

Автореф.
Л 86

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
У С С Р

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В. Ломоносова

На правах рукописи

Аспирант Мохамед Салех Мохамед Абдель Бари

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНСЕРВОВ
ИЗ КРУПНОПЛОДНЫХ ЕГИПЕТСКИХ БОБОВ

Специальность 05.18.13 - технология консер-
вированных пищевых продуктов

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1980

Переучет 1981

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

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор Б.Л. Флауменбаум

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор А.Л. Фельдман

кандидат технических наук
З.А. Марх

Ведущее предприятие - Одесский консервный завод

Защита диссертации состоится "26" февраля 1980г. в
10 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 тех-
нологического института пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова

Автореферат разослан 22 января 1980г.

Заведующий секретарь
специализированного совета,

afm
А.Ф. Загибалов

014422

ОНАХТ 19.09.12
Совершенствование те



v014422

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Крупноплодные бобы *Vicia faba*, называемые также египетскими, конскими и виндзорскими, широко распространены в странах Средиземноморского бассейна (АРЕ, Греции, Италии), а также в Испании, Бразилии, Китае и в ряде районов СССР - Белоруссии, Средней Азии, на Кавказе.

В Арабской Республике Египет крупноплодные бобы культивируются повсеместно, они составляют 2/3 всего количества бобовых, используемых для питания человека в этой стране. В 1973 г. в АРЕ было произведено 50 тысяч тонн бобов.

Учитывая дефицит белка во всем мире, тему настоящей диссертации следует признать особенно актуальной. По данным ООН около 2/3 людей нашей планеты недополучают белок, а значительная часть населения стран Африки, Азии находится в состоянии хронического белкового голодания. Крупноплодные бобы являются важнейшими источниками белка растительного происхождения (содержат 26 - 30% белка).

В Арабской Республике Египет большой популярностью пользуются консервы из крупноплодных бобов. В процессе консервирования высушенные крупноплодные бобы отличаются высокой твердостью и с большим трудом поддаются размягчению в процессе предварительной обработки. Так, например, в домашних условиях приходится кипятить их до употребления в пищу, по крайней мере, в течение 10-12 часов. На консервных заводах бобы после 8-10 часов замачивания в холодной воде расфасовывают в жестяные банки объемом 250-350 мл, заливают

0,5%-ным раствором поваренной соли и для достижения нужной кулинарной готовности подвергают длительной тепловой стерилизации - 2 часа при 120°C.

Математическая обработка предварительных данных, полученных в лабораторных условиях, показала, что летальность этого режима (2 часа 120°C) составляет 83 усл.мин. Между тем известно, что летальность режимов стерилизации таких консервов не должна превышать 12-14 усл.мин.

Поисковые опыты показали, что для обеспечения необходимой степени стерильности этих консервов достаточно, приблизительно, стерилизовать их при 120°C всего лишь 10 минут. Однако кулинарная готовность консервов, изготовленных по такой технологии (замочка в холодной воде 8-10 часов и стерилизация по режиму $\frac{10 \text{ мин}}{120^\circ\text{C}}$), оказывается совершенно недостаточной.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходя из того, что процесс тепловой стерилизации предназначен, в основном, для уничтожения микроорганизмов, а не для кулинарной обработки (для большинства консервов - достижение необходимой степени стерильности обычно совпадает с завершением кулинарной обработки), мы задались целью усовершенствовать технологию консервов из крупноплодных бобов с таким расчетом, чтобы необходимая степень размягчения была достигнута, в основном, в процессе предварительной обработки до стерилизации. Для достижения этой цели потребовалось, таким образом, провести изыскание новых эффективных приемов технологического воздействия на крупноплодные бобы.

Исходя из этого в настоящей работе были поставлены следующие задачи исследования:

- изучить закономерности процесса замачивания крупно - плодных бобов в различных условиях для получения аналитических зависимостей, пригодных для инженерных расчетов;

- получить данные о кинетике размягчения зерен крупно - плодных бобов в процессе замачивания и термической обработки;

- изыскать такую технологию консервирования крупноплодных бобов, при которой бы нужная степень кулинарной готовности достигалась, в основном, не во время стерилизации консервов; а в процессе предварительной обработки бобов до расфасовки в герметическую тару;

- изучить реакцию микроорганизмов на температурное воздействие в консервах из крупноплодных бобов с целью нахождения констант термоустойчивости D и Z ;

- разработать научно-обоснованные режимы стерилизации консервов из крупноплодных египетских бобов в жестяной и стеклянной таре, включающие параметры температуры, времени и давления;

- получить в сравнительном разрезе данные о качестве консервов из крупноплодных египетских бобов, изготовленных по старой и новой технологии.

Научной новизной работы являются экспериментально полученные характеристики требуемой и фактической летальности новых кратковременных режимов стерилизации натуральных консервов из крупноплодных египетских бобов, гарантирующие промышленную стерильность.

Новой является предложенная автором комбинация 8-ми часовой замочки бобов в холодной воде с последующей 10-ти минутной термической обработкой острым паром при 140°C , позволявшая сократить время стерилизации с двух часов при 120°C до 10-20 мин при 120°C .

Впервые определены кинетические константы набухания крупноплодных бобов *Vicia faba* при разных температурах замачивания и предложены аналитические зависимости, позволяющие рассчитать требуемое время набухания в интервале температур $20-100^{\circ}\text{C}$.

Практическая ценность заключается в разработке интенсифицированной и совершенствованной технологии натуральных консервов из крупноплодных египетских бобов, обеспечивающей эффективное сочетание предварительной тепловой обработки зерен острым паром с кратковременной формулой стерилизации.

Апробация диссертационной работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на отчетной конференции ОТИП имени М.В.Ломоносова (19 апреля 1979г.) и на кафедре технологии консервирования (19 декабря 1979 г.).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части (4 главы), выводов и приложения. Работа содержит 176 страниц машинописного текста, 42 рисунка, 35 таблиц. Библиография включает 208 наименований, из которых 103 иностранных.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования использовали крупноплодные бобы

Vicia faba сорта *Bixol 2*, привезенные из Арабской Республики Египет урожая 1975-1978 годов.

Замачивание бобов производили в термостате в воде при температуре от 20 до 100°C с интервалом в 10°C. Определенные массы бобов и их твердости проводили через каждые 30 минут в течение 9 часов.

Обработку переменным электрическим током сверхвысокой частоты 2450 МГц осуществляли в СВЧ - шкафу "Славянка". Подготовленные бобы помещали в стеклянные банки объемом 200 мл, заливали их кипящей водой и помещали в шкаф. Время выдержки составляло 3, 6, 9 и 12 мин.

Бланширование в воде при температуре 100-120°C осуществляли в автоклаве АВ-1. Бобы в металлических банках с отверстиями в дне, крышке и стенках опускали в автоклав, автоклав закрывали и повышали температуру до 120°C, поддерживая ее постоянной в течение всего опыта. Выдержка производилась в течение 10, 30, 60, 120 мин.

Обработку острым паром выполняли на установке, состоящей из парообразователя и шпарителя. Бобы помещали в перфорированный стакан, закрытый сверху, и загружали в шпаритель. При достижении в парообразователе давления 0,4 МПа, открывали вентиль и пар поступал в шпаритель с исследуемыми образцами. Обработку бобов паром проводили при температуре 120-140°C в течение 10, 30, 60 и 120 мин.

Степень набухаемости φ рассчитывали по формуле

$$\varphi = \frac{G_1 - G_0}{G_0} \cdot 100\%$$

где G_0, G_1 - масса исходной и набухшей навески.

Определение твердости бобов осуществляли по Венгерскому финомеру типа 2. Твердость бобов выражали в единицах Ф. Границы измерения финомера 0 - 100 Ф.

Микроскопические исследования структуры бобов после замачивания и тепловой обработки осуществляли с помощью стереоскопического микроскопа МБС-1, в котором вместо окулярной насадки использовалась стереомикрофотонасадка типа СФН-5.

Изучение термоустойчивости спор тест-культуры *Cl. sporogenes* - 25 выполняли капиллярным способом в модификации ВНИИКОП.

Исследование выживаемости спор проводили при 118, 121 и 124°C. Полученные данные, обработанные методом математической статистики, позволяли определить константы термоустойчивости D и Z и рассчитать величину требуемой летальности.

Изучение прогреваемости консервов проводили на лабораторном стенде с программным управлением процесса.

Температуру в автоклаве и банках измеряли соответственно с помощью приборов КСМ, ПРТ-2, по термограмме самописца РПВЧ и медь-константановыми термопарами по потенциометру Р. 2/1. О прогреваемости консервов судили по результатам 10 опытов. Расчет фактической летальности производили по формуле

$$F_d = \int_0^t k_T dt \approx T_p (k_{T_1} + k_{T_2} + \dots + k_{T_n})$$

Определение динамики внутреннего давления проводили компенсационным методом с использованием мембранного датчика.

Реакцию жестяной тары на внутреннее давление измеряли с

помощью рычажно-зубчатой головки индикатора по прогибу центра крышки.

Определение химических показателей качества производилось следующими методами. Редуцирующие и нередуцирующие сахара определяли по методу Бертрана. Пектин - карбазольным методом. Клетчатку - по методу Юршиера и Танака в модификации Коган, зольность - весовым методом после сжигания навески в муфельной печи при 500°C . Общий азот - по методу Кьельдаля с пересчетом на белок. Аминокислотный состав определяли на аминокислотном анализаторе модели К А-5 (Япония). Азот свободных аминокислот определяли по Кьельдалю по следующей методике подготовки пробы: 0,5г высушенной пробы заливали 10 мл 5% трихлоруксусной (ТХУ) кислоты на 30 мин. Центрифугировали 15 мин при частоте вращения 100 с^{-1} . Жидкость сливали, а осадок повторно обрабатывали аналогично ТХУ кислотой. После центрифугирования жидкость сливали и в ней определяли азот свободных аминокислот.

Содержание макро- и микроэлементов определялось методом эмиссионного спектрального анализа после озоления продукта при температуре $450-500^{\circ}\text{C}$.

Цвет бобов определяли по оптической плотности водно-спиртовой вытяжки 1:1 на ФЭК-56М при λ 300-600 нм.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

I. Изыскание методов предварительной обработки крупноплодных бобов до стерилизации

Изучение процесса замачивания бобов. Опыты показали,

что с повышением температуры воды набухание протекает быстрее, однако даже при высоких температурах - 90-100°C, 100%-ный привес массы достигается не раньше, чем через 4 - 5 часов (рис. I). В табл. I показаны величины ψ после 9 часов замачивания при разных температурах.

Таблица I

Температура замачивания, °C	ψ , %	Из данных табл. I следует, что общий процент набухания при повышении температуры замачивания от 20 до 100°C возрастает не слишком значительно, всего на 34,5%. Кроме того, при длительном замачивании в горячей воде ухудшается окраска бобов.
20	75,5	
30	83,5	
40	91,8	
50	95,0	
60	97,5	
70	100,0	
80	105,0	
90	110,0	
100	110,0	

Для достижения же в процессе замачивания 100%-ного набухания при умеренных температурах порядка 50°C надо примерно 15 часов. Поэтому замачивать при более повышенных температурах вряд ли имеет смысл.

Экспоненциальный характер кривых набухания дал основание предложить для расчета массообменного процесса набухания бобов уравнение

$$\bar{t} = f_n \lg \frac{\psi_n}{\psi_n - \psi_g}$$

совершенно аналогичное уравнению термической инерции, кото-

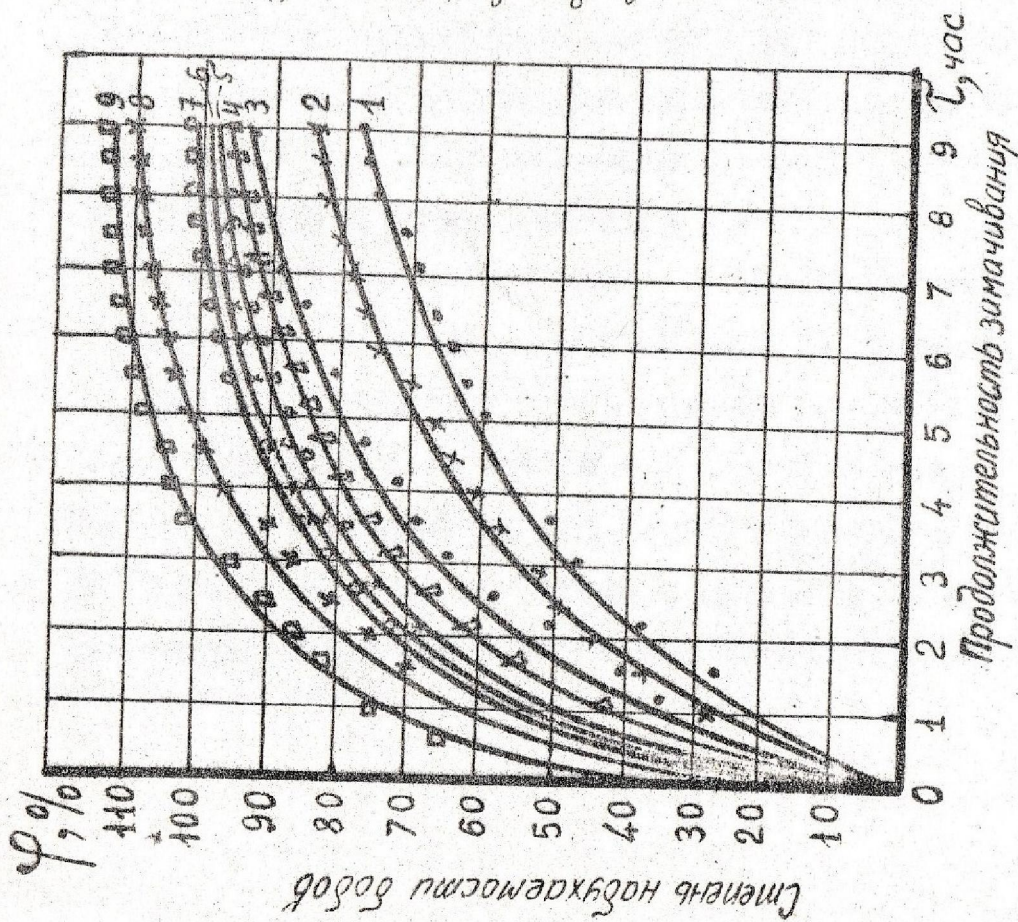


Рис. 1. Характеристика набухаемости бобов при замачивании при разных температурах:
 1 - 20°C; 2 - 30°C; 3 - 40°C; 4 - 50°C;
 5 - 60°C; 6 - 70°C; 7 - 80°C; 9 - 100°C

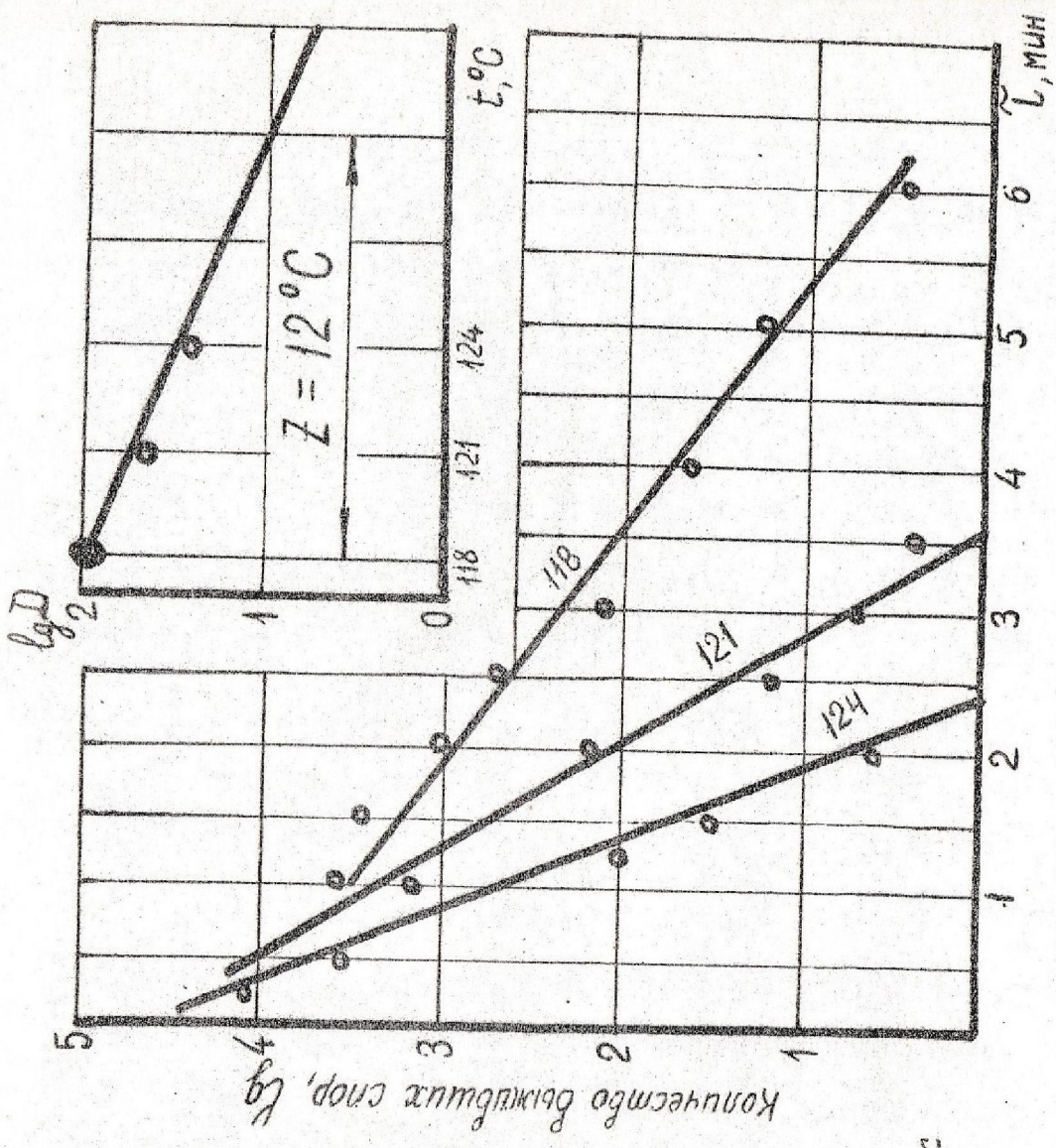


Рис. 2. Кривые выживаемости и термоустойчивости Слор С1. 5-рожделез, 25 в вытяжках консервов из египетских бобов.

рым пользуются для расчетов теплообменных процессов.

Здесь Y_m, Y_g - максимальная и данная степень набухаемости, f_H - константа инерции набухания; время, требующееся для уменьшения в 10 раз разности между максимальной и данной степенью набухаемости.

Так, например, f_H при $20^\circ\text{C} = 936$ мин, f_H при $100^\circ\text{C} = 165$ мин. При построении зависимости константы инерции набухания f_H от температуры в полупологарифмической системе координат получается прямая линия, отвечающая уравнению

$$\lg \frac{f_{Hg}}{f_{Hm}} = \frac{x}{Z_H}$$

где f_{Hg}, f_{Hm} - константы инерции набухания при какой-то данной температуре замачивания t_g и предельной t_m ;

x - разность $t_m - t_g$;

Z_H - разность t за один логарифмический цикл. Константа Z_H равна 102°C .

Изменение твердости бобов. Предварительные опыты показали, что для достижения нужной кулинарной готовности до стерилизации по короткой формуле - 10 мин при 120°C , твердость зерен бобов до стерилизации не должна превышать 31 един, по финометру.

Но как видно из табл. 2, только 100°C -градусная водная обработка дает возможность снизить твердость до желаемого предела. А при 90°C даже в течение 9 часов желаемая твердость не достигается. Конечно, по соображениям потерь экстрактивных веществ в воду и других нежелательных химических изменений бобов при такой горячей водной обработке, замачи-

Таблица 2

Температура замачивания, °C	Твердость бобов после 9-ти часового замачивания, ед. Ф	ванне зерен при повышенных температурах нельзя признать желательным. Поэтому, очевидно, следовало предпочесть замачивание бобов в холодной воде, продолжив поиски путей размягчения зерен бобов после замачивания.
20	86	
30	85	
40	78	
50	70	
60	62,5	
70	57	
80	53	
90	40	
100	24,5	

Обработка переменным током СВЧ. В качестве исходного объекта выбраны бобы после замачивания в течение 9 часов при 20°C, характеризующиеся твердостью 89 единиц и набухаемостью около 70%. Для оценки действия токов СВЧ параллельно, для сравнения, проведено измерение набухаемости и твердости бобов, обработанных кипящей водой и помещенных, по достижении температуры 100°C, в термостат на те же промежутки времени. Как видно из табл. 3, при одинаковой продолжительности обработки действие токов СВЧ эффективнее, чем обычный нагрев, однако и оно не обеспечивает получения бобов с твердостью 31 Ф, а только 62. Приращение же единиц Ф при дальнейшем увеличении времени обработки незначительно.

Бланширование в воде при температуре 100-120°C без замачивания показало, что нужную кулинарную готовность -

33 един. Φ до стерилизации достигаем только при 2-х часовой обработке при 120°C (табл. 4).

Таблица 3

Время обработки, мин	Вид обработки			
	нагрев при 100°C в термостате		СВЧ - нагрев	
	Ψ , %	Φ , един.	Ψ , %	Φ , един.
0 (Контроль)	70	89	70	89
3	72,5	81	105	64
6	74,5	78,5	105,5	63,5
9	76,0	76	106	63
12	77,5	70	107	62

Можно было предположить, что предварительное замачивание позволит сократить продолжительность бланширования. Вместе с тем дальнейшие исследования показали, что даже предварительное 8-ми часовое замачивание бобов (в воде при температуре 20°C) практически эффективность последующей бланшировки в течение 60 мин не усиливает: твердость замоченных бобов после бланшировки снижается всего на 15 единиц по сравнению с бобами, бланшированными без замачивания (табл. 4).

Однако длительное (60-120 мин) бланширование в горячей воде при 120°C, с замачиванием или без него, нежелательно. Поэтому для предупреждения потерь питательных веществ бобов бланширование в воде решено было заменить бланшированием паром, а для сокращения времени бланширования температура термической обработки была повышена до 130-140°C.

Таблица 4

Ва- ри- ан- ты :	Замачивание		Бланширование		Стерилизация	
	режим	твер- дость, ед.Ф	режим	твер- дость, ед.Ф	режим	твер- дость, ед.Ф
I Без замачив.	-		60 мин 120°C	52	20-10-20 120°C	29
2 8 час., 20°C	89		60 мин, 120°C	37	20-10-20 120°C	16,5
3 без замачив.	-		120 мин, 120°C	33	20-10-20 120°C	16
4 8 час., 20°C	89		120 мин, 120°C	31	20-10-20 120°C	13,5

Обработка острым паром. Дальнейшие поиски путей интенсификации процесса размягчения крупноплодных бобов позволили установить, что наиболее эффективным способом предварительной обработки является бланширование предварительно замоченных в течение 8 часов (при 20°C) бобов острым паром в течение 30 мин при 130°C или 10 мин при 140°C. Окончательная твердость бобов после стерилизации составляет 15-16 единиц (табл. 5).

Таким образом, можно считать, что наиболее рациональной технологией предварительной обработки крупноплодных египетских бобов до стерилизации, параметры которой рассчитаны только на достижение промышленной стерильности, является 8-ми часовое замачивание бобов в холодной воде с последующим 10-минутным бланшированием острым паром при 140°C.

Структура и внешний вид бобов. В процессе исследования

Таблица 5

№	Замачивание		Бланширование		Стерилизация		
	Масса сухих бобов	Режим	Масса бобов после замачивания	Режим	Масса бобов после бланширования	Режим	
Г	г	°С	г	°С	г	°С	
I	77	20° 8ч	133	120°С- 120мин (водой)	157	20-10-20 120°С	169
II	77	"	133	" (паром)	137	"	158
III	77	"	133	130°С- 60мин (паром)	151	"	183
IV	77	"	133	130°С- 30мин (паром)	142	"	169
V	77	"	133	140°С- 10мин (паром)	145	"	175

изучали внешний вид и структуру сухих бобов, а также те изменения в зернах, которые вносят процессы замачивания, предварительной тепловой обработки и стерилизации. В процессе замачивания зерна бобов набухают и их размеры увеличиваются. В последние часы замачивания у зерен появляется росток, который уже очень заметен после 12 часов.

В процессе бланширования водой красящие вещества, находящиеся в кожуре, диффундируют во внутрь мякоти бобов и в воду, поэтому зерна после бланширования на всей глубине коричневеют. В процессе же бланширования паром красящее вещество не распространяется на весь плод, а окрашивает только маленький, примыкающий к кожуре слой плода. Бобы из консервов, изготовленных по старой технологии - стерилизация 2 часа при 120°C, сильно разварены, вплоть до отделения долек на части. Зерна же бобов из консервов, изготовленных по новой технологии - бланширование паром 10 мин при 140°C и стерилизация 10 мин при 120°C, имеют хороший внешний вид и нормальную внутреннюю структуру, хорошо сохраняют свою форму, а имеющиеся кое-где трещины на поверхности не распространяются во внутрь зерна.

2. Научное обоснование режимов стерилизации консервов из крупноплодных бобов

Определение требуемой летальности. Величину требуемой летальности рассчитывали по формуле

$$F_n = D_{12/12} \left(\lg \frac{9}{8} + x \right)$$

на основании экспериментальных данных выживаемости спор

Ц. 370000000-25 в консервах из крупноплодных бобов.

Константы выживаемости D и термоустойчивости Z представлены в табл. 6, а соответствующие кривые - на рис. 2. При расчете исходили из начальной обсемененности (B) - 1 спора на 1 г продукта и планируемого процента биологического брака - 0,01%, т.е. $\delta = 10^{-4}$; поправка x на отклонение от логарифмического порядка отмирания в наших опытах принята равной 2.

Таблица 6

Вид продукта	рН	D , мин			Z , °C
		118°C	121°C	124°C	
Вареные крупноплодные бобы	5,6	1,65	0,86	0,49	12

Нормы летальности были рассчитаны для режимов стерилизации консервов из бобов применительно к таре емкостью 200 (I-58-200), 250 (ж/б 4 и I-58-250), 550 мл (ж/б I2) и составляют 7,14 - 7,50 усл.мин.

Разработка "формул" с требуемой летальностью. Результаты поиска новых режимов стерилизации консервов применительно к разным видам исследуемой тары представлены в табл. 7, а характеристика режима стерилизации консервов из крупноплодных бобов в ж/б 4 - на рис. 3.

В табл. 7 для каждого вида тары приведено по два варианта режимов: один предварительный, с F -эффектом больше или меньше нормы, и второй - оптимальный, летальность которого приведена в виде средних и предельных значений.

При оценке надежности разрабатываемых режимов судили по

Одесский технический институт пищевой промышленности
 БИБЛИОТЕКА

е. в.
 014422

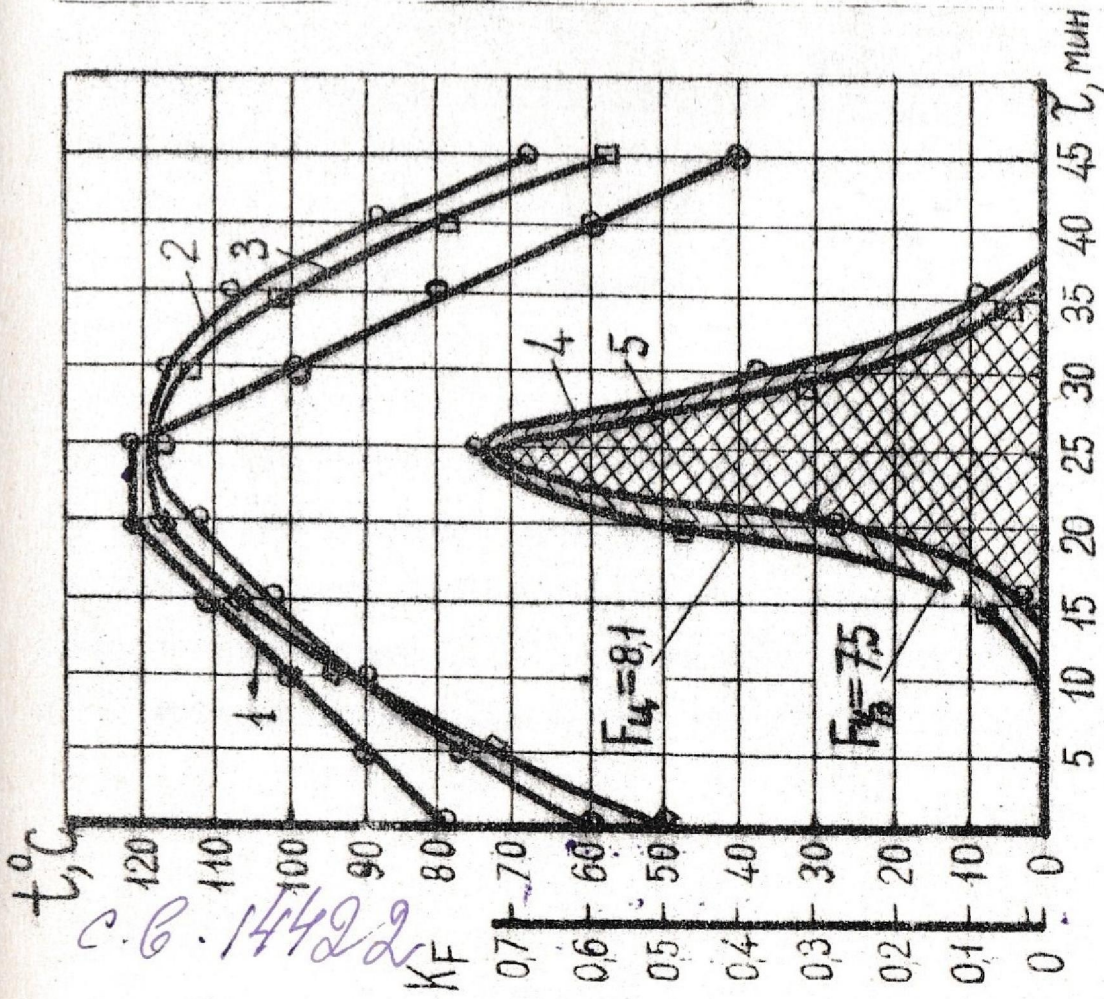


Рис. 3 Характеристика нового режима стерилизации консервов из крупноплодных бобов в банке 4 - 20-5-20

- 120°C
- 1- температурный режим автоклава,
 - 2-прогреваемость продукта в центре банки,
 - 3-прогреваемость продукта у дна банки,
 - 4,5- кривые F - эффекта

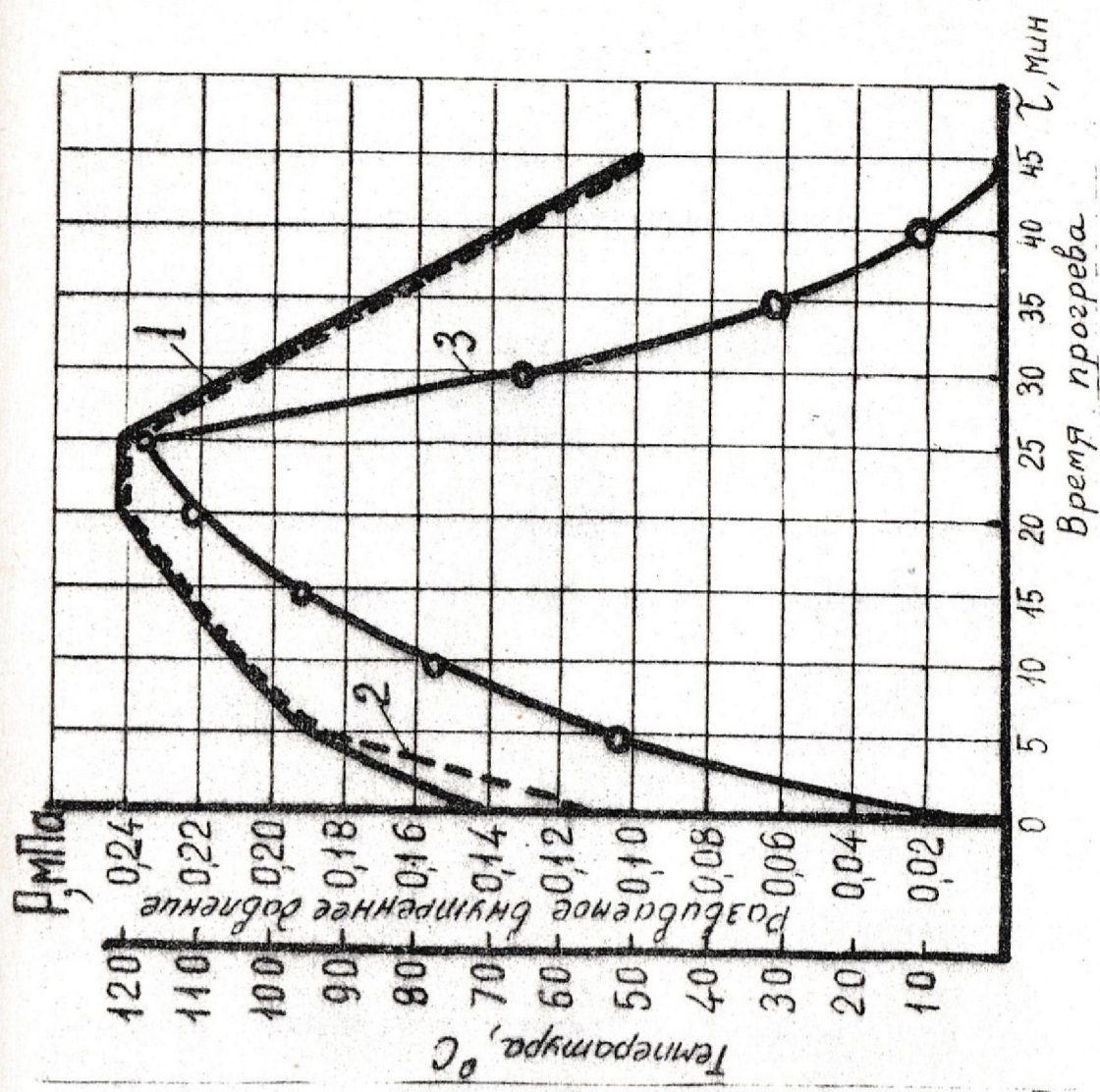


Рис. 4 Кинетика внутреннего давления, развиваемого в банках 4 при стерилизации консервов из крупноплодных бобов по режиму 20-5-20

- 120°C
- 1- температурный режим автоклава,
 - 2- изменение температуры в паровоздушном пространстве,
 - 3- кривая изменения давления.

среднему значению F - эффекта, которое, как видно из таблицы, превышает требуемое значение летальности незначительно.

Таблица 7

Вид тары	Формула стерилизации	Летальность, усл.мин		
		фактическая	среднее	требуемая
		пределы колебаний		
4	$\frac{20-5-20}{120^{\circ}\text{C}}$	6,1-7,9	7,5	7,20
4	$\frac{20-10-20}{120^{\circ}\text{C}}$		11,0	7,20
12	$\frac{25-10-25}{120^{\circ}\text{C}}$	7,4-8,1	7,9	7,50
"	$\frac{25-15-25}{120^{\circ}\text{C}}$		11,6	7,50
I-58-200	$\frac{20-20-20}{120^{\circ}\text{C}}$	9,6-10,3	10,0	7,14
"	$\frac{20-15-20}{120^{\circ}\text{C}}$		6,0	7,14
I-58-250	$\frac{20-20-20}{120^{\circ}\text{C}}$	8,3-9,1	8,5	7,20
"	$\frac{20-15-20}{120^{\circ}\text{C}}$		5,2	7,20

Таким образом, для достижения требуемой летальности в пределах 7,14-7,50 условных минут консервы из крупноплодных бобов в разной таре емкостью от 0,20 до 0,55 л следует стерилизовать при 120°C с временем собственно стерилизации от 5 до 20 мин против 120 мин по старой технологии. При этом

фактическая летальность составляет величины 7,5-10 усл.мин при $X = 12^{\circ}\text{C}$.

Определение константы термической инерции f_h . Данные, характеризующие теплопроникивание при стерилизации, были использованы для построения кривых термической инерции и определения постоянной f_h .

Этот показатель использован для сравнения прогреваемости исследуемых консервов в таре разной емкости и из разного материала.

Расчетные значения f_h для жестяной тары 4 и 12 составляют соответственно 17 и 18,7 мин, для стеклянной тары I-58-250 - 21,3 мин, что указывает на преобладание конвективного теплообмена при стерилизации консервов из крупноплодных бобов.

На это указывает и значение показателя J , которое менее единицы и составляет 0,6-0,66.

Изучение реакции жестяной тары на внутреннее и наружное давление. Экспериментальные данные прогиба крышки 4 при различном уровне внутреннего давления в банке, а также остаточная деформация при сбросе давления до атмосферного показывают, что наибольшая величина прогиба в центре крышки, наименьшая - в области закаточного шва. Допустимая остаточная деформация в пределах до 1 мм наблюдается при перепаде давления в пределах до 0,144 МПа. Прогиб центра крышки при таком допустимом давлении составил 3,43 мм. Повышение давления до 0,152 МПа приводит к появлению необратимой деформации.

Что касается перевеса наружного давления над внутренним,

то результаты исследования показали, что давление даже на уровне 0,28 МПа не вызывает какой бы то ни было деформации жестяных банок 4 и 12 и, следовательно, безопасно при стерилизации консервов из бобов.

Изучение динамики внутреннего давления при стерилизации консервов из крупноплодных бобов в жестяных банках 4 в паровой среде по режиму $\frac{20-5-20}{120^{\circ}\text{C}}$ показало, что максимальное внутреннее давление при стерилизации составляет 0,24 МПа и, следовательно, перепад давления в банке над паровым (0,1 МПа) в автоклаве при 120°C - 0,14 МПа, т.е. не превышает величины установленного допустимого давления для этой тары. А это значит, что стерилизацию консервов из бобов в банках 4 можно осуществлять в паровой среде без дополнительного противодействия. Динамика развиваемого давления представлена на рис. 4.

3. Изучение изменений качества бобов в процессе консервирования и производственные испытания

Сухие крупноплодные бобы содержат 88% сухих веществ, в том числе 3,98% сахаров, 3,21% пектиновых веществ, 24,97% белка, 3,33% золы, 7,12% клетчатки.

Установлено, что консервы, изготовленные по новой технологии, богаче и редуцирующими (на 12%) и нередуцирующими (на 9%) сахарами. В этих консервах также меньше содержание редуцирующих и нередуцирующих сахаров в заливочной жидкости. В процессе замачивания и бланшировки зерен бобов происходит уменьшение общего содержания нерастворимых пектиновых веществ и увеличение растворимой формы.

Действие процесса бланширования на гидролиз пектиновых

веществ оказывается намного интенсивнее, чем влияние замачивания. При стерилизации идет дальнейший, хотя и незначительный гидролиз протопектина. Готовые же консервы, независимо от технологии приготовления, практически не отличаются по содержанию растворимых и нерастворимых пектиновых веществ. Это же можно сказать и о заливочной жидкости. Содержание клетчатки в зернах бобов (на сухие вещества) консервов, изготовленных по новой и старой технологии, не отличается друг от друга (7,37 и 7,51%).

В процессе замачивания и бланширования содержание белка почти не изменяется. При стерилизации незначительная часть белка из зерен переходит в заливочную жидкость, причем при стерилизации по действующему режиму эта доля больше, чем по новому.

В исходном сырье - сухих бобах определено наличие 17 аминокислот, в том числе все незаменимые. В процессе переработки бобов происходит изменение содержания аминокислот. Так, эти изменения наблюдаются уже через 4 часа замачивания. Бланширование при 140°C (10 мин) не вносит значительных изменений в количество аминокислот в бобах. Стерилизованные образцы (зерно и жидкость) практически не отличаются между собой по общему содержанию аминокислот. Что же касается содержания незаменимых, то их несколько больше в зернах образцов, стерилизованных по более короткому режиму (44,8% против 42%).

Результаты выполненного исследования показывают преимущество кратковременной стерилизации: лучше сохраняются в зернах свободные аминокислоты, примерно в три раза меньше переходит их в заливочную жидкость. В составе сухих египетских

бобов обнаружено 16 макро- и микроэлементов, в том числе такие макроэлементы, как *Mg*, *Ca*, *Fe*, содержание которых составляет 92% от общего содержания всех элементов. Сравнивая содержание металлов в консервах, изготовленных по старой и новой технологии, следует отметить, что в первых это накопление металлов больше. Причиной этого может служить более длительный процесс стерилизации - более 2-х часов при 120°C по сравнению с 10 минутами по новой технологии.

Так, установлено, что в зернах бобов консервов, изготовленных по новому методу, содержится меньше *Zn* - на 50%, *Al* - на 45%, *Si* - на 73%, *Mg* - на 32%, *Co* - на 24%.

Из приведенных данных видно, что при длительной тепловой обработке переход металлов в содержимое консервов происходит более интенсивно.

Исследование цвета бобов. Цвет консервов из бобов играет большую роль для потребителя, который отдает предпочтение консервам с естественным цветом плодов или консервам с более светлым содержимым.

Сухим египетским крупноплодным бобам присущ светлокориичневый цвет, который в процессе кулинарной подготовки изменяется до темнокориичневого, свойственного консервам, изготовленным из этих бобов.

В настоящем исследовании цвет бобов определен через оптическую плотность при разных длинах волн в диапазоне 300 - 600 нм.

Анализ полученных данных показывает, что максимум поглощения всех спектральных характеристик лежит в ультрафиолетовой области спектра. Рассматривая изменение оптической плот-

ности вытяжки бобов по мере их переработки, можно отметить следующее.

Так, при $\lambda = 365$ нм насыщенность цвета сухих бобов характеризуется экстинцией 0,642. После замачивания эта величина падает до 0,279 и дальше до 0 при $\lambda = 580$ нм. Это можно объяснить увеличением в 2 раза массы бобов и уменьшением, соответственно, содержания сухих веществ, обуславливающих цвет бобов, с 88 до 50%.

В процессе бланширования цвет бобов меняется от светло-до темнокоричневого и это сразу отразилось на оптической плотности вытяжек - этот показатель увеличивается сразу в 4 раза - до 1,281.

Если же рассматривать цвет готовых консервов, изготовленных по старому и новому методам, то видно, что оптическая плотность зерен и жидкости консервов, изготовленных по старому методу больше, чем в таких же образцах консервов, выработанных по новому методу. Такое соотношение наблюдается и при $\lambda = 365$ нм, где экстинция максимальна, и во всем диапазоне исследуемых длин волн.

Из этого следует, что новая усовершенствованная технология консервирования египетских бобов позволяет получить консервы лучшего, более светлого тона.

Производственные испытания. На основании лабораторных исследований для проверки в производственных условиях был выбран наиболее эффективный способ предварительной обработки бобов до стерилизации, заключающийся в бланшировании острым паром при 140°C в течение 10 мин бобов, прошедших предварительную 8-ми часовую замочку в холодной воде. Производствен-

ные испытания выполнены на Одесском комбинате пищевых концентратов и Одесском опытном консервном заводе им. В.И.Ленина.

Бланширование острым паром при 140°C осуществляли на имеющемся на пищекомбинате комбинате небольшом варочном аппарате, применяемом для варки бобов сои после ферментативной обработки в производстве соусов.

Первые же пробные опыты показали, что прогрев острым паром при давлении 0,28 МПа, соответствующем температуре 140°C , в течение 10 мин приводит к большой развариваемости плодов. Оказалось, что вполне достаточна обработка острым паром в течение 7 мин с последующим 10-минутным охлаждением. Некоторое сокращение времени паровой обработки по сравнению с лабораторными опытами объясняется, по-видимому, обилием пара в заводском аппарате и лучшим его контактом с зерном благодаря ротации.

Следует также отметить, что после обработки паром бобы урожая 1978 года обладали более светлой окраской, нежели урожай 1977 года. Развариваемость же плодов и в том и другом случаях была одинаковой. Причем, более крупные зерна разваривались быстрее, т.к. среди них находились и треснувшие бобы. Вероятно, для более крупных плодов следует применить меньшее время обработки, поэтому, на наш взгляд, необходима калибровка бобов до их бланширования.

После тепловой обработки бобы фасовали в тару I-58-250 и заливали 2%-раствором поваренной соли в соотношении 70% бобов и 30% заливки. Некоторые образцы были залиты смесью равных количеств 2%-раствора поваренной соли и бланшировочной жидкостью или заливкой, состоящей из 2%-ного солевого раствора (80%) и добавкой рафинированного подсолнечного масла (20%).

Расфасовка и укупорка консервов производилась на комбинате пищевых концентратов. Затем укупоренные банки перевезли на опытный консервный завод им. В.И.Ленина, где все три вида консервов были простерилизованы в автоклаве по одному и тому же режиму $\frac{20-20-20}{120^{\circ}\text{C}}$. Время, прошедшее с момента укупорки до начала стерилизации, не превышало 1 часа. Ограниченное количество импортированных из Арабской Республики Египет крупноплодных бобов не позволило выработать более 150 банок I-58-250.

ВЫВОДЫ

1. Принятая в консервной промышленности Арабской Республики Египет технология натуральных консервов из крупноплодных бобов предусматривает, по кулинарным соображениям, чрезмерно длительный - двухчасовой режим стерилизации при 120°C , летальность которого примерно в десять раз превышает микробиологические нормы.

2. Найденная капиллярным методом термоустойчивость спор культуры *Cl. sporogenes* в вытяжках консервов из крупноплодных бобов показала, что кинетические константы D при 118°C составляют 1,65 мин, при $121 - 0,86$ мин и при $124 - 0,49$ мин, а постоянная $\lambda = 12^{\circ}\text{C}$.

3. Установленным нормам летальности 7,14-7,50 усл.мин соответствуют режимы стерилизации для тары 4,12, I-58-200 и I-58-250 10-20 мин при 120°C (с этапами подогрева и охлаждения по 20 или 25 мин.).

Определенная с помощью теплофизических измерений константа термической инерции f_H находится в пределах 17-23 мин. Это значение f_H в соответствии с фактором γ (0,60-0,66)

указывает на преобладание конвективного теплообмена при стерилизации натуральных консервов из крупноплодных бобов.

4. Разработанные формулы стерилизации гарантируют промышленную стерильность консервов, но не обеспечивают нужную степень размягчения бобов, которая составляет по финометру 35 единиц вместо необходимых, по соображениям кулинарной готовности, 14-15 единиц финометра. Принятая в АРЕ технология бобовых консервов должна быть усовершенствована с таким расчетом, чтобы необходимая степень размягчения (не выше 30 единиц) была обеспечена в процессе предварительной обработки зерен до стерилизации.

5. Выпрямленные в полулогарифмических координатах кривые набухаемости характеризуются кинетическими константами, которые по аналогии с теорией регулярного теплового режима называются константами инерции набухания f_n и которые в интервале температур 20-100°C находятся в пределах 936-166 мин. Найденные константы инерции набухания дали возможность математически рассчитать время набухания при любых температурах замачивания.

6. Данные о набухаемости зерен бобов, а также о снижении их твердости при разных температурах замачивания в воде показали, что в интервале 20-100°C интенсифицировать процесс массообмена и степень размягчения до оптимальных значений не удается.

Не удается интенсифицировать процесс размягчения египетских бобов и путем сочетания бланширования в воде с предварительным замачиванием. Так, трехминутное кипячение бобов после 8 часов замачивания снижает твердость бобов всего до

80 единиц, а 12-минутное кипячение бобов, прошедших предварительную замочку в холодной воде, в поле электрического переменного тока сверхвысокой частоты снизило твердость бобов до 62 единиц, т.е. также неудовлетворительно.

7. Наиболее эффективной предварительной обработкой зерен крупноплодных египетских бобов оказалось бланширование их после 8-ми часового замачивания в холодной воде острым паром в течение 30 мин при 130°C (33 единицы Φ) или же в течение 10 мин при 140°C (31 единица Φ).

8. По ряду химических показателей качество бобовых консервов, изготовленных по новой и старой технологии, мало отличается друг от друга. Так, количество нерастворимых и растворимых пектиновых веществ в консервах, изготовленных по старой технологии, составляет 0,91%, а по новой 0,83%. Содержание белковых веществ в зернах бобов по одной и другой технологии колеблется в пределах 20,08 - 20,67%, а клетчатки (тоже в зернах из консервов) находится в диапазоне 7,52 - 7,37%.

Примерно одинаков и аминокислотный состав - в одном и другом случае содержится 17 аминокислот, в том числе 10 незаменимых. По многим же показателям (редуцирующие сахара, окраска, свободные аминокислоты), качество бобовых консервов, изготовленных по новой технологии, выше, чем качество консервов, изготовленных по традиционной технологии.

9. Зерна бобов из консервов, изготовленных по новой технологии, имеют хороший внешний вид и нормальную внутреннюю структуру, хорошо сохраняют свою форму, а имеющиеся кое-где трещины на поверхности не распространяются внутрь зерна,

как это наблюдается в зернах бобов, изготовленных по традиционному методу.

10. Производственные испытания на Одесском комбинате пищевых концентратов показали, что весьма эффективно осуществляется паровое бланширование зерен крупноплодных египетских бобов на ротационном варочном аппарате, предназначенном для разваривания круп. Качество консервов, изготовленных в производственных условиях (на Одесском комбинате пищевых концентратов и Одесском опытном консервном заводе им. В.И.Ленина), оказалось хорошим.

Новая технология консервов из крупноплодных бобов, основными узлами которой являются 8-ми часовое замачивание в холодной воде, 10-ти минутное бланширование паром при 140°C и кратковременная (5-20 мин) стерилизация при 120°C , может быть рекомендована в порядке совершенствования и интенсификации технологических процессов на консервных заводах Арабской Республики Египет.

Основные положения диссертации изложены в соавторстве в следующих статьях:

1. Интенсификация процесса консервирования крупноплодных бобов. "Консервная и овощесушильная промышленность", 1978, 8, с. 10.
2. Определение летальности режимов стерилизации консервов из крупноплодных бобов. "Консервная и овощесушильная промышленность", 1979, 2, с. 37.
3. Кинетика набухания сухих бобов. "Известия вузов. Пищевая технология". Принята к печати.