

УДК 664.292

DOI: 10.52531/1682-1696-2023-23-3-23-28

Научная статья

НОВЫЙ СПОСОБ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕКТИНА

М.Н. КОКОЕВКАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Х.М. БЕРБЕКОВА

После повсеместного запрещения применения этилированного бензина во всех странах стала важной задача избавиться от наличия свинца и других токсичных металлов, в том числе от радионуклидов, накопившихся в мегаполисах и прочих населенных пунктах за десятки лет гегемонии на АЗС этилированного бензина и годы ускоренного развития ядерных технологий. Натуральный пектин обладает хорошими комплексообразующими свойствами и способен вывести из организма токсичные тяжелые металлы. В том числе радионуклиды цезия-137 и стронция-90, период полураспада которых около 30 лет. Обсуждается новая технология измельчения растительного сырья, повышающая выход пектина. Дается формула для определения рабочего давления дезинтегратора специальной конструкции.

Ключевые слова: токсичные металлы, цезий-137, стронций-90, производство пектина, дезинтегратор, рабочее давление

ВВЕДЕНИЕ

Некоторые страны во время Второй мировой войны в рацион танкистов включали мармелад. Например, немецким танкистам давали мармелад, изготовленный с применением свекловичного пектина, обладающий наилучшей способностью связывать тяжелые металлы и выводить их из организма. Дело в том, что при стрельбе из танковой пушки, когда открывается казенник, часть продуктов сгорания порохового заряда попадает внутрь боевого отделения: угарный газ, оксиды азота, пары ртути капсюльной втулки и другие токсичные соединения. В то время на танковых пушках не было эжекторов для удаления пороховых газов из боевого отделения. Пектин, обязательно входящий в состав мармелада, полученный из свекловичного жома, обладает наилучшими комплексообразующими свойствами и способен вывести из организма токсичные тяжелые металлы [14]. Это

Original article

A NEW WAY OF GRINDING RAW MATERIALS FOR PECTIN PRODUCTION

M.N. КОКОЕВKABARDINO-BALKAR STATE UNIVERSITY
NAMED AFTER H.M. BERBEKOV

After the widespread ban on the use of leaded gasoline in all countries, it became an important task to get rid of the presence of lead and other toxic metals, including radionuclides accumulated in residents of urban areas over decades of prevalence of unhealthy fuels and years of rapid development of nuclear technologies. Natural pectin is a good complexing agent and can remove toxic heavy metals from the body, including radionuclides of cesium-137 and strontium-90, the half-life of which is about 30 years. A new technology for mincing of raw vegetable materials, which increases the yield of pectin, is discussed. A formula is given to determine the operating pressure of a specially designed disintegrator.

KEYWORDS: toxic metals, cesium-137, strontium-90, pectin production, disintegrator, operating pressure

ценное свойство пектина. Сам пектин не усваивается человеком и выводится естественным путем.

Пектин изготавливают из различных типов растительного сырья – из citrusовых, из яблочных выжимок (сырых и высушенных), из жома сахарной свеклы. Коммерческий пектин за рубежом экстрагируется из citrusовой цедры, которая содержит примерно 25% пектина и высушенных яблочных выжимок, содержащих примерно 15% пектина [2, 3]. Как предложили сибирские ученые пектин получают даже из коры лиственницы кислотным гидролизом [20]. Спустя много лет в Новосибирске продолжили исследования Г.В. Пермяковой по получению пектина из коры лиственницы. Хорошо, что цена импортного пектина располагала к таким исследованиям, например, в 2008 году цена пектина была 13–14 евро за 1 кг. Поскольку уже много лет производство пектина в России практически отсутствует, получение относительно дешевых пектиновых веществ из коры позволило бы решить в какой-то степени эту проблему [5]. Хотя выход пектина из коры заметно меньше, чем из

традиционного сырья, но избавление от отходов лесопереработки стоит предприятиям гораздо больших дополнительных расходов. Более того, существуют сотни тысяч гектаров яблоневых садов Кубани и Северного Кавказа, часть урожая с которых перерабатывается на соки и плодово-ягодные вина. Поэтому недостатка традиционного сырья для производства пектина не будет.

В декабре 1921 года в США сотрудник фирмы «General Motors» Томас Миджли изобрел этилированный бензин. Чтобы повысить октановое число бензина в него добавляли триэтилсвинец – $Pb(C_2H_5)_4$. В короткое время во всех странах стали применять этилированный бензин, поскольку это увеличивало прибыль нефтяных компаний. Была только одна проблема – токсичные выхлопные газы, с которыми в атмосферу выбрасывался свинец. По прошествии времени ученые обнаружили, что свинец оказался даже в Арктике и Антарктиде. Много позже выяснилось, за широким применением этилированного бензина следовали эпидемии заболеваний сердечной системы, рака, инсульта и задержка в умственном развитии детей [13]. Свинец накапливается в костях, вызывая их постепенное разрушение, концентрируется в печени и почках.

В 2021 г. стал действовать запрет на использование этилированного бензина во всех странах (последний был Алжир). В России этилированный бензин был запрещен в ноябре 2002 г. В настоящее время вместо тетраэтилсвинца используются менее вредные высокооктановые добавки, такие как ферроцен или метилтрет-бутиловый эфир.

ПЕКТИН НЕОБХОДИМ В КАЧЕСТВЕ ПРИРОДНОГО ЭФФЕКТИВНОГО ДЕТОКСИКАНТА

После повсеместного запрещения применения этилированного бензина стала крайне необходимой задача избавиться от наличия свинца и других токсичных металлов, в том числе от радионуклидов, накопившихся в городах и поселках за десятки лет гегемонии на АЗС этилированного бензина и годы ускоренного развития ядерных технологий. За это время произошли катастрофы на Чернобыльской АЭС (1986) и в Японии на АЭС в Фукусиме (2011). В Чернобыле более 500 тысяч человек участвовали в ликвидации последствий аварии. Это не считая более сотни тысяч людей, отселенных из зон заражения [9]. Многие ликвидаторы и отселенные люди были заражены в разной степени радионуклидами, полураспад которых тянется десятки лет. Например, период полураспада цезия-137 более 30 лет, стронция-90 около 29 лет. Осевшая в органах дыхания и попавшая через пищевод радиоактивная пыль, подвергает «внутреннему» облучению жизненно важные органы людей и животных, вызывает тяжелые заболевания. Например, стронций является аналогом кальция и поэтому легко

откадывается в костях. Длительное радиационное воздействие стронция-90 и продуктов его распада поражает костную ткань и костный мозг, что приводит к развитию трудноизлечимых болезней [6].

Сейчас, спустя много лет после аварии на вышеупомянутых АЭС, нет смысла обсуждать заражение короткоживущими изотопами, где наибольшую опасность представляют радиоактивный йод (период полураспада 8 дней), и теллур. Важным остается борьба с долгоживущими радионуклидами, накапливающимися в воде, почве и продуктах питания [17]. В лесной экосистеме цезий-137 постоянно рециркулирует, не выходясь из нее, уровни загрязнения лесных продуктов (грибов и ягод) остаются опасными. Уровень загрязнения в некоторых «замкнутых» озерах, из которых нет стока, концентрация цезия в воде и рыбе в течение следующих десятилетий может представлять опасность.

Наиболее важными свойствами пектиновых веществ, используемых в пищевой промышленности, являются желирующие и комплексообразующие способности, благодаря которым связываются тяжелые металлы. Потребление пектиновых веществ в России в пищевой промышленности по разным исследованиям оценивается в 12000–15000 тонн [18]. Этого количества импортируемого пектина для целей детоксикации от тяжелых металлов и радионуклидов совершенно недостаточно [15]. Много лет назад основными поставщиками пектинов на мировом рынке были – Herbstreith&Fox KG и Pomosin GmbH (Германия), Copenhagen pectin A.S. (Дания), New Foods Industry SPA (Италия), Obipektin A.G. (Швейцария), Sapa Dafa Associes (Франция) [4], а сейчас пектин поставляют в Россию многие китайские фирмы.

Ключевые патенты и современные технологические регламенты производства пектина лидеров мировых производителей недоступны. По количеству научно-исследовательских работ и публикаций в сфере технологии пектина, а также полученных патентов на изобретения, лидирует Китай. Следом идут США, Индия, Франция, Испания, ФРГ и другие страны ЕС. Замыкает список стран Россия. Большая потребность в пектиновых веществах, как природных детоксикантах для людей, проживающих в неблагоприятных экологических условиях, а также имеющих историю аварий на ядерных объектах, требует организации и расширения производства их на территории РФ. Тем более растительного сырья, кроме цитрусовых, в России достаточно.

ВОЗМОЖНЫЙ СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕКТИНА

Производство пектина предусматривает по традиционной технологии следующие этапы: подготовку сырья, главным из которых считают измельчение; кислотный гидролиз протопектина; экстрагирование пек-

тина из ткани сырья в воду; очистку и концентрирование пектинового экстракта. Затем следует спиртовое выделение пектина из экстракта в виде коагулята, его сушку и стандартизацию. Чтобы вернуть в производство этиловый спирт, ведут процесс регенерации отработанных спиртов. Технологический цикл заканчивается нейтрализацией кислых сред, обезвоживанием твердых отходов и очисткой стоков пектинового производства.

Экономически рентабельным может быть очень крупное производство пектина с максимальным выходом целевого продукта. Выполнение этого требования желательнее вследствие больших капитальных затрат на кислотостойкое оборудование: емкости, насосы, трубопроводы и дистанционные задвижки с электроприводом, фильтры, контрольно-измерительные приборы (датчики температуры, уровня жидкости и кислотности среды) и автоматику, а также больших расходов на содержание зданий и сооружений, включая дорогостоящее очистное хозяйство.

Значительное влияние на выход пектина и его качество имеют такие факторы, как вид применяемой кислоты, pH среды, температура и продолжительность экстрагирования. Существует взаимосвязь этих параметров. Так, некоторые авторы [16] использовали различные условия экстракции пектина, изменяя pH среды, температуру и время гидролиза – от 20 мин до 12 ч. Установлено, что с увеличением времени экстрагирования, температуру реакционной среды целесообразно снижать до 70–80° С. Однако при температуре выше 50° С и понижении pH до 1,0 происходит значительный гидролиз гликозидных связей, в результате чего получается пектин с низкой молекулярной массой и, как следствие, худшей желирующей способностью. Желирующая способность – важнейший технологический показатель пектина в пищевой промышленности. Улучшение технологической схемы способа выделения пектина делает возможным получение высокомолекулярного продукта. Со снижением температуры и кислотности среды, а также уменьшении времени экстракции, повышается качество получаемого пектина [10].

Иногда на первом этапе применяется способ, в котором измельчение сырья производится в жидкой среде в роторном дезинтеграторе. В таких дезинтеграторах скорость соударения измельчаемого материала с рабочими элементами аппарата не превышает 60–80 м/с, что для разрушения большого количества клеток растительного сырья недостаточно [12]. Существуют более быстроходные дезинтеграторы. Однако их используют преимущественно для измельчения сухих веществ, так как мощность для привода дезинтегратора для работы в жидкой среде нелинейно растёт вследствие гидродинамических потерь.

Известен двухстадийный способ измельчения. В этом способе, после предварительного измельчения

растительного материала, его подвергают дополнительному измельчению в гидроакустическом дезинтеграторе. Поскольку процесс измельчения ведётся в жидкости, там же одновременно происходит гидролиз и экстрагирование пектиновых веществ [8]. В гидроакустическом дезинтеграторе измельчение сырья происходит под действием кавитации, порождаемой ультразвуковыми колебаниями. Недостаток гидроакустического дезинтегратора заключается в относительно небольшой производительности и непостоянстве достигаемого результата. При стремлении повысить интенсивность ультразвука, излучаемого в жидкость, происходит снижение акустического сопротивления среды, что препятствует эффективной передаче увеличенной мощности на излучатель. Плотность подводимой звуковой энергии ограничивается также мощностью используемых высокочастотных генераторов и излучателей ультразвука [7]. Воздействие ультразвука на материал происходит с разной эффективностью, что зависит от характерных размеров разрушаемых объектов, а также от акустических свойств сырья и рабочей жидкости.

Повысить выход пектина высокого качества можно, изменив технологию измельчения сырья. Дело в том, что оболочка клетки растительного сырья, независимо от его вида, состоит из высокомолекулярных полисахаридов – пектина, гемицеллюлозы и целлюлозы. Целлюлозные микрофибриллы оболочки, выполняющие роль эластичной арматурной сетки, погружены в аморфное вещество, состоящее в основном из нерастворимых пектиновых веществ. Поэтому для увеличения выхода пектина следует разрушить не только целостность клетки, но также ее оболочку, в которой заключена значительная часть пектина. Если добиться более полного разрушения оболочек клеток сырья, то это увеличит выход пектина и сократит время экстракции. Кроме того, это позволит понизить температуру и кислотность среды экстракции (рис. 1).

Предложено технологию изменить так, что после предварительного измельчения сырья в дезинтеграторе, полученную пульпу с помощью насоса высокого давления направляют в виде компактной струи через сопло на твердую преграду, тогда клетки растительного сырья разрываются от давления внутриклеточной среды в момент удара о твердую преграду (турбинные лопатки) [11].

Модернизированный дезинтегратор для измельчения сырья, который показан на рисунке, выполнен в виде двухроторного дезинтегратора 1, приводы которого устроены как две однодисковые гидравлические турбины 2, расположенные слева и справа от дезинтегратора. На турбинных дисках закреплены лопатки 9. На лопатки через сопла 8 подают под высоким давлением пульпу в виде предварительно измельченного и отфильтрованного сырья. Турбинные лопатки для

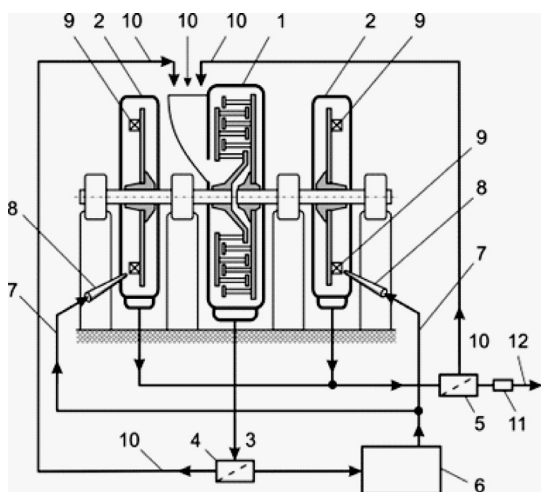


Рис. 1.

Дезинтегратор для увеличения выхода пектина: 1 – двухроторный дезинтегратор, 2 – корпус турбины, 3 – выход пульпы из дезинтегратора, 4 и 5 – фильтры, 6 – насос высокого давления, 7 – трубопровод для подачи пульпы в сопла, 8 – сопла, 9 – турбинные лопатки, 10 – трубопроводы для возврата задержанных фильтрами крупных частиц сырья в дезинтегратор, 11 – регулируемый дроссель, 12 – трубопровод для подачи пульпы на дальнейшую переработку

привода роторов дезинтегратора выполнены с шероховатой рабочей поверхностью.

Таким образом, источником энергии работы двухроторного дезинтегратора является насос высокого давления. Перед отдачей дезинтегратору своей кинетической энергии высокоскоростные струи пульпы совершают полезную работу по разрушению оболочек клеток растительного сырья.

Скорость V удара струи пульпы о турбинную лопатку задают в соответствии с выражением:

$$V \geq k \times \sqrt{\frac{12\sigma\delta\epsilon}{\rho d}} + V^*, \quad (1)$$

где σ – временная прочность на разрыв целлюлозной части оболочки клетки, δ – толщина целлюлозных слоев оболочки, ϵ – относительное удлинение при разрыве, d – минимальный поперечный размер клетки, ρ плотность внутриклеточной среды, V^* – окружная скорость турбинных лопаток, k – поправочный коэффициент, учитывающий отличие параметров реального удара от теоретического, равный 1,1...1,2.

Прочность целлюлозных волокон (микрофибрилл) в оболочке клетки относительно велика. Так, у некоторых растений, растущих на засоленных почвах (галофиты), разница между внутренним и внешним давлением клеток (тургор) может достигать 50 и даже 100 атмосфер. Конечно, цитрусовые и яблоневые не растут на засоленных почвах, у них внутреннее давление в клетках достигает 5–10 атмосфер. Прочность целлюлозных микрофибрилл довольно высока, чтобы их разрушить нужно соблюсти два основных условия:

а) клетки растительного сырья должны быть "напитаны" жидкостью (только для сухого сырья); б) скорость удара пульпы о турбинную лопатку должна быть не меньше определяемой по формуле (1).

Расчет по (1), произведенный нами, показал, чтобы разрушить оболочку клетки при средней прочности целлюлозного волокна [4, 18] и прочих усредненных параметрах, требуется скорость удара пульпы о турбинную лопатку 150–200 м/с. Указанную скорость может обеспечить насос с рабочим давлением 15...25 МПа. Учитывая, что сырье для производства пектина бывает различным, с большими колебаниями физико-механических свойств растительной клетки, интервал рабочих давлений нужно расширить. Какой насос высокого давления нужно подбирать зависит от вида растительного сырья, от его состояния (свежее или сухое) и от требуемой производительности цеха по производству пектина. Зная вид используемого сырья и производительность проектируемого цеха по пектину, можно выбрать для модернизированного дезинтегратора насос высокого давления, проведя НИОКР.

Выводы:

1. Оболочка клетки растительного сырья состоит из высокомолекулярных полисахаридов – пектина, гемицеллюлозы и целлюлозы. Целлюлозные микрофибриллы оболочки погружены в аморфное вещество, состоящее в основном из нерастворимых пектиновых веществ. Поэтому для увеличения выхода пектина следует разрушить оболочку клетки, в которой заключена значительная часть пектина. Это позволит уменьшить время экстракции. Кроме того, это даст возможность понизить температуру и кислотность экстрагента, что способствует увеличению выхода высокомолекулярного пектина.

2. Для увеличения производства пектина высокого качества делают так: после предварительного измельчения сырья в дезинтеграторе полученную пульпу с помощью насоса высокого давления направляют в виде компактной струи через сопла на турбинные лопатки (однодисковые турбины одновременно являются приводом двухроторного дезинтегратора). В момент удара клетки растительного сырья разрываются от давления внутриклеточной жидкости.

Литература

1. А.с. 840043 СССР, МКИ С 08 В 37/06. Опубл. 23.06.81.
2. Бобылькова О.М., Егорова О.А., Лях К.С. Анализ тенденций развития исследований пектина при переходе к VI технологическому укладу // Труды XII Евразийского научного форума. 2020. С. 125–132.
3. Грабишин А.С. О некоторых особенностях технологий производства пектина. <https://cyberleninka>.

- ru/article/n/o-nekotoryh-osobennostyah-tehnologiy-proizvodstva-pektina/viewer (дата обращения 02.08.2023).
4. **ДЕРНОВ А.И., ДЬЯКОВА Е.В., ГУРЬЕВ А.В.** О прочности целлюлозных волокон. Прямые методы испытаний. 2012. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-prochnosti-tsellyuloznyh-voikon-pryamye-metody-ispytaniy/viewer> (дата обращения 20.06.2023).
 5. **ЕФРЕМОВ А.А., КОНДРАТЮК Т.А.** Выделение пектина из нетрадиционного растительного сырья и применение его в кондитерском производстве // Химия растительного сырья. 8. №4. С. 171–176.
 6. **ИЛЬИНА И.А.** Научные основы технологии модифицированных пектинов. Краснодар, 2001. 256 с.
 7. **МАЙКЛ УОЛШ.** По следам 20-летней кампании избавления мира от этилированного топлива. 2021. <https://www.unep.org/ru/novosti-i-istorii/istoriya/po-sledam-20-letney-kampanii-izbavleniya-mira-ot-etilirovannogo-topliva#> (дата обращения 20.06.2023).
 8. **ОВСЯННИКОВА Л.М. и др.** Итоги оценки медицинских аварий на Чернобыльской АЭС / Тезисы докладов научно-практической конференции. Киев. 1991. С. 164–165.
 9. Основы расчета и конструирования машин и автоматов пищевых производств / Под ред. Соколова А.Я. М.: Машиностроение. 1969. 637 с.
 10. Патент РФ N 2066962. A23L1/0524, C08B37/06. Оpubl. 27.09.1996.
 11. Патент РФ N 2415607. МПК A23L 1/0524, C2. Оpubl. 2011.04.10
 12. **ПЕРМЯКОВА Г.В.** Пектин из коры лиственницы // Изучение и пути использования древесной коры. 1985. С. 80–82.
 13. **РОГОВ И.С., ЗАЙЦЕВА Л.В., ФУРМАНОВА И.Б. и др.** Интенсификация процесса гидролиза растительного сырья методами дезинтеграции / Тезисы докладов 6-го Всесоюзного семинара. Таллинн: НПО «Дезинтегратор». 1989. С. 121–123.
 14. **СОБОЛЬ И.В., РОДИОНОВА А.Я., БАРЫШЕВА И.Н.** Изучение возможности получения пектиновых экстрактов высокой чистоты // Научный журнал КубГАУ. 2016. №123(09). С. 54–59.
 15. Справочник по товароведению продовольственных товаров / под ред. Т.Г. Родиной. М., 2003. 608 с.
 16. **ЯБЛОКОВ А.В., НЕСТЕРЕНКО В.Б., НЕСТЕРЕНКО А.В.** Чернобыль: последствия катастрофы для человека и природы. СПб. 2007. 376 с.
 17. **MARPLES D.R.** Chernobyl: a Reassessment. // Eurasian Geography and Economics. 2004. Vol. 45, Issue 8, P. 588–607.
 18. **FURUKAWA I., SAIKI H., HARADA H.** A micro tensile-testing method for single wood fiber in a scanning electron microscope // Journal of Electron Microscopy. 1974. Vol. 23, N 2. P. 89–97.
 19. **VALET R., SCHOON A.** Herstellung und Anwendung von Handelspektin // Internationale Zeitschrift fur LebensmittelTechnologie und Verfahrenstechnik. 1983. №3.
 20. **WALTER R.H. ET AL.** The Chemistry and Technology of Pectin. Academic Press Inc., Harcourt Brace Jovanovich, Publishers, 1991. 448 p.

REFERENCES

1. A.s. 840043 SSSR, MKI S 08 V 37/06. Opubl. 23.06.81. (In Russian).
2. **BOBYLKOVA O.M., EGOROVA O.A., LIAKH K.S.** Analysis of trends in the development of pectin research in the transition to the VI technological paradigm. *Trudy III Evrazijskogo nauchnogo foruma.* 2020:125–132. (In Russian).
3. **GRABISHIN A.S.** O nekotoryh osobennostyah tekhnologij proizvodstva pektina. <https://cyberleninka.ru/article/n/o-nekotoryh-osobennostyah-tehnologiy-proizvodstva-pektina/viewer> (Accessed 20.06.2023). (In Russian).
4. **DERNOV A.I., DYAKOVA E.V., GURJEV A.V.** On the strength of cellulose fibers. Direct test methods. 2012.] <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-prochnosti-tsellyuloznyh-voikon-pryamye-metody-ispytaniy/viewer> (Accessed 20.06.2023). (In Russian).
5. **EFREMOV A.A., KONDRATYUK T.A.** Isolation of pectin from non-traditional vegetable raw materials and its use in confectionery production. *Khimiya.rastitel'nogo proizvodstva.* 2008;4:171–176. (In Russian).
6. **ILYINA I.A.** Scientific bases of modified pectin technology. Krasnodar, 2001:256. (In Russian).
7. **MAJKL UOLSH.** Po sledam 20-letney kampanii izbavleniya mira ot etilirovannogo topliva. 2021. [Michael Walsh. In the wake of a 20-year campaign to rid the world of leaded fuel. 2021.] <https://www.unep.org/ru/novosti-i-istorii/istoriya/po-sledam-20-letney-kampanii-izbavleniya-mira-ot-etilirovannogo-topliva#> (Accessed 20.06.2023). (In Russian).
8. **OVSYANNIKOVA L.M. ET. AL./**The results of the assessment of medical accidents at the Chernobyl nuclear power plant / Abstracts of the scientific-practical conference. Kyiv. 1991:164–165. (In Russian).
9. Fundamentals of calculation and design of machines and automatic food production. Ed. Sokolova A.Ya. Moscow. Engineering. 1969:637. (In Russian).
10. Patent RF N 2066962. A23L1/0524, C08B37/06. Opubl. 27.09.1996. (In Russian).
11. Patent RF N 2415607. МПК A23L 1/0524, S2. Opubl. 2011.04.10. (In Russian).
12. **PERMYAKOVA G.V.** Pectin from larch bark // Study and ways of using wood bark. 1985:80–82. (In Russian).
13. **ROGOV I.S., ZAITSEVA L.V., FURMANOVA I.B. ET. AL.** Intensification of the process of hydrolysis of plant raw materials by disintegration methods / Abstracts of

- the 6th All-Union Seminar. Tallinn: NPO Disintegrator. 1989:121–123. (In Russian).
14. SOBOL I.V., RODIONOVA L.YA., BARYSHEVA I.N. Studying the possibility of obtaining pectin extracts of high purity. *Nauchnyj zhurnal KubGAU*. 2016;123(09):54–59. (In Russian).
 15. Handbook of commodity science of food products / ed. T.G. Motherland. Moscow. 2003:608. (In Russian).
 16. YABLOKOV A.V., NESTERENKO V.B., NESTERENKO AV. Chernobyl: consequences of the catastrophe for man and nature. Saint Petersburg. 2007:376. (In Russian).
 17. MARPLES D.R. Chernobyl: a Reassessment. *Yevraziyskaya geografiya i ekonomika*. 2004;45,8:588–607.
 18. FURUKAWA I., SAIKI H., HARADA H. A micro tensile-testing method for single wood fiber in a scanning electron microscope. *Zhurnal elektronnoy mikroskopii*. 1974;23;2:89–97.
 19. VALET R., SCHOON A. Herstellung und Anwendung von Handelspektin. *Mezhdunarodnyy zhurnal pishchevykh tekhnologiy i tekhnologicheskikh protsessov*. 1983;3.
 20. WALTER R.H. ET AL. The Chemistry and Technology of Pectin. Academic Press Inc., Harcourt Brace Jovanovich, Publishers, 1991:448.

Кокоев Мухамед Нурғалиевич,
д.т.н., профессор кафедры строительного производства
Кабардино-Балкарского государственного университета
им. Х.М. Бербекова

✉ 360004, КБР, г. Нальчик, ул. Чернышевского, д. 173,
360004, KBR, Nalchik, st. Chernyshevsky, 173
e-mail: kbagrostroy@yandex.ru