

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ГРУЗИИ  
ГРУЗИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ  
СУБТРОПИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА

*На правах рукописи*

**ХУЦИДZE ЦИРА ЗУРАБОВНА**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛОДОВ СУБТРОПИЧЕСКИХ  
КУЛЬТУР И НЕТРАДИЦИОННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

**Специальность: 05.18.10 - Технология чая, табака и  
субтропических культур**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Кутаиси  
2006**

Диссертационная работа выполнена в Кутаисском Государственном техническом Университете им. Н.И. Мухелишвили на кафедре технологии, оборудования и товароведения пищевых продуктов.

Научный руководитель: **Силагадзе Мария Александровна** – доктор технических наук, профессор, академик инженерной академии Грузии.

Консультант: **Тавдишвили Додо Рафаеловна** – кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Защита диссертации состоится “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2006 г. в \_\_\_ часов на заседании диссертационного Совета Ag 06.10 №7 в Грузинском государственном Университете субтропического хозяйства.

Адрес: г. Кутаиси, пр. Чавчавадзе, №21.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2006 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, кандидат технических наук, доцент

**Н. Чиковани**

## Общая характеристика работы

**Актуальность темы:** Одним из основных приоритетов государства является здоровье нации, поэтому проблема сохранения здоровья и увеличения продолжительности жизни всегда являлась и продолжает оставаться одной из самых важных и актуальных.

Значительные перемены в образе жизни населения Грузии обусловили специфичность заболеваний и выявили преобладание роста алиментарнозависимых заболеваний. Недостатки в структуре и качестве питания сопровождаются неспособностью защитных систем организма адекватно отвечать на неблагоприятные воздействия окружающей среды, что резко повышает риск развития многих заболеваний.

Поэтому производство продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения, способствующих укреплению защитных функций организма человека, является важнейшей задачей.

В настоящее время функциональные продукты выпускаются, в основном, в виде напитков. Весьма перспективным представляется применение для производства данных продуктов плодово-ягодного сырья, зерновых и бобовых культур, особенно субтропических культур в комплексе с лекарственными растениями.

В связи с этим исследования направленные на изыскание новых источников сырья и рациональное использование традиционного сырья с целью создания эффективных технологий производства продуктов для функционального и лечебно-профилактического питания, весьма актуальны.

**Цель и задачи исследования:** Целью данной работы является разработка технологий производства продуктов функционального и лечебно-профилактического питания на основе комплексного использования плодов субтропических культур и нетрадиционного растительного сырья.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- изыскание растительного сырья с высоким содержанием биологически активных веществ, их характеристика и научное обоснование их применения в производстве продуктов функционального назначения;
- биохимическое и технологическое исследование субтропических плодов и нетрадиционного растительного сырья;
- изучение моно- и полисахаридного состава исследуемого сырья;
- оптимизация процесса диффузии экстрактивных веществ из растительного сырья под воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты, и исследование кинетики процесса экстракции;
- обоснование оптимальных параметров процесса экстракции;
- разработка нового ассортимента и технологии производства продуктов функционального назначения высокой биологической и пищевой ценности.

**Научная новизна работы:** Показана возможность расширения ассортимента продуктов функционального назначения на основе комплексного использования плодов субтропических культур и нетрадиционного растительного сырья.

На основании биохимических и технологических исследований установлено, что для производства функциональных продуктов питания можно использовать являющиеся источниками биологически активных веществ плоды субтропических культур: инжир, шелковица, гранаты, киви и нетрадиционное сырье – пчелиная пыльца, амарант и др.

Научно обоснован и экспериментально подтвержден компонентный состав нового ассортимента продуктов функционального назначения. Разработаны их рецептуры и технологии приготовления, которые обеспечивают высокое качество и безопасность.

На основании биохимических характеристик растительного сырья систематизированы их лечебно-оздоровительные свойства, которые можно использовать при создании новых функциональных продуктов питания.

Показана эффективность использования электромагнитного поля с целью оптимизации процесса диффузии.

**Практическая ценность работы:** Разработанные технологии расширяют ассортимент пищевых продуктов функционального назначения, обеспечивают максимальное сохранение в них биологически активных веществ исходного сырья.

Разработан новый ассортимент: фитосиропы, соусы, напитки, сладкие блюда, мучные изделия.

Создана лабораторно-экспериментальная установка с использованием электромагнитного поля сверхвысокой частоты.

**Апробация работы.** Основные результаты работы доложены, обсуждены и получили одобрение на расширенных заседаниях кафедры. Кутаисского Государственного технического Университета (2001÷2005 г.г.); республиканских и международных конференциях (2000 г.); научно-технических конференциях преподавателей, аспирантов и студентов Кутаисского технического Университета (2000÷2005 г.г.).

**Публикации.** Основные результаты диссертации опубликованы в 8 научных работах.

**Структура работы:** Диссертация изложена на 128 страницах компьютерного текста, содержит 18 таблиц и 12 рисунков. Она состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, выводов, списка литературы и приложений. Список литературы включает 164 наименований трудов грузинских и иностранных авторов.

## **С о д е р ж а н и е   р а б о т ы**

### **1. Обзор литературы**

В обзоре литературы рассмотрены научные аспекты производства продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения; роль пищевых волокон в рациональном питании человека, дана характеристика биологически активного сырья, в т.ч. нетрадиционного; рассмотрен ассортимент продуктов питания различного функционального и лечебно-профилактического назначения и технологические регламенты их приготовления. На основе анализа литературных источников определены цели и задачи исследования.

### **2. Объекты и методы исследования**

Объектами исследования являлись распространенные в западной Грузии плоды субтропических культур: шелковица, гранат, инжир и киви урожая 2003÷2005 годов; нетрадиционное сырье – амарант (*Amaranthus*) и пчелиная пыльца. Методика проведения лабораторных и технологических опытов в соответствующих главах диссертации.

Опыты проводились в 3-х кратной повторности, обработка полученных результатов проводилась с использованием методов математической статистики (П. Грачев, 1971 г).

### **3. Результаты исследований**

Согласно поставленной цели исследования вели по двум направлениям:

1. Производство жидких пищевых концентратов высокой биологической активности из плодов субтропических культур, приготовление на их основе – продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения: фитосироп, тонизирующих напитков, сладких блюд соусов.

На этом этапе были подобраны и изучены распространенные в западной Грузии субтропические культуры: шелковица, гранат, инжир, киви. Для обогащения фитосиропов в качестве добавки использовали пчелиную пыльцу.

2. Производство пищевых добавок функционального назначения из амаранта (*Amaranthus*) и пшеничных отрубей для использования в хлебопекарной и кондитерской промышленности.

Схема проведения эксперимента представлена на рис.1.



Рис.1. Схема проведения исследований

### 3.1. Биохимическое исследование плодов некоторых субтропических культур распространенных на территории Грузии

Одним из важнейших направлений в удовлетворении спроса населения в высококачественных продуктах питания является изыскание и применение малоиспользованных и нетрадиционных видов местного растительного сырья. С этой точки зрения одним из перспективных является культура шелковицы (*Morus*) – широко распространенная в Западной Грузии и практически не используемая в производстве продуктов питания.

С целью использования плодов шелковицы для производства продуктов питания исследовали их химический состав и технологические свойства пюре из них.

В таблице 1 представлены данные о химическом составе трех сортов шелковицы.

Как показали результаты исследований, основным компонентом сухих веществ шелковицы всех сортов являются сахара\_ больше всего в них моносахаридов, содержание

которых меняется в пределах от 8,57% до 10,54%. Значительно в меньшей степени содержатся в шелковице дисахариды- от 0,38% до 0,86%.

Содержание пектиновых веществ во всех исследуемых образцах до 1,7 %. Плоды содержат достаточное количество минеральных веществ, витаминов, в том числе витамин С.

Таблица 1

Химический состав плодов шелковицы  
(% на сырой вес)

Показатели	Сорта шелковицы		
	Белая	Розовая	Черная
Вода	82,3	81,7	80,4
Углеводы:			
Моносахара	10,54	10,3	8,57
Дисахариды	0,38	0,8	0,86
Целлюлоза	1,6	1,8	2,4
Гемицеллюлозы	0,8	0,8	0,7
Пектиновые вещества	1,7	1,2	1,3
в том числе растворимые	1,2	1,0	0,85
Органические кислоты	1,1	1,0	0,8
Минеральные вещества	0,45	0,41	0,38
Витамины(мг%):			
каротин	0,02	0,03	0,04
B1	0,04	0,03	0,05
B2	0,02	0,03	0,04
PP	0,8	0,05	0,07

Сравнительный анализ различных сортов шелковицы показывает, что белые плоды шелковицы характеризуются более высоким содержанием моносахаридов, пектиновых веществ и органических кислот по сравнению с черными плодами. Черные плоды же превосходят белые по содержанию витаминов, дисахаридов и целлюлоз. Розовые плоды почти по всем параметрам занимают промежуточное место между белыми и черными плодами.

Следует отметить, что плоды шелковицы, особенно белые, содержат пектиновые вещества и органические кислоты в количестве, достаточном для студнеобразования (1,2% и 1,1% соответственно).

Для выяснения вопроса о возможности использования плодов шелковицы в производстве продуктов желированной структуры нами были исследованы их пектиновые вещества (табл. 2).

Таблица 2

Физико-химические показатели пектиновых веществ плодов шелковицы  
(% на сух.в.)

Показатели	Сорта шелковицы		
	Белая	Розовая	Черная
Содержание галактуроновой кислоты	72,1	74,5	70,2
Степень метоксилирования	65,5	66,4	64,7
Молекулярная масса	23000	18500	16000

Анализы показали, что пектиновые вещества плодов шелковицы характеризуются низкой молекулярной массой (16000-23000), с не очень высокой степенью этерификации (64,7%-66,7%) и с достаточной степенью чистоты (содержание галактуроновой кислоты 70,2-72,1 %). Известно, что пектиновые вещества с подобными характеристиками образуют довольно слабое желе, что и подтвердилось при исследовании технологических свойств (студнеобразующей способности) пюре из шелковицы.

Исследование студнеобразующей способности пюре из шелковицы показало, что белая шелковица обладает слабой желеобразующей способностью в пределах рН 2,8-3,0. В тех же пределах изменения рН розовая шелковица желеобразует очень слабо, а пюре из черной шелковицы не желеобразует вообще.

Далее изучили комплексообразующие свойства пектиновых веществ плодов шелковицы. Установлено, что комплексообразующие свойства пектинов шелковицы выше при значении рН близких к рН кишечника, чем при рН желудка, что, очевидно, связано с деметоксилированием пектиновых веществ при более высоких значениях рН.

Так как молекулярная масса пектиновых веществ является усредненным показателем составляющих его фракций, низкомолекулярные пектиновые вещества шелковицы, по всей вероятности, содержат еще более низкомолекулярные фракции пектиновых веществ, которые могут через эпителии кишечника попасть в кровоток и связывать там токсические элементы.

Полученные результаты расширяют весьма ограниченные данные о химическом составе и технологических свойствах шелковицы и позволяют заключить о возможности ее использования в производстве продуктов лечебно-профилактического назначения с достаточно высокой пищевой ценностью.

На основе полученных данных нами разработаны технологии и рецептуры приготовления сладких блюд, напитков и соусов с использованием плодов шелковицы, которые можно рекомендовать для лечебно-профилактического питания.

Вторая субтропическая культура, которая была изучена нами – гранат (*Punica granatum*). Для исследований были подобраны сорта Сакердзе, Крахуна, Гюлоша вардисфери, Бала-Мюрсал, Шах-Нар. Результаты изучения их химического состава представлены в таблице 3.

Таблица 3

Химический состав плодов граната

Наименование сортов	Дубильные вещества, %	Сухие вещества (по рефрактометру) %	Общие сахара, %	рН	Кислотность (в пересчете на лимонную кислоту) %	Витамин С, мг/%	Сахарокислотный индекс
Сакердзе	17,00	12,65	2,71	2,47	0,29	11,35	4,67
Крахуна	17,40	13,93	1,37	3,18	0,32	8,07	10,17
Гюлоша вардисфери	16,20	12,89	1,98	2,11	0,22	10,75	6,51
Бала-Мюрсал	18,10	15,05	2,18	1,71	0,28	8,93	6,90
Шах-нар	16,50	13,85	2,53	2,03	0,30	9,71	5,47

Из приведенных данных следует, что наиболее высоким содержанием сухих веществ характеризуется сорт Бала-Мюрсал (18,10%), наиболее низким Гюлоша Вардисфери (16,20%); больше всего сахаров также в сорте Бала-Мюрсал (15,05%), меньше – в сорте Сакердзе (12,65 %). В спелых плодах сахар представлен, в основном, глюкозой и фруктозой, содержание сахарозы незначительно.

Наиболее высоким содержанием витамина С отличается сорт Сакердзе (11,35 наименьшими – Крахуна (8,07 мг%). Больше всего кислот с Сакердзе (2,71 %), меньше – в Крахуне (1,37%). В сладость плодов зависит от соотношения в них сахара и кислоты. Поэтому, несмотря на то, что некоторые сорта граната содержат большое количество сахара, вследствие высокой кислотности, они имеют кисловатый вкус.

Помимо вышеуказанных веществ плоды граната содержат целлюлозу, азотистые вещества, витамины: пантотеновую кислоту, рибофлавин, витамин Е, Витамин В<sub>6</sub>, ниацин, тиамин, фолацин, а в корке – дубильные и красящие вещества.

Следующие перспективные культуры, изученные нами – инжир и киви.

Нами были подобраны сорта инжира: Абхазетис испери, Чумлакури мцване, Бадриджана, Саадрео тетри, Сочис №15, Сочис №4 и Саивлисо. Их химический состав представлен в таблице 4.

Таблица 4

Химический состав плодов инжира

Наименование сортов	Сухие вещества (по рефрактометру), %	Общее количество сахара, %	Кислотность (в пересчете на лимонную кислоту)%	рН	Сахаро-кислотный индекс	Пектиновые вещества, %		Зольность, %
						общий пектин, %	растворимый, %	
Абхазетис испери	21,8	19,00	0,24	4,18	79,2	1,18	0,76	0,75
Чумлакури мцване	15,6	14,03	0,22	4,16	63,8	0,94	0,63	0,64
Бадриджана	16,5	15,76	0,18	4,07	87,6	0,85	0,56	0,92
Саадрео тетри	19,1	16,30	0,16	4,16	102	0,73	0,45	0,48
Сочис №15	13,6	10,50	0,21	4,03	50,0	0,69	0,45	0,76
Саивлисо	12,5	10,07	0,15	4,02	67,1	0,64	0,40	0,52
Сочис №4	17,8	16,00	0,19	4,10	84,2	0,90	0,65	0,80

Сравнительный анализ различных сортов инжира показал, что наиболее высоким содержанием сухих веществ отличаются сорта Абхазетис испери (21,8 %) и Саадрео тетри (19,1 %), наименьшими – Саивлисо (12,5 %). Основной компонент сухих веществ инжира – сахара, на долю которых приходится 80,5÷ 86,0 %. Наибольшее количество сахаров в Абхазетис испери (19,00 %), Саадрео тетри (16,30 %) и Сочис №4 (16,0 %), наименьшее – в Саивлисо (10,07 %). Наиболее высоким содержанием пектиновых веществ характеризуются Абхазетис испери (1,18 %), Сочис №4 (0,90 %), Чумлакури мцване (0,87 %) и Бадриджана (0,85 %), наименьшим – Саивлисо (0,64 %). Из исследуемых сортов самая низкая кислотность у сорта Саивлисо (0,15 %), сравнительно высокая – у сорта Чумлакури мцване (0,22 %). рН плодов колебания в пределах 4,02÷ 4,18.

Данные по изучению химического состава плодов киви представлены в таблице 5.

Комплексное исследование плодов киви позволяет заключить, что они являются хорошим сырьем производства продуктов функционального и лечебно-профилактического питания, равно как плоды шелковицы, граната и инжира.

Таблица 5

Химический состав плодов киви

№	Показатели	Единица измерения	Количество
1	Сухие вещества	%	14,8
2	Водорастворимые вещества	%	12,6
3	Моносахариды	%	10,0

4	Дисахариды	%	1,2
5	Пектиновые вещества, в т.ч водорастворимый пектин	%	1,21
		%	0,88
6	Дубильные вещества	мг %	242,5
7	Титруемая кислотность (в пересчете на лимонную кислоту)	%	1,5
8	Йод	мг%	70,9
9	Витамин С	мг %	72
10	Витамин Е	мг %	2,5
11	Витамин В <sub>1</sub>	мг %	0,01
12	Витамин В <sub>2</sub>	мг %	0,03
13	Витамин В <sub>6</sub>	мг %	0,12

### 3.2.1. Характеристика и химический состав пчелиной пыльцы

С древних времен для профилактики и лечения различных заболеваний применяли продукты пчеловодства: мед, прополис, пчелиное молоко, пчелиный яд, пыльца, воск и т.д., пищевые и лечебные свойства, которые обусловлены высоким содержанием в них биологически активных веществ (Уроженко О.А., 2003).

Состав пыльцы зависит от вида растений, с которых они были собраны. Для исследований нами была использована пчелиная пыльца, собранная в процессе цветения сосны и ели. Ее химический состав следующий: белковые вещества - 25,5%; глюкоза - 19,5%; фруктоза - 22,1%; липиды - 0,68%; минеральные зольность – 0,85%; нуклеиновые кислоты - 2,12%; витамины: В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>8</sub>, β-каротин, витамины D, а также рутин (витамин Р), содержание которого достигает 64 мг на 100 г. пыльцы.

Белковые вещества содержат полный спектр аминокислот, биологическая ценность белков пыльцы превосходит один из самих полноценных белков – казеин молока.

Липиды пыльцы содержат фосфолипиды и фитостерины; количество ненасыщенных жирных кислот (линолевой и линоленовой) составляет более половины общего содержания жира.

Часть антибиотиков пчелиной пыльцы растительного происхождения, другая часть, видимо, синтезируется или претерпевает изменения в организме пчелы. Из ферментов идентифицированы амилаза, инвертаза, калатаза, фосфатаза.

### 3.2.2. Сбор и хранение пыльцы

Цветочную пыльцу пчела собирает в апреле, мае и июне. Сбор самой пыльной осуществляется пылеуловителями различной конструкции.

Пчелиная пыльца содержит до 30% воды, легко портится и быстро становится непригодным. Поэтому необходимо снижение влажности до 8%. Для этого в лабораторных условиях предварительно взвешенную пыльцу помещали на белую бумагу и сушили при температуре 20÷25°C. Первый день навеску оставляли открытой, на второй накрывали белой бумагой и каждые два часа помешивали деревянной ложкой. Через 3-4 дня влажность пыльцы понижалась до 8÷10%, что устанавливали повторным взвешиванием. Большое количество пыльцы сушили в сушильной камере в течение 10-12 часов. Наилучшие результаты были получены при применении инфракрасного излучения (t=37÷42 °C). Равномерно и правильно высушенную помещали в герметически закрытую посуду и хранили при 0°C в сухом месте. Если фасовку производить в среде CO<sub>2</sub>, пыльцу можно хранить при комнатной температуре. Свежесобранная пыльца содержит максимальное количество биологически активных веществ. Установлено, что после 4-6-ти месячного хранения пыльца теряет до 30% лечебных свойств, после годичного хранения около 50%, а после двухлетнего

хранения – полностью. Особенно лабильны каротиноиды и хлорогеновая кислота, из флаваноидов – лейкоантоцианы и флавонолы.

Самые оптимальные условия и сроки хранения: измельчение пыльцы и смешивание с медом соотношении 1:1 или 1:2. Медико-биологическими исследованиями установлен, что в целях профилактики можно ежедневно принимать 15-20 г пыльцы взрослыми и 5-10 г. детям за 1-2 часа до еды.

### **3.2.3. Биологическое действие пчелиной пыльцы (лечебные и питательные свойства)**

При использовании пчелиной пыльцы в лечебных и профилактических целях и в диетологии необходимо учитывать биохимические показатели компонентов. Данный продукт как источник белы характеризуется Явно выраженным анабиолитическим действием.

Пчелиная пыльца повышает количество красных кровяных телец и уровень гемоглобин в крови на 10-15%. Такое биостимулирующее действие особенно сказывается на детях, кроме этого улучшается общее физиологическое состояние организма и сопротивляемость детского организма, что уменьшает частоту простудных заболеваний. При этом не наблюдаются аллергические реакции и вторичные явления.

Пчелиная пыльца регулирует действие желудочно-кишечного тракта. Ферменты пыльцы (амилаза, каталаза и др.) стимулируют желудочную секрецию и способствуют нормализации с перистальтики кишечника. Под воздействие пыльцы снижается агрегация тромбоцитов. Они также уменьшает метаболические нарушения липидов и защищает печень от интоксикаций. Благодаря биологической ценности пыльцы используется анемии и сопутствующих заболеваниях, пониженной весе, при восстановлении организма после тяжелых заболеваний.

### **3.3. Оптимизация процесса диффузии экстрактивных веществ из растительного сырья под воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты**

Для приготовления из такого скоропортящегося сырья, как инжир и шелковица, варенье, джемов и сухофруктов, необходимо продолжительная тепловая обработка, при которой сырье теряет лечебные свойства. Отрицательно влияет на организм и многочисленные мелкие семена инжира, шелковицы и киви. Поэтому в связи этим, весьма перспективно выделение из них полезных веществ методом экстракции. При этом для ускорения довольно длительного процесса экстракции и максимального сохранения пищевых веществ считаем целесообразным применение таких методов подачи энергии, которые создают внутренние источники тепла, в частности микроволновое поле.

Нами изучен процесс экстракции плодов инжира и динамику роста выхода экстрактивных веществ под воздействием микроволнового поля.

Из-за отсутствия прибора для проведения исследовании процесса экстракции нами был разработан и создан лабораторный экспериментальный прибор на базе печи «Электроника», мощность его резонатора соответствует 0,5 кВт при частоте электромагнитного поля – 2450 мегагерц.

Как известно, электромагнитное поле распределено в печи неравномерно. Для выравнивания поля большое значение имеет форма и размеры сосуда, что нами и было экспериментально установлено.

Сосуд в котором помещается масса для экстракции, изготовлен из «прозрачного» для микроволнового поля материала (органическое стекло). Он имеет форму усеченного конца, внутри которого расположен второй усеченный конус, который играет роль диэлектрической

оси. Конус крепится на платформе – ресивер, который также изготовлен из прозрачного для микроволнового поля материала. Блок-схема экспериментального прибора приведена на рис.2.

Для эффективной работы прибора сверхвысокой частоты, большое значение придается определению таких величин, как эффективное использование прибором электроэнергии и удельной мощности, которая определяется скоростью нагрева массы и оптимальной загрузкой ею резонатора. Коэффициент передачи мощности определяется формулой

$$\eta = \frac{P_{\text{вещ}}}{P_{\text{рез}}} \cdot 100, \quad \%$$

где  $P_{\text{вещ}}$  и  $P_{\text{рез}}$  мощность соответственно вещества и резонатора, Вт.

Выделенную в массе мощность можно определить по скорости нагревания

$$P_{\text{см}} = m_{\text{см}} \cdot C_{\text{сыр}} \frac{\Delta t}{\Delta \tau}, \quad \text{Вт}$$

где  $m_{\text{см}}$  – масса смеси, кг

$C_{\text{сыр}}$  – теплоемкость сырья, берется по таблице (дж/кг $^{\circ}$ К )

$\frac{\Delta t}{\Delta \tau}$  - усредненное значение скорости,  $^{\circ}$ К/сек

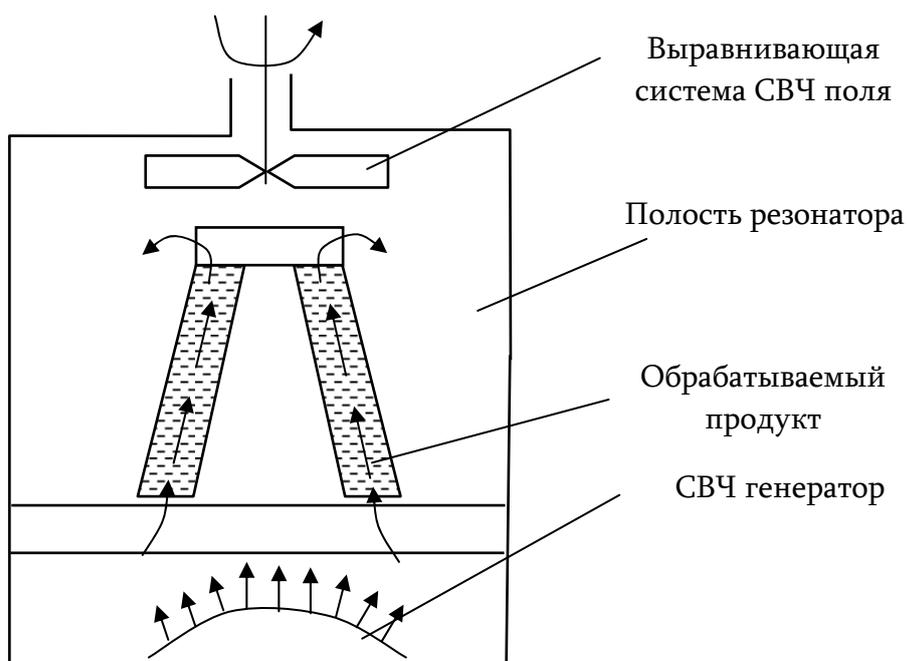


Рис.2. Блок-схема лабораторного прибора

Для достижения максимальной скорости нагрева смеси  $\left(\frac{\Delta t}{\Delta \tau}\right)$  и максимального коэффициента передачи энергии, установили оптимальную массу загрузки рабочей камеры, которая составляет 0,30-0,35 кг.

Для проведения эксперимента, были использованы плоды инжира сорта «Чумлакури мцване». Инжир измельчали и добавляли воду. Смесь помещали в сосуд и ставили в резонатор. Микроволновое воздействие производили в течение 10-60 секунд. О результатах судили по количеству поглощенного экстрагента и экстрагированного вещества (общие сахара). Для контроля брали смесь инжира и воды, которую нагревали. Количество общих сахаров в экстракте определяли методом Бертрана.

Как следует из диаграмм (рис.3 и 4), во время микроволнового воздействия на смесь происходит возрастание как поглощенного экстрагента, так и «перешедшего» в экстракт общего количества сахаров от 10,2 % до 14 % по сравнению с обработки обычным методом.

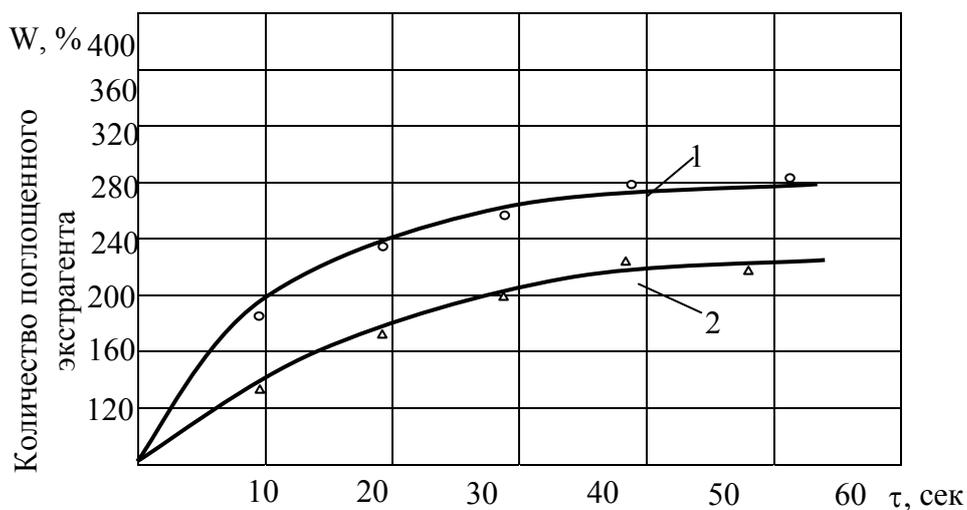


Рис. 3. Влияние микроволнового воздействия на количество поглощенного экстрагента

1- микроволновое воздействие; 2- обработка обычным методом

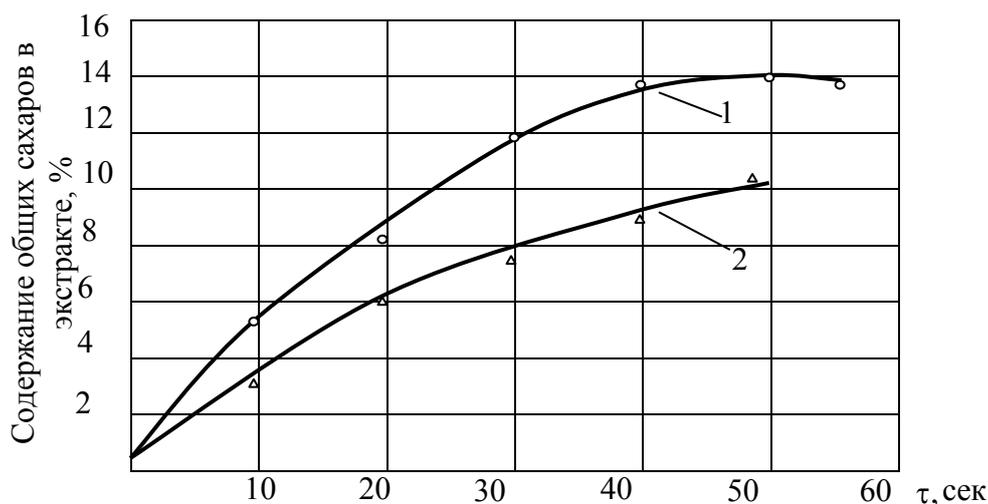


Рис. 4. Влияние микроволнового воздействия на общее количество сахаров, перешедших в экстракт

1- микроволновое воздействие; 2- обработка обычным методом

Из проведенных исследований видно преимущество процесса электромагнитного поля сверхдействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты по сравнению с обычным методом. Оптимальным можно считать воздействие микроволнового поля в течение 40-50 сек. Аналогичные результаты были получены во время определения количества экстрактивных веществ.

### 3.4. Биохимическое и технологическое исследование нетрадиционного сырья – зерновой культуры амаранта (*Amaranthus*)

#### 3.4.1. Исследование химического состава и микроструктуры амаранта

Исходя из целей исследования. для разработки функциональной пищевой добавки на основе злаковых исследовали зерновую культуру амарант (*Amaranthus cnienthus*), которую культивируют и возводят во всех тропических и субтропических зонах, в т.ч. в субтропиках Грузии: Путем измельчения амаранта на лабораторной мельнице типа “ЛМЗ В-4М” получаем муку с выходом 60%, которую просеивали на шелковых ситах №17, 19 и 21.

Данная пищевая добавка применяется целенаправленно и предусмотрена для хлеба и мучных кондитерских изделий. Поэтому для разработки рациональной технологии их дальнейшего использования изучали хлебопекарные, технологические, функциональные, физиологические свойства и микроструктуру муки из амаранта.

Для создания научно-практической основы применения данного сырья в качестве добавки в хлебопечении исследовали его химический состав, комплекс ферментов и структуру муки. Для сравнения в качестве контроля применяли пшеничную муку I сорта. Результаты эксперимента приведены в таблице 6.

Таблица 6.

Химический состав муки из амаранта, %

Содержание компонентов	Содержание компонентов в 100 г муки	
	Мука амаранта	Пшеничная мука I сорта
Вода	12,6	14,2
Белки	18,1	10,8
Жиры	3,6	1,4
Крахмал	53,9	72,0
Моно- и дисахара	2,8	0,6
Зольность	0,82	0,73
Клетчатка	0,85	0,20
Содержание микроэлементов, мг		
Ca		
K	98	22
Mg	187	174
Na	52	41
P	19	4
Fe	185	116
	3,1	2,0
Витамины, мг		
B <sub>1</sub>	0,32	0,25
B <sub>2</sub>	0,19	0,07

Сравнительный анализ пшеничной муки и муки из амаранта показал, что по содержанию отдельных компонентов они значительно отличаются друг от друга.

Химический состав муки из амаранта отличается более высоким содержанием белков и липидов по сравнению с пшеничной мукой: соответственно 1,7 и 2,5 раза больше. Из анализа фракционного состава липидов следует, что среди свободных и связанных липидов доминируют триглицериды, сильно связанных – полярные липиды, содержание которых составляет соответственно 44,8 и 58% от общего количества.

В муке из амаранта полисахариды представлены крахмалом в количестве (53,9 %) и моно- и дисахаридами - 2,8 %, из чего следует, что количество крахмала в муке из амаранта на 18,1 % меньше, а моно- и дисахаров в 5 раз больше, чем в пшеничной мукой.

Соотношение Ca и P в муке из амаранта составляет 1:2, что оптимально для нормального функционирования живого организма. В муке из амаранта больше и водорастворимых витаминов B<sub>1</sub> и B<sub>2</sub>; почти в 2 раза по сравнению с пшеничной мукой.

Химический состав муки из амаранта указывает на его высокую биологическую ценность.

Установлено, что микроструктура клеток мучной части эндоспермы амаранта значительно отличается от микроструктуры пшеничной муки. Зерна крахмала вместе с белком образуют плотную структуру (рис.4).

В отличие от зерен крахмала пшеничной муки зерна крахмала муки из амаранта в несколько десятков раз меньше и имеют одинаковую шарообразную форму. Зерна крахмала

между собой соединены отростками белкового происхождения, которые формируются в различных направлениях.

Установлено, что мука из амаранта характеризуется высокой амилолитической активностью (приблизительно в 4 раза большей по сравнению с пшеничной мукой), меньшей липоксиенезкой и полифенолоксидазной активностью (в 1,2 и 2,2 раза меньшей, чем пшеничная мука).

а) б)

Рис.4. Микроструктура пшеничной муки I сорта (а) и муки из амаранта (б)  
(x 2000)  
а) б)

Рис.5. Микроструктура теста, приготовленного из пшеничной муки (а) и теста, приготовленного из смеси пшеничной муки и муки из амаранта в соотношении 85: 15 (б) (x 2000)

### 3.4.2. Влияние муки из амаранта на свойства пшеничного теста и качество хлеба

Изучали влияние муки из амаранта на качество хлеба из муки I сорта и его пищевую ценность (в частности, на содержание в нем белков, витаминов, минеральных веществ, а также усвояемость хлеба). С этой целью проводили пробные лабораторные выпечки. Тесто готовили безопасным способом. Для замеса теста использовали смесь пшеничной муки I сорта и муки из амаранта в соотношении 97:3; 95:5; 93:7; 90:10; 85:15; 80:20. Анализ хлеба проводили через 14-16 часов после выпечки. Полученные данные представлены в таблице 7 и рис.6.

Таблица 7

#### Влияние муки из амаранта на качество хлеба

Наименование показателей качества	Показатели качества хлеба						
	Хлеб из пшеничной муки I сорта (контроль)	Соотношение пшеничной муки I сорта и муки из амаранта					
		97:3	95:5	93:7	90:10	85:15	80:20
Влажность, %	44,0	44,2	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5

Кислотность, °N	2,2	2,4	2,6	2,6	2,6	2,8	3,1
Пористость, %	68	70	72	73	76	74	70
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	3,16	3,22	3,42	3,68	3,84	3,76	3,40
Эластичность мякиша	Светлый цвет с желтоватым оттенком	Светлый цвет с желтовато-сероватым оттенком		Светлый цвет, с сероватым оттенком		Светлый с ярковыражен-ным сероватым оттенком	
Состояние пористости	Эластичный						
Состояние корки хлеба	Поверхность хлеба гладкая, без трещин и надрывов						

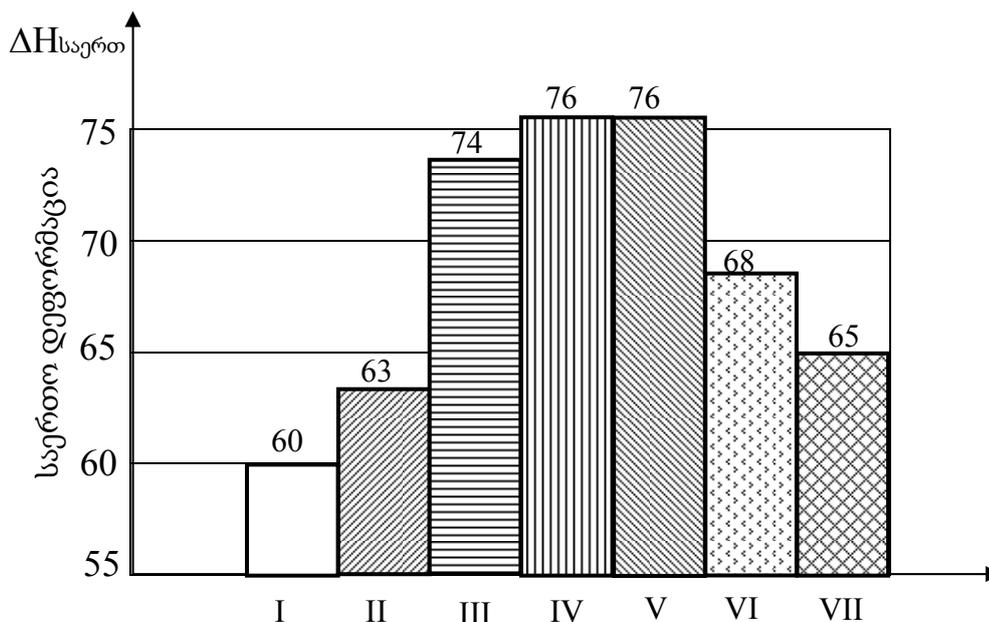


Рис.6. Влияние муки из амаранта на структурно-механические свойства мякиша хлеба из пшеничной муки I сорта

I - контроль - 100 % пшеничной муки; II -(97:3); III -(95:5); IV -(93:7); V – (90:10); VI- (85:15); VII - (80:20).

Экспериментами установлено, что введение муки из амаранта в тесто оказывает влияние на качество хлеба и степень этого влияния зависит от количества муки из амаранта. Способа приготовления теста и рецептуры хлеба. Положительные результаты достигаются при добавлении 10÷15 % муки из амаранта в тесто, приготовленное опарным методом, и использовании сахара и жира. Наилучшие результаты были получены с использованием муки из амаранта и пшеничных отрубей, которые содержат пищевые волокна. Оптимальное соотношение указанных добавок составляет соответственно 9 %; 8 % и 6% в смеси ( в соотношении с пшеничной мукой I сорта). В готовых изделиях белок почти полностью покрывает зерна оклейстеризованного крахмала (рис.5). Отмечается более развитая капиллярно-пористая структура, повышается пищевая ценность готовых изделий.

Модельными опытами нами показана лучшая податливость смеси пшеничной муки и муки из амаранта к действию пищеварительных ферментов (in vitro-пепсина, трипсина и α-амилазы).

Проведенные эксперименты показали, что добавление муки из амаранта в количестве до 20% к пшеничной муке I сорта улучшает физико-химические и органолептические показатели хлеба, его химический состав и пищевую ценность, а также тормозит развитие картофельной болезни хлеба.

### 3.4.3. Исследование хлебопекарных свойств смеси пшеничной муки I сорта и

## муки из амаранта

Исследовали влияние различных количеств муки из амаранта с 60 % -го выхода на белково-протеинозные и углеводно-амилазные комплексы смеси пшеничной муки I сорта и муки из амаранта.

Установлено, что добавлении муки из амаранта к пшеничной муке I сорта в количестве от 5 до 20 % уменьшается количество сырой и сухой клейковины на 3,8÷14 % и 4÷31 соответственно, гидратационная способность по сравнению с контролем возрастает на 3-16 %. Отмечается повышение «силы муки», увеличение газообразующей способности на 20÷43 %. Температура начала клейстеризации крахмала повышается с 58 °С (для пшеничной муки) до 63 °С (для смеси 80:20), в то же время повысилась температура достижения максимума вязкости, суспензии, что указывает на повышение автоматической активности муки.

### 3.4.4. Влияние муки из амаранта на свойства теста

Изучали влияние муки из амаранта на физико-химические, биохимические, микробиологические и реологические свойства теста, исследовали также функциональные свойства муки из амаранта, в проявляющиеся в процессе приготовления теста.

Установлено, что мука из амаранта оказывает значительное влияние на комплекс процессов, протекающих во время созревания теста, в частности ускоряется процесс накопления кислотности, увеличивается газообразование на 6-68 %, активность брожения дрожжей и подъемная сила дрожжей – в 1,2-2 раза по сравнению с контролем. Период созревания теста сокращается на 10-45 мин, меняются структурно-механические свойства теста: на 5-24 увеличивается водопоглотительная способность теста, на 7-39% эластичность, разжижаемость теста уменьшается на 18-52%, газодерживающая способность возрастает

Изучали влияние муки из амаранта на свойства Клейковины.

Установлено, что мука из амаранта оказывала влияние на растворимость отмытой из теста клейковины.

Таблица 8

Растворимость клейковины при приготовлении теста из смеси пшеничной муки сорта и муки из амаранта

Наименование растворителей	Содержание растворимого азота в клейковине (% от общего азота)			
	Теста, приготовления из пшеничной муки сорта (контроль)	Тесто готовилось из смеси пшеничной муки I сорта и муки из амаранта в соотношении		
		95:5	90:10	85:15
0,1N раствор уксусной кислоты	28,9	25,7	19,6	19,0
12 %-раствор салицилата натрия	19,2	17,1	15,8	15,3

### 3.4.5. Разработка способа приготовления теста с использованием муки из амаранта.

Проведенные исследования послужили основой для технологии приготовления теста с использованием пшеничной муки I сорта и муки из амаранта. Он заключается в следующем: приготовление заварки, в которой заваривается мука из амаранта (водой с температурой 80-90°С), I стадия – расстойка полуфабрикат а течении 1 часа для самоосахаривания. Затем

приготовленная сладкая добавляется в тесто, которое замешивается из пшеничной муки I сорта, дрожжей, соли и других компонентов. Тесто бродит в течение 3-х часов, затем происходит его формовка, расстойка (около 40 мин) и выпечка. Аналогично на заварке готовится хлеб, технология которого предусматривает вместе с мукой из амаранта, использование отрубей (в соотношении 1 часть отрубей и 3 части муки из амаранта) и кипящей воды в от их массы.

Во втором варианте к отрубям и муке добавляется 3-х кратное количество воды, полученную смесь термостатируют при 30-32 °С в течение 1-1,5 ч. затем тесто готовится по традиционной технологии.

### **3.5. Разработка нового ассортимента продуктов питания функционального назначения**

Данные по изучению химического состава и технологических свойств исследуемого сырья были использованы для разработки оптимальных композиций продуктов питания функционального назначения.

Разработаны технологические регламенты получения жидких пищевых концентратов, а также рецептуры и технологии тонизирующих напитков, сухих блюд и соусов. Для хлебобулочных изделий амаранта и пищевых отрубей.

Технологическая схема получения жидкого пищевого концентрата предусматривает: подготовку сырья (мойка, очистка), бланшировку плодов, гомогенизацию массы, прессование, фильтрацию экстракта, соединение сока и экстракта- концентрирование марса.

При разработке оптимальных вариантов рецептур учитывали требования теории сбалансированного питания.

В состав первой композиции фитосиропа входят: жидкие пищевые концентраты из шелковицы и граната, пыльца и сахара; в состав второй композиции фитосиропа – жидкие пищевые концентраты из инжира и киви, пыльца и сахар.

Определены химический состав соусов и напитков и степень их удовлетворения формуле сбалансированного питания.

Использование пищевой добавки, приготовленной на основе зерновой культуры амарант и пшеничных отрубей расширяет ассортимент продуктов питания функционального назначения.

Совокупность полученных результатов позволяет заключить, что предложенная продукция обладает высокой пищевой ценностью и целым рядом новых, полезных для организма свойств, что обуславливает целесообразность их использования в лечебно-профилактическом питании.

### **В ы в о д ы**

1. Биохимическое и технологическое исследование плодов шелковицы, граната, инжира и киви показало, что они отличаются высоким содержанием биологически активных веществ. На основе их комплексного использования получены продукты функционального назначения: фитосиропа, безалкогольные тонизирующие напитки, сладкие блюда и соусы.
2. Показано, что процесс экстракции растительного сырья под воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты обеспечивает оптимизацию процесса диффузии экстрактивных веществ и максимальную пищевую ценность продукта.
3. Показано, что добавление пчелиной пыльцы в фитосиропа значительно повышает их биологическую активность, физиологическую биологическую активность физиологическую и пищевую ценность. Разработаны оптимальные режимы переработки и хранения пчелиной пыльцы.

4. Изучены химический состав, микроструктура, технологические, функциональные свойства и физиологическое действие муки из амаранта. Установлено преимущество данной культуры по различным параметрам по сравнению с пшеничной мукой I сорта и показано, что ее можно применять в хлебопечении. На основе муки из амаранта и пшеничных отрубей целесообразно производство функциональной пищевой добавки. Оптимальная доза амаранта составляет 10-15% к массе пшеничной муки.
5. Установлено, что по сравнению с пшеничной мукой I сорта мука из амаранта с выходом 60%-ного содержит больше белков, жиров, моно- и дисахаров, микро- и макроэлементов и на 18,1% меньше крахмала. Активность  $\alpha$  и  $\beta$  амилаз, липоксигеназ и полифенолоксидаз в муке из амаранта меньше.
6. Изучено влияние муки из амаранта на качество теста в зависимости от способа приготовления, рецептуры и дозировки. Показано, что добавка 5-15 % муки из амаранта в хлеб улучшает качество хлеба: возрастает удельный объем, пористость, общая деформация. Структура мякиша хлеба по сравнению с контролем более равномерная и мелкопористая. Готовое изделие отличается высокой пищевой ценностью.
7. Добавка муки из амаранта в тесто оптимизирует кислотность, подъемную силу и бродительную активность дрожжей, в результате чего продолжительность созревания теста сокращается на 45 мин. Разработана технология приготовления хлеба с использованием в качестве добавки муки из амаранта и пшеничных отрубей. Установлены оптимальные параметры технологического процесса.
1. Разработан новый ассортимент продуктов питания функционального назначения, показана их высокая пищевая ценность.
2. Рассчитана пищевая ценность нового ассортимента – продуктов питания и определена степень их соответствия формуле сбалансированного питания.

### **Рекомендации производству**

1. Использование при производстве хлебопродуктов биоактивной добавки – муки из амаранта и пшеничных отрубей.
1. Оптимальные параметры, рецептура и временная технологическая инструкция по производству биоактивных сиропов на основе плодов субтропических культур и пчелиной пыльцы.
2. Рецептуры и технология приготовления хлеба, безалкогольных тонизирующих напитков, сладких блюд и соусов.

### **Список трудов опубликованных по теме диссертации**

1. Ц. Хуцидзе, К. Киласония, М. Силагадзе, Д. Тавдидишвили. Химико-технологическое исследование граната, районированного в Западной Грузии./ж. Субтропические культуры. - № 1-2(251-252). – Озургети. Анасеули. - 2004. – с. 44-46. (на груз. язык)
2. Э. Пруидзе, Е. Дзнеладзе, А. Гвинепадзе, Ц. Хуцидзе. Влияние микроволновой обработки пшеничного полуфабриката на качество теста и хлеба. /Труды Кутаисского государственного технического университета. №1(16), -Кутаиси. 2005. – с. 166-169. (на груз. язык)
3. Ц. Хуцидзе, Д. Тавдидишвили, М. Силагадзе, Э.Выходова, К. Киласония. Химико-технологическая оценка инжира и возможности его использования в производстве

- продуктов питания. /Труды Кутаисского научного центра АН Грузии. т. XVI. «Наука» - Тбилиси. 2006. - с. 265-271. (на груз. язык)
4. Ц. Хуцидзе, М. Силагадзе, Э. Пруидзе, М. Пхакадзе, К. Киласония. Оптимизация процесса экстракции растительного сырья под воздействием электромагнитного поля СВЧ. /Труды Кутаисского научного центра АН Грузии. т. XVI. «Наука» - Тбилиси. 2006. - с. 260-264. (на груз. язык)
  5. М. Силагадзе, Ц. Хуцидзе, Э. Пруидзе. Биохимические и технологические исследования зерновой культуры амаранта (*Amaranthus spientus*) произрастающей в субтропической зоне Грузии. /ж. Субтропические культуры. - № 1-2(253-254). – Озургети. Анасеули. - 2005. – с.35-39. (на груз. язык)
  6. Э.Пруидзе, М. Силагадзе, Э. Дзнеладзе, Ц. Хуцидзе. Влияние микроволновой обработки теста на развитие картофельной болезни пшеничного хлеба./ж. Проблемы аграрной науки. т. XXXIV. – Тбилиси. 2006. – с. 53-54. (на груз. язык)
  7. Д. Тавидидшвили, М. Карчава, Ц. Хуцидзе. Шелковица (*Morus*) перспективное сырье для производства прордуктов лечебно-профилактического назначения. /ж. Хранение и переработка сельхозсырья. – Москва. «Пищевая промышленность» 6. 2006. – с. 28.
  8. М. Карчава, М. Силагадзе, Ш. Джинджолия, Ц. Хуцидзе. растительные клеточные стенки – источники биологически активных веществ. /Georgian Engineering News. №2, GFID. 2006. – с. 299-300.