УДК 664.8.047

Е.В. Иночкина, Г.И. Касьянов, С.М. Силинская

ТЕХНОЛОГИЯ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ ОВОЩЕЙ В СРЕДЕ ИНЕРТНОГО ГАЗА

Обоснована теоретическая возможность обезвоживания овощного сырья в среде инертного газа способом конвективной сушки. Определены наиболее пригодные для сушки сорта моркови (сорта Нантская), сахарной свеклы (сорта Кубанский МС 81), топинамбура (сорта Диетический). Предложена конструкция компактной сушильной установки, позволяющая одновременно сушить разнородные виды овощного сырья. Обоснован выбор технологических приемов подготовки сырья к сушке путем бланширования и обработки ЭМП низкой частоты. Новизна работы заключается в разработке рациональных режимов удаления влаги из сырья с использованием в качестве сушильного агента инертного газа аргона. Для обезвоживания ломтиков корнеплодов и пюреобразной массы предложен режим сушки: температура процесса 35–65 °С, продолжительность процесса 3,0–3,5 часа. Определено изменение содержания сахаров в образцах корнеплодов в период сушки. Установлена зависимость потерь витамина С в образцах продуктов от температуры и продолжительности нагрева.

Процесс сушки, морковь, сахарная свекла, топинамбур, пищевая ценность

Введение

Овощное сырье, к которому относятся и корнеплоды, имеет коллоидную, капиллярно-пористую структуру, с фрагментами высокомолекулярных углеводов, белковых веществ, липидов, витаминов, макро- и микроэлементов. Подготовка овощей к сушке и сам процесс традиционного обезвоживания продукта могут приводить к значительной потере биологически активных веществ.

В связи с этим весьма актуальной является задача совершенствования способа сушки овощей с максимальным сохранением физиологически ценных веществ исходного сырья.

Конвективная сушка является самым распространенным способом обезвоживания овощного сырья с целью продления сроков его хранения. Способ конвективной сушки в традиционном варианте 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. Путем обобщения литературных данных и экспериментальных исследований по оценке температуропроводности овощей, С.А. Ильиной удалось определить коэффициенты температуропроводности ряда овощей [5].

На кафедре технологии мясных и рыбных продуктов КубГТУ проводятся исследования по интенсификации процесса сушки растительного и животного сырья [1, 2, 4, 10, 11].

В технической литературе описаны различные способы обезвоживания сырья растительного и животного происхождения [3, 6–9]. В опытно-промышленных условиях с нашим участием отработан способ сушки овощного сырья с теоретическим обоснованием и экспериментальным подтверждением целесообразности предварительного бланширования и обработки сырья электромагнитным полем низких частот (ЭМП НЧ) для перемещения влаги из центра к поверхности. Сущность методики заключается в использовании резонансных частот с целью максимального перераспределения влаги от центра продукта к поверхности с последующим высушиванием продукта в СВЧ-установке.

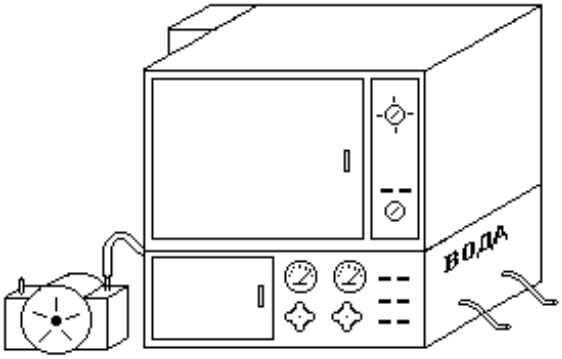

Рис. 1. Внешний вид вакуумной СВЧ-сушилки

Описано устройство для удаления влаги из продукта за счет синергизма процессов вакуумной и электромагнитной обработки [1, 4]. Были предложены многокомпонентные рецептуры сухих продуктов, сбалансированных по аминокислотному составу. Усовершенствована технология производства вяленых и сухих продуктов длительного хранения.

Весьма эффективна конвективная сушка сырья в псевдоожиженном состоянии. Однако существующие конвективные сушильные установки отличаются высокими удельными энергозатратами, достигающими 3,0 кВт.ч/кг. При этом может происходить перегрев продукта и ухудшение качественных показателей за счет окисления БАВ сырья кислородом воздуха.

Интенсифицировать процесс сушки овощей можно путем применения инертного газа как сушильного агента.

Целью работы являлась разработка технологии щадящей сушки овощей и корнеплодов в сушилке с интенсивным энергоподводом в среде инертного газа.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– сконструировать компактную сушильную установку, позволяющую одновременно сушить разнородные виды овощного сырья;

– разработать оптимальные режимы обезвоживания сырья с использованием инертного газа аргона как сушильного агента;

– разработать рецептуры сухих смесей из высушенного пюре моркови, сахарной свеклы и топинамбура;

– обосновать выбор технологических приемов подготовки сырья и продолжительность интервала сушки;

– выполнить расчет экономической эффективности конвективной сушки овощного сырья.

Объект и методы исследования

Для выполнения исследования по совершенствованию технологии сушки овощей нами предложена многоэтажная сушильная установка с использованием аргона как сушильного агента (рис. 2).

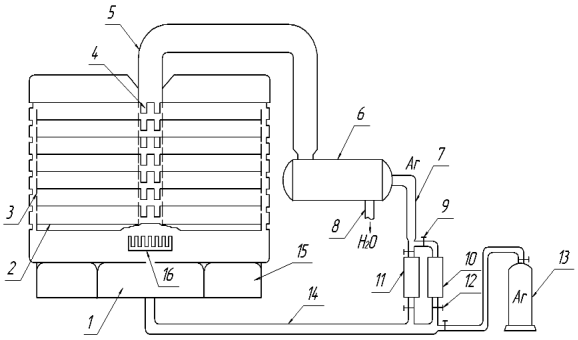

Рис. 2. Сушильная установка для корнеплодов
1 – полость подачи аргона; 2 – противень для продукта; 3 – стенки отсеков сушилки; 4 – выпускные патрубки для отработанного газа; 5 – вытяжка; 6 – конденсатор; 7 – патрубок для аргона; 8 – патрубок для воды; 9, 12 – соленоидные вентили; 10, 11 – адсорбционные съемные фильтры; 13 – баллон с аргоном; 14 – всасывающий коллектор; 15 – основная платформа со встроенным тепловентилятором 16, который нагнетает и нагревает аргон

Отличительной особенностью спроектированной сушилки является оригинальная система подачи нагретого аргона в каждый из восьми 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.

Для определения показателей качества и безопасности овощного сырья и высушенных продуктов были использованы общепринятые способы исследования органолептических, физических и биохимических свойств.

Отбор проб овощного сырья для оценки качества сырья и подготовки его к испытаниям проводили по ГОСТ 7269. Определение массы влаги проводили путем обезвоживания ломтиков сырья в сушильном шкафу при 105±2 °С до постоянной массы. Содержание аминокислот и водорастворимых витаминов определяли с помощью капиллярного электрофореза на приборе «Капель-105» по прописям фирмы «Люмекс».

Минеральные элементы (Cd, Cu, Mn, Al, Fe, Co, Ni, Se, Bi) определяли на атомно-абсорбционном спектрометре А-2. Органолептику образцов – по ГОСТ 9959. Количественный и качественный анализ алкалоидов, фенольных соединений металлов, нитратов, изучение степени окисленности жиров – методом УФ-спектрофотометрии на спектрофотометре UNICO-2800. Для оценки относительной биологической ценности использовали тест-микроорганизм – реснитчатую инфузорию Тетрахимена пириформис. Микробиологические показатели – по ГОСТ 30425.

Безопасность сырья и готовой продукции определяли инструментальным способом и оценивали по содержанию микробиологических показателей и токсичных элементов.

Измерения проводились с использованием ротатабельных центральных композиционных планов полного факторного эксперимента. Статистическую обработку результатов эксперимента проводили с использованием программы фирмы Microsoft «STATISTICA 6».

Воспроизводимость опытов оценивали с помощью критерия Кохрена (Gp), адекватность уравнений регрессии с помощью критерия Фишера (Fp), а коэффициент регрессии – по критерию Стьюдента (t_3).

Теоретически обоснован выбор корнеплодов для производства сухих продуктов, представлен качественный и количественный состав новых продуктов питания.

Установлены режимы сушки для нарезанного ломтиками сырья в интервале от 35 до 65 °С. Сушка предварительно подготовленного сырья проходит быстро и эффективно, потребляя 250–300 Вт/ч электроэнергии.

Химический состав сухих продуктов длительного хранения во многом зависит от качественных показателей исходного сырья.

При проведении исследований использовали корнеплоды моркови сорта Нантская, которую можно выращивать в открытом или закрытом грунте, сахарную свеклу сорта Кубанский МС 81, включенную в Госреестр по Северо-Кавказскому (6) региону. В условиях Кубани этот сорт дает урожай 378 ц/га. Использовали также морозо- и засухоустойчивый сорт топинамбура «Диетический», с высоким содержанием инулина.

С целью предохранения корнеплодов от потемнения перед сушкой их бланшируют паром в течение 1–2 мин.

В табл. 1 приведен химический состав корнеплодов.

Таблица 1

Химический состав выбранного для исследований сырья

Вид исследуемого сырья	Содержание, %						Средняя масса корнеплода, г.
	Влага	Белок Nx6,25	Жир	Сахара	Витамин С мг%	Зола	
Морковь	88	1,3	0,1	6,8	5,0	1,0	120
Сахарная свекла	86	1,2	0,1	8,6	10,0	1,0	550
Топинамбур	79	2,1	0,1	12,7	6,0	1,8	90

Проанализировав полученные данные, приведенные в табл. 1, можно сделать вывод о том, что выбранное сырье обладает сравнительно высокой влажностью 79–88 %, содержит углеводы и витамин С, которых недостает в животном сырье.

Предварительно подготовленные корнеплоды резали на дольки толщиной 4 мм и закладывали в сушильные лотки. Сушку проводили при температуре 45 °С. В период проведения сушки контролировали изменение массовой доли сухих веществ и общих сахаров (рис. 3 и 4).

Содержание воды в образцах корнеплодов показывает, что до заданных значений массовой доли влаги, соответствующих требованиям стандарта, продукт высушивается в течение 3,0–3,5 ч.

Химический состав высушенных корнеплодов представлен в табл. 2.

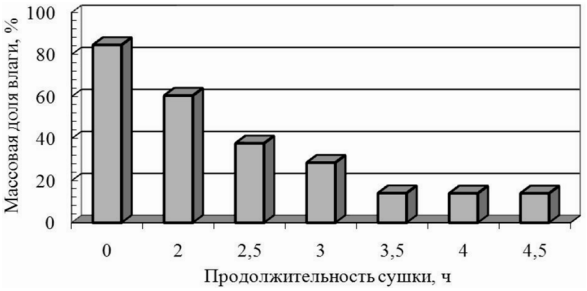

Рис. 3. Изменение содержания влаги в образцах сахарной свеклы сорта Кубанский МС 81 в период сушки

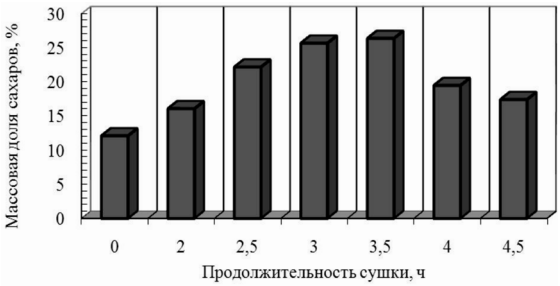

Рис. 4. Изменение содержания сахаров в образцах сахарной свеклы сорта Кубанский МС 81 в период сушки

Таблица 2

Химический состав корнеплодов, высушенных в среде инертного газа

Сухие корнеплоды	Содержание, %					
	вода	белок	жир	пектиновые вещества	вит. С	общие углеводы
Морковь	14,0±0,11	11,0±0,12	1,4±0,11	4,9±0,13	10,2±0,12	53,49±0,16
Сахарная свекла	14,0±0,11	5,5±0,12	0,3±0,11	8,6±0,13	9,8±0,12	61,12±0,16
Топинамбур	14,0±0,11	8,5±0,12	2,2±0,11	6,7±0,13	12,4±0,12	53,09±0,16

Результаты исследований подтверждают, что во время сушки (свыше 3,5 ч) наблюдаются потери сахаров, что связано с реакциями меланоидинообразования и карамелизации. В образцах сухих ломтиков корнеплодов топинамбура наибольшая концентрация сахаров наблюдается по истечении 3,5 ч сушки и составляет 26,5–26,7 %. Проанализировав содержание витаминов в сухом продукте, установили, что потери витаминов во многом зависят от температурных режимов и условий проведения процесса (конвективная сушка в воздушной среде или в среде инертного газа).

Авторы предложили создать новый вид порошкообразной натуральной пищевой добавки из измельченных до пюреобразного состояния корнеплодов моркови, сахарной свеклы и топинамбура в соотношении 1:0,5:0,5. 1 кг сухой смеси моркови, сахарной свеклы и топинамбура при конвективном способе сушки в среде инертного газа имеет себестоимость 105 руб.

Содержание витаминов в овощной модельной смеси, подвергнутой сушке в обычной сушилке и в сушилке с инертным тепловым агентом, представлены в табл. 3 и на рис. 5.

Изучая количественное изменение витаминного состава на основе полученных данных в табл. 3, можно заключить, что витамины лучше сохраняются при ведении процесса в сушилке с инертным газом, а хуже – при сушке в среде горячего воздуха. Таким образом, высокая температура не приемлема

для сохранения витаминной группы, в связи с чем целесообразно использовать низкую температуру для создания специализированных пищевых продуктов с заданными требованиями.

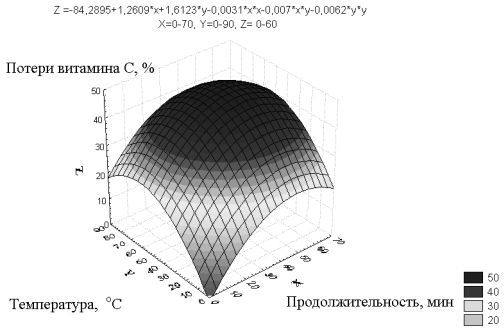

Рис. 5. Кинетическая зависимость потерь витамина С в овощной модельной смеси от температуры и продолжительности микроволнового нагрева

Таблица 3

Содержание витаминов в зависимости от способа сушки овощной модельной смеси

Способ сушки	Содержание витаминов мг/100г			
	B_1	B_2	PP	C
В исходном образце	0,44	0,56	2,5	22,1
Конвективный с воздухом	0,39	0,51	2,1	10,5
Конвективный с инертным газом	0,42	0,52	2,3	20,6

Как видно из представленной графической зависимости, отражающей изменения потерь витамина С при сушке в среде инертного газа, можно отметить, что, термолабильный витамин С при температуре сушки выше 55 °С и продолжительности 45 мин начинает разрушаться.

Результаты и их обсуждение

Подобраны пригодные для сушки сорта корнеплодов из числа районированных сортов в Северо-Кавказском регионе. Показана эффективность кратковременной паровой бланшировки и предварительной нарезки корнеплодов на качество сушеной продукции.

Практическая значимость выполненных исследований заключается в подготовке рекомендаций по использованию технологических режимов конвективной сушки корнеплодов.

Усовершенствована конструкция сушильной установки для корнеплодов, позволяющая одновременно подвергать сушке различное сырье.

Установлены рациональные режимы сушки ломтиков корнеплодов: температура процесса 35–65 °С, продолжительность процесса 3,5 часа.

Разработанные авторами смеси сухих корнеплодов могут использоваться в качестве пищевых добавок в продукты функциональной направленности для профилактики иммунозащитных свойств.

Анализ кинетики изменения физико-химических, органолептических и биохимических показателей позволил определить допустимые сроки хранения новых сухих продуктов, которые составили 10 месяцев.

Себестоимость сушки 1 кг сухой смеси моркови, сахарной свеклы и топинамбура при конвективном способе сушки в среде инертного газа составляет 105 руб.

Список литературы

1. Мысак, С.В. Разработка технологии сухих рыборастительных продуктов геродиетического назначения. Автореф. дис. … канд. техн. наук. – Краснодар: КубГТУ, 2004. – 24 с.

2. Карпенко, В.Ю. Разработка технологии концентратов супов быстрого приготовления функционального назначения из плодового и овощного сырья. Автореф. дис. … канд. техн.наук. – Краснодар: КубГТУ, 2011. – 24 с.

3. Бочаров, В.А. Совершенствование элементов технологии сушки овощей. Автореф. дис. … канд. биол. наук. – Мичуринск: Нижегор. гос. с.-х. акад., 2010. – 27 с.

4. Максюта, И.В. Разработка технологии сухих рыборастительных продуктов геродиетического назначения. Автореф. дис. … канд. техн. наук. – Краснодар, 2004. – 24 с.

5. Ильина, С.А. Экспериментальное определение коэффициента температуропроводности овощей: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Астрахань: АГТУ, 2006. – 24 с.

6. Алексанян, И.Ю. Высокоинтенсивная сушка пищевых продуктов. Пеносушка. Теория. Практика. Моделирование / И.Ю. Алексанян, А.А. Буйнов. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2004. – 380 с.

7. Бочаров, В.А. Выбор оптимального способа сушки для получения быстроразвариваемых сушеных овощей / В.А. Бочаров // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2010. – № 1. – С. 89–91.

8. Тихобаева, П.В. Применение микроволнового способа сушки в плодоовощном сушильном производстве / П.В. Тихобаева, В.А. Бочаров // Актуальные инновационного развития промышленности: перспективы, цели, задачи: сб. материалов IV Межвузовской студенческой научно-практической конференции. – Нижний Новгород. – 2010. – С. 256–258.

9. . Способ сублимационной сушки растительного сырья: патент 2292193 Российская Федеарция: МПК A23L 1/29 / Касьянов Г.И., Мысак С.В., Иванова Е.Е. Заявка № 2005106929/13; заявлено 10.03.2005.; опубл. 27.01.2007.

10. Семенов, Г.В. Сушка сырья: мясо, рыба, овощи, фрукты, молоко / Г.В. Семенов, Г.И. Касьянов. – Ростов н/Д: Изд. Центр МарТ, 2002. – 112 с.

11. Франко, Е.П. Особенности процесса сушки плодов и овощей / Е.П. Франко, Г.И. Касьянов // В мире научных открытий. – 2010. – № 4.– С. 176–177.

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный
технологический университет»,
350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2.
Тел.: (861)255-84-01, факс: (861) 259-65-92,
e-mail: adm@kgtu.kuban.ru

SUMMARY

E.V. Inochkina, G.I. Kasyanov, S.M. Silinskaya

TECHNOLOGY OF VEGETABLE CONVECTIVE DRYING IN THE INERT GAS ENVIRONMENT

The theoretical possibility of vegetable raw material dehydration in the inert gas environment by means of convective drying is substantiated. More suitable varieties of carrot («The Nanatskay»), sugar beet («The Kubansky MC 81»), Jerusalem artichoke («The Dietichesky») have been determined for drying. The construction of compact drying unit giving opportunity to dry different kinds of raw material simultaneously is offered. The choice of technological ways to prepare raw material for drying by means of blanching and low frequency EMP treatment is provided. The novelty of research is the development of rational modes of moisture removing from raw material using argon gas as a drying agent. The following mode of drying is offered for dehydration of vegetable root slices: the temperature of the process is 35–65 °C, the duration of the process is 3,0–3,5 hours. The change of sugar content in the samples of vegetable roots is determined during a period of drying. The dependence of vitamin C loss in the samples on temperature and a period of heating is determined.

Drying, carrot, sugar-beet, Jerusalem artichoke, food quality.

REFERENCES

1. Mysak S.V. Sovershenstvovanie tekhnologii proizvodstva sukhikh ryborastitel'nykh produktov. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Perfection of production technology fish with vegetables dry products. Cand. tech. sci. autoabstract diss.]. Krasnodar, 2007. 24 p.

2. Karpenko V.YU. Razrabotka tekhnologii kontsentratov supov bystrogo prigotovleniya funktsional'-nogo naznacheniya iz plodovogo i ovoshhnogo syr'ya. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Development of technology of concentrates instant soups functional purposes of a fruit and vegetable raw. Cand. tech. sci. autoabstract diss.]. Krasnodar, 2011. 24 p.

3. Bocharov V.A. Sovershenstvovanie ehlementov tekhnologii sushki ovoshhej. Avtoref. diss. kand. biol. nauk [Perfection of of elements of technology drying of vegetables. Cand. biol. sci. autoabstract diss.]. Michurinsk, 2010. 27 p.

4. Maksyuta I.V. Razrabotka tekhnologii sukhikh ryborastitel'nykh produktov gerodieti-cheskogo naznacheniya. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Development of technology for fish with vegetables dry products gerodieticheskogo destination. Cand. tech. sci. autoabstract diss.]. Krasnodar, 2004. 24 p.

5. Il'ina S.A. Eksperimental'noe opredelenie koehffitsienta temperaturoprovodnosti ovoshhej. Avtoref. diss. kand. tekhn. Nauk [Experimental determination of thermal diffusivity of vegetables Cand. tech. sci. autoabstract diss.]. Astrakhan, 2006. 24p.

6. Aleksanyan I.Yu., Bujnov A. A. Vysokointensivnaya sushka pishhevykh produktov. Penosushka. Teoriya. Praktika. Modelirovanie [High Intensity Drying of foods. Penosushka. Theory. Practice. Modelling]. Astrakhan, ASTU Publ., 2004. 380 p.

7. Bocharov V.A. Vybor optimal'nogo sposoba sushki dlya polucheniya bystrorazvarivaemykh sushenykh ovoshhej [Selection of the optimal method of drying to provide quick boil soft dried vegetables]. Herald Michurinsk State Agrarian University, 2010. no. 1. pp. 89-91.

8. Tikhobaeva P.V. Primenenie mikrovolnovogo sposoba sushki v plodoovoshhnom sushil'nom proizvodstve [Application of microwave drying method in production of fruit and vegetable drying]. Materialy Mezhdunarodnoi studencheskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii “Aktual'nye innovatsionnogo razvitiya promyshlennosti: perspekti-vy, tseli, zadachi” [Materials of the IV Interuniversity student scientific and practical conference “Actual innovative development of the industry: perspectives, goals, objectives”]. Nizhniy Novgorod, 2010, pp. 256-258.

9. Kas'yanov G.I., Mysak S.V., Ivanova E.E. Sposob sublimatsionnoj sushki rastitel'nogo syr'ya [The method the freeze drying vegetable raw materials]. Patent RF, no. 2292193, 2007.

10. Semenov G.V., Kas'yanov G.I. Sushka syr'ya: myaso, ryba, ovoshhi, frukty, moloko [Drying of raw materials: meat, fish, vegetables, fruit, milk]. Rostov-on-Don, TSentr MarT Publ., 2002. 112 p.

11. Franko E.P., Kas'yanov G.I. Osobennosti protsessa sushki plodov i ovoshhej [Features of the process of drying fruits and vegetables]. In the world of scientific discoveries, 2010, no. 4, pp. 176-177.

FSBEI HVE «Kuban State University of Technology»,
2, Moskovskaya Street, Krasnodar, 350072 Russia.
Phone: (861) 255-84-01, fax: (861) 259-65-92,
e-mail: adm@kgtu.kuban.ru

Дата поступления: 15.04.2014