

Автор 40
17.43

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М.В.Ломоносова

На правах рукописи

ПОГОЖИХ НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ

УДК 664.834.2.001.5

РАЗРАБОТКА ИНТЕНСИВНОГО СПОСОБА СУШКИ КАРТОФЕЛЯ
СО СМЕШАННЫМ ТЕПЛОПОДВОДОМ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССА
МЕТОДОМ ЯМР

Специальность 05.18.12 - процессы, машины и агрегаты
пищевой промышленности

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Одесса - 1989

Работа выполнена: в Харьковском институте общественного питания и Одесском технологическом институте пищевой промышленности им.М.В.Ломоносова

Научный руководитель

- доктор технических наук,
профессор М.А.Гришин

Научный консультант

- кандидат физико-математических наук,
доцент В.В.Жуков

Официальные оппоненты

- доктор технических наук,
профессор П.С.Куц
- кандидат технических наук,
доцент В.В.Кутаров

Ведущая организация

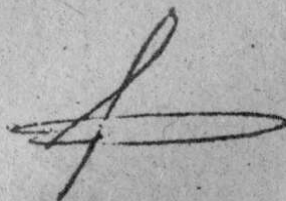
- Черниговский овощесушильный завод

Защита состоится " " октября 1989г. в _____ час. на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одесском технологическом институте пищевой промышленности им.М.В.Ломоносова по адресу: 270039, г.Одесса, ул.Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского технологического института пищевой промышленности им.М.В.Ломоносова

Автореферат разослан " " сентября 1989 года

Ученый секретарь
специализированного совета.
к.т.н., доцент



Е.Г.Кротов

ОНАХІ

25.06.12

Разработка интенсивн



v016741

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. На современном этапе развития страны большая роль в решении продовольственной проблемы отводится перерабатывающим отраслям пищевой промышленности. В постановлениях партии и правительства подчеркивается необходимость значительного увеличения объемов переработки сельскохозяйственного сырья, в том числе и картофеля. Переработка свежего картофеля на сухие продукты позволяет не только сократить потери урожая при хранении, но и равномерно, вне зависимости от сезона снабжать население данного вида продукцией.

Сушка — одна из самых энергоемких и трудоемких операций пищевой промышленности. Процесс сушки характеризуется сложными механизмами тепло- и влагопереноса, оптимизация которых во многом определяется развитием научных представлений о структуре и свойствах воды в гетерогенных системах.

Сухой картофель, вырабатываемый в настоящее время отечественной промышленностью, не отвечает современным представлениям о высококачественных продуктах: он медленно восстанавливается, долго разваривается, а при хранении свыше 12 месяцев темнеет. Попытки существенно повысить качество сухого картофеля приводили к усложнению его производства без видимых успехов в поставленной цели.

Цель и задачи исследований. Целью диссертации является разработка научно обоснованного интенсивного способа сушки картофеля со смешанным теплоподводом, обеспечивающего получение быстровосстанавливаемого сухого продукта.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- теоретически обосновать приемы и условия осуществления сушки картофеля со смешанным теплоподводом на основании анализа процессов тепло- и массообмена;
- изучить кинетику сушки картофеля со смешанным теплоподводом в зависимости от параметров сушильного агента и размеров обезвоживаемого материала;
- исследовать изменение температуры и выполнить анализ процессов тепло- и массопереноса для сушки картофеля со смешанным теплоподводом;
- изучить характер поведения влаги непосредственно в процессе сушки картофеля и его влияние на интенсивность обезвоживания;
- исследовать физико-химические характеристики сухого быстровосстанавливаемого картофеля;

- разработать технологическую схему и устройства для промышленного производства сухого быстровосстанавливаемого картофеля.

Объекты и методы исследований. В качестве объектов исследований были выбраны: свежий картофель, бланшированный и сухой картофель. Бланширование проводили паром. Продолжительность бланширования варьировалась в зависимости от размеров кусочков картофеля и составляла 5...10 минут.

Для определения влияния вида материала термостойких ячеек на продолжительность разработанного способа сушки, они изготавливались из алюминия, меди, стекла, фторпласта и керамики.

Исследования процесса сушки и качественных показателей сухого картофеля проводили общепринятыми методами. Состояние воды в картофеле определяли методом ядерного магнитного резонанса (ЯМР) по методике, разработанной автором. Обработка спектров ЯМР осуществлялась с помощью ЭВМ.

Контроль канцерогенных веществ в сухом быстровосстанавливаемом картофеле проводили методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР).

Научная новизна. На основании теоретических предпосылок и экспериментальных исследований разработаны условия и приемы осуществления способа сушки картофеля со смешанным теплоподводом.

Определены величины температуры и скорости сушильного агента, а также геометрические размеры кусочков картофеля, являющиеся критическими для возможности осуществления разработанного способа.

Теоретически обоснованы и экспериментально доказаны механизмы тепло- и массопереноса при сушке картофеля со смешанным теплоподводом.

С помощью протонной ЯМР-спектроскопии исследована динамика поведения влаги картофеля непосредственно в процессе сушки.

Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена модель динамического поведения влаги в картофеле при его обезвоживании.

Новизна технических решений, предложенных в результате выполненных исследований, подтверждена 2 авторскими свидетельствами СССР на изобретение.

Практическая ценность. На основании исследований определены необходимые условия и режимы процесса сушки со смешанным теплоподводом, выполнение которых обеспечивает выход сухого картофеля высокого качества.

Для инженерных расчетов промышленного сушильного аппарата со смешанным конвективно-кондуктивным теплоподводом найдены коэффициенты общего уравнения продолжительности сушки.

Разработана методика использования ЯМР-спектроскопии для анализа процесса сушки картофеля.

Изучены качественные показатели сухого быстровосстанавливаемого картофеля, которые дают возможность считать новый продукт полуфабрикатом высокой степени готовности.

Разработан технологический процесс и предложены конструктивные решения ячеистых противней и сушильной камеры для промышленного производства сухого быстровосстанавливаемого картофеля.

Сухой быстровосстанавливаемый картофель был включен в рацион питания альпинистов, использовался в системе общественного питания г. Харькова и получил высокую оценку специалистов Центрального Продовольственного Управления Министерства Обороны СССР.

Расчетная прибыль при освоении производства сухого быстровосстанавливаемого картофеля промышленностью составляет 689 рублей на I тонну продукта.

На защиту выносятся:

- экспериментальные исследования и теоретическое обоснование приемов осуществления процесса сушки картофеля со смешанным теплоподводом;
- результаты анализа методами протонной ЯМР-спектроскопии поведения влаги в процессе сушки картофеля;
- результаты исследований физико-химических характеристик полученного сухого быстровосстанавливаемого картофеля;
- технологический процесс промышленного производства сухого быстровосстанавливаемого картофеля.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены на Всесоюзной научно-технической конференции "Проблемы индустриализации общественного питания" (Харьков, 1984), на Международном Форуме "Тепломассообмен" (Минск, 1988), на научных конференциях Харьковского института общественного питания (Харьков, 1986-1989), на кафедре технологии молока и сушки пищевых продуктов (Одесса, 1987-1989) и на объединенном заседании кафедр Одесского технологического института пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова (Одесса, 1989).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 6 работ, получено I авторское свидетельство и I положительное решение ВНИИПЭ по заявке на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 125 страницах основного машинописного текста, содержит 38 рисунков и 15 таблиц. Состоит из введения, шести глав, списка использованной литературы и приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Традиционные способы получения сухого, нарезанного кусочками картофеля основаны на конвективном подводе тепла к материалу. Несмотря на низкий коэффициент теплоотдачи от сушильного агента к материалу, такой теплообмен осложнен испарением влаги с поверхности продукта. В результате чего процесс характеризуется большой продолжительностью, а высушиваемый картофель подвергается усадке.

Применение кондуктивного теплоподвода, при котором коэффициент теплоотдачи значительно выше, ограничивается неравномерностью нагрева материала, что является причиной его подгорания.

Известны технические решения процесса сушки картофеля, основанные на использовании не традиционных для отрасли приемов и устройств таких, как СВЧ- или ИК-теплоподвод, замораживание продукта на определенной стадии сушки, воздействие звуком низкой частоты, обработка сырья в электростатическом, магнитном полях или в поле коронного разряда. Однако это приводит к усложнению технологического процесса при незначительном повышении качества сухого продукта.

Анализ научно-технических и патентных источников информации показал, что в существующих способах сушки не реализованы условия для использования потенциальной энергии паровоздушной смеси, образующейся при испарении, на удаление влаги с поверхностного слоя продукта в поток сушильного агента. Исходя из этого, был разработан способ сушки картофеля, обеспечивающий соблюдение таких условий и сочетающий преимущества конвективного и кондуктивного теплоподвода.

I. Исследования процесса сушки картофеля со смешанным теплоподводом.

Сущность разработанного способа сушки, защищенного авторским свидетельством, заключается в следующем. Очищенный клубень картофеля нарезают на кусочки, бланшируют, а затем размещают их в твердых термостойких ячейках так, чтобы торцы кусочков оставались открытыми. Сушку осуществляют путем омыwania ячеек потоком горячего воздуха.

Плотное размещение кусочка картофеля в твердой термостойкой ячейке и подвод тепла обуславливают возникновение избыточного дав-

ления пара, которое создает механическое напряжение в объеме высушиваемого материала. Доказано, что при некоторых условиях и режимах сушки это является причиной разрушения образца внутри ячейки. Результаты проведенных экспериментов для различных величин отношения длины кусочка l к максимальному линейному размеру его поперечного сечения d_{max} позволили определить предельные значения $(l/d_{max})_{кр}$, являющиеся критическими с точки зрения возможности осуществления разработанного способа сушки (таблица I).

Таблица I.

Величина $(l/d_{max})_{кр}$ при различных температурах сушки

$t_c, ^\circ C$	$d_{max}, мм$			
	13	10	8	6
80	2,5	3,0	3,0	4,0
90	2,0	2,5	3,0	3,5
110	2,0	2,5	3,0	3,0
120	2,0	2,5	2,5	3,0

Способ сушки со смешанным теплоподводом имеет преимущества по сравнению с традиционной сушкой как по меньшей продолжительности процесса (в 2...3 раза), так и по качеству сухого продукта. Причиной, обуславливающей эти преимущества, являются особые механизмы тепло- и массообмена на поверхности материала, контактирующей с термостойкой ячейкой. Вследствие подвода тепла, пространство между стенкой ячейки и дефектами поверхности материала заполняется либо паровоздушной смесью (за счет испарения влаги), либо водой. Поскольку это пространство изолировано от сушильного агента, то внешний массообмен протекает путем конвективного переноса паровоздушной смеси:

$$j_m'' = g_n \sqrt{2\rho_{см}(\rho_{см} - \rho_{кр} - B)} \quad (I)$$

где g_n - массовая доля паров воды в смеси; $\rho_{см}, \rho_{кр}$ - плотность ($кг/м^3$) и давление (Па) смеси; B - давление в сушильной камере (Па); $\rho_{кр}$ - давление, учитывающее поправку на сопротивление конвективному потоку массы.

При этом часть энергии потока j_m'' расходуется на выброс "пробок" жидкости из пространства между стенкой ячейки и поверхностью материала в поток сушильного агента. Релаксация давления паровоздушной смеси приводит к тому, что часть жидкости поверхностного слоя кусочка картофеля, вследствие закона Бернулли, проталкивается к зоне испарения и образует новые "пробки". Такой механизм обезвожива-

ния весьма эффективен и отражается в том, что термическое сопротивление материала, из которого изготовлена ячейка практически не оказывает влияния на продолжительность процесса. Это подтверждено экспериментально: продолжительность сушки кусочков картофеля в ячейках, изготовленных из меди, алюминия, стекла, фторпласта, керамики колеблется в пределах $\pm 5\%$ от средней величины.

Установлено, что скорость первого периода сушки N с повышением температуры t_c изменяется, как:

$$N = \beta t_c - f \quad (2)$$

Как следует из уравнения (2), при некоторой температуре скорость первого периода сушки равна нулю. Действительно, проведенные эксперименты показали, что при температуре сушки ниже, чем t_c^k наблюдается объемная усадка кусочков картофеля, из-за чего нарушаются условия осуществления разработанного способа.

Таблица 2

Значения коэффициентов β и f , а также величина t_c^k для различных размеров обезвоживаемых образцов картофеля

Размер поперечного сечения образца, мм	β , $\%(\text{мин.}^\circ\text{C})^{-1}$	f , $\% \text{мин.}^{-1}$	t_c^k , $^\circ\text{C}$
5	1,03	52,70	51
9	0,33	14,90	45
13	0,14	5,43	39

Оптимальный режим любого процесса сушки определяется температурой, максимально допустимой для данного вида сырья. Поэтому была изучена кинетика нагрева картофеля при сушке со смешанным теплоподводом (рис. 1). На кривых изменения температуры различных слоев материала при сушке как ниже, так и выше 100°C можно выделить пять областей. Первые две области соответствуют периодам разогрева " постоянной скорости сушки, остальные три - периоду падающей скорости.

Градиент температуры на первом этапе сушки и описанный механизм разрушения образца внутри термостойкой ячейки свидетельствуют о том, что для исследуемого процесса характерно испарение влаги по всему объему материала. В отличие от конвективной сушки, объемное испарение для разработанного способа наблюдается и при температурах ниже 100°C .

Установлено, что причиной резкого падения температуры в образце является его усадка, которая при сушке со смешанным теплоподводом (в период падающей скорости) проявляется в образовании трещин,

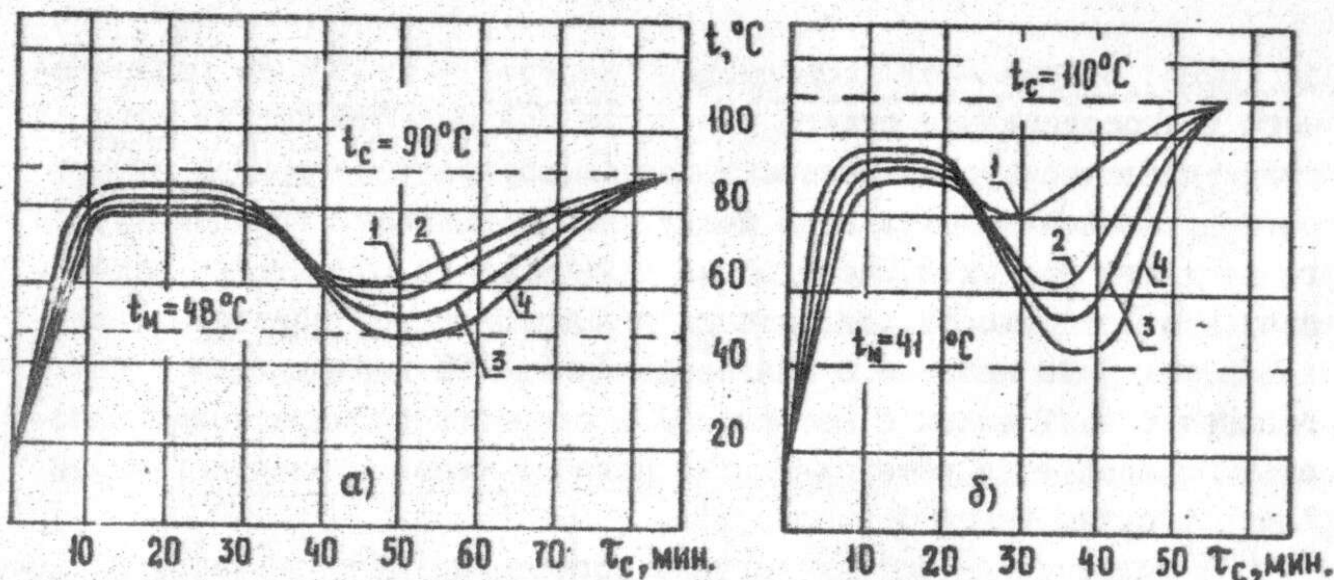


Рис. I. Кинетика послойного нагрева кусочков картофеля цилиндрической формы $\varnothing 13 \times 17$ мм: а) - $t_c = 90^\circ\text{C}$; б) - $t_c = 110^\circ\text{C}$.
1. - 0,5 мм; 2. - 2,5 мм; 3. - 4,5 мм; 4. - 6,5 мм.

каверн и крупных пор по всему объему кусочка картофеля.

Температура в слоях образцов снижается пока не наступит равновесие между подводимым теплом и теплом, расходуемым на испарение влаги (4-ая область). Наибольшее падение температуры наблюдается для внутренних слоев, что обусловлено как их большим влагосодержанием, так и количеством тепла, аккумулированного в предыдущие периоды сушки. Градиент температуры и образовавшиеся крупные поры способствуют переносу тепла и массы механизмами конвективной диффузии и теплового скольжения, что значительно интенсифицирует процесс дегидратации картофеля.

Сравнение кинетики нагрева с кривыми сушки показало, что повышение температуры для каждого слоя наступает при одном и том же среднем влагосодержании образца, и не зависит от параметров сушильного агента. Очевидно это обусловлено некоторым предельным влагосодержанием слоя, при достижении которого начинает удаляться связанная вода.

2. Характер поведения влаги в картофеле при сушке по данным ЯМР.

Исследования водной компоненты высушиваемых образцов картофеля проводились с помощью ядерного магнитного резонанса. Для этого были применены методики ЯМР широких линий и высокого разрешения.

С помощью ЯМР широких линий процесс сушки картофеля можно разделить на три этапа: первый, совпадающий с периодом постоянной скорости сушки, охватывает диапазон влагосодержания от начального

до 160% ; второй - от 160% до 50% ; третий - от 50% до равновесного влагосодержания сухого картофеля. Найдено, что второй этап сушки характеризуется нестабильностью образования связей и перераспределением молекул воды между функциональными группами сухого вещества продукта. Очевидно на данном этапе существуют потенциальные возможности для интенсификации процесса обезвоживания картофеля. Лишь начиная с влагосодержания 50% наблюдается стабилизация связей влаги с материалом и скорость дегидратации полностью определяется интенсивностью подвода тепла и энергией связи влаги с сухим веществом продукта.

В условиях насыщения сигнала поглощения ЯМР от свободной воды в диапазоне влагосодержания образцов картофеля от начального до 40% был обнаружен переворот фазы регистрируемого сигнала ЯМР на 180° (рис. 2).

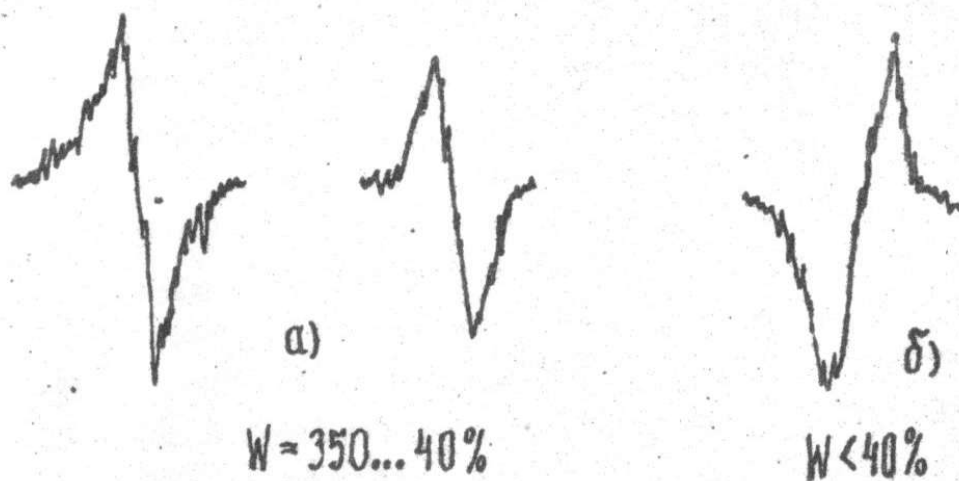


Рис. 2. Вид спектров ЯМР с правильной и "перевернутой" на 180° фазой: а) - фаза сигнала ЯМР "перевернута" на 180° ; б) - правильная фаза сигнала ЯМР.

Наблюдаемый эффект удовлетворительно, на наш взгляд, объясняется механизмами молекулярного обмена. Поскольку, согласно модели случайных диффузионных скачков, перемещение молекул жидкости возможно лишь на расстояния сравнимые с их эффективным диаметром, то следует признать существование некоторой поверхности раздела между фракциями воды с различной молекулярной подвижностью. Ниже влагосодержания 40% эффект переворота фазы сигнала ЯМР исчезает.

Получены характеристики молекулярной подвижности воды непосредственно в процессе сушки картофеля. Для этого использовали информационные возможности и аппаратное обеспечение ЯМР-спектрометра высокого разрешения типа ЯМР-5535.

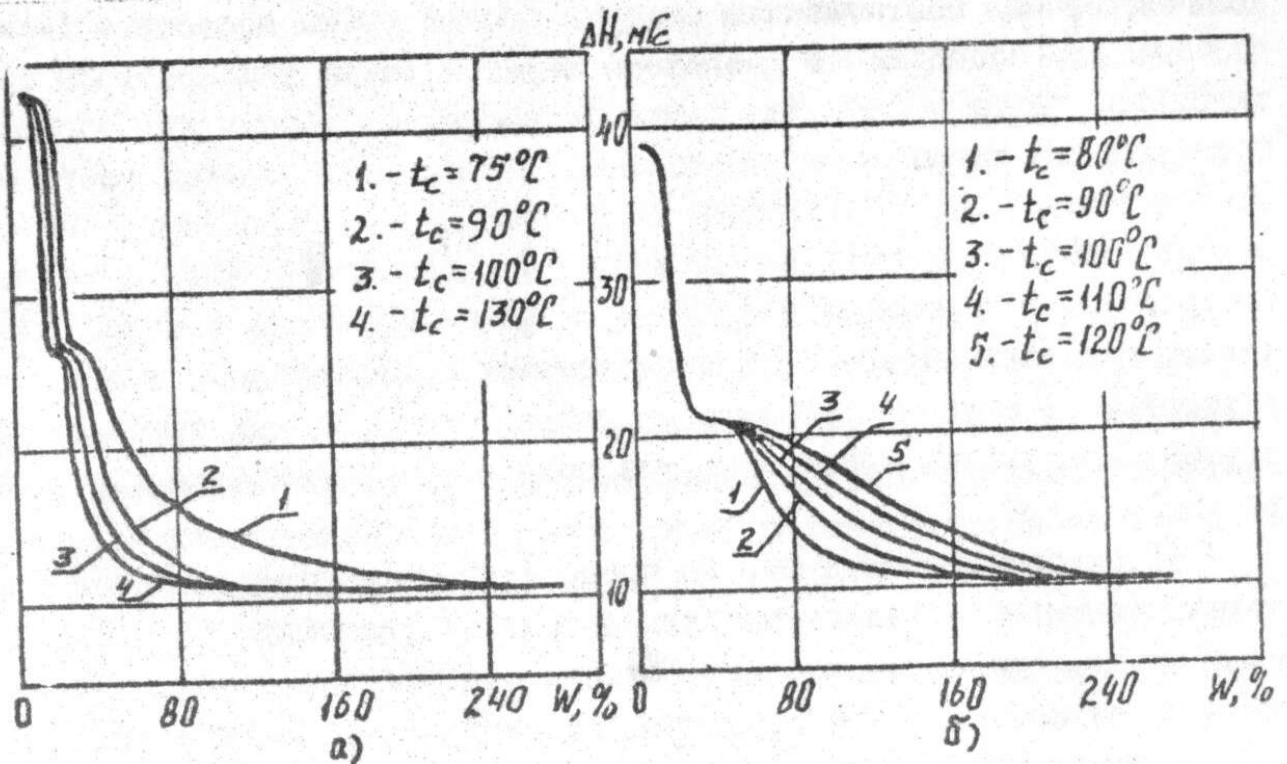


Рис.3. Ширина сигнала поглощения ЯМР в процессе сушки картофеля:
 а) - кипящий слой; б) - смешанный теплоподвод

Из рис.3а видно, что при равном влагосодержании образцов ширина сигнала поглощения ЯМР тем меньше, чем выше температура сушки. Для сушки картофеля со смешанным теплоподводом наблюдается обратная зависимость (рис.3б), что обусловлено вкладом сигнала от упорядоченных молекул воды поверхностного слоя продукта, который теряет влагу значительно быстрее, чем внутренние слои. Сделан вывод, что соотношение между упорядоченной (связанной) и свободной влагой в процессе сушки картофеля зависит от интенсивности его обезвоживания.

Ширину спектров поглощения ЯМР от молекул воды можно рассматривать как функцию энтропии водной компоненты образцов. Анализ результатов ЯМР-исследований позволил сделать обобщения относительно характера поведения влаги в процессе обезвоживания картофеля. Показано, что при сушке имеются такие состояния влаги, для которых ширина спектров поглощения ЯМР не зависит от влагосодержания образцов (рис.3а, 3б), т.е. производство энтропии в спиновой системе водной компоненты равно нулю. По теоретическим представлениям, такое состояние характерно для термодинамического равновесия во взаимодействующей системе. Следовательно, на определенных этапах сушки взаимодействие воды с сухим веществом картофеля может считаться равновесным. Такие состояния устойчивы в некоторых фиксированных диапа-

12

зонах влагосодержания картофеля. Ширина диапазонов определяется количественным соотношением между влагой и сухим веществом (при большем влагосодержании диапазоны шире), а также температурой сушильного агента и способом сушки. За пределами данных диапазонов производство энтропии отрицательно, и происходит переход влаги от одного равновесного состояния к другому. То, что характер этого перехода зависит от температуры и способа сушки, позволило сделать предположение о наличии как бы двух временных шкал: в одной протекают процессы массообмена (обезвоживания картофеля), в другой — внутренние процессы в образце, направленность которых обусловлена стремлением взаимодействующих фаз вода и сухое вещество к равновесию.

Из сказанного следует, что процесс сушки картофеля, с точки зрения уменьшения энергетических затрат на удаление влаги, необходимо вести с максимальной скоростью: в этом случае степень упорядоченности молекулярной структуры воды будет меньшая.

С помощью ЯМР-спектроскопии высокого разрешения была доказана неравномерность потери влаги объемом образца в процессе разработанного способа сушки. Для кусочков картофеля цилиндрической формы и размером $\varnothing 5 \times 15$ мм в момент достижения ими критического влагосодержания были получены величины: влагосодержания и диаметра внутренней (влажной) области обезвоживаемого образца; толщины сухого поверхностного слоя кусочка и его объемной доли. Данные результаты использовались для теоретического анализа процесса сушки картофеля со смешанным теплоподводом.

3. Качественные показатели сухого быстровосстанавливаемого картофеля.

Быстротечность процесса, неравномерность потери влаги объемом образца и щадящий тепловой режим, присущие разработанному способу сушки, обуславливают достаточно высокие качественные показатели готового продукта. Сухой картофель имеет развитую пористую структуру. Его общая пористость составляет $\Pi = 0,73 \pm 0,02$, и не зависит от режимов проведения процесса обезвоживания. Именно этот показатель способствует быстрому набуханию сухого продукта в смачивающей жидкости.

Показано, что степень набухания Δ сухого быстровосстанавливаемого картофеля может быть описана эмпирическим уравнением, которое является типичным для сухих пищевых растительных материалов:

$$Q = Q_m [1 - \exp(-k\tau)] \quad (3)$$

где k – постоянная набухания, мин.⁻¹; Q_m – максимальная степень набухания продукта, %; τ – время, мин.

Однако, в отличие от сухого картофеля получаемого традиционными способами сушки, для нового продукта величина k изменяется с течением времени по следующей зависимости:

$$k = 0,6 [1 + \exp(1 - \tau)^3] \quad (4)$$

При этом, уже для $\tau = 5 \dots 6$ мин. степень набухания практически равна максимальной (400...440%), а набухшие кусочки по своему внешнему виду и консистенции не отличаются от вареного, готового к употреблению в пищу картофеля.

Таблица 3.

Потери витамина С при сушке по отношению к бланшированному картофелю

Температура сушки, °С	Сушка в кипящем слое, кубики 8x8x8мм		Сушка по разработанному способу, цилиндры Ø13x17мм	
	Потери витамина С, мг/100г	Продолжительность сушки, мин.	Потери витамина С, мг/100г	Продолжительность сушки, мин.
80	20,6	283	3,5	100
90	20,6	190	4,3	85
100	17,3	135	12,5	77
110	18,6	96	10,5	55
120	11,5	70	13,6	50

Как видно из табл. 3, разработанный способ сушки обеспечивает меньшие потери витамина С в картофеле по сравнению с сушкой в кипящем слое. Этому способствует высокая скорость и щадящий тепловой режим разработанного способа: при $t_c = 90^\circ\text{C}$ суммарная температура материала для сушки со смешанным теплоподводом составила $77,2^\circ\text{C}\cdot\text{час}$, в то время как для кипящего слоя – $178,2^\circ\text{C}\cdot\text{час}$.

Для обнаружения и контроля содержания свободных радикалов сухой быстровосстанавливаемый картофель был исследован методом ЭПР. Показано, что в свежем продукте, высушенном при температурах от 80°C до 120°C и в образцах со сроком хранения 18 месяцев свободные радикалы, являющиеся канцерогенными веществами, не содержатся.

В ы в о д ы

1. Разработан принципиально новый способ сушки, защищенный авторским свидетельством, который позволяет получать безусадочный, высокопористый, быстровосстанавливаемый сухой картофель. При этом достигнуто сокращение продолжительности процесса в 2-3 раза, по сравнению с традиционными способами сушки.

Доказано, что основную роль в интенсификации обезвоживания играют механизмы выброса влаги в поток сушильного агента из зазора, ограниченного поверхностью картофеля и внутренней стенкой термостойкой ячейки.

2. Исследована кинетика процесса в зависимости от температуры и скорости сушильного агента, от размеров высушиваемых частиц. Найдены коэффициенты для общего уравнения продолжительности сушки, которые можно использовать в инженерных расчетах промышленных сушильных аппаратов.

3. На основании экспериментальных исследований показано, что кривые кинетики нагрева различных слоев кусочка картофеля при сушке со смешанным теплоподводом делятся на пять областей. Первым двум областям соответствует период постоянной скорости сушки, остальным - период падающей скорости.

Найдено, что особенности переноса тепла и влаги в периоде падающей скорости сушки, обусловлены развитием объемной пористости картофеля. Циркуляция паровоздушной смеси в порах продукта и температурный градиент по толщине образца способствуют возникновению теплового скольжения, что и является причиной интенсивного удаления влаги на данном этапе сушки.

4. Разработана методика ЯМР-исследований, позволяющая на молекулярном уровне выявить особенности удаления влаги из картофеля непосредственно в процессе сушки.

Показано, что после достижения образцами картофеля критического влагосодержания, определяемого по кривым сушки, некоторое время сохраняется достаточно высокая подвижность молекул воды.

5. Результаты ЯМР-исследований показали, что вода в картофеле по мере его обезвоживания проходит через состояния, характеризующиеся квазиравновесием с сухим веществом продукта. Такие состояния устойчивы в некоторых фиксированных диапазонах влагосодержания. За пределами этих диапазонов происходит переход влаги от одного равновесного состояния к другому.

На основании теоретических и экспериментальных исследований

показано, что чем интенсивнее процесс сушки, тем меньшее количество упорядоченной воды необходимо удалять из картофеля.

6. Качественные показатели сухого быстровосстанавливаемого картофеля, получаемого в результате разработанного способа, выгодно отличаются от соответствующих показателей для продуктов, выпускаемых промышленностью в настоящее время. Продолжительность восстановления нового продукта в горячей воде до полной готовности не превышает 10 минут, а восстановленные кусочки картофеля сохраняют первоначальную геометрическую форму.

Ремиссионный анализ цвета и микробиологический контроль свидетельствуют о хорошей устойчивости сухого продукта при хранении. Исследования, проведенные с помощью метода ЭПР, показали отсутствие в сухом быстровосстанавливаемом картофеле свободных радикалов.

7. На основании проведенных исследований разработан новый вид сушильной установки, сочетающей преимущества конвективного и кондуктивного теплоподвода к материалу, с участком загрузки-выгрузки продукта в рабочую камеру.

Выработанные опытные партии нового продукта были включены в рацион питания альпинистов, использованы в системе общественного питания г. Харькова и представлены в Центральное Продовольственное Управление Министерства Обороны СССР. Сухой быстровосстанавливаемый картофель получил высокую оценку перечисленных организаций, что подтверждено соответствующими документами.

По данным расчета прибыль от промышленного производства нового вида сухого картофеля составит 689 рублей на 1 тонну.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Жуков В.В., Петренко А.Г., Погожих Н.И. Спектрометр ЯМР для исследования влагосодержания твердых материалов // Физика твердого тела / Респ. межвед. научно-техн. сб. - Киев-Донецк: Выща школа, 1982. - Вып. 12. - С. 40-43.

2. Артеменко В.С., Жуков В.В., Погожих Н.И. Исследование влагосодержания в некоторых печеных овощах и плодах методом ЯМР // Проблемы индустриализации общественного питания / Тезисы докл. Всесоюз. конф. - Харьков. - 1984. - С. 346-348.

3. А.с. 1195232 СССР (6 01М 24/08). Способ определения абсолютной влажности материалов / В.В. Жуков, Н.И. Погожих, С.Н. Шумилов. - Заявлено 10.02.84. - Опубликовано 30.11.85. - Б.И. №44.

4. Гришин М.А., Жуков В.В., Погожих Н.И. Исследование влагосо-

держания методом ЯМР высокого разрешения в процессе сушки картофеля//Тепломассообмен/Тезисы докл.Международного Форума.-Минск.-1988.-Вып.7.-С.29.

5. Гришин М.А., Жуков В.В., Погожих Н.И. Способ сушки картофеля.-Положит.решение ВНИИПЭ по заявке №4301883/28-13 от 22.06.88.

6. Гришин М.А., Жуков В.В., Погожих Н.И. Контроль влагосодержания пищевых продуктов при их длительном хранении с целью эффективного использования энергоресурсов//Топливо-энергетические ресурсы и их рациональное использование в торговле/Сб.научных трудов.-Харьков.-1988.-С.65-67.

7. Гришин М.А., Жуков В.В., Погожих Н.И. Исследование сушки картофеля с помощью метода ЯМР широких линий//Изв.вузов СССР.Пищевая технология.-1989.-№1.-С.91-94.

8. Гришин М.А., Жуков В.В., Захаренко В.А., Погожих Н.И. Микропористая структура сушеного картофеля//Изв.вузов СССР.Пищевая технология.-1989.-№1.-С.99-101.

Гришин

В. В. 16 741

Сектор технологический
Институт пищевой промышленности
имени В. Д. Давыдова

БИБЛИОТЕКА