

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института физиологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук
д.м.н., профессор Бойко Е.Р.

«3» декабря 2015 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук о научно-практической ценности диссертационной работы Петровой Анны Андреевны «Свойства тканеспецифичного рамногалактуронана I, обеспечивающие функционирование желатинозных волокон льна», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 03.01.05 – физиология и биохимия растений.

Актуальность выполненной работы. Диссертационная работа Петровой А.А. посвящена актуальной проблеме физиологии и биохимии растений – исследованию механизмов функционирования растительных клеток. Петровой А.А. проведены физико-химические, структурно-химические, реологические исследования и компьютерное моделирование рамногалактуронана I флоэмных волокон льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) и охарактеризованы его свойства как ключевого компонента клеточной стенки, влияющие на функционирование желатинозных волокон.

Исследование физико-химических и механических свойств тканеспецифичного рамногалактуронана I, участвующего в формировании третичной клеточной стенки, представляет несомненный интерес. Пектиновые полисахариды содержатся во всех высших наземных и водных растениях, морских травах и пресноводных водорослях и являются одними из главных углеводных компонентов первичных клеточных стенок и секретируемых слизей. Они представляют собой группу олигосахаридов и полисахаридов, которые имеют общие черты, но чрезвычайно разнообразны по своей тонкой структуре. В составе пектиновых полисахаридов обнаружены следующие структурные элементы: гомогалактуронан, рамногалактуронан I, рамногалактуронан II, апиогалактуронан, ксилогалактуронан, арабинан, галактан, арабиногалактан. Сложная структура пектиновых полисахаридов и наличие большого числа генов в растениях, регулирующих их синтез, свидетельствуют о способности пектинов выполнять разнообразные функции в различные периоды роста и развития растений. Пектиновые полисахариды участвуют в процессе прорастания семян и росте проростков, поддерживают тургор растений, обеспечивают в них водносолевой обмен, определяют устойчивость растений к засухе и низким температурам, обуславливают резистентность растительной клетки к действию фитопатогенов. Совсем недавно установлено, что пектиновые полисахариды, в частности рамногалактуронан I, являются также ключевым компонентом матрикса в третичной клеточной стенке, которая формируется в желатинозных растительных волокнах и резко отличается от других типов клеточной стенки исключительно высоким содержанием целлюлозы и аксиальным расположением её микрофибрилл. Основная функция желатинозных волокон в растении заключается в поддержании и перемещении органов в пространстве, например, при механическом воздействии. В реализации этой функции

волокон в растении заключается в поддержании и перемещении органов в пространстве, например, при механическом воздействии. В реализации этой функции ключевую роль играют особый состав и структура желатинозной клеточной стенки, обеспечивающие натяжение микрофибрилл целлюлозы. Существует гипотеза, согласно которой особые свойства желатинозных слоев формируются за счет латерального взаимодействия микрофибрилл целлюлозы при захвате ими полисахаридов матрикса, в частности рамногалактуронана I. Характеристика физико-химических и механических свойств рамногалактуронана I, моделирование его участия в процессах, происходящих в клеточной стенке желатинозных волокон льна, позволяет не только конкретизировать существующую гипотезу о реализации механизма создания натяжения в растительных волокнах, но и формирует комплекс новых подходов для исследования взаимосвязи между структурой и функцией у сложных полисахаридов растительного происхождения.

В связи с этим, актуальность исследования Петровой А.А. физико-химических и механических свойств рамногалактуронана I, как ключевого компонента клеточной стенки, и выявление его особенностей, обеспечивающих функционирование желатинозных волокон, не вызывает сомнения.

Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов диссертации. Проведенный обзор состояния проблем исследования свойств третичной клеточной стенки, строения, физико-химических и структурно-механических свойств растительных полисахаридов и современного компьютерного моделирования структуры и свойств физиологических систем позволил диссертанту, основываясь на ранее проведенных независимых исследованиях, обосновать выбор методов и подходов для проведения собственных исследований. Объем проведенных Петровой А.А. исследований представляется достаточным для получения достоверных результатов и выводов. Достоверность структурно- и физико-химических исследований тканеспецифичного рамногалактуронана I обеспечена использованием целого комплекса классических и современных методов анализа углеводов, в числе которых – кислотный и ферментативный гидролиз, аналитические, хроматографические (гельпроникающая, анионообменная, высокоэффективная жидкостная хроматография), физические (спектроскопия ядерного магнитного резонанса, ИК спектроскопия, динамическое рассеяние света), реологические (определение упругих свойств при одноосном сжатии). Моделирование захвата рамногалактуронана I микрофибриллами целлюлозы проведено методом конечных элементов с использованием программной системы ANSYS, обладающей нелинейными аналитическими возможностями расчета, которые необходимы для решения задачи с гиперэластичным материалом. За основу взята модель гиперэластичных материалов Муни-Ривлина, как наиболее точно описывающая большие деформации, характерные для анализируемой системы. При моделировании заданной конструкции использовали характеристики микрофибрилл целлюлозы льна (длина, диаметр, модуль Юнга, коэффициент Пуассона), параметры клеточной стенки, представленные в литературе, и параметры рамногалактуронана I клеточной стенки волокон льна (модуль Юнга, коэффициент Пуассона, константы Муни-Ривлина), полученные из экспериментов в настоящем исследовании. Для проверки адекватности расчета созданная модель была охарактеризована четырьмя критериями качества сетки и выявлением участков с высокой степенью ошибки вычислений. Полученные результаты свидетельствуют об оптимальности построенной сетки модели. Для оценки статистических различий результатов экспериментов были использованы стандартные математические методы (расчет среднеквадратического отклонения, сравнение средних по критерию Стьюдента) средствами программ Microsoft Excel-2010. Критерий вероятности принимали достаточным для достоверной разницы опытной и контрольной групп данных. Подлинность модели, построенной

Петровой А.А., подтверждена ее соответствием модели мезопористой структуры желатинозной клеточной стенки, ранее предложенной в литературе.

Таким образом, в диссертационной работе Петровой А.А. достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов обеспечена четкой постановкой цели и задач исследования, использованием адекватных исследованию математико-статистических методов анализа данных, методов и подходов компьютерного моделирования.

Основные научные результаты, полученные лично автором, и их научная новизна.

Петровой А.А. впервые выявлена способность рамногалактуронана I желатинозных клеточных стенок льна к образованию прочных физических гелей. Показано, что формирование геля происходит в результате действия на полисахарид эффекта, сопряженного с движением молекул воды, более прочно удерживаемых полисахаридом по сравнению с не формирующим гель рамногалактуронаном I первичной клеточной стенки картофеля. Показано, что гель из рамногалактуронана I желатинозных волокон льна обладает гиперэластичными свойствами.

Петровой А.А. установлена способность молекул рамногалактуронана I желатинозных волокон к самоассоциации. Продемонстрировано формирование из молекул рамногалактуронана I надмолекулярных структур трёх уровней: элементарное звено, ассоциат элементарных звеньев и агрегат ассоциатов.

Петровой А.А. получены структурные характеристики тканеспецифичного рамногалактуронана I третичной клеточной стенки волокон льна, которые могут быть сопряжены с его способностью к формированию надмолекулярных структур. Показано отсутствие в структуре главной углеводной цепи участков из α -1,4-связанных остатков D-галактуроновой кислоты; наличие большей части боковых галактановых цепей (47% от всех замещенных остатков рамнозы) в виде единичных остатков. Предположено, что ключевую роль в обеспечении способности рамногалактуронана I к самоассоциации играет распределение боковых цепей на остовах, либо их различающееся по длине распределение при схожих средних показателях.

Автором с помощью моделирования методом конечных элементов впервые рассчитано, что при захвате гиперэластичного рамногалактуронана I волокон льна латерально взаимодействующими микрофибриллами целлюлозы этот полисахарид сохраняет компактность, а не распределяется вдоль всей поверхности микрофибрилл. Показано, что такое поведение полисахарида при воздействии на систему давления, уровень которого соответствует тургорному давлению в растительной клетке, способствует повышению эффективности натяжения микрофибрилл.

Значимость полученных результатов для развития физиологии и биохимии растений. Автором проведены структурно-функциональные исследования биологически значимых полисахаридов третичных клеточных стенок желатинозных волокон с использованием физико-химических, химических, реологических методов и компьютерного моделирования, что входит в круг проблем физиологии и биохимии растительной клетки.

Изучение особых свойств рамногалактуронана I и его взаимодействия с другими полисахаридами клеточной стенки вносит существенный вклад в понимание ее биомеханики и механизмов функционирования. Полученные результаты дополняют современные представления о строении рамногалактуронанов и способствуют развитию представлений о биологических функциях пектиновых полисахаридов. Результаты об изменениях структуры и физико-химических свойств рамногалактуронанов, синтезируемых желатинозными волокнами, вносят вклад в понимание процессов биосинтеза полисахаридов в растительной клетке. Сформированная совокупность новых подходов для анализа свойств и структуры

рамногалактуронанов может быть использована для характеристики широкого круга сложных полисахаридов и сопряжения их параметров с функциональной нагрузкой.

Полученные данные вносят существенный вклад в понимание механизма создания контрактильности растительных волокон. Компьютерное моделирование участия гелей из рамногалактуронана I в создании натяжения микрофибрилл целлюлозы носит универсальный характер и может служить основой для описания функционирования желатинозных волокон, дифференцирующихся у разных видов растений в результате деятельности различных меристем и принадлежащих к различным тканям.

Использование метода конечных элементов для моделирования захвата рамногалактуронана I микрофибриллами целлюлозы вносит существенный вклад в расширение данного метода применительно к биологическим системам, в частности для моделирования свойств клеточных стенок, напрямую связанных с их физиологическими функциями.

Более того, диссертация не только вносит определенный фундаментальный вклад в физиологию и биохимию растений, но и обладает высокой степенью практической значимости, поскольку предполагаемые механизмы описывают процессы, происходящие в растительных волокон хозяйственно ценных культур. Экспериментальные данные и методические приемы, изложенные в работе, могут быть использованы в сельскохозяйственных, биологических и биотехнологических учреждениях, занимающихся исследованием растительной биомассы и биологического сырья для создания инновационных технологий, а также в учебном процессе при чтении курсов лекций по физиологии растений, гликобиологии и биофизики в ВУЗах.

Общая характеристика работы. Диссертация Петровой А.А. написана в традиционном стиле на 155 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, главы, посвященной представлению результатов собственных исследований и их обсуждению, заключения, выводов, списка литературы. Работа иллюстрирована 8 таблицами и 43 рисунками. Библиографический список диссертации насчитывает 231 источник, из них 211 иностранный.

Во введении четко обоснована актуальность исследования, поставлена цель и определены соответствующие ей задачи, обосновано соответствие диссертационной работы паспорту специальности, выделены научная новизна и практическая значимость исследования, приведены выносимые на защиту положения, данные об апробации, легитимности исследования и структура диссертации.

В главе «литературный обзор» автор детально освещает все вопросы, касающиеся главного объекта исследования – рамногалактуронана I, и целлюлозы, являющейся главным компонентом клеточной стенки желатинозного типа. Проанализированы имеющиеся в литературе данные о строении пектиновых полисахаридов, в частности рассмотрены модели построения пектиновых макромолекул, особенности строения боковых углеводных цепей рамногалактуронанов I, характер и расположение модифицирующих групп. Особое внимание уделено рассмотрению структурно-механических свойств полисахаридов, входящих в состав растительных клеточных стенок, а именно гелеобразующей способности пектиновых полисахаридов, как наиболее важному свойству, обуславливающему выполнение их биологических функций в растительной клетке. Подробно разобраны современные методы анализа физико-химических свойств полисахаридов, такие как инфракрасная спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния, спектроскопия ЯМР, дифракционные методы рассеяния. Рассмотрены проблемы использования этих методов при исследовании растительных полисахаридов и подходы к их решению. В обзоре уделено внимание методам и подходам компьютерного моделирования и биоинформатики, которые являются мощными средствами изучения структуры,

свойств и поведения как отдельных молекул и биохимических процессов, так и целых физиологических систем.

Глава «экспериментальная часть» посвящена организации, методам и условиям экспериментальных работ. В ней автор подробно описывает процедуру выращивания, сбора и обработки растительного материала, выделения рамногалактуронанов I из волокон льна до и после их встраивания в клеточную стенку, анализа моносахаридного состава полисахаридов, методы частичного ферментативного и химического гидролиза, фракционирования выделенных полисахаридов и их фрагментов, получения гелей рамногалактуронанов I, определения упругих свойств гелей при одноосном сжатии, условия использования физико-химических методов (динамическое рассеяние света, ИК-спектроскопия, спектроскопия ЯМР), описывает модели и параметры, использованные при компьютерном моделировании, методы статистического анализа.

В главе «результаты и обсуждение» автором ясно изложены результаты и обоснованы выводы проведенных исследований. Разделы 3.1., 3.2. посвящены поиску и характеристике свойств рамногалактуронана I желатинозных волокон, позволяющих данному полисахариду функционировать в условиях высокого давления, и отличающих его от традиционных вариантов рамногалактуронана I, характерных для первичных клеточных стенок. Поэтому во всех исследованиях (разделы 3.1 – 3.3.), в качестве ключевого подхода для сопряжения установленных параметров и свойств рамногалактуронанов I с функциональной пригодностью проводили сопоставление рамногалактуронанов I волокон льна, формирующих клеточную стенку желатинозного типа с рамногалактуронаном I из тонкой первичной клеточной стенки картофеля.

В разделе 3.1. автором исследована способность рамногалактуронанов I к гелеобразованию в определенных условиях и установлено, что в отличие от рамногалактуронана I первичных стенок картофеля рамногалактуронаны I желатинозных стенок льна способны к гелеобразованию в присутствии сверхвысокочастотного излучения, оказывающего влияние на межмолекулярное взаимодействие полисахаридных макромолекул и молекул воды. Получены характеристики упруго-пластических свойств гелей рамногалактуронанов I желатинозных стенок льна при одноосном сжатии (вогнутый характер кривых зависимости деформации от давления, низкие значения модуля Юнга и значения коэффициента Пуассона выше 0.48), указывающие на их принадлежность упругоэластичным материалам.

В разделе 3.2. Петрова А.А. аргументировано обосновывает необходимость установления ряда физико-химических параметров рамногалактуронанов I желатинозной клеточной стенки, сопряженных с формированием надмолекулярной структуры этих полисахаридов и необходимых для реализации механизма создания натяжения в клеточной стенке. Автором (подраздел 3.2.1.) охарактеризованы гидродинамические свойства рамногалактуронанов и показано, что размеры частиц рамногалактуронана I клеточных стенок волокон льна и его фрагмента, полученного после удаления значительной части галактановых цепей, увеличиваются с увеличением концентрации углеводов в образце. Выявлены особенности сорбционных свойств рамногалактуронанов I (подраздел 3.2.2.), имеющих различную способность к агрегированию и гелеобразованию, по отношению к воде, включая оценку доступности ОН-групп полисахаридов растворителю. В частности установлено, что в способных к агрегированию и гелеобразованию рамногалактуронанах I волокон льна присутствуют молекулы воды, более прочно удерживаемые полисахаридами по сравнению с не агрегирующим и не формирующим геля рамногалактуронаном I картофеля. Выдвинуто предположение, что повышение степени удерживания воды рамногалактуронаном I волокон льна сопряжено с увеличением прочности формируемого им геля и может быть связано с появлением в структуре образца более плотно упакованных областей. Следующая часть работы (подраздел 3.2.3.) посвящена представлению и обсуждению

результатов по изучению структурных параметров рамногалактуронанов I желатинозной клеточной стенки, которые могут обеспечивать их способность к самоагрегированию и образованию прочных физических гелей. Проведено сопоставление состава и элементов структурной организации рамногалактуронанов I первичной и третичной клеточных стенок (молекулярно-массовое распределение полисахаридов, содержание, соотношение, последовательность расположения, точки замещения моносахаридных остатков, входящих в состав главной и боковых углеводных цепей полисахаридов). Выполнен анализ моносахаридного состава и профиля кривых молекулярно-массового распределения продуктов ферментативного гидролиза рамногалактуронанов I, выполненного с помощью различных схем обработки полисахаридов рамногалактуронангидролазой и β -(1 \rightarrow 4)-галактаназой; и химического разрушения главной углеводной цепи посредством реакции β -элиминирования. В результате, полученные данные позволили автору заключить, что рамногалактуронан I клеточной стенки волокон льна представляет собой ассоциат нескольких молекул, сформированный, судя по всему, за счет взаимодействующих друг с другом боковых цепей и не содержащий в структуре фрагментов полигалактуронана. Автором сделан вывод, что такие ассоциаты способны сохранять гидродинамический объем (диаметр частиц порядка 40 нм) даже при уменьшении молекулярной массы в 35 раз и образовывать устойчивый физический гидрогель с гиперэластичными свойствами в физиологических концентрациях.

В разделе 3.3. автором описаны результаты и обсуждение компьютерного моделирования участия гелей из рамногалактуронана I в создании натяжения в клеточной стенке желатинозного типа. Вначале (подраздел 3.3.1.) автором построена и охарактеризована конечно-элементная модель захвата ассоциата рамногалактуронана I двумя микрофибриллами целлюлозы. Для подтверждения достоверности гипотезы о создании натяжения в желатинозной клеточной стенке с механической позиции при моделировании системы проведена оценка (подраздел 3.3.2.) деформаций микрофибриллы целлюлозы, на которую оказывали давление, и рамногалактуронана I в продольном направлении при сдавливании между двумя микрофибриллами. Выявлены различия в деформации и напряжении микрофибрилл целлюлозы и рамногалактуронана I, которые связаны с особенностями упруго-пластических свойств полисахаридов. Далее (подраздел 3.3.3.) автор проводит соотнесение параметров, полученных для захвата рамногалактуронана I микрофибриллами целлюлозы *in silico*, с характеристиками клеточной стенки *in vivo*. Автор выявляет, что размер пор клеточной стенки волокон льна, образующихся при наличии высокомолекулярного рамногалактуронана I, увеличивается по мере созревания желатинозного слоя. Данный результат согласуется с результатами, полученными для ранее предложенной модели мезопористой структуры клеточной стенки желатинозных волокон древесины натяжения тополя.

В заключении автором проанализированы полученные в работе результаты, обобщены итоги исследования и проведено их сравнение с учетом данных современной отечественной и зарубежной литературы. На основе всей совокупности данных представлен процесс формирования надмолекулярной структуры желатинозной клеточной стенки волокон льна.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Разработанная модель создания натяжения микрофибрилл целлюлозы в клеточной стенке желатинозного типа льна может служить основой при описании возникновения механического напряжения в клеточных стенках волокон реакционной древесины. Эти данные целесообразно внедрять при разработке мероприятий в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, проводимых в лесохозяйственных учреждениях Российской Федерации (Сыктывкарский лесхоз

Комитета природных ресурсов Республики Коми; ГУ Апшеронский лесхоз, Краснодарский край; ФГУ Аламбайский лесхоз, Алтайский край); различными предприятиями по переработке леса (Светогорский целлюлозно-бумажный комплекс, г. Светогорск; ОАО «Монди Сыктывкарский лесопромышленный комплекс, г. Сыктывкар») при разработке технологий по переработке хозяйственно ценных древесных двудольных пород, мероприятий по охране окружающей среды в сфере сохранения лесов высокой природоохранной ценности; использовать для проведения дальнейших научных исследований в области экологической биологии (ФГБУН Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар).

Полученные в ходе выполнения работы данные, а также сформулированные на их основе выводы расширяют знания о механизмах формирования растительной клеточной стенки, строения и физико-химических свойствах растительных полисахаридов и могут быть рекомендованы для дальнейшего использования в научных коллективах ФГБУН Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, ФГБУН Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, г. Москва, ФГБУН Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, г. Саратов, ФГБУН Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН, г. Владивосток, для проведения дальнейших научно-экспериментальных исследований в области биологии, физиологии, биоорганической химии, биотехнологии, биохимии, а также в учебном процессе на кафедрах высших учебных заведений по этим направлениям. Кроме того, полученные в ходе выполнения работы результаты позволяют рекомендовать *L. usitatissimum* L. в качестве источника стандартного рамногалактуронана I третичной клеточной стенки для использования в научных исследованиях, связанных с изучением строения и функциональных свойств растительных полисахаридов.

Результаты моделирования участия ассоциата рамногалактуронана I в создании натяжения микрофибрилл целлюлозы желатинозных волокон льна представляют значительный теоретический и практический интерес в области исследования и создания биомеханических систем, в частности для проектирования новых типов “искусственных мускул”. Материалы диссертации рекомендуется использовать в научных коллективах Научно-исследовательского института механики, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва; Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск; ФГБУН Институт цитологии и генетики, г. Новосибирск, в ведущих мировых центрах в области биомеханики растений (университет Фрейбург-Баденвейлера (Германия), Монпелье (Франция)) для проведения дальнейших научно-экспериментальных исследований и моделирования в области биомеханики растений по различным направлениям, например, таким как – механика клеточной стенки, водный транспорт в растениях, механорецепция, механические аспекты роста и развития растений, экологические аспекты биомеханики растений.

Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах. Содержание диссертации достаточно полно отражено в 18 печатных работах по теме диссертации, в том числе в двух статьях, вышедших в иностранном специализированном журнале по углеводам “Carbohydrate Polymers” с высоким импакт-фактором (WOS – 4.1), в статьях, вышедших в российских рецензируемых журналах “Биохимия” (WOS – 1.4) и “Известия Академии наук. Серия химическая” (WOS – 0.5), рекомендованных ВАК Минобрнауки и науки РФ для публикации материалов диссертационных исследований.

Работа успешно прошла апробацию на конференциях и симпозиумах самого высокого ранга международного и всероссийского уровня, в том числе XXI International Symposium on Glycoconjugates (Вена, 2011), XIII Cell Wall Meeting (Нант, 2013), 18th European Carbohydrate Symposium (Москва, 2015), IV Всероссийская школа-

конференция “Химия и биохимия углеводов” (Саратов, 2011), II Всероссийская конференция “Фундаментальная гликология” (Саратов, 2014).

Вопросы и замечания, возникшие при рассмотрении диссертации и автореферата.

Хотелось бы уточнить у автора работы следующее:

Из каких соображений при изучении способности рамногалактуронанов к гелеобразованию в качестве одного из способов гелеобразования выбрана обработка раствора полисахарида сверхвысокочастотным излучением?

Для обоснования использования метода одноосного сжатия структура полученного гелевого материала определена как однородная (раздел 3.1.2., с. 69), как это было установлено?

В экспериментальной части (с. 61) указано, что рамногалактуронаны I перед гидролизом с помощью ферментов были сапонифицированы. Из каких соображений это было выполнено, как были подобраны условия эксперимента, поскольку данные о наличии эфирных группировок отсутствуют?

В качестве замечаний следует отметить следующее:

В экспериментальной части (раздел 2, с. 58) нет четкого описания постановки экспериментов по гелеобразованию. Например, для микроволновой обработки отсутствует время, диапазон частоты, мощность излучения, концентрации растворов, соотношения компонентов. Часть экспериментальных параметров “разбросаны” по тексту других глав (обсуждение, заключение).

В экспериментальной части нет четкого описания получения параметров, которые являются ключевыми в постановке компьютерного моделирования. Отсутствует тщательность в описании экспериментов по изучению механических свойств гелей. Так, не приведены параметры, необходимые для обсчета модуля Юнга, например такие как, радиус давящей площадки, радиус, высота гелевого блока, глубина проникновения, не оговорено условие линейности (при какой деформации (%) наблюдается линейная зависимость между напряжением и деформацией - область упругой деформации, в которой определяется модуль Юнга), не указано количество повторностей. Отсутствует экспериментальное описание получения данных (процедура эксперимента, форма образца), график и/или табличные данные, в частности, данные по поперечной деформации, необходимые для расчета коэффициента Пуассона, отсутствует соответствующая литературная ссылка.

Рис. 19. Необходимо уточнить для каких именно концентраций “разбавленных растворов полисахаридов” приведены данные по интенсивности света, рассеиваемого частицами полисахаридов.

Наблюдается некоторая нестыковка: в одном из положений, выносимом на защиту, написано: “Молекулы рамногалактуронана I волокон льна обладают тремя уровнями организации”; в заключении – “этот полисахарид способен самоагрегировать и обладает тремя уровнями организации молекул”, как и тексте обсуждения (с. 82, рис. 21) – “Три уровня пространственной организации молекул рамногалактуронана I клеточной стенки волокон льна”; в то же время в научной новизне работы (с. 8) – “Продемонстрировано формирование из единичных молекул рамногалактуронана I надмолекулярных структур двух уровней: ассоциат молекул и агрегат ассоциатов молекул”.

Представлены не все результаты статистической обработки данных, единицы измерения указаны не для всех величин, например, таблица 3.

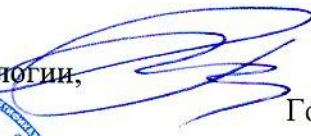
Высказанные замечания нисколько не умаляют достоинств данной диссертационной работы. В целом, диссертационная работа Петровой А.А. представляет собой серьезный, основательный труд, с хорошей экспериментальной базой, современными подходами и методами исследования.

Заключение

Диссертационная работа Петровой Анны Андреевны «Свойства тканеспецифичного рамногалактуронана I, обеспечивающие функционирование желатинозных волокон льна» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для развития физиологии и биохимии растений. По объему, степени достоверности результатов исследования, по новизне, изложению и оформлению представленная диссертационная работа полностью соответствует требованиям, указанным в параграфе II «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.05 – физиология и биохимия растений.

Отзыв на диссертацию А.А. Петровой «Свойства тканеспецифичного рамногалактуронана I, обеспечивающие функционирование желатинозных волокон льна» обсужден и утвержден на заседании Отдела молекулярной иммунологии и биотехнологии Института физиологии Коми НЦ УрО РАН (протокол № 09 от 2 декабря 2015 г.).

Главный научный сотрудник
лаборатории гликологии
Отдела молекулярной иммунологии и биотехнологии,
доктор химических наук, доцент



Головченко В.В.

Подпись Головченко В.В. заверяю,
Ученый секретарь ИФ Коми НЦ УрО РАН,
к.х.н.
03 декабря 2015 г.




Пшунетлева Е.А.

167982, Россия, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 50

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (ИФ Коми НЦ УрО РАН)

Отдел молекулярной иммунологии и биотехнологии, тел: +7(8212)240085, lemnan@mail.ru

С отзывом ознакомлена
11.12.2015
Тед