

Автор ерр.  
ЦЛ 95

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

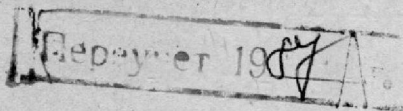
На правах рукописи

ШУБ ЛЮДМИЛА ПАВЛОВНА

УДК 664.83.25

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ СУХОГО КАРТОФЕЛЬНОГО ПОРЕ

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

Одесса - 1982

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте по производству продуктов питания из картофеля (г. Минск).

Официальные оппоненты: - доктор технических наук,  
профессор  
ЖИДНО В.И.  
кандидат технических наук,  
доцент  
ГОРУН Е.Г.

ОНАХТ 07.05.12  
Разработка и внедрение



v014222

ВЕДУЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ - Производственное объединение  
"Колосс" (г. Москва)

Защита состоится 24 марта 1983г. в 14 часов 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. Ломоносова

Автореферат разослан "11" февраля 1983г.

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

*af*  
А.Ф. Загибалов

3

Актуальность проблемы. Продовольственной программой, утвержденной на майском (1982 г.) Пленуме ЦК КПСС, предусматривается за десятилетие увеличение выработки картофелепродуктов до 170 - 186 тыс. тонн. Выпуск сухого картофельного пюре, одного из видов картофелепродуктов, намечено увеличить к 1985 г. почти в 4 раза, мощности почти в 14 раз по сравнению с 1980 г.

Существующая технология двукратной сушки пюре и созданные на ее основе линии ПЛКК-4 имеют ряд существенных недостатков, из-за которых лишь семь из 16 существующих типовых линий работают, но обеспечивают мощность вдвое-втрое меньше проектной и выпускают продукт недостаточно хорошего качества. В связи с этим актуальным является разработка рациональной технологии сухого картофельного пюре, которая бы обеспечила возможность наращивания мощностей путем перевооружения существующих и создания новых линий и улучшение качества пюре.

Цель и задачи исследований. Целью исследований является разработка и внедрение рациональной технологии, обеспечивающей увеличение производительности существующих линий, создание новых мощностей, увеличение выпуска сухого картофельного пюре и улучшение качества продукта. Для достижения поставленной цели намечены следующие задачи:

- исследовать и разработать рациональные режимы процессов подготовки пюре к сушке путем замораживания влажных гранул и путем смешивания сухих и влажных компонентов, технологии сушки в кипящем слое подготовленного пюре;
- изучить влияние различных факторов процесса на качество пюре, гигроскопические свойства, изменение качества, в процессе изготовления и хранения продукта;
- разработать и внедрить в промышленность рациональную техно-

*К. О. 14222*  
Одесский технологический институт пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова

4  
логию сухого картофельного пюре.

Научная новизна. Разработаны две новые технологии сухого картофельного пюре с использованием предложенных процессов подготовки путем замораживания и путем смешивания компонентов и сушки их в кипящем слое. Изучены закономерности влияния режимов замораживания пюре на физические изменения клеток и на качество продукта, влияние параметров смешивания сухих и влажных компонентов на фракционный состав, однородность и качество пюре. Впервые разработана номограмма для определения количества компонентов смеси и выхода продукта. Установлены закономерности сушки в кипящем слое замороженного пюре и смеси компонентов, определены аэродинамические характеристики сушки замороженного пюре. Изучены гигроскопические свойства, изменение физико-химических показателей в процессе изготовления пюре и его стабильности в различных условиях хранения.

По результатам работы получены четыре авторские свидетельства на изобретения: три - на способ, одно - на устройство получения пюре.

Практическая значимость и реализация работы. Результаты исследований использованы при разработке проектной, нормативно-технической документации и внедрены при переоснащении линии крупки Ганцевичского экспериментального консервно-овощесушильного комбината. Технологические регламенты и исходные требования, разработанные в результате исследований, положены в основу модернизации 11 линий ПЛКК-4 и создания линии производительностью 1000 кг/ч.

Апробация диссертационной работы. Результаты диссертационной работы доложены: на республиканских семинарах и всесоюз-

5  
ном совещании работников овощесушильных предприятий по обмену опытом работы цехов сухого картофельного пюре и картофелепродуктов (г. Лиозно, март, 1975 г.; г. Москва, апрель, 1976 г.; г. Ганцевичи, май, 1979 г.), научно-производственных конференциях (г. Минск, февраль, 1974 г.; г. Брянск, декабрь, 1977 г.), на секции научного совета по проблеме "Интенсификация биохимических и физических процессов производства, повышение пищевой полноценности продуктов питания" Госкомитета по науке и технике СССР (г. Москва, ноябрь, 1980 г.).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, пяти глав, списка литературы и приложений. Работа изложена на 204 страницах машинописного текста, в том числе содержит 26 таблиц и 51 рисунок. Список литературы включает 142 источника отечественных, 59 - зарубежных авторов.

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом экспериментальных работ и производственных проверок был картофель сорта Темп, а также другие сорта и их смесь. Подготовку картофеля осуществляли по принятой в промышленности технологии. Пюре к сушке готовили в виде замороженных гранул и в виде смеси сухих (хлопья, крупка) и влажного (свежеприготовленного пюре) компонентов. Использовали технологический стенд ВНИИПХ.

Замораживание гранул осуществляли в неподвижном слое со скоростью до 0,5 °С/мин (медленное) и в подвижном слое со скоростью до 15 °С/мин (быстрое).

Получение смеси компонентов осуществляли в смесителе при различных параметрах перемешивания и влагосодержании смеси.

Сушку замороженного пюре и смеси компонентов осуществляли в установках с кипящим слоем при температурах 80 + 150 °С.

Строили температурные и кривые сушки. Исследовали основные аэродинамические характеристики кипящего слоя, используя микроманометры типа ММ1 и в виде U-образной трубки. Для расчета критических скоростей кипящего слоя и скорости витания использовали критериальные уравнения, выведенные М.А. Гришиным, для расчета продолжительности сушки - метод приведенной скорости Г.К. Филоненко.

Хранение сухого пюре осуществляли в регулируемых и нерегулируемых условиях, в крафтмешках и банках из жести.

О влиянии технологии подготовки пюре к сушке, процесса сушки на качество продукта и его стабильность в различных условиях хранения судили по изменениям физико-химических и органолептических показателей, которые определяли по установленным методикам. Изучение изменений клеток картофеля проводили с помощью микроскопа МБИ-6. Гигроскопические свойства пюре исследовали тензиметрическим методом. Связанную влагу - методом А.В. Думанского. Для определения коэффициентов эмпирических уравнений использовали метод средних (Б.П. Демидович и др.).

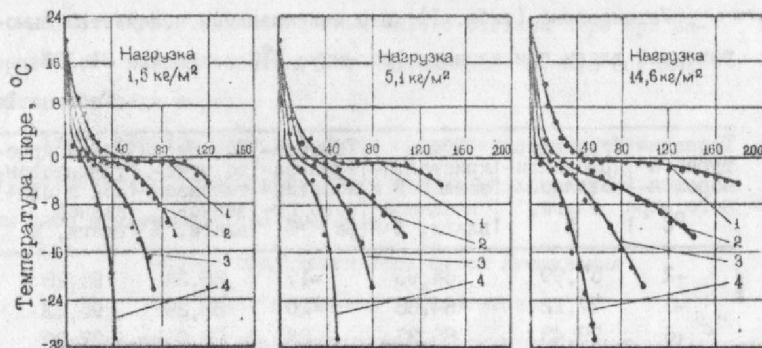
Проверку и внедрение технологии с подготовкой массы с влажностью 61 + 72% осуществляли на линии ПШК-4 Ганцевичского экспериментального консервно-овощесушильного комбината. Проверку технологии с использованием замораживания проводили в условиях Пуховичского экспериментального цеха.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ ПЮРЕ К СУШКЕ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

Для обеспечения сушки в кипящем слое картофельное пюре должно быть подготовлено в виде отдельных сыпучих частиц, которые можно привести в оживленное состояние. С этой целью исследовали два способа: замораживание влажных гранул и смешивание сухих и влажных компонентов пюре.

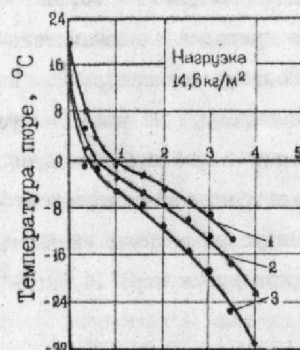
#### Способ подготовки пюре путем замораживания

При исследовании получены графики медленного и быстрого замораживания частиц картофельного пюре (рис. 1), которые показали зависимость температуры материала от температуры воздуха, продолжительности процесса и нагрузки материала.



Продолжительность замораживания, мин

Медленное замораживание 1.-5+8; 2.-14+17; 3.-23+26; 4.-32+35 °C



Продолжительность замораживания, мин

Быстрое замораживание  
1.-14+17; 2.-23+26;  
3.-32+35 °C

Рис. 1

С понижением температуры, уменьшением нагрузки и применением подвижного слоя процесс ускоряется. Кривые замораживания исследуемого пюре аналогичны температурным графикам замораживания других пищевых продуктов и носят тот же характер.

Поскольку замораживание способствует быстрому удалению влаги из материала и улучшению качества продукта, то критерием оптимальности режимов должно служить максимальное количество вымороженной влаги. Часть

влаги, прочно связанной с материалом и незамерзающей, составила 6,94% для картофельного пюре. Для расчета количества вымороженной влаги использовали формулу Хейса:

$$W_n = \frac{1,103}{1 + \frac{0,31}{t_0(t_3 + (t - t_{кр}))}}$$

где  $t_3, t_{кр}$  - соответственно температура замораживания и начала кристаллизации, °С.

Установлено (табл. 1), что максимальное количество вымороженной влаги при температуре минус 7°С составило 81,15%.

Таблица 1

Температура замороженного пюре, °С	Количество кристаллизованной влаги, %	Сумма кристаллизованной и связанной влаги, %	Температура замороженного пюре, °С	Количество кристаллизованной влаги, %	Сумма кристаллизованной и связанной влаги, %
-2	57,99	64,93	-17	86,34	96,28
-5	77,12	84,06	-20	89,29	96,23
-6	79,43	86,37	-23	90,06	97,00
-7	81,15	88,06	-26	90,68	97,62
-8	82,51	89,45	-29	90,84	97,78
-11	86,30	92,24	-32	91,58	98,52
-14	97,07	94,01	-35	92,04	98,98

Дальнейшее понижение температуры пюре приводит к незначительному увеличению вымороженной влаги. Поэтому целесообразно и достаточно вести замораживание при температуре не выше минус 7°С. Для сокращения технологического цикла при замораживании пюре целесообразно применять большие скорости замораживания при более низких температурах. Рекомендуемые режимы: скорость 15°С/мин, температура минус 7 + 35°С, нагрузка пюре 14,6 кг/м<sup>2</sup>, продолжительность 3 + 4 мин.

Изучение изменений клеток картофеля, подвергнутого гидро-термической обработке, показало, что замораживание не вызывает разрушение клеток, не приводит к изменению их размера. Однако наблюдается изменение структуры. В клетках после медленного замораживания наблюдается частичное отслоение протопласта от

оболочки. С понижением температуры пюре отслоение проявляется в большей степени. При быстром замораживании такого явления не наблюдается. Однако последующее медленное замораживание после оттаивания вызывает отслоение в большей степени, что свидетельствует о том, что быстрое замораживание оказывает аналогичное медленному влиянию на структуру клеток.

Существенных изменений химического состава пюре при замораживании не наблюдается. Это подтверждает лучшую сохраняемость качества пюре.

Таким образом, замораживание обеспечивает подготовку пюре, позволяющую осуществить сушку формованных гранул в кипящем слое и улучшение его качества.

#### Способ подготовки пюре путем смешивания сухих и влажных компонентов

Изучали влияние влагосодержания массы в диапазоне 43 + 100% и частоты вращения лопастей смесителя (20 + 100 мин<sup>-1</sup>), режимов перемешивания и соотношения компонентов на фракционный состав и качество пюре. Построенная диаграмма показала, что наибольшее количество частиц размером до 2 мм наблюдается при влагосодержании 61 + 72% и частоте вращения лопастей смесителя 20 мин<sup>-1</sup>. Кривые изменения фракционного состава, характеризующего долей частиц размером до 2 мм, в зависимости от частоты вращения лопастей смесителя, показали, что выравнивание однородности состава массы по размерам частиц достигается через 50 + 60 мин перемешивания независимо от частоты вращения. С уменьшением частоты повышается однородность фракционного состава частиц. Максимальное количество частиц - при 20 мин<sup>-1</sup>. При увеличении продолжительности перемешивания и частоты вращения лопастей смесителя количество разрушенных клеток увеличивается (рис. 2), цветность улучшается. С умень-

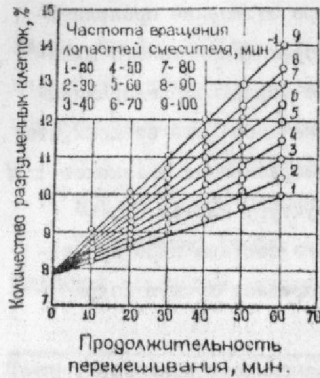


Рис. 2

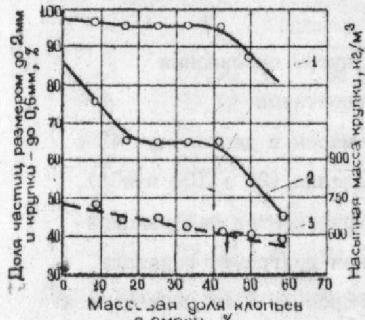


Рис. 3

шением частоты увеличение количества разрушенных клеток менее значительно, при 20 мин<sup>-1</sup> - наименьшее.

Увеличение количества хлопьев более 41,7% в смеси (рис. 3) приводит к получению продукта неоднородного по фракционному составу, о чем свидетельствует уменьшение доли частиц размером до 2 мм в смеси (1) и до 0,6 мм в крупке (2). С увеличением количества хлопьев в смеси уменьшается насыпная масса продукта (3).

Подготовка массы с влажосодержанием 61 + 72% затруднена из-за возможных колебаний сухих веществ компонентов.

Для определения количества компонентов массы с оптимальным влажосодержанием и выхода продукта

разработана специальная номограмма.

На рис. 4 приведен фрагмент номограммы. 18 + 22% - массовая доля сухих веществ в сырье (22% - базовая), 88 + 92% - готовой крупки (стандартная). В соответствии с установленным соотношением компонентов для различного количества перерабатываемых хлопьев 225 + 200 кг (90% сухих веществ) искомые величины определяли по уравнению:  $A_n W_n^c + A_{xl} W_{xl}^c + A_{kr} W_{kr}^c = A_{см} W_{см}^c$ , где:  $A_{n, xl, kr, см}$  - количество (кг),  $W_{n, xl, kr, см}^c$  - массовая доля сухих веществ (%) соответственно в пюре, хлопьях, крупке и смеси. В зависимости от сухих веществ в сырье рассчитывали выход круп-

Доля свежеприготовленного пюре в смеси с массовой долей сухих в-в (%), кг	Доля крупки (возврата) в смеси кг	Сухие в-ва крупки, %	Доля хлопьев (с массовой долей сухих в-в 90%) в смеси, кг	Выход готовой крупки (90% сухих в-в) в зависимости от сухих в-в картофеля, кг			
				с учетом возврата крупки и потерь общего выхода)	за вычетом возврата крупки и потерь общего выхода)	с учетом возврата крупки и потерь общего выхода)	за вычетом возврата крупки и потерь общего выхода)
22 + 18%			225 + 200	22 + 18%	22 + 18%		
262,1	237,1	114,7	88	401,2	384,5	249,0	233,9
264,9	239,9	114,7	89	403,0	386,4	249,3	234,4
268,0	242,6	114,7	90	405,1	388,2	250,0	234,7
270,9	245,3	114,7	91	407,0	390,0	250,4	235,1
274,2	248,1	114,7	92	409,2	391,8	251,1	237,4
262,1	237,1	114,7	88	376,2	359,5	226,5	211,4
274,2	248,1	114,7	92	384,2	366,8	228,6	212,9

Рис. 4

ки (с учетом потерь и возврата крупки, и за их вычетом). По номограмме легко определяется количество компонентов, смеси и выход продукта, если начать отсчет от графы "Доля хлопьев".

Исследованиями химических показателей при подготовке массы с влажосодержанием 61 + 72% отмечено изменение влажности, вызванное технологическим процессом, уменьшение количества витамина С, водорастворимых веществ, сахаров, белка. Однако в сравнении с пюре по технологии двукратной сушки химические показатели выше, что свидетельствует об улучшении качества пюре по разработанной технологии.

Суммарные результаты проведенных исследований показали, что технология подготовки пюре путем смешивания компонентов обеспечивает получение сыпучей массы, приемлемой для сушки в кипящем слое, и улучшение качества продукта.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ В КИПАЮЩЕМ СЛОЕ ПОДГОТОВЛЕННОГО ПЮРЕ И ВЛИЯНИЕ ЕЕ НА КАЧЕСТВО ГОТОВОГО ПРОДУКТА

При исследовании технологии сушки замороженных гранул в кипящем слое построены кривые псевдооживления для двух нагрузок

(рис. 5). Из кривых определены критические скорости перехода

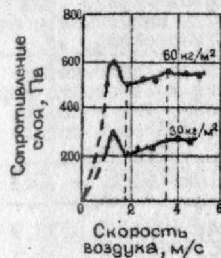


Рис. 5

слоя из неподвижного в кипящее состояние.

Произведенный расчет критических скоростей по уравнениям  $Re_k = \frac{v_k d_p}{\nu}$ ;  $Re_c = 4,75Fe - 325$ ;

$Re_{c2} = 8,4Fe - 530$ , выведенным М.А.Гришиным для двух характерных точек, показал применимость уравнения для определения скорости кипения замороженных гранул. Установлен

ная по кривым псевдооживления и расчетным

данным скорость кипения гранул размером  $2 + 5$  мм и длиной  $5 + 30$  мм составила  $3,23 + 3,6$ , скорость витания  $6,88$  м/с.

Для исследования поро с влажностью  $6I + 72\%$  скорость кипения принята (по данным В.С.Ковалева)  $I + I,5$  м/с. Полученные температурные кривые и кривые сушки (рис. 6 и рис. 7) и резуль-

таты исследования изменений качества поро показали, что оптимальными температурами воздуха для сушки замороженного поро являются  $I00 + I40^{\circ}C$ ,

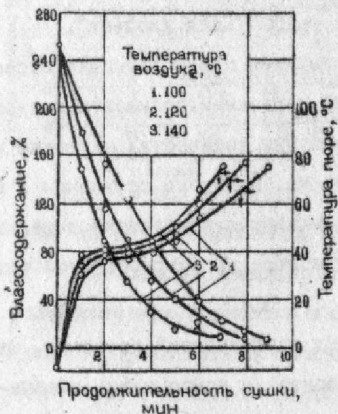


Рис. 6



Рис. 7

для массы с влажностью  $6I + 72\%$  -  $80 + I20^{\circ}C$ . Продолжительность сушки поро, различающегося по влажности и размерам частиц, составила одинаковое время  $6 + 9$  мин. Этот факт свидетельствует о влиянии технологии подготовки поро к сушке на режимы сушки.

Изучение влияния замораживания гранул и последующей их суш-

ки в кипящем слое при температуре  $I00 + I40^{\circ}C$  на качество поро показало, что предложенный способ изготовления сухого поро обеспечивает получение пористого продукта, сохранение в большей степени витамина С, водорастворимых веществ, белка, сахаров. Способ обеспечил расширение температурных режимов восстановления поро до  $60 + I70^{\circ}C$ , уменьшение продолжительности с  $I2 + I5$  до  $I+2$  мин.

Исследовано влияние нагрузки поро ( $\frac{G}{F}$ ) с влажностью  $6I + 72\%$  на продолжительность и качество продукта. Установлено, что с увеличением нагрузки продолжительность ( $\tau$ ) увеличивается ( $\tau = 9,7 \frac{G}{F}$ ), при этом уменьшается содержание витамина С, увеличивается набухаемость, ухудшается цветность, разрушения клеток не наблюдается.

Расчет продолжительности сушки  
картофельного поро

Процесс сушки замороженного поро и массы с влажностью  $6I + 72\%$  осуществляется в два периода - постоянной и падающей скорости сушки, разделяемые значением критического влажностного содержания. Количественные закономерности процесса сушки подготовленного поро устанавливали, применив метод приведенной скорости Г.К. Филоненко, дополненный и уточненный М.А.Гришиным:

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

Коэффициенты  $A$  и  $\beta$ , величина критического влажностного содержания  $W_k$ , входящие в уравнение, изменяются в зависимости от температуры и потенциала сушки  $E$ . Графические зависимости коэффициентов  $A$  и  $\beta$  от потенциала сушки позволили вывести уравнения для их определения: для замороженного поро

$$A = 1 + 3,3E; \quad \beta = 0,007E + 0,105$$

для поро с влажностью  $6I + 72\%$

$$A = 2,76E - 35; \quad \beta = 0,63 - 0,032E$$

Средние квадратичные отклонения экспериментальных данных от рас-

четных величин коэффициентов  $A$  составили для замороженного пюре 2,17%, для смеси пюре 3,5%, коэффициентов  $\beta$  соответственно 7,26% и 4,6%.

Известна линейная зависимость скорости постоянного периода  $N$  от потенциала сушки  $E$ , массовой скорости воздуха и удельной нагрузки  $\frac{M_0}{F}$ :  $N = a + bE\sqrt{\rho} \frac{F}{M_0}$ ,  $a$  и  $b$  - коэффициенты, которые найдены из графической зависимости  $N$  от  $E\sqrt{\rho} \frac{F}{M_0}$ , и зависят от вида пюре, от технологии подготовки к сушке, т.е. от формы, размера частиц и структуры исследуемого пюре.

Для проверки правильности экспериментальных данных произвели расчет продолжительности сушки. Экспериментальные и расчетные данные продолжительности сушки показали возможность использования уравнения приведенной скорости сушки, предложенной Г.К. Филоненко для определения продолжительности сушки до любого влагосодержания. Средние квадратичные отклонения не превышают 8,3%.

В связи с возвращением крупки в технологический процесс получения массы с влагосодержанием  $61 + 72\%$  изучали влияние многократной сушки на качество продукта. Для определения количества крупки ( $G_n$ ) после  $n$ -кратной рециркуляции в смесь вывели уравнение  $G_n = \left(\frac{G_a}{G_{a.n.}}\right)^n B$ , где  $G_a$  - масса крупки, возвращаемая в смесь (кг),  $G_{a.n.}$  - масса смеси (кг),  $B$  - доля определяемого компонента (в пересчете на крупку) в смеси (%). Произвели расчет количества крупки, полученной при шестикратном возвращении продукта. Количество трех-, четырех-, пяти- и шестикратной сушки не превышает 3% и не сказывается на качестве готового продукта.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ГОТОВОГО ПРОДУКТА

##### И ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ХРАНЕНИИ

Исследовано качество пюре, изготовленного по разработанным технологиям, в сравнении с качеством хлопьев и пюре, изготовленным по технологии двукратной сушки. Результаты исследования при-

ведены в табл. 2.

Таблица 2

Физико-химические показатели	Ед. измерения	Технология с замораживанием		Сырье	Технология получения смеси		Хлопья на одной сушке		Крупка по технологии двукратной сушки	
		сырье	сухое пюре		сухое пюре	сухое пюре	сухое пюре	сухое пюре		
Влажность	%	81,10	10,00	80,30	8,60	6,90	6,90	7,30		
Общие сахара	%	6,30	5,10	6,30	4,90	5,36	5,36	4,96		
Редуцирующие сахара	%	4,20	3,20	4,20	2,90	2,96	2,96	3,06		
Крахмал	%	70,27	69,32	71,57	69,73	70,50	70,50	73,91		
Целлюлоза	%	2,47	2,10	2,48	2,20	2,20	2,20	1,97		
Гемиллюлоза	%	1,28	0,88	1,28	0,83	0,83	0,83	0,97		
Пектиновые вещества	%	0,185	0,131	0,189	0,134	0,134	0,134	0,175		
Белок (сырой протеин)	%	6,30	4,80	8,60	6,60	6,10	6,10	6,20		
Витамины	мг/гг									
C (аскорбиновая кислота)	%	13,77	4,71	10,80	3,20	3,20	3,20	2,17		
B <sub>1</sub> (тиамин)	%	0,50	0,39	0,49	0,33	0,36	0,36	0,34		
B <sub>2</sub> (рибофлавин)	%	0,17	0,16	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18		
PP (ниацин)	%	4,18	4,01	4,16	4,09	4,10	4,10	4,03		
Водорастворимые вещества	%	15,50	13,40	15,01	13,90	12,50	12,50	13,50		
Разрушенные клетки	%	-	3,40	-	12,50	17,80	17,80	35,00		
Набухаемость	%	-	5,30	-	4,40	4,20	4,20	4,00		
Цветность	%	-	80,80	-	71,70	72,00	72,00	68,40		
Насыпная масса	кг/м <sup>3</sup>	-	370	-	820	220	220	590		
Дегустационная оценка	балл	-	5,00	-	4,80	4,00	4,00	3,50		
Аминокислоты	мг/гг									
Аргинин		470	400	670	520	460	460	447		
Аспарагиновая кислота		1125	710	1660	1360	1340	1340	1376		
Серин		303	260	410	380	280	280	320		
Глутаминовая кислота		872	500	1250	950	806	806	900		
Пролин		249	156	450	370	308	308	310		
Глицин		283	226	530	410	310	310	340		
Аланин		272	225	430	310	293	293	300		
Тирозин		210	185	319	205	179	179	206		
Гистидин		136	110	160	125	130	130	124		
Лизин		441	400	490	380	386	386	310		
Треонин		309	260	510	380	364	364	272		
Валин		314	293	609	455	468	468	473		
Метионин		78	58	153	129	124	124	132		
Изолейцин		270	236	353	251	239	239	234		
Лейцин		475	418	230	182	168	168	162		
Фенилаланин		320	240	300	280	220	220	180		
Триптофан		165	140	140	115	124	124	104		

Данные исследований показали положительное влияние разработанных технологий на качество пюре. Отмечено сохранение в большей степе-

ни основных химических показателей, уменьшение количества разрушенных клеток с 35 до 12,5% - по технологии получения массы с влажностью 61 + 72%, до 3,4% - по технологии с замораживанием, лучшая сохраняемость аминокислот, особенно незаменимых, увеличение насыпной массы крупки до 820 кг/м<sup>3</sup>. Насыпная масса гранул 370 кг/м<sup>3</sup> ниже насыпной массы крупки, но выше хлопьев.

Исследовали гигроскопические свойства пюре по исследуемым технологиям, по технологии получения смеси с использованием дистиллированных моноглицеридов (МГД) и пюре по технологии двукратной сушки. Построены кривые динамики и изотермы сорбции для всех видов пюре при температуре 20°C, для замороженного пюре дополнительно при 4 и 50°C. Выведено эмпирическое уравнение зависимости влагосодержания ( $W_p^e$ ) от относительной влажности воздуха ( $\varphi$ ):  $W_p^e = \frac{W_p}{100 - W_p}$ ,  $W_p = \frac{c\varphi + d}{c + d\varphi}$ , где  $W_p$  - равновесная влажность,  $c$  и  $d$  - коэффициенты, определяемые эмпирически. Уравнение верно в интервале относительной влажности воздуха  $\varphi = 6 + 76,6\%$ . Коэффициенты  $c$  и  $d$  (табл. 3) изменяются в зависимости от технологии получения пюре и температуры установления равновесия.

Таблица 3

Ко- эф- фи- ци- ен- ты	Технология сухого пюре					
	дву- кратной сушки	с влажностью 61 + 72% с МГД	с влажностью 61 + 72%	с замораживанием гранул	при температуре сорбции, °C	
					20	50
	20	20	20	4	20	50
	1,2979	0,9240	0,6478	0,500	0,6665	1,33628
	-0,0094	-0,00502	-0,002275	-0,00049	-0,00139	-0,00932

Средние квадратичные отклонения расчетных и опытных величин равновесной влажности не превышают 9,8%. Исследования показали, что максимальная относительная влажность воздуха 60% обеспечивает со-

хранение продукта в пределах равновесного влагосодержания 12 + 16%. Однако, увеличение его на 2 + 3% может привести к плесневению продукта. Поэтому для гарантии сохранения качества пюре целесообразно относительную влажность воздуха поддерживать ниже 60%.

Из графических зависимостей энергии связи, рассчитанной по формуле  $L = -RT \ln \varphi$ , от равновесного влагосодержания установлено, что с уменьшением влагосодержания энергия связи влаги с сухой частью пюре увеличивается. Рассчитав энергию связи для исследуемых видов пюре, получили величины химического потенциала. Зная их, рассчитали изотермическую удельную влагоемкость  $C_m = \left(\frac{\partial W}{\partial \mu}\right)_T$ , значение коэффициента химического потенциала для пюре по технологии с замораживанием  $\left(\frac{\partial \mu}{\partial T}\right)_\mu$  и значение термодифференциального коэффициента  $\delta = C_m \left(\frac{\partial \mu}{\partial T}\right)_\mu$ . Установлено, что с уменьшением влагосодержания и с повышением температуры сорбции удельная изотермическая влагоемкость увеличивается, а термодифференциальный коэффициент уменьшается.

Исследования сухого пюре при хранении показали, что при 4°C продукт сохраняет свое качество до двух лет, при 20°C - до 12 месяцев, при 50°C пюре хранится не более 3 месяцев, независимо от условий хранения.

Результаты всех проведенных в комплексе исследований позволили разработать две новые технологии сухого картофельного пюре, проверка в производственных условиях которых подтвердила полученные результаты исследований.

#### ВЫВОДЫ

1. Разработана новая технология производства сухого картофельного пюре в виде крупки, в основу которой положен рациональный способ получения пюре с влажностью 61 + 72% (авторское свидетельство № 561549 "Способ получения сухого картофельно-

го пюре") и сушка в кипящем слое.

Способ осуществляют путем смешивания сухих (хлопья, крупа) и влажных (свежеприготовленного пюре) компонентов в соотношении, обеспечивающем влагосодержание  $61 + 72\%$ .

Технология с использованием одновальцовых сушилок обеспечивает увеличение производительности линии со  $115 \text{ кг/ч}$  до  $250 \text{ кг/ч}$ , увеличение выпуска сухого картофельного пюре до  $759 \text{ т/год}$ , на I линии ПЛК-4, уменьшение трудозатрат производства на  $464 \text{ руб.}$  на I тонну, улучшение качества продукта, увеличение насыпной массы до  $820 \text{ кг/м}^3$ , получение экономического эффекта  $352 \text{ тыс. руб.}$

Разработанная технология решает вопрос увеличения производительности существующих и открывает перспективу создания новых линий сухого пюре.

2. Разработан новый малооперационный способ изготовления сухого пюре, в основу которого положен способ подготовки пюре к сушке в кипящем слое путем замораживания (авторское свидетельство СССР № 498941 "Способ приготовления сухого картофельного пюре", № 780251 "Способ получения сухого картофельного пюре", № 581925 "Устройство для приготовления картофельного пюре").

Способ осуществляют путем формирования сваренного картофеля в виде преобразных гранул, замораживания и сушки их в кипящем слое.

Технология позволяет получить продукт быстровосстанавливаемый повышенного качества.

3. Способ подготовки пюре путем смешивания сухих и влажных компонентов обеспечивает получение сыпучей массы, пригодной для сушки в кипящем слое. Установлена зависимость фракционного состава и качества пюре от влагосодержания смеси, режимов перемешивания сухих и влажных компонентов и их соотношения. С помощью

построенных диаграмм и графических зависимостей определены: оптимальное влагосодержание -  $61 + 72\%$ ; рациональные режимы перемешивания - частота вращения лопастей смесителя  $20 \text{ мин}^{-1}$ , продолжительность  $50 + 60 \text{ мин}$  и доля хлопьев в смеси  $41,7\%$ . Увеличение частоты приводит к увеличению количества разрушенных клеток и неоднородности массы. Соотношение компонентов и их сухие вещества влияют на количество смеси и выход продукта. Для определения доли компонентов смеси и выхода сухого пюре разработана номограмма.

4. Замораживание обеспечивает подготовку пюре, позволяющую осуществить сушку формованных влажных гранул в кипящем слое; не вызывает разрушения клеток и существенных изменений химического состава, вызывает структурные изменения, обратимый плазмолиз клеток картофеля, подвергнутого гидротермической обработке, оказывающие положительное влияние на консистенцию и цвет пюре. Рекомендованы режимы замораживания, характеризующиеся наибольшим суммарным количеством вымороженной и связанной влаги: скорость  $15^\circ\text{C/мин}$ , температура воздуха минус  $7 + 35^\circ\text{C}$ , нагрузка  $14,6 \text{ кг/м}^2$ , продолжительность  $3 + 4 \text{ мин}$ .

5. Получены кривые псевдооживления, определены аэродинамические характеристики сушки в кипящем слое замороженных гранул. Изучены закономерности сушки в кипящем слое замороженных влажных гранул и массы с влагосодержанием  $61 + 72\%$  и установлено, что применение сушильного агента с температурой выше  $100^\circ\text{C}$  улучшает качество продукта. Технология подготовки пюре влияет на режимы сушки. Оптимальными температурами сушильного агента для замороженных гранул являются  $100 + 140^\circ\text{C}$ , скоростью  $3,2 + 3,6 \text{ м/с}$ , для массы с влагосодержанием  $61 + 72\%$  соответственно  $80 + 120^\circ\text{C}$  и  $1,5 \text{ м/с}$ . Продолжительность сушки пюре, различающегося по размеру частиц и влажности, составила одинаковое время  $6 + 9 \text{ мин}$ .

Полученные кривые псевдооживления и сушки и произведенный расчет критических скоростей по уравнению М.А.Гришина и продолжительности сушки по методу приведенной скорости сушки Г.К.Филоненко показали их применимость для исследуемых видов подготовленного пюре.

Многokратная сушка части сухого пюре (определяемой по выведенному уравнению  $G_n = (\frac{G_n}{G_{2,n}})^n \cdot B$ ), возвращаемого для приготовления массы с влажосодержанием 6I + 72%, не ухудшает качества готового продукта благодаря наличию продукта однократной сушки и уменьшению количества двукратной сушки.

6. Оба способа сухого пюре обеспечивают более высокие показатели качества по сравнению с хлопьями и крупкой, вырабатываемой по технологии двукратной сушки:

по технологии получения пюре с влажосодержанием 6I + 72% улучшена консистенция (основной показатель пюре) за счет уменьшения количества разрушенных клеток с 35 до 12,5%, увеличена насыпная масса с 590 до 820 кг/м<sup>3</sup>;

по технологии с замораживанием значительно улучшена консистенция пюре (количество разрушенных клеток 3,4 против 35%), расширены температурные параметры восстановления пюре до 60 + 100°C при сокращении продолжительности восстановления до 1 + 2 против 12 + 15 мин. Насыпная масса 370 кг/м<sup>3</sup> ниже насыпной массы крупки, но выше хлопьев.

7. Получены изотермы сорбции двух видов пюре при температуре 20°C, дополнительно для пюре с замораживанием - при 4 и 50°C, выведено эмпирическое уравнение для расчета равновесного влажосодержания  $W_p^c = \frac{W_p}{100 - W_p}$ ,  $W_p^c = \frac{h \cdot \psi + c}{c + d \cdot \psi}$  (уравнение действительно в интервале относительной влажности воздуха  $\psi = 6 + 76,6\%$ ). Установлено, что максимальная относительная влажность воздуха обеспечивает сохранение продукта в пределах равновесного влажосодержания

12 + 16%. С уменьшением равновесного влажосодержания энергия связи, химический потенциал и удельная изотермическая влагоемкость увеличиваются, с повышением температуры - уменьшаются, а термоградиентный коэффициент при этих условиях уменьшается.

Пюре, выработанное по технологии с замораживанием, сохраняет качество при температуре 4°C - 24 месяца, при 50°C - 3 месяца, при 20°C пюре по двум технологиям сохраняет свое качество аналогично хлопьям и пюре, вырабатываемому по технологии двукратной сушки, в течение 12 месяцев.

8. Проверка разработанных технологий в производственных условиях подтвердила результаты исследований и позволила рекомендовать ко внедрению технологии сухого пюре с замораживанием и сушкой в кипящем слое с целью выпуска продукта для узкого круга потребителей, предъявляющих повышенные требования к консистенции и температурным режимам восстановления пюре; технологию сухого пюре с подготовкой массы с влажосодержанием 6I + 72% и сушкой в кипящем слое для широкого внедрения в промышленность.

9. Разработанная технология получения массы с влажосодержанием 6I + 72% внедрена на модернизированной линии ПЛКК-4 Ганцевичского экспериментального консервно-овощесушильного комбината и принята ведомственной комиссией Минпищепрома СССР.

Фактическая экономическая эффективность на Ганцевичском комбинате в 1979 - 1980 гг. составила 286,96 тыс.руб.

Разработана и утверждена технологическая инструкция и отраслевой стандарт по производству сухого картофельного пюре.

10. Разработаны, утверждены Минпищепромом СССР технологические регламенты производства сухого картофельного пюре по разработанной технологии с использованием одновальцовой сушилки для модернизации линий ПЛКК-4 и новостроящихся предприятий.

Начата модернизация II линий крупки ПЛКК-4 и создание линии сухого картофельного пюре производительностью 1000 кг/ч.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих статьях:

1. Шуб Л.П. Прогрессивные методы в производстве картофельных продуктов. - Минск: ВАСХНИЛ. Материалы научно-производственной конференции "Проблемы картофеля", 1974, с. 106-108.
2. Шуб Л.П. Новое в производстве сухого картофельного пюре. - Пищевая промышленность: Научно-технический реферативный сборник / ЦНИИТЭИпищепром, 1979, вып. 9, с. 3-6.
3. А.с. 498941 (СССР). Способ приготовления сухого картофельного пюре / Л.П.Шуб, Г.И.Богданова, А.Ф.Лойко. - Спубл. в В.И., 1976, № 2.
4. А.с. 561549 (СССР). Способ получения сухого картофельного пюре / К.Г.Аверьянов, Л.П.Шуб. - Спубл. в В.И., 1977, № 22.
5. А.с. 780251 (СССР). Способ получения сухого картофельного пюре / К.Г.Аверьянов, Л.П.Шуб, Г.И.Богданова, Л.Г.Саракула, И.И.Гупало. - Не подлежит опубликованию в открытой печати.
6. Шуб Л.П., Ларкович Р.Д. Производство сухого картофельного пюре в СССР и за рубежом. Обзор / ЦНИИТЭИпищепром. - М., - 1971. 31 с.
7. Шуб Л.П., Богданова Г.И. Способ изготовления сухого картофельного пюре с применением замораживания и сушки в кипящем слое. - Консервная и овощесушильная промышленность. - 1976, № 9, с. 34-35.
8. Шуб Л.П., Саракула Л.Г. Влияние замораживания на качество картофельного пюре. - Консервная, овощесушильная и пищевая концентратная промышленность: Научно-технический реферативный сборник / ЦНИИТЭИпищепром, 1977, № 2, с. 16-19.
9. Фомичева Л.А., Шуб Л.П., Виноградова А.А., Шеер Л.А. Исследование влияния технологической обработки на качество сухого пюре. - М.: Сборник МТИППа, 1979, с. 128-132.
10. Шуб Л.П., Богданова Г.И. Изучение гигроскопических свойств сухого картофельного пюре. - Консервная и овощесушильная промышленность, 1978, № 3, с. 33-36.
11. Шуб Л.П., Богданова Г.И., Трусевич Г.М., Лойко А.Ф. Влияние условий хранения на качество сухого картофельного пюре. - Консервная и овощесушильная промышленность, 1978, № 8, с. 13-15.
12. Аверьянов К.Г., Шуб Л.П., Соколова Э.А., Савчик Ж.И. Совершенствование производства сухого картофельного пюре в виде крупки. - Консервная и овощесушильная промышленность, 1979, № 6, с. 16.

13. Шуб Л.П., Гупало И.И. Исследование процесса сушки замороженного картофельного пюре. - Консервная и овощесушильная промышленность, 1978, № 12, с. 17-19.

14. Овруцкая И.Я., Погодаева А.Я., Шуб Л.П. Санитарный режим работы линии производства сухого картофельного пюре ПЛПК-4. - В кн.: Вопросы товароведения и технологии пищевых продуктов: Респ. межвед. сб. Минск, 1973, вып. 3, с. 117-124.

15. Гольнская Л.А., Шуб Л.П. Технологический контроль производства сухого картофельного пюре. - Консервная, овощесушильная и пищевая концентратная промышленность: Научно-технический реферативный сборник / ЦНИИТЭИпищепром, 1977, № 12, с. 8-10.

16. А.с. 581925 (СССР). Устройство для приготовления картофельного пюре / К.Г.Аверьянов, Л.П.Шуб, И.И.Гупало, Н.И.Зименко, И.И.Кучинский, М.В.Дубовик. - Спубл. в В.И., 1977, № 44.

17. Шуб Л.П., Ларкович Р.Д., Богданова Г.И. и др. Разработка способов повышения питательной ценности и увеличения объема веса сухого картофельного пюре. - В кн.: Вопросы товароведения и технологии пищевых продуктов: Респ. межвед. сб. Минск, 1972, вып. 2, с. 129-135.

*Шуб*