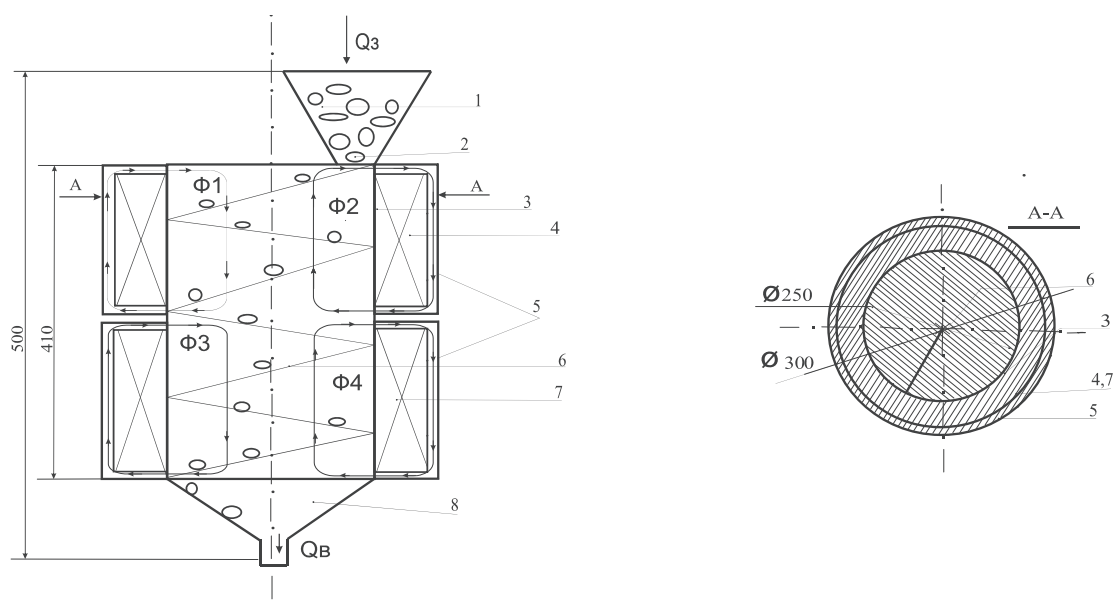


Рис. 3. Общий вид аппарата электромагнитной обработки клубней картофеля и его разрез

Аппарат работает следующим образом. Рабочее положение аппарата электромагнитной обработки клубней картофеля – вертикальное. При подключении источника питания к аппарату электромагнитной обработки и прохождении картофеля по направляющим по заданным параметрам, поврежденные клубни картофеля (во время уборки, транспортировки) или влажные, если уборка проводилась во время сырой погоды, дождя и т. д., подвергаются электромагнитной обработке. Раны клубней быстрее затягиваются (заживают), т. к. быстрее образуется раневая ткань картофеля, причем, это происходит у поверхности защитного покрова. Следовательно, поврежденный картофель, попав в общую насыпь, не будет заражать остальные клубни картофеля, т. е. происходит точечное залечивание картофеля.

При подаче напряжения от источника тока, протекающий по намагничивающим катушкам ток вызывает появление магнитных потоков $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4$. Магнитные потоки $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4$ – рабочие потоки, которые воздействуют на обрабатываемый объект, т.е. клубни картофеля.

Изобретение для электромагнитной обработки овощей, а в частности картофеля, отличается тем, что есть направляющие в виде спирали из немагнитного материала, трубопровод из немагнитного материала, в котором находится рабочая зона. Также есть источник электромагнитного поля, отличающееся тем, что, источники электромагнитного поля установлены один за другим в виде намагничивающих катушек, размещенных вдоль трубопровода и заключенные в магнитопроводы.

Опытный аппарат электромагнитной обработки клубней картофеля был изготовлен на стандартные параметры электрической сети: напряжение 220 В и частоту 50 Гц. При подключении аппарата к сети переменного тока магнитная индукция в зоне обработки составила 0,35 мТл. При использовании устройства преобразования переменного тока в постоянный значение напряжения, подаваемого на аппарат, оставалось неизменным и равнялось 220 В; магнитная индукция в зоне обработки на постоянном токе составила 1,27 мТл.

Первая партия картофеля обрабатывалась в электромагнитном поле постоянного тока с индукцией 1,27 мТл и временем обработки от 10 до 60 секунд с шагом 10 секунд. Вторая партия картофеля обрабатывалась в электромагнитном поле переменного тока с индукцией 0,35 мТл и таким же диапазоном времени обработки. Обработка клубней, хранение клубней проводились в условиях, одинаковых для обеих партий и необработанного контрольного образца. В табл. 1 представлены значения магнитной индукции (В) и времени, при которых наблюдались максимальные и минимальные потери массы картофеля, промежуточные результаты не показаны.

Таблица 1

Результаты электромагнитной обработки картофеля

№ п/п	Вид и параметры обработки	Убыль массы картофеля, %
1	Электромагнитное поле постоянного тока, В = 1,27 мТл, время обработки 10 сек	18
2	Электромагнитное поле постоянного тока, В = 1,27 мТл, время обработки 60 сек	61
3	Электромагнитное поле переменного тока, В = 0,35 мТл, время обработки 20 сек	60
4	Электромагнитное поле переменного тока, В = 0,35 мТл, время обработки 60 сек	72
5	Контроль (необработанный картофель)	39

В результате эксперимента было установлено, что минимальные потери массы картофеля наблюдались при обработке в электромагнитном поле постоянного тока.

При обработке клубней картофеля электромагнитным полем переменного тока было установлено, что огромную роль играет доза магнитной обработки вещества, которая определяется как произведение магнитной индукции B (Тл) на время нахождения t (с) объекта в магнитном поле. В эксперименте доза магнитной обработки картофеля составляла диапазон от 5 мТл·с до 15 мТл·с. На рис. 4 представлены усредненные зависимости убыли массы клубней картофеля от дозы магнитной обработки вещества и длительности экспериментальных исследований.

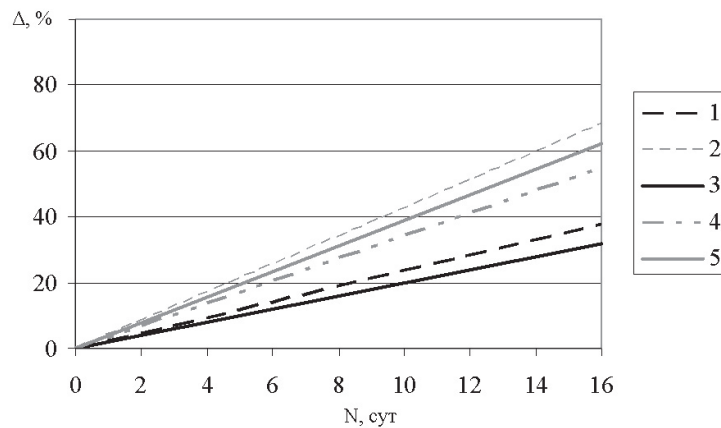


Рис. 4. Зависимость убыли массы клубней картофеля Δ (%) от дозы магнитной обработки вещества $V \cdot t$ (мТл·с) и длительности экспериментальных исследований N (сут):

1 – $V \cdot t = 0$ мТл·с (необработанный образец); 2 – $V \cdot t = 5$ мТл·с; 3 – $V \cdot t = 8$ мТл·с; 4 – $V \cdot t = 10$ мТл·с; 5 – $V \cdot t = 15$ мТл·с

Из графиков следует, что наименьшая убыль массы наблюдается у вариантов 1 и 3, что соответствует необработанному контрольному образцу, и картофелю, обработанному магнитным полем с дозой $V \cdot t = 8$ мТл·с. У остальных вариантов убыль массы очень высока и составляет более 50%. По мнению авторов статьи, для диапазона значений $V \cdot t = 7-9$ мТл·с необходимо провести ряд дополнительных исследований.

Предварительные расчеты показали, что внедрение процесса электромагнитной обработки клубней картофеля в технологию закладки картофеля на долговременное хранение позволит сократить потери продукции с 30 до 5 процентов (рис. 5).

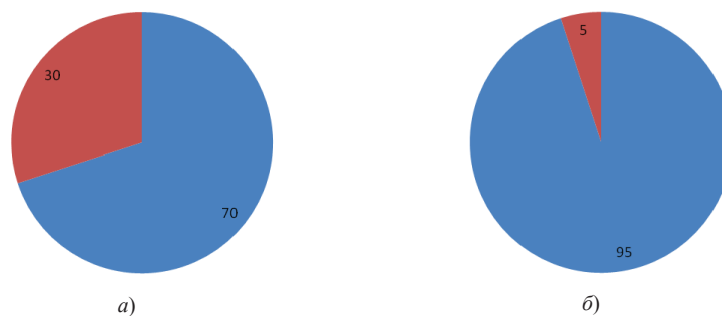


Рис. 5. Потери картофеля (обозначено красным цветом) в хранилищах при традиционном способе хранения (а) и при внедрении процесса электромагнитной обработки (б); %

Исследования влияния электромагнитных полей на растения, фрукты, овощи установили положительное воздействие, однако, на сегодняшний момент, отсутствует четкое теоретическое обоснование, позволяющее окончательно выяснить механизм влияния магнитного поля. Ряд ученых связывает изменения в растениях с влиянием магнитного поля на воду, содержащуюся в них [12–15].

Высказан ряд гипотез, которые предлагается классифицировать на следующие три группы:

– первая, объединяющая большинство гипотез, связывает действие магнитных полей на ионы солей, присутствующих в воде; под влиянием магнитного поля происходит поляризация ионов и их деформация, что повышает вероятность их сближения и в конечном итоге образование центров кристаллизации;

– вторая группа предполагает действие магнитного поля на примеси воды, находящиеся в коллоидном состоянии;

– третья группа объединяет представления о возможном влиянии магнитного поля на структуру воды. Это влияние с одной стороны, может вызвать изменения в агрегации молекул воды, с другой – нарушить ориентацию ядерных спинов водорода в молекулах.

Для подтверждения или опровержения указанных выше гипотез, а также для выдвижения собственной научной гипотезы, у клубней картофеля были выполнены срезы мякоти и исследованы под микроскопом при одинаковом увеличении. Срезы проводились перед обработкой и после окончания эксперимента. Структура исследовалась при увеличении микроскопа 5× и 10×. Сравнения проводились для необработанных клубней, клубней с минимальными и максимальными потерями массы.

По окончании эксперимента установлено, что в результате электромагнитного воздействия в клубне картофеля происходят структурированные изменения, выражающиеся в изменении концентрации и размеров солей крахмала и частиц влаги. Для опытного клубня картофеля с минимальными потерями массы наблюдается увеличение концентрации частиц влаги и их размеров (рис. 6в, 6г) по сравнению с необработанным контрольным клубнем (рис. 6а, 6б). Для опытного клубня с максимальными потерями массы наблюдается буквально разрушение внутренней структуры, которую сложно рассмотреть при принятом в эксперименте увеличении микроскопа (рис. 6д, 6е). Очевидно, что в результате магнитного воздействия произошло разрушение внутренней структуры частиц влаги на клеточном уровне, в результате ускорился процесс испарения не только влаги, но и процесс уменьшения массы. Этот факт подтверждается и для порезанных, поврежденных клубней. У картофеля, обработанного электромагнитным полем с дозой обработки от 6 до 8 мТл·с защитная пленка образовывалась значительно раньше, чем при других значениях электромагнитного воздействия. В результате потери массы клубня уменьшались. При других значениях электромагнитного воздействия защитная пленка практически не образовывалась, и такие клубни превращались в засохший плод.

Предварительные выводы по экспериментальным исследованиям следующие: обработка клубней картофеля СВЧ полем, электромагнитным полем переменного тока ускоряет потерю массы по сравнению с контролем; обработка клубней ионизацией уменьшает потери массы картофеля; обработка электромагнитным полем постоянного тока, в зависимости от дозы, приводит как к увеличению потери массы при хранении, так и к сокращению потерь массы; проведенные экспериментальные исследования подтвердили возможность использования электромагнитной обработки клубней для сохранения массы картофеля и улучшения его лежкости; результаты обработки картофеля электромагнитным полем, позволяют заключить, что существует значение (или диапазон значений) для дозы магнитной обработки, при котором убыль массы картофеля меньше, чем у необработанного контроля; электромагнитная обработка оказывает воздействие на внутреннюю структуру картофеля, изменяя концентрацию и размеры частиц влаги и крахмала, что, в свою очередь, отражается на массе картофеля.

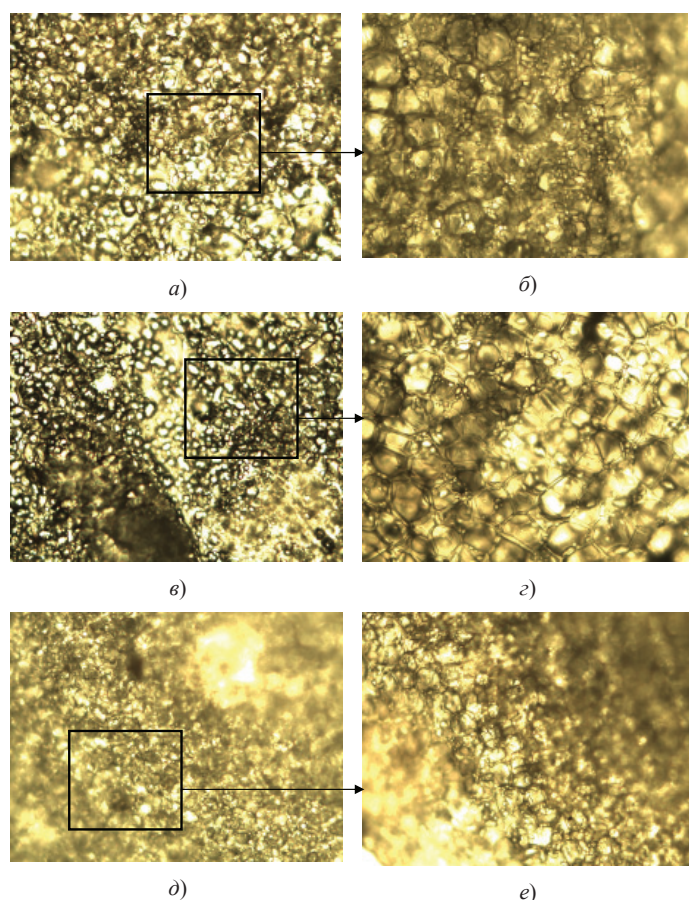


Рис. 6. Структура частиц крахмала и влаги в картофеле по окончании эксперимента:

a – необработанный контроль, увеличение 5×; *б* – необработанный контроль, увеличение 10×; *в* – клубень с минимальными потерями, увеличение 5×; *г* – клубень с минимальными потерями, увеличение 10×; *д* – клубень с максимальными потерями, увеличение 5×; *е* – клубень с максимальными потерями, увеличение 10×

Результаты экспериментальных исследований позволяют также сделать вывод о необходимости и возможности применения того или иного способа обработки к конкретным целям: уменьшению потери массы или к ускорению сушки.

Список литературы

1. Лысаков А.А., Самарин Ф.Ф. Современные технологии хранения картофеля // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Ставрополь. АГРУС. 2010, с. 185–188.
2. Никитенко Г.В., Лысаков А.А., Самарин Ф.Ф. Использование электрофизических способов обработки картофеля для уменьшения его потерь // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Ставрополь. АГРУС. 2010, с. 189–191.
3. Лысаков А.А., Забиян И.В. Улучшение условий хранения картофеля при помощи физических факторов // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Ставрополь. АГРУС. 2011, с. 160–163.
4. Никитенко Г.В., Лысаков А.А., Самарин Ф.Ф. Электромагнитное устройство для уменьшения потерь картофеля при хранении // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 9, с. 71–72.

5. Лысаков А.А. Новые способы хранения картофеля // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Ставрополь. АГРУС. 2011, с. 168–171.
6. Лысаков А.А. Воздействие физических факторов на сохранность картофеля // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Ставрополь. АГРУС. 2011, с. 172–175.
7. Лысаков А.А. Влияние различных физических факторов на сохранность картофеля // Вестник АПК Ставрополя. 2012. № 1, с. 14–16.
8. Лысаков А.А. Влияние электромагнитного поля на сохранность клубней картофеля // Сборник научных докладов ВИМ. 2012. Т. 1, с. 766–770.
9. Никитенко Г.В. Математическое моделирование физических процессов в аппаратах магнитной обработки воды. Монография. Ставрополь. Издательство «Агрус», 2003. 124 с.
10. Пат. на полезную модель 113630 Российская Федерация. А01F25/00 (2006.01) Аппарат электромагнитной обработки клубней картофеля / Г.В. Никитенко, А.А. Лысаков, И.В. Забиян. № 201112019 6/13; заявл. 19.05.2011; опубл. 27.02.2012, Бюл. № 6. 1 с.
11. Пат. на полезную модель 98860 Российская Федерация. А01F25/00 (2006.01) Аппарат электромагнитной обработки клубней картофеля [Текст] / Г.В. Никитенко, А.А. Лысаков, Ф.Ф. Самарин. № 2010125290/21; заявл. 18.06.2010; опубл. 10.11.2010, Бюл. № 31. 2 с.
12. Никитенко Г.В. Аппараты магнитной обработки воды для котельных низкого давления агропромышленного комплекса: автореф. дис. ... докт. техн. наук / Кубанский государственный аграрный университет. Краснодар, 2004, 44 с.
13. Никитенко Г.В. Аппараты магнитной обработки воды для котельных низкого давления агропромышленного комплекса: дис. докт. техн. наук / Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь, 2003, 403 с.
14. Лысаков А.А. Разработка ряда аппаратов магнитной обработки поливной воды с использованием теории нелинейного подобия: дис. канд. техн. наук / Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь, 2003. 184 с.
15. Лысаков А.А. Разработка ряда аппаратов магнитной обработки поливной воды с использованием теории нелинейного подобия: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. Зерноград, 2004. 18 с.

References

1. Lysakov A.A., Samarin F.F. (2010) *Sovremennye tekhnologii khraneniya kartofelya. Metody i tekhnicheskie sredstva povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya elektrooborudovaniya v promyshlennosti i sel'skom khozyaystve* [Modern technology of storage of potatoes. Methods and means of increase of efficiency of use of electrical equipment in industry and agriculture] *Sb. nauch. tr. Stavropol. AGRUS* [Collection of Scientific Papers. Stavropol: AGRUS Publishers], pp. 185–188.
2. Nikitenko G.V., Lysakov A.A., Samarin F.F. (2010) *Ispol'zovanie elektrofizicheskikh sposobov obrabotki kartofelya dlya umen'sheniya ego poter'. Metody i tekhnicheskie sredstva povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya elektrooborudovaniya v promyshlennosti i sel'skom khozyaystve* [The Use of electro-physical methods of handling potatoes to reduce its losses. Methods and means of increase of efficiency of use of electrical equipment in industry and agriculture] *Sb. nauch. tr. Stavropol' AGRUS* [Collection of Scientific Papers. Stavropol AGRUS Publishers], pp. 189–191.
3. Lysakov A.A., Zabilyan I.V. (2011) *Uluchshenie usloviy khraneniya kartofelya pri pomoshchi fizicheskikh faktorov. Metody i tekhnicheskie sredstva povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya elektrooborudovaniya v promyshlennosti i sel'skom khozyaystve* [Improvement of conditions of storage of potatoes by physical factors. Methods and means of increase of efficiency of use of electrical equipment in industry and agriculture: Collection of Scientific Papers. Stavropol] *Sb. nauch. tr. Stavropol' AGRUS* [AGRUS Publishers], pp. 160–163.
4. Nikitenko G.V., Lysakov A.A., Samarin F.F. (2010) *Elektromagnitnoe ustroystvo dlya umen'sheniya poter' kartofelya pri khraneni* [Electromagnetic device to reduce losses of potatoes during storage] *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of agriculture], No. 9, pp. 71–72.

5. Lysakov A.A. (2011) *Novye sposoby khraneniya kartofelya. Metody i tekhnicheskie sredstva povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya elektrooborudovaniya v promyshlennosti i sel'skom khozyaystve* [New methods for storing potatoes. Methods and means of increase of efficiency of use of electrical equipment in industry and agriculture] *Sb. nauch. tr. Stavropol'. AGRUS* [Collection of Scientific Papers. Stavropol: AGRUS Publishers], pp. 168–171.

6. Lysakov A.A. (2011) *Vozdeystvie fizicheskikh faktorov na sokhrannost' kartofelya. Metody i tekhnicheskie sredstva povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya elektrooborudovaniya v promyshlennosti i sel'skom khozyaystve* [The Influence of physical factors on the preservation of potato. Methods and means of increase of efficiency of use of electrical equipment in industry and agriculture: Collection of Scientific Papers. Stavropol] *Sb. nauch. tr. Stavropol' AGRUS* [AGRUS Publishers], pp. 172–175.

7. Lysakov A.A. (2012) *Vliyanie razlichnykh fizicheskikh faktorov na sokhrannost' kartofelya* [The Influence of various physical factors on the preservation of potato] *Vestnik APK Stavropol'ya* [Bulletin AIC Stavropol], No. 1, pp. 14–16.

8. Lysakov A.A. (2012) *Vliyanie elektromagnitnogo polya na sokhrannost' klubney kartofelya* [Influence of electromagnetic fields on the preservation of potato tubers] *Sbornik nauchnykh dokladov VIM* [Collection of scientific reports of VIM], Vol. 1, pp. 766–770.

9. Nikitenko G.V. (2003) *Matematicheskoe modelirovanie fizicheskikh protsessov v apparatakh magnitnoy obrabotki vody. Monografiya* [Mathematical modeling of physical processes in devices of magnetic treatment of water. Monograph] *Stavropol' Izdatel'stvo «Agrus»Stavropol* [AGRUS Publishers], 124 p.

10. (2012) *Patent na poleznuyu model' 113630 Rossiyskaya Federatsiya. A01F25/00 (2006.01) Apparat elektromagnitnoy obrabotki klubney kartofelya. G.V. Nikitenko, A.A. Lysakov, I.V. Zabilyan. No. 2011120196/13* [The patent for useful model 113630 Russian Federation]. A01F25/00 (2006.01) Apparatus for electromagnetic treatment of potato tubers G.V. Nikitenko, A.A. Lysakov, I.V. Zabilyan No. 2011120196/13]. Appl. 19.05.2011, publ. 27.02.2012, bull. No. 6.1.

11. (2010) *Patent na poleznuyu model' 98860 Rossiyskaya Federatsiya. A01F25/00 (2006.01) Apparat elektromagnitnoy obrabotki klubney kartofelya. G.V. Nikitenko, A.A. Lysakov, F.F. Samarin* [The patent for useful model 98860 Russian Federation. A01F25/00 (2006.01) Apparatus for electromagnetic treatment of potato tubers G.V. Nikitenko, A.A. Lysakov, F.F. Samarin], No. 2010125290/21. Appl. 18.06.2010. Publ. 10.11.2010, bull. No. 31.2.

12. Nikitenko G.V. (2004) *Apparaty magnitnoy obrabotki vody dlya kotel'nykh nizkogo davleniya agropromyshlennogo kompleksa: avtoref. dis. dokt. tekhn. nauk* [Devices of magnetic processing of water for boilers low pressure agro-industrial complex: Ph.D. thesis abstract] *Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. Krasnodar* [Kuban state agrarian University. Krasnodar], 44 p.

13. Nikitenko G.V. (2003) *Apparaty magnitnoy obrabotki vody dlya kotel'nykh nizkogo davleniya agropromyshlennogo kompleksa: dis. dokt. tekhn. nauk* [Devices of magnetic processing of water for boilers low pressure agro-industrial complex: Ph.D. thesis abstract] *Stavropol'skiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. Stavropol'* [Stavropol state agrarian University. Stavropol], p. 403.

14. Lysakov A.A. (2003) *Razrabotka ryada apparatov magnitnoy obrabotki polivnoy vody s ispol'zovaniem teorii nelineynogo podobiya: dis. kand. tekhn. nauk* [Development of a series of devices of magnetic treatment of irrigation water using the theory of nonlinear similarity: Ph.D. thesis] *Stavropol'skiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. Stavropol'* [Stavropol state agrarian University. Stavropol], 184 p.

15. Lysakov A.A. (2004) *Razrabotka ryada apparatov magnitnoy obrabotki polivnoy vody s ispol'zovaniem teorii nelineynogo podobiya: avtoreferat. dis. kand. tekhn. nauk* [Development of a series of devices of magnetic treatment of irrigation water using the theory of nonlinear similarity: an abstract. Ph.D. thesis] *Azovo-Chernomorskaya gosudarstvennaya agroinzhenernaya akademiya. Zernograd* [Azov-Black Sea state Agro-Engineering Academy. Zernograd], 18 p.