

Автореф.
К 21
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

КАРАБУЛЯ БОРИС ВЛАДИМИРОВИЧ

УДК 66.047:664.854

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФРУКТОВЫХ ПЮРОШКОВ
МЕТОДОМ ПЕННОЙ СУШКИ

Принят 1984

Специальность 05.18.13 - технология консервированных
пищевых продуктов

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Одесса - 1984 г.

Работа выполнена в Молдавском научно-исследовательском институте пищевой промышленности Минплодоовощпрома СССР и Одесском технологическом институте пищевой промышленности имени М.В.Домоногова

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

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
Аминов М.С.
- кандидат технических наук

✓ 014321
Автореферат Карабуля Б.В.
К.д.т. Разработка
технологии фруктовых

е аграрно-промышлен-
е "Букурля"

10³⁰ часов.

В.35.01 при
промышленности
ердлова, 112. ж

библиотеке Одесского
нности имени

984 г.

балов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Актуальность проблемы. Решениями XXVI съезда КПСС и Майского (1982 г.) Пленума ЦК КПСС предусмотрено повышение эффективности народного хозяйства, его интенсификации, максимальное использование имеющихся возможностей для ускорения научно-технического прогресса, роста производительности труда во всех звеньях народного хозяйства.

Продовольственная программа предусматривает увеличение выработки наиболее ценных пищевых продуктов питания, расширение ассортимента, значительное повышение качества, биологической ценности и вкусовых достоинств путем широкого внедрения прогрессивных технологий переработки сельхозпродукции.

Пищевая промышленность страны испытывает острый дефицит во фруктовых порошках. Разработка технологии фруктовых порошков пенной сушки позволяет, с одной стороны, получить качественные, дешевые порошки, с другой стороны, сократить транспортные расходы, тару и складские помещения при доставке продукта в отдаленные и труднодоступные районы страны.

Фруктовые порошки призваны сыграть большую роль в расширении ассортимента и обогащении многих сухих продуктов, производимых пищевыми концентратами, молочной, кондитерской и другими отраслями промышленности. Потребность во фруктовых порошках для различных отраслей промышленности составляет на 1985 год - 12,9 тыс. тонн, на 1990 год - 15 тыс. тонн, на 2000-ый год - 23,7 тыс. тонн. Однако до настоящего времени фруктовые порошки вырабатываются в очень малых количествах - до 20 тонн в год методом сублимационной сушки. Этот способ не получает развития из-за больших капитальных вложений, значительных энергетических затрат, малой производительности установок и высокой себестоимости продуктов.

014321
Одесский технологический
институт пищевой промышленности
В. Ломоносова

Сушка пастообразных пищевых продуктов во вспененном состоянии позволяет устранить вышеуказанные недостатки.

Таким образом, актуальность данной работы определяется потребностью в разработке и внедрении в промышленности высокоинтенсивной технологии получения дешевых, качественных фруктовых порошков.

Цель работы. Исследовать процесс пенной сушки фруктовых пюре из яблок и абрикосов и разработать технологию производства фруктовых порошков.

Для осуществления этой цели было намечено решить следующие задачи: выбрать эффективный пеностабилизатор, обеспечивающий проведение технологических процессов вспенивания и сушки и не влияющий на цвет, вкус, запах, физико-химические показатели фруктовых продуктов; определить влияние отдельных факторов на процесс вспенивания фруктовых пюре; изучить кинетику сушки и изменения температуры вспененных пюре, установить оптимальные параметры режима сушки, позволяющие получать порошки высокого качества; изучить физико-химические изменения фруктовых пюре в процессе сушки и длительного хранения порошков; используя данные физико-химических изменений, органолептической оценки и экономических данных рассчитать обобщенный показатель качества фруктовых порошков пенной сушки в сравнении с показателем качества порошков, полученных другими методами сушки; разработать аппаратурно-технологическую схему производства порошков пенной сушки.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые проведены исследования процессов вспенивания и сушки фруктовых пюре, подобран эффективный пеностабилизатор, определена зависимость изменения плотности от различных факторов, влияющих на процесс вспенивания, установлена их математическая зависимость; определены оптимальные значения факторов, характеризующих качество

фруктовых пен. Получено математическое уравнение кинетики сушки и нагрева вспененных фруктовых пюре, описывающее процессы с достаточной для инженерных расчетов точностью. Исследованы гигроскопические свойства фруктовых порошков, установлены условия фасовки, упаковки и оптимальные сроки хранения фруктовых порошков пенной сушки. Изучены физико-химические и биохимические изменения в фруктовых пюре и порошках в процессе сушки и длительного хранения. На базе полученных данных рассчитан обобщенный показатель качества порошков с учетом экономических затрат.

Практическая ценность работы заключается в разработке новой, более экономичной технологии получения качественных фруктовых порошков. На базе полученных результатов разработана техническая документация на опытную партию порошков пенной сушки. Практическая ценность работы подтверждается актами промышленных испытаний и дегустационной оценки. Фруктовые порошки использованы при разработке новой рецептуры вафельного торта и предложены ПАО "Букуррия" для производства конфет в качестве наполнителей. Расчет экономической эффективности от применения линии по производству фруктовых порошков производительностью 10,3 кг/ч составляет 67 тыс. рублей в год.

Апробация работы. Разработанная технология успешно прошла промышленные испытания на Кишиневском хлебозаводе № 4. Выработаны порошки из яблок, абрикосов, персиков и винограда. Полученные данные испытаний подтвердили результаты лабораторных исследований.

Результаты исследований были доложены на научно-техническом совете Министерства плодоовощного хозяйства МССР в 1979 году, на ХУП научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава Кишиневского политехнического института им. С.Лаво, на семинаре "Пути технического перевооружения в сушильной отрасли предприятий объединения Молдплодоовощпром" (МССР, Ниспорены,

1978 г.), на заседаниях Ученого совета Молдавского НИИ пищевой промышленности в 1977 - 1983 гг.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 4 работы.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка используемой литературы, содержащего 169 источников (в том числе 49 иностранных) и приложений.

Работа изложена на 135 страницах машинописного текста и содержит 41 рисунок, 44 таблиц и 4 приложений.

На защиту выносятся результаты исследования процесса вспенивания яблочного и абрикосового пюре, кинетики конвективной сушки и нагрева вспененных фруктовых пюре; результаты химических и биохимических изменений фруктовых пюре и порошков, полученных различными методами сушки; расчет обобщенного показателя качества фруктовых порошков; аппаратное оформление технологии производства фруктовых порошков методом пенной сушки.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования использовали фруктовое пюре из яблок и абрикосов, выработанное по технологической инструкции по производству фруктовых пюре.

Вспомогательным материалом для осуществления процесса вспенивания служила метилцеллюлоза марки МЦ-100, эмпирическая формула $C_6H_7O_2 \cdot (OH)_3 - n \cdot (OCN)_n$, вырабатываемая в нашей стране по ТУ 6-01-717-72.

Разработанная технология изучалась на лабораторном стенде, состоящем из пеногенератора и непрерывнодействующей пеносушильной установки с конвективным методом теплоподвода. Изучение кинетики сушки проводилась путем отбора проб на разных стадиях

процесса сушки и определялась влагосодержание в каждом образце. Тепловые измерения проводились хромель-копелевыми термодарами в комплекте с 12-ти точечным потенциометром КСП-4. Термодары устанавливались в продукт в трех точках по ширине транспортерной ленты и перемещались через всю длину установки. Скорость сушильного агента устанавливалась путем его измерения по сечению зоны сушки с помощью термоанемометра Т-7Н.

В ходе технологических экспериментов и при исследовании качественных показателей фруктовых пюре и порошков были приняты следующие методы исследования: массовую долю влаги, общую кислотность, каротин, содержание углеводов, гигроскопическую влажность, плотность - стандартными методами; восстанавливаемость по ОСТ 18-92-82 и методике ВНИИМ; ароматических веществ - на газо-жидкостном хроматографе "Цвет" с пламенно-ионизационным детектором; оптическую плотность - по методике разработанной в МНИИПП; вязкость - на приборе "Реотест - 2"; цвет - спектрофотометрическим методом по отражению на приборе СФ-14; аминокислотный состав - на приборе "Хромаспек" гидролизным способом; размер воздушных пузырьков пены исследовали в проходящем свете без светофильтра с помощью микроскопа МБ-6-1А с фотонасадкой МЖ-11, с кратностью увеличения 90, Сравнительную оценку качества фруктовых порошков проводилась по методике В.Г.Поповского для продуктов сублимационной сушки с учетом экономических затрат. Органолептические показатели - по методике СЭВ с учетом коэффициента значимости отдельных показателей, по пятибалльной шкале. Результаты проведенных экспериментов обрабатывали методами математической статистики.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение процесса вспенивания фруктовых пюре. Результа-

ты проведенных исследований (изучены 15 пеностабилизаторов) показали, что наилучшим пеностабилизатором для фруктовых пюре является метилцеллюлоза в концентрации (1,5 - 2,0)% в расчете на сухой остаток продукта. Фруктовые пюре с метилцеллюлозой при вспенивании образуют устойчивые пены в процессе сушки и хранения.

Установлено влияние температуры и концентрации раствора пеностабилизатора на процесс вспенивания. Показано, что температура продукта и раствора пеностабилизатора должна находиться в пределах (10-28)°С, а концентрация раствора - 1,5 %. Выявлено, что с увеличением массовой доли сухих веществ (рис.1) плотность фруктовых пен увеличивается. Оптимальная концентрация продукта, поступающего на вспенивание, составляет (14-22)%. Отклонение от этих пределов приводит к неустойчивости пен или к увеличению вязкости, что отрицательно сказывается на условиях нанесения продукта на ленту и последующей его сушки.

Результаты экспериментов по влиянию окружной скорости мешалки на процесс вспенивания (рис.1) показали, что наилучший эффект пенообразования достигается при скорости вращения мешалки (10-11) м/с. Частота вращения мешалки влияет на продолжительность вспенивания и на величину плотности фруктовых пюре. Увеличение или уменьшение окружной скорости приводит к увеличению плотности пены и соответственно к ухудшению её качественных показателей.

Выявлено влияние концентрации пеностабилизатора на изменение плотности фруктовых пен. Показано, что с увеличением концентрации плотность пены уменьшается, пена становится более стойкой в процессе сушки и хранения. Однако концентрация пеностабилизатора лимитируется органолептическими показателями.

Установлено влияние расхода газа на изменение плотности

фруктовых пюре (рис.1). Оптимальная плотность пен достигается при расходе газа $(30-40) \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$. Увеличение расхода газа приводит к разрушению воздушных пузырьков пены.

Продолжительность вспенивания при оптимальных значениях изученных факторов составляет 9-10 минут.

Экспериментальные данные процесса вспенивания обработаны на ЭВМ "НАИРИ-К". Получены эмпирические зависимости меньшей плотности абрикосового и яблочного пюре от различных факторов. Для абрикосового пюре эти зависимости выражаются формулами:

а/ влияние концентрации продукта

$$\rho_a = 381 + 6,67 x \quad [1]$$

б/ влияние окруж.ой скорости мешалки

$$\rho_a = 1673,87 - 225,4V + 11,3V^2 \quad [2]$$

в/ влияние концентрации метилцеллюлозы

$$\rho_a = 1356,32 \cdot e^{-0,655 \cdot c} \quad [3]$$

г/ влияние расхода газа

$$\rho_a = -693,8 + 48,76q \cdot 10^6 - 0,365 \cdot 10^{12} q^2 \quad [4]$$

д/ влияние продолжительности вспенивания

$$\rho_a = 1046,12 - 103,93 \tau + 6,0 \tau^2 \quad [5]$$

Погрешность отклонения экспериментальных данных от расчетных по уравнениям 1 - 5 составляет не более 8 %.

В процессе вспенивания растет количество и размер воздушных пузырьков, в результате чего изменяются структурно-механические свойства пен. В период максимального насыщения размер воздушных пузырьков газа (рис.2) составляет 27-40 мкм, а их количество - 410-450 шт/см². Равномерность нанесения вспененного продукта на ленту установки зависит от его вязкости. Оптимальная вязкость (рис.2) фруктовых пен достигается через 9 минут перемешивания и составляет (255-290) Па·с.

Вспененное фруктовое пюре состоит из дисперсионной среды (пюре) и дисперсной фазы (газ). На рис.3 представлена микроструктура абрикосового пюре после вспенивания, где отчетливо

виден порядок накопления и распределения воздушных пузырьков в объеме пены.

Важным показателем характеристики вспененного продукта является его стойкость в процессе хранения и термической обработки. Увеличение плотности пен на 25 % приводит к увеличению продолжительности сушки на 25-50 %. Опыты по установлению сроков хранения показали, что через 1 час плотность абрикосовой пены увеличивается на 4,25 %, яблочной - на 3,1 %. Через 2 часа плотность увеличивается соответственно - на 12,8 и 15,5 %. Таким образом процесс старения пены выше у яблочного пюре, а срок хранения их составляет не более 1 часа.



а)



б)

Рис. 5. Микроструктура вспененного абрикосового пюре.
а) через 3 минуты; б) через 9 минут.

Кинетика сушки и нагрева фруктовых пюре. Количественные закономерности процесса обезвоживания вспененных фруктовых пюре установлены методом приведенной скорости сушки. Исследована кинетика конвективной сушки фруктовых пюре в диапазоне температур $(80-140)^{\circ}\text{C}$, толщины слоя $(0,5-2,0)$ мм и скорости движения сушильного агента $(2 \pm 0,2)$ м/с. Кривые сушки имеют ярко выраженные периоды постоянной и падающей скорости сушки, разделяемые критическим влагосодержанием (рис.3). Обработкой экспериментальных данных кинетики сушки выведено уравнение, продолжительности сушки фруктовых пюре:

$$\tau = \frac{L}{N} \left[(W_1 - W_k) + A \cdot 2,3 \lg \frac{W_k - W_p}{W_1 - W_p} + B (W_k - W_1) \right] \quad [6]$$

где W_1, W_2, W_k, W_p - соответственно начальная, текущая, критическая и равновесная влажность, %;

N - скорость сушки в первом периоде, %/мин;

A, B - коэффициенты, не зависящие от влагосодержания пюре.

Установлена математическая зависимость постоянной скорости сушки N от комплекса величин $E \sqrt{V_p} \frac{F}{M_c}$. Эта зависимость при разных толщинах фруктового пюре имеет линейный характер и выражается уравнением:

$$N = C + K E \sqrt{V_p} \frac{F}{M_c}, \quad [7]$$

где C и K коэффициенты, определяемые видом материала и толщиной слоя продукта.

Установлена линейная зависимость критического влагосодержания от потенциала сушки, которая выражается уравнением:

$$W_k = S - f E \quad [8]$$

где S, f - коэффициенты зависящие от толщины слоя и вида продукта.

Рассчитаны значения коэффициентов A и B общего уравнения продолжительности сушки в зависимости от потенциала сушки. Показано, что эта зависимость имеет экспоненциальный характер и выражается формулой:

$$y = l + g E + i E^2 \quad [9]$$

где y - коэффициенты A или B .

l, g, i - коэффициенты зависящие от вида материала.

Среднее квадратичное отклонение экспериментальных данных от расчетных величин по уравнениям 6 - 9 составляет 4,4-7,0 %.

Установлена количественная зависимость продолжительности сушки от толщины слоя продукта при различных температурных режимах, которая имеет вид:

$$\tau = G h t^2 - j t + G \quad [10]$$

где τ - продолжительность сушки фруктовых пюре, мин;

h - толщина слоя продукта, мм;

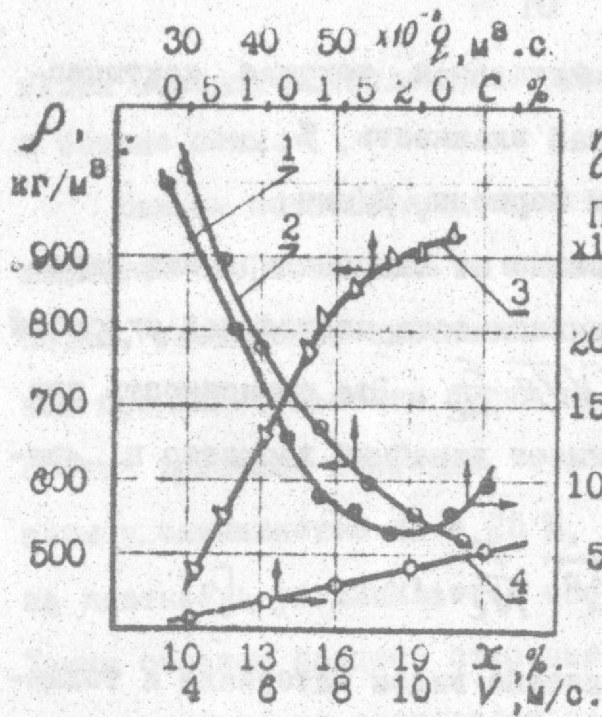


Рис. 1. Изменение плотности абрикосового поро в зависимости от: 1.-окружной скорости мешалки; 2.-концентрации пеностабилизатора; 3.-расхода газа; 4.-концентрации продукта.

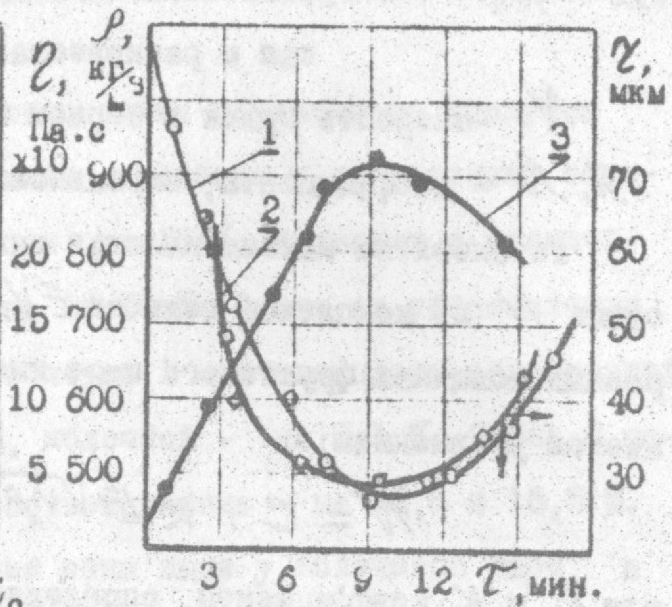


Рис. 2. Изменение плотности-1, размера воздушных пузырьков газа-2, и вязкости-3 фруктовых поро (абрикосового) в зависимости от продолжительности вспенивания.

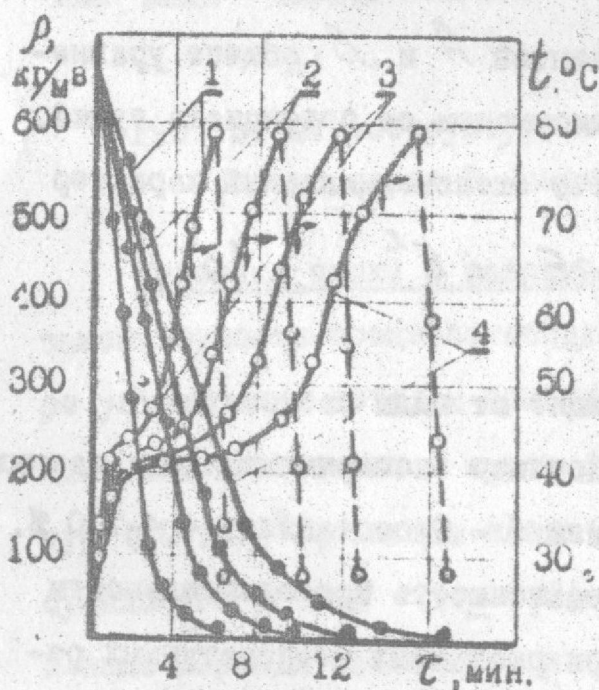


Рис. 3. Кинетика пенной сушки и изменения температуры абрикосового поро при $t = 100^{\circ}\text{C}$ и толшинах слоя продукта: 1.-0,5 мм; 2.-1,0 мм; 3.-1,5 мм; 4.-2,0 мм. • кинетика сушки; о кинетика нагрева.

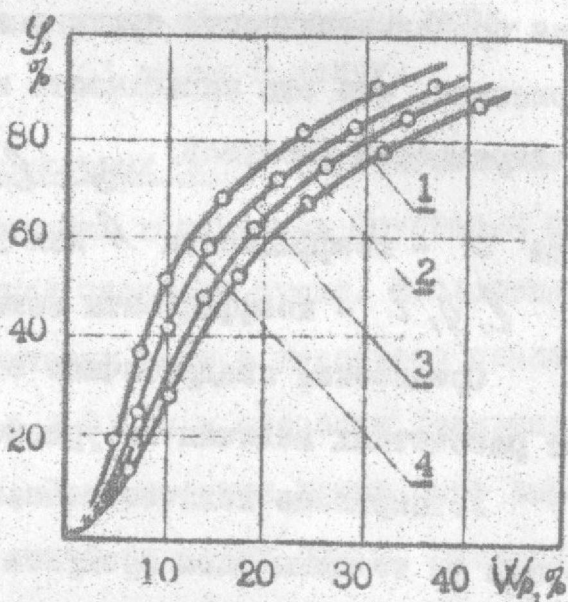


Рис. 4. Изоотермы абрикосового порошка пенной сушки в зависимости от температуры: 1.-20 $^{\circ}\text{C}$; 2.-40 $^{\circ}\text{C}$; 3.-80 $^{\circ}\text{C}$; 4.-80 $^{\circ}\text{C}$.

t - температура сушильного агента, $^{\circ}\text{C}$;
 θ, j, G, Z - безразмерные коэффициенты, зависящие от вида продукта.

Наибольшая относительная ошибка при минимальной продолжительности сушки $T = 4,4$ мин по уравнению 10 составляет 12 %.

Установлена максимальная температура нагрева фруктовых пюре ($74 - 81$) $^{\circ}\text{C}$, при которой получают качественные порошки с массовой долей влаги не более 5 %. Определена количественная зависимость изменения температуры продукта от их влагосодержания:

$$t = H \cdot \exp[\zeta(\bar{w} - w_r)] \quad [11]$$

где $\bar{w}, w_r$ - текущее и равновесное влагосодержание, %;

H, ζ - безразмерные коэффициенты, зависящие от вида продукта, его толщины и температуры сушильного агента.

Значение коэффициентов, входящих в уравнениях 6 - 11 приводятся в диссертационной работе.

Определено количество испаренной влаги на отдельных участках нагрева продукта, которое составляет: при нагреве до $t^{\text{н}}$ - (1,7 - 2,0) % влаги, при постоянном $t^{\text{н}}$ - (55-60) %, на третьем и четвертом участках удаляется (40-43) % влаги.

Выявлена обратная пропорциональная зависимость расхода электроэнергии от толщины слоя фруктового пюре при одинаковой температуре и прямая пропорциональная зависимость расхода энергии от температуры сушильного агента. Усадка продукта в процессе сушки не установлена.

Определены потери продукта в зависимости от применяемого материала транспортной ленты. Потери составляют: на ленте из нержавеющей стали - 17-18 %; из титана - 5-7 %; из лавокана Ф-4Д-301 не более 3 %. Таким образом, наиболее приемлемым материалом для транспортных лент конусоушильных установок является лавоткань.

Результаты исследования кинетики сушки и нагрева воспе-

ненных фруктовых поро позволяют рекомендовать режим конвективной сушки, характеризующийся параметрами: $t^c = 100-120^\circ\text{C}$, $V = 2,0 \pm 0,2$ м/с, $\tau_{100} = 16,8 - 17,4$ минут, $\tau_{200} = 12-15$ мин, толщина слоя $h = 2,0$ мм.

Изучены гигроскопические свойства фруктовых порошков в интервале относительной влажности 3 - 80 % и температуры 20 - 80°C (рис. 4). Установлена математическая зависимость равновесной влажности порошков от относительной влажности воздуха:

$$\text{для яблочного порошка} \\ W_p = (3,75 - 0,0297t) / \exp[(0,0113 + 8,53 \cdot 10^{-5}t) \cdot 9] \quad [12]$$

$$\text{для абрикосового порошка} \\ W_p = (5,10 - 0,0375t) / \exp[(0,0244 - 7,52 \cdot 10^{-5}t) \cdot 9] \quad [13]$$

Погрешность определения W_p по уравнению 12 не превышает 2,66 %, по уравнению 13 - 3,8 %. Индекс корреляции равен 0,98. Равновесной влажности порошков 2,5 - 4,5 % на изотерме десорбции соответствует относительная влажность воздуха 10 - 25 %. Фруктовые порошки пенной сушки должны быть фасованы в герметическую тару в помещении с кондиционированным воздухом при относительной влажности не более 25 - 30 %.

Физико-химические изменения и сравнительная оценка качества фруктовых порошков. Исследования по сравнительной оценке качества фруктовых порошков проводили по четырем методам сушки - пенной, сублимационной, распылительной и вальцевой. Изучены биохимические изменения в фруктовых поро и порошках, определена их органолептическая оценка. Полученные данные обрабатывались по методике сравнительной оценки качества и определен обобщенный показатель качества для каждого вида порошка. Наибольший обобщенный показатель качества у порошков сублимационной сушки, наименьший - у порошков вальцевой сушки.

Данные таблицы 1 свидетельствуют, что порошки пенной сушки

Таблица 1.

Расчет обобщенного показателя качества фуктовых порошков

Д к н а м и ч е с к и е ф а к т о р ы	с п о с о б ы о у м н ы									
	Коэффи- циент значимос- ти	пеносущий	сублимацион- ный	распылительный	вазальный					
f_i	B_i	f_i	$f_i B_i$	f_i	$f_i B_i$	f_i	$f_i B_i$	f_i	$f_i B_i$	$f_i B_i$
Абрикосовый порошок	0,4	0,840	0,336	0,900	0,360	0,820	0,328	0,640	0,256	
Органолептическая оценка	0,28	1,000	0,280	0,833	0,233	0,863	0,242	1,000	0,280	
Остаточная влажность	0,16	0,786	0,126	0,866	0,139	0,858	0,137	0,800	0,128	
Восстановляемость	0,03	0,590	0,018	0,826	0,025	0,179	0,005	0,760	0,023	15
Каротин	0,02	0,705	0,014	0,765	0,016	0,780	0,016	0,348	0,007	
Вещества аромата										
Оптическая плотность спиртовых экстрактов	0,01	0,425	0,004	0,580	0,005	0,650	0,006	- 0	- 0	
Обобщенный показатель качества			0,78		0,85		0,73		0,69	
Яблочный порошок										
Органолептическая оценка	0,40	0,780	0,312	0,860	0,344		-	0,740	0,296	
Остаточная влажность	0,28	1,560	0,436	1,785	0,500	-	-	1,190	0,333	
Восстановляемость	0,16	0,860	0,137	0,900	0,145	-	-	0,872	0,139	
Оптическая плотность спиртовых экстрактов	0,01	0,750	0,007	0,968	0,009	-	-	0,625	0,006	
Обобщенный показатель качества			0,89		0,98				0,77	

сохраняют свои первоначальные показатели качества на 78-89 %, порошки сублимационной сушки - на 75-99 %, распылительной - на 73 %, вальцовой - на 69-77 %. Таким образом, порошки пенной сушки уступают по качеству только порошкам сублимационной сушки на 7-10 % и выигрывают на 9-12 % у порошков распылительной и вальцовой сушки. Порошки сублимационной сушки считали базовыми образцами.

Определены энерговатраты для конкретного вида сушки. По удельным затратам энергии на 1 кг порошка наиболее экономичным является вальцовый способ сушки - 36,0 МДж, затем пеносушильный - 207,68 МДж и сублимационный - 368 МДж. Распылительный способ сушки, вследствие больших потерь продукта в процессе сушки характеризуется самыми большими удельными энерговатратами - 660 МДж.

Капитальные затраты на 1 тонну порошка для различных способов составляют: метод пенной сушки - 224,12 руб; метод сублимационной сушки - 3441,81 руб; распылительной - 361,26 руб; вальцовой - 95,19 руб. Приведенные затраты соответственно составляют, руб/т: 3079; 5712; 6689 и 3449. Если отнести приведенные затраты базового образца к соответствующему значению обобщенного показателя качества другого способа сушки, то получим стоимость единицы качества. Эти данные показывают, что наиболее дешевым способом производства фруктовых порошков, является пеносушильный, а наиболее дорогим сублимационный.

Фруктовые порошки хранились в полимерные пакеты из пленки Хостафан-металл-РЕ в условиях нерегулируемой относительной влажности при комнатной температуре в течении 9-ти месяцев. В процессе хранения стабильно сохраняются содержания сахаров и кислот. Изменению подвержен каротин. Через три месяца потери каротина в порошках составляют: пенной сушки - 39,3 %; сублимационной сушки - 56 %, вальцовой - 62 %; распылительной - 49,1 %. Через 6-ть

месяцев потери каротина во всех порошках выравниваются и составляют 55,6 - 76 %. В дальнейшем биохимические изменения незначительны. Отмечены снижение органолептической оценки порошков пенной, вальцовой, распылительной сушки, особенно в первые три месяца хранения, на 15-22 %. Органолептическая оценка порошков сублимационной сушки снижается после трех месяцев хранения. Можно предположить, что наличие кислорода воздуха участвует в биохимических процессах, которые приводят к изменениям показателей качества.

Порошки пенной сушки дополнительно хранились в атмосфере азота при давлении $10,13 \cdot 10^4$ Па и атмосфере воздуха при давлении $4 \cdot 10^4$ Па в течении 9-ти месяцев. Потери каротина в атмосфере воздуха через 3 и 9 месяцев соответственно составили - 39 и 64,3 %; в то время, как в атмосфере азота потери составили 16,3 и 47,4 %. Порошки, хранившиеся в атмосфере азота, имеют наилучшие показатели качества. Рациональный срок хранения фруктовых порошков пенной сушки установлен в атмосфере воздуха и атмосфере азота - 9 месяцев.

Изучены физико-химические изменения фруктовых порошков пенной сушки по трем технологическим схемам: I - сушка стерилизованного пюре с массовой долей сухих веществ 14 %; II - сушка концентрированного (до 22 %) пюре; III - сушка пастообразной массы, полученной после разделения фруктового пюре.

Результаты анализов позволили сделать вывод, что качество продукта в процессе пенной сушки существенно не изменяется. Так, потери каротина по технологическим схемам составляли: I - 27,2 %; II - 18,6 %. По III схеме происходит, наоборот, увеличение каротина на 173 %, так как при разделении примерно 94 % каротина остается в мякоти. Проявляется тенденция - чем больше влаги в продукт в процессе сушки, тем больше потери каротина.

В яблочном и абрикосовом пюре содержатся 15 аминокислот. Их массовая доля составляет соответственно 1,24 % и 3,9 %. Процесс сушки практически не влияет на общее содержание аминокислот, однако по отдельным видам наблюдаются некоторые изменения. Так, происходит уменьшение количества лизина (0,25 - 0,31 %), аспарагиновой кислоты (0,33 - 4,79 %), аргинина (0,16 - 2,89 %), пролина (1,71 - 7,15 %). В то же время увеличивается количество треонина, валина, гистидина, и глютаминовой кислоты. В порошках появляется новая аминокислота метионин в количестве 5 - 18 %.

Основными аминокислотами фруктовых пюре являются глютаминовая и аспарагиновая кислоты, сумма которых составляет 31 - 48 % от общей массы аминокислот.

При нарушении режима сушки и длительном хранении порошков происходит декарбоксилирование аминокислот. - глицина, лейцина, аргинина. Это подтверждается появлением в порошках селедочного, сенного запаха и привкуса лекарственных препаратов.

Изучен показатель цвета пюре и порошков. Установлено, что доминирующая длина волны качественных продуктов из абрикосов находится в интервале 590 - 596 нм. Разнооттеночность порошков, полученных по схемам 1-III отличаются друг от друга на 3,57 - 3,95 единицах. Это означает, что различные технологические схемы получения порошков пенной сушки незначительно влияют на изменение цвета сухих продуктов в сравнение с первоначальным цветом фруктового пюре. По результатам исследования показателя цвета получен в главном метрологическом центре страны (ВНИИ имени Д.И. Менделеева) эталон цвета для абрикосового порошка (аттестат № 01941 от 08.09.83 г.) с характеристиками по источнику А $x_{\text{эт}} = 0,526$; $y_{\text{эт}} = 0,416$.

При изучении потери продукта в процессе сушки были использованы транспортные ленты из нержавеющей стали, титана, лако-

ткани. Наименьшие потери продукта (менее 3 %) получены на ленте из лавоткани Ф-4Д-301. Этот материал рекомендован для изготовления транспортерных лент промышленных пеносушительных установок.

Микробиологический контроль технологического процесса подтверждает стерильность порошков пенной сушки.

Аппаратурно-технологическая схема производства фруктовых порошков пенной сушки. Промышленная проверка технологии получения фруктовых порошков осуществлена нами на Кишиневском хлебова-
воде № 4 с использованием ленточной установки марки БН-25. Выработанные порошки отличаются хорошим вкусом, запахом, цветом. Де-
густационная оценка 4,3 балла. По консистенции порошки сыпучи, однородны, массовая доля влаги не более 5 %.

Принципиальная аппаратурно-технологическая схема производ-
ства порошков пенной сушки представлена на рис. 6. По схеме сырье
подвергается переработке на предварительных технологических опе-
рациях по получению фруктового пюре: мойке (2), инспекции (3),
бланшированию (4), измельчению и удалению отходов (5). Получен-
ное пюре подвергается гомогенизации (8). Пюре с массовой долей су-
хих веществ менее 14 % концентрируется в вакуум аппарате (9). В
схеме предусмотрены 2 реактора (11), один для приготовления рас-
твора пеностабилизатора второй для смешивания пеностабилизато-
ра с пюре, которая поступает после гомогенизации. Затем смесь и
очищенный воздух подаются в пеногенератор (12), вспенивается и су-
шится в пеносушилке (13). Сухой продукт снимается с ленты уста-
новки скребком, подвергается измельчению (15), затем фасованию
и упаковыванию в фасовочно-упаковочном автомате (18). Упаковка
производится в полимерные пакеты из паро-влаго непроницаемые ма-
териалы.

Разработана технологическая инструкция, технические усло-
вия на опытную партию фруктовых порошков. Расчитаны нормы расхо-

да сырья и стерилизованного пюре на I порошка. Составлена схема технологического контроля производства фруктовых порошков методом пенной сушки.

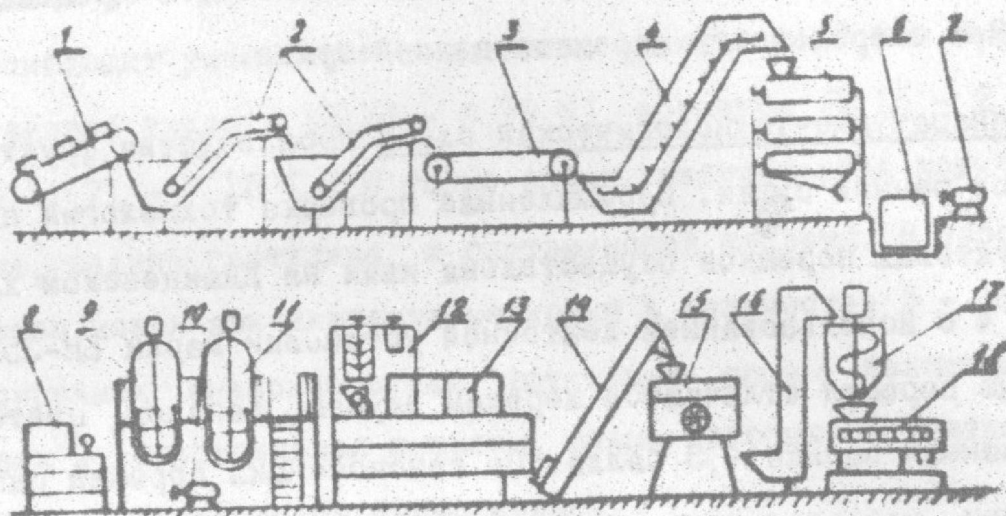


Рис. Аппаратурно-технологическая схема производства фруктовых порошков пенной сушки.

1.-издающий, 2.-молотковая, 3.-инжекционная, 4.-стерилизатор, 5.-просеиватель, 6.-емкость, 7.-насос, 8.-гомогенизатор, 9.-вакуум-аппарат, 10.-реактор, 11.-пенногенератор, 12.-пеносушилка, 13.-транспортер, 14.-транспортер, 15.-дробилка, 16.-транспортер, 17.-бункер, 18.- фасовочно-упаковочный автомат.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. На основе проведенных исследований разработана технология производства фруктовых порошков способом пенной сушки, обеспечивающим получение качественных продуктов.

2. Изучено влияние широкого диапазона пеностабилизаторов на изменение цвета и вкусовых качеств фруктовых пюре. Установлено, что наиболее приемлемым пеностабилизатором является метилцеллюлоза марки МЦ-100 в концентрации 1,5 - 1,75% к массе сухого вещества продукта.

3. Исследованы закономерности изменения плотности фруктовых пен в зависимости от различных факторов. Определен рациональный режим вспенивания фруктовых пюре, обеспечивающий получение стой-

кой в течение одного часа пены со средним диаметром воздушных пузырьков (27–40) мкм, плотностью (400–600) кг/м³, вязкостью (250–290) Па·с.

4. Изучена кинетика и описан механизм конвективной сушки яблочного и абрикосового пюре. Получены уравнения скорости сушки в первом периоде, критической влажности, коэффициентов A и B в зависимости от потенциала сушки. Установлена математическая зависимость продолжительности сушки от толщины слоя продукта при различных температурах сушильного агента.

5. Экспериментально установлены рациональные режимы сушки яблочного и абрикосового пюре. Оптимальными параметрами получения качественных фруктовых порошков с массовой долей влаги менее 5% являются: температура сушильного агента 100 и 120°C, скорость его движения $2 \pm 0,2$ м/с, толщина слоя продукта 2 мм, продолжительность сушки при $T_{100} = 17 \pm 0,5$ мин, при $T_{120} = 12 - 15$ мин.

6. Исследованы гигроскопические свойства порошков пенной сушки. Получены уравнения равновесной влажности порошков в интервале относительной влажности воздуха 3–80% и температуре 20–80°C. Определены оптимальные условия фасовки и упаковки порошков: относительная влажность воздуха – не более 25%, температура – $20 \pm 2,0$ °C.

7. Изучены физико-химические и биохимические изменения и определена органолептическая оценка фруктовых порошков, полученных пенной, сублимационной, распылительной и вальцовой сушкой. Рассчитан обобщенный показатель качества порошков, который с учетом приведенных затрат является наилучшим у порошков пенной сушки по сравнению с остальными способами. Показатели качества порошков пенной сушки сохраняются на 78–89% по сравнению с показателями качества исходного пюре.

8. Определены потери продукта в процессе сушки на транспор-

тёрных лентах из различных материалов, при различных толщинах слоя продукта. Установлено, что с увеличением толщины слоя потери продукта уменьшаются. Минимальные потери (менее 3%) получаются при сушке пюре на ленте из лавоткани Ф-4Д-301. Этот материал является наиболее приемлемым для транспортных лент пеносушильных установок.

9. Сравнительная оценка приведенных затрат на производство одного кг порошка пенной сушки составляет 3,1 руб., сублимационной сушки - 5,7 руб., и свидетельствует об экономической целесообразности производства фруктовых порошков пенной сушки.

10. Разработана аппаратурно-технологическая схема и техническая документация на опытную партию порошков пенной сушки. Промышленные испытания технологии фруктовых порошков дали положительные результаты. Внедрение линии производительностью 10,3 кг/ч позволит получить экономический эффект 67 тыс. рублей в год.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. О производстве фруктовых порошкообразных продуктов /И.М.Барская, Н.Т.Ивасюк, Е.В.Фуёр, Б.В.Карабуля, М.С.Георгица. - Консервная и овощесушильная пром-сть, 1981, № 1, с.13-15.
2. Гришин М.А., Карабуля Б.В. Вспенивание яблочного пюре. - Изв. вузов. Пищ. технология, 1982, № 3, с.35-37.
3. Карабуля Б.В., Либерман Л.С. Сушка вспененных фруктовых пюре. - Консервная и овощесушильная пром-сть, 1983, № 2, с.37-38.
4. Кабанов Л.А., Карабуля Б.В. Сравнительная характеристика плодово-ягодных порошков, выработанных различными методами сушки. - Консервная и овощесушильная пром-сть, 1983, № 5, с.23-25.

В.В. Карабуля