

УДК 573.6.086.83: 664.002.35

UDC 573.6.086.83: 664.002.35

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЩАДЯЩЕЙ
СУШКИ ТОМАТНОГО СЫРЬЯ С
МАКСИМАЛЬНЫМ СОХРАНЕНИЕМ
ИСХОДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ СВОЙСТВ**

**THEORETICAL SUBSTANTIATION AND
DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF
SPARING DRYING OF TOMATO RAW
MATERIAL WITH THE MAXIMUM
RETENTION OF THE INITIAL USEFUL
PROPERTIES**

Гаджиева Аида Меджидовна
к.х.н., доцент
*Дагестанский государственный технический
университет,
367015, г.Махачкала, пр-т И.Шамиля, 70;
электронная почта: gadzhieva_aida@mail.ru*

Gadzhieva Aida Medzhidovna
Cand.Chem.Sci., associate professor
*Dagestan State Technical University, 70, Imam Shamil
avenue., Makhachkala, 367015; e-mail:
gadzhieva_aida@mail.ru*

Мурадов Миязуллах Салманович
к.т.н., профессор
*Дагестанский государственный технический
университет,
367015, г.Махачкала, пр-т И.Шамиля, 70;
электронная почта: gadzhieva_aida@mail.*

Muradov Miyazullakh Salmanovich
Cand.Tech.Sci., professor
*Dagestan State Technical University, 70, Imam Shamil
avenue., Makhachkala, 367015; e-mail:
gadzhieva_aida@mail.ru*

Касьянов Геннадий Иванович
д.т.н, профессор
*Кубанский государственный технологический
университет, г. Краснодар, ул. Московская 2;
тел(861)255-99-07, электронная почта:
kasyanov@kybstu.ru*

Kasyanov Gennadi Ivanovich
Dr.Sci.Tech., professor
*Kuban State Technological University, Krasnodar, 2,
Moskovskaya st., ph.: (861) 255-99-07, e- mail:
kasyanov@kybstu.ru*

Проанализированы особенности выращивания и переработки томатов, выращиваемых в Дагестане. Приведена схема многэтажной электрической сушилки, позволяющей сушить подготовленные и нарезанные томаты в среде инертного газа

The peculiarities of tomato cultivation and processing grown in Dagestan are considered. The layout of multistory electric dryer allowing drying prepared and sliced tomatoes in an inert gas is described

Ключевые слова: ДАГЕСТАН, ТОМАТЫ, ВЫРАЩИВАНИЕ, ПЕРЕРАБОТКА, ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ, СКОРОСТЬ СУШКИ, ТЕМП ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

Keywords: DAGESTAN, TOMATOES, CULTIVATION, PROCESSING, DRYING PROCESS TECHNOLOGY, DRYING SPEED, RATE OF DEHYDRATION

Стратегической задачей аграрной политики Правительства Республики Дагестан является увеличение эффективности производства сельхозпродуктов, в том числе томатов [1]. В выполнении этой задачи важное место занимает скорейшее внедрение новейших прорывных технологий переработки томатов, позволяющие значительно сократить потери продукции.

Томат является самой популярной овощной культурой во всем мире. Его отличает разнообразие сортов, высокая отзывчивость на агротехнические приемы выращивания [2].

В настоящее время известны многие сорта томатов, такие как Бетта, Бычье сердце, Гибрид Ралли F1, Гном, Дубрава, Загадка, Ляна, Малиновая лампа, Томат розовый, Хурма, Цифомандра, которые обладают высокими органолептическими показателями и хорошими технологическими свойствами. Томаты содержат от 4 до 6 % сухих веществ, белков 0,6-1,6%, клетчатки 0,84 %, пектиновых веществ 0,03-0,23 %, витамина С (20-40 мг %), В незрелых плодах томатов обнаружены гликозиды: соланин и томатин. Содержатся также витамины К, РР, В, В₂, В₃. В составе кожицы и мякоти томатов имеется хлорофилл и каротиноиды. Красную окраску придает ликопин, оранжево-желтую β -каротин и ксантофилл. Из минеральных веществ содержатся калий, натрий, магний, фосфор, железо, кобальт, цинк и др.

Томаты выращенные в южных районах Дагестана в полной мере обогащены полезными компонентами. В плодах таких томатов содержатся 5-6 % сухих веществ, в том числе 0,13 пектина, 0,84 клетчатки, 0,5 органических кислот; 0,6 минеральных веществ и т.д. Томаты, выращенные в горах, на почве с большим содержанием кальция, отличаются повышенной плотностью тканей и длительной сохранностью [3].

Однако, несмотря на большую популярность у населения томатной продукции, сроки ее хранения в натуральном виде весьма ограничены. Проблема потерь части урожая особенно актуальна в отношении томатов. Томаты являются одними из самых скоропортящихся овощей, требующих особых условий хранения и характеризующихся нестойкостью при перевозках. И хотя сушка не является популярным методом переработки томатов, имеется тенденция по увеличению производства сушёных

томатов в большинстве стран крупных производителей. Сушёные томаты находят широкое применение в общественном питании при приготовлении пицц, супов, салатов, соусов и в качестве ингредиентов пищевых концентратов первых и вторых обеденных блюд. Последние годы томатопродукты оказались в сфере интересов исследователей благодаря их высокой биологической ценности, антиокислительной активности и функциональным свойствам. Особый интерес представляют сушёные томаты, т.к. биологически-активные антиоксиданты (ликопин, β -каротин, витамин С, полифенолы, флавоноиды) находятся в них в концентрированном виде. Наибольшую ценность представляет ликопин, проявляющий не только антиоксидантные свойства, но и лечебно-профилактические, который может быть использован для производства функциональных продуктов питания и биологически-активных добавок к пище.

Рост покупательского интереса к здоровой и удобной пище вносит свой вклад в увеличение спроса на продукты высокого качества. Чтобы получить сушёные томаты высокого качества необходимо их высушивать надлежащим образом. Томаты – термолабильный продукт, и при сушке часто приобретают непривлекательный цвет и несвойственный им аромат, что приводит также к потере ценных пищевых компонентов и уменьшению сроков их годности. Промышленная сушка даёт возможность контролировать процесс, который должен быть установлен на базе знаний химического состава томатов и особенностей его превращений при переработке.

В настоящее время на практике сушки продукции растительного происхождения наибольшее распространение, получили сушильные установки конвективного типа, отличающиеся простотой конструкции и эксплуатации, возможностью работы от различных источников энергии [4-6]. Вместе с тем они имеют ряд недостатков, в числе которых

значительные потери тепла с отходящим отработанным воздухом, зависимость эффективности работы сушилки от влажности атмосферного воздуха, негативное влияние горячего воздуха на качество готового продукта. Указанные недостатки конвекционной сушки обусловлены спецификой взаимодействия горячего воздуха с высушиваемыми объектами на различных этапах процесса сушки. На начальном этапе сушильного процесса взаимодействие протекает достаточно эффективно, энергоёмкость процесса мала, а скорость сушки достаточно высока. Однако по мере высыхания продукта и связанного с этим снижения его тепло- и массопроводящих характеристик, всё большая доля тепловой энергии не расходуется эффективно. Энергоёмкость процесса возрастает, время сушки многократно увеличивается, возникают локальные перегревы продукта (в первую очередь, его поверхностных слоев). Это напрямую отражается на качестве готовой продукции. Так, для пищевых продуктов увеличение времени и температуры процесса сушки приводит к потере пищевой ценности продукта (снижению сохраняемости содержащихся в нём полезных веществ и витаминов), ухудшению его органолептических характеристик (локальным изменениям цвета, слипанию отдельных частиц и т.д.).

Конвективная сушка характеризуется достаточно сложным одновременным протеканием массо- и теплообменных процессов. При неизотермическом переносе влаги, т.е. если режим прогрева влажного материала обуславливает появление в нём не только градиента влажности, но и градиента температуры, влага внутри материала будет перемещаться как за счёт градиента влажности (явление влагопроводности или концентрационная диффузия), так и благодаря градиенту температуры (явление термовлагопроводности или термическая диффузия) [7]. Термовлагопроводность является причиной перемещения влаги по направлению потока тепла; при конвективной сушке создаётся градиент

температуры, противоположный градиенту влажности, что препятствует передвижению влаги изнутри к поверхности материала.

С учетом вышеизложенного с целью совершенствования технологии переработки томатов мы проанализировали возможность сушки томатов при щадящих технологических режимах, позволяющих максимально сохранить ценные компоненты сырья.

В связи с этим, весьма актуальной является задача совершенствования способа сушки с максимальным сохранением физиологически ценных веществ исходного сырья [8,9].

Постановка и решение задач

Целью работы являлась разработка технологии щадящей сушки томатного сырья, обеспечивающая более полное сохранение исходного содержания ценных компонентов за счет использования в качестве сушильного агента инертного газа.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определить теплофизические свойства томатов, выращиваемых в Дагестане
- сконструировать компактную сушильную установку, позволяющую одновременно сушить разные сорта томатного сырья;
- разработать рациональные режимы удаления влаги из томатного сырья с использованием в качестве инертного газа азота;
- обосновать выбор технологических приемов подготовки томатов и продолжительность интервала сушки;

Конвективная сушка является самым распространенным способом обезвоживания овощного сырья, с целью продления сроков его хранения. Способ конвективной сушки предусматривает передачу тепла к высушиваемому сырью с помощью горячего воздуха. При передаче тепловой энергии происходит выделение влаги из сырья, которую уносит из установки сушильный агент.

Сушка томатов во многом зависит от общего содержания влаги в продукте и вида связи влаги с материалом, которая зависит от величины свободной энергии изотермического обезвоживания. При этом необходимо выполнить работу, необходимую для удаления 1 моля воды при постоянной температуре без изменения состава вещества при данном влагосодержании. Можно определить количество энергии для удаления 1 кг/моль воды из сырых томатов (уравнение 1):

$$A = -R \times T \times \ln \varphi \quad (1)$$

где: A – энергия связи влаги, Дж/моль;
 R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль×К);
 T – температура, °С;
 φ – относительная влажность воздуха.

Если в томатах имеется свободная влага, то $A=0$. Когда влага удаляется из клеток, тогда энергия связи A возрастает.

Представляет интерес определение удельной теплоемкости томатов, которое соответствует количеству тепла поглощенного продуктом при нагревании на 1 °С или Кельвина и выражается в кДж/(кг·°С). Такие влажные продукты как томаты отличаются высокой теплоемкостью. Необходимо также определить количество тепловой энергии, проходящее через единицу поверхности за единицу времени, т.е. коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К). Удельную теплопроводность определяли по формуле: $\frac{\text{кДж}}{\text{м.ч.град}}$ (ГОСТ 30256).

Коэффициент температуропроводности определяли как отношение теплопроводности к объёмной теплоёмкости при постоянном давлении и измеряется в м²/с.

$$\chi = \frac{\kappa}{c_p \rho},$$

где χ – температуропроводность, λ – теплопроводность, c_p – изобарная удельная теплоёмкость, ρ – плотность.

В таблице 1 приведены теплофизические свойства томатов 4 сортов.

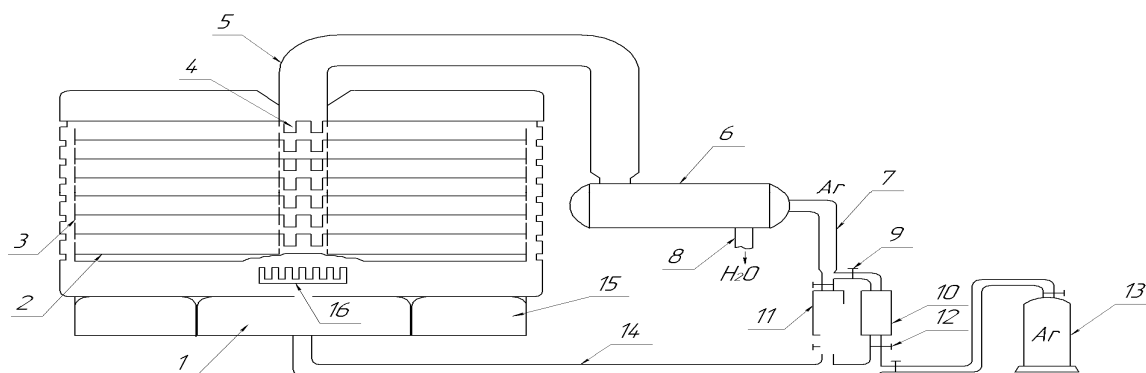
Таблица 1 – Теплофизические свойства томатов

Сорта Томатов	Удельная теплоемкость, C_p , кДж/(кг·°С)	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	Коэффициент температуропроводности, $m^2/c, a \cdot 10^4$
Адмиралтейские	3,93-3,98	0,87-0,95	0,22-0,23
Белый налив	3,80-3,91	0,84-0,89	0,221-0,227
Бычье сердце	3,85-3,92	0,80-0,90	0,207-0,229
Дамские пальчики	3,84-3,94	0,85-0,91	0,221-0,230

Как видно из данных таблицы 2, томаты отличаются сравнительно высокой теплопроводностью и способны быстро нагреваться и охлаждаться.

Экспериментальная часть

Для выполнения исследований по совершенствованию технологии сушки овощного сырья, сконструирована многоярусная сушильная установка, с использованием азота в качестве сушильного агента (рисунок 1).



азот

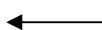


Рисунок 1– Сушильная установка для овощей

1 – полость подачи азота; 2 – противень для продукта; 3 – стенки отсеков сушилки; 4 – выпускные патрубки для отработанного газа; 5 – вытяжка; 6 – конденсатор; 7 – патрубок для азота; 8 – патрубок для воды; 9,12 – соленоидные вентили; 10,11 –

адсорбционные съемные фильтры; 13 – сосуд Дьюара с азотом; 14 – всасывающий коллектор; 15 – основная платформа со встроенным тепловентилятором 16, который нагнетает и нагревает азот

Отличительной особенностью спроектированной сушилки является оригинальная система подачи нагретого азота в каждый из 8 цилиндрических лотков с сырьем, по аналогии с новозеландской сушилкой Изидри. Теплый газ, с температурой установленной с помощью терморегулятора в интервале от 35 до 65 °С, подается снизу не через весь объем загруженного в лотки сырья, а в каждый лоток индивидуально, от краев к центру лотка.

При проведении исследований по определению показателей качества и безопасности овощного сырья и высушенных продуктов, были использованы общепринятые способы исследования органолептических, физико-химических и биохимических свойств. В таблице 2 приведено содержание пищевых веществ томатов на 100 г съедобной части.

Таблица 2 – Химический состав выбранных для исследований томатов

Сорта Томатов	Содержание, %							Средняя масса плода, г.
	Влага	Белок Nx6,25	Жир	Сахара	Вит. С мг%	Органич. Кислоты		
Адмиралтейские	93,5	0,8	0,35	5,1	25,0	0,5	190	
Белый налив	93,5	0,8	0,35	5,1	25,0	0,5	80	
Бычье сердце	92,5	0,4	0,35	5,1	25,0	0,5	920	
Дамские пальчики	93,5	0,8	0,35	5,1	25,0	0,5	70	

Проанализировав полученные данные, приведенные в таблице 2, можно сделать вывод о том, что выбранное сырье обладает сравнительно высокой влажностью 79-88 %, содержит углеводы и витамин С, которых недостает в животном сырье.

Химический состав нарезанных на ломтики высушенных томатов представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав высушенных томатов

Сорта Томатов	Содержание, %					
	Влага	Белок Nx6,25	Жир	Сахара	Вит. С мг%	Органич. Кислоты
Адмиралтейские	14,5	14,1	2,95	37,1	39,2	0,67
Белый налив	14,1	0,8	0,35	5,1	36,4	0,72
Бычье сердце	13,4	0,4	0,35	5,1	37,6	0,68
Дамские пальчики	13,3	0,8	0,35	5,1	36,5	0,69

По прописям Евростандарта высушенные томаты должны иметь товарный вид, не иметь повреждений, постороннего привкуса или запаха, волокон плесени, значительных поверхностных пороков, пятен. В зависимости от содержания влаги, текстура сушеных томатов может некоторым образом изменяться (таблица 4).

Таблица 4–Содержание влаги и текстура сушеных томатов

Содержание влаги в сушеных томатах	Уровень содержания влаги		Текстура
	мин %	макс %	
Высокое	25	40	Мягкая и гибкая
Среднее	14	15	Твердая, но гибкая
Пониженное	12	14	Очень твердая
Низкое	6	11	Жесткая и хрупкая

В каждой партии разрешается наличие продукта, который не полностью соответствует предъявляемым требованиям к размерам и качеству указанного сорта или имеет незначительные дефекты (таблица 5).

Таблица 5–Допустимые дефекты сушеных томатов

Допустимые дефекты сушеных Томатов	Процентная доля дефектных сушеных томатов по массе		
	Высший сорт	Первый сорт	Второй сорт
Поврежденные вредителями или заплесневелые, гнилые, с признаками ферментации, из которых не более	1	2	3
С признаками ферментации	0,5	1	1
Заплесневелые плоды	0,5	1	1

Как видно из данных таблицы 5, стандартами Евросоюза допускается некоторое количество сушеных томатов с небольшими дефектами.

Выводы

В ДагГТУ разработана оригинальная технология сушки томатного сырья в электрической сушилке в атмосфере азота. Предложена конструкция установки для сушки томатов. Определена зависимость текстуры сушеных томатов от содержания влаги.

Оценка пищевой ценности продуктов конвективной сушки показала, что по органолептическим, физико-химическим показателям и усвояемости, томаты, высушенные по новой технологии, представляют собой высококачественное изделие. При этом сравнительно хорошо сохраняются белки, липиды, сахара и витамин С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмедова П.М. Совершенствование агроприемов выращивания скороспелых сортов томата безрассадным способом в условиях Дагестана: автореферат дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / Ахмедова Патимат Магомедовна; [Место защиты: Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства].- Москва, 2012.- 27 с.
2. Ахмедова П.М. Сорты томата для безрассадной культуры в Дагестане //П.М.Ахмедова //Картофель и овощи.-2010.-№1.–С.10-11.
3. Ахмедова П.М. Новые сорта томата, пригодные для возделывания в орошаемых условиях Республики Дагестан/Ю.А. Гусейнов, П.М. Ахмедова, К.И. Алиев

//Сборник научных трудов, посвященный 50-летию Дагестанского НИИСХ.- Махачкала, 2010.- Часть 2.- С. 5-8.

4. Снежкин Ю.Ф., Хавин А.А., Наумов С.Е., Чалаев Д.М. Сушка термолабильных материалов низкопотенциальным теплоносителем пониженной влажности. Промышленная теплотехника, том 4, 2002, с. 63-65.
5. Hayashi E.M., Carabulea B., Sleagun G. Evaluarea sectorului de uscare a fructelor silegumelor din Moldova. Chisinău: USAID, PDBA, CNFA, 2006. 106 p.
6. Шлягун Г.В. Развитие производства сушёных фруктов и овощей в республике Молдова. Сборник научных трудов межд. научн.-практ. конф. «Технологические и микробиологические проблемы консервирования и хранения плодов и овощей» к 100-летию со дня рождения В.И.Рогачева, Москва-Видное, 2007, с. 341-346.
7. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. Москва: Пищевая пром-сть, 1973. 528 с.
8. Чернышев С.В. Разработка и научное обоснование технологии сушёных томатов. Автореферат диссерт. на соиск. уч. ст. д. т. н. Кишинёв, 2011. –29с.
9. Шлягун Г.В., Чернышев С.В. Кинетика нагрева томатов в процессе конвективной сушки в плотном слое. //Хранение и переработка сельхозсырья, № 9, 2010.– С. 11-14.

REFERENCES

1. Ahmedova P.M. Covershenstvovanie agropriemov vyrashhivaniya skorospelyh sortov tomata bezrassadnym sposobom v usloviyah Dagestana: avtoreferat dis. ... kandidata sel'skohozjajstvennyh nauk: 06.01.01 / Ahmedova Patimat Magomedovna; [Mesto zashhity: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut ovoshhevodstva].- Moskva, 2012.- 27 s.
2. Ahmedova P.M. Sorta tomata dlja bezrassadnoj kul'tury v Dagestane /P.M.Ahmedova //Kartofel' i ovoshhi.-2010.-№1.-S.10-11.
3. Ahmedova P.M. Novye sorta tomata, prigodnye dlja vozdeljvaniya v oroshaemyh usloviyah Respubliki Dagestan/Ju.A. Gusejnov, P.M. Ahmedova, K.I. Aliev //Sbornik nauchnyh trudov, posvjashhennyj 50-letiju Dagestanskogo NIISH.- Mahachkala, 2010.- Chast' 2.- S. 5-8.
4. Snezhkin Ju.F., Havin A.A., Naumov S.E., Chalaev D.M. Sushka termolabil'nyh materialov nizkopotencial'nyh teplonositelem ponizhennoj vlazhnosti. Promyshlennaja teplotehnika, tom 4, 2002, s. 63-65.
5. Hayashi E.M., Carabulea B., Sleagun G. Evaluarea sectorului de uscare a fructelor silegumelor din Moldova. Chisinău: USAID, PDBA, CNFA, 2006. 106 p.
6. Shljagun G.V. Razvitie proizvodstva sushjonyh fruktov i ovoshhej v respublikе Moldova. Sbornik nauchnyh trudov mezhd. nauchn.-prakt. konf. «Tehnologicheskie i mikrobiologicheskie probleme konservirovaniya i hranenija plodov i ovoshhej» k 100-letiju so dnja rozhdenija V.I.Rogacheva, Moskva-Vidnoe, 2007, s. 341-346.
7. Ginzburg A.S. Osnovy teorii i tehniki sushki pishhevyyh produktov. Moskva: Pishhevaja prom-st', 1973. 528 s.
8. Chernyshev S.V. Razrabotka i nauchnoe obosnovanie tehnologii sushjonyh tomatov. Avtoreferat dissert. na soisk. uch. st. d. t. n. Kishinjov, 2011. –29s.
9. Shljagun G.V., Chernyshev S.V. Kinetika nagreva tomatov v processe konvektivnoj sushki v plotnom sloe. //Hranenie i pererabotka sel'hozsy'r'ja, № 9, 2010.– S. 11-14.