

НОВОРЕФ
Г 30 Г 70

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ГОРОБИВСКАЯ Мария Игнатьевна

УДК 664.8/9.047

ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ
ОБЕЗВОЖЕННЫМ ВОЗДУХОМ

Специальность 05.18.13 –
технология консервированных
пищевых продуктов

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Кишиневском политехническом институте им.С.Лазо

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор М.И.Беляев
кандидат технических наук,
доцент Е.Г.Горун

Ведущее предприятие - Всесоюзный научно-исследовательский
конструкторско-технологический институт пло-
доперерабатывающей промышленности
(г.Кишинев)

Защита состоится "9" апреля 1988 г. в 10³⁰ час.
на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одесском
технологическом институте пищевой промышленности им.М.В.Ломоносова
270039, г.Одесса, ул.Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского
технологического института пищевой промышленности им.М.В.Ломоносо-
ва.

Автореферат разослан "2" марта 1988 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук,
доцент

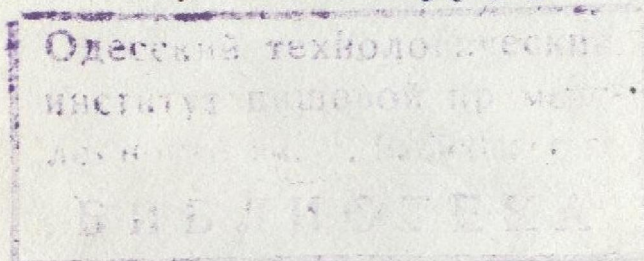
 Е.Г.Кротов

ОНАХТ
14.07.11
Технология сушки пиц



v016298

Ф.В. 16298



Актуальность работы. В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года", утвержденных XXVII съездом КПСС, записано, что "Вышей целью экономической стратегии партии был и остается неуклонный подъем материального и культурного уровня жизни народа. Реализация этой цели в предстоящем периоде требует ускорения социально-экономического развития, всемерной интенсификации и повышения эффективности производства на базе научно-технического прогресса".

"На это, - говорил на XXVII съезде КПСС М.С.Горбачев, - направлена современная аграрная политика партии, сформулированная в решениях майского (1982 г.) Пленума ЦК КПСС, в Продовольственной программе СССР".

Большая роль в решении Продовольственной программы принадлежит пищевой промышленности, продукция которой возрастет в XII пятилетке на 18-20%. Увеличится выпуск свежих, консервированных, быстрозамороженных, сушеных плодов и овощей, пищевых концентратов. Особый интерес вызывают быстрорастворяющиеся или не требующие варки пищевые концентраты I и II обеденных блюд, основными компонентами которых являются мясной фарш, крупы, овощи в варено-сушеном виде.

Высушивание этих продуктов в промышленности осуществляется в основном конвективным способом в спокойном слое, получившем широкое распространение благодаря своей простоте. Основным недостатком этого метода является большая длительность процесса, сопровождающаяся контактом продукта с кислородом воздуха и высокие температуры сушильного агента (80-90°C и даже выше), в результате чего в сырье происходят глубокие изменения химического состава, ухудшается качество, снижается обратимость, увеличивается время разваривания сушеных продуктов.

Поэтому актуальность настоящей работы определяется необходимостью совершенствования технологических режимов конвективной сушки основных компонентов пищевых концентратов, с целью повышения их качества при максимальном сохранении биологической ценности.

Цель и задача работы: 1) исследовать кинетику сушки в плотном слое мясного фарша, гречневой крупы, моркови и укропа воздухом с низким влагосодержанием (0,2-2,5 г/кг с.в.); 2) сравнить кинетику сушки этих материалов воздухом с низким и обычным влагосодержанием, определить основные закономерности процесса, термодинамические параметры массопереноса и вывести уравнения кинетики сушки; 3) исследовать некоторые качественные показатели объектов сушки с целью определения рациональных режимов, обеспечивающих получение высококачественных продуктов.

Научная новизна работы. Состоит в том, что впервые изучена кинетика сушки мясного фарша, гречневой крупы (каши), моркови и укропа воздуха с низким влагосодержанием. Даны теоретическое обоснование и практические рекомендации по сушке этих продуктов. Предложены режимы сушки, позволяющие получить высококачественные продукты, требующие минимальной дополнительной варки для доведения их до готовности. Определены термодинамические коэффициенты массопереноса и предложены уравнения, позволяющие рассчитать скорость и время сушки этих объектов.

Основные научные положения, защищаемые в работе.

1. Целесообразность применения воздуха с низким влагосодержанием (0,2-2,5 г/кг с.в.) для сушки выбранных материалов.

2. Справедливость полученных в работе зависимостей и уравнений.

Практическая ценность работы. Предлагаемые режимы сушки были опробованы в производственных условиях на Ниспоренском ПОКП Минплодоовощхоза МССР для сушки укропа (1981). Изготовлены опытные образцы пищевых концентратов из сушеных материалов, полученных в лабораторных условиях, и проведена их органолептическая оценка.

Апробация работы. Результаты работы доложены на научно-технических конференциях Кишиневского политехнического института им. С.Лазо (1971-1974, 1982, 1986 гг.), Краснодарского политехнического института (1972 г.), Московского технологического института пищевой промышленности (1974 г.), института народного хозяйства им. Г.В.Плеханова (1975 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав, выводов и рекомендаций, списка использованной литературы, 10 приложений. Работа изложена на 161 стр. машинописного текста, включает 26 таблиц, 28 рисунков. Список литературы включает 235 источника, в т.ч. 40 зарубежных.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование актуальности работы. Первая глава работы посвящена обзору литературы по исследуемой проблеме. В ней рассматривается состояние технологии сушки на настоящем этапе, преимущества и недостатки применяемых и изучаемых методов сушки.

Методика и техника исследования. Объектами сушки выбраны - охлажденная говядина I-й категории упитанности, гречневая крупа (каша), морковь и укроп. Для получения быстрорастворимых или не требующих варки сушеных продуктов, мясо и гречневая крупа и крились

до готовности, морковь варилась и бланшировалась, укроп высушивался в сыром виде.

Сушка проводилась конвективным методом в спокойном слое. Сушильным агентом служил воздух с низким и обычным влагосодержанием. Лабораторная установка включает вентилятор, адсорбер с адсорбентом, калорифер для нагрева воздуха и сушильную камеру. Установка оборудована приборами и устройствами для контроля и регулирования скорости движения воздуха, температуры, относительной влажности и влагосодержания. Осушение воздуха проводилось силикагелем КСК или цеолитом NaA-2M , а регенерация адсорбентов проводилась в сушильном шкафу при температуре 200°C в течение 18–20 часов.

По изменению массы навески, определяемой периодическим взвешиванием на электрических весах марки ВПШ-500 с точностью до 0,1 г, определялось изменение влагосодержания во времени и строились кривые сушки. Начальное и конечное влагосодержание высушиваемого продукта определялось стандартным методом. Для оценки качества сушеных продуктов определяли общий азот по методу Кьельдаля, азот водо-соле-щелочерастворимых белков и азот экстрактивных веществ сжиганием после экстракции водой, растворами солей, щелочью. Связанные и свободные аминокислоты определяли после гидролиза и экстракции на аминокислотном анализаторе типа 602А (ЧССР). Рассчитывали аминокислотный скор. Летучие и ароматические вещества определяли титрованием отгона тиосульфатом $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, водосвязывающую способность определяли прессованием и центрифугированием.

Экстрактивность, коэффициенты набухания, восстанавливаемости, развариваемости, водорастворимые вещества, каротин, витамин С определяли по методикам, используемым в овощесушильной и консервной промышленности. Повторность определений была не менее трех раз.

Экспериментальные данные и их обсуждение

Исследование кинетики сушки выбранных материалов проводили при температурах $30\text{--}80^{\circ}\text{C}$ в плотном слое. С целью интенсификации процесса сушки в качестве агента сушки использовался воздух с низким ($0,2\text{--}2,5$ г/кг с.в.) влагосодержанием и скоростях движения $0,5\text{--}2,0$ м/с).

Определение равновесного влагосодержания и термодинамических параметров массопереноса

Для расчета термодинамических параметров и коэффициентов массопереноса использовались изотермы сорбции мясного фарша и укропа, снятые для температур $20, 30, 50$ и 70°C . Равновесное влагосодержа-

ние с повышением температуры увеличивалось.

Для этих материалов вычислены - значение химического потенциала μ (дж/моль), истинная удельная изотермическая массоемкость C_m' (моль/дж), температурный коэффициент химического потенциала $\left(\frac{\partial \mu}{\partial T}\right)_n$ (дж/моль $^{\circ}\text{K}$) и термоградиентный коэффициент δ ($\text{K}^{\circ-1}$).

Прямопропорциональная зависимость установлена между массообменным коэффициентом β и U_p для мясного фарша и между термоградиентным коэффициентом δ и U_p (U_p - равновесное влагосодержание, кг/кг) для мясного фарша и укропа. Эти зависимости описаны аналитическими уравнениями:

$$\text{для мясного фарша } \beta_{20} = 3 + 535 U_p \quad (^{\circ}\text{M}) \quad (1)$$

$$\text{для укропа } \delta_{20} \cdot 10^2 = 0,076 + 1,52 U_p \quad (2) \quad \delta_{30} \cdot 10^2 = 0,062 + 1,63 U_p \quad (3)$$

Среднеквадратичное отклонение составляет 2,04, 4,0 и 4,8%.

Определение среднеинтегрального значения потенциала сушки

Так как при таком методе сушки потенциал сушки все время изменяется, среднеинтегральное значение потенциала сушки рассчитывалось по формуле, которую в свое время предложили проф. Г.К.Филоненко.

$$E_{cp} = \frac{E_0}{2} \left(\frac{1}{1 + \tau \psi_1} + \frac{1}{1 + \tau \psi_2} \right) \quad (4)$$

где E_0 - потенциал сушки на входе в слой; τ - опытный коэффициент, зависящий от толщины материала; ψ_1 и ψ_2 - соответственно приведенная скорость сушки для I и II периода сушки.

Коэффициент " τ " прямопропорционален толщине слоя высушиваемого материала. Для определения его значения найдено уравнение

$$\tau = 12,5 h \cdot 10^{-2}, \quad (5)$$

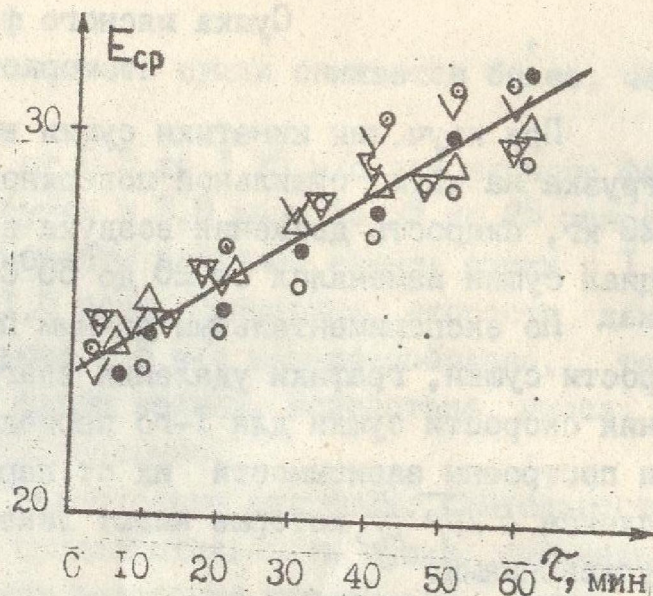
где h - толщина слоя, м.

Средний по слою и по времени потенциал сушки определяли методом усреднения опытных данных или же рассчитывали по формуле (4), зная E_0 , τ и ψ . Зависимость E_{cp} от τ для мясного фарша представлена на рис. 1. Для гречневой крупы и укропа эта зависимость имеет аналогичный характер. Интересно отметить, что при использовании в качестве агента сушки воздуха с низким влагосодержанием E_{cp} прямопропорционален времени, зависит от материала и температуры. Скорость движения воздуха и удельная нагрузка q_a оказывают влияния на величину среднего потенциала. Эта зависимость описана уравнениями:

$$\text{для мясного фарша } (t = 50^{\circ}\text{C}), \quad E_{cp} = 24 + 0,13 \tau \quad (6)$$

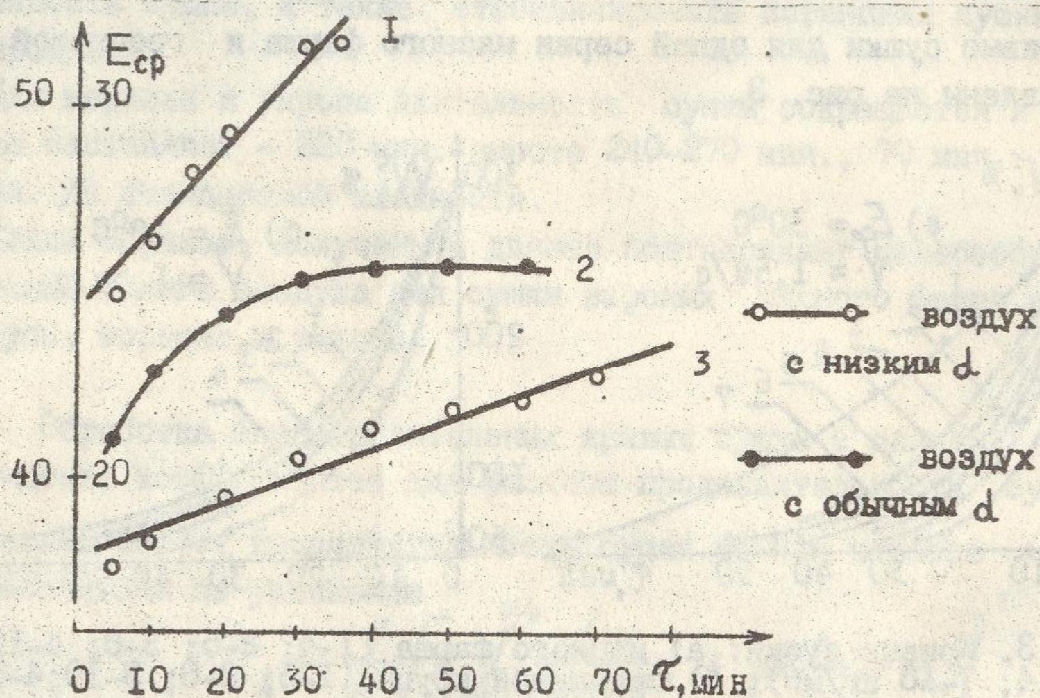
$$\text{для гречневой крупы } (t = 50^{\circ}\text{C}), \quad E_{cp} = 26,4 + 0,08 \tau \quad (7)$$

Р и с. 1. Изменение среднего по слою и времени потенциала сушки для мясного фарша



для укропа ($t = 50^{\circ}\text{C}$), $E_{cp} = 29 + 0,07 \tau$ (8)

Зависимость E_{cp} от τ при использовании в качестве агента сушки воздуха с обычным влагосодержанием имеет криволинейный характер (рис. 2). Из этого рисунка хорошо видно, что потенциал сушки при использовании осушенного воздуха на всем протяжении сушки выше, чем потенциал сушки при применении неосушенного воздуха.



Р и с. 2. Изменение среднего по слою и времени потенциала сушки в зависимости от влагосодержания и температуры воздуха (1, 2 - $t = 50^{\circ}\text{C}$, 3 - $t = 33^{\circ}\text{C}$).

Среднеквадратичное отклонение опытных и расчетных значений колеблется в пределах $1,7 \div 6,2\%$.

Сушка мясного фарша, гречневой крупы, моркови и укропа

При изучении кинетики сушки выбранных материалов удельная нагрузка на кв.м сушильной поверхности изменялась в пределах от 4 до 20 кг, скорость движения воздуха в пределах от 0,5 до 2 м/с, потенциал сушки изменялся от 20 до 50°C.

По экспериментальным данным построены кривые сушки, кривые скорости сушки, графики удаления влаги из образцов. Определены значения скорости сушки для I-го периода и критического влагосодержания и построены зависимости их от параметров процесса сушки и от комплекса $E\sqrt{V\rho} \frac{F}{M_c}$, которые имеют линейный характер и аппроксимированы уравнениями:

$$\text{для мясного фарша} - N = 0,5 + 0,78 E\sqrt{V\rho} \frac{F}{M_c} \quad (9)$$

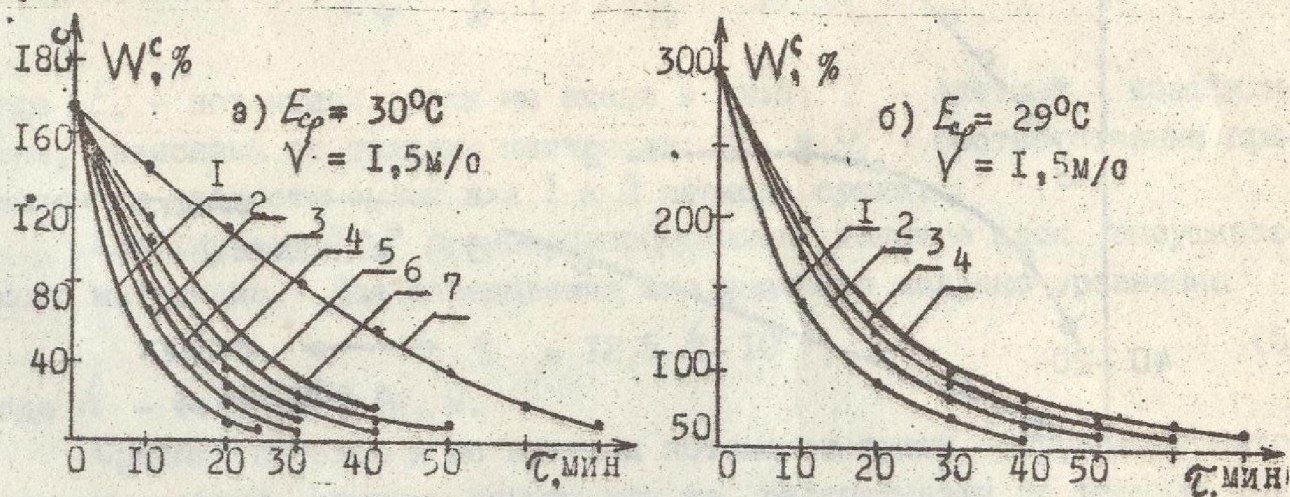
$$W_{кр} = 110 - 1,28 E\sqrt{V\rho} \frac{F}{M_c} \quad (10)$$

$$\text{для гречневой крупы} - N = 1,3 E\sqrt{V\rho} \frac{F}{M_c} \quad (11)$$

$$W_{кр} = 214 - 3,34 E\sqrt{V\rho} \frac{F}{M_c} \quad (12)$$

$$\text{для укропа} - N = 12 + 0,30 E\sqrt{V\rho} \frac{F}{M_c} \quad (13)$$

Кривые сушки для одной серии мясного фарша и гречневой крупы представлены на рис. 3.



Р и с. 3. Кривые сушки: а) мясного фарша (1-4; 2-6; 3-8; 4-10; 5-12; 6-14; 7-16 кг/м²); б) гречневой крупы (1-6; 2-8; 3-10; 4-12 кг/м²)

Как показали результаты исследований кривые сушки для этих материалов имеют аналогичный характер как и для других пищевых продуктов.

Установлено, что для мясного фарша снижение, нагрузки с 16 до 4 кг/м² сокращает продолжительность сушки в 3,2 раза (с 67 до 21 мин). Повышение удельной нагрузки выше 14 кг нецелесообразно, так как процесс сильно замедляется. Для гречневой крупы при снижении на-

грузки с 14 до 8 кг/м² продолжительность сушки снижается более, чем в 1,5 раза (с 85 до 55 мин.).

Повышение скорости движения от 0,5 до 1,75 м/с для мясного фарша сокращает продолжительность сушки в 3,8 раза (с 25 до 6 мин.), а для гречневой крупы изменение скорости движения агента сушки с 1 до 2 м/с сокращает процесс лишь в 1,5 раза. Повышение скорости движения воздуха для мясного фарша выше 1,5 м/с нецелесообразно, так как при большой скорости потери фарша велики, вследствие уноса, а сокращение продолжительности не существенно.

Изменение потенциала сушки значительно сокращает длительность процесса. При потенциале (48°C) продолжительность сушки минимальна - 11,5 мин. Для гречневой крупы повышение потенциала сушки с 23 до 48°C сокращает процесс в 2,7 раза (с 100 до 37 мин.). Следовательно, доминирующим фактором сокращения длительности сушки является потенциал сушки. Потенциал сушки воздуха с низким (0,2-2,5 г/кг с.в.) влагосодержанием при низких температурах выше, чем при высоких. Таким образом, снижение влагосодержания сушильного агента дает возможность, применяя невысокие температуры, сократить длительность сушки, а также стабилизировать потенциал сушки в начале процесса.

Для моркови и укропа длительность сушки сокращается и соответственно составляет - 220 мин. вместо 240-270 мин., 70 мин. вместо 180 мин. до стандартной влажности.

Таким образом, полученные данные подтверждают целесообразность применения такого воздуха для сушки высушенных мясного фарша и гречневой крупы, моркови и укропа.

Обработка экспериментальных кривых сушки с целью нахождения коэффициентов для расчета продолжительности сушки

Как известно, продолжительность сушки во II-м периоде может быть рассчитана по уравнению

$$\tau_2 = \frac{1}{N} \left[A \int_{w_2}^{w_k} \frac{dw}{(w-w_p)^m} + \beta (w_k - w_2) \right] \quad (14)$$

где A, β, m - безразмерные коэффициенты, определяемые опытным путем для данного материала.

Как показали наши расчеты для мясного фарша и гречневой крупы коэффициент m равен 1. Поэтому интеграл в уравнении (14) будет равен

$$\text{при } m = 1 \quad M' = \frac{2,3}{w \cdot w_2} \lg \frac{w_k - w_p}{w_2 - w_p} \quad (15)$$

Найдена зависимость коэффициентов A и β от комплекса величин

Зависимость эта прямолинейна, поэтому может быть описана уравнениями

для мясного фарша - $A = 18 + 3,75 E \sqrt{V\rho} \frac{F}{M_c}$ (I6)

$\beta = 1,04 - 0,032 E \sqrt{V\rho} \frac{F}{M_c}$ (I7)

для гречневой крупы - $A = 184 + 2,1 E \sqrt{V\rho} \frac{F}{M_c}$ (I8)

$\beta = 0,50 - 0,05 E \sqrt{V\rho} \frac{F}{M_c}$ (I9)

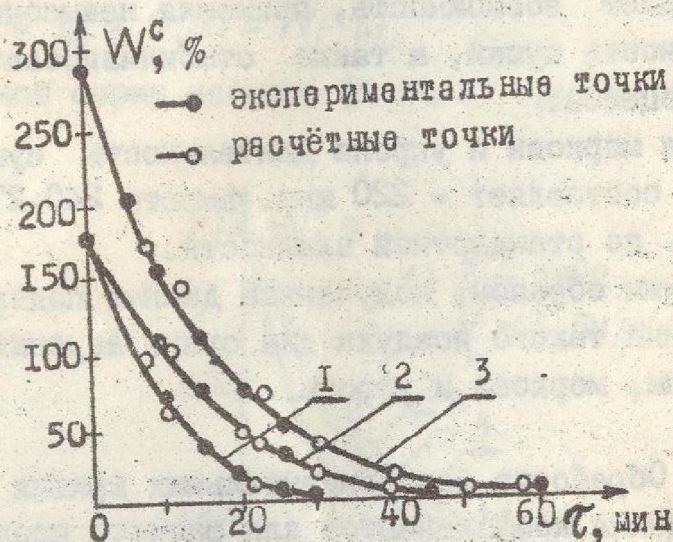
Коэффициенты в уравнениях найдены методом наименьших квадратов.

Относительное среднеквадратичное отклонение расчетных и опытных данных: для мясного фарша - $\pm 2,9(4,4\%)$ и $\pm 0,047(7,23\%)$,

для гречневой крупы - $\pm 4,8(2,15\%)$ и $\pm 0,02(9,6\%)$.

На основании найденных коэффициентов A , β , m рассчитано время сушки II-го периода для двух опытов по мясному фаршу и одного опыта по гречневой крупе. Полученные точки нанесены на экспериментальные кривые. Относительное среднеквадратичное отклонение составило $\pm 0,61(4,1\%)$. Рис. 4.

Р и с. 4. Кривые сушки:
1, 2 - мясной фарш; 3 -
гречневая крупа.



Таким образом, уравнения (I6-I9) позволяют довольно быстро и с достаточной для инженерных расчетов точностью определить продолжительность II-го периода сушки исследуемых материалов по уравнению (I4).

Исследование некоторых биохимических и физико-химических показателей качества сушеных материалов.

Мясной фарш

Содержание азотистых веществ (общий азот, азот водс соле-щелочерастворимых веществ и азот экстрактивных веществ) в расчете на сухую массу показано в табл. I (Режим I, 2, 3 - сушка воздухом с пониженным влагосодержанием при температурах 35, 50, 80°C).

Режим 4, 5 - сушки воздухом с обычным влагосодержанием при тем-

Т а б л и ц а I

Изменение азотистых веществ мясного фарша при различных режимах сушки (массовая доля на сухую массу, %)

№ пп	Мясной фарш	Влаж- ность	Общий азот	Азот водо- раст- воримых белков	Азот соле- рас- творимых белков	Азот щелоче- раство- римых белков	Азот экс- трактив- ных веще- ств
1	Сырой	74,7	14,60	4,76	2,67	5,81	1,53
2	Вареный	61,6	14,60	1,36	1,35	2,53	0,62
	Варено- сушеный:						
3	Режим 1	6,50	14,10	1,19	1,23	1,76	0,49
4	Режим 2	3,71	14,81	1,27	1,17	1,54	0,51
5	Режим 3	8,30	14,10	0,71	0,83	2,10	0,52
6	Режим 4	8,36	14,90	0,99	1,05	1,56	0,36

пературах 50 и 80°C. Скорости сушки во всех опытах была равна 1,5 м/с).

Из табл. I видно, что сырой фарш содержит наибольшее количество азотистых веществ, в вареном их количество снижается в 2 и более раза. За счет денатурации белков под действием тепла, они теряют свойство растворяться в воде, солевых растворах, щелочах, поэтому при варке и сушке количество всех фракций азотистых веществ уменьшается. Чем больше тепловое воздействие, тем глубже денатурация белковых веществ и ниже их растворимость.

Обнаружено 17 связанных и 15 свободных аминокислот, в том числе 7 незаменимых. Содержание их в мг/100 г сухих веществ в сыром мясном фарше наибольшее. Преобладают лизин, аргинин, аспарагин, глутаминовая кислота, аланин, валин, изолейцин, лейцин. Тепловая обработка (варка и сушка) снижает количество аминокислот. Цистин практически полностью разрушается. Снижение аминокислот зависит от режима сушки (температуры и времени).

Полученные данные показывают, что по содержанию азотистых веществ образцы, высушенные по режиму 2 лучше, чем образцы, высушенные по режиму 4 и 5.

Потенциальной характеристикой аромата, вкуса и экстрактивности мяса служит содержание общего количества летучих и ароматических веществ (ЛАВ) и экстрактивность, которые выражались в первом случае на 100 г сухих веществ, во втором - в % на сухую массу. Общее количество ЛАВ в сыром фарше максимально (70), что согласуется с лите-

ратурными данными. В вареном фарше общее количество ЛАВ меньше (62,6 и 51,7), чем в сыром, но вкус и аромат его более сложен и выразителен. Это объясняется тем, что под действием тепла происходят различные взаимопревращения и взаимодействия химических веществ с образованием новых, летучих, ароматообразующих соединений. Эти показатели зависят от температуры и времени сушки. Чем меньше t и τ сушки, тем они выше. Происходит это, очевидно, за счет того, что с повышением температуры, с одной стороны идет образование ароматообразующих веществ, с другой — их потеря. Но второй процесс идет быстрее, чем первый.

Как показали исследования сыро-сушеный фарш за 35 мин. восстанавливается лишь на 40,5%, жесткий. Коэффициент набухания его — 1,57. Варено-сушеное мясо (кубики и пластинки) за 15-20 мин. восстанавливаются на 86,7 и 84,5%, коэффициент набухания — 2,1. А варено-сушеный фарш за 5 мин. восстанавливается полностью. Коэффициенты восстанавливаемости его 100%, коэффициент набухания — 2,7-3,5. Восстановленный варено-сушеный фарш готов к употреблению в пищу и не требует дополнительной кулинарной обработки. Образцы, высушенные воздухом с обычным влагосодержанием, имеют ниже коэффициенты набухания (2,2 и 2,6) и восстанавливаемости (89-97%).

Восстанавливающая способность мясного фарша изменяется от 36,4 до 77%. Все три показателя связаны между собой. Чем больше тепловое воздействие на образец, тем глубже денатурация и деструкция белковых веществ и меньше количество впитавшейся влаги.

Таким образом, по всем показателям образцы Варено-сушеного мясного фарша, высушенные воздухом с низким влагосодержанием и температурой, лучше, высушенных по более жестким режимам.

Гречневая крупа. Исследования показали, что при варке крупы массовая доля водорастворимых веществ увеличивается с 8,2 до 17,4%, а при сушке снижается до первоначального (8,1-8,9%) и содержание их не зависит от исследуемых режимов сушки. При восстановлении сушеной крупы массовая доля водорастворимых веществ повышается почти до первоначального (17,0%). Коэффициент набухания варено-сушеной гречневой крупы, восстановленной в горячей воде ($t = 95^{\circ}\text{C}$) в течение 5 мин., равен 3,42 коэффициент восстанавливаемости — 100%. Каша готова к употреблению.

Морковь и укроп. В образцах моркови, высушенных воздухом с низким влагосодержанием, каротин сохранился на 82,5-84,2, витамин С на 60,2-62,5%, а высушенных воздухом с обычным влагосодержанием сохранение этих показателей составил соответственно 76,7 и 54,6%. В укропе, высушенном по I способу, % сохранения витамина С составил 75, а ЛАВ — 81%. Восстанавливаемость сушеной моркови 44,1-52,2, а

укропа – 85%. Чтобы получить быстрорастворимую марковь необходимо сушку сочетать с предварительной варкой ее до готовности, что согласуется с литературными данными. Овощи при сушке сохраняли свой естественный цвет.

Практическое применение обезвоженного воздуха. В производственных условиях на заготовительно-перерабатывающем пункте ниспоренского ПОКП Министерства плодоовощного хозяйства МССР проведена сушка укропа по предлагаемым режимам на туннельной сушилке. Для обезвоживания воздуха применялся силикагель марки КСКГ. Экономический эффект на 1 т сушеной зелени от внедрения предлагаемой технологии составил 86 руб., а годовой экономический эффект – 1847,82 руб.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Проведенные исследования позволяют сделать следующие основные выводы:

1. Применение воздуха с влагосодержанием 0,2–2,5 г/кг с. в., температурой 50°C и скоростью его движения 1,0–2,0 м/с целесообразно для сушки таких продуктов, как мясной фарш, гречневая крупа, картофель, морковь и укроп.

2. Установлено, что кривые сушки и скорости сушки для вареного мясного фарша и вареной гречневой крупы (каши) имеют характер специфичный для других пищевых продуктов (два периода сушки, сложность кривой скорости сушки во II периоде).

3. Исследование кинетики сушки материалов, различающихся по химическому составу, структуре и свойствам, воздухом с низким влагосодержанием дало возможность установить основные закономерности влияния параметров ($M_{уд}$, v , E) на продолжительность процесса и рекомендовать следующие режимы сушки:

Мясной фарш – удельные нагрузки 10–12 кг/м², скорость движения воздуха не выше 1,5 м/с; гречневая крупа – удельные нагрузки 10–12 кг/м², скорость движения воздуха 1,0–2,0 м/с; морковь – удельные нагрузки не выше 20 кг/м², скорость движения воздуха не ниже 1,5 м/с; укроп – удельные нагрузки до 6 кг/м², скорость движения воздуха не выше 1,0 м/с.

Потенциал сушки во всех случаях не должен быть ниже 29°C.

При рекомендуемых режимах продолжительность сушки мясного фарша, гречневой крупы и укропа сокращается в 2 и более раз по сравнению с воздухом с обычным влагосодержанием, а для моркови остается такой же.

4. Главную роль в сокращении продолжительности процесса сушки оказывает психрометрическая разность или потенциал сушки (E) воздуха. Применение воздуха с низким влагосодержанием дает возможность

стабилизировать потенциал сушки, он не зависит от внешних условий. Комбинация воздуха с низким влагосодержанием и повышенной скоростью его движения хорошее средство интенсификации процесса сушки.

Установлено, что зависимость среднего по слою и по времени потенциала сушки при использовании в качестве агента сушки воздуха с низким влагосодержанием, прямолинейна и прямопропорциональна времени, зависит только от материала и температуры воздуха. Скорость движения воздуха и удельная нагрузка не оказывают влияние на средний потенциал.

Получены уравнения, позволяющие рассчитать среднеинтегральное значение потенциала сушки.

В случае же применения воздуха с обычным влагосодержанием зависимость криволинейна.

Для мясного фарша и укропа сняты изотермы сорбции и определено равновесное влагосодержание для температур 20, 30, 50 и 70°C. Равновесное влагосодержание с повышением температур увеличивается. Используя изотермы сорбции для этих материалов, вычислены значения термодинамических коэффициентов массопереноса $(\mu, \epsilon_m, (\frac{\partial \mu}{\partial T})_m, \delta, \epsilon)$. Установлены прямопропорциональные зависимости между коэффициентами δ и ϵ от μ_p и выведены уравнения, связывающие эти переменные.

6. Обработка экспериментальных данных мясного фарша, гречневой крупы и укропа позволила найти уравнения, связывающие скорость сушки в I периоде $\dot{W}$ и $\dot{W}_{kr}$ с комплексом величин $E\sqrt{V\rho}\frac{F}{M_c}$. Скорость сушки в I периоде прямопропорциональна потенциалу сушки, корню квадратному из массовой скорости и обратно пропорциональна величине удельной нагрузки абсолютно сухого материала. Полученные уравнения позволяют рассчитать скорость сушки и продолжительность I периода сушки в зависимости от исследуемых параметров воздуха.

7. Математическая обработка кривых сушки мясного фарша и гречневой крупы по методу проф. Г.К.Филоненко и др. авторов позволила определить коэффициенты A, β, m для этих материалов.

Коэффициент m равен 1, а коэффициенты A и β находятся в прямолинейной зависимости от комплекса $E\sqrt{V\rho}\frac{F}{M_c}$. Полученные уравнения дают возможность рассчитать продолжительность II периода сушки исследуемых материалов.

8. Установлено, что применение воздуха с низким влагосодержанием и температурой, способствует лучшему сохранению белкового, аминокислотного состава и экстрактивности мясного фарша, сокращает потери витамина С и каротина у овощей, водорастворимых веществ у гречневой крупы. Сушка при низких температурах, в сочетании с соответствующей предварительной варкой до готовности, повышает коэффициент восстановления сушеных материалов и сокращает их время варки. Ва-

варено-сушеный мясной фарш и гречневая крупа в горячей воде полностью восстанавливаются в течение 5 мин. и не требуют дополнительной затраты времени на их приготовление. Для получения быстрорастворимой моркови необходимо сушку сочетать с предварительной варкой до готовности. Тогда она варится 5-7 мин. с момента закипания воды. Морковь и укроп сохраняют свой естественный цвет.

9. Дегустационная оценка опытных образцов пищевых концентратов, изготовленных по технологии, предлагаемой нами, показывает, что они вполне соответствуют таким продуктам, лучше по качеству и внешнему виду, являются перспективными и представляют интерес для промышленности.

10. Полученные результаты опробованы на заготовительно-перерабатывающем пункте Ниспоренского производственного объединения консервной промышленности Министерства плодоовощного хозяйства МССР. На туннельной сушилке высушено 16000 кг укропа и получено 2300 кг сухого продукта. Для осушения воздуха применялся силикагель марки КСКГ. В результате внедрения этой технологии экономический эффект в расчете на 1 т сушеного укропа составил 86 руб. Годовой экономический эффект составил 1847,82 руб.

11. Полученная совокупность положительных результатов позволяет рекомендовать к внедрению предприятиям сушильной и пищевых концентратной промышленности разработанную в данной работе технологическую схему производства сушеных материалов воздухом с низким влажностным содержанием, температурой и повышенных скоростях его движения.

Основное содержание работы опубликовано в следующих статьях.

1. Зозулевич Б.В., Горобивская М.И. Влияние режима сушки на восстанавливаемость варено-сушеного мяса. - Консервная и овощесушильная промышленность: Сб. НТИ.-М.: ЦНИИТЭИПищепром, 1971. - Вып. 13. - С. 14-16.

2. Горобивская М.И. Влияние режима сушки на некоторые показатели качества вареного мяса // Материалы докладов VII научно-технической конференции (20-24 апреля). - Кишинев, 1971. - С. 143.

3. Зозулевич Б.В., Горобивская М.И. Кинетика сушки мясного фарша // Биохимические и физико-химические методы оптимизации технологии пищевых производств. - Кишинев. - 1972. - С. 71-84.

4. Горобивская М.И., Кулакова Е.В. Сушка вареной гречневой крупы при различных режимах. // Материалы IX научно-технической конференции Кишиневского политехнического института им. С.Лазо: Тезисы докладов. - Кишинев. - 1973. - С. 191.

5. Зозулевич Б.В., Горобивская М.И. Сушка пищевых продуктов в мягких режимах // Изв. вузов СССР. Пищевая технология. - 1973. -

№ 3. - С. 85-88.

6. Дегидроконсервирование пищевых продуктов / Зозулевич В.В., Горобивская М.И., Дьяченко Е.Н. и др. // Мат. X научно-технической конф. Кишин. политехн. ин-та им. С.Лазо : Тезисы докладов. - Кишинев. - 1974. - С. 189.

7. Горобивская М.И. Изменение аминокислотного состава мяса при тепловой обработке // Итоги научных исследований Кишин.политехнического института им. С.Лазо за 1973 год. - Кишинев. - 1974. - С. 217.

8. Горобивская М.И., Малюта А.А. Ароматические вещества мяса // Методы оптимизации технологии пищ. производств. - Кишинев, 1977. - С. 40-44.

9. Горобивская М.И. Изменение водорастворимых веществ гречневой крупы при тепловой обработке. Физико-химические аспекты технологии пищевых продуктов. - Кишинев. - Штиинца. - 1985. - С. 54-57.

10. Горобивская М.И., Гришин М.А. Определение среднеинтегрального потенциала сушки // Изв. вузов СССР. Пищевая технология. - 1987. - № 2. - С. 103-105.

Горобив

№ 16298

