

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УДК 632.575.23:576

КАРИМОВА КАМОЛА ЭРКИНОВНА

**“Изучение процессов получение
пектинов из растений *Amaranthus L*”**

Специальность: 5А320501-Биотехнология (производство пищевых,
кормовых, химических продуктов и биопрепаратов для сельского хозяйства)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание академической степени магистра

Научный руководитель:

к.б.н. Кобилов Г.У.

ТАШКЕНТ – 2016

О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	8
1.1. Пектины: свойства, получение, применение	8
1.2. Области применения	10
1.3. Технология производства пектиновых веществ	15
1.4. Биологические особенности и потребительские качества амаранта	29
1.5. Физиологические особенности амаранта	32
1.6. Характеристика семян амаранта, особенности их химического состава и биохимических свойств	38
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	44
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	45
3.1. Выделения пектина из <i>AmaranthusL</i>	46
3.2. Изучение антиоксидантных свойств амаранта (<i>Amaranthus hypochondriacus L.</i>)	54
3.3. Определение оптимальных условий получения экстрактов листьев амаранта с высокой антиоксидантной активностью	56
ВЫВОДЫ	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	61
ПРИЛОЖЕНИЕ	

Введение

Актуальность исследований. Пектины являются незаменимыми природными полимерами, пригодными для эффективного использования в пищевой промышленности, некоторых областях медицины, сельского хозяйства и техники. Содержание пектина в свежей корочке цитрусовых колеблется от 4 до 6% в сухой от 9 до 30% (иногда 50%). Недостатком данного источника является распространение культуры только в отдельных южных районах (Италия, Испания, Китай, Средняя Азия, США). Другим источником для промышленного получения пектина являются яблочные выжимки. Известны различные способы получения пектина из яблочных выжимок. Способы основаны на экстракции горячей водой, водными растворами органических и неорганических кислот высушенного сырья, последующим осаждением пектина из фильтрата ацетоном или этанолом и его очистки.

Содержание пектина в яблочных выжимках колеблется от 5 до 15%. Качество яблочного пектина, производство которого в небольшом объеме налажено в СНГ лишь на трех заводах производительностью 300 т в год, не отвечает требованиям, предъявляемым к пищевому пектину по желирующей способности и цветности.

Недостатком названных источников является то, что в условиях СНГ корочка цитрусовых и яблочные отходы не могут служить основной базой для развития крупного производства пектина, т.к. собираемые в СНГ цитрусовые плоды направляются главным образом для столового потребления, а заготовка сушеных яблочных выжимок в крупных масштабах затруднена из-за распространенного производства соков на сравнительно небольших фруктово-перерабатывающих предприятиях. Стоимость яблочных выжимок занимает в себестоимости пектина 33%. Источником с высоким содержанием пектина являются корзинки подсолнечника. Однако вследствие трудного экстрагирования промышленное получение его затруднено.

В связи с этим изыскание новых эффективных и экономически выгодных источников пектина одна из актуальных задач пищевой и медицинской промышленности.

Наряду с традиционными источниками химического сырья, такими как нефть, газ, уголь, все большее значение приобретает возобновляемое растительное сырье. Одной из перспективных культур для мало- и среднетоннажного химического производства является нетрадиционная культура амарант. Особенностью амаранта является большой прирост биомассы, что позволяет получать тонны зеленого растительного сырья на относительно небольших площадях.

Амарант - культура, способная обеспечить дополнительным количеством качественных кормов и полноценных продуктов питания, освободив ее тем самым от необходимости их закупки за рубежом. Помимо белка амарант содержит ценные высокомолекулярные соединения - пектиновые полисахариды и ряд важных низкомолекулярных веществ, в том числе флавоноид с Р-витаминной активностью - рутин, и пигмент амарантин. Семена амаранта содержат ценный компонент - сквален. Большая урожайность амаранта, наличие нескольких классов практически полезных веществ делают данную культуру перспективным воспроизводимым растительным сырьем. Для того, чтобы амарант стал конкурентоспособным источником сырья, необходимо дальнейшее углубленное изучение его химического состава и создание рентабельной технологии комплексной переработки фитомассы.

Перспективным направлением исследований является выделение полисахаридов из амаранта. Биополимеры полисахаридной структуры - важнейший класс природных соединений, находящих практическое использование в различных областях науки и техники. Особое место среди растительных полисахаридов занимают пектиновые полисахариды, которые входят в состав структурных элементов клеточной ткани высших растений и

выполняют функции связывающих и упрочняющих компонентов клеточной стенки, а также регулируют водный обмен.

Пектиновые полисахариды представляют собой уникальный биологически активный продукт с детоксицирующими, радиопротекторными и другими лечебно-профилактическими свойствами, что чрезвычайно актуально в условиях интенсивного развития химической, нефтеперерабатывающей промышленности, автотранспорта и других отраслей. Социальная значимость данной проблемы связана с ухудшением экологии окружающей среды, что в свою очередь ведет к ухудшению здоровья.

В связи с известными полезными свойствами, пектиновые вещества находят широкое применение в пищевой промышленности. Основным потребителем пектина является кондитерская промышленность. Свойство пектина образовывать студни используют при производстве кондитерских изделий пастило-мармеладной группы (зефир, пастила, жележный мармелад) и конфет с жележными и фруктово-жележными корпусами.

Широкий спектр направлений использования пектинов и невозможность адекватной замены пектинов другими веществами делают необходимым производство пектинов в отечественной промышленности.

Кислые пектиновые полисахариды, в отличие от хорошо известных целлюлозы и крахмала, мало изучены к настоящему времени в плане получения функциональных производных, и исследование их химической модификации является современной актуальной задачей.

Во многих странах Латинской Америки, Азии и Африки амарант используется как овощная культура. Учитывая питательную ценность и высокое содержание витаминов в листьях амаранта, из них можно готовить салаты, супы, гарниры. Их также сушат, маринуют для использования в зимнее время. Из листьев получают белковые концентраты, пектин, а также краску - амарантин (7–8).

Цель настоящего исследования—исследование в качестве кормовых добавок продуктов пектина растений амаранта.

Для достижения цели определены следующие задачи:

- выделение пектина из нетрадиционного растительного сырья – *Amaranthus*L;
- исследования антиоксидантной активности амаранта
- определение оптимальных условий получения экстрактов листьев амаранта с высокой антиоксидантной активностью.

Новизна. В ходе проведенных нами исследований было установлено, что листья *Amaranthus hypochondriacus* L. содержат большое количество свободных сахаров, но это, в основном, спирторастворимые. Применяемая нами схема получения пектиновых веществ из травы амарант не имеет принципиальных отличий от экстракции пектина из других растений. Но в зависимости от выбора температурных условий, подбора и концентрации экстрагента выход пектина может составлять от 0,18 до 5,60%.

Максимальный выход пектиновых веществ из *A. hypochondriacus* L. (5%) наблюдается, когда в качестве гидролизующего агента используется лимонная кислота при времени гидролиза 5 часов. Наибольший выход пектина из *A.edulis* L. происходит в течение 5 часов (4,8%) также под действием органической кислоты. В наших исследованиях были изучены условия для получения экстрактов из листьев *Amaranthus hypochondriacus* L. с высокой антиоксидантной активностью. Экстракты, полученные из свежих и замороженных листьев, собранных во время фазы бутонизации имели близкие значения АОА и динамика снижения АОА этих экстрактах во время хранения была одинаковой: через 4 месяца – 9,4% и 9%, спустя 3 месяца – 22,3% и 21,6% соответственно. После хранения экстрактов в течение 8 месяцев их АОА составляла от исходного значения 21% для свежих листьев и 21,5% для замороженных листьев.

Практическая значимость работы заключается, прежде всего, в подтверждении перспективности амаранта как промышленного источника

пектиновых полисахаридов и других практически значимых веществ, в разработке новых экологически чистых способов их выделения, а также в разработке подходов для химической модификации пектиновых полисахаридов, что является основой для получения новых биологически активных веществ.

Апробация работы и публикации. По материалам диссертации опубликовано 3 тезиса.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 67 страницах машинописного текста, содержит схема, 8 таблиц и 4 рисунков. Список цитируемой литературы включает 64 наименований. Работа состоит из введения, литературного обзора, материалы и методы, полученных результатов и их обсуждение, выводов, списка используемой литературы и приложения.

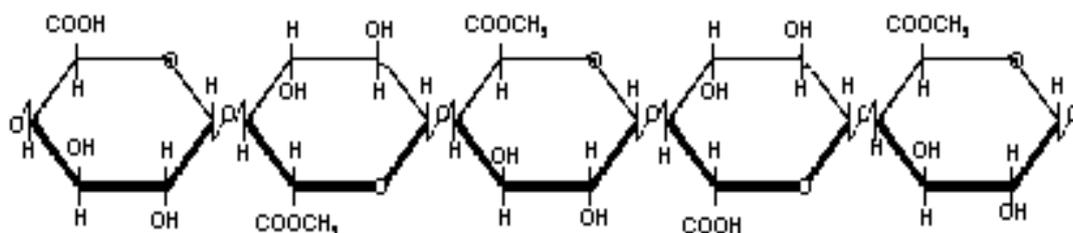
Глава I. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Пектины: свойства, получение, применение

Пектиновые вещества – это сложные эфиры полигалактуроновой кислоты и метилового спирта. Полиурониды, состоящие главным образом из остатков галактуроновой кислоты, соединенных α –(1→4)-гликозидной связью [1].

В клеточных стенках растений, образованных из целлюлозы, они вместе с гемицеллюлозами выполняют структурные функции, являются цементирующим материалом этих стенок, объединяют клетки в единое целое в том или ином органе растений. Пектиновые вещества были открыты в 1825 году, однако, не смотря на то, что их изучение продолжается более 150 лет, химическое строение этих соединений выяснено лишь во второй половине XX в. Причиной этого является трудность получения чистых препаратов пектиновых веществ в неизменном состоянии [2].

Наибольшее количество пектина находится в коже, ламелях и сердцевине. Пектиновые вещества – полисахариды, образованные остатками частично метоксилированной D-галактуроновой кислоты, в которой атом водорода заменен на группу $-\text{OCH}_3$.



Пектины классифицируют по степени метоксилирования (степени этерификации - СЭ) - отношению количества метоксильных групп $-\text{OCH}_3$ ко всем кислотным остаткам в молекуле.

СЭ делит все промышленные виды пектинов на две группы:

- 1) высокоэтерифицированные с СЭ равной или более 50%;
- 2) низкоэтерифицированные – СЭ менее 50%.

Наивысшая СЭ, которая может быть достигнута при экстракции пектина из природного сырья, находится в пределах 75-80%. СЭ оказывает

значительное влияние на основные свойства пектинов, определяющие их промышленное применение.

Пектиновые вещества, полученные из различных растительных источников, представляют собой порошки без запаха и слизистые на вкус, от светло-кремового до коричневого цвета. Цитрусовые пектины обычно светлее яблочных. Во влажной атмосфере пектины могут сорбировать до 20% воды. В избытке воды - растворяются. Одним из важнейших свойств пектинов является их желирующая способность.

Желирование - процесс, при котором горячий пектиносодержащий раствор при охлаждении образует плотное тело заданной формы, связывая при этом большое количество жидкости.

Текстура образуемого геля и скорость желирования тесно связаны с показателем степени этерификации (СЭ). Высокоэтерифицированные (ВЭ) пектины желируют при более высоких температурах и быстрее, чем пектины с меньшей СЭ. Максимальная желирующая способность при минимальной скорости желирования наблюдается при СЭ в пределах 60%.

Высокоэтерифицированные пектины образуют гели в присутствии сахара, кислот и при содержании сухого вещества не менее 55%. Низкоэтерифицированные пектины (НЭ) относительно независимо от присутствия сахара и кислот способны к образованию гелей с двухвалентными катионами, например, Са²⁺ (ионы кальция). Способность НЭ пектинов желировать при низком содержании сухих веществ (сахара) и высоких значениях рН используют в производстве молочных и диетических продуктов, например, для страдающих сахарным диабетом.

Комплексообразование. Комплексообразующая способность пектина основана на его взаимодействии с ионами тяжелых и радиоактивных металлов. Благодаря этому свойству пектина, его включают в рацион питания лиц, находящихся в среде, загрязненной радионуклидами, и имеющих контакт с тяжелыми металлами. Оптимальная профилактическая

доза пектина составляет 4г в сутки, а в условиях радиоактивного загрязнения - не менее 15-16г.

1.2. Области применения

Пищевая промышленность:

- студнеобразователь при изготовлении желеино-пастильных изделий (мармелада, зефира, пастилы, начинки для конфет, крема торта).
- добавка к лечебным сортам хлебо-булочных и макаронных изделий, для выпечки нечерствеющих сортов хлеба;
- желеобразователь в производстве фрукто-ягодных наполнителей (для хлебобулочных изделий), конфитюров и прочих плодоовощных консервов; во фруктовых начинках для молочных продуктов пектины обеспечивают необходимые реологические свойства и гарантируют хорошую способность к механическому дозированию. Во фруктовых начинках для йогуртов пектины образуют гладкую и мягкую структуру и подчеркивают вкус исходного фруктового сырья;
- эмульгатор для изготовления майонеза и жидких маргаринов в масложировой промышленности;
- стабилизатор при изготовлении безалкогольных напитков и различных купажируемых соков с мякотью, концентрированных фруктовых напитков;
- введение пектина в кисломолочные продукты позволяет также существенно увеличить сроки их хранения;
- в молочном производстве для стабилизации кисломолочных продуктов, сквашенных или непосредственно подкисленных (соединения фруктового сок + молоко). Пектин реагирует с казеином, предотвращает коагуляцию казеина и позволяет пастеризацию кисломолочных продуктов для продления срока хранения.
- в производстве мороженого (в качестве стабилизатора только при выработке плодово-ягодного мороженого);

- в производстве сыров (для увеличения их водопоглонительной способности, гелей, киселей, муссов;
- в производстве диетического и лечебно-профилактического питания для детей и взрослых пектины используются в качестве источников растворимых пищевых волокон, а также добавок, которые способствуют связыванию ионов тяжелых металлов и их выведению из организма.
- при применении в производстве кетчупов яблочные пектины компенсируют недостаточное действие природных пектинов томатов и улучшают реологические свойства готового продукта.

Медицина. В медицине пектин применяется как в профилактических целях, так и в качестве лечебного средства. Пектины нашли применение в лечении острых кишечных инфекций. Установлено, что, в зависимости от концентрации пектина и микробной нагрузки, происходит угнетение роста микроорганизмов в течение 2 часов и более. Наиболее благоприятный биоценоз по составу микробной флоры в кишечнике достигается при добавлении яблочного пектина, который, к тому же, способствует наилучшему усвоению пищи при одновременном снижении аппетита.

Пектин оказывает положительное влияние на некоторые показатели иммунитета. Низкометоксилированные пектины способствуют ускоренному выведению из организма радиоактивных веществ. Пектин адсорбирует уксуснокислый свинец сильнее активированного угля. Он обладает активной комплексообразующей способностью по отношению к радиоактивному кобальту, стронцию, цезию, цирконию, рутению, иттрию и другим металлам. В процессе усвоения пектин превращается в пектиновую кислоту, которая соединяется с тяжелыми металлами и радионуклидами, образуя нерастворимые соли, выделяемые из организма естественным путем.

Есть и другой механизм выведения из организма радиоактивных веществ - он возможен благодаря способности низкомолекулярной фракции пектина проникать в кровь и образовывать связанные комплексы с последующим естественным удалением.

Пектины являются вспомогательным средством при приготовлении многих лекарственных форм, служат основой для получения пастилок, суппозиториев, являются исходным сырьем в приготовлении гидрогелей, таблеток, мягких желатиновых и ректальных капсул, свечей. Используется их пролонгированное действие в таблетках, микстурах с разными лекарственными препаратами.

Введение пектина может усилить терапевтический эффект или снизить побочное негативное действие лекарственных препаратов. Пектины усиливают действие противотуберкулезных препаратов. Сочетание флавоноидов с пектинами при разработке комбинированных препаратов "Фластапиол", "Фластахол", "Флавоглюцид" усиливает их детоксикационное действие при заболеваниях печени. В целом, установлена перспективность использования пектинов в лечении и профилактике многих заболеваний человека.

Косметика. В косметике пектин применяется как стабилизатор и эмульгатор паст, мазей, кремов и масел, имеющих растительную основу. В дезодорантах и зубных пастах - для придания аромата свежести. В лосьонах и шампунях - как тонирующий стабилизатор и сгуститель.

Другие области применения. Пектин может использоваться для технических целей:

- в геологии в качестве пектинового клея при бурении;
- в текстильной промышленности при отделке тканей;
- в литейном производстве в качестве добавки в формовочные смеси, благодаря чему достигается более высокая точность отливок;
- в полиграфии при закреплении печатных материалов.

Сырье для производства пектина. Наиболее распространенным сырьем для получения пектина, с точки зрения экономической целесообразности его использования, являются выжимки цитрусовых и яблок, жом сахарной свеклы и сердцевина корзинок подсолнечника.

Широкое географическое распределение по стране заводов, перерабатывающих свеклу, исключает риск дефицита сырья для пектинового производства вследствие неурожая, а большое количество этих заводов предоставляет возможность выбора поставщика жома еще и по наилучшему соотношению цена/качество. Альтернативным поставщиком сырья для пектинового производства может стать Украина, мощность сахарной промышленности которой сопоставима с российской.

Свекловичный пектин по желирующей способности несколько уступает пектинам яблочным и цитрусовым, но, вместе с тем, имеет гораздо лучшие комплексообразующие свойства, что чрезвычайно важно для производства продуктов лечебно-профилактического и защитного назначения. Для молочной и консервной промышленности (производство фруктовых соков) используют в основном цитрусовые пектины.

Пектины из жома сахарной свеклы применяют для выработки диетических и фармацевтических продуктов, а также для производства изделий технического назначения. Пектин из корзинок подсолнечника обладает высокой молекулярной массой и низкой степенью этерификации. Его успешно применяют при выпуске высококачественных косметических изделий.

В промышленных условиях производят пектин двух форм – жидкий и порошкообразный. В рецептурах эти две формы не взаимозаменяемы. От формы используемого пектина зависят правила смешивания продуктов: порошковый пектин смешивается со свежими холодными фруктами или соком, жидкий пектин добавляется в сваренный горячий продукт.

Пектины, выделенные из одного вида сырья, получили название классических. Для производства продукции с особыми свойствами за рубежом разработаны процессы, основанные на переработке различных видов сырья с получением комбинированных пектинов с заданными свойствами.

В зависимости от количества замещенных карбоксильных групп пектин может обладать различной степенью этерификации. Если более 50% карбоксильных групп содержат остатки метилового спирта, это высокоэтерифицированные (высокометоксилированные) пектины, если степень этерификации ниже 50% - низкоэтерифицированные (низкометоксилированные). Они обладают разными механизмами желирования: первые образуют гели в присутствии сахара и кислоты, при этом содержание сухих веществ в среде должно быть не менее 50%, а pH 2,8...3,4. При одинаковых условиях и высоких температурах высокоэтерифицированные пектины желируют быстрее, чем низкоэтерифицированные. Время и температура желирования - важные критерии качества высокоэтерифицированных пектинов.

Свекловичный пектин относится к пектинам низкометоксилированным. На рынке пектинов низкометоксилированные пектины имеют более высокую цену, чем пектины высокометоксилированные, что обусловлено дополнительными затратами на его получение.

Жом сахарной свеклы выгодно использовать также и ввиду его низкой цены. Никакой другой вид пектиносодержащего сырья не может конкурировать со свекловичным жомом по своей дешевизне. Сезон переработки сахарной свеклы длится с конца августа до декабря-января в зависимости от региона и урожайности. Заблаговременное заключение договоров на поставку жома и вывоз его в период переработки свеклы сейчас стало обычной практикой. К концу сезона, реже к весне, жом уже весь востребован и приобретен животноводческими хозяйствами.

При закупках сырья для производства пектина определяющими факторами являются процент содержания в сырье пектина и отсутствие тяжелых металлов и пестицидов. Кроме того, необходимо учитывать, что жом во влажном состоянии подвергается действию ферментов и плесеней, которые продуцируют ферменты, производящие деэтерификацию и деградацию пектиновых веществ. Поэтому нежелательно хранить влажные

выжимки более 1-2 часов без специальной обработки. Даже время, необходимое для транспортировки сырья с основного производства до места его переработки, может оказаться достаточным для потери качества. В результате сырье теряет свою пригодность для производства пектина.

Следовательно, либо пектин должен быть экстрагирован из выжимок сразу после отжатия сока, либо выжимки должны быть высушены. В таком виде они могут сохраняться несколько месяцев, но не более 10 месяцев, так как при годичном хранении студнеобразующая способность полученного из него пектина снижается на 10-12%.

1.3. Технология производства пектиновых веществ

Основные стадии процесса. Все схемы получения пектина состоят из следующих основных стадий: подготовка пектиносодержащего сырья; гидролиз-экстрагирование пектина минеральными или органическими кислотами; фильтрование экстракта; осветление фильтрата; концентрирование экстракта; осаждение пектиновых веществ алифатическими спиртами или солями поливалентных металлов; очистка пектина; сушка, измельчение и смешивание пектина с сахаром до стандартного градуса прочности.

Сырье для пектинового производства должно содержать минимальное количество восстанавливающих сахаров, поскольку при реакции с аминокислотами образуются окрашенные продукты (меланоидины).

Содержание балластных веществ в сухом пектине не должно превышать 30% (для пектина, используемого в пищевой промышленности), для изготовления лекарственных препаратов чистота пектина должна быть гораздо выше. Наличие балластных веществ в пектинах снижает их студнеобразующие свойства и ухудшает комплексообразование. Поэтому перед извлечением пектиновых веществ производится экстрагирование водорастворимых компонентов.

Основным процессом при производстве пектинов является экстрагирование. Процесс экстрагирования включает две сопряженные

стадии: кислотного гидролиза протопектина и молекулярной диффузии растворившегося пектина из частицы сырья в экстрагент.

При обработке сырья кислотой протекает три гидролитических процесса [64]: гидролиз солей (пектинатов), гидролиз сложноэфирных связей (деэтерификация), гидролиз гликозидных связей (деполимеризация).

Последние два процесса являются нежелательными, поскольку ухудшают качество целевого продукта. Поэтому используются мягкие условия выделения пектиновых веществ (ПВ).

Низкое содержание ионов кальция, магния и фосфора и достаточно высокая активная кислотность яблочных (0,7–2,2 %) и цитрусовых выжимок обуславливают менее прочные связи протопектина с другими веществами клеточной стенки, чем объясняется возможность извлечения из них пектина при низкой концентрации кислоты (при $\text{pH}=2,0\div 2,5$ гидролизуется до 95% протопектина).

Отличительной особенностью сахарной свеклы и, соответственно, свекловичного жома является низкое содержание органических кислот (0,27 масс. % от массы свеклы). Поэтому высокая степень гидролиза протопектина свекловичного жома достигается лишь при достаточно жестких условиях (температура 72–75 °С, концентрация HCl 1,5–1,7 %), что приводит к деполимеризации пектиновых веществ и к ухудшению их показателей.

Оптимальная концентрация ионов водорода в растворе составляет для гидролиза, моль/л:

свекловичный жом	0,331–0,365
яблочные выжимки	0,038–0,072
цитрусовые корочки	0,027–0,041

Гидро модуль (ГМ) процесса (отношение массы раствора к массе сухого сырья) поддерживают обычно достаточно высоким (от 8 до 30) для создания заданного значения pH среды и обеспечения высокой степени извлечения целевого продукта вследствие совмещения процесса гидролиза и

экстрагирования пектиновых веществ. Минимальное значение гидромодуля, при котором создаются условия для эффективного гидролиза для свекловичного жома (влажность 90 %), равна 7,6, для мандариновых вытяжек (влажность 83 %) — 5,0.

Гидролиз кислотами при повышенных температурах приводит к деструкции пектиновых веществ. Перспективным направлением является ферментативный катализ. Действие на выжимки ферментного препарата целлокандина (комплекс гемицеллюлаз и целлюлаз), предварительно частично освобожденного от пектолитических ферментов, сопровождается расщеплением связей пектиновых веществ с компонентами клеточных стенок и высвобождением малодеградированного пектина [16]. Молекулярная масса полученного продукта в 2–3 раза выше, чем пектина, выделенного кислотным экстрагированием, и достигает 40 тыс.; прочность желе составляет 500–530 мм рт. ст. [58].

Концентрирование экстракта обычно осуществляют упариванием в вакууме. Процесс является достаточно энергоемким. Показано, что перспективным способом концентрирования может быть ультрафильтрация [58].

Выделение пектиновых веществ из раствора осуществляют осаждением либо солями металлов (хлорид алюминия), либо этанолом. Осаждение пектина спиртом зависит от его концентрации. При увеличении концентрации спирта от 40 до 96 об. % чистота пектина (более 85 %) и содержание метоксильных групп снижаются, выход увеличивается почти в два раза.

Производство пектина из выжимок яблок. Скорость экстрагирования пектина существенно зависит от размера частиц твердой фазы. Минимальный размер частиц для яблочных выжимок, необходимый для проведения эффективного гидролиза, составляет $(0,2-0,4) \times 10^{-3}$ м.

Предварительной стадией процесса является промывка сушеных яблочных выжимок (3 раза) водой при 30–35 °С; отработанные выжимки

используют на корм животным. Гидролиз-экстрагирование осуществляют в экстракторе периодического действия водным раствором азотной (соляной) кислоты при следующих условиях: pH 1,5–2,0, 70–80°C, ГМ 10–12, 3,0–3,5 ч. Экстракт отделяют на прессах (А-экстракт). Выжимки снова загружают в экстрактор и обрабатывают в течение 1,5–2 ч водой при температуре 45–50°C, ГМ 12–14. После отделения раствора его объединяют с экстрактом и дают отстояться в течение 2–4 ч. Среднее содержание СВ в экстракте 1,0–1,2%, включая 0,3–0,4% ПВ. Экстракт сепарируют и фильтруют.

Концентрирование экстракта проводят в двухкорпусных вакуум-выпарных установках при температуре не более 75 °С до содержания в растворе СВ 6–7 % (pH = 1,7÷2,2), в том числе 2,5–3,5 % ПВ.

После охлаждения раствора до 25 °С пектиновые вещества осаждают 3-кратным количеством этанола (90–95 % об.) при pH = 1,7÷1,9; полученную суспензию разделяют на центрифуге. Коагулят с влажностью 70–75 % направляют в промыватель, где его смешивают с 70% этанолом при ГМ 8, и суспензию разделяют в центрифуге. Далее пектин промывается этанолом (90–95 об. %) при ГМ 8, и суспензию также подвергают центрифугированию. Очищенный пектин подается на сушку, которую осуществляют на барабанной вакуум-сушилке при температуре не выше 60 °С в течение 2–3 ч до влажности 8 %. По окончании сушки пектин измельчают на молотковой дробилке до порошка с размером частиц не более 0,4 мм.

Пектин, полученный из выжимок яблок, применяют в основном в кондитерской промышленности для производства зефира, мармелада, жележных конфет.

Для получения высокоэтерифицированного яблочного пектина со степенью этерификации (СЭ) около 80 % условия должны быть следующими [58]: концентрация экстрагента (соляная кислота) - 0,2 %, гидромодуль 5,0, температура 70°C, продолжительность 1,5ч. При получении

низкоэтерифицированного пектина (СЭ 36,6 %): концентрация кислоты - 0,4 %, гидромодуль 5, температура – 80-85°C, продолжительность 3 ч.

Производство пектиновых веществ из выжимок цитрусовых плодов

Цитрусовые пектины получают из цедры лимона и лайма, иногда апельсинов и грейпфрутов. Для получения пектина в основном применяют сушеное пектиносодержащее сырье. Подготовка к процессу экстрагирования сушеного сырья заключается в измельчении и однократной или двукратной промывке водой температурой 10–20°C.

Для гидролиза протопектина используют различные кислоты: соляную, сернистую, серную, азотную, лимонную, уксусную и фосфорную. Наиболее часто применяют серную и сернистую кислоты, обладающие отбеливающим эффектом. Однако использование этих кислот усложняет аппаратное оформление процесса. Поэтому при разработке новых технологий предпочтение отдают азотной или лимонной кислоте. В зависимости от вида сырья и применяемой кислоты экстрагирование ПВ ведут при температуре 70–95°C, $\text{pH} = 2,2 \div 2,8$ в течение 1–2 ч. По окончании процесса проводят разделение твердой и жидкой фаз фильтрованием. Полученный экстракт очищают механическим сепарированием с последующей фильтрацией через активированный уголь.

Из осветленного экстракта ПВ выделяют осаждением алифатическими спиртами (этанол, изопропанол) или солями поливалентных металлов (хлориды алюминия или кальция). При осаждении спиртом пектиновый экстракт предварительно концентрируют в вакуум-выпарных аппаратах до содержания СВ 6–7 %. При осаждении солями металлов экстракт нейтрализуют до $\text{pH} = 6 \div 7$, используя, как правило, гидроксид аммония.

Осадок пектина отделяют от маточного раствора либо фильтрацией с последующим прессованием, либо центрифугированием. Пектиновый коагулят измельчают и отправляют на очистку для снижения зольности готового продукта и получения пектина с требуемыми показателями.

Очистка пектина заключается в его промывке спиртом различной концентрации (2–3 раза) или очистке по следующей схеме: мягкая деэтерификация смесью спирта с минеральной кислотой; промывка концентрированным спиртом (94–96 об. %); забуферивание пектина смесью спирта и щелочи. Очищенный пектин сушат до кондиционной влажности при температуре не выше 60°C, измельчают до порошка с размером частиц 250 мкм и просеивают. Свойства получаемых продуктов приведены в табл. 1.

Таблица 1.
Физико-химические свойства цитрусовых пектинов [59]

Показатели	Лайм	Апельсин	Сладкий апельсин	Грейпфрут
Выход, масс. %	17,2	15,3	17,8	14,5
Влажность, %	10,1	9,9	8,6	10,6
Зола, масс. %	2,82	2,97	2,85	3,0
Студнеобразующая способность, °ТБ	225	205	180	200
Продолжительность студнеобразования, мин	1,0	5,0	5,0	4,0
Степень этерификации, %	63,2	56,1	57,0	57,1
Эквивалентная масса	1462	969	659	940
Метоксильные группы, %	8,62	7,60	7,73	7,40
Ангидроуроновые кислоты, %	77,4	73,9	76,9	73,6
Ацетильные группы, %	0,32	0,46	0,55	-
Молекулярная масса	92 600	78 000	67 000	72 700

Производство пектина из свекловичного жома

Свекловичный жом, получаемый в производственном потоке, имеет примерно следующий состав, %:

сахароза	0,2
пектиновые вещества	2,6

клетчатка и гемицеллюлозы	2,5
белки	0,5
зола	0,2
другие	0,1
всего СВ	6,2

Подготовка сырья (свекловичного жома) заключается в удалении сахара, ароматических, красящих веществ, солей и др. Сушка должна проводиться при мягких температурных режимах. Конечная температура теплоносителя должна быть не выше 140–150°C. Химический состав обычного сушеного жома характеризуется следующими показателями, масс. % к массе жома:

СВ	87–88
минеральные вещества	5–6
азотистые вещества	3–4
клетчатка	17–18
протеин	6–7
сахар	4
жир	0,4
безазотистые экстрактивные вещества	51

Гидролиз-экстрагирование жома ведут раствором 1,1–1,5% соляной кислоты ($pH = 0,6 \div 0,8$) при гидромодуле 15–16, температуре 70–76 °С в течение 2–2,5 ч при периодическом перемешивании в вертикальном экстракторе. Степень экстрагирования составляет 52 %. Экстракт отфильтровывают, жом заливают водой температурой 65–70 °С и выдерживают 40 мин, после чего раствор отфильтровывают и объединяют с первым экстрактом. Экстракт представляет собой прозрачную жидкость

светло-серого цвета, содержит 0,5–0,8 % ПВ и имеет плотность 1,01–1,02, рН = 0,6÷0,7. Отработанный жом нейтрализуют аммиачной водой и направляют на корм скоту.

Пектиновый экстракт после отстаивания и охлаждения подают в осадитель. Осаждение пектина осуществляют (после нейтрализации 25% раствором гидроксида аммония) при рН = 6,0÷6,5 и температуре 30–35 °С хлоридом алюминия. Пектино-алюминиевый коагулят представляет собой осадок темно-серого цвета с влажностью после фильтрации 97–98 %. Коагулят отпрессовывают до влажности 73–75 %, измельчают на молотковой дробилке и направляют на очистку.

Очистка продукта состоит из четырех стадий промывки коагулята спиртовыми растворами:

1) соотношение коагулята и этанола (94–96 об. %), содержащего 7,2% соляной кислоты, - 1:2,5, продолжительность - 25–30 мин;

2) соотношение этанола (94–96 об. %) и коагулята - 1:4, продолжительность -15 мин;

3) 70% этанол;

4) 94-96% этанол, содержащий 0,4-0,75 % гидроксида аммония, в соотношении 1:3,5, продолжительность -15 мин.

Сушку пектина осуществляют в вакуум-сушилках (53,2–66,5 кПа) при температуре 55–65 °С в течение 5–6 ч до влажности не более 14 %. Далее пектин измельчают и просеивают; выход продукта составляет 17–18%. Степень метоксилирования не менее 35 %, содержание ацетильных групп не должно превышать 0,5 %.

Соли поливалентных металлов обладают большим осаждающим действием, т. к. нейтрализуется отрицательный заряд и образуется нерастворимая соль полиуроновой кислоты. Товарный свекловичный пектин имеет вид однородного серого порошка со слабокислым вкусом с содержанием пектина не менее 70%; степень метоксилирования продукта должна быть не менее 35 %; содержание золы — не более 3,5 %. Водный

раствор пектина (1 %) имеет рН от 3,0 до 3,8. Горячий раствор, содержащий 1 % пектина и 70 % сахара, должен давать по истечении 15–30 мин после отливки в формы прочный студень.

Характеристика полученных различными способами пектиновых веществ приведена в табл. 2. Из 10 т жома (8,7 т СВ) получается 55 м³ экстракта с содержанием ПВ 2,0–2,2 % или 1,1 т пектина (расход 96% этанола — 110 т), а из 10 т сухого жома — 1,26 т пектина. На 1 т пектина расходуется 2,27 т HCl или 22,7 т 10% HCl и 100 т 96% этанола.

Таблица 2.

Характеристика пектиновых веществ, полученных из свежего жома сахарной свеклы [56]

Параметры опыта	1	2	3	4
Гидролизующий реагент	HCl	HCl	SO ₂	SO ₂
рН	0,7	1,0	2,0	2,0
Температура, °С	40	70	70	60
Продолжительность, ч	22	2	12	12
Гидромодуль	6	6	6	6
Уронидная составляющая, %	74,4	85,8	83,0	82,0
Метоксильные группы, %	5,35	6,6	6,0	5,8
Ацетильные группы, %	0,85	0,86	0,85	1,1
Молекулярная масса, Да	30 · 10 ³	35 · 10 ³	40 · 10 ³	35 · 10 ³
Крепость желе, кПа	70,66	55,99	70,66	53,33

Примечание. На 1-й и 2-й стадиях осаждение пектина осуществляли этанолом, на 3-й — хлоридом алюминия, на 4-й — ацетоном.

Для улучшения качества предложено обрабатывать пектиновый экстракт ионообменными смолами (катионитом КУ-2 и анионитом АВ-17), при этом

снижается содержание балластных веществ и увеличивается содержание чистого пектина, немного повышается комплексообразующая и студнеобразующая способность [63].

Переработка нетрадиционного сырья. Увеличить ресурсы студнеобразователей можно за счет использования нетрадиционных источников (табл. 3).

Таблица 3.

Основные технологические параметры получения пектинов
из нетрадиционного сырья

Параметры	Виноградные выжимки	Кора хвойных деревьев	Корзинки под солнечника	Створки хлопковых коробочек	Кормовые арбузы
Экстрагент	Раствор HCl	0,5% оксалат аммония	0,4% раствор HCl	Раствор щавелевой кислоты	Раствор HCl
pH	1,1	—		1,5	0,88–0,90
ГМ	5	30	15–16	7	30
Температура, °C	70	100	80	75–80	70
Продолжительность, мин	320	—	60–90	60–70	360
Осадитель	Этанол		AlCl ₃	AlCl ₃	CaCl ₂
pH			3,4–3,8	5,0–5,5	4,5–4,7
Выход, масс. %	4,1–6,6				
Студнеобразующая способность, кПа	59,8–66,5		26,6–39,9		
Степень этерификации			36–60		
Ацетильное число			1,3–3,2		

Трава амаранта в народной медицинской практике используется как общеукрепляющее, кровоостанавливающее и тонизирующее средство при

нарушениях мочеполовой системы, энурезах, запорах, геморрое, при колитах, кишечных коликах, кровохарканьи, сильных менструациях и геморроидальных кровотечениях. Масло из семян амаранта широко используется для профилактики и лечения таких заболеваний как гастрит, язва желудка и двенадцатиперстной кишки, гастродуоденит, колит, энтероколит, холангит, цирроз, холецистохолангит, холецистит, алкогольный и вирусный гепатит, жировой гепатоз – стеатоз печени, панкреатит, а также варикозное расширение вен, инфаркт, инсульт, артериальная гипертония, ишемическая болезнь, стенокардия, воспалительные заболевания сердца и кровеносных сосудов, перикардит, миокардит, эндокардит, васкулит, диабетической ангиопатии и др.

Противопоказания и побочные действия. На начальных этапах употребления масла амаранта возможны тошнота и головокружение, связанные с активным насыщением организма кислородом. Противопоказанием к применению амарантового масла является индивидуальная непереносимость. Перед употреблением масла необходима консультация врача при наличии острых и хронических заболеваний панкреатитом, холециститом, а также желче- и мочекаменной болезнью.

Классификация. Амарант или щирица (лат. *Amaránthus*) – самый известный род однолетних трав (в большинстве случаев) семейства амарантовых (лат. *Amaránthaceae*) широко распространенных в субтропиках и тропиках (преимущественно в Америке и Африке), реже в теплоумеренных и умеренных поясах как адвентивные (заносные) растения. По разным данным в России произрастает 12-15 видов амарантов, при этом большая их часть относится к злостным сорнякам. Из них в Средней России известны 4 вида, занесенных из Северной Америки: Амарант белый – *Amaranthus albus* L., Амарант жминдовидный – *Amaranthus blitoides* S.Wats., Амарант голубоватый – *Amaranthus blitum* L., Амарант запрокинутый – *Amaranthus retroflexus* L.

Ботаническое описание. Амаранты – в большинстве случаев однолетние или многолетние травянистые растения высотой 15-80 см. Все растение окрашено в зеленый, либо в пурпурно-красный цвет. Некоторые виды (амарант запрокинутый) с корнеплодами. Листья очередные, цельные, без прилистников, ромбовидные, ланцетовидные или яйцевидные. Листовая пластинка у основания вытянута в черешок, верхушка с выемкой и небольшим острием. Верхние листья имеют очень короткие черешки, нижние длинночерешковые, при этом первые не затеняют нижние листья, так как черешки у них растут до тех пор, пока листовая пластинка не выйдет из тени верхних листьев. Цветки мелкие, обычно актиноморфные (правильные), безлепестные, скрыты среди заостренных зеленых прицветников, обоеполые. Встречаются однодомные и двудомные виды. Пазушные цветки в небольших клубочках, верхушечные собраны в густые колосовидные метельчатые соцветия. Чашечка из 5 (1-4) обычно сухих и пленчатых чашелистиков или без них. Тычинок 5. Гинецей из 2-3 (4) плодолистиков. Формула цветка: *K5C0A5G(2-3).

Плод – орех, реже коробочка. Семена многочисленные, довольно мелкие, гладкие, в прочной кожуре, хорошо приспособлены к выпадению из плода (явление барохории) и разносу с почвой. Каждый из хорошо развитых экземпляров дает сотни тысяч семян.

Распространение. Родина амаранта – Южная Америка, где растет наибольшее количество его видов, разновидностей и форм. Оттуда он был завезен в Северную Америку, Индию и другие места. Вторичным центром формообразования стали Северная Индия и Китай, где в настоящее время обитает большое количество видов амаранта.

Заготовка сырья. Заготовку сырья проводят разными способами. Собирают амарант в конце лета после окончания цветения, чтобы он был достаточно зрелым. Но существуют виды, которые нужно собирать зимой. В домашних условиях семена необходимо вручную извлечь из коробочек, в промышленных – уборка осуществляется с помощью комбайна. Цветки и

стебли амаранта замораживают, сушат или квасят как обычную капусту. При сушке некрупно разрезанные куски растения укладывают небольшим слоем в хорошо проветриваемом месте, иногда помешивают, либо листья амаранта собирают в маленький пучок, подвешивают и сушат (если растение крошится, то оно высохло). При необходимости сохранения большого количества полезных веществ, растение также некрупно режут, кладут в холодильник. Хранят высушенное сырье в невлажном, затемненном и вентилируемом помещении в подвешенном состоянии. При замораживании букетиками, моют и высушивают пучки амаранта, кладут в пакетики, затем в морозильную камеру. Замороженные части растения хранят не более года до потери сырьем полезных свойств. Маринуют тоже двумя способами, для первого – изготавливают рассол (соль и сахар), для второго (сухого) метода – букетики просто засыпают солью и укладывают в емкости.

Химический состав. В настоящее время амаранты считают кладовыми здоровья, поскольку они содержат большое количество ценных веществ.

Амарант содержит рекордное количество белка (16–18%), антиопухолевого вещества – скваленадо 10 % и незаменимых аминокислот (лизина в 30 раз больше, чем в зерновых культурах), а также полинасыщенные жирные кислоты (олеиновая, линолевая, линоленовая), клетчатку (14 %), протеин (18 %), сахар (18 %), жир (5–6 %), крахмал (55–62 %), пектины. Амарант также богат минеральными веществами (железо, фосфор, калий, кальций, магний). Отмечено высокое содержание витамина Е, витаминов группы В, желчных кислот, фосфолипидов, стероидов и фитостероидов. В листьях и стеблях амаранта обнаружено 18 стеролов. Листья также содержат витамины (С, Е), углеводы, флавоноиды (кверцетин, трефолин, рутин). Семена амаранта по содержанию белка, органических соединений, масла, клетчатки и особенно аминокислоты лизина ушли далеко от большинства зерновых культур.

Фармакологические свойства. Содержащиеся в амаранте полинасыщенные жирные кислоты Омега-6 положительно влияют на

холестериновый обмен, предупреждают развитие атеросклероза; витамин Е – мощный антиоксидант, задерживает старение и предупреждает сердечно-сосудистые заболевания, уменьшает образование тромбов и холестериновых бляшек, укрепляют миокард; сквален повышает устойчивость организма (иммунитет) к различным заболеваниям, защищает клетки от радиации и злокачественного перерождения, а также защищает кожу от воздействия вредных веществ и предотвращает развитие кожных раковых опухолей, обеспечивает ее увлажненность, замедляет старение кожи, способствует насыщению организма большими порциями кислорода. Провитамин А, витамины Е, Д, полиненасыщенные жирные кислоты и другие вещества масла замедляют процесс раннего старения кожи и способствуют омоложению кожного покрова. Амарант – идеальное средство для восстановления организма после химиотерапии.

Применение в народной медицине. Амарант издревле применяют для лечения многих болезней. В народной медицине амарант интересен как источник многих целебных веществ, его употребляют при заболеваниях сердца, желудочно-кишечных инфекциях, экземе, псориазе, дерматитах, эрозиях, эндометриозе, колитах, наружно - при грибковых заболеваниях. Настой амаранта применяют для лечения болезней почек и печени, а также при энурезе и воспалениях мочеполовой системы. Сок из свежих листьев амаранта употребляют при болях в желудке, гастрите, сахарном диабете. Настойку из сушеных семян и листьев амаранта применяют для профилактики гриппа и простуды. Ванну из амаранта принимают для лечения болезней кожи, при аллергиях, диатезе, сыпи. Масло из семян амаранта применяется для лечения ожогов, пролежней, укусов насекомых, шрамов. Пророщенные семена амаранта используют для лечения онкологических заболеваний. Сок и настойку амаранта можно применять в качестве противоопухолевого средства как внутрь, так и наружно. Отвар корней амаранта употребляется против риктши и желтухи. Отвар корней и семян также употребляют при дизентерии. При воспалениях слизистых

оболочек ротовой полости используют сок амаранта в пропорции 1:5 для полосканий. Для омоложения организма и удаления вредных веществ из него, принимают в равных частях сбор трав амаранта, зверобоя, березовых почек, ромашки лекарственной. В китайской медицине амарант используют для борьбы с опухолями и замедления процесса старения.

1.4. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ КАЧЕСТВА АМАРАНТА

Из всех известных в мире культур лишь около 20 используются человечеством для получения достаточного объема калорий и белка. Наибольший вклад в обеспечение человека пищей вносят пшеница, кукуруза, просо, сорго, картофель, батат, маниока, фасоль, соя, земляной орех, сахарный тростник, сахарная свекла, бананы. Однако это только малая часть из известных съедобных растений. Их включение в пищевой рацион необходимо для разнообразия и обогащения пищи. Именно к таким культурам относится амарант. Известно 60 видов рода *Amaranthus* (семейство *Amaranthaceae*), большинство из них считаются сорными растениями, 12 видов окультурены и используются как овощные, зерновые, кормовые и декоративные растения.

Амарант - это однолетнее пурпурно- или желто-зеленое травянистое растение, высота которого может достигать 2,5-4 м (рис. 1). Метелка в зрелом состоянии имеет длину 30 см и диаметр 15 см. Вес одной метелки доходит до 1 кг (рис. 2). Семена амаранта очень малы, подобно песчинкам, а число их огромно (до 500 тыс. в одной метелке). Зерновой амарант дает семена, по характеристикам и свойствам сходные с зерном злаков, однако, поскольку он не принадлежит к семейству злаковых, его называют псевдозлаком. Среди зерновых видов наиболее изучены *A. cruentus* L., *A. hypochondriacus* L., *A. caudatus* L., поскольку именно их в основном используют в пищу.

Семена амаранта содержат в среднем 15-17% белка, 5-8% масла и 3,7-5,7% клетчатки, что выше, чем у большинства зерновых культур (для сравнения: содержание белка у кукурузы составляет 10-12,6%, жиров - 4,6-

6,7, у риса белок - 8, жиры - 1,1, у пшеницы белок - 9-14, жиры - 1,1-3,4%). Из-за значительного содержания аминокислоты лизина, которого в белке амаранта в два раза больше, чем у пшеницы, и в три раза больше, чем у кукурузы и сорго, и даже сопоставимо по количеству с соей и коровьим молоком, качество белка амаранта считается очень высоким. Как известно, лизин является ценной незаменимой аминокислотой, так как в животных тканях он не может синтезироваться, и человек и животные получают его только из растений. Если оценить идеальный белок (близкий к яичному) в 100 баллов, то молочный белок казеин будет иметь 72 балла, соевый - 68, пшеницы - 58, кукурузы - 44, а амаранта - 75 баллов.

Семена амаранта являются также источником для производства масла и сквалена. Сквален - это углеводород, производное изопрена, предшественника тритерпенов и стероидных соединений. Его содержание в масле амаранта составляет 8%. Он может использоваться для производства стероидных гормональных препаратов, для профилактики онко- и кардиозаболеваний, для косметических целей. Масло амаранта отличается высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот по сравнению с насыщенными, что приближает его по качеству к облепиховому. Кроме того, в семенах содержится много токоферола (витамина E), обладающего антиоксидантным действием. Токоферолы можно использовать, в частности, как лекарство для снижения холестерина в крови. Зерно амаранта в отличие от других зерновых содержит очень мало глютенинов. Это важно для питания тех, кто обладает повышенной чувствительностью к зерновым из-за отсутствия у них ферментов, гидролизующих глютелин, и поэтому нуждаются в аглютениновой диете. Углеводный компонент крахмала семян интересен тем, что его гранулы очень малы и удобны для использования в аэрозолях в качестве наполнителя в пищевых продуктах или заменителя талька для производства косметических средств.

Семена амаранта в виде муки, имеющей запах ореха, или крупы могут быть использованы как пищевые (5-20%) добавки для производства многих

диетических продуктов: каш, хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий. Эта продукция полезна для больных сердечно-сосудистыми заболеваниями и раком, для работающих в экологически вредных условиях среды, а также для всех желающих сохранить свое здоровье.

Овощной амарант как листовая овощная культура особенно широко распространен в Индии, Китае, странах Африки. Показано, что 150-200 г листьев амаранта эквивалентны по качеству 1 кг помидор или огурцов. В листьях амаранта накапливается до 29% в расчете на сухую массу высококачественного белка. Наибольшего содержания белок достигает к 60-му дню после появления всходов, однако, исходя из количества и качества различных веществ, уборку рекомендуют производить через 45 дней. В листьях амаранта содержится гораздо больше, чем во многих овощных и бахчевых культурах, аскорбиновой кислоты и каротина (68 и 5,7 мг на 100 г сырой массы соответственно). Больше витамина С (в расчете на 100 г сырой массы) накапливают только такие культуры, как лук (от 35 до 95 мг), хрен (от 98 до 153 мг), сельдерей (от 18 до 180 мг), петрушка (от 58 до 290 мг) и шпинат (от 37 до 178 мг). Из зеленых частей амаранта готовят салаты или используют их для гарниров, добавок к соусам и т.п. Листья можно подвергать сушке, и полученный листовый концентрат добавлять в различные блюда как для улучшения их качества, так и с профилактическими целями.

Кормовой амарант в виде зеленой массы или зерна используют для получения качественного корма, силоса, в производстве витаминной муки и гранул. Зеленую массу хорошо поедают все домашние животные. Амарантом кормят уток, кур, кроликов, свиней, коров. Введение в рацион амаранта способствует увеличению поголовья, повышению количества и качества продукции и снижению ее себестоимости. Урожайность амаранта составляет 35-60 ц/га зерна и максимально до 2000 ц/га биомассы. Важно также, что для посева требуется всего 0,5-1 кг семян на 1 га. Для посева же пшеницы необходимо 200 кг, а кукурузы - 50 кг зерна на 1 га.

С помощью амаранта можно повысить плодородие почвы. При скашивании и последующем запахивании он может служить прекрасным сидератом - зеленым органическим удобрением. Нельзя не упомянуть и о возможности использования амаранта в декоративных целях, поскольку его пышные, ярко окрашенные в красный или желтый цвет соцветия очень красивы.

1.5 ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АМАРАНТА

Своеобразие амаранта определяется в значительной степени типом его фотосинтеза. Подобно кукурузе, сорго, просо, сахарному тростнику, амарант обладает C4-путем фотосинтеза. Вместе с тем в отличие от перечисленных растений, которые представляют собой малатные формы, амарант относится к аспартатным представителям C4-растений, так как первичными продуктами фотосинтеза у него являются дикарбоновые четырехуглеродные аминокислоты, к которым относится аспарагиновая кислота. Аспартат - исходное соединение для образования лизина, высоким содержанием которого отличается амарант. Как C4-растение, то есть растение тропического происхождения, амарант характеризуется большой скоростью фиксации углекислоты в расчете на единицу поверхности листа, быстро растет и развивается, обладает мощной продуктивностью при условии высокой инсоляции и температуры [1].

Листья C4-растений содержат два типа хлоропластов: хлоропласты обычного гранального вида в мезофильных клетках и большое количество крупных хлоропластов, обладающих или мелкими гранами или совсем не имеющих их, - в клетках, окружающих проводящие пучки (обкладка) [2]. CO₂, диффундирующий в лист через устьица, попадает в цитоплазму клеток мезофилла, где при участии фосфоенолпируват (ФЕП)-карбоксилазы взаимодействует с ФЕП, образуя четырехуглеродную щавелевоуксусную кислоту (ЩУК) или оксалоацетат (рис. 3). В присутствии аммиачной формы азота ЩУК в цитоплазме превращается в аспартат, что характерно для амаранта. Затем аспартат переносится в митохондрии клеток обкладки, где

дезаминируется, а образовавшаяся ЩУК восстанавливается до малата (яблочной кислоты), последний декарбоксилируется до пирувата и CO_2 . Углекислота поступает в хлоропласты, взаимодействует с рибулозобисфосфатом (РБФ) и включается в основной С3-путь фотосинтеза - цикл Кальвина. Пируват же аминируется с помощью аминотрансфераз в цитоплазме клетки обкладки, и образующийся при этом аланин перемещается обратно в хлоропласты клеток мезофилла, где после дезаминирования образует пируват. Последний в результате взаимодействия с АТФ и ГТФ может снова превращаться в первичный акцептор углекислоты - ФЕП.

Такое пространственное разделение процессов позволяет растениям с С4-путем фотосинтеза осуществлять фиксацию углекислоты даже при относительно закрытых устьицах, поскольку хлоропласты клеток обкладки используют малат (или аспартат), образовавшийся ранее, в качестве доноров углекислоты. Фиксация CO_2 с участием ФЕП и образованием малата или аспартата служит своеобразным насосом для поставки CO_2 в хлоропласты обкладки, функционирующие по С3-пути.

ФЕП-карбоксилаза обладает большим сродством к углекислоте, благодаря чему способна интенсивно использовать CO_2 даже при его низких концентрациях, что происходит при полужакрытых устьицах. Интересно, что и сопротивление мезофилла диффузии CO_2 у С4-растений значительно меньше: оно составляет 0,3-0,8 см/с, в то время как у С3-форм - 2,8 см/с [1].

Кроме того, ФЕП-карбоксилаза отличается более высоким температурным оптимумом по сравнению с РБФ-карбоксилазой - основным ферментом С3-пути (30-45° по сравнению с 15-25°), что обеспечивает высокую интенсивность фотосинтеза С4-растений при повышенных температурах. Амарант, в частности, способен фотосинтезировать даже при температуре выше 50°C. Минимальные температуры, при которых начинается фотосинтез у амаранта, 12-15°C.

Светонасыщение С4-фотосинтеза также происходит при более высоких значениях интенсивности света, чем у С3-растений. Так, у С3-растений интенсивность фотосинтеза перестает увеличиваться при 50% от полного солнечного освещения, то есть при 950 Вт/м², в то время как у С4-форм этого не происходит. Такие особенности С4-растений, в том числе у амаранта, объясняют высокую интенсивность их фотосинтеза и продуктивность при повышенных температуре и освещенности. Показано, что С3-растения ассимилируют на полном солнечном свете CO₂ со скоростью 1-50 мг/дм² " ч, а С4-растения - со скоростью 40-80 мг/дм² " ч [1]. Высокая потенциальная продуктивность амаранта может быть реализована именно при полном солнечном освещении и высокой температуре.

Выяснение механизма фотосинтеза С4-растений делает понятным и еще одну особенность физиологии амаранта - высокую засухо-, термо- и солеустойчивость. Некоторые исследователи считают даже, что возникновению С4-фотосинтеза способствовали ксероморфные, то есть засушливые, условия окружающей среды [1]. Выше отмечалось, что у С4-растений фотосинтез может осуществляться и при почти закрытых устьицах. Закрывание устьиц на наиболее жаркое время дня сокращает потери воды за счет транспирации (испарения). Однако эффективность использования воды, то есть отношение массы ассимилированного CO₂ к массе воды, израсходованной при транспирации у С4-растений, может быть вдвое выше, чем у С3-растений. Понятно поэтому, что С4-растения имеют преимущество перед С3-растениями в засушливых местах обитания благодаря высокой интенсивности фотосинтеза даже при закрытых устьицах.

Основная причина пониженного расхода воды С4-растениями состоит в том, что их устьица оказывают высокое сопротивление диффузии газов, причем при подвядании листьев и сжатии устьиц оно многократно возрастает для паров воды и в меньшей степени для CO₂. Низкая величина сопротивления диффузии клеток мезофилла для CO₂ при более высоком сопротивлении устьиц для H₂O благоприятствует повышению

интенсивности фотосинтеза при пониженной транспирации у С4-растений. Что касается амаранта, то он регулирует транспирацию активными движениями замыкающих клеток устьиц, более или менее плотно замыкая их в полуденные часы. Опасность перегрева листьев ему практически не угрожает из-за высокой термоустойчивости. Не снижается и интенсивность фотосинтеза, но расход воды значительно сокращается, что сказывается на высокой эффективности использования им воды [3].

Максимальная продуктивность амаранта обуславливает особую требовательность его к минеральному питанию [3]. По потребности в питательных веществах амарант значительно превосходит даже кукурузу, тоже относящуюся к С4-растениям. Средний вынос минеральных веществ в расчете на 100 ц зеленой массы составляет: по азоту 25-30 кг, калию 75-85, фосфору 18-22, кальцию 35-40, магнию 16-18 кг. Исходя из этих потребностей амаранта определяют конкретные дозы удобрений. Урожай зерна достигает 60 ц/га при внесении в почву не менее 200 кг/га азота.

Исследование взаимодействия между элементами минерального питания и функционированием С4-пути углерода показало, что эффективность использования азота С4-растениями выше, чем С3-формами [4]. С4-растения характеризуются более высокой скоростью фотосинтеза и образования биомассы на единицу азота в листе. Большая эффективность использования азота у аспартатных форм С4-растений может определяться наличием тесной связи ассимиляции CO₂ с биосинтезом аминокислот [4]. Быстрому перемещению соединений азота способствует взаимодействие клеток мезофилла и обкладки, которое обеспечивает ассимиляцию не только углерода, но и азота, а также функциональную сопряженность этих процессов [3].

Различия в ответных реакциях на форму минерального азота также могут быть обусловлены принадлежностью растений к С3- или С4-типу фотосинтеза. При выращивании С4-растений исключительно на аммонийной форме азота интенсивность фотосинтеза снижается примерно на 300% по

сравнению с растениями, выращенными на нитратах, вследствие ингибирования активности основных ферментов C4-цикла [4]. При использовании в качестве единственного источника азота аммония растения амаранта, кукурузы, проса значительно отставали в росте и развитии в течение всего онтогенеза от растений, находившихся на нитратах. Однако количество белкового азота и свободных аминокислот на аммонийном удобрении возрастало. Отмечено также, что в листьях кукурузы, выращенной на аммонии, происходило переключение потоков углерода при фотосинтезе с образования органических кислот и углеводов на синтез аминокислот и белков, то есть происходило превращение кукурузы из малатной формы в аспартатную [4].

При интенсивном использовании амарантом нитратной формы азота возникает опасность чрезмерной аккумуляции нитратов в его биомассе, особенно в стеблях. Поэтому важно применение оптимального сочетания различных источников азота в удобрениях, а также внесение других минеральных элементов, в частности калия и фосфора. Очень важно, что амарант активно поглощает также тяжелые металлы, радионуклиды, пестициды. Оказалось, что амарант настолько интенсивно накапливает и концентрирует эти вещества в тканях, что его можно использовать для ликвидации локальных загрязнений почв.

Подобным же образом возможно применение амаранта в фитомелиоративных целях. Для некоторых видов амаранта характерна выносливость к хлористому натрию: NaCl в концентрации до 10 мМ стимулирует рост и повышает продуктивность этих растений. Интенсивно поглощая NaCl из засоленных почв, амарант тем самым может эффективно улучшать их режим. Например, засоленные в результате поливного земледелия почвы удастся рекультивировать с помощью 2-3-летнего возделывания амаранта в такой степени, что они оказываются пригодными для возделывания пшеницы.

Наряду с хорошо изученной способностью амаранта приспосабливаться к недостатку влаги и засолению в последние годы получены данные об адаптации некоторых видов амаранта к избытку влаги. Эти работы были предприняты в связи с необходимостью расширения областей культивирования амаранта, в частности выявления видов, способных расти в условиях северо-запада России, для которых характерны периоды временного переувлажнения и затопления почвы, сопровождаемые кислородной недостаточностью.

Сравнительная оценка различных видов амаранта на устойчивость к затоплению показала, что из трех изученных видов амаранта: *A. cruentus* L., *A. edulus* L., *A. caudatus* L. - наиболее устойчивым к данному воздействию оказался *A. cruentus* L. [5]. Он выдерживал почти без снижения продуктивности две недели затопления, и даже через три недели растения еще были далеки от гибели. Неустойчивый же вид амаранта (*A. edulus* L.) погибал уже через неделю пребывания в таких условиях.

Интересно, что *A. cruentus* L. проявил себя способным адаптироваться не только к недостатку кислорода, но и к избытку ионов H^+ , то есть он лучше развивался на кислых почвах. Повышенная же кислотность является сопутствующим фактором при переувлажнении и затоплении почв.

В заключение следует подчеркнуть, что возделывание амаранта и использование его продукции в пище, в виде кормов, лекарств в настоящее время представляются жизненно необходимыми. Серьезное внимание следует обратить на экологическое значение этой культуры не только как источника диетических и экологически чистых продуктов, но и в связи с возможностью очистки и облагораживания с ее помощью почв. Обладающая высоким адаптационным потенциалом культура амаранта приобретает особое значение в настоящее время, когда экологическая ситуация на Земле существенно осложнилась из-за антропогенной деятельности человека.

1.6. Характеристика семян амаранта, особенности их химического состава и биохимических свойств

Амарант биологи мира называют "Кладовой белка", "Открытием века", а также "Культурой настоящего и будущего". Но в славянском мире упоминания об этом чудесном растении встречаются с давних времен. Наши предки знали о его полезных свойствах и активно употребляли его в пищу. Только название у него раньше было другое - царское просо. Из семян Амаранта наши бабушки и дедушки делали муку и пекли хлеб, а также изготавливали знаменитую Полбу.

В своих реформах Петр 1 запретил выращивать Амарант и употреблять амарантный хлеб, являвшийся ранее основной пищей русского человека, чем положил начало уничтожению долгожительства на Руси.

Сейчас Амарант выращивается практически во всех 50 штатах США. Американский институт амаранта и 23 научно-исследовательских института в США и Канаде занимаются изучением этой культуры и внедрением его в пищевую промышленность. Правительством США финансируются специальные программы по амаранту. Все это позволило к концу 80-х годов начать промышленное производство продуктов из амаранта. Сейчас на полках диетических магазинов США можно увидеть до 30-ти наименований продуктов с добавкой из амаранта, от хлеба и конфет до мяса, выращенного на амарантовых кормах. Такое мясо стоит на 25% дороже обычного. Работы с амарантом проводятся и в других странах, таких как Китай, Индия, Австралия.

На сегодняшний день особенно актуальным является практическое приложение полученных результатов в хлебопекарной, кондитерской промышленности, в производстве продуктов диетического, лечебно-профилактического назначения, в производстве продуктов детского питания, в химико-фармацевтической, в парфюмерно-косметической, в масложировой и в комбикормовой промышленности. Такой широчайший спектр

приложения амаранта объясняется наличием во всех частях растения огромного количества биологически активных веществ.

Насчитывается около 65 видов Амаранта и его 850 видов, распространенных главным образом в субтропических областях земного шара. Некоторые из видов Амаранта относятся к древнейшим зерновым культурам. У Амаранта съедобны все части без исключения. Из муки Амаранта готовят кашу, лепешки, пирожные, освежающие напитки, а также жарят и едят как хлопья, которые по вкусу не уступают кукурузным.

Семена у растения очень мелкие, с маковое зернышко, блестящие и сжатые с боков, диаметром до 1-1,5 мм. Урожайность семян Амаранта - 2-3 тонны на гектар, а зеленой массы амаранта - 4-4,5 тонны на гектар в течение 4-х недель. Срок возделывания культуры 3-4 месяца. За лето растение можно срезать два раза, и тогда с удвоенной энергией начинают расти и выбрасывать метелки многочисленные пасынки. Растение неприхотливо, растет быстро на любой почве.

Кроме того Амарант широко применяется в декоративном садоводстве из-за яркой окраски, необыкновенной формы соцветий, разнообразно окрашенной листвы. Наиболее известным видом является целозия - петушиный гребень, соцветие которого схоже с гребнем петуха и представлено большим количеством садовых форм: белой, желтой, розовой, багряной, ярко-красной, фиолетовой и даже пестрой окраски. Петушиный гребень был ввезен в Европу из Африки еще в средневековье, а в эпоху Возрождения широко культивировался в европейских садах. Листья и молодые побеги растения употреблялись в пищу, а из семян получали целозиевое масло.

История растения. Амарант культивируется более 6000 лет. Его употребление было распространено во всех индийских племенах, однако пика своей популярности амарант достиг во время процветания ацтекской цивилизации, как раз в момент прихода испанцев в начале XVI века. Ацтеки считали, что употребление зерен амаранта в пищу укрепляет дух и тело,

превращает нацию в сверхлюдей. А инки и майя использовали зерна амаранта в своем рационе как источник силы и энергии, необходимой им как для воинственных племен. Об этом растении говорили как о "золотом зерне бога", называли "мистическим зерном ацтеков". Зерно амаранта служило эквивалентом золота. Им можно было уплатить налоги в государственную казну. Государственные запасы зерна амаранта были настолько большими, что их хватило бы на несколько лет непредвиденных обстоятельств - засухи, войны или голода.

Известно о ритуальном использовании амаранта на главном празднике ацтеков в честь их военных богов. На площади сооружали большие фигуры из амарантовой муки и зерен кукурузы, смешанных с медом и соком агавы. В конце праздника жрецы ломали эти фигуры на части, как "мясо и кости богов", и раздавали верующим, которые с благоговением их вкушали. Потребление другой пищи в этот день было запрещено.

Когда цивилизация Европы пришла на землю Америки, культ амаранта был объявлен идолопоклонством, а само растение под страхом смерти запретили выращивать и употреблять. Оказывается, испанские конкистадоры активно уничтожали амарант, называя его "растением дьявола", так как он использовался в традиционной индейской религии для "изгнания злых духов". Амарант выжил только в изолированных горных долинах Латинской Америки.

В 20-е годы XX века ученые Национальной Академии наук США фактически заново открыли древнюю культуру, обнаружив в высокогорных районах Анд сохранившийся амарант. В 1972 году австралийский ученый, специалист по физиологии растений Джон Даунтон обнаружил, что зерна амаранта содержат гораздо больше белка, чем зерна пшеницы, кукурузы, риса и других зерновых культур. Так закончилась пора забвения, длившаяся несколько столетий. Человечество вспомнило об этой культуре, обладающей уникальным химическим составом, делающим его культурой универсального использования.

Теперь это чудесное растение с каждым годом завоевывает все большие территории на всех континентах. Амарант привлек особое внимание ученых после того, как выяснилось, что он принадлежит к растениям С. (четырёхуглеродного) типа и обладает особым типом фотосинтеза, который и объясняет колоссальные потенции продуктивности и роста. Он усваивает в 2-2,5 раза больше углекислого газа, чем другие растения этого же типа (кукуруза, сахарный тростник и т.п.).

Уникальный состав амаранта, обуславливающий его целебные свойства. Белки: количество содержащегося в растении белка почти вдвое больше, чем в пшенице. Его качество превосходит по составу белок молока. В амаранте не только высокое содержание протеина -16% (больше, чем во всех используемых в настоящее время кремах), но и наиболее сбалансированный аминокислотный состав. В сушеных листьях амаранта содержится до 29% белка;

Заменяемые аминокислоты - 13: Астрагиновая кислота, Аденин, Гуанин, Аланин, Аргенин, Глу-таминовая кислота, Гистамин, Пролин, Серии, Тирозин, Серото-нин, Орнитин, Пантетоновая кислота (витамин В₅), Производные заменяемых аминокислот: Пуриновые основания, Креатин, Гистамин, Пируват, Тиазол;

Незаменимые аминокислоты - 9: Валин, Гистидин, Изолейцин, Лизин, Метионин, Лейцин, Фе-нилаланин, Триптофан, Треонин; В 100 г белка амаранта содержится 6,2 г лизина - незаменимой аминокислоты, которой нет в таком количестве у других растений. При недостатке лизина пища просто не усваивается и белок "проходит" организм транзитом. По содержанию незаменимых аминокислот — треонина, фенилаланина, тирозина и триптофана структура амаранта приравнивается к белку женского молока. Амарант имеет наибольшее совпадение с теоретически рассчитанным идеальным белком. Для сравнения, коэффициент оценки к идеальному белку: амарант - 75, коровье молоко - 72, соя - 68, ячмень - 62, пшеница - 60, кукуруза - 44, арахис – 32;

Минеральные вещества в хелатных формах - кальций, железо, фосфор - в значительных количествах и другие микроэлементы. В амаранте содержится больше кальция, железа, магния, фосфора и калия, чем в молоке, и в три раза больше калия и железа, чем в пшенице;

Полиненасыщенные жирные кислоты: Линолевая, Пальмитиновая, Стеариновая, Олеиновая, Лино-леновая, Арахидоновая. Их содержание в липидах амаранта до 77%, причем 50% составляет линолевая кислота, из которой синтезируются в организме линолевая и арахидоновая жирные кислоты, и которая сама не синтезируется в организме и должна поступать с пищей;

Другие соединения: Рибофлавин (витамин В2), Токоферол (витамин Е), Тиамин (витамин В1), витамины группы Д, хлорофилл, холин, желчные кислоты и спирты, стероиды, фитостерины и сквалены. Листья амаранта являются источником каротинов. Содержание каротиноидов, в том числе - каротина и зеаксантина, колеблется у разных видов от 46 до 90 мг/100 г сухого веса. Максимального содержания каротиноиды достигают в период цветения.

Углеводы - 63%;

Пищевые волокна - превосходит овес;

СКВАЛЕН является основным компонентом человеческой кожи (секрет сальных желез человеческой кожи - до 12-14%). Это ближайшее по своему составу к человеческой клетке вещество, захватывающее кислород и насыщающее им ткани и органы нашего организма через простое химическое взаимодействие с водой. Кислород способствует более интенсивному перерабатыванию питательных веществ, недостаток которых является причиной возникновения и развития различных заболеваний. Дефицит кислорода и разрушение клетки, вызванное избытком оксидантов является основной причиной возникновения и распространения опухолей. Поэтому специалисты считают сквален антиопухолевым фактором. Сквален способен повышать силы иммунной системы в несколько раз, обеспечивая тем самым

устойчивость организма к различным заболеваниям. За счет того, что сквален входит в состав клеток кожных покровов, он легко всасывается и проникает внутрь организма.

Сквален является производным витамина А и при синтезе холестерина превращается в его биохимический аналог 7-дегидрохолестерин, который при солнечном свете превращается в витамин Д, обеспечивая тем самым радиопротекторные свойства (защита от радиации). Кроме того, витамин А значительно лучше всасывается, когда он растворен в сквалене, и, к тому же, ускоряет проникновение растворенных в нем веществ.

На сегодня установлены антиканцерогенный эффект, антимикробное и фунгицидное действие сквалена, одновременно способствуя нормализации тканевого дыхания. Впервые сквален был открыт в печени редкой глубоководной акулы. До сих пор масло акулы являлось одним из самых лучших и дорогостоящих продуктов на открытом рынке, которое содержит сквален, но только 1-1,5%. Масло амаранта содержит от 8% сквалена.

Глава II. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выделение пектиновых веществ из растительного сырья проводилось по нижеприведенной методике [4].

Навеску исходного сырья, в качестве которого использовались высушенные яблоки и апельсиновые корки, массой 5 г, помещали в колбу и заливали гидролизующей смесью (100 мл дистиллированной воды, подкисленной до $\text{pH}=1-2$).

В качестве кислот использовалась соляная и лимонная. Гидролиз проводился при температуре 37°C , время гидролиза варьировалось в диапазоне 1 - 5 часов. После чего смесь отфильтровывали, фильтрат упаривали при температуре 60°C . Пектиновые вещества осаждали 96%-ным этиловым спиртом в соотношении 1:1,5. Пектин отфильтровывали через бумажный фильтр, высушивали на воздухе и измельчали.

Изучались образцы *Amaranthus hypochondriacus* L., собранного в фазу цветения. Для проведения общего анализа по основным классам соединений использовались стандартные методики, приведенные в [7, 8]. Проводился анализ не только истовой, но и надземной части в целом. Для определения количества пектина использовался весовой метод (при осаждении спиртом) и колориметрический карбазольный метод с применением спектрофотометра КФК-3 [16].

В качестве экстрагентов использовались щавелевая кислота, щавелевокислый аммоний, оксиэтилидендифосфоная кислота (ОЭДФ) и вода. Перед извлечением пектинов растительный материал обрабатывают последовательно 96 и 82% растворами этилового спирта при температуре 80°C на водяной бане в течение 30 мин.

ГЛАВА 3. ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. ВЫДЕЛЕНИЯ ПЕКТИНА ИЗ AMARANTHUSL.

Пектиновые вещества широко распространены в природе: они встречаются в плодах, соках, корнях, стеблях большинства растений. Сырьем для получения пектина традиционно служат свекловичный жом, яблочные выжимки, корочки цитрусовых [1] и др.

Наибольшей ценностью по своей студнеобразующей способности обладают пектиновые вещества, выделенные из яблок (10–15% пектинов), корочек цитрусовых (20–35% пектинов), подсолнечника (15–25 % пектинов) и свеклы (10–20% пектинов). При правильном ведении технологических процессов они дают студни, обладающие необходимой прочностью.

Менее ценные в этом отношении пектины черной смородины, крыжовника, рябины, айвы, абрикоса, персика, сливы, клюквы. Они дают студни, обладающие меньшей прочностью.

Количественное содержание пектина в плодах и растениях колеблется в довольно широких пределах 0,8-28% к сухой массе растительного сырья. Желирующий пектиноводный концентрат, полученный из яблочных выжимок, содержит 10–16% сухих веществ, свекловичный жом содержит 10% пектина, но он имеет невысокое качество.

Пектины (Е 440) - сложные полисахариды. По существующей номенклатуре пектиновыми веществами называются встречающиеся в растениях производные углеводов, которые состоят из остатков D-галактуроновой кислоты, а их соли – нормальными или кислыми пектатами. Пектиновые кислоты, часть карбоксильных групп которых в различной степени этерифицирована и нейтрализована, называются пектинами.

Пектин широко применяется в различных областях народного хозяйства. Так, например, возможно использование пектина для технических целей: для шлихтования тканей, проклеивания бумаг, загустителей в косметике, производстве красок и т.д. [2].

Пектин применяют в медицине как средство для выведения из организма человека солей тяжелых металлов. Благоприятное воздействие оказывают пектиновые вещества против вредного влияния ионизирующих излучений. Кроме того, пектин применяется для приготовления заменителей крови.

Однако основное применение пектин находит в пищевой промышленности, где он используется в качестве загущающих веществ для производства джемов, желе, мармелада;

в хлебопечении – для предотвращения черствления хлебобулочных изделий; при производстве соусов и мороженого в качестве эмульгирующего агента;

для увеличения вязкости замутненных овощных соков, очень эффективно предотвращая распад суспензии;

для стабилизации кисломолочных продуктов [3];

при консервировании для предотвращения коррозии оловянных консервных банок и т. д.

Основные поставщики пектинов на мировом рынке – Herbstreith&Fox KG (Германия), Copenhagen pectin A.S. (Дания), New Foods Industry SPA (Италия), Obipektin A.G. (Швейцария), Pomosin GmbH (Германия), Sapa Dafa Associes (Франция) [4]. В настоящее время все сырье в Россию импортируют, цена пектина сегодня 13-14€ за 1 кг.

Учитывая, что в настоящее время производство пектина в России отсутствует, получение относительно дешевых пектиновых веществ позволило бы решить в какой-то степени эту проблему.

Несмотря на то, что пектин выделяют из традиционного сырья, для его получения может использоваться и нетрадиционное сырье.

Лист амарант может служить альтернативным источником получения пищевого пектина- дефицитного продукта для отечественной пищевой промышленности.

Изучались образцы *Amaranthus hypochondriacus* L., собранного в фазу цветения. Для проведения общего анализа по основным классам соединений использовались стандартные методики, приведенные в [7, 8]. Проводился анализ не только листовой, но и надземной части в целом. Для определения количества пектина использовался весовой метод (при осаждении спиртом) и колориметрический карбазольный метод с применением спектрофотометра КФК-3 [16].

В качестве экстрагентов использовались щавелевая кислота, щавелевокислый аммоний, оксиэтилидендифосфоновая кислота (ОЭДФ) и вода. Перед извлечением пектинов растительный материал обрабатывают последовательно 96 и 82% растворами этилового спирта при температуре 80°C на водяной бане в течение 30 мин.

В ходе проведенных нами исследований было установлено, что листья *Amaranthus hypochondriacus* L. содержат большое количество свободных сахаров, но это, в основном, спирторастворимые. Как и для всех листьев растений, для амаранта характерно высокое содержание белка (28,44%), сравнимое с чечевицей (28–30%) [9]. Но, помимо белкового азота, *Amaranthus hypochondriacus* L. содержит значительное количество небелкового N (89,5 мг/%). Также амарант характеризуется высоким содержанием целлюлозы и гемицеллюлозы (13 и 37%).

Данных о содержании пектиновых веществ в литературе представлено не было. Как известно, пектин очень трудно выделить в нативном состоянии, поэтому нами была проведена серия опытов по выделению пектиновых веществ из листьев и стеблей *Amaranthus hypochondriacus* L. при различных условиях экстракции с целью выявления оптимальных.

Применяемая нами схема получения пектиновых веществ из травы амаранта (рис. 1) не имеет принципиальных отличий от экстракции пектина из других растений [13–15]. Но в зависимости от выбора температурных

условий, подбора и концентрации экстрагента выход пектина может составлять от 0,18 до 5,60%.

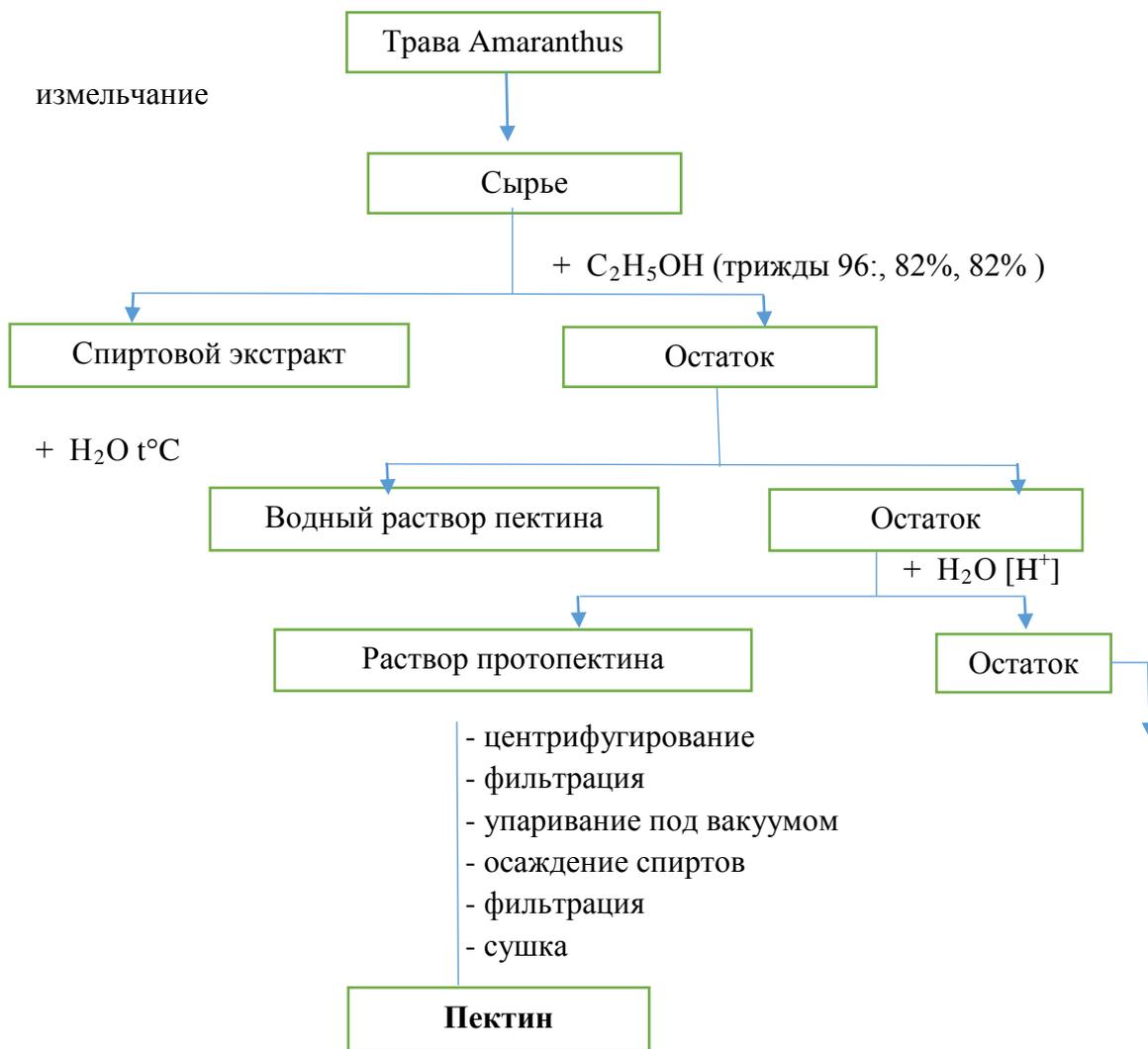


Схема выделения пектина из трав AmaranthusL.

В связи с этим представлялось целесообразным исследовать влияние температуры на выход водорастворимого пектина. Проведенный анализ показал (рис. 2), что при высокотемпературной экстракции происходит, по-видимому, укорочение цепочек пектиновых веществ.

Следовательно, наибольшее количество пектина перейдет в водный раствор при 100°C. Тогда как при 45 °C выход пектина незначителен.

Эксперимент проводился следующим образом. Брали две пробы измельченной травы *Amaranthus hypochondriacus* L. по 1 г, предварительно

обработанные этиловым спиртом для удаления пигментов и сахаров. Высушивали и приливали по 30 мл дистиллированной воды.

Полученный раствор выдерживали в течение 30 мин при 45 и 100 °С. Экстракты проверяли на содержание пектина карбазольным методом [16].

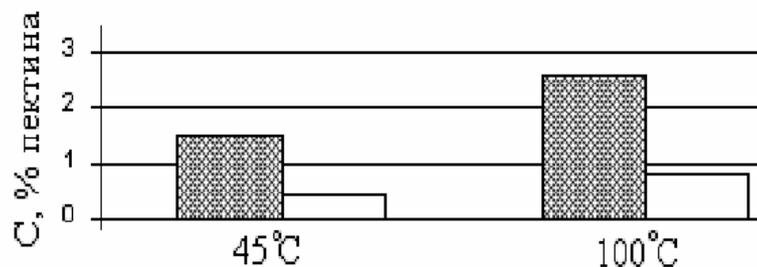


Рис. 2. Зависимость выхода водорастворимого пектина от температуры экстракции:  – листья;  – стебли

Следует сказать и о различиях в содержании водорастворимого пектина в стеблях и листьях растений. Так, даже при 45°С из стеблей козлятника, собранного в фазу цветения-плодоношения, выделяется 1,5% пектиновых веществ, в то время как листья при той же температуре дают 0,4%.

Такая же закономерность наблюдается и при 100°С. Из листьев выделяется 0,8%, а из стеблей -2,6%. Следовательно, количество водорастворимых пектиновых веществ в стеблях значительно выше, чем в листьях.

Поэтому для более полного выделения протопектина и наибольшего сохранения его первоначальной структуры траву *Amaranthus hypochondriacus* L. необходимо обрабатывать водой при 45°С. Что и подтверждается экспериментальными данными. Так, извлечение пектина 1% раствором оксиэтилидендифосфоновой кислоты (ОЭДФ) в течение 3 ч при 45°С, с предварительной обработкой 30 мл дистиллированной воды в течение 30 мин при 100 и 45°С, показало, что после обработки водой при 100°С количество пектина в стеблях выделенного ОЭДФ составило 0,8%, а после 45° – 1%. Что наглядно подтверждает вышеизложенное мнение.

Что касается протопектинов, то их количество в листьях, напротив, превосходит их количество в стеблях. Что подтверждается для любых условий. Нами была проверена зависимость выхода пектина из листьев козлятника от времени экстракции. Наиболее оптимальной оказалась экстракция в течение 2 ч. Такая же зависимость наблюдалась и для стеблевой массы (рис. 3).

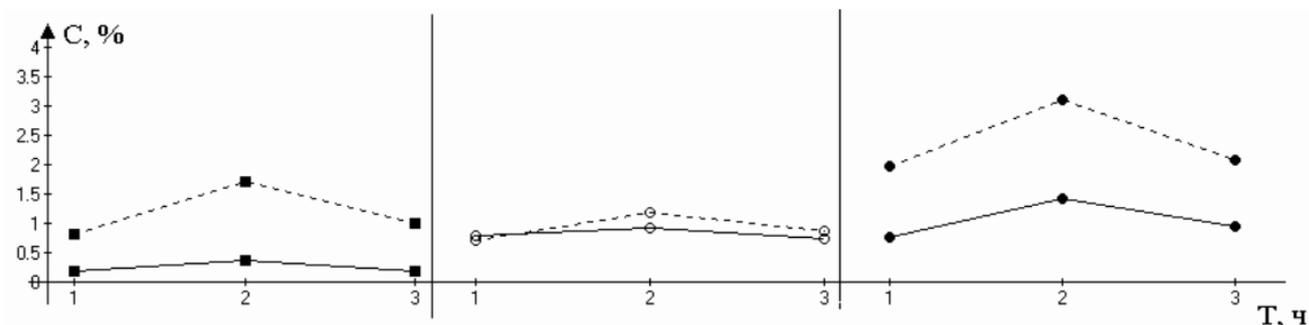


Рис. 3. Зависимость концентрации пектина от времени экстракции из стеблей и листьев для разных экстрагентов: -■- - - -■- – листья, щавелевокислый аммоний; -■- - - -■- – стебли, щавелевокислый аммоний; -○- - - -○- – листья, щавелевая кислота; -○- - - -○- – стебли, щавелевая кислота; -●- - - -●- – листья, ОЭДФ; -●- - - -●- – стебли, ОЭДФ

Как видно из рисунка 3, количество пектина, извлекаемого из листьев растворами щавелевокислого аммония, щавелевой кислоты и ОЭДФ, превосходит количество пектина, извлекаемого из стеблей теми же экстрагентами. Как и для листовой массы, для стеблевой части наиболее полное выделение пектиновых веществ наблюдается при двухчасовой экстракции.

Максимальное количество пектина из стеблей растений извлекается 1% раствором ОЭДФ кислоты (1,5%). Был проведен анализ зависимости выхода пектина из листьев от концентрации экстрагента, аналогичное исследование было проведено и для стеблей *Amaranthus hypochondriacus* L. (рис. 4).

Как видно из рисунка 4, зависимость выхода пектина от концентрации экстрагента для листьев и стеблей неодинакова. Для листьев наиболее

оптимальным экстрагентом является 1% раствор ОЭДФ кислоты. Выход в этом случае достигает 3,3%.

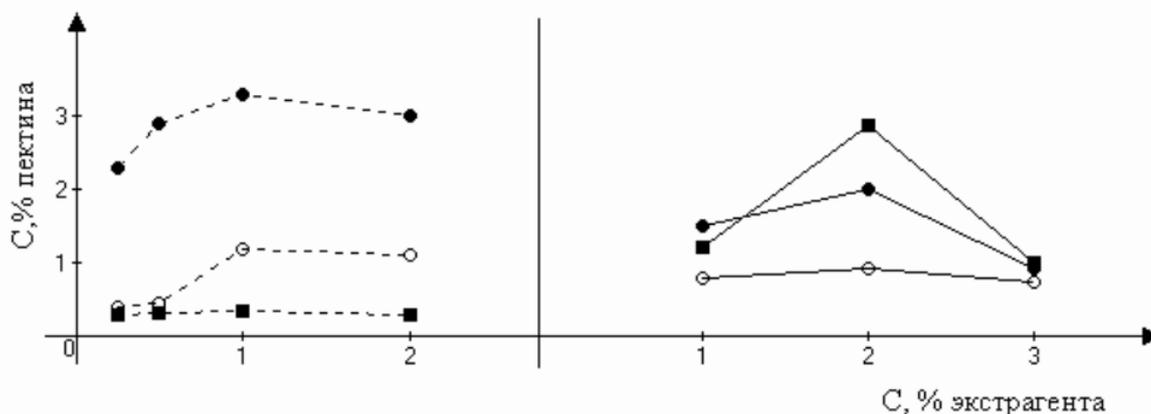


Рис. 4. Зависимость выхода пектина от концентрации экстрагента: -■-----■- – листья, щавелевокислый аммоний; —■—■— – стебли, щавелевокислый аммоний; -○---○- – листья, щавелевая кислота; —○—○— – стебли, щавелевая кислота; -●----●- – листья, ОЭДФ; —●—●— – стебли, ОЭДФ

При использовании раствора той же концентрации для извлечения пектинов из стеблей, концентрация последнего резко снижается до 1,5%. По данным нашего исследования, увеличение концентрации ОЭДФ до 2% повышает выход пектина до 2,0%. Для щавелевой кислоты и ОЭДФ кислоты наблюдается четкая закономерность - из стеблей при одних и тех же концентрациях извлекается меньше пектина, чем из листьев. В то время как щавелевокислый аммоний более пригоден для обработки стеблевой части (2,85%), чем листовой (0,35%).

Интересно, что максимальный выход пектина из стеблей козлятника наблюдается при использовании 2% растворов любых экстрагентов, тогда как для листовой части пик приходится на 1%.

Таким образом, в ходе проведенных исследований было установлено, что *Amaranthus hypochondriacus* L. отличается высоким содержанием как белкового (45,5 мг/%), так и небелкового азота (89,5 мг/%).

Свободные сахара в листьях галеги содержатся в значительном количестве (11%), но извлекаются только спиртовыми и водно-

спиртовыми растворами. При определении содержания пектиновых веществ фотометрическим методом [16] наилучшие результаты достигались при использовании 1% раствора ОЭДФ для листовой части, для стеблевой части оптимальным экстрагентом оказался 2% раствор щавелевокислого аммония монозамещенного. Экстракция проводилась в течение 2 ч при 45°C.

Компоненты брались в соотношении 1 г травы на 40 мл раствора. Для достижения наилучших результатов траву *Amaranthus hypochondriacus* L. до экстракции необходимо обрабатывать 96% и 82% этиловым спиртом при 80°C. и дистиллированной водой при 45°C. Максимальный выход водорастворимого пектина из листьев и стеблей составлял 0,8 и 2,6% соответственно. Наибольший выход протопектина из листьев и стеблей *Amaranthus hypochondriacus* L. составлял 3,3 и 2,85% соответственно.

Данные по наибольшему выходу пектина под действием разных гидролизующих агентом отражены в таблице 2.

Таблица 2.

Максимальный выход пектиновых веществ

Сорт амаранта	Гидро- лизирую щий агент	Время гидролиза, час	Масса полученного пектина, г	Выход, % (в расчете на содержание пектина в сырье)	Выход, % (в расчете на вес сырья)
A.hypochondriacus L.	соляная кислота	2	0,23	23	4,6
	лимонная кислота	5	0,25	25	5,0
A.caudatus L.	соляная кислота	2	0,12	15	3,0
	лимонная кислота	5	0,16	16	3,2
A.edulis L.	соляная кислота	2	0,25	25	4,3
	лимонная кислота	5	0,26	26	4,8

Максимальный выход пектиновых веществ из *A. hypochondriacus* L. (5%) наблюдается, когда в качестве гидролизующего агента используется лимонная кислота при времени гидролиза 5 часов. Наибольший выход пектина из *A.edulis* L. происходит в течение 5 часов (4,8%) также под действием органической кислоты.

3.2. Изучение антиоксидантных свойств амаранта (*Amaranthus hypochondriacus* L.)

В настоящее время установлено, что одной из основных причин опасных заболеваний является накопление свободных радикалов в организме человека (супероксидного радикала, пероксида водорода, гидроксила радикала и других). Свободные радикалы окисляют липиды биологических мембран, а перекисное окисление липидов (ПОЛ), приводит к развитию различных патологий в организме человека, к сердечнососудистым и онкологическим заболеваниям, к преждевременному старению, нейродегенеративным заболеваниям [61]. Концентрация свободных радикалов возрастает за счет снижения активности естественной антиоксидантной системы человека, связанной с воздействием различных факторов: радиации, УФ облучения, курения, алкоголизма, стрессов, инфекционных болезней, некачественного питания. Вредное воздействие на организм свободных радикалов можно уменьшить за счет употребления синтетических и растительных препаратов, биологически активных добавок, продуктов питания и напитков, обладающих антиоксидантной активностью.

Растения обладают достаточной устойчивостью к окислительным повреждениям, которые возникают при воздействии различных внешних факторов или при резком изменении физиологического состояния растения.

Это обусловлено существованием в растительной клетке эффективных защитных систем, основу которых составляют антиоксиданты. В современных условиях экологического стресса приобретает большое практическое значение использование растительного сырья для получения БАД и функциональных продуктов с антиоксидантной активностью.

Перспективным воспроизводимым растительным сырьем для производства функциональных продуктов питания и биологически активных добавок с антиоксидантными свойствами является амарант (*Amaranthus* L.).

Сейчас активно ведутся исследования по получению из амаранта лекарственных препаратов. По своим биологическим характеристикам он

может конкурировать с соей. Во всех частях амаранта содержится богатый комплекс биологически активных веществ, обладающих антиоксидантными свойствами, благодаря этому разработаны технологии комплексной переработки всей надземной части – семян и листьев [32].

Листовая масса амаранта содержит значительное количество биологически активных веществ: белка, аминокислот, микроэлементов, витаминов, пектинов, природных антиоксидантов: аскорбиновой кислоты, каротиноидов, сквалена, пигмента амарантина. Флавоноиды, входящие в состав листьев амаранта, обладающие антиоксидантной активностью, представлены рутином, кверцетином и трифолоном. Рутин, эффективный антиоксидант, содержится преимущественно в листьях амаранта, содержание его колеблется в зависимости от вида от 0,5 до 3,0%. Максимальное накопление рутина в листьях характерно для *Amaranthus hypochondriacus* L. [30-31].

В наших исследованиях были изучены условия для получения экстрактов из листьев *Amaranthus hypochondriacus* L. с высокой антиоксидантной активностью и возможность их использования при производстве функциональных напитков.

3.3 Определение оптимальных условий получения экстрактов листьев амаранта с высокой антиоксидантной активностью

Одним из основных требований к сырью, используемому для получения функциональных продуктов, является максимальное содержание в нем биологически активных веществ и антиоксидантов. Для обеспечения пищевой промышленности сырьем, обогащенным растительными антиоксидантами, представляет интерес изучение влияния способов и времени заготовки растительной массы амаранта на сохранение АОА.

Листья амаранта *Amaranthus hypochondriacus* L. собирали в начале июня в ювенильную фазу, в сентябре в фазу цветения и в фазу созревания семян. Был исследован химический состав листьев амаранта разных фаз развития (таблица 3).

Таблица 3.

Химический состав сушеных листьев амаранта

Содержание, %	Бутонизация	Цветание	Созревание семян
СВ	92,9±3,7	93,6±3,8	93,2±4,1
Азот	3,58±0,14	3,39±0,14	2,21±0,09
Белок	22,4±0,9	21,18±0,8	11,5±0,5
Жир	1,9±0,08	0,875±0,08	1,403±0,06
Сахара	1,5±0,06	1,68±0,07	2,55±0,1
Зола	19,7±0,7	20,7±0,8	21,8±1,2
Калий	3,80±0,15	3,43±0,13	3,12±0,1
Кальций	4,5±0,18	4,05±0,16	6,43±0,3
Фосфор	0,32±0,18	0,63±0,03	0,55±0,02
Каротин, мг/кг	83±3,3	50,0±2,1	38,5±1,5
Витамин С, мг/%	17,6±0,7	38,0±1,5	19,3±0,8
Рутин	2,18±0,9	2,45±1,1	1,83±0,07

Для листьев *Amaranthus hypochondriacus* L. показано высокое содержание белка и низкое содержание сахаров и жира, а также высокое содержание зольного остатка (19,7-21,8 % от СВ) и кальция (6,43-4,05% от СВ). Листья на стадиях бутонизации и цветения по сравнению с листьями стадии созревания семян содержат больше белка, а также веществ с антиоксидантной активностью – каротинов, аскорбиновой кислоты и рутина.

Определено, что в сушеных листьях амаранта, собранных в фазу цветения содержится рутина 2,45% , а в листьях фазы созревания семян – 1,83%.

Наши данные совпадают с результатами Гульшиной В.М., которая исследовала антиоксидантную активность и экстракты, полученные из них у 7 сортов *Amaranthus caudatus* и одного сорта *Amaranthus edulis*. Автором было показано, что максимальная АОА водных и водно-спиртовых экстрактов сушеных листьев амаранта отмечается в период цветения [47]. Исходя из полученных результатов, следует, что листья *Amaranthus hypochondriacus* L. фазы цветения являются предпочтительным сырьем с антиоксидантными свойствами для производства функциональных продуктов.

Проведены исследования по изучению влияния на показатели АОА экстрактов амаранта способов заготовки, экстракции и хранения [15, 26]. Для получения экстрактов (5%) использовали листья фазы цветения (свежесобранные, сушеные и замороженные), экстракты получали двумя методами - ГОСТ 1938-85 и способом получения настоев (ГФ XI).

Экстракцию проводили водой и путем мацерации 40%-ным водно-спиртовым раствором. АОА экстрактов определяли вольтамперометрическим методом (таблица 4).

Таблица 4.

АОА экстрактов листьев амаранта (стандарт – кверцетин, мг/л)

Вид сырья	АОА экстрактов (ГОСТ)	АОА экстрактов (ГФ)
Свежие листья	383,2±6,2	525±12,3
Замороженные листья	323,3±4,5	446,5±8,4
Сушеные листья	219±5,0	241±5,8

Установлено, что все экстракты, полученные по методу ГФ, имели АОА выше АОА экстрактов, полученных по ГОСТ 1938-85, из свежих листьев – на 27%, из замороженных – на 28% , из сушеных – на 9%. Максимальное значение АОА имел экстракт из свежих листьев. АОА экстракта из

замороженных листьев была ниже на 8,5%, из сушеных листьев – ниже на 46%. Показана целесообразность получения водных экстрактов из листьев амаранта методом настоев по ГФ.

Для исследования влияния хранения экстрактов на значения АОА они были выдержаны в течение 4 мес. и 8 мес. в холодильнике при температуре 4°C (рисунок 2). Выявлено, что максимальную антиоксидантную активность в течение всего срока хранения имел экстракт их свежих листьев, собранных в фазу цветения. Величина АОА водных настоев была выше АОА водно-спиртового экстракта, что свидетельствует о присутствии в листьях амаранта большей частью водорастворимых антиоксидантов.

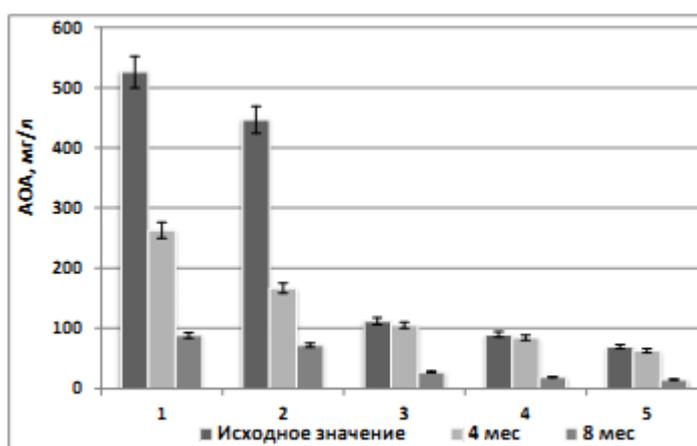


Рисунок 2. Изменение антиоксидантной активности экстрактов амаранта при хранении (стандарт – кверцетин): 1 – свежие листья (цветение); 2 – сушеные листья (цветение); 3 – водно-спиртовой настой свежих листьев (цветение); 4 – свежие листья (бутонизация); 5 – замороженные листья (бутонизация)

Экстракты из свежих листьев фазы бутонизации имели АОА ниже в 6 раз по сравнению с экстрактами, полученными из свежих листьев фазы цветения. Через 4 мес. хранения АОА экстрактов из свежих и сушеных листьев снижались на 50% и 75% соответственно, при этом значения их АОА оставались достаточно высокими.

Через 8 месяцев хранения значения АОА экстрактов из свежих листьев и сушеных листьев фазы цветения были ниже исходных значений в 6 раз и 6,2 раза. При хранении водно-спиртовые экстракты были более стабильны, через

месяца их АОА снизилась всего на 6,6%, спустя последующих 4 месяцев хранения она понизилась в 4,2 раза, через 8 месяцев хранения она снизилась в 4,6 раз по сравнению с исходным значением. После хранения в течение 8 месяцев экстракты из листьев фазы цветения имели АОА: из свежих – 88,34 мг/л, из сушеных - 71,95 мг/л, водно-спиртовой экстракт имел АОА 27,68 мг/л, что составляет соответственно 17, 16 и 25% от их исходного значения АОА [26].

Для определения влияния продолжительного хранения листьев амаранта на показатели антиоксидантной активности их хранили в высушенном и замороженном состоянии в течение 18 месяцев, затем были получены водные экстракты. Оказалось, что АОА в листьях амаранта сохраняется в течение 1,5 лет хранения, при этом экстракт из замороженных листьев имеет более высокое значение АОА (9,1 мг/л), чем из сушеных листьев (7,67 мг/л), что составило от исходного значения АОА соответственно 19% и 18%.

Таким образом, максимальной АОА обладают водные экстракты из свежих листьев амаранта, заготовленных в фазу цветения, полученных методом по ГФ. Целесообразно хранение экстрактов при 4°C не более 5 месяцев. АОА в сушеных и замороженных листьях амаранта сохраняется в течение 1,5 лет хранения и составляет соответственно 19% и 18% от исходного значения.

Экстракты, полученные из свежих и замороженных листьев, собранных во время фазы бутонизации имели близкие значения АОА и динамика снижения АОА этих экстрактах во время хранения была одинаковой: через 4 месяца – 9,4% и 9%, спустя 3 месяца – 22,3% и 21,6% соответственно. После хранения экстрактов в течение 8 месяцев их АОА составляла от исходного значения 21% для свежих листьев и 21,5% для замороженных листьев.

Выводы

1. В ходе проведенных нами исследований было установлено, что листья *Amaranthus hypochondriacus* L. содержат большое количество свободных сахаров, но это, в основном, спирторастворимые. Применяемая нами схема получения пектиновых веществ из травы амарант не имеет принципиальных отличий от экстракции пектина из других растений. Но в зависимости от выбора температурных условий, подбора и концентрации экстрагента выход пектина может составлять от 0,18 до 5,60%.
2. Максимальный выход пектиновых веществ из *A. hypochondriacus* L. (5%) наблюдается, когда в качестве гидролизующего агента используется лимонная кислота при времени гидролиза 5 часов. Наибольший выход пектина из *A. edulis* L. происходит в течение 5 часов (4,8%) также под действием органической кислоты.
3. Экстракты, полученные из свежих и замороженных листьев, собранных во время фазы бутонизации имели близкие значения АОА и динамика снижения АОА этих экстрактах во время хранения была одинаковой: через 4 месяца – 9,4% и 9%, спустя 3 месяца – 22,3% и 21,6% соответственно. После хранения экстрактов в течение 8 месяцев их АОА составляла от исходного значения 21% для свежих листьев и 21,5% для замороженных листьев.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернов И.А., Земляной В.Я. Амарант – фабрика белка. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1991. – 91 с.
2. Чернов И.А. Амарант – физиолого-биохимические основы интродукции. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1992. – 90 с.
3. Солоненко Л.П., Железнова Н.Б., Железнов А.В. Химический состав растений различных видов амаранта в условиях Западной Сибири / В сб.: II Международный симпозиум «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». – Пущино, 1997. – С. 28–30.
4. Кононков П.Ф., Гинс В.К., Гинс М.С. Амарант – перспективная культура 21 века. – М.: Изд-во Российского ун-та дружбы народов, 1999. – 296 с.
5. Скурихин И.М., Волгарев М.Н. Химический состав пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.
6. Матвеева И.В., Пучкова Л.И., Луценко У.Н. и др. Применение муки из семян амаранта при производстве хлеба: Обзор. – М.: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1994. – 32 с.
7. Пащенко Л.П., Макеев А.М., Магомедов И.М. Липопротеиновый комплекс из амаранта – биологический улучшитель продуктов // Пищевая промышленность. – 1990. – № 2. – С. 38–40.
8. Коновалов А.И., Офицеров Е.Н. Перспективы использования растений рода *Amaranthus* в медицине / В сб.: I Международный симпозиум «Новые нетрадиционные растения и перспективы их практического использования». – Пущино, 1995. – С. 69–71.
9. Макеев А.М., Мирошниченко Л.А., Суровцев И.С., Джувеликян Х.А. Регенерационные и противоопухолевые свойства амарантового масла / В сб.: III Международный симпозиум «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». – Пущино, 1999. – С. 100–103.
10. Офицеров Е.Н. Амарант – перспективное сырье для фармацевтической промышленности / В сб.: Материалы 1-й Российской научно-практической конференции «Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными

- растительными ресурсами и создания функциональных продуктов». – М., 2001. – С. 26–27.
11. Коновалов А.И., Шекуров В.Н., Соснина Н.А., Минзанова С.Т., Офицеров Е.Н., Лапин А.А. Технология переработки травы амаранта / В Сб. Материалов научно-практической конференции «Амарант и люпин – источники новых и диетических продуктов». – СПб., 1996. – С. 86.
 12. Коновалов А.И., Офицеров Е.Н., Карасева А.Н., Хазиев Р.Ш., Карлин В.В. Патент РФ № 2041232, кл. С/ 07 Н 1/ 08, 17/06. Бюлл. № 22. 1995.
 13. Офицеров Е.Н., Хазиев Р.Ш., Карасева А.Н., Коновалов А.И. Химический состав растений рода *Amaranthus* L. / В сб.: I Международный симпозиум «Новые нетрадиционные растения и перспективы их практического использования». – Пущино, 1995. – С. 28–30.
 14. Кадошников С.И., Чернов И.А., Кадошникова И.Г., Барсуков П.А., Офицеров Е.Н., Гарусов А.В. Возможности использования амарантовых в качестве источника сырья для получения рутина / В сб.: I Международный симпозиум «Новые нетрадиционные растения и перспективы их практического использования». – Пущино, 1995. – С. 66–69.
 15. Дэсалень Т.Л., Мукумов М.Р., Карлин В.В., Соснина Н.А., Офицеров Е.Н. Изучение гликозидов растений рода *Amaranthus* / В сб.: I Международный симпозиум «Новые нетрадиционные растения и перспективы их практического использования». – Пущино, 1995. – С. 33–35.
 16. Коновалов А.И., Офицеров Е.Н., Соснина Н.А., Хазиев Р.Ш., Цепаева О.В., Лапин А.А. Патент РФ № 2101294, кл. С/ 08 В 37/ 06. Бюлл. № 1. 1998.
 17. Кадошников С.И., Кадошникова И.Г., Галиуллина А.С., Чернов И.А. Фармакологические свойства амаранта / В сб.: Материалы докладов 1-й Российской научно-практической конференции «Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами и создания функциональных продуктов». Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. 2001, № [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chem.kstu.ru/jchem&cs/russian/n5/>.

- 18.Офицеров Е.Н. Использование амаранта в решении проблемы гипокальциемии // Бутлеровские сообщения.– 2005. – Т. 6. – № 2. –С. 56–66.
- 19.Зеленков В.Н., Офицеров Е.Н. Биологически активное сырье из амаранта для производства биологически активных добавок к пище, пищевых продуктов, напитков с профилактическими свойствами и пробиотиков на основе культур микроорганизмов. Патент РФ 2198554. Приоритет от 12.06.2002.
- 20.Офицеров Е.Н. Итоги исследования химического состава растений рода AMARANTHUS / В Сб. тезисов докладов II Всероссийской конференции «Химия и технология растительных веществ». – Казань, 2002. – С. 178.
- 21.Зеленков В.Н., Офицеров Е.Н., Михеева Л.А. Кальциевый препарат на основе листьев амаранта и медикобиологические аспекты его применения с использованием модели *in vitro* / В сб.: Материалы IV Межд. съезда «Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения». – СПб., 2002. – С. 575–578.
- 22.Дэсалень Т.Л., Цепяева О.В., Соснина Н.А., Елькина Г.И., Бравова Г.Б., Офицеров Е.Н., Лапин А.А. Выделение пектина из *Amaranthus cruentus* и изучение его влияния на работу изолированного сердца крыс // Бюлл. эксп. биол. мед. – 1997. – Вып. 1. – С. 90–95.
- 23.Коновалов А.И., Миронов В.Ф., Соснина Н.А. Комплексная технология получения белково-пектиновых веществ профилактического назначения из фитомассы амаранта и их структурно-химическая характеристика / В сб.: Тезисы докладов Всероссийской конференции «Химия и технология растительных веществ». – Сыктывкар, 2000. – С. 11.
- 24.Pr imer Congreso Internat ional del Amaranto. – Oaxtepec, Morelos, Mexico,del 22 al 27 septembre de 1991. – 230 p.
- 25.Saunders R.M., Becker R. Amaranthus: A potential food and feed resources //Advances in cereal science and technology. – 1984. – Vol. 6. – P. 357–396.

26. Bressani R., Conzalez J.M., Zuniga J., Breuner M., Elias I.G. Yield, selected chemical composition and nutritive value of 14 selections of amaranth grain representing four species // *J. Sci. Food and Agr.* –1987. – N 38. – P. 347–356.
27. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
28. Беликова С.В., Гаевская П.П., Подколзин А.И. Опыт выращивания амаранта на Ставрополье // *Возделывание и использование амаранта в СССР.* — Казань: КГУ, 1991.-С. 37-46.
29. Беликова С.В., Гаевская П.П., Подколзин А.И. Опыт выращивания амаранта на Ставрополье / *Возделывание и использование амаранта в СССР.* - Казань: КГУ, 1991. С. 37-46.
30. Войцековская В.А., Сотников Н.В., Астафурова Т.П., Особенности дыхательного метаболизма в условиях гипоксии у разных видов рода *Amaranthus L.* / *Современная физиология растений: от молекул до экосистем: тезисы докл. Международной конференции.* - Сыктывкар. - 2007. - Ч. 2. - С.72-
31. Войцековская С.А., Сотникова Н.В., Верхотурова Г.С., Зайцева Т.А., Боровикова Г.В., Астафурова Т.П. Особенности метаболической адаптации у растений амаранта в условиях гипобарической гипоксии // *Сельскохозяйственная биология.* 2010.-№5.-С.106-111.
32. Высочина Г.И. Амарант (*Amaranthus L.*): химический состав и перспективы использования / Г.И. Высочина // *Химия растительного сырья.* – 2013. – № 2. – С. 5-14.
33. Волынкина А.П. Клиническая эффективность лечения сахарного диабета 2 типа в сочетании с артериальной гипертонией включением в терапию масел на основе амаранта и подсолнечника: дис. ... канд. мед. наук / А.П. Волынкина ; Воронежская гос. мед. акад. им. Н.Н. Бурденко. – Воронеж, 2008. – 145 с.
34. Возненко А.А. Лекарственно-индуцированные поражения печени у больных туберкулезом органов дыхания и пути их преодоления : автореф.

- дис. .. канд. мед. наук / А.А. Возненко ; Ставропольская гос. мед. акад. – Москва, 2012. – 26 с.
35. Гинс В.К., Кононков П.Ф., Меньшов В.Н., Лысенко Г.Г., Гинс М.С., Сокольская С.В., Кравец О.В. Амарант - источник биологически активных соединений / Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического пользования: тезисы докл. II Международного симпозиума. (Пушино, 16-20 июня 1997 г.). - М.: Пушино, 1997. - С. 153-155.
36. Гинс М.С. Амарант (род *Amaranthus* L.) - источник алкалоида амарантина: его функциональная роль, биологическая активность и механизмы действия: автореф. дисс. доктора биол. наук. - СПб. - 2003. - 46 с.
37. Гинс М.С., Кононков П.Ф., Гинс В.К., Амелин А.А. Влияние азота на содержание амарантина и фотосинтетических продуктов амаранта. Материалы II международного симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». Пушино, Т 1. – 1997. – с. 102-104.
38. Гинс М.С., Кононков П.Ф., Гинс В.К., Лысенко Г.Г., Дэсалень Т.Л., Бравова Г.Б. Физико-химические свойства и биологическая активность амарантина из растений *Amaranthus crenatus* L. // Прикладная биохимия и микробиология. - 1998 -Т. 34, № 4. - С. 450-454.
39. Гинс М.С., Кононков П.Ф., Струкова Л.В., Савельев И.И. Действие лазерного света и янтарной кислоты на всхожесть семян амаранта // Новые нетрадиционные Растения и перспективы их практического использования. Материалы первого Международного симпозиума. - М.: Пушино, 1995. - С.93-95.
40. Гинс М.С., Кононков П.Ф., Струкова Л.В., Савельев И.И. Действие лазерного света и янтарной кислоты на всхожесть семян амаранта. Материалы I Международного симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования»: М. – 1995. – с 93-95.

41. Дейнека Л.А., Дейнека В.И., Гостищев И.А., Сорокопудов В.Н., Сиротин А.А. Определение сквалена в семенах некоторых растений семейства Амагапхасеае // Химия растительного сырья. - 2008. - № 4. - С. 69-74.
42. Кадошников С.И., Кадошникова И.Г. Фармакологические свойства амаранта / Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования: тезисы докл. II Международного симпозиума (Пушино, 16-20 июня, 1997 г.). - М., Пушино, 1997. - С. 163-165.
43. Кадошникова И.Г., Чернов А.И., Прокофьев А.Б. и др. Оптимизация оптической структуры агрофитоценозов амаранта. Тезисы докл. Всесоюзн. Конференции «Преобразования световой энергии в фотосинтезирующих системах и их моделях». Пушино. – 1989. – с.158-159.
44. Кадошникова И.Г., Чернов А.И., Прокофьев А.Б. и др. Оптимизация оптической структуры агрофитоценозов амаранта. Тезисы докл. Всесоюзн. конференции «Преобразования световой энергии в фотосинтезирующих системах и их моделях».- Пушино. – 1989. – с. 158-159.
45. Кононков П.Ф., Гинс М.С., Гинс В.К. Амарант - перспективная культура XXI века. - М.: РУДН, 1999. - 189 с. (а)
46. Кононков П.Ф., Гинс В.К., Гинс М.С. Амарант – перспективная культура XXI века. М.: РУДН. 1998. -296с.
47. Кононков П.Ф., Гинс В.К., Гинс М.С. Амарант – перспективная культура XXI века. М.: РУДН. 1998. -296с.
48. Кононков П.Ф., Гинс В.К., Гинс М.С. Амарант – перспективная культура XXI века. М.: РУДН. 1998. -296с.
49. Кононков П.Ф., Гинс В.К., Шестакова Е.В., Козарь Е.Г., Гинс М.С. Влияние амарантина на прорастание семян овощных культур / Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования: тезисы докл. II Международного симпозиума (Пушино, 16-20 июня 1997 г.). - М., Пушино, 1997. - Т- 1.- С.10-11.

- 50.Кьяра Де Люка. Сквален как акцептор прооксидантных воздействий на кожу человека: дис. ... канд. биол. наук / Де Люка Кьяра ; Российский гос. мед. университет. – Москва, 2002. – 108 с.
- 51.Машковский М.Д. Лекарственные средства / М.Д. Машковский. – 16-е изд., перераб., испр. и доп. – Москва : Новая волна, 2014. – 1216 с.
- 52.Мирошниченко Л.А. Физиолого-биохимические аспекты онтогенеза амаранта (*Amaranthus L*) при возделывании в центрально-черноземном регионе: дис. ... канд. биол. наук / Л.А. Мирошниченко ; Воронежский гос. университет. – Воронеж, 2008. – 163 с.
- 53.Офицеров Е.Н. Комплексная переработка семян растений рода *Amaranthus L.* / Е.Н. Офицеров // Вестник биотехнологии. – 2007. – № 4. – С 41-52.
- 54.Пат.2209233 Российской Федерации, МПК С11В1/00, С11В1/06. Способ переработки семян амаранта с извлечением масла, получением белкового и крахмального продуктов /М.В.Калиничева; заявитель и патентообладатель М.В.Калиничева, Л.А.Мирошниченко, В.Т. Сироткин. – № 2002119680/13; заявл. 24.07.2002 ; опубл. 27.07.2003.
- 55.Пат.2169734 Российской Федерации, МПК С07F9/09. Способ разделения фосфолипидов /В.Ф.Селеменев [и др.]; заявитель и патентообладатель Воронежский государственный университет. –№99125174/04; заявл. 30.11.1999 ; опубл. 27.06.2001.
- 56.Применение амарантового масла в терапевтической стоматологии / К.М.Резников [и др.] // Актуальные проблемы создания новых лекарственных средств: тезисы докладов Всероссийской научной конференции. – Санкт-Петербург, 1996. – С. 155.
- 57.Применение масла амаранта в диетотерапии сердечно-сосудистых заболеваний: методические рекомендации – 2-е изд., стереотипное / под ред. В.А.Тутельяна. – Воронеж, 2011. – 32 с.
- 58.Регенерационные и противоопухолевые свойства амарантового масла / А.М.Макеев [и др.] // Новые и нетрадиционные растения и перспектива

- их использования: материалы III международного симпозиума. – Москва, 1999. – С. 100-103.
- 59.Рахимов В.М. Разработка элементов сортовой технологии выращивания листовой массы амаранта для пищевой промышленности: дис... канд. с.-х. на- к. Москва, 2006. - 106 с.
- 60.Терехова Т.С. Качественное и количественное определение сквалена в маслах и реакционных смесях методом ВЭЖХ/ Т.С.Терехова, А.В. Фурсова, Е.Н. Офицеров //Успехи в химии и химической технологии. – 2013. – Т. 27, №4(144). – С. 84-89.
- 61.Фонофорез амарантового масла при лечении некоторых заболеваний слизистой оболочки полости рта / С.Н. Панкова [и др.] // Новые и нетрадиционные растения и перспектива их использования : матер. 2-го Международного симпозиума – Москва ; Пущино, 1997. – Т. 1. – С. 152-153.
- 62.Химический состав растений рода *Amaranthus* L. / Е.Н. Офицеров и [др.] // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы I Международного симпозиума. – Москва ; Пущино, 1995. – Т. 1. – С. 28-29.
- 63.Amaranth oil application for coronary heart disease and hypertension / D.M. Martirosyan [et al.] // *Lipids in Health and Disease*. – 2007. – Vol. 6, № 1. – P. 1476-1511.
- 64.Amaranth squalene reduces serum and liver lipid levels lipid rats fed a cholesterol diet / D.H. Shin [et al.] // *Br. J. Biomed. Sci.* – 2004. – Vol. 61, № 1. – P. 11-14.

ПРИЛОЖЕНИЕ