

Использование фуллерена при хранении и сушке яблок

Шевченко Татьяна Викторовна

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

Адрес: 650043, г. Кемерово, ул. Красная, дом 6

E-mail: tatyana.shevchenko.1948@mail.ru

Устинова Юлия Владиславовна

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

Адрес: 650043, г. Кемерово, ул. Красная, дом 6

E-mail: yul48888048@yandex.ru

Юстратов Владимир Петрович

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

Адрес: 650043, г. Кемерово, ул. Красная, дом 6

E-mail: onh@kemsu.ru

Безруков Михаил Сергеевич

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

Адрес: 650043, г. Кемерово, ул. Красная, дом 6

E-mail: mikhail_bezrukov_98@mail.ru

Василенко Дарья Евгеньевна

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

Адрес: 650043, г. Кемерово, ул. Красная, дом 6

E-mail: vasilenko.dasch@yandex.ru

Изучение физических и химических свойств фуллеренов и их производных, а также растворов на их основе позволяет прогнозировать поведение последних в различных процессах, в том числе технологически значимых, в частности при использовании в пищевой промышленности. В этой связи актуальным является разработка новых технологически доступных методов функционализации углеродных наноструктур и исследование возможностей их практического применения. Целью данного исследования являлось изучить возможность применения фуллерена в технологии хранения и сушки яблок. Экспериментальная часть работы включала обработку искусственно поврежденных целых яблок и их долек с помощью воды, обработанной фуллеренсодержащим природным материалом – шунгитом, перед их хранением и сушкой. Установлены важные бактерицидные технологические свойства такой воды, снижающие степень гниения яблок полученных от механических повреждений. Установлена возможность полного исцеления фруктов от повреждений и процессов гниения при их обработке водой с примесью фуллерена. Доказано влияние воды с фуллереном на процесс сушки яблок. Установлено снижение потерь витаминов за счет ингибирования окислительной ферментативной реакции на поверхности среза яблок. Доказана способность нанокolicеств фуллерена снижать общие энергетические затраты на сушку яблочного сырья. Применение фуллерена, обладающего особыми химическими свойствами, в технологии хранения и сушки яблок целесообразно, что на сегодняшний день пока не испытано при хранении и сушке яблок промышленными способами.

Ключевые слова: яблоки, хранение, фуллерен, шунгит, вода, шунгитовая водобактерицидные свойства, сушка, ферменты, витамины

Введение

Яблоко – это особый вид фруктов, который с особым изобилием произрастает в нашей стране. Яблоки – главные источники витаминов (Е, К, В4, В9, С), они богаты такими важными компонентами, как микро- и макроэлементы (калий, железо, медь). Яблоко – самый известный и распространенный фрукт на континенте, его норма физиологического потребления составляет около 150 кг на одного человека в год. Химический состав яблок, % масс.: жиры – 0,17, белки – 0,26, углеводы – 13,8, вода – остальное. Хранение яблок в промышленных масштабах – это достаточно наукоемкая отрасль сельского хозяйства, которая является ничуть не менее важной составной частью всего процесса выращивания и хранения этих фруктов, чем грамотная агротехника (Скрипников, 1988, с. 287; Гудковский, Кожина, Назаров, Гучева, 2005, с. 25-28; Коробкина, 1989, с. 168). Организация технологии хранения начинается уже при выращивании и созревании плодов – деревья должны вовремя поливаться, подкармливаться удобрениями и защищаться от вредителей. Сбор яблок проводится так же по определенным правилам (ручной мягкий сбор непораженных плодов) в определенную тару (объем, вид, геометрия тары). Ушибы плодов о тару и сдавливание их приводят к механическим повреждениям особого рода: вмятины и микроскопические царапины становятся причиной окисления мякоти. Такая ткань легко подвержена проникновению и воздействию паразитических и сапрофитных микроорганизмов.

Если условия хранения не соблюдаются, то возможна значительная (40-50%) потеря выращенного урожая при хранении. Для снижения степени влияния негативных факторов воздействия на плоды проводят особую организацию и подготовку хранилищ. Хранилища (Рисунок 1) являются объемными сооружениями и требуют значительных затрат для своего содержания.



Рисунок 1. Хранилище для яблок.

При этом соблюдают необходимые условия их содержания за счет поддержания необходимой температуры, снижения влажности воздуха, постоянного проветривания помещений с целью удаления газообразных продуктов (углекислый газ, этилен), выделяемых в процессе дыхания яблок. Снижение содержания этилена в воздухе хранилищ особенно необходимо, так как этот газ является биологическим катализатором созревания, перезревания и порчи яблок. Для более эффективного хранения в хранилищах используют газовые смеси особого состава – РГС (Колесник, Федоров, Осенова, 1973, с. 144; Думпис, Николаев, Литасова, Ильин, Брусина, Пиотровский, 2018, с. 4-20; Биглова, Сигаева, Талипов, Монаков, 2004, с. 80-91; Али-паша, Беленков, 2010, с. 25-32) или проводят обработку плодов препаратом специального назначения – 1-МЦП (1 – метилциклопропен), который снижает содержание этилена в помещениях хранилища (Шпилевский, 2006, с. 32-38; Шпилевский, Богорош, Паладюк, Махрова, Зинченко, Шайко-Шайковский, 2016, с. 32-38; Левон, 2019, с. 5-15; Попов, Косенко, Спиридонова, 2014, с. 199-201; Латыпов, Галль, 2005, с. 82-87; Ермилов, Чарыков, Павловец, Кузнецова, 2007, с. 79-83).

Для испытаний, состоящих из двух основных стадий, использован ингибитор окисления и активный биологический препарат – фуллерен.

Фуллерен – четвертая модификация углерода (C60), получаемая в лабораторных условиях из графита при высоких температурах с помощью лазера. Открыт в 1985 году, за его открытие в 1996 году первооткрывателям этого материала присвоена Нобелевская премия. Он имеет особую структуру (Рисунок 2).

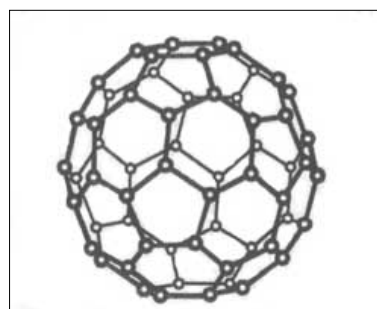


Рисунок 2. Структура молекулы фуллерена C60.

Фуллерен содержит сопряженные электронные системы, его молекулярная масса – 720 а.е.м., обладает высокой реакционной способностью. Атомы углерода в фуллерене расположены

на сферической поверхности в вершинах 20 правильных шестиугольников и 12 правильных пятиугольников. При попадании в воду фуллерен легко встраивается в природную многослойную структуру воды.

К уникальным параметрам фуллерена и некоторых его производных можно отнести мощную электронно-акцепторную активность, высокую поляризуемость молекулы, наличие большого числа эквивалентных реакционных центров и гидрофобность. Последнее свойство имеет отношение к их способности проникать через биологические мембраны (диаметр фуллерена – 1 нм). Одно из самых замечательных свойств – фуллерен оказался мощным акцептором электронов в присутствии многих органических и неорганических доноров (Гладкова, Терехова, 2013, с. 34-39; Лепов, 2007, с. 22-27; Сайфуллин, Сайфуллин, 2008, с. 5-19; Ширинкин, Шапошников, Волкова, Андриевский, Давыдовский, 2012, с. 122-129). Это связано с его высокой электродефицитностью. В химических реакциях он ведет себя как окислитель и способен присоединять к себе до шести электронов.

В природе фуллерен встречается в виде твердой породы, называемой шунгитом. Наиболее богатое шунгитное месторождение – Зажогинское, Карелия). Химический состав шунгита, % масс.: силикатная порода – 70; фуллерен – 30.

В настоящее время фуллерен – перспективный углеродный материал для медицины и различных областей промышленности.



а)

Цель исследования – использование бактерицидных и биологически активных свойств воды, содержащей наноматериал фуллерен, для увеличения биологической стойкости яблок при хранении и снижения энергопотребления при сушке с одновременным повышением качества получаемых сухофруктов.

Задачи исследования состояли из двух различных технологических стадий – определение влияния на яблоки воды с примесями фуллерена на стадиях их хранения и сушки.

Результаты исследования

Хранение яблок

Для проведения экспериментов взято два яблока зимнего сорта, которые согласно плана опытов одновременно травмировались молотком с одинаковой силой, а место повреждений надрезали ножом. Эти яблоки хранились в лаборатории при комнатных условиях. Ежедневно место разреза одного из яблок обрабатывали водой, предварительно настоянной на шунгитовом щебне в течение 3-х суток, а другое яблоко, с целью уравнивания условий эксперимента, в месте разреза обрабатывали дистиллированной водой. Внешний вид яблок ежедневно фиксировали фотографически в течение 14 суток (Рисунок 3).

Установлено, что разрушенная мякоть яблок по-разному реагировала на условия и время хранения. Яблоки, обработанные шунгитовой

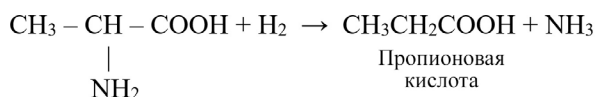
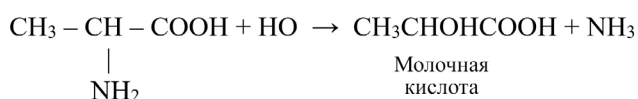
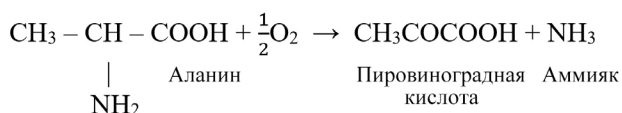


б)

Рисунок 3. Влияние шунгитовой воды на хранение поврежденных яблок (а – шунгитовая вода, б – дистиллированная вода).

водой, постепенно «залечивали» место удара, а яблоки, обработанные дистиллированной водой, загнивали. Для наглядности показан 8-ой день хранения для двух экспериментальных яблок.

Из Рисунка 3 следует, что поврежденные яблоки имеют разную степень порчи. Для первого яблока, обработанного шунгитовой водой, практически отсутствует гниение, рана «залечилась» с одновременным появлением тонкой шкурки на месте разреза. Для второго яблока с орошением дистиллированной водой наблюдается интенсивное гниение в травмированной области разреза за счет бактериологического разложения ткани яблок. При более длительном времени хранения (14 суток) «раны» на экспериментальной партии яблок с использованием шунгитовой воды полностью залечились и покрывались сплошной новой шкуркой. Яблоки, орошаемые дистиллированной водой, подверглись дальнейшему объемному гниению под действием многих микроорганизмов с разными механизмами биохимических процессов. Одни микроорганизмы вызывают неглубокое расщепление белка, другие – более глубокое. Разложение белка начинается с его гидролиза под влиянием протеолитических ферментов, выделяемых микробами в окружающую среду, и протекает в несколько стадий. Первичными продуктами гидролиза являются пептоны и полипептиды, мало отличающиеся от исходного белка, но обладающие меньшим молекулярным весом. Пептоны и полипептиды затем расщепляются более глубоко до образования аминокислот, которые являются конечными продуктами гидролиза. Чаще других гниение вызывают аэробные бактерии: *бациллус субтилис* (сенная палочка) и *бациллус мезентерикус* (картофельная палочка). Далее на следующей стадии проходит дезаминирование аминокислот, основанное на отщеплении от аминокислот аминной группы в виде аммиака в различных условиях, на примере аланина это происходит по различным стадиям:



Фуллерен убивает микроорганизмы за счет своей высокой биохимической активности. На основании проведенных исследований установлено, что хранение яблок с бактерицидным орошением фуллереновой водой позволяет эффективно бороться с процессами их гниения. Такой технологический прием резко снижает потери плодово-ягодного сырья при хранении.

Сушка яблок

Сушка является важной технологической стадией в переработке избытка различных плодов и овощей и, в частности, яблок. Это экономически оправдано, так как сушеные яблоки долго хранятся, занимают мало места, имеют высокую пищевую ценность, сохраняют при правильной стандартной сушке почти все полезные вещества и сахара. Кроме того, кожура яблок богата флавоноидами, а их косточки – летрилом (витамином В17), который препятствует распространению раковых клеток. Однако, в случае нарушения технологии сушки при повышенных температурах, в коричневых пересушенных плодах их витамины разрушаются. Перед сушкой, согласно традиционным технологиям для предотвращения потемнения плодов, они предварительно обрабатываются разными способами:

1. обработка солевым раствором. Нарезанные яблоки в течение 4-х минут выдерживаем в 1% растворе поваренной соли (100 г соли на ведро воды) (Нуретдинов, Губская, Синяшин, 2012, с. 52-54; Хромушин, Честнова, Платонов, Хадарцев, Киреев, 2014, с. 162; Волкова, Ширинкин, Шапошников, 2011, с. 64-70; Гудковский, 2004, с. 3-13);
2. обработка раствором сернистой кислоты. Перед сушкой можно выдержать яблоки в течение 3-х минут в 0,2% водного раствора сернистой кислоты (на 1 л воды 1 г кислоты);
3. бланшировка нарезанных яблок – их погружение на несколько секунд в кипящую воду.

Далее происходит сушка с использованием различных видов энергии – солнечной (сушка на солнце – самый древний способ сушки фруктов), над газовой плитой, сушка микроволнами, горячим воздухом и другое (Пиотровский, Киселев, 2006, с. 336; Андреев, Романова, Петрухина, Андреев, 2002, с. 658-660; Остриков, Кретов, Шевцов, Добромиров, 1998, с. 334)

Яблоки того же сорта, что и в первом опыте, были порезаны на тонкие кусочки толщиной 5 мм и обработаны водой: одна часть яблок, настоянной на шунгите, другая – на дистиллированной воде.

Обработанные яблоки одинаковой массы помещались в сушильный шкаф с температурой сушки 75 градусов. Сушка проведена в течение 2.5 часов. Сухофрукты после сушки имели разный цвет (Рисунок 4) и разную массу.

Из Рисунка 4 следует, что яблоки, вымытые шунгитовой водой, имели практически белый цвет поверхности по сравнению с коричневым цветом яблок, вымытых дистиллированной водой.

Такая разница объясняется тем, что фуллерен является мощным ингибитором ферментативного поверхностного окисления разрезанных яблок. Согласно литературным данным, у фуллерена антиоксидантная активность почти в 1000 раз выше, чем у витамина С.

Кроме того, наблюдается и второй важный эффект. Первая партия яблок, обработанная шунгитовой водой, после сушки имела массу примерно на 20% ниже, чем масса яблок, обработанная дистиллированной водой. Этот факт можно объяснить повышением скорости сушки яблок за счет изменения структуры поверхности яблок и структурирования воды в его присутствии.

Найденные факты особенного влияния фуллерена на процессы хранения и сушки яблок могут быть основой новых перспективных технологий переработки фруктов.

Выводы

В результате проведенных исследований выявлены технологические проблемы переработки сельхозсырья на примере яблок, определены узкие места в производственных процессах. Изучено

влияние современного наноматериала – шунгита на процесс гниения фруктов, доказана его бактерицидность и технологическая эффективность применения.

Установлено влияние шунгитовой воды на процесс сушки яблочного сырья – повышение качества сухофруктов и снижение расхода тепловой энергии.

Применение воды с примесью фуллерена позволит сократить потери при хранении яблок, увеличить эффективность стадии сушки и соответственно повысить конкурентоспособность перерабатывающих предприятий на товарном рынке.

Литература

- Али-паша В.А., Беленков Е.А. Наноструктурированные материалы из фуллеренов // Вестник ЧелГУ. 2010. № 12. С. 25-32.
- Андреев И.М., Романова В.С., Петрухина А.О., Андреев С.М. Аминокислотные производные фуллерена C60 ведут себя как липофильные ионы, проникающие через биологические мембраны // Физика твердого тела. 2002. Т. 44. С. 658-660.
- Биглова Ю.Н., Сигаева Н.Н., Талипов Р.Ф., Монаков Ю.Б. Химия фуллеренов. III. Фуллерены в реакциях полимеризации. Перспективы применения фуллеренов // Вестник Башкирского ун-та. 2004. № 3. С. 80-91.
- Волкова Т.О., Ширинкин С.В., Шапошников А.А. Обзор данных о механизмах влияния гидратированных фуллеренов на биологические системы // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. 2011. № 21(116). С. 64-70.



а)



б)

Рисунок 3. Влияние шунгитовой воды на сушку яблок (а – шунгитовая вода, б – дистиллированная вода).

- Гладкова М.М., Терехова В.А. Инженерные наноматериалы в почве: источники поступления и пути миграции // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2013. № 3. С. 34-39.
- Гудковский В.А. Эффективность ингибиторов этилена в предотвращении поражения плодов физиологическими и грибными заболеваниями в период хранения и доведения до потребителя // Прогрессивные методы хранения плодов, овощей и зерна: Материалы международной международной научно-методической конференции. Воронеж: «Кварт», 2004. С. 3-13.
- Гудковский В.А., Кожина Л.В., Назаров Ю.Б., Гучева Р.Б. Современные и новейшие технологии хранения плодов // Труды Всероссийского научно-исследовательского института садоводства им. И. В. Мичурина. Научные основы садоводства: Сб. науч. трудов Воронеж: «Кварт», 2005. С. 25-28.
- Думпис М.А., Николаев Д.Н., Литасова Е.В., Ильин В.В., Брусина М.А., Пиотровский Л.Б. Биологическая активность фуллеренов – реалии и перспективы // Обзоры по клинич. фармакол. и лек. терапии. 2018. № 1. С. 4-20.
- Ермилов Н.Н., Чарыков Н.А., Павловец В.В., Кузнецова Е.А. Нанотехнологии – от теории к практическому применению // Инновации. 2007. № 12. С. 79-83.
- Колесник А.А., Федоров М.А., Осенова Е.Х. Хранение плодов в регулируемой атмосфере. М.: «Колос», 1973. 144 с.
- Коробкина З.В. Прогрессивные методы хранения плодов и овощей. Киев: Урожай, 1989. 168 с.
- Латыпов З.З., Галль Л.Н. Фуллерены и углеродные нанокластеры // НП. 2005. № 2. С. 82-87.
- Лепов В.В. Нанотехнологии: новый облик тысячелетия // Наука и техника в Якутии. 2007. № 2(13). С. 22-27.
- Нуретдинов И.А., Губская В.П., Синяшин О.Г. Новые производные фуллеренов, синтез, свойства и применение // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 23. С. 52-54.
- Остриков А.Н., Кретов И.Т., Шевцов А.А., Добромиров В.Е. Энергосберегающие технологии и оборудование для сушки пищевого сырья. Воронеж: Изд. ВГУ, 1998. 334 с.
- Пиотровский Л.Б., Киселев О.И. Фуллерены в биологии. СПб.: ООО «Издательство «Росток», 2006. 336 с.
- Пиотровский Л.Б., Литасова Е.В., Думпис М.А. Зачем нам сегодня нужны фуллерены? // Обзоры по клинич. фармакол. и лек. терапии. 2019. № 2. С. 5-15.
- Попов Г.В., Игуменова Т.И., Шульга А.М. Исследование изменения поверхности полимеров при модификации наноматериалами // Вестник ВГУИТ. 2014. № 3(61). С. 123-126.
- Попов Г.В., Косенко И.С., Спиридонова М.В. Применение фуллеренов для идентификации мясных продуктов содержащих кленбутерол // Вестник ВГУИТ. 2014. № 1(59). С. 199-201.
- Сайфуллин Р.С., Сайфуллин А.Р. Нанонаука и нанотехнология. Общий взгляд - из прошлого в будущее // Вестник Казанского технологического университета. 2008. № 1. С. 5-19.
- Скрипников Ю.Г. Технология переработки плодов и ягод. М.: Агропромиздат, 1988. 287 с.
- Хромушин В.А., Честнова Т.В., Платонов В.В., Хадарцев А.А., Киреев С.С. Шунгиты, как природная нанотехнология (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. 2014. № 1. С. 162.
- Ширинкин С.В., Шапошников А.А., Волкова Т.О., Андриевский Г.В., Давыдовский А.Г. Гидратированный фуллерен как инструмент для понимания роли особых структурных свойств водной среды живого организма для его нормального функционирования // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. 2012. № 9(128). С. 122-129.
- Шпилевский Э.М. Фуллерены – новые молекулы для новых материалов // Наука и инновации. 2006. № 5(39). С. 32-38.
- Шпилевский Э.М., Богорош А.Т., Паладюк В.В., Махрова Е.Г., Зинченко А.Т., Шайко-Шайковский А.Г. Свойства и возможные применения фуллеренсодержащих материалов // НиКа. 2016. Т. 1. С. 42-43.

The Use of Fullerenes in the Storage and Drying of Apples

Tatyana V. Shevchenko

*Kemerovo State University
6 Krasnaya Street, Kemerovo, 650000, Russian Federation
E-mail: tatyana.shevchenko.1948@mail.ru*

Yulia V. Ustinova

*Kemerovo State University
6 Krasnaya Street, Kemerovo, 650000, Russian Federation
E-mail: yul48888048@yandex.ru*

Vladimir P. Yustratov

*Kemerovo State University
6 Krasnaya Street, Kemerovo, 650000, Russian Federation
E-mail: onh@kemsu.ru*

Mikhail S. Bezrukov

*Kemerovo State University
6 Krasnaya Street, Kemerovo, 650000, Russian Federation
E-mail: mikhail_bezrukov_98@mail.ru*

Darya E. Vasilenko

*Kemerovo State University
6 Krasnaya Street, Kemerovo, 650000, Russian Federation
E-mail: vasilenko.dasch@yandex.ru*

The study of the physical and chemical properties of fullerenes and their derivatives, as well as solutions based on them, allows us to predict the behavior of the latter in various processes, including those that are technologically significant, in particular when used in the food industry. In this regard, it is important to develop new technologically available methods for the functionalization of carbon nanostructures and study the possibilities of their practical application. The purpose of this study was to study the possibility of using fullerene in apple storage and drying technology. The experimental part of the work involved processing artificially damaged whole apples and their lobes with water treated with a fullerene-containing natural material-shungite, before storing and drying them. Important bactericidal technological properties of such water have been established, which reduce the degree of rotting of apples obtained from mechanical damage. The possibility of complete healing of fruits from damage and rotting processes when they are treated with water with an admixture of fullerene has been established. The influence of water with fullerene on the drying process of apples has been proved. A decrease in vitamin losses was found due to inhibition of the oxidative enzymatic reaction on the surface of the apple slice. The ability of fullerene nanocomposites to reduce the total energy costs for drying apple raw materials has been proved. The use of fullerene, which has special chemical properties, in the technology of storing and drying apples is advisable, which has not yet been tested for storing and drying apples by industrial methods.

Keywords: apples, storage, fullerene, shungite, water, shungite water-bactericidal properties, drying, enzymes, vitamins

References

- Ali-pasha V.A., Belenkov E.A. Nanostrukturirovannyye materialy iz fullerenov [Nanostructured fullerene materials]. *Vestnik ChelGU [Bulletin of the Chelyabinsk state university]*, 2010, no. 12, pp. 25-32.
- Andreev I.M., Romanova V.S., Petrukhina A.O., Andreev S.M. Aminokislotnye proizvodnye fullerena S60 vedut sebya kak lipofil'nye iony, pronikayushchie cherez biologicheskie membrany [Amino acid derivatives of fullerene C60 behave like lipophilic ions that penetrate biological membranes]. *Fizika tverdogo tela [Solid state physics]*, 2002, vol. 44, pp. 658-660.
- Biglova Yu.N., Sigaeva N.N., Talipov R.F., Monakov Yu.B. Himiya fullerenov. III. Fullereny v reakciyah polimerizacii. Perspektivy primeneniya fullerenov [Chemistry of fullerenes. III. Fullerenes in polymerization reactions. Prospects of application of fullerenes]. *Vestnik Bashkirsk. un-ta [Bashkir. university Bulletin]*, 2004, no. 3, pp. 80-91.
- Volkova T.O., Shirinkin S.V., Shaposhnikov A.A. Obzor dannyh o mekhanizmah vliyaniya gidratirovannyh fullerenov na biologicheskie sistemy [Review of data on the mechanisms of influence of hydrated fullerenes on biological systems]. *Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennye nauki [Scientific sheets of BelSU. Series: Natural Sciences]*, 2011, no. 21(116), pp. 64-70.
- Gladkova M.M., Terekhova V.A. Inzhenernyye nanomaterialy v pochve: istochniki postupleniya i puti migracii [Engineering nanomaterials in soil: sources of supply and migration routes]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17. Pochvovedenie [Bulletin of the Moscow University. Series 17. Pedology]*, 2013, no. 3, pp. 34-39.
- Gudkovskiy V.A. Effektivnost inhibitorov etilena v predotvrashchenii porazheniya plodov fiziologicheskimi i gribnymi zabolevaniyami v period hraneniya i dovedeniya do potrebitelya [The effectiveness of ethylene inhibitors in preventing fruit damage by physiological and fungal diseases during storage and delivery to the consumer]. In *Progressivnye metody hraneniya plodov, ovoshchej i zerna: Materialy mezhdunarodnoj mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferencii [Progressive methods of storage of fruits, vegetables and grains: Proceedings of the international scientific and methodological conference]*. Voronezh: «Kvarta»2004, pp. 3-13.
- Gudkovskiy V.A., Kozhina L.V., Nazarov Yu.B., Gucheva R.B. Sovremennyye i novye tekhnologii hraneniya plodov [Modern and latest technology of storage of fruits]. In *Trudy Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sadovodstva im. I.V. Michurina. Nauchnye osnovy sadovodstva: Sb. nauch. trudov Voronezh: «Kvarta» [Proceedings of the all-Russian research Institute of horticulture named after I.V. Michurin. Scientific bases of gardening: Collection of scientific works Voronezh: «Quart»]*, 2005, pp. 25-28.
- Dumpis M.A., Nikolaev D.N., Litasova E.V., Ilin V.V., Brusina M.A., Piotrovskii L.B. Biologicheskaya aktivnost fullerenov – realii i perspektivy [Biological activity of fullerenes – realities and prospects]. *Obzory po klinich. farmakol. i lek. terapii [Reviews of clinical pharmacol. and lec. therapies]*, 2018, no. 1, pp. 4-20.
- Ermilov N.N., Charykov N.A., Pavlov V.V., Kuznecova E.A. Nanotekhnologii – ot teorii k prakticheskomu primeneniyu [Nanotechnology – from theory to practical application]. *Innovacii [Innovations]*, 2007, no. 12, pp. 79-83.
- Kolesnik A.A., Fedorov M.A., Osenova E.X. Hranenie plodov v reguliruemoy atmosfere [Storage of fruit in a controlled atmosphere]. Moscow: Kolos, 1973. 144 p.
- Korobkina Z.V. Progressivnye metody hraneniya plodov i ovoshchej [Progressive methods of storing fruits and vegetables]. Kiev: Crop, 1989. 168 p.
- Latypov Z.Z., Gall L.N. Fullereny i uglerodnye nanoklastery [Fullerenes and carbon nanoclusters]. *NP [NP]*, 2005, no. 2, pp. 82-87.
- Lepov V.V. Nanotekhnologii: novyy oblik tysyacheletiya [Nanotechnology: the new face of the millennium]. *Nauka i tekhnika v Yakutii [Science and technology in Yakutia]*, 2007, no. 2(13), pp. 22-27.
- Nuretdinov I.A., Gubskaya V.P., Sinyashin O.G. Novye proizvodnye fullerenov, sintez, svoystva i primeneniye [New fullerene derivatives, synthesis, properties and applications]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan technological university]*, 2012, no. 23, pp. 52-54.
- Ostrikov A.N., Kretov I.T., Shevtsov A.A., Dobromirov V.E. Energoberegayushchie tekhnologii i oborudovanie dlya sushki pishchevogo syrya [Energy-saving technologies and equipment for drying food raw materials]. Voronezh: VSU Publishing house, 1998. 334 p.
- Piotrovskiy L.B., Kiselev O.I. Fullereny v biologii [Fullerenes in biology]. Saint Petersburg: Rostock Publishing house, LLC, 2006. 336 p.
- Piotrovskii L.B., Litasova E.V., Dumpis M.A. Zachem nam segodnya nuzhny fullereny? [Why do we need fullerenes today?]. *Obzory po klinich. farmakol. i lek. terapii [Reviews of clinical pharmacol. and lec. therapies]*, 2019, no. 2, pp. 5-15.
- Popov G.V., Igumenova T.I., Shulga A.M. Issledovanie izmeneniya poverhnosti polimerov pri modifikacii nanomaterialami [Investigation of polymer surface

- changes during modification by nanomaterials]. *Vestnik VGUIT [VSUIT Bulletin]*, 2014, no. 3(61), pp. 123-126.
- Popov G.V., Kosenko I.S., Spiridonova M.V. Primenenie fullerenov dlya identifikacii myasnyh produktov soderzhashchih klenbuterol [Use of fullerenes for identification of meat products containing clenbuterol]. *Vestnik VGUIT [VSUIT Bulletin]*, 2014, no. 1(59), pp. 199-201.
- Sajfullin R.S., Sajfullin A.R. Nanonauka i nanotekhnologiya. Obshchij vzglyad – iz proshlogo v budushchee [Nanoscience and nanotechnology. General view – from the past to the future]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan technological university]*, 2008, no. 1, pp. 5-19.
- Skipnikov Yu.G. Tekhnologiya pererabotki plodov i yagod [Technology of fruit and berry processing]. Moscow: Agropromizdat, 1988. 287 p.
- Hromushin V.A., Chestnova T.V., Platonov V.V., Hadarcev A.A., Kireev S.S. Shungity, kak prirodnaya nanotekhnologiya (obzor literatury) [Schungites, like nature nanotechnology (a review of the literature)]. *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Bulletin of new medical technologies]*, 2014, no. 1, p. 162.
- Shirinkin S.V., Shaposhnikov A.A., Volkova T.O., Andrievskij G.V., Davydovskij A.G. Gidratirovannyj fulleren kak instrument dlya ponimaniya roli osobyh strukturnykh svoystv vodnoj sredy zhivogo organizma dlya ego normalnogo funkcionirovaniya [Hydrated fullerene as a tool for understanding the role of special structural properties of the aquatic environment of a living organism for its normal functioning]. *Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennye nauki [Scientific sheets of BelSU. Series: Natural Sciences]*, 2012, no. 9(128), pp. 122-129.
- Shpilevskij E.M. Fullereny – novye molekuly dlya novyh materialov [Fullerenes – new molecules for new materials]. *Nauka i innovacii [Science and innovation]*, 2006, no. 5(39), pp. 32-38.
- Shpilevskij E.M., Bogorosh A.T., Paladyuk V.V., Mahrova E.G., Zinchenko A.T., Shajko-Shajkovskij A.G. Svoystva i vozmozhnye primeneniya fullerensoderzhashchih materialov [Properties and possible applications of fullerene-containing materials]. *NiKa [NiKa]*, 2016, vol. 1, pp. 42-43.