

**МИНСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

На правах рукописи

УДК:

АБДУЖАЛИЛОВА ГУЛЧЕХРА

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА
ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ФАСОЛИ**

Специальность: 5А321003 - ПИЩЕВАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание академической степени магистра

Научный руководитель:

доц. Иноятова Х.

Ташкент-2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	-3
ГЛАВА I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	
1.1. Белковые вещества семян бобовых культур	-6
1.2. Белковые ингибиторы протеолитических ферментов, их роль в регуляции активности протеаз	-12
1.3. Химический состав зерновой фасоли	-14
1.4. Ингибиторы протеолитических ферментов зерновой фасоли	-19
1.5. Современные технологии переработки и ассортимент продуктов питания из зернобобового сырья	-22
ГЛАВА II. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	
2.1. Объекты исследований	-27
2.2. Методы исследований	-27
Выводы по главе II	-38
ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	
3.1. Изучение товароведных и биохимических характеристик зерновой фасоли	-39
3.2. Совершенствование способа влаготермической обработки зерновой фасоли	-41
3.3. Изменение активности ингибиторов протеолитических ферментов при влаготермической обработке зерновой фасоли	-45
3.4. Изменение реологических характеристик зерновой фасоли в процессе влаготермической обработки Выводы по главе III	-49 -60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	-61
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	-62
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ	-69

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Зернобобовые занимают исключительное место среди продовольственного сырья растительного происхождения благодаря уникальному биохимическому составу, обусловленному главным образом высоким содержанием белка. В настоящее время наибольшее внимание исследователей уделяется сое, продукты переработки которой находят широкое применение в пищевой промышленности. Однако не меньшего внимания заслуживает и такая зернобобовая культура, традиционно выращиваемая на территории Узбекистана, как зерновая фасоль.

Зерновая фасоль имеет высокую пищевую ценность в связи наличием в ее составе до 30 % белка, витаминов группы В, РР, минеральных веществ и клетчатки, отличается высокой урожайностью и низкой стоимостью. Особый интерес представляет использование зерновой фасоли в питании детей школьного возраста, так как организация рационального питания школьников предусматривает повышение пищевой ценности продуктов питания при одновременном снижении затрат на их производство.

Однако зерновая фасоль в питании школьников используется ограниченно, что объясняется несовершенством способов ее обработки, не обеспечивающих достаточного удаления антипитательных компонентов, главным образом ингибиторов протеолитических ферментов, а также отсутствием научно-обоснованного ассортимента продуктов питания на основе зерновой фасоли для детей и подростков. Таким образом, актуальным является совершенствование способа влаготермической обработки зерновой фасоли и разработка на его основе продуктов питания высокой пищевой и биологической ценности для детей школьного возраста, включая полуфабрикаты и готовые кулинарные изделия.

Цель исследования: разработка технологии и оценка потребительских свойств продуктов питания на основе зерновой фасоли

для детей школьного возраста.

Задачи исследования:

- изучение товароведных и биохимических характеристик зерновой фасоли новых сортов и обоснование возможности её использования;

- усовершенствование способа влаготермической обработки зерновой фасоли с целью снижения активности ингибиторов протеолитических ферментов;

- исследование изменения реологических характеристик бобов зерновой фасоли в процессе влаготермической обработки;

- разработка рецептур и технологий пищевых продуктов высокой пищевой и биологической ценности на основе зерновой фасоли для питания школьников;

Научная новизна.

Установлена прямопропорциональная зависимость активности водо- и солерастворимых ингибиторов трипсина от фракционного состава белков в зерновой фасоли.

Научно обоснован и экспериментально подтвержден усовершенствованный способ влаготермической обработки зерновой фасоли с последующим приготовлением из него пюреобразной массы. Доказано, что усовершенствованный способ влаготермической обработки повышает эффективность инактивации водо- и солерастворимых ингибиторов трипсина.

Определены реологические характеристики бобов зерновой фасоли в процессе влаготермической обработки.

Установлено, что комплексное использование усовершенствованного способа влаготермической обработки зерновой фасоли.

Практическая значимость работы заключается в разработке усовершенствованного способа влаготермической обработки зерновой фасоли, рецептур и технологий полуфабрикатов и готовых кулинарных изделий на основе зерновой фасоли для питания детей школьного возраста. Получены данные по пищевой и биологической ценности новых продуктов

питания. Установлены численные значения реологических характеристик, позволяющие управлять потребительскими свойствами формованных полуфабрикатов и кулинарных изделий на основе зерновой фасоли.

Апробация работы. Основные результаты диссертации опубликованы и докладывались на заседаниях семинаров Ташкентского химика - технологического Института, на научно-технической конференции молодых учёных: докторантов, аспирантов, научных сотрудников и студентов бакалавриата и магистратуры «Умидли кимёгарлар -2016», а также в сборнике межвузовских научных работ (2016 год).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав с выводами, заключения, списка цитируемой литературы, включающего 70 источников, 10 рисунка, 17 таблиц.

Работа изложена на 71 страницах компьютерного текста.

ГЛАВА I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Белковые вещества семян бобовых культур

Отличительной особенностью семян бобовых культур является высокое содержание белка. Содержание белка в семенах бобовых культур, по данным различных авторов, изменяется в пределах, показанных в табл. 1 [1].

Таблица 1.

Содержание белков в семенах бобовых культур, %

Наименование	Колебания	Среднее содержание
Горох	20,4-35,7	27,8
Фасоль	17,0-32,1	24,3
Чечевица	21,3-36,0	30,4
Соя	27,0 - 50,0	39,0
Кормовые бобы	26,4-31,2	29,2
Чина	23,1-34,7	28,7
Нут	18,5-29,7	24,5
Вика яровая	22,3-37,8	33,7

Очевидно, что существенные колебания в содержании белка в семенах всех бобовых культур связаны с сортовыми особенностями, а также с влиянием погодных условий во время роста и созревания, длительностью вегетационного периода и применяемыми агротехническими мероприятиями [2-6].

Наиболее существенными факторами внешней среды, определяющими содержание белка в семенах зернобобовых культур, являются влажность почвы и воздуха, а также температура в период созревания зерна. В условиях жаркого сухого климата с пониженным количеством осадков, в семенах накапливается больше глобулинов и меньше водорастворимых белков, чем у растений, выращиваемых в районах с более влажным климатом и пониженными температурами в

период созревания [7].

Способность нута к фиксации атмосферного азота, в следствии симбиоза с клубеньковыми бактериями, также зависит от целого ряда факторов [8]. В тоже время благодаря способности к азотфиксации, пределы изменчивости содержания белков в семенах нута, как, и других бобовых, значительно меньше, чем в зерне злаков. Это объясняется тем, что содержание белков в семенах бобовых определяется в первую- очередь интенсивностью фиксации азота клубеньковыми бактериями, а все другие факторы оказывают лишь дополнительное влияние на изменчивость их химического состава. Следовательно, для получения высоких урожаев бобовых культур с высоким содержанием белка необходимо-, создавать условия, при которых наиболее интенсивно фиксируется атмосферный азот. Так, например, при инокуляции содержание белка в семенах сои повысилось на 6,4%, в семенах нута содержание белка без инокуляции составляло 20,2%, а у инокулированных растений - 22,6% [3].

Относительное содержание белков зависит и от размеров семян бобовых культур (табл. 2.) [9,10].

Таблица 2.

Содержание белков в семенах бобовых культур в зависимости от их размера

Наименование	Масса 100 зерен, г		Белок, %	
	Колебания	Среднее	Колебания	Среднее
Крупные				
Горох	152-236	187	23,6-32,7	28,2
Чечевица	69-70	70	25,0 - 37.6	26,3
Фасоль	221-310	265	23,7-30,2	28,7
Средние				
Горох	119-149	138	21,7-30,3	26,0
Чечевица	52-56	54		29,1

Фасоль	160- 221	190	20,0 - 27,3	23,6
Мелкие				
Горох	68- 116	91	26,4 - 32,2	28,4
Чечевица	30-43	36	27,3 - 38,0	32,0
Фасоль	95-140	118	21,3-28,8	25,0

Неодинаковое содержание белка в различных фракциях по крупности определяется степенью развития (зрелости семян ко времени уборки урожая), а содержание белка в отдельных частях семени также неодинаково (табл. 3). Наибольшая часть белков сосредоточена в ростках, в семенных оболочках содержание белка составляет от 12% (горох) до 44% (фасоль). Содержание белка в ростках гороха по сравнению с фасолью и чечевицей больше на 14% и 21% соответственно. Чечевица отличается более высоким, чем горох и фасоль, содержанием белка в семядолях. Для семян фасоли характерно по сравнению с другими семенами бобовых культур повышенное содержание белков в семенных оболочках [9,10].

Таблица 3

Содержание белка в различных частях семени

Наименование	Содержание белка, % сухого вещества			
	в целом	семядоли	семенные	ростки
Горох	22,15-33,39	24,34-25,52	3,21 - 3,48	41,16-45,22
Фасоль	21,36-28,24	23,63 - 30,33	10,37- 11,54	34,92-35,62
Чечевица	25,27-31,07	28,32 37,38	9,09 - 10,44	37,45-38,49
	Среднее содержание белка, % от содержания в целом			
Горох	100	108	12	156
Фасоль	100	109	44	142
Чечевица	100	116	35	135

Соотношение отдельных фракций простых белков представляют интерес как для теоретической протеинологии, так и для оценки технологических свойств семян бобовых культур. Распределение белков

по фракциям в соответствии с их растворимостью показано в табл.4.

Таблица 4

Фракционный состав белков семян бобовых культур, %

Наименование	Альбумины	Глобулины	Глютелины
Горох	9,6	85,7	4,8
Чечевица	8,8	85,9	6,0
Вика	10,1	83,6	6,3
Маис	8,3	88,4	3,3
Пут	12,2	79,8	7,9

Основная фракция для всех бобовых культур - глобулины. Наименьшее количество приходится на долю глютелинов. Альбуминов немного больше, чем глютелинов. В семенах бобовых [11] обнаружены отдельные, характерные для той или другой культуры, белки - в семенах гороха водорастворимый легумелин и два глобулина (легумин и вицилин), в семенах фасоли - глобулин фазеолин, в семенах сои - глобулин глицинии.

Н.В. Аникеевой [12,13], исследовавшей фракционный состав белков семян нута, выращенного в Волгоградской области (сорта Волгоградский-5, Волгоградский-10, Прива-1), выявлены сортовые различия в содержании отдельных белковых фракций. Так, количество водорастворимых белков исследуемых сортов нута колеблется от 48,7 до 50,1%, солерастворимых – от до 43,7%, извлекаемых 0,15% раствором NaOH - от 6,9 до 8,9%.

Семена нута, как уже отмечалось, являются хорошим источником белка, содержание которого в семенах составляет в среднем 26,6%. Переваримость белков нута колеблется в пределах от 76 до 88 %. В отношении аминокислотного состава диапазон приводимых в литературе данных слишком широк и затрудняет обсуждение. Однако можно отметить, что белок семян нута, как большинства бобовых дефицитен по триптофану и метионину. Аминокислота гистидин, незаменимая для детей содержится в нем в большем количестве, чем в коровьем молоке [6].

Й.И. Беккен и Р.Б. Демина изучали сортовые различия по

содержанию белка в семенах нута; по их данным белок в семенах нута содержится в пределах от 24,3 до 28,9%. В различные годы эти различия могут быть более или менее ярко выражены: в 1973 г. разное содержание белка разных сортов было наибольшим (23,7 - 31,8), а в 1975 г. - наименьшим (23,0 - 27,7%). Подобные различия сортов по содержанию белка установлены многими авторами. Так, В.М. Милов [7] приводит амплитуду колебаний содержания белка для 13 образцов, выращенных в Ташкенте, от 23,4 до 28,6%; Сравнительный анализ аминокислотного состава белков семян нута, выращенного в Индии, Пакистане, Судане по незаменимым аминокислотам, проведенный индийскими учеными показан, что в исследуемых образцах наблюдался дефицит триптофана, причем дефицит более выражен в образцах семян нута, выращенных в Пакистане и Судане (метионин) и в Индии (триптофан). Небольшой недостаток треонина наблюдался в некоторых образцах из Индии и Пакистана (табл.5).

Таблица 5.

Содержание незаменимых аминокислот в семенах нута, мг/г

Аминокислота	ФАО/ ВОЗ (1973 г.)	Страна				
		Индия			Пакистан	Судан
		Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 1	Образец 1
Изолейцин	40	46	41	41	45	45
Лейцин	70	84	70	79	75	85
Лизин	55	74	65	70	61	79
Метионин +	35	30	28	23	31	31
Фенилаланин + Тирозин	60	91 (152)	74 (123)	84 (140)	82 (127)	83 (138)
Треонин	40	40 (100)		36 (90)	34 (85)	46 (115)
Триптофан	10	10 (100)	7 (70)	12 (120)	11 (110)	-

Валин	50	48 (96)	46 (92)	44 (88)	43 (84)	50 (100)
-------	----	------------	------------	------------	------------	-------------

* - значение аминокислотного сора

По данным, которые приводят эти авторы, в семенах нута, как и у многих бобовых культур, содержится недостаточное количество метионина, а аминокислотный скор валина ниже 100% во всех исследуемых образцах, за исключением образцов семян нута, выращенного в Судане. При этом необходимо отметить, что содержание других аминокислот превосходит их содержание в стандартном белке.

Так, содержание лизина, одной из наиболее дефицитных аминокислот в среднем на 29,5% выше, чем в стандартном белке.

По данным Н.В. Анিকেевой [13] аминокислотный состав суммарных фракций альбуминов и глобулинов показал, что эти белки богаты аргинином, аспарагиновой и глутаминовой кислотами и их амидами, но бедны серосодержащими аминокислотами.

Согласно данным индийских авторов семядоли составляют около 83 % целого семени в пересчете на сухой нес и при этом глобулины являются основной белковой фракцией. В глобулинах сосредоточено около 35% серосодержащих аминокислот от их общего количества в семядолях нута (табл. 6).

Максимальное содержание серосодержащих и ароматических аминокислот приходится на альбуминовую фракцию.

Таблица 6.

Содержание незаменимых аминокислот (г/ 100 г белка) в различных белковых фракциях семян нута

Фракция/аминокислота	Белковые фракции			
	Альбумины	Глобулины	Глютелины	Проламины
I. Фракции				
Зародыш (0,7 %)	22,5	50,0	21,4	3,0
Семядоли (82,9%)	15,9	62,7	17,5	2,3
Оболочки (16,4%)	3,5	22,8	33,2	3,4

Целое семян	12,6	56,6	18,1	2,8
2. Аминокислоты				
Изолейцин	5,1	4,4	5,4	2,3
Лейцин	9,8	7,5	9,1	1,6
Лизин	10,8	6,4	6,8	2,3
Метионин + цистеин	5,3	1,8	2,6	1,5
Фенилаланин + тирозин	9,3	9,0	8,1	5,7
Треонин	5,4	3,5	5,7	2,2
Валин	4,5	4,2	5,7	2,1

Хотя распределение незаменимых аминокислот по белковым фракциям отличается не очень сильно, тем не менее, многие исследователи полагают, что высокое соотношение фракций глютелинов к глобулинам улучшает качество белка.

Таким образом, со времен классических работ Осборна, предложившего классификацию белков по растворимости, было проведено большое количество исследований посвященных изучению количественных соотношений и свойств белковых веществ зерна различных злаков и семян бобовых культур. Однако, существенные вопросы, представляющие большой интерес как с теоретической точки зрения, так и с точки зрения практического подхода в технологии переработки зерна остаются невыясненными. Это объясняется не только чрезвычайной сложностью структуры белковых веществ, но и различным подходом к методам исследования, особенно к выбору растворителей. В связи с этим данные разных авторов трудно сопоставимы и имеется много неясностей в таком, простом на первый взгляд, вопросе, как количественное соотношение различных фракций.

1.2. Белковые ингибиторы протеолитических ферментов, их роль в регуляции активности протеаз

Исследование ингибиторов протеиназ растений проводилось и проводится в настоящее время в связи с изучением биологических

механизмов регуляции активности протеолитических ферментов. Известны три способа регуляции активности протеолитических ферментов:

- образование протеаз в форме зимогенов,
- локализация ферментов внутри специальных образований, окруженных мембраной (вакуоли и белковые тела в растительных клетках),
- присутствие в клетках и тканях специфических ингибиторов протеолитических ферментов [14].

Еще в 40-х годах 20 века из соевых бобов впервые были выделены в кристаллическом состоянии ингибиторы трипсина и химотрипсина, получившие названия - ингибитор Кунитца и ингибитор Баумана-Бирк.

Молекулярная масса ингибитора Кунитца 21500 Да. Молекула ингибитора состоит из 181 аминокислотного остатка и содержит две дисульфидные связи в положении цис(39)- цис(86) и цис(136)- цис(145). Трипсиносвязывающий реактивный центр включает остаток аргинина, связанный пептидной связью с остатком изолейцина: арг(63) - иле(64), поэтому ингибиторы этого семейства также называют трипсиновыми ингибиторами аргининового типа.

Ингибитор Баумана-Бирк был впервые выделен также в 1946 году из семян сои. Ингибитор эффективно подавляет активность трипсина и химотрипсина, причем с одной молекулой ингибитора могут связываться молекулы обоих ферментов. Ингибитор Баумана-Бирк — первый описанный "двухглавый" (или двухцентральной) ингибитор сериновых протеиназ. Его молекулярная масса примерно 8000 Да. Молекула ингибитора состоит из 71 аминокислотного остатка. Особенностью аминокислотного состава является высокое содержание остатков цистеина (7 на одну молекулу) и отсутствие остатков глицина и триптофана. Обращает на себя внимание, что молекула ингибитора Баумана-Бирк состоит из двух частей, сходных по структуре (доменов), которые

соединены между собой короткими полипептидными цепочками. Реактивный центр, ответственный за связывание трипсина локализован в первом домене и содержит пептидную связь: лиз(16) - сер(17); а реактивный центр, ответственный за связывание химотрипсина находится во втором домене и содержит пептидную связь: лей(43) - сер(44), поэтому ингибиторы этого семейства иногда называют ингибиторами лизинового типа [14,16,17].

Впоследствии белковые ингибиторы трипсина и химотрипсина были выделены из семян различных растений (бобовых, злаковых, пасленовых). По содержанию ингибиторов на первом месте стоят представители семейства бобовых [9,15,16]. Кроме названных выше ингибиторов трипсина и химотрипсина, в семенах сои обнаружены ингибиторы этих пищеварительных ферментов, отличающиеся по физико-химическим свойствам и ингибиторы протеаз насекомых и фитопатогенных микроорганизмов, а также ингибиторы эндогенных протеолитических ферментов [18].

Ингибиторы протеолитических ферментов были обнаружены в семенах других бобовых культур - нута, чечевицы, прорастающих семенах чины, черном горохе, конских бобах, а также в различных видах и соргах фасоли [22].

1.3. Химический состав зерновой фасоли

Химический состав определяет пищевую ценность и потребительские достоинства бобов зерновой фасоли, а также технологические особенности приготовления. Количественное соотношение пищевых веществ зависит от сортовых особенностей, условий произрастания и абсолютного веса бобов [23].

Важнейшее значение зерновой фасоли в питании человека определяется содержанием большого количества белковых веществ с ценным аминокислотным составом. Синтез белковых веществ из

простейших соединений азота осуществляется через корневую систему растений из почвы, а в качестве ассимилирующего фактора выступают фиксирующие азот бактерии, используемые только бобовыми культурами.

Согласно исследованиям Крюк И.Ф. содержание белка в зерновой фасоли колеблется в пределах от 21,4 до 28,2 % [24]. Запасные белки представлены сравнительно небольшим числом типов, однако содержат около 70 % всего азота бобов зерновой фасоли. Значительное количество их локализовано в ростках бобов - от 34,92 до 35,62 %, меньше содержится в оболочках - от 10,4 до 11,5 %. Кроме запасных белков существует ещё несколько тысяч различных ферментов и их ингибиторов, а также регуляторных, транспортных и структурных белков [25].

Фракционный состав белков фасоли определяется сортовыми особенностями и условиями выращивания. К основной фракции зерновой фасоли относят глобулиновую, затем следует альбуминовая и глютелиновая фракции. Про- ламиновая фракция в белках зерновой фасоли отсутствует [26,27].

Определяющим белком зерновой фасоли является глобулин фазеолин [25,26,28], выделены также вицилин, легумин, фитогемагглютинин и второстепенные белковые компоненты, состоящие из низкомолекулярных вицилинопо- добных глобулинов и сопровождающих их альбуминов [25,27]. Вицилин - это глобулярный белок, у которого отсутствуют дисульфидные связи между цепями и который состоит из трёх различных компонентов с молекулярной массой 43000, 47000 и 50000 Да. Легумин также относится к глобулинам. Он состоит из трёх различных субъединиц с молекулярной массой 37000, 34000 и 20000 Да, соединенных между собой дисульфидными связями [25]. Фитогемагглютинин - это гликопротеид, являющийся изолектином, состоит из двух различных субъединиц с молекулярной массой 34000 и 36000 Да. На его долю приходится около 10% всего белка бобов. Локализован в белковых тельцах и выполняет функцию запасного белка. По некоторым сведениям

фитогемагглютинин является токсичным для организма человека, однако он является неустойчивым к воздействию высоким температур [25]. Аминокислотный состав белков зерновой фасоли представлен в таблице 7.

В состав зерновой фасоли наряду с белками входят небелковые азотистые вещества, содержание которых доходит до 0,3 %. Небелковые азотистые вещества представлены аммонийными солями, солями азотной кислоты, пептидами, аспарагином, глутамином и другими свободными аминокислотами [25].

Аминокислотный состав белков зерновой фасоли

Таблица 7

Аминокислота	Содержание, мг/100 г	Аминокислота	Содержание, мг/100 г
Заменимые аминокислоты	12570	Незаменимые аминокислоты	8020
В том числе: аланин	930	В том числе: Валин	1120
аргинин	1220	Изолейцин	1030
аспарагиновая кислота	2650	Лейцин	1740
гистидин	630	Лизин	1590
глицин	840	Метионин	280
глутаминовая кислота	3220	Треонин	870
пролин	980	Триптофан	260
серин	1090	Фенилаланин	1130
тирозин	630	Общее количество аминокислот	20590
цистин	380	Лимитирующая аминокислота, скор, %	Мет. +цис. - 85

Зерновая фасоль содержит моносахариды, представленные D-глюкозой, D-маннозой, D-галактозой и D-фруктозой, олигосахариды, такие как рафиноза (0,2 %), стахиоза (1,2 %), D-эритроза, вербаскоза (4,0 %), L-арабиноза, D-ксилоза и D-рибоза, а также крахмал (45,4-52,6 %), целлюлозу и пектиновые вещества (4,7-5,1 %) [24,28].

Содержание олигосахаридов обуславливает пребиотические свойства

зерновой фасоли. Олигосахариды, достигая толстой кишки в неизменном виде, расщепляются бифидобактериями до образования CO_2 и органических кислот. Функции пребиотических олигосахаридов заключаются в стимулировании роста бифидобактерий в толстом кишечнике, предотвращении роста и прикрепления патогенных бактерий к эпителию кишечника и обеспечении равномерного распределения пищи по желудочно-кишечному тракту.

Наличие целлюлозы в составе углеводного комплекса бобов фасоли обуславливает применение ее для профилактики и лечения сахарного диабета. Полезные свойства целлюлозы заключаются в замедлении всасывания глюкозы и жиров из желудочно-кишечного тракта, снижению уровня холестерина в крови, улучшению моторики кишечника и детоксикационному воздействию на организм человека.

Жировые вещества в составе зерновой фасоли содержатся в количестве от 1,2 до 2,3 %. В зрелых бобах липиды в основном накапливаются в липидных тельцах или сферосомах, а также в липидосодержащих везикулах, находящихся в семядолях. Жировые вещества представлены нейтральными липидами, содержание которых достигает 45,2 %, фосфолипидами - 28,1 %, гликолипидами и ненасыщенными жирными кислотами.

Ненасыщенные жирные кислоты составляют 84,3 % от общего количества жирных кислот липидов, из которых: олеиновой кислоты (18:1) - 7,0 %, линолевой кислоты (18:2) - 28,1 %, линоленовой кислоты (18:3) - 49,2 % . Насыщенных жирных кислот в липидах фасоли содержится до 15,7 % от общего количества жирных кислот липидов, из них пальмитиновой кислоты (16:0) - %, стеариновой кислоты (18:0) -1,0 %.

Минеральный и витаминный составы зерновой фасоли представлены в таблицах 8,9.

Особая ценность зерновой фасоли для диетического питания и медицины обусловлена наличием в ее составе фитиновой кислоты,

обладающей антиоксидантными свойствами, изофлавонов, обладающих гормоноподобным действием, и лецитина, снижающего уровень холестерина в крови [29]. Благодаря научным исследованиям также было установлено, что потребление продуктов питания, содержащих сою или зерновую фасоль, способствует сохранению и усвоению организмом кальция [30].

Минеральный состав зерновой фасоли

Таблица 8

Макроэлементы	Количество, мг/100 г	Микроэлементы	Количество, мкг/100 г
Калий	1100	Алюминий	640
Кальций	150	Бор	490
Кремний	92	Ванадий	190
Магний	103	Железо	5940
Натрий	40	Марганец	1340
Сера	159	Медь	580
Фосфор	480	Цинк	3210

Содержание витаминов в зерновой фасоли

Таблица 9

Витамины	Количество, мг/100 г.
Тиамин	0,50
Рибофлавин	0,18
Ниацин	2,10
Пантотеновая кислота	1,20
Витамин В ₆	0,90
Витамин Е	3,84

Таким образом, зерновая фасоль представляет собой сырье с ценным химическим составом. Особый интерес представляет использование зерновой фасоли в питании детей школьного возраста, так как организация рационального питания школьников предусматривает повышение пищевой

ценности продуктов питания при одновременном снижении затрат на их производство.

1.4. Ингибиторы протеолитических ферментов зерновой фасоли

Ингибиторы протеолитических ферментов - это вещества белковой природы, снижающие перевариваемость белков за счет образования комплексов с ферментами, устойчивых как ферментативной, так и ингибиторной активности [31].

Ингибиторы растений семейства бобовых способны подавлять активность трипсина, химотрипсина, эластазы, катепсина и сериновых протеиназ микроорганизмов. Все эти ингибиторы в той или иной мере устойчивы к действию различных денатурирующих факторов и протеолизу.

По массовой доле в бобах ингибиторов протеаз трипсина и химотрипсина на первом месте стоят представители семейств бобовых. По данным И.И. Беккен [32], активность ингибиторов в сое составляет 18,2 - 42,8 мг/г;. Трипсин ингибирующая активность зерновой фасоли - 0,5 - 4,6 мг/г, чины составляет 8,9 мг/г, гороха - 0,2 - 4,5 мг/г [33].

По данным В. В. Мосолова и Т. А. Валуевой [34] ингибиторы бобовых растений объединяются в три семейства:

- _ семейство ингибитора трипсина Кунитца из сои,
- _ семейство ингибитора трипсина и химотрипсина Баумана-Бирк,
- _ семейство родственных белков-ингибиторов, подавляющих активность сериновых протеаз микроорганизмов и не действующих на трипсин и хи- мотрипсин.

Распределение ингибиторов протеолитических ферментов в тканях растений может значительно отличаться у представителей различных бобовых культур. В зерновой фасоли активность ингибиторов протеолитических ферментов распределяются равномерно по всем частям растения [35]. При этом в запасующих органах содержание ингибиторов

колеблется в пределах от 5 до 20 % от общего количества водорастворимого белка [36].

Антипитательные свойства ингибитора трипсина проявляются в снижении усвояемости белков вследствие образования комплексов «фермент- ингибитор» и потери незаменимых аминокислот, выделяемых в результате гипертрофированной активности поджелудочной железы. Так как ферменты поджелудочной железы трипсин и химотрипсин особенно богаты серосодержащими аминокислотами, гипертрофия этой железы приводит к обеднению тканей организма именно этими аминокислотами.

Механизм переваривания белков зерновой фасоли, содержащих ингибитор трипсина, представлен на рисунке 1.

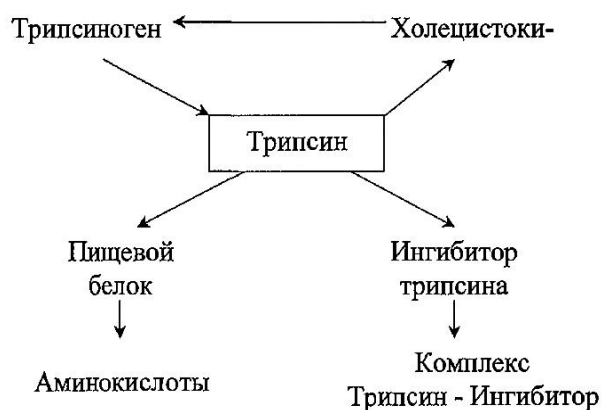


Рис.1. Механизм действия ингибитора трипсина на поджелудочную железу

Секреторная деятельность гормона поджелудочной железы - трипсиногена - контролируется гормоном слизистой оболочки кишечника - холецистокинином с помощью механизма ингибирования по принципу обратной связи. Деятельность холецистокинина зависит от уровня трипсина и химотрипсина, присутствующих в данный момент в тонком кишечнике. Когда уровень этих ферментов падает ниже критического, поджелудочная железа начинает выделять больше ферментов. Если же трипсин образует комплекс с ингибитором, то нормальное функционирование механизма обратной связи нарушается, и усвоение белков затрудняется [25].

По строению все ингибиторы, выделенные из растений, являются простыми белками, аминокислотный состав которых характеризуется высоким содержанием цистина [35]. Многочисленные исследования первичной структуры ингибиторов протеаз указывают на наличие структурной гомологии между отдельными белками-ингибиторами. Выявлено значительное сходство в структуре «активных центров» молекул ингибиторов, то есть участков, непосредственно вступающих в контакт с активным центром фермента [37]. В состав «активных центров» всех ингибиторов трипсина входят особым образом расположенные остатки лизина или аргинина, в то время в активном участке ингибиторов химотрипсина обнаружены остатки лейцина [35].

Различают ингибиторы, подавляющие активность одного фермента и «поливалентные» ингибиторы, угнетающие активность двух и более протеаз с различными свойствами. Поливалентные ингибиторы, в свою очередь, подразделяются на две группы: двухцентровые ингибиторы, у которых различные участки молекулы связывают разные ферменты, и одноцентровые, у которых ферменты соединяются с одним и тем же участком ингибитора. Отличительной способностью двухцентровых ингибиторов является способность образовывать тройные комплексы, включающие молекулу ингибитора и две молекулы различных протеаз [38,39].

Устойчивость ингибиторов бобовых к различного рода денатурационным воздействиям обусловлена высоким содержанием цистина и наличием дисульфидных связей, поддерживающих характерную для каждого ингибитора пространственную структуру [31,33]. Так, ингибитор трипсина из зерновой фасоли по данным Чена И. выдерживает нагревание до 100° С без существенного изменения активности.

Из исследований Черникова М.П. известно, что ингибиторная активность зерновой фасоли сосредоточена в белковой фракции,

растворимой в воде и растворимой в физиологическом растворе (солерастворимой или эйглобулиновой фракции) [40]. Авторами также установлено, ингибиторная активность зерновой фасоли хотя и высокая, но значительно меньше, чем сои. Объясняется это количественным преобладанием солерастворимой фракции ингибиторов, которая менее устойчива к тепловой обработке. Водорастворимой фракции примерно в два раза меньше и, в основном, благодаря именно ей объясняется угнетающее действие на ферменты желудочно-кишечного тракта.

1.5. Современные технологии переработки и ассортимент продуктов питания из зернобобового сырья

Ассортимент блюд и кулинарных изделий на основе зерновой фасоли достаточно разнообразен. Ее используют в виде целых зерен и пюреобразном виде для приготовления салатов, супов, вторых горячих блюд и гарниров. Целые зерна заправляют жиром, молочным или томатным соусом с луком или без него. Подают зерновую фасоль в качестве отдельных блюд или как гарнир к мясным, рыбным блюдам и колбасным изделиям [41].

В русской кухне готовят следующие ассортимент блюд на основе фасоли: фасоль или горох с маслом и луком, фасоль в томате, фасоль с орехами, ассорти мясное с фасолью, пюре из картофеля и бобовых и многое другое [42]. Особой популярностью из продуктов на основе бобовых пользуется национальное грузинское блюдо лобио [43].

Для питания школьников из зернобобового сырья широко используется только горох, зерновую фасоль и сою. Горох и сою используют при приготовлении супов, супов-пюре, салатов и гарниров ко вторым горячим блюдам. Зерновую фасоль используется в виде целых отварных зерен, которые добавляют в небольшом количестве в заправочные супы или подают в виде гарнира. Фасолевого пюре подают

только в качестве гарнира.

Из формованных кулинарных изделий из зернобобового сырья известны котлеты или биточки из бобовых и запеканка из картофеля и бобовых [41,42], в которых для регулирования консистенции используют яйца и крахмалсодержащие компоненты. Представленные рецептуры не могут быть рекомендованы для школьного питания, так как готовая продукция имеет неудовлетворительный вкус, высокую энергетическую ценность и повышенное содержание ингибиторов протеолитических ферментов.

Разработка новых продуктов питания с применением зернобобового сырья привлекает внимание многих ученых пищевой промышленности.

Для улучшения усвоения белков зернобобового сырья Зачиняева Е.В. и Ковалев Н.И. разработали блюда повышенной биологической ценности для детей школьного возраста. Авторы определили аминокислотный состав белков круп до и после ферментативного гидролиза и на основе полученных результатов рассчитали оптимальные рецептуры крупяных блюд. Во всех смесях круп биологическая ценность и коэффициент утилизации белка больше в среднем в раза [44].

Доронин А.Ф. с соавторами усовершенствовали рецептуры и технологии комбинированных продуктов для детского и диетического питания на плодовозерновой основе, обогащенные пектином [45].

В Северо-Кавказском государственном технологическом университете исследовалось использование пророщенного нута в фаршевых системах и при производстве колбасных изделий функционального назначения для школьников. Комбинирование мясного сырья с пророщенным нутом позволяет получить диетические продукты пониженной калорийности, увеличить пищевую ценность готовых изделий [46].

Во ВНИИМП разработаны новые мясные паштеты и кремы для детского и диетического питания с зернобобовым сырьем,

обеспечивающие потребности развивающегося организма школьников в необходимых питательных веществах.

ГНУ ВНИИ мясной промышленности совместно с ООО "ТЕХНОМОЛ" провели работу по созданию технологии «Полуфабрикатов мясных рубленых для дошкольного и школьного питания» с высоким содержанием соевого белка. Совместное использование соевого белка с белками животного происхождения повышает биологическую ценность продукта за счет обогащения лизином, лейцином, метионином и цистином. Сбалансированный микро - и макро- нутриентный состав разработанных полуфабрикатов обеспечивает высокий ростовой эффект детского организма за счет ограничения содержания соли, пряностей, снижения нагрузки на метаболические системы детей [47].

Базилевич В.И и Тубол Т.П. разработаны консервы на основе мяса гребешка и гороха, добавляемого в количестве 17-20 %. Изобретение позволяет получить продукт с высокой пищевой, биологической и энергетической ценности, а также органолептическими показателями [48].

В ГНУ ВНИИ мясной промышленности имени В.М. Горбатова РАСХН при участии научного центра здоровья детей РАМН разработаны рецептуры мясных паштетов с добавками полисахаридов для питания детей больных анемией и ожирением.

Во ВНИИКОП разработаны рецептуры консервов для школьного питания на основе сои в следующем ассортименте: «Соя с морковью гарнирная», паштет «Зимний», «Соя с яблочным пюре» и «Соя со сливовым пюре».

Предложен способ производства экструдированного высокобелкового продукта, состоящего из смеси гороховой муки, кукурузной крупы и муки пшеничной с добавлением растительного масла и порошкообразных вкусовых добавок. При этом готовый продукт имеет плотную структуру и обладает хрустящими свойствами, которые

сохраняются в процессе хранения и может быть предложен в качестве сбалансированного завтрака [49].

Известна технология приготовления экструдированных пищевых продуктов из смеси муки и бобовых культур и закусочного продукта из бобовых культур, сохраняющего нативную форму бобов [50]. При этом бобовые культуры выбирают из группы, включающей пятнистые, розовые, красные, черные бобы, обыкновенную фасоль, нут обыкновенный, чечевицу и горох, а способ обработки включает замачивание при температуре 100 °С, тепловую обработку, охлаждение, сушку и нанесение слоя ароматизатора.

Бобовое сырье применяется как основа рационов функционального назначения для питания детей больных сахарным диабетом [29,51,52], для профилактики железодефицитной анемии, для обогащения рационов белком. Так, в Харьковском институте перерабатывающей промышленности изучена возможность использования бобов, шрота и белкового концентрата сои и люпина белого пищевого, а также семян гороха в качестве сырья для получения новых экструдированных пищевых продуктов с высоким содержанием белка и энергетической ценностью [53].

Известен способ получения соевого овощного консервированного продукта, включающий обработку сои, послойную укладку в овощами в тару и стерилизацию в автоклаве, отличающуюся тем, что обработку сои производят путем нагрева до температуры 130⁰С при давлении 0,16 МПа в течение 5 минут, после чего производят мгновенный сброс давления до 0,1 МПа. При этом изобретение позволяет сократить длительность тепловой обработки, избежать растрескивания бобовых, однако такой способ обработки способствует разрушению витаминов и минеральных элементов, содержащихся в бобах [54].

Разработан способ производства котлет и биточков на основе вязких каш из зернобобового сырья, состоящий из сепарации бобов сои, мойки,

пропаривания при температуре от 110 до 115 °С, в течение 10 минут, сушки и прожаривания при температуре от 110 до 120 °С до влажности зерен 6,03 %, обрушивания, дробления, разделения на фракции смешивания полученной соевой крупы с пшеничной или рисовой или пшенной круп или гречневого продела, варки в течение 20-30 минут, охлаждения до температуры 60-70 °С, смешивания с нарезанной соломкой пассерованной морковью, яйцами и молоком, формования и обжаривания [55]. Описываемый способ позволяет получить продукт, содержащий повышенное количество белка, минеральных веществ, однако предлагаемый способ состоит из энергоемких операций и длительной гидротермической обработки бобов, способствующей разрушению биологически активных веществ.

Одним из направлений развития технологии продуктов питания для детей школьного возраста является разработка полуфабрикатов высокой степени готовности, к числу которых относятся замороженные полуфабрикаты.

ГЛАВА II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Объекты исследований

В соответствии с целью и задачами диссертационной работы объектами исследования являлись:

бобы зерновой фасоли новых сортов, урожая 2015-2016 гг.;

пюреобразные массы из зерновой фасоли с добавлением пектина, растительного масла и яиц;

полуфабрикаты и кулинарные изделия на основе зерновой фасоли с мясными и плодоовощными наполнителями.

Выбранные для изучения объекты анализировались по описанным ниже методикам, согласно структурной схеме исследований, рисунок 2.

Экспериментальные исследования проведены в научно-исследовательских лабораториях кафедры.

2.2. Методы исследований

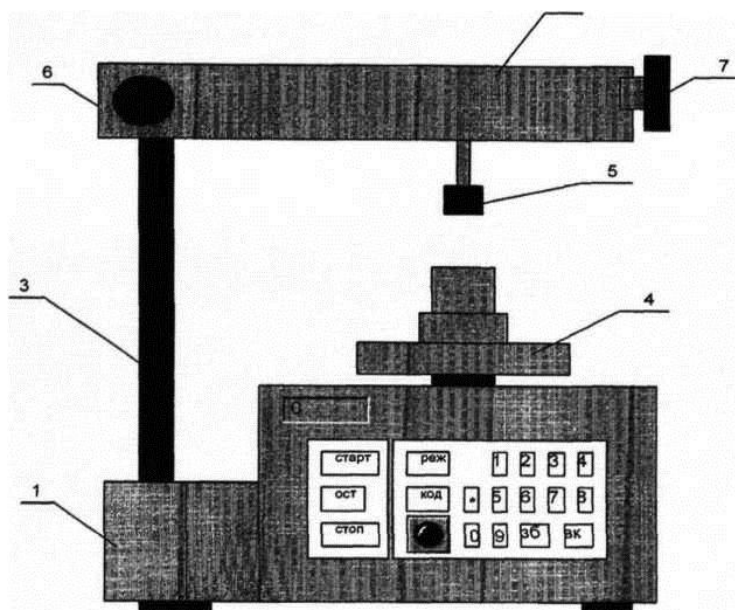
Определение реологических характеристик бобов зерновой фасоли и пюреобразной массы из фасоли

Реологические характеристики бобов зерновой фасоли и пюреобразной массы из фасоли определяли на электронном устройстве «СтруктурометрСТ-1» НПФ «Радиус» и фирмы «Алейрон». Принцип работы устройства основан на измерении воздействия неподвижного инструмента на образец, перемещаемый столиком по заданному закону.



Рис. 2. Структурная схема исследований

Структурометр представляет собой устройство, включающее управление, сменные измерительные головки, набор сменных инструментов и приспособлений, рисунок 3.



1- блок управления; 2 - измерительная головка; 3 - штанга; 4 - столик;
5 - инструмент; 6 - винт; 7 - винт.

Рис. 3. Электронное устройство «Структурометр СТ-1»

Блок управления 1 представляет собой настольный блок, в верхней части которого находится столик и вертикальная штанга 3. При помощи шагового двигателя столик может перемещаться в вертикальном направлении с заданной скоростью. Над столиком размещается измерительная головка 2, которая перемещается вдоль штанги и фиксируется в любом месте с помощью винта 6. Винты 7 служат для закрепления в измерительной головке сменного инструмента 5. Устройство имеет 8 режимов работы.

Реологические характеристики бобов зерновой фасоли определяли в режимах № 2, 5, 6. Особенностью работы в режиме № 2 является размещение исследуемого образца на специальном опорном устройстве, выполненном в виде стальных опор с меняющимся расстоянием между ними и использование в качестве сменного инструмента стальной пластины-ножа. Задаваемыми параметрами являлись: усилие касания $F_0 = 0,5$ Н и скорость перемещения столика $V = 100$ мм/мин. После отработки

режима на индикатор выводится значение усилия, при котором произошло разрушение образца, и соответствующее ему перемещение.

В процессе измерений происходит изгиб образца цилиндрической формы, лежащей на двух опорах, поэтому предел прочности рассчитывали по напряжению изгиба $\sigma_{изг}$, Па, при котором наблюдается разрушение или происходит излом [56]:

$$\sigma_{изг} = \frac{F \cdot l}{4W}, \quad (1)$$

где F - сила, Н;

l - расстояние между опорами, м;

W - момент сопротивления поперечного сечения пробы, м³

Величина W зависит от размера и формы поперечного сечения пробы, для круглого сечения:

$$W \approx 0.1D^3, \quad (2)$$

где D - диаметр пробы, м.

В ходе обработки результатов учитывали, что геометрические размеры, влажность и момент сопротивления, возникающий при изломе зерен, изменяются в зависимости от сорта и продолжительности тепловой обработки.

Предельное напряжение сдвига или предел текучести характеризует способность материала сохранять свою форму под действием сил тяжести и определяется как минимальное напряжение, при котором происходит пластическое течение. Данные для расчета этой характеристики измерялись в режиме № 5 при входных параметрах - начальном и конечном усилиии, соответственно F₀ F, принятые как 0,5 и 80 Н. С погружением в исследуемый образец конусовидной насадки растет поверхность, на которую действует напряжение сдвига. В момент остановки насадки при $\theta_e = \theta_0$ возникают силы, свидетельствующие о начале процесса течения. Решая уравнение относительно θ_0 , представим расчетную формулу в следующем виде [56]:

$$\theta_0 = K_{\text{кон}} \cdot \frac{F}{H^2}, \quad (3)$$

где $K_{\text{кон}}$ коэффициент при вершине конуса, определяется как

$$K_{\text{кон}} = \frac{1}{\pi} \cdot \text{ctg} \frac{\alpha}{2} \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2} \quad (\text{для угла при вершине } 45^\circ \quad K_{\text{кон}} = 0,657),$$

F - сила, приложенная вдоль оси конуса, 80 Н;

H - глубина погружения, м.

Максимальное усилие при прокалывании бобов измеряли в режиме № 6. Задаваемыми параметрами являлись: скорость движения столика $V=100$ мм/мин, продолжительность паузы $T = 30$ с, глубина погружения инструмента, в соответствии с геометрическими размерами бобов, принята для сорта «Горналь» 2,5 мм, «Мечта хозяйки» и «Баллада» - 3,5 мм.

$$\sigma \equiv \frac{4F}{\pi D^2} \cdot 10^6, \quad (4)$$

где F - сила, действующая на пуансон, Н;

D - диаметр пробы, мм.

Реологические характеристики пюреобразной массы из фасоли с пектином, растительным маслом и яйцом определяли в режимах № 1, 3, 6.

Для отработки режима № 1 из исследуемой массы отделяли образцы массой по 13 г и поочередно помещали в алюминиевые полые цилиндры с дном в виде подвешенной гири. Задавали начальное и конечное усилие, $F_0=0,5$ Н и $F=10$ Н соответственно и скорость движения столика $V = 100$ мм/мин. После этого нажимали кнопку «старт», столик с исследуемым образцом двигался вверх и при достижении заданного усилия останавливался. В этот момент индикатор фиксировал значение общей деформации, H_1 мм. Затем столик двигался с заданной скоростью вниз и при достижении начального усилия прибор фиксировал значения пластической деформации, H_2 , мм. Измерив значения общей и

пластической деформации, рассчитывали значения упругой деформации H_3 , мм [56]:

$$H_3 = H_1 - H_2, \quad (5)$$

Относительная деформация ε , - безразмерный показатель, характеризующий величину упругой деформации по отношению к высоте исследуемого образца, определяли по формуле [56]:

$$\varepsilon = \frac{H_3}{H_0}, \quad (6)$$

где H_0 - первоначальная высота исследуемого образца, равная 25 мм.

Удельная работа пластической деформации $A_{уд}$, Дж/м³ связана с необратимыми деформациями исследуемого образца и отражает его способность рассеивать или поглощать полученную энергию. Эту величину рассчитывали по формуле (7) с учетом диаграммы сжатия нелинейно-упругой массы, рисунок 4 [56]:

$$A_{уд} = \frac{S \cdot M_F \cdot M_H}{1000 \cdot V_0}, \quad (7)$$

где S - площадь, соответствующая пластической деформации исследуемого образца, на диаграмме сжатия, мм;

M_F - масштаб графика по оси F , Н/мм, где F - сила, действующая на исследуемый образец, Н;

M_H - масштаб графика по оси H , мм/мм, где H - глубина погружения инструмента, мм;

$V_0 = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$, это объем исследуемого образца, вычисляемый по формуле

$$V_0 = \pi \cdot r^2 \cdot h, \text{ где } r \text{ и } h$$

- соответственно внутренний радиус и высота полого цилиндра для определения упругих и пластических деформаций, м. При построении

диаграмм сжатия исследуемых образцов масштаб по оси F приняли равным 1 : 10, по оси Н - 1 : 5.

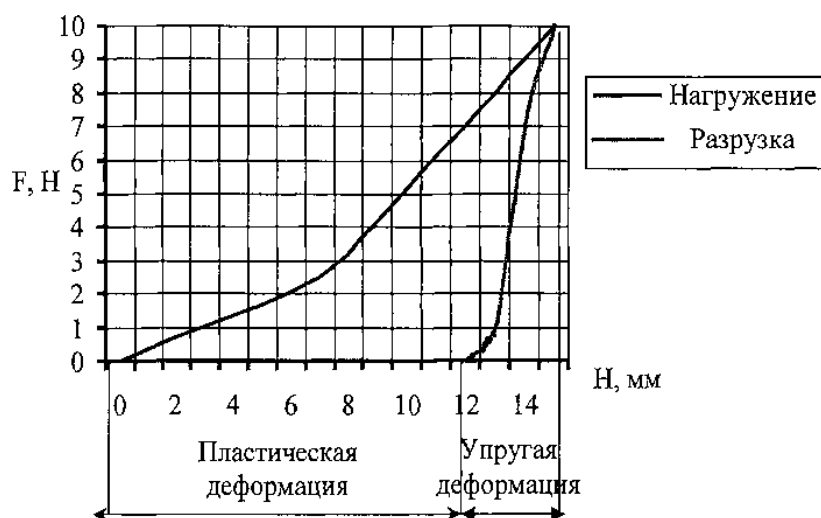


Рис. 4. Диаграмма сжатия нелинейно-упругой массы

Эффективный модуль упругости исследуемого образца $E_{эф}$, Па, определяли как отношение напряжения к деформации по формуле [56]:

$$E_{эф} = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (8)$$

где σ - напряжение сжатия, Па;

ε - относительная деформация.

Адгезионное напряжение или липкость определяет поверхностные свойства пищевых масс и характеризует силы взаимодействия их частиц. Она проявляется на границе раздела между продуктом и твердой поверхностью. Данные для расчета этой величины определяли в режиме № 3 с использованием в качестве сменного инструмента стального диска. Для проведения исследования образцы формовали в виде шариков массой 13 г и задавали следующие параметры: усилие касания F_0 - 0,5 Н, скорость перемещения столика $V = 100$ мм/мин, максимальное усилие $F = 7$ Н и продолжительность паузы $T = 30$ с. В соответствии с полученными результатами рассчитывали адгезионное напряжение $\sigma_{адг}$ Па по формуле [56]:

$$\sigma_{\text{адг}} = \frac{F_{\text{отр}}}{S}, \quad (9)$$

где $F_{\text{отр}}$ - усилие отрыва, Н;

S - площадь диска, м^2 .

При расчете площади диска учитывали, что диаметр используемого сменного инструмента 30 мм.

Исследования в режиме № 6 проводили с учетом следующих задаваемых параметров: скорость движения столика $V = 100$ мм/мин, глубина погружения инструмента $H = 17$ мм и значения паузы $T = 30$ с. Предельное напряжение сдвига пюреобразной массы и нормальное напряжение сжатия рассчитывали по формулам (3) и (4) соответственно.

2.2.1 Определение массы 1000 семян [57]

2.2.2 Определение массовой доли влаги [58].

2.2.3 Определение массовой доли белка [59].

2.2.4 Фракционный состав белков [60].

Определение фракционного состава белков проводили по методике, в основе которой лежит разделение белков по Т.Б. Осборну. Перед анализом бобы зерновой фасоли обрушивали вручную, затем измельчали на кофемолке и обезжиривали гексаном. Обезжиренный остаток вновь измельчали в тонкую муку и высушивали при 45-50 °С. В дальнейшем белки последовательно экстрагировали водой (альбумины), слабыми растворами нейтральных солей (глобулины) и щелочными растворами (глобулины). Содержание спирторастворимых белков (проламинов) не устанавливали, так как для зерновой фасоли они не характерны.

Определение фракционного состава белков проводили следующим образом. 1г тонкоразмолотой обезжиренной муки помещали в центрифужную пробирку, заливали 10-кратным объемом воды и взбалтывали 30 минут на механической мешалке. Затем экстрагированные белки отделяли центрифугированием в течение 4-5 минут при 3000 об/мин. Надосадочную жидкость, содержащую водорастворимые белки,

сливали в мерную колбу на 100 см³.

После этого к осадку в центрифужной пробирке приливали 10 см³ воды, смесь тщательно перемешивали в течение 30 минут, вновь центрифугировали, надосадочную жидкость сливали в ту же мерную колбу. Такую экстракцию с последующим центрифугированием проводили три раза. Белковый экстракт в мерной колбе доводили водой до метки, добавляли 2-3 капли толуола и хранили в холодильнике.

Осадок в центрифужных пробирках заливали 10 см³ 1М NaCl, тщательно перемешивали и взбалтывали в течение 30 минут. Затем центрифугировали 4-5 минут при 3000 об/мин. и раствор белков сливали в мерную колбу на 100 см³. Экстракцию белков с последующим центрифугированием проводили 3 раза. После экстракции глобулинов осадок в центрифужной пробирке промывали водой, центрифугировали и полученный раствор сливали в мерную колбу с раствором глобулинов. Затем белковый раствор в мерной колбе доводили до метки 1М NaCl.

Для выделения щелочерастворимых белков к осадку в центрифужной пробирке добавляли 10 см³ раствора NaOH с массовой долей 0,2 %, перемешивали, взбалтывали 30 минут и центрифугировали. Раствор глобулинов сливали в мерную колбу на 100 см³. Такую экстракцию с последующим центрифугированием проводили 3 раза. Раствор белков доводили до метки щелочью и хранили в холодильнике.

В полученных фракциях определяли белковый азот по методу Кьельдаля.

Для этого 20 см³ белкового раствора сжигали в кипящей концентрированной серной кислоте в присутствии катализатора. Сжигание проводили в специальных тугоплавких длинногорлых колбах. По окончании сжигания определяли азот, связанный в виде сульфата аммония. Для этого содержимое колбы Кьельдаля переносили в отгонный аппарат. Туда же добавляли концентрированный раствор щелочи для нейтрализации серной кислоты и создания щелочной среды.

Выделившийся при нагревании аммиак улавливали 2% раствором борной кислоты. Для расчета содержания белка величину общего азота умножали на коэффициент 6,25.

2.2.5. Определение активности ингибиторов протеолитических ферментов по методике Кунитца [61]

Приготовление водной вытяжки образцов включает измельчение бобов зерновой фасоли, настаивание в дистиллированной воде или в физиологическом растворе (раствор NaCl с массовой долей 0,9 %) при соотношении растворитель : образец -10:1 в течение 12 часов при температуре 2 °С и центрифугирование при 6000 об/мин в течение 15 минут.

Для определения трипсин ингибирующей активности водорастворимой фракции ингибиторов трипсина готовили контрольный и опытный растворы. Для контроля к 1 см³ предварительно прогретого до 35 °С казеина (раствор с массовой долей 1 %) приливали 0,5 см³ воды и 0,5 см³ раствора кристаллического трипсина с концентрацией 0,05 мг/см³. Смесь встряхивали и инкубировали при температуре 35°С на водяной бане в течение 10 минут. Затем к раствору добавляли 3 см³ трихлоруксусной кислоты (ТХУК) с концентрацией 0,3 моль/дм³, через 60 минут образовавшийся осадок отделяли центрифугированием при 6000 об/мин в течение 15 минут.

Для приготовления опытного раствора к 1 см³ казеина добавляли 0,5 см³ водной вытяжки образца и 0,5 см³ трипсина, смесь встряхивали, инкубировали на водяной бане при температуре 35 °С в течение 10 минут, добавляли 3 см³ ТХУК с концентрацией 0,3 моль/дм³ и через 60 минут образовавшийся осадок отделяли центрифугированием.

При определении активности солерастворимых ингибиторов вместо дистиллированной воды использовали физиологический раствор (раствор с массовой долей NaCl 0,9%).

Надосадочную жидкость опытных и контрольных образцов спектрофотометрировали при 280 нм. При выражении трипсин ингибирующей активности ТИА, мг чистого трипсина, связанного с ингибитором, на 1 г образца, расчет производили по формуле [62]:

$$TIA = \frac{(D_c - D_o) \cdot V \cdot r \cdot c \cdot f}{V_1 \cdot n \cdot D_c}, \quad (10)$$

где D_c - оптическая плотность контроля; D_o - оптическая плотность опыта;

V - общий объем водной вытяжки, см ; r - кратность дополнительного разведения; V_1 - объем водной вытяжки, взятый для определения, см³; n - масса навески образца, пересчитанная на сухое вещество, г; c - количество трипсина в инкубационной смеси, мг; f - поправка на активный фермент.

2.2.6. Изучение влияния режимов замораживания на изменение температуры в геометрическом центре полуфабриката

Исследование влияния скорости и температуры воздуха на изменение температуры в геометрическом центре полуфабриката проводили в холодильной установке, схема которой показана на рисунке 5.

Исследуемый полуфабрикат 1 располагается в теплоизолированной холодильной камере 2. Вентилятор 3 создает принудительное движение охлажденного воздуха у поверхности продукта. Холодильный агент в испарителе холодильной машины 4 воспринимает теплоту от охлаждаемого полуфабриката, по истечении определенного времени он закипает, и его пары поступают в компрессор 5. В нем они сжимаются до давления конденсации и поступают в конденсатор 6, где пары охлаждаются и конденсируются. После этого жидкий холодильный агент дросселируется в дроссельном вентиле 7 до давления кипения, после чего поступает в испаритель 4.

Для измерения температуры исследуемого полуфабриката использовали медно-константановые термопары.

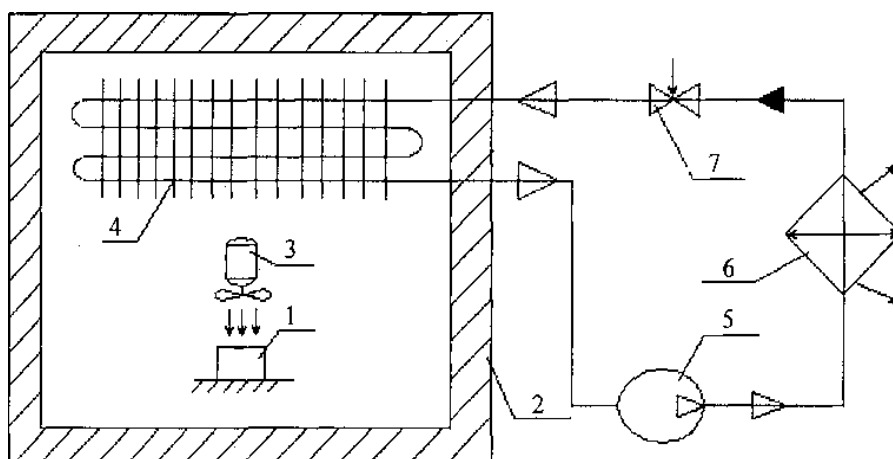


Рис. 5. Схема холодильной установки

В ходе исследований измеряли следующие параметры: температура воздуха в камере до замораживания t_{B1} , °С, температура воздуха в камере после замораживания t_{B2} , °С и температура в геометрическом центре полуфабриката $t_{ц}$, °С. Для обработки экспериментальных данных использовали тарировочное уравнение, которое для односпайных медно-константановых термопар имеет следующий вид:

$$t = 0,02456 \cdot U + t_{окр.воз.}, \quad (11)$$

где U - напряжение на термопаре, кВ;

$t_{окр.воз.}$ - температура окружающего воздуха, °С.

Расчет скорости замораживания определяли по формуле [63]:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\Delta T}{\tau}, \quad (12)$$

где ΔT - разница в температуре до и после замораживания, °С,

τ - продолжительность замораживания, мин.

Выводы по главе III

1. Приведены методики определения массовой доли влаги, белка.
2. Определены активности ингибиторов протеолитических ферментов по методике Кунитца.

ГЛАВА III. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ВЛАГОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНОВОЙ ФАСОЛИ

3.1. Изучение товароведных и биохимических характеристик зерновой фасоли

Для исследования выбраны новые сорта зерновой фасоли «Горналь», «Мечта хозяйки» и «Баллада», районированные в Краснодарском крае и выращиваемые на опытных полях Крымской опытно-селекционной станции ВНИИР и Краснодарского НИИ овощного и картофельного хозяйства. Это среднеспелые лущильные сорта, с вегетационным периодом в условиях Северокавказского региона для сортов «Горналь» от 64 до 86 дней, «Баллада» от 72 до 92 дней и «Мечта хозяйки» от 78 до 100 дней.

Ценность и перспективность отдельных товароведных сортов зерновой фасоли определяется их урожайностью, способностью давать максимальное количество белка с единицы площади посевов и по его содержанию в нативном сырье. Товароведные характеристики бобов зерновой фасоли представлены в таблице 10.

Товароведные характеристики зерновой фасоли урожая 2015 г.

Таблица 10

Наименование характеристик	Сорта зерновой фасоли		
	«Горналь»	«Мечта хозяйки»	«Баллада»
Урожайность в Краснодарском крае, ц/га	24,5-28,4	25,7-37,8	24,9-30,5
Масса 1000 семян, г	311-344	339-544	389-455
Цвет	кремово желтый	кремово белый	коричнево пестрый
Крупность, мм	12,0	12,0-16,0	14,0
по длине	5,5-6,0	8,0	9,0
по ширине	4,5	6,0	7,0
по толщине			

Выравненность, %			
- по ширине	86,0	84,0	76,0
- по толщине	90,0	76,0	75,0
Массовая доля белка, % на абс. сух. вещество	24,2- 28,9	23,6-28,7	25,0-28,4
Валовый сбор белка, ц/га	5,9-8,2	6,1-10,9	6,1-8,7
Коэффициент развариваемости	2,7	2,9	2,7

Наиболее высокая урожайность, валовый сбор белка и масса 1000 семян характерны для зерновой фасоли сортов «Мечта хозяйки» и «Баллада». Коэффициент развариваемости наибольший у зерновой фасоли сорта «Мечта хозяйки», в то время как показатель выравненности для изучаемых сортов примерно одинаков. Таким образом, наиболее ценными по перечисленным показателям являются сорта «Мечта хозяйки» и «Баллада». Сорт «Горналь» менее урожайный, но достаточно высокая массовая доля белка и потребительские свойства зерновой фасоли предусматривают ее широкое кулинарное использование.

На использование зерновой фасоли в питании детей школьного возраста влияют органолептические показатели, массовая доля белка, его фракционный и аминокислотный состав, а также активность ингибиторов протеолитических ферментов.

Биохимическая характеристика зерновой фасоли новых сортов представлена в таблице 11. При исследовании биохимических показателей установлено, что наибольшее количество белка содержится в зерновой фасоли сортов «Горналь» и «Мечта хозяйки». Активность водо- и солерастворимых ингибиторов трипсина находится в прямопропорциональной зависимости от фракционного состава белков зерновой фасоли. Минимальной активностью водорастворимых ингибиторов трипсина, являющихся наиболее устойчивыми к денатурационным изменениям, отличаются зерновая фасоль сортов

«Мечта хозяйки» и «Баллада».

Биохимическая характеристика зерновой фасоли новых сортов

Таблица 11

Наименования показателей	Значение показателей		
	Сорта зерновой фасоли		
	«Горналь»	«Мечта хозяйки»	«Баллада»
Массовая доля, %			
сухих веществ	85,17	84,25	85,81
белков, в том числе:	27,33	26,55	25,15
альбуминов	11,13	11,05	10,83
глобулинов	12,37	12,07	10,37
глутелинов	3,53	3,43	3,95
жиров	1,65	1,65	1,70
углеводов, в том числе:	56,05	55,90	57,18
пищевых волокон	3,90	3,90	3,90
Активность ингибиторов трипсина,			
водорастворимых	1,81	1,15	1,13
солерастворимых	2,03	1,33	1,04

Достаточно высокое содержание в зерновой фасоли ингибиторов протеолитических ферментов, сохраняющих активность и в процессе обработки, является основным фактором, ограничивающим её использование в питании детей школьного возраста, в связи с чем, требуется совершенствование технологии обработки зерновой фасоли.

3.2. Совершенствование способа влаготермической обработки зерновой фасоли

Среди существующих способов влаготермической обработки зерновой фасоли известны такие, как варка до готовности при непрерывном кипении [41], варка в 1,2 % растворе пищевой соды [64],

варка с предварительным замачиванием в течение 5-8 часов [65]. Последний способ влаготермической обработки (традиционный) наиболее распространен, так как позволяет получить готовый продукт с высокими органолептическими показателями. Однако традиционная влаготермическая обработка зерновой фасоли является длительной [64] и не приводит к полной инактивации ингибиторов протеолитических ферментов. Варка в 1,2 % растворе пищевой соды менее продолжительна, полностью снижает активность ингибиторов протеолитических ферментов, однако приводит к высоким потерям минеральных веществ и витаминов и придает готовому продукту неудовлетворительные органолептические показатели [66]. Варка при непрерывном кипении способствует частичной инактивации ингибиторов протеолитических ферментов, также характеризуется высокими потерями водорастворимых минеральных веществ и витаминов, и поэтому неприемлема в производстве продуктов питания для детей школьного возраста. В связи с этим, целью исследования является совершенствование способа влаготермической обработки зерновой фасоли для получения готового продукта с низкой активностью ингибиторов трипсина, высокими органолептическими показателями и содержанием витаминов и минеральных веществ.

В соответствии с поставленной целью нами разработан усовершенствованный способ влаготермической обработки зерновой фасоли, состоящий из двух этапов. Первый этап - варка продолжительностью 3-5 минут от закипания с заменой варочной среды на холодную воду (гидромодуль 1:2). Второй этап - доведение до готовности при непрерывном кипении в течение 67 - 75 минут с одно- или двукратной заменой от 25 до 40 % варочной среды на холодную воду (гидромодуль 1:3).

В таблице 12 приведены сравнительные схемы способов влаготермической обработки зерновой фасоли, где учтен расход воды и

продолжительность отдельных этапов.

Сравнительные схемы способов влаготермической обработки зерновой фасоли

Таблица 12

Традиционный способ	Усовершенствованный способ
Инспекция	Инспекция
Магнитное сепарирование	Магнитное сепарирование
Мойка	Мойка
Замачивание, $\tau = 5$ часов, гидромодуль 1: 2	-
-	Варка, $\tau = 3-5$ минут с заменой варочной среды на холодную воду, гидромодуль 1: 2
Варка до готовности, $\tau = 70 - 80$ минут, гидромодуль 1:3	Варка до готовности, $\tau = 67 - 75$ минут с одной-двух кратной заменой от 25 до 40 % варочной среды на холодную воду, гидромодуль 1: 3
Количество воды на варку 1 кг фасоли: 5 л	Количество воды на варку 1 кг фасоли: 5,7 - 6,2; в том числе для замены варочной среды: 2,7 - 3,2 л

Продолжительность влаготермической обработки и коэффициент развариваемости, и, в зависимости от используемого способа обработки приведены в таблице 13.

Характеристика влаготермической обработки зерновой фасоли

Таблица 13

Наименование влаготермической обработки	Сорта зерновой фасоли					
	«Г орналь»		«Мечта		«Баллада»	
	τ , мин.	к	τ , мин.	к	τ , мин.	к
Традиционный способ	370	2,7	380	2,9	380	2,7
Варка в 1,2 % растворе пищевой	360	2,8	365	3,0	370	2,9
Варка при непрерывном	130	2,9	135	3,2	140	3,0
Усовершенствованный	70	2,7	80	2,9	80	2,7

Установлено, что при усовершенствованном способе влаготермической обработки зерновая фасоль достигает соответствующего данному сорту показателя развариваемости за более короткий промежуток времени. Так, в сравнении с традиционным способом продолжительность технологического процесса для всех исследуемых сортов сокращается на 5 часов. При варке в 1,2 % растворе пищевой соды и непрерывном кипении хотя и сокращается время приготовления, однако происходит разрушение структуры тканей бобов зерновой фасоли, повышая коэффициент развариваемости на 0,1-0,3 единицы. Использование усовершенствованного способа влаготермической обработки позволяет получить готовый продукт с хорошо сохранившейся формой, с коэффициентом развариваемости на уровне товароведных требований к сорту.

Изучение влияния способа влаготермической обработки на потери сухих веществ представлено в таблице 9. Массовую долю сухих веществ определяли в сырых бобах, в бобах после замачивания в течение 5 часов и через каждые десять минут варки продолжительностью 80 минут.

Из данных таблицы 14 следует, что при усовершенствованном способе влаготермической обработки зерновой фасоли потери сухих веществ несколько больше, чем при традиционном способе.

Изменение массовой доли сухих веществ зерновой фасоли при влаготермической обработке

Таблица 14

Наименование обработки	Способы влаготермической обработки					
	традиционный			усовершенствованный		
	Массовая доля сухих веществ в зерновой фасоли сортов, %					
	«Горналь»	«Мечта»	«Баллада»	«Горналь»	«Мечта хозяйки»	«Баллада»
Без обработки	85,19	84,25	85,81	85,19	84,25	85,81
Замачивание 5 ч	46,78	56,25	51,15	-	-	-
Варка в течение, мин: 5	46,25	41,91	42,41	68,00	61,33	65,85

10	43,62	39,47	41,97	61,43	58,16	61,70
20	39,27	36,92	40,99	43,59	42,41	46,70
30	35,48	34,07	35,58	39,03	42,00	41,07
40	32,32	28,83	36,50	37,17	41,08	40,91
50	29,92	28,79	34,48	37,00	41,21	38,49
60	22,39	25,37	33,33	27,47	41,14	36,13
70	21,85	25,34	31,78	20,62	37,07	34,78
80	-	25,00	30,73	-	23,08	28,57

Так для зерновой фасоли сорта «Горналь» потери сухих веществ увеличиваются на 1,23 %, для сорта «Мечта хозяйки» - на 1,92 %, для сорта «Баллада» - на 2,16 %. Увеличение потерь сухих веществ при ступенчатой варке обусловлено интенсификацией процессов влагопереноса и диффузии водорастворимых веществ в варочную среду. В целом, при сравнении традиционной и ступенчатой варки можно сделать вывод, что разница в потерях сухих веществ не значительна.

3.3. Изменение активности ингибиторов протеолитических ферментов при влаготермической обработке зерновой фасоли

Зерновая фасоль является ценным источником белка, содержащим все незаменимые аминокислоты но, несмотря на высокую степень сбалансированности аминокислотного состава, в сравнении с другим растительным сырьем, белок фасоли трудно переваривается в желудочно-кишечном тракте человека и имеет низкий коэффициент усвояемости из-за наличия в зерновой фасоли ингибиторов протеолитических ферментов. Это ограничивает использование её в питании детей школьного возраста.

Вопросам качественных и количественных свойств, а также способам инактивации ингибиторов протеолитических ферментов бобовых культур посвящено большое число научных исследований [31,34,35,37,39,67,68]. Однако, изменение активности ингибиторов протеиназ зерновой фасоли при влаготермической обработке, все еще изучено не достаточно [40]. В связи с этим нами изучено влияние традиционного и усовершенствованного способов влаготермической обработки на

активность водо- и солерастворимых ингибиторов трипсина зерновой фасоли (таблица 15).

Изменение активности ингибиторов трипсина зерновой фасоли при влаготермической обработке

Таблица 15

Активность ингибиторов трипсина зерновой фасоли сортов, мг/г	Значение показателя		
	Исходное сырье	Способы влаготермической обработки	
		традиционный	усовершенствованный
«Горналь»			
Водорастворимых	1,809	0,633	0,279
Солерастворимых	2,028	0,556	0,283
«Мечта хозяйки»			
Водорастворимых	1,151	0,345	0,132
Солерастворимых	1,326	0,317	0,125
«Баллада»			
Водорастворимых	1,136	0,466	0,223
солерастворимых	1,039	0,305	0,167

Усовершенствованный способ влаготермической обработки способствует более интенсивной инактивации ингибиторов трипсина. На степень их инактивации оказывает влияние особенности влаготермической обработки, а именно изменение температуры и скорость диффузии.

Изменение температуры при традиционной способе влаготермической обработки зерновой фасоли представлено на рисунке 6. На первом этапе бобы зерновой фасоли замачивают в течение 5 часов, на втором этапе - варят до готовности при непрерывном кипении, регистрируя время варки с момента закипания воды. Продолжительность процессов замачивания и доведения до кипения показана без масштаба.

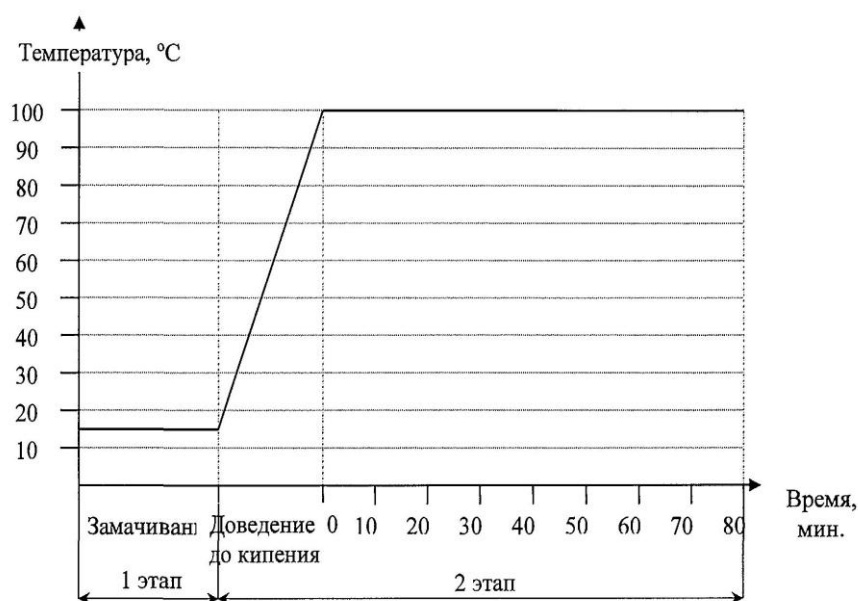


Рис. 6. Изменение температуры при традиционной способе влаготермической обработки

Температура в период замачивания не изменяется, поэтому процесс диффузии водорастворимых веществ протекает равномерно. Варка зерновой фасоли традиционным способом проводится при непрерывном кипении, при температуре 100 °C. Процесс диффузии водорастворимых веществ, к числу которых относятся ингибиторы трипсина, при варке протекает медленно, поэтому активность водорастворимых ингибиторов трипсина в зерновой фасоли достаточно высока. Активность солерастворимых ингибиторов трипсина находится на уровне 23,9-29,6 %, что обусловлено их устойчивостью к воздействию высоких температур.

Изменение температуры при усовершенствованном способе влаготермической обработки представлено на рисунке 7. Первый этап усовершенствованного способа состоит из операций доведения до кипения (на рисунке процесс доведения до кипения показан без масштаба) и варки в течение 5 минут с момента закипания воды со сменой варочной среды на холодную воду. Второй этап - варки до готовности с двукратной заменой 40% варочной среды на холодную воду.

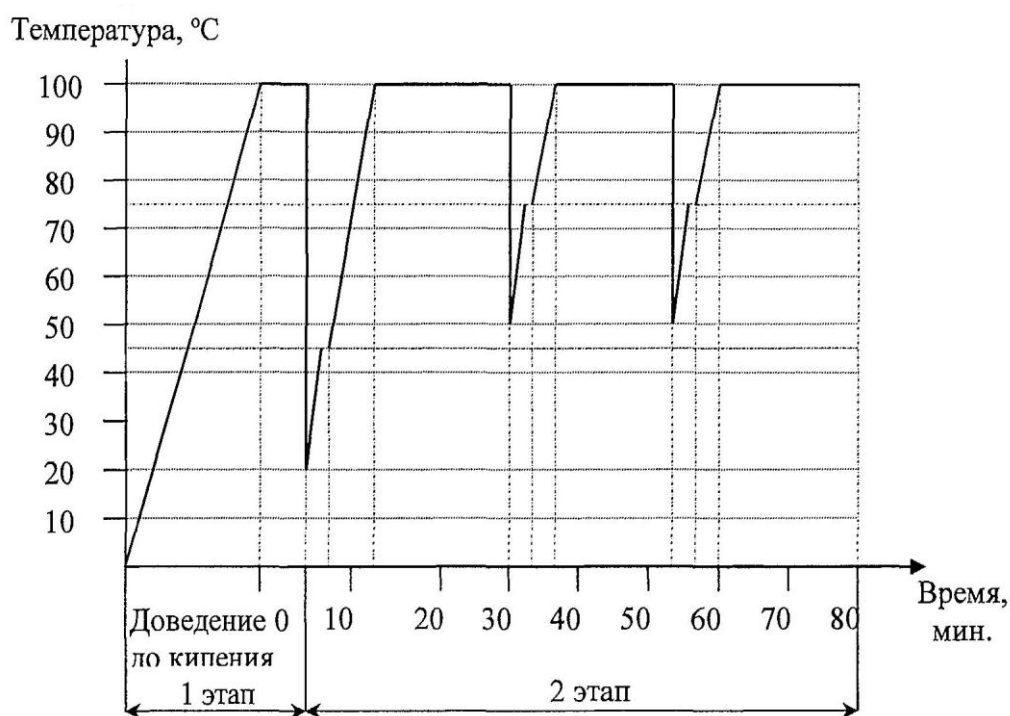


Рис. 7. Изменение температуры при усовершенствованном способе влаготермической обработки

При доведении до кипения температура варочной среды равномерно увеличивается. В дальнейшем при полной замене варочной среды на холодную воду температура резко повышается, являясь следствием перераспределения температуры между варочной средой и бобами зерновой фасоли. В это период давление в геометрическом центре уменьшается, образуется вакуум, способствующий усилению процесса диффузии водорастворимых веществ в варочную среду. По достижении температурного равновесия в системе варочная среда: бобы зерновой фасоли увеличение температуры происходит равномерно. В этот период процесс диффузии протекает менее интенсивно.

Предусмотренная на втором этапе усовершенствованного способа влаготермической обработки замена от 25 до 40 % варочной среды на холодную воду приводит к снижению температуры до 50 °C. При этом также как и при первой замене воды сначала происходит перераспределение температуры, а затем по достижении равновесия

процесс повышения температуры происходит равномерно. Интенсификация инактивации ингибиторов трипсина при усовершенствованном способе влаготермической обработки объясняется его технологическими особенностями. Так, резкие перепады температуры и давления при замене варочной среды на холодную воду приводят к ускорению процессов влаго- переноса и увеличению скорости диффузии водорастворимых веществ. Вследствие этого водорастворимые ингибиторы трипсина переходят в варочную среду, а солерастворимые ингибиторы трипсина, являясь менее термоустойчивыми, в результате перепада давления инактивируются.

Изменения водо- и солерастворимых ингибиторов трипсина при влаготермической обработке. Установлено, что при традиционном способе влаготермической обработки активность водо- и солерастворимых ингибиторов трипсина снижается по сравнению с исходным сырьем на 64,6 и 73,0 % соответственно. При усовершенствованном способе снижение активности по сравнению с исходным сырьем составляет для водо- и солерастворимых ингибиторов трипсина 84,5 и 86 % соответственно.

Таким образом, усовершенствованный способ влаготермической обработки повышает эффективность инактивации водо- и солерастворимых ингибиторов трипсина соответственно на 19,4 и 13,5 %. Активность ингибиторов трипсина после влаготермической обработки была минимальной для зерновой фасоли сорта «Мечта хозяйки», поэтому данный сорт наиболее предпочтителен для использования в питании детей школьного возраста.

3.4. Изменение реологических характеристик зерновой фасоли в процессе влаготермической обработки

3.4.1. Изменение геометрических размеров и момента сопротивления зерновой фасоли

Качественной характеристикой влаготермической обработки бобов

зерновой фасоли является их развариваемость. Степень развариваемости бобов зерновой фасоли различных сортов при различных способах влаготермической обработки определяется изменениями геометрических размеров и моментом сопротивления. Реологические характеристики определяли для сырых бобов зерновой фасоли и бобов, обработанных традиционным и усовершенствованным способами с интервалом в 10 минут до полной кулинарной готовности. Начало процесса фиксировали с момента закипания воды.

Изменение размеров зависит от сортовых особенностей и прямо пропорционально увеличению влажности зерновой фасоли при обработке. При традиционном способе размеры зерновой фасоли сорта «Горналь», главным образом, увеличиваются в процессе замачивания, в то время как для сортов «Мечта хозяйки» и «Баллада» вода поглощается и в процессе замачивания и в течение пяти минут варки. При усовершенствованном способе изменение размеров происходит постепенно в течение всего периода варки. Максимальное увеличение размеров происходит в течение двадцати минут варки, что увеличивает диаметр готовых бобов зерновой фасоли для сорта «Мечта хозяйки» на 27 % по сравнению с первоначальными, для сорта «Горналь» и «Баллада» - на 17 %.

Момент сопротивления характеризует интенсивность процессов влагопереноса и выражается в увеличении объема бобов зерновой фасоли при влаготермической обработке. При достижении кулинарной готовности величина момента сопротивления для сорта «Мечта хозяйки» увеличивается на 100 % по сравнению с первоначальным значением, для сортов «Горналь» и «Баллада» - на 60 %. При этом числовые значения момента сопротивления, как при традиционном, так и усовершенствованном способе влаготермической обработки для аналогичных сортов одинаковы.

Таким образом, геометрические размеры и момент сопротивления бобов зерновой фасоли исследуемых сортов максимально увеличиваются

для сорта «Мечта хозяйки», что согласуется с данными таблицы 5, в которой лучшим по развариваемости признан этот сорт. Применение усовершенствованного способа влаготермической обработки позволяет, исключая деформацию, максимально увеличить геометрические размеры и момент сопротивления бобов зерновой фасоли.

3.4.2. Изменение прочностных характеристик зерновой фасоли в процессе влаготермической обработки

Для оценки кулинарной готовности зерновой фасоли используют органолептический метод, являющийся недостаточно точным и субъективным. Для объективной оценки исследовали прочностные реологические характеристики, такие как предельное напряжение сдвига, максимальное усилие прокалывания, предел прочности, нормальное напряжение сжатия и геометрические параметры деформации [69]. Исследования проводили на электронном устройстве «Структурометр» в режимах № 2, 5 и 6.

В качестве объектов исследования при традиционном способе влаготермической обработки использовали бобы зерновой фасоли после предварительного замачивания в течение 5 часов, а при усовершенствованном способе сырые бобы зерновой фасоли.

Процесс набухания сопровождается размягчением тканей бобов зерновой фасоли и снижением предельного напряжения сдвига. В течение первых двух часов процесс набухания протекает интенсивно, и значение предельного напряжения сдвига снижается на 47,5 - 58,6 % для исследуемых сортов зерновой фасоли. Дальнейшее набухание протекает медленнее, поэтому исследуемая характеристика уменьшается на 20,5 - 32,1 %. Таким образом, при замачивании происходит постепенное снижение прочности бобов зерновой фасоли, однако для полного размягчения необходима влаготермическая обработка.

При варке бобов зерновой фасоли происходят изменения их физико-механических свойств, что приводит к уменьшению твердости и ломкости

бобов. Размягчение клеточных стенок зерновой фасоли, состоящих из 47 % гемицеллюлоз, 20 % клетчатки, 30 % протопектина и 3 % экстенсина, связано ослаблением связей между клетками из-за перехода нерастворимого протопектина в растворимый пектин. При этом срединные пластинки разрушаются, связи между клеточными стенками ослабевают и прочность бобов зерновой фасоли снижается.

Из рисунков следует, что при традиционном и усовершенствованном способах влаготермической обработки предельное напряжение сдвига изменяется по-разному, что свидетельствует об отличных скоростях влагопереноса и развариваемости.

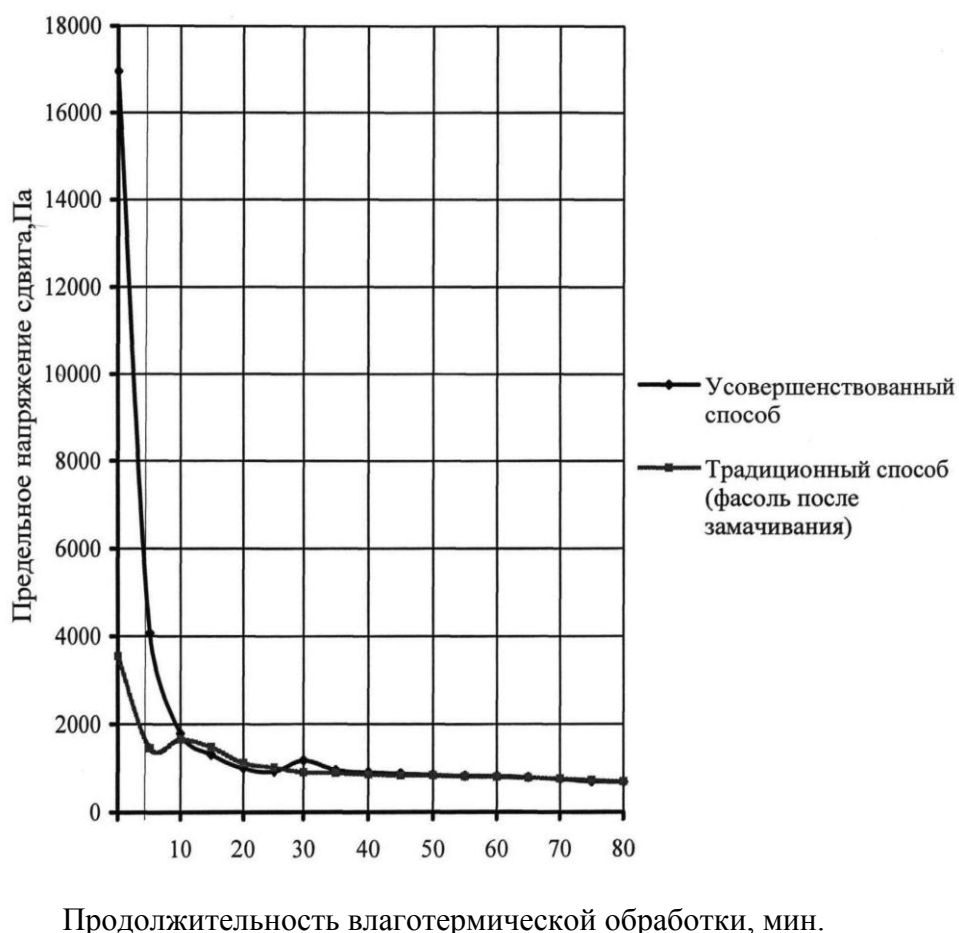
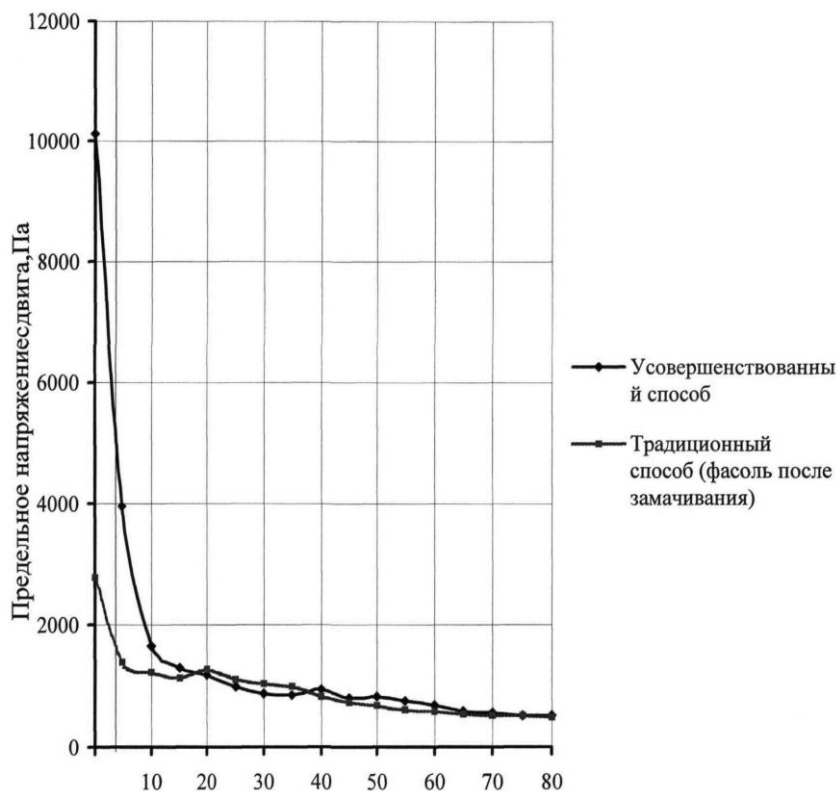


Рис. 8. Изменение предельного напряжения сдвига в процессе влаготермической обработки зерновой фасоли сорта «Мечта хозяйки».



Продолжительность влаготермической обработки, мин.

Рис.9. Изменение предельного напряжения сдвига в процессе влаготермической обработки зерновой фасоли сорта «Баллада»

При традиционном способе в течение 5-15 минут влаготермической обработки в зависимости от сорта значения предельного напряжения сдвига равномерно снижается. Через 10-20 минут протекающие процессы клейстеризации крахмала способствуют увеличению вязкости растворов, что приводит к увеличению предельного напряжения сдвига. Для сорта «Мечта хозяйки» и «Горналь» увеличению предельного напряжения сдвига наблюдается через десять минут от начала варки, для трудно развариваемого сорта «Баллада» - через 20 минут.

В оставшийся период варки происходит равномерное размягчение бобов зерновой фасоли. Зерна крахмала, находящиеся в геометрическом центре зерновой фасоли клейстеризуются и консистенция из стекловидной переходит в мягкую и вязкую.

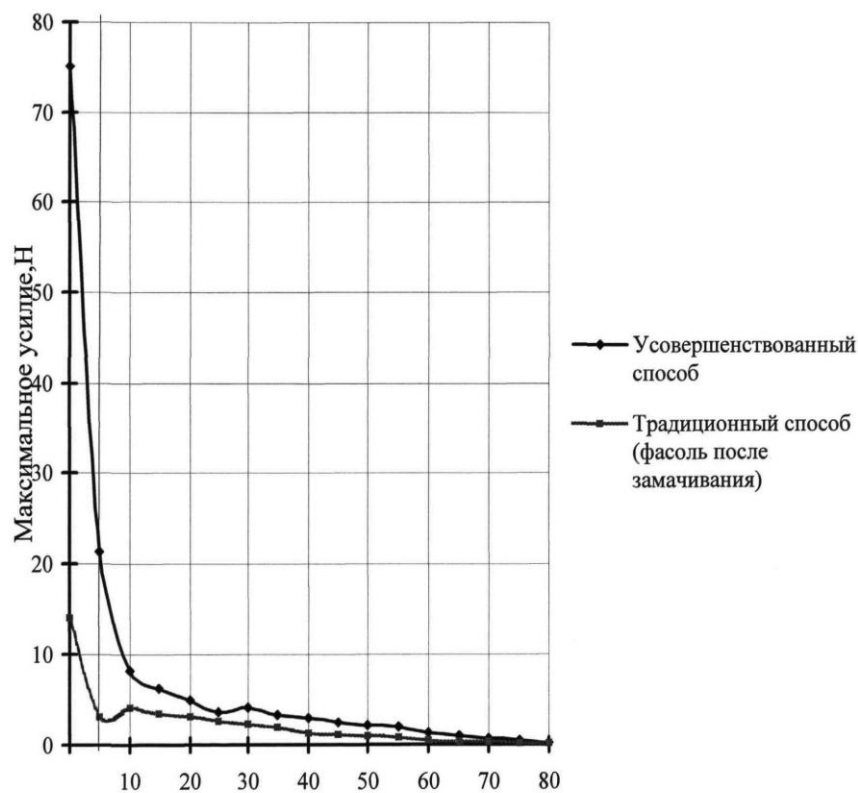
При усовершенствованном способе влаготермической обработки, на

начальной ее стадии наблюдается набухание белковых молекул и крахмальных зерен и начало процесса клейстеризации крахмала, сопровождающееся растворением части амилозы и частичной пептизацией амилопектина. При этом за пять минут варки предельное напряжение сдвига уменьшается в 4-6 раз для всех исследуемых сортов. Первый этап варки завершается заменой варочной среды на холодную воду. Этот технологический прием препятствует разрыву семенной оболочки бобов зерновой фасоли и способствует ускорению процессов влагопереноса.

На втором этапе усовершенствованных способах обработки интенсивный процесс набухания способствует равномерному снижению предельного напряжения сдвига. Через 30-40 минут наблюдается процесс выпрессовывания влаги под действием перепада температур и увеличение вязкости крахмального клейстера, образовавшегося в результате разрушения крахмальных зерен. При дальнейшей варке объем клеток увеличивается и вязкость крахмального клейстера постепенно снижается, приводя к уменьшению предельного напряжения сдвига. Для сортов «Горналь» и «Мечта хозяйки» увеличение предельного напряжения сдвига наблюдается через 30 минут от начала варки, для сорта «Баллада» - через 40 минут.

Из графиков видно, что значения предельного напряжения сдвига готовой зерновой фасоли, сваренных как традиционным, так и усовершенствованным способами для одинаковых сортов не отличаются. В связи с этим можно утверждать, что при усовершенствованном способе процесс развариваемости ускоряется и прочностные характеристики снижаются за более короткий период времени.

На рисунке 10 показаны изменения максимального усилия прокалывания бобов зерновой фасоли сорта «Мечта хозяйки» в зависимости от способа и продолжительности влаготермической обработки.



Продолжительность влаготермической обработки, мин.

Рис. 10. Изменение максимального усилия прокалывания в процессе влаготермической обработки зерновой фасоли сорта «Мечта хозяйки»

Представленные на рисунке изменения максимального усилия прокалывания бобов зерновой фасоли, аналогичны изменениям предельного напряжения сдвига при традиционном и усовершенствованном способах обработки.

В течение 5-15 минут традиционного способа влаготермической обработки предел прочности снижается, однако через 10-20 минут наблюдается его увеличение на 311,0 Па.

При доведении бобов до готовности предел прочности постепенно снижается и достигает своего минимального значения через восемьдесят минут. Описанное выше увеличение числового значения предела прочности обусловлено уплотнением структуры в связи с повышением вязкости крахмальных растворов.

Для усовершенствованного способа характерно уменьшение предела

прочности в течение 20-30 минут, а затем увеличение на тридцатой минуте на 502,0 Па. В течение оставшегося периода влаготермической обработки предел прочности постепенно снижается и достигает значения, свидетельствующего о готовности бобов, через восемьдесят минут.

Изучение степени развариваемости бобов зерновой фасоли при влаготермической обработке, показанной в виде геометрических параметров деформации, представлены в таблице 16.

Геометрические параметры деформации зерновой фасоли в процессе влаготермической обработки

Таблица 16

Наименование обработки	Традиционный способ			Усовершенствованный способ		
	Глубина погружения конуса для бобов зерновой фасоли сортов, мм					
	«Горналь»	«Мечта хозяйки»	«Баллада»	«Горналь»	«Мечта хозяйки»	«Баллада»
Без обработки	1,49	1,76	2,29	1,49	1,76	2,29
Замачивание	4,95	3,85	4,35	-	-	-
Варка в течение, мин:						
5	5,24	5,99	6,18	3,86	4,71	5,15
10	5,03	5,45	6,34	4,63	5,12	5,79
20	5,79	6,19	6,04	5,79	5,79	6,01
30	6,09	6,79	6,76	5,39	5,13	6,59
40	6,36	6,99	7,17	6,58	5,89	6,13
50	6,57	7,12	7,38	6,79	6,43	6,89
60	6,89	7,51	7,73	6,87	7,03	7,21
70	7,00	7,77	7,89	7,00	7,56	7,65
80	-	8,00	8,00	-	8,00	8,00

Полученные данные подтверждают предположение о том, что изменение геометрических параметров деформации бобов зерновой фасоли зависит как от их сортовых особенностей, так и от способа и продолжительности влаготермической обработки. Общая картина

изменения деформации соизмерима с размягчением консистенции при поступлении влаги и согласуется с предыдущими исследованиями. В процессе традиционного способа обработки зерновой фасоли происходит постепенное размягчение структуры, сопровождающееся увеличением числовых значений геометрических параметров деформации. Однако через 10-20 минут наблюдается характерное увеличение прочности и, как следствие, снижение геометрических параметров деформации. В оставшийся период влаготермической обработки процесс развариваемости протекает равномерно, что иллюстрируется равномерным увеличением числовых значений геометрических параметров деформации.

При усовершенствованном способе влаготермической обработки процессы влагопереноса протекают более интенсивно и геометрические параметры деформации изменяются за более короткий период. Характерное уменьшение этих характеристик на фоне равномерного увеличения наблюдается через 30 минут для сортов «Горналь» и «Мечта хозяйки» и через 40 минут для сорта «Баллада».

В таблице 17 приведены результаты изучения изменения нормального напряжения сжатия при влаготермической обработке.

При традиционном способе влаготермической обработки после замачивания бобов фасоли наблюдается снижение нормального напряжения сжатия, связанное с набуханием белковых молекул и крахмальных зерен. Через 10-20 минут от начала варки протекающие процессы клейстеризации крахмала способствуют увеличению вязкости и повышению нормального напряжения сжатия в среднем на 13,8 Па. При этом для сорта «Мечта хозяйки» и «Горналь» увеличение нормального напряжения сжатия наблюдается через 10 минут от начала варки, для трудноразвариваемого сорта «Баллада» - через 20 минут. В оставшийся период варки зерна крахмала, находящиеся в геометрическом центре бобов зерновой фасоли, клейстеризуются. Происходит равномерное размягчение бобов, что отражается в снижении числовых значений нормального напряжения

сжатия.

Изменение нормального напряжения сжатия в процессе влаготермической обработки зерновой фасоли

Таблица 17

Наименование обработки	Нормальное напряжение сжатия для бобов зерновой фасоли сортов, Па					
	«Горналь»		«Мечта хозяйки»		«Баллада»	
	традиционный способ	усовершенствованный способ	традиционный способ	усовершенствованный способ	традиционный способ	усовершенствованный способ
Без обработки	1557,46	1557,46	2843,9	2843,90	2170,89	2170,89
Замачивание 5 ч	312,78	-	421,12	-	1342,96	-
Варка в течение, мин:						
5	117,80	222,80	88,16	113,90	92,39	127,78
10	125,47	202,14	101,93	67,26	62,31	112,35
20	66,70	79,52	93,65	54,44	96,69	79,47
30	41,65	106,03	61,54	93,50	60,72	76,38
40	26,14	62,42	12,29	83,39	35,60	113,07
50	18,29	45,61	12,29	53,07	18,37	71,44
60	10,62	24,23	7,17	36,86	18,37	32,66
70	3,75	3,75	7,17	33,47	22,45	16,33
80	3,65	3,62	2,20	2,20	2,00	2,00
90	3,32	3,31	2,12	2,10	1,87	1,83
100	3,11	3,11	1,85	1,85	1,62	1,62

При усовершенствованном способе влаготермической обработки через 3-5 минут от начала варки нормальное напряжение сжатия для всех исследуемых сортов уменьшается от 4 до 6 раз. Такие изменения связаны с интенсивно протекающими процессами набухания и клейстеризации крахмала, сопровождающимися растворением части амилозы и частичной пептизацией амилопектина. Технологически предусмотренная замена варочной среды на холодную воду способствует резкому снижению температуры и препятствует разрыву семенной оболочки бобов зерновой

фасоли. При дальнейшей варке происходит равномерное снижение нормального напряжения сжатия и его увеличение наблюдается только через 30-40 минут от начала варки. Числовое значение нормального напряжения сжатия возрастает в среднем на 39,1 Па, что обусловлено увеличением вязкости крахмального клейстера. Увеличение численного значения нормального напряжения сжатия при усовершенствованном способе, в сравнении с традиционным, является результатом более интенсивных процессов влагопереноса вследствие перепада температур при частичной замене варочной среды на холодную воду. В дальнейшем объем клеток увеличивается, и вязкость крахмального клейстера постепенно снижается, приводя к уменьшению нормального напряжения сжатия.

Таким образом, процесс развариваемости при усовершенствованном способе влаготермической обработки, в сравнении с традиционным способом, протекает более интенсивно, в результате чего технологический процесс приготовления зерновой фасоли всех исследуемых сортов сокращается в среднем на 5 часов.

Для оценки готовности зернобобового сырья и его качества используется органолептический метод, являющийся недостаточно точным и субъективным. Сопоставляя результаты органолептической оценки зерновой фасоли и определения нормального напряжения сжатия, было установлено, что при достижении числового значения нормального напряжения сжатия в диапазоне от 2,00 до 2,20 Па для сортов с тонкой семенной оболочкой («Мечта хозяйки» и «Баллада») и от 3,75 до 4,00 Па для сортов с утолщенной семенной оболочкой («Горналь»), зерновая фасоль достигает полной кулинарной готовности. Таким образом, нормальное напряжение сжатия может использоваться в качестве объективного критерия кулинарной готовности зерновой фасоли.

В результате проведенных исследований была апробирована методика определения реологических характеристик бобов зерновой

фасоли на электронном устройстве «Структурометр». Доказано, что использование усовершенствованного способ влаготермической обработки сокращает технологический процесс приготовления зерновой фасоли в среднем на 5 часов. Выявлено, что лучшим по развариваемости является сорт «Мечта хозяйки». Предложено использовать нормальное напряжение сжатия в качестве объективного критерия готовности зерновой фасоли.

Зерновая фасоль, сваренная по усовершенствованному способу влаготермической обработки, использовалась для приготовления пюреобразной массы из зерновой фасоли и разработки на ее основе формованных кулинарных изделий и полуфабрикатов.

Выводы по главе III

1. Изучены товароведные и химические характеристики зерновой фасоли.
2. Показан совершенствованный способ влаготермической обработки зерновой фасоли.
3. Изучены изменение активности ингибиторов протеолитических ферментов, а также реологические характеристики зерновой фасоли при влаготермической обработке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнены комплексные исследования, обосновывающие использование новых сортов зерновой фасоли в производстве продуктов питания высокой пищевой и биологической ценности для детей школьного возраста.

1. Изучены товароведные и химические характеристики зерновой фасоли.

2. Разработан усовершенствованный способ влаготермической обработки зерновой фасоли, повышающий эффективность инактивации водо- и солерастворимых ингибиторов трипсина.

3. Исследованы реологические характеристики бобов зерновой фасоли в процессе влаготермической обработки

4. Разработаны рецептуры и технологии продуктов питания высокой пищевой и биологической ценности на основе зерновой фасоли для школьников. Установлено, что для обеспечения требуемых реологических и органолептических показателей готовой продукции количество наполнителей в них не должно превышать 27 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимман К.В. Вступительная глава / В кн.: Физиология и биохимия покоя и прорастания семян. - М.: Колос, 1982, с. 13-16.
2. Орлов В.П., Исаев А.П., Лосев С.И. Зернобобовые культуры в интенсивном земледелии. - М.: Агропромиздат, 1986, ~ 206 с.
3. Саранчук И.С., Арсений А.А. Изменение химического состава зерна нута в зависимости от агротехнических приемов / В кн.: Интенсификация производства техн: и корм, культур. - Кишинев, 1990; с. 35 - 40.
4. Сельскохозяйственная биотехнология / под ред. акад. РАСХН В.С. Шевелухи, - М.: Изд. МСХА, 1995, - 310 с.
5. Сеферова И.В. Типы семян культурного нута и их географическое распространение // Научн.-техн. бюл. ВНИИ растениеводства, 1992, № 223, с. 43 - 46.
6. Столяров О.В., Федоров В. А., Демченко Н.И: Нут /Воронеж: Изд. ВГУ, 2004, - 256 с.
7. Милов В.М. Количественный и качественный состав белка и его изменения в семенах гороха и нута. Дис. на соискание уч. ст. канд. биол. наук.-Л., 1953.-23 с.
8. Сеферова И.В. Эколого-географическая дифференциация нута /Научн.-техн. бюл. ВНИИ растениеводства, 1993, № 230, с. 34-35.
9. Сеферова И.В. Эколого-географическая дифференциация нута /Научн.-техн. бюл. ВНИИ растениеводства, 1993, № 230, с. 34-35.
10. Химия и биохимия бобовых растений / под ред. М.Н. Запромстова. - М.: Агропромиздат, 1986, - 336 с.
11. Плешков В.Н. Биохимия сельскохозяйственных растений. - М.: Колос, 1980. -495 с.
12. Аникеева Н.В. Биологическая ценность белков нута / В сб.

«Качинские чтения». — Волгоград: Царица, 2003, с. 12 - 13.

13. Аникеева Н.В. Научные основы новых технологий белковых препаратов и диетических продуктов с использованием нута. Автореф. дисс. на соискание уч. ст. докт. техн. наук. - Воронеж, 2004, — 48 с.

14. Мосолов В.В. Белковые ингибиторы как регуляторы процессов протеолиза / В кн.: 36-е Баховские чтения. - М.: Наука, 1983, - 40 с.

15. Абрамова Е.П., Черникова М.П. Содержание ингибиторов-протеаз в семенах некоторых бобовых // Вопросы питания, 1964, т. 23, с. 13-18.

16. Мосолов В.В. Природные ингибиторы протеолитических ферментов / В кн.: Успехи биологической химии. - М.: Наука, 1982, т. 22, с. 100 – 118.

17. Нечаев А.П., Траубенберг С.С., Кочеткова А.А., Витол И.С., Колпакова В.В., Северененко С.М., Осташенкова Н.В., Кобслева И.Б., Вяльцева И.В. Пищевая химия. Лабораторный практикум. - СПб.: ГИОРД, 2006. - 304 с.

18. Типисева И.А. Протеолитические ферменты семян сои. Автореф. дис. на соискание уч. степ. канд. биол. наук. - М., 1984, - 21 с.

19. Беккен И.И., Волузнева Т.А., Мирошниченко И.И. Активность ингибиторов трипсина и содержание белка в семенах чечевицы /ВИР, 1977, № 73, с. 29 - 34.

20. Беккен И.И., Демина Р.Б. Комендантова Т.А. Белок и белковые ингибиторы протеиназ в семенах различных сортов нута //Труды по прикладной ботанике, генетике, селекции, 1981, т. 70, №3. с. 3 -9.

21. Беккен И.И., Кузнецова Е.А. Активность протеолитических ферментов и ингибиторов протеиназ в прорастающих семенах чины / В кн.: Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, 1981, т. 70, № 3, с. 11 - 19.

22. Витол И.С. Протеолитические ферменты семян фасоли, Дисс.

на соискание уч. степ. канд. биол. наук. - М., 1986, - 188 с.

23. Пащенко Л.П., Назинцева Е.А., Кузьмина С.И. Некоторые показатели липид-белковых комплексов из растительного сырья // Изв. вузов. Пищевая технология. - 1996. - № 5-6. - С. 15-16.

24. Крюк И.Ф. Биохимия и товароведение семян зернобобовых культур и продуктов их переработки. - Минск: Министерства высшего, среднего специального и профессионального образования БССР, 1961. - 276 с.

25. Арора С.К. Химия и биохимия бобовых растений / Пер. с англ. К.С. Спектрова - М.: Агропромиздат, 1986. - 336 с.

26. Казаков Е.Д., Карниленко Г. П. Биохимия зерна и хлебопродуктов - СПб.: ГИОРД, 2005.-512 с.

27. Клименко В.Г. Белки некоторых бобовых / В кн. Растительные белки и их биосинтез. - М.: Наука, 1975. - С. 120-126.

28. Щербаков В.Г., Лобанов В.Г., Прудникова Т.Н., Минакова А.Д. Биохимия - СПб.: ГИОРД, 2003. - 440 с.

29. Мессина М., Мессина В., Сетчелл К. Обыкновенная соя и ваше здоровье - М.: «Ассоя». - 1994.- 209 с.

30. Не бойтесь остаться на бобах / Под ред. компании «Ассоя» - М.: «Планета людей» - 2004.- № 2 - С. 40-41.

31. Мосолов В.В. Природные ингибиторы протеолитических ферментов / В кн. Успехи биологической химии - М.: Наука, 1982. - т.22. - С. 100-104.

32. Беккен И.И., Томилина Т.Б. Антипитательные вещества белковой природы в семенах сои // Научно-технический бюллетень ВИР - 1985. Вып. 149. -С. 3-10.

33. Петибская В.С., Кочегура А.В., Зеленцов С.В., Шабалта О.М., Каленов П.А. О перспективах повышения питательной ценности сои при селекции на низкую трипсинингибирующую активность // Сельскохозяйственная биология, 1998. № 1.- С. 63-66.

34. Мосолов В.В., Валуева Т.А. Растительные белковые ингибиторы протеолитических ферментов - М.: Наука, 1983. -207 с.
35. Мосолов В.В. Растительные белки - ингибиторы ферментов / В кн. «Растительные белки их биосинтез» АН СССР - М.: Наука, 1975. - С. 172-184.
36. Красильников В.Н., Гаврилюк И.П. Перспективы производства белковых нутрицевтиков // В кн.: Растительный белок: новые перспективы - М.: Пищепромиздат, 2000. - С. 24-39.
37. Петибская В.С. Пути снижения трипсинингибирующей активности сои // Изв. вузов Пищевая технология. - 2000. - №1. - С.6-8.
38. Гладышева И.П., Дунаевский Я.Е., Белозерский М.А., Гладышев А.П., Паписова А.И., Ларионова Н.И. Ингибирование экзогенных сериновых протеиназ ингибитором трипсина из гречихи ИТ-1 // Биохимия. -1996. - т. 60, вып. 9. - С.1530-1535.
39. Мосолов В.В. Протеолитические ферменты - М.: Наука, 1971. - 144 с.
40. Абрамова Е.П., Черников М.П. Содержание ингибиторов протеиназ в семенах некоторых бобовых // Вопросы питания, 1964, № 4 - М.: Медицина, С. 13-16.
41. Кулинария: Суперкнига для гурманов - М.: Воскресенье; Раритет, 1997.- 1152 с.
42. Воробьева Л.И. Кулинарные рецепты: Из «Книги о вкусной и здоровой пище». - М.: Агропромиздат, 1989. — 335 с.
43. Новоженев Ю.М., Сопина Л.Н. Зарубежная кухня: Практическое пособие - М.: Высшая школа, 1991. - 288 с.
44. Зачиняева Е.В., Ковалев Н.И. Крупяные блюда повышенной биологической ценности // Санкт-Петербург, торгово-экономич. институт - СПб., 1989.-38 с.
45. Доронин А.Ф., Соболева Н.Н., Кочеткова А.А., Гудзенко Д.Г. Комбинированные продукты для детского и диетического питания на

плодозерновой основе // Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. «Индустрия продуктов здорового питания - 3 тысячелетие (человек, наука, технология, экономика)». Москва, 24-25 февр., 1999. - М., 1999. - Ч. 2 - С. 88.

46. Лукьянченко Н.П. Исследование функционально-технологических свойств нутовой муки с целью использования в технологии колбасных изделий / Сб. науч. тр. Сер. Продовольствие - Сев.-Кавк. гос. техн. ун-т. - 2000. - № 3. -С. 54-55.

47. Мясные полуфабрикаты с использованием соевых белков - М., 2004.-Режим доступа : <http://www.technomol.ru/publish/publish> 200404.php - Загл. с экрана.

48. Пат. РФ МПК А23L1/333. Консервы из морского гребешка / В.И. Базилевич, Т.П. Тубол, В.В. Худенко // Дальневосточн. гос. акад. экон. и управ. № 96116083/13. Заявл. 05.08.1996.

49. Пат. Россия, МПК А 23 L 1/18. Способ производства пищевого продукта «хрустящий горошек» / В.Г. Карпов. - № 2003110521/13. Заявл. 15.04.2003; Оpubл. 20.10.2004.

50. Пат. 6090433 США, МПК А 23 L1/20. Пищевая стручковая закуска и способ ее приготовления / М. Х. Стернер, С. О. Рональд - №08/059895; Заявл. 07.05.1993; Оpubл. 18.07.2000; НПК 426/634; Приоритет 01.07.90 - №289170 - 11 с.

51. Кулинария, кулинарные рецепты, рецепты приготовления - М., 2005. - Режим доступа: www.Kulinar.ru - Загл. с экрана.

52. Лебедева А.Т. Горох. Фасоль. Бобы - М.: ООО «Издательство Астрель», 2004. - 121 с.

53. Головченко В., Лопатин Г., Ковбаса В. Научные достижения, касающиеся экструдатов, шротов и концентратов из зернобобовых // Харч, і перероб. пром-сть. 2001. - № 1. - С. 23-25.

54. Пат. 2001135919/13. РФ, МПК⁷ А23L1/20. Способ получения соевого-овощного консервированного продукта / С.П. Присяжная, Е.С.

Глебова, О.М. Личман // Дальневосточный гос. аграрный ун-т. - № 2001135919; Заявл. 27.12.2001; Оpubл. 27.03.2004.

55. Гиль О.Б. Обоснование, разработка технологии, оценка качества первых и вторых блюд на основе крупяных бинарных композиций: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. - Владивосток, 2005. - 24 с.

56. Максимов А.С., Черных В.Я. Лабораторный практикум по реологии сырья, полуфабрикатов и готовых изделий хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств - М.: Издательский комплекс МГУПП, 2004. - 163 с.

57. ГОСТ 10842-89 «Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Методы определения массы 1000 зерен или 1000 семян».

58. ГОСТ 28561 - 90 «Овощи сушеные. Методы определения влаги».

59. ГОСТ 25011-81 - «Методы определения содержания белка».

60. Ермаков А.И. Биохимические методы исследования растительного сырья - М.: Агропромиздат, 1987.- 428с.

61. Нортроп Д., Кунитц М., Херриот Р. Кристаллические ферменты - М. - 1950.-346 с.

62. Ашмарин И.П., Воробьев А.А., Каминский Л.К. Методы статистической обработки - М.: Пищевая промышленность, 1994. — 114 с.

63. Рогов И.А., Куцакова В.Е., Филиппов В.И., Фролов С.В. Консервирование пищевых продуктов холодом (теплофизические основы) - М.: Колос, 1998. - 158 с.

64. Ковалев Н.И., Куткина М.Н., Кравцова В.А. Технология приготовления пищи - М.: Деловая лит., 2001. - 468 с.

65. Номофилова Н.И. Советы старого мастера про бобовые // Питание и общество. - 2004. - № 2. - С. 23.

66. Баранов В.С., Мглинец А.И., Алешина Л.М. и др. Технология производства продукции общественного питания: Учебник для студентов, обуч. по спец. «Технология и организация общественного питания» - М.:

Экономика, 1986. - 400с.

67. Витол И.С. Экологические проблемы производства и потребления пищевых продуктов: Учебное пособие. - М.: Издательский комплекс МГУПП, 2000.- 93 с.

68. Москвич И.А. Биохимическая характеристика ингибиторов протеиназ подсолнечника в связи с необходимостью повышения биологической ценности подсолнечного белка: Автореф. дис. к-та техн. наук. - Краснодар, 2003,24 с.

69. Николаев Б.А. Измерение структурно-механических свойств пищевых продуктов - М.: Экономика, 1964. - 295 с.

70. Пилипенко Т.Д., Жеребин Ю.Л., Горбатюк В.Я. Состояние воды в белковой пасте из жмыха зародышей кукурузы // Изв. вузов. Пищ. технология. - 1997. -№ 2-3. -С.43-45.

