

Автор ер.
З-34

Министерство высшего и среднего специального образования СССР
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ЗАРЕМСКИ АНДЖЕЙ

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ СЕЛЬДЕРЕЯ
В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

Специальность 05.18.12 - процессы и аппараты пищевых
производств

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1989

Работа выполнена в Одесском технологическом институте
пищевой промышленности имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор М.А. Гришин

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Н.В. Остапчук
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
П.В. Кузнецов

Ведущее предприятие: Одесский комбинат пищевых концентратов

Защита диссертации состоится "24" марта 1989 г. в
10³⁰ час на заседании специализированного совета Д 068.35.01
при Одесском технологическом институте пищевой промышленности
имени М.В. Ломоносова по адресу: 270039, г.Одесса, ул. Свердлова,
112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "24" февраля 1989 г.

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

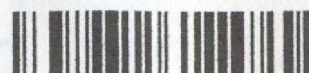


Е.Г. Кротов

ОНАХТ

26.09.12

Интенсификация проце



v016453

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Одной из важнейших задач по обеспечению жизнедеятельности людей является обеспечение их ценными продуктами питания. Это возможно при расширении ассортимента выпускаемой продукции и повышения ее качества.

В связи с этим большое значение приобретают сухие овощи и корнеплоды, которые отличаются наиболее полным сохранением свойств исходного сырья. Одним из ценных растений, относящихся к пряным белым кореньям, относится сельдерей. В последние годы производство сельдерея в ПНР значительно выросло. В 1987 году его производство в Польской народной республике составило 79 тыс. тонн. Такой рост связан с увеличением потребления населением этого ценного продукта, а также с расширением экспорта сельдерея за границу. Срок хранения сельдерея невелик. С целью увеличения сроков хранения его подвергают сушке.

До настоящего времени промышленная сушка сельдерея осуществляется на ленточных сушилках. Применение такого способа сушки имеет ряд недостатков, главным из которых является продолжительность процесса. Для повышения эффективности производства сухого сельдерея необходимо интенсифицировать процесс его сушки. Поэтому работы, направленные на интенсификацию и повышение эффективности производства сухого сельдерея являются актуальными и привлекают все больше внимание специалистов и ученых пищевой промышленности.

Цель и задачи исследований. Целью диссертационной работы и исследований, связанных с изучением процесса сушки сельдерея в кипящем слое, является интенсификация процесса сушки сельдерея и определение технологических режимов его производства.

№ 16453
Одесский технологический
институт пищевой промышленности
им. г. В. Ломоносова

В соответствии с поставленной целью задачи настоящей работы можно сформулировать следующим образом:

- провести исследования по установлению сортопригодности корней сельдерея к сушке. Определить наиболее приемлемый сорт сельдерея для сушки;
- изучить влияние гидротермической и электронной обработки на интенсификацию процесса сушки корней сельдерея в развитой стадии кипящего слоя;
- исследовать кинетику и тепломассообмен в процессе сушки корней сельдерея в развитой стадии кипящего слоя;
- изучить изменения химико-технологических показателей корней сельдерея в процессе сушки в развитой стадии кипящего слоя;
- провести математическую обработку результатов исследований и получить расчетные уравнения продолжительности сушки и критериальные уравнения, характеризующие процесс сушки.

Объекты исследований: процесс сушки в развитой стадии кипящего слоя; корни сельдерея сортов Яблочный, Оджанский, Глобус, Нон Плус Ультра, Роканова, Немона, Сабрина, ЗИФ 186, ЗИФ 286, Регула.

Постановка экспериментов и методы исследований. Экспериментальные исследования осуществлены в лабораториях кафедры технологии молока и сушки пищевых продуктов Одесского технологического института пищевой промышленности имени М.В. Ломоносова, Всесоюзного генетико-седекционного института, а также на кафедре процессов и аппаратов пищевых производств, кафедре ароматов пищевых продуктов Познанской академии сельского хозяйства (ПНР).

Для проведения исследований по изучению процесса сушки сельдерея в развитой стадии кипящего слоя использовалась экспе-

риментальная установка, созданная на кафедре технологии молока и сушки пищевых продуктов.

Влажность в исследуемых продуктах определяли высушиванием в сушильном шкафу. Содержание витамина С определяли по Тильмансу, витамина И по Сегану-Назану. Набухаемость изучали по методике Гарри фон Лоесеке, органолептическую оценку по Барылко-Пекельной. Содержание редуцирующих сахаров и витамина РР определяли фотокolorиметрическим методом. Определение углеводов (общего сахара) проводили по Бертрану, клетчатки по Штоману. Содержание витаминов В₁ и В₂ определяли с помощью спектрофотометра, содержание аминокислот на анализаторе КЛ А-5 фирмы *Hitachi*. Определение ароматических веществ проводили на газовой-жидкостном хроматографе *CN-5* (ЧССР).

Научная новизна работы заключается в следующем:

- определена сортопригодность корней сельдерея для сушки;
- установлены технологические режимы сушки корней сельдерея в развитой стадии кипящего слоя;
- изучены изотермы сорбции сухого сельдерея и получены уравнения, позволяющие определить основные тепломассообменные характеристики.;
- изучен процесс сушки сельдерея в развитой стадии кипящего слоя и получены расчетные уравнения, позволяющие математически описать процесс сушки.

Практическая ценность. На основании проведенных исследований разработаны технологические режимы сушки сельдерея в кипящем слое, позволяющие интенсифицировать процесс сушки. Получены расчетные уравнения, описывающие процесс сушки сельдерея в развитой стадии кипящего слоя.

На защиту выносятся:

- установление сортопригодности сельдерея для сушки;
- рациональные режимы сушки сельдерея, позволяющие интенсифицировать процесс сушки в развитой стадии кипящего слоя.

Апробация работы. Результаты исследований доложены и одобрены на научных конференциях профессорско-преподавательского состава ОТИП им. М.В.Ломоносова (1985-1989 гг.) и Познанской академии сельского хозяйства.

Публикации: По результатам исследований опубликована одна статья: Гришин М.А., Зарембски А.Х. Интенсификация сушки сельдерея

Структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы. Основное содержание работы изложено на 109 страницах машинописного текста, имеет 22 рисунка и 13 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранного направления исследований.

В обзоре литературы приведены и проанализированы исследования, касающиеся сушки овощей и корнеплодов. Описаны способы интенсификации сушки овощей и корнеплодов. Дана характеристика каждому способу сушки с учетом его преимуществ и недостатков. Проанализированы технологические режимы сушки овощей и корнеплодов в развитой стадии кипящего слоя. В результате обобщения литературных данных сделан вывод о необходимости интенсификации сушки корней сельдерея. Для этого рекомендована сушка в развитой стадии кипящего слоя. Заканчивается литературный обзор заключением и определением задач исследований по изучению процесса сушки сельдерея в развитой стадии кипящего слоя.

Во второй главе - техника и методы экспериментальных исследований - дано описание экспериментальной установки кипящего

слоя и методов исследований, необходимых для проведения данной работы.

В третьей главе описаны исследования по определению сортопригодности корней сельдерея для сушки. Для получения объективной картины сортопригодности изучались следующие показатели: продолжительность сушки, органолептическая сушка, коэффициент и показатель необходимости, содержание ароматических веществ. Исследования проводились на кафедре процессов и аппаратов пищевых производств Познанской академии сельского хозяйства. Нами изучены следующие сорта сельдерея: Яблочный, Оджанский, Глобус, Нон Плус Ультра, Роканова, Немона, Собрина, ЗИФ 186, ЗИФ 286, Регула РЕУ 187.

По совокупности всех исследуемых показателей установлено, что наиболее целесообразно применять для сушки сельдерея сорта Яблочный.

Далее в главе приводятся результаты исследований по изучению влияния гидротермической и электронной обработки на интенсификацию процесса сушки сельдерея в развитой стадии кипящего слоя. Анализ результатов проведенных исследований свидетельствует о нецелесообразности применения указанных видов обработки для интенсификации процесса сушки в развитой стадии кипящего слоя.

В четвертой главе приведены результаты исследований по определению рациональных температур сушки сельдерея в развитой стадии кипящего слоя. Правильность выбора рациональной температуры сушки корней оценивалась такими показателями: продолжительностью сушки, органолептической оценкой исходного сырья и восстановленного высушенного продукта, коэффициентом набухаемости, изменением ароматических веществ в процессе сушки, изменением содержания витаминов С, И и углеводов. Результаты исследо-

ваний представлены в таблице I.

Таблица I

Тем- пера- тура °C	Про- дол- жи- тель- ность сушки мин	Влаго- содер- жание сух. прод. %		Влаго- содер- жание свеж. прод. %		Органолептиче- ская оценка, балл			Коеф- фици- ент набу- хае- мости %	Ароматические вещества		Потери арома- тиче- ских веще- ств, %
		!	!	%	%	пе- ред- вос- ста- нов- лени- ем	пос- ле- вос- ста- нов- ле- ния	сред- ний балл		свеже- го про- дукта, мг 100 г св	сухого продук- та, мг 100 г св	
80	115	7,9	594	3,2	3,3	3,46	56,8	1,79	0,65	64		
100	95	6,1	594	3,4	3,0	3,31	52,1	1,79	0,64	63		
110	75	7,5	594	3,2	3,4	3,89	59,2	1,79	0,93	48		
120	55	6,5	594	3,4	3,1	4,21	65,2	1,79	0,97	46		
130	45	8,4	594	2,8	3,0	3,32	58,2	1,79	0,58	68		
150	34	6,0	594	2,4	1,8	3,21	51,8	1,79	0,43	76		

Подводя итоги, можно сделать вывод, что по совокупности всех изучаемых показателей наиболее приемлемо проводить сушку сельде-
рея в развитой стадии кипящего злая при температурах сушильного
агента 110...120 °C.

Анализируя результаты исследований, нами установлена связь
между тепло- и влагообменом, влагосодержанием и температурой ма-
териала. Эту связь достаточно хорошо описывает критерий Ребинде-
ра:

$$Rb = \frac{c}{z} \frac{\bar{dt}}{\bar{du}}$$

где c - приведенная теплоемкость материала, кДж/кг

$$c = c_{сух} + u$$

u - влагосодержание, кг/кг ($z = 2500 + 0,875 t$)

z - скрытая теплота парообразования

$\frac{dt}{du}$ - температурный коэффициент сушки

t, u - среднеобъемные температура и влагосодержание.

В результате обработки данных нами построена графическая зависимость g_{lv} от удаляемой влаги ($u - u_p$). В интервале температур до 100 °C эта зависимость имеет вид:

$$g_{lv} = -0,0074 \exp[0,3(u - u_p)]$$

В интервале температур выше 100 °C зависимость критерия R_b от влагосодержания описывается следующим уравнением:

$$R_b = 0,0888 \exp[-3,3u]$$

При изучении процесса сушки нами проводились исследования по выбору удельной нагрузки, формы и размеров частиц.

При выборе формы мы опирались на исследования, проведенные ранее М.А.Гришиным. Им установлено, что наиболее оптимальной формой при сушке овощей, плодов, корнеплодов в кипящем слое являются кубики. Нами выбраны три размера кубиков 5x5x5 мм, 8x8x8 мм и 10x10x10 мм. При определении наиболее рационального размера кубиков сельдерея нами определялся удельный съем сухого продукта по формуле:

$$G = \frac{M_c \cdot 24}{F \cdot \tau}$$

где M_c — количество сухого сельдерея, кг

F — площадь поверхности, м²

τ — продолжительность сушки, час.

Экспериментальные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

№ п/п	Кубики сельдерея, мм	Продолжи- тельность сушки, час	Влажность сырья, %	Влажность сухого продукта, %	Удельный съем сухого продук- та, кг/м ²
1.	5 x 5 x 5	0,65	89,5	8,3	3,846
2.	8 x 8 x 8	1,05	89,5	9,47	5,15
3.	10x10x10	1,55	89,5	9,2	6,19

Приведенные данные свидетельствуют о целесообразности сушки сельдерея в кубиках размером 10 x 10 x 10 мм, так как при этих размерах наблюдается наибольший удельный съем сухого продукта.

При исследовании влияния удельной нагрузки на процесс сушки сельдерея в кипящем слое нами получены следующие закономерности:

- в периоде постоянной скорости сушки наблюдается незначительное уменьшение скорости с увеличением удельной нагрузки;
- начиная с критического влагосодержания W_k скорость сушки практически не зависит от удельной нагрузки.

Полученные экспериментальные данные совпадают с данными М.А. Гришина о целесообразности применения удельных нагрузок при сушке овощей в кипящем слое в пределах 100...120 кг/м².

Нами, используя метод приведенной скорости сушки, проведен расчет процесса сушки сельдерея в развитой стадии кипящего слоя. Согласно формуле, полученной Г.К. Филоненко и М.А. Гришиным, приведенная скорость имеет следующий вид:

$$\psi = \frac{(W - W_p)^m}{A + \beta (W - W_p)^m}$$

где A , β и m - коэффициенты, не зависящие от влагосодержания W , W_p - соответственно влагосодержание материала в любой момент времени и равновесное влагосодержание, %.

Общее уравнение скорости сушки через приведенную скорость можно выразить следующим образом:

$$-\frac{dW}{d\tau} = N\psi$$

Общее уравнение продолжительности сушки тогда для белых кореньев будет иметь вид: $m = 1$

$$\tau = \frac{1}{N} [(W_1 - W_k) + A 2,3 \lg \frac{W_k - W_p}{W_2 - W_p} + \beta (W_k - W_2)]$$

Массообменные коэффициенты A и β определяли из опытов. Обработка полученных результатов позволила получить следующие уравнения:

$$A = 1088 - 10,27 E_{cp}$$

$$\beta = 1 - A / (W_k - W_p)$$

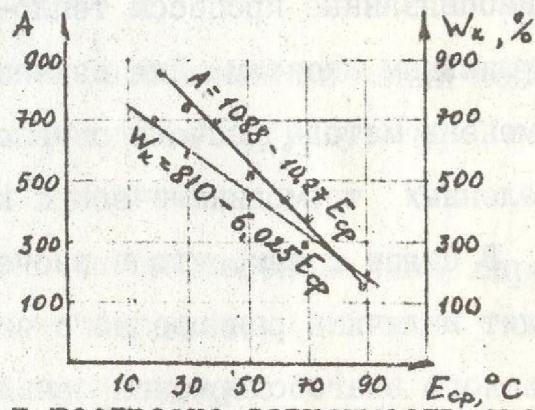
где E_{cp} - потенциал сушки

$$E = t^c - t^m$$

где t^c ; t^m - соответственно температура, воздуха, определяемая "сухим" и "мокрым" термометром.

Графически полученные зависимости представлены на рис. 1.

Скорость постоянного периода сушки зависит от вида материала, формы и размера частиц, удельной нагрузки, а также от параметров сушильного агента.



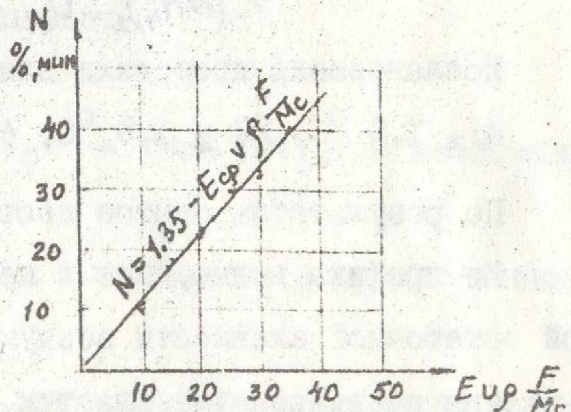
В связи с этим нами найдена и построена зависимость скорости постоянного периода сушки N от комплекса величины $E \nu \rho \frac{F}{M_c}$ (произведения потенциала сушки, массовой скорости сушки на величину, обратную удельной нагрузке).

Полученная зависимость хорошо описывается формулой:

$$N = 1,35 E_{cp} \nu \rho \frac{F}{M_c}$$

Графически указанная зависимость представлена на рис. 2.

Критическое влагосодержание W_k является границей раздела между периодом постоянной и падающей скоростями сушки. Работами М.А.Гришина доказано, что величина W_k зависит от



потенциала сушки. Проведенные нами исследования по определению такой зависимости при сушке сельдерея позволили получить формулу:

$$W_k = 810 - 6,025 E_{cp}$$

Таким образом, полученные нами зависимости позволяют значительно упростить расчет процесса сушки сельдерея в кипящем слое. Для определения продолжительности сушки достаточно знать только параметры сушильного агента.

При проведении данной диссертационной работы нами изучался тепло- и влагообмен в процессе сушки сельдерея. Известно, что при сушке продуктов в развитой стадии кипящего слоя происходят взаимосвязанные процессы тепло- и массопереноса между материалом и сушильным агентом. Для изучения процесса тепло- и массообмена применены методы расчета с использованием экспериментально определенных термодинамических коэффициентов.

В связи с тем, что в расчетные уравнения процесса сушки входит величина равновесного содержания, то для определения равновесного влагосодержания сельдерея и построения изотерм сорбции продукт помещался в эксикаторы диаметром 100 мм при влажности окружающего воздуха, значения которого постоянно поддерживались следующими химическими соединениями:

- | | |
|--------------------------|----------------------|
| 1. $ZnCl_2$ - 11%; | 4. CH_3COOK - 21%; |
| 2. $MgCl_2$ - 33%; | 5. K_2CO_3 - 42%; |
| 3. $Mg(NO_3)_2$ - 53%; | 6. $NaNO_2$ - 62%; |
| 7. $(NH_4)_2SO_4$ - 80%. | |

Исследования проводили для температур воздуха $4 \pm 1,5$ °C; $22 \pm 1,5$ °C; $40 \pm 1,5$ °C; $60 \pm 1,5$ °C.

По результатам опытов построены изотермы сорбции (рис.3)

Из графика видно, что с повышением температуры при неизменной остаточной влажности воздуха величина равновесного влагосодержания сельдерея уменьшается. Величина мономолекулярного слоя

при $t = 4-60^\circ\text{C}$ находится в пределах 2,8...4,4%.

Используя измененное Гектором уравнение БЭТ, определили величину мономолекулярного слоя:

$$\ln X_m = \beta + \alpha T$$

где X_m - мономолекулярный слой, г влаги/100 г сухого вещества;
 β, α - коэффициенты.

Используя это уравнение, нами рассчитаны значения коэффициентов α и β в диапазоне температур ($4^\circ\text{C} \dots 60^\circ\text{C}$)

$$\ln X_m = 1,79 - 0,000412 T$$

При изучении процесса тепло- и влагопереноса нами определены следующие термодинамические коэффициенты:

а) химический потенциал влагопереноса:

$$\mu = RT \ln \varphi$$

где R - универсальная газовая постоянная;

T - абсолютная температура, $^\circ\text{K}$;

φ - относительная влажность, доли единицы.

б) удельная изотермическая влагоемкость:

$$C_m = (d\mu/d\mu)_T$$

в) термоградиентный коэффициент:

$$\delta = C_m \cdot \Theta_T$$

где $\Theta_T = (\Delta\Theta/\Delta T)_{\delta=0}$ = температурный коэффициент потенциала влагопереноса.

Расчетные значения указанных коэффициентов представлены в таблице 3.

Таким образом, нами изучен процесс сушки сельдерея в развитой стадии кипящего слоя и получены расчетные уравнения, достаточно точно описывающие этот процесс.

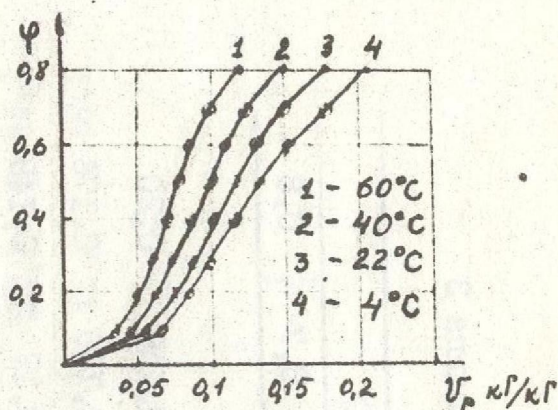


Таблица 3

Материал	Параметры	$U_p \varphi$							
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Сельдерей	U_p	кг/кг							
	4	0,06	0,08	0,096	0,104	0,116	0,132	0,156	0,20
	22	0,052	0,072	0,08	0,092	0,104	0,116	0,136	0,176
	40	0,044	0,06	0,072	0,08	0,092	0,104	0,12	0,148
	60	0,04	0,052	0,064	0,072	0,084	0,092	0,104	0,128
μ_{10}	$\cdot 10^{-5}$ Дж/моль								
	4	54,3	37,86	27,07	21,43	16,35	11,45	8,47	5,21
	22	57,25	40,1	29,94	22,87	17,32	12,75	8,89	5,61
	40	61,1	42,7	32,04	24,3	18,4	13,6	8,5	6,3
	60	65	45,4	34,1	25,9	19,6	14,4	10,1	6,1
$C_m \cdot 10^3$	$\cdot 10^{-5}$ кг/кг								
	4	0,04	0,05	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,2
	22	0,16	0,18	0,32	0,4	0,51	0,62	0,76	1,12
	40	0,17	0,22	0,38	0,5	0,64	0,78	0,94	1,42

Продолжение таблицы 3

		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$C_m \cdot 10^3$	40	0,175	0,24	0,4	0,54	0,70	0,88	1,1	1,61
	60	0,18	0,26	0,42	0,62	0,78	0,96	1,2	1,89
$\frac{\partial \mu}{\partial T}$	4-60°C	0,62	0,51	0,32	0,3	0,26	0,225	0,166	0,109
$\delta \cdot 10^4$	4-60°C	0,106	0,107	0,129	0,144	0,156	0,166	0,1826	0,142
U_F									
		0,04	0,05	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,20
Сальдерей	4	6,4	7,3	11,7	14,8	16,7	17,2	21,4	25,3
	22	7,1	9,2	13,9	17,2	20,1	26,2	31,4	36,2
$\theta \cdot M$	40	10,8	12,4	18,2	21,6	26,9	31,5	36,2	41,2
	60	14,2	16,1	21,9	26,8	31,8	36,7	41,3	46,2

В пятой главе проведены исследования по изучению качественных показателей сельдерея, высушенного в развитой стадии кипящего слоя. Для проведения объективной качественной оценки сухого сельдерея нами определялись следующие показатели:

- влажность сухого сельдерея ;
- содержание углеводов в сырье и высушенном продукте;
- органолептическая оценка;
- содержание витаминов С, И, В_I, В₂, РР в свежем и сухом сельдерее;
- содержание клетчатки в сырье и сухом продукте;
- содержание золы в свежем и сухом сельдерее;
- ароматические вещества в сырье и сухом продукте;
- содержание аминокислот в сухом продукте.

Для изучения качественных показателей применя корни сельдерея сорта Яблочный, высушенного конвективным способом и в развитой стадии кипящего слоя.

Результаты качественной оценки свидетельствуют о том, что практически по всем показателям сельдерея, высушенного в кипящем слое, превосходит сельдерея, высушенного конвективным способом.

Особое внимание при изучении качественной оценки уделено изучению ароматических веществ. Исследования по определению ароматических веществ проводили на газово-жидкостном хроматографе при постоянных изменениях температуры в диапазоне от 60 °С до 135 °С. Идентификацию проводили по относительному времени удерживания с помощью внутреннего стандарта - пентадекона.

Нами установлено, что специфический аромат сельдерея придают соединения фталидов. Подсчитав значения суммы площадей пиков нами проведена количественная оценка ароматических соединений. Данные исследований приведены в таблице.

Таблица 4

№ пп	Темпера- тура су- шильного агента Продукт	Влажность свежего сельдерея %	Влажность сухого сельдерея %	Сумма ароматических веществ		Потери ароматиче- ских веществ, %
				свежем ст/100 г СВ	сухом мг/100 г СВ	
1.	80 °С	89,4	7,9	1,79	0,66	64
2.	100 °С	89,4	6,1	1,79	0,64	63
3.	100 °С	89,4	7,5	1,79	0,93	48
4.	120 °С	89,4	6,5	1,79	0,97	46
5.	130 °С	89,4	8,5	1,79	0,58	68
6.	140 °С	89,4	7,9	1,79	0,51	72
7.	150 °С	89,4	6,0	1,79	0,43	76

Приведенные данные еще раз подтверждают правильность выбран-
ных нами температурных режимов сушки сельдерея в развитой стадии
кипящего слоя.

ВЫВОДЫ

1. Доказано, что сушка сельдерея в развитой стадии кипящего
слоя по сравнению с процессом в неподвижном слое сокращает в три
раза продолжительность процесса. Это связано с достижением мак-
симальной поверхности испарения и срывом пограничного слоя испа-
ряющейся влаги.

2. Определена сортопригодность корней сельдерея для сушки.
Установлено, что при таких показателях, как продолжительность
сушки, органолептическая оценка, коэффициент набухаемости, пока-
затель набухаемости, содержание ароматических веществ наиболее
целесообразно для сушки применять корень сельдерея сорта Яблочный.

✓ 016453

3. Установлены рациональные температуры сушильного агента при сушке сельдерея в развитой стадии кипящего слоя 110-120 °C, при которой τ составляет 55-60 мин, в максимальной степени сохраняются первоначальные свойства сельдерея.

4. Изучен характер нагрева частиц сельдерея при сушке в кипящем слое. Получены критериальные уравнения, позволяющие рассчитывать температуру частиц сельдерея в любой момент сушки.

5. Установлены закономерности кинетики сушки сельдерея в развитой стадии кипящего слоя: лучшей формой резки являются кубики 10x10x10 мм, оптимальная удельная нагрузка составляет 100 кг/м², что в 6,7 раз больше, чем в сушильных установках неподвижного слоя.

6. Получено расчетное общее уравнение продолжительности процесса. Определены зависимости массообменных коэффициентов A и β в виде уравнений. Установлена формула, позволяющая рассчитать скорость постоянного периода сушки N независимо от размера частиц. Получено уравнение, позволяющее рассчитать критическое влагосодержание W_k частиц в зависимости от величины потенциала сушки нагретого воздуха.

7. Изучены изотермы сорбции сухого сельдерея. Получены уравнения, позволяющие определить основные тепломассообменные характеристики, μ , θ , C_m , δ . Рассчитаны коэффициенты, входящие в уравнение БЭТ.

8. Проведена качественная оценка сухого сельдерея. Изучено изменение содержания витаминов С, Π , РР, В и Р₂, общих углеводов, зола, клетчатки в процессе сушки. Определено влияние температуры сушки на изменение аминокислотного и ароматообразующего состава сельдерея. Проведена идентификация ароматических веществ сельдерея, установлен характер изменения ароматических веществ в процессе сушки.

Проведенные исследования качественных показателей подтвердили правильность выбора технологических режимов сушки сельдерея в развитой стадии кипящего слоя.

По материалам диссертации опубликована статья:

Г. Гришин М.А., Зарембски А.Х. Интенсификация сушки сельдерея. - Киев УМК ВО 1988.

Zarybki Andriy