



УДК 577.114:547.458.88:543.422.25

ВЫДЕЛЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ ИЗ СМОЛЕВКИ ОБЫКНОВЕННОЙ *Silene vulgaris*

© 2000 г. Р. Г. Оводова, О. А. Бушнева[#], А. С. Шашков*, Ю. С. Оводов

Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, 167982, Сыктывкар, Первомайская, 50;

* Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, 117913, Москва, Ленинский просп., 47

Поступила в редакцию 21.02.2000 г. Принята к печати 20.05.2000 г.

Из надземной части широко распространенного на территории Европейского севера России растения смолевки обыкновенной *Silene vulgaris* (Moench) Garke (*Oberna behen* (L.) Kopp.) выделен и охарактеризован пектиновый полисахарид, названный силенаном SV. В состав углеводной цепи силенана входят остатки галактуроновой кислоты (63%), арабинозы, галактозы и рамнозы в качестве главных компонентов. Результаты частичного кислотного и ферментативного гидролиза пектиназой полисахаридной фракции, подтвержденные ЯМР-спектроскопией, указывают на то, что пектиновый полисахарид смолевки обыкновенной содержит участки линейного α -1,4-*D*-галактуронана и разветвленные области. В состав кора разветвленных участков силенана, кроме остатков α -1,4-*D*-галактопиранозилурановой кислоты, входят остатки 2-замещенной α -рамнопиранозы. Данные ЯМР-спектроскопии указывают на то, что силенан содержит блоки из остатков α -1,5-связанной арабинофуранозы и β -1,4-связанной галактопиранозы. Скорее всего, они представляют собой боковые цепи рамногалактуронана, как это ранее отмечалось для других пектиновых полисахаридов. На невосстанавливающих концах этих боковых цепей находятся остатки α -арабинофуранозы.

Ключевые слова: полисахариды растений; *Silene vulgaris* (*Oberna behen*); пектины; силенан; арабиногалактан; спектроскопия ЯМР полисахаридов.

ВВЕДЕНИЕ

Структурное исследование полисахаридов растений проводится уже в течение длительного времени в связи с их ценными техническими свойствами и высокой физиологической активностью [1].

Смолевка обыкновенная *Silene vulgaris* (Moench) Garke (*Oberna behen* (L.) Kopp.) – распространенное на территории Европейского севера России лекарственное растение [2, 3]. Нами описано выделение последовательной экстракцией водой и водными растворами из сухого сырья надземной части смолевки обыкновенной различных фракций пектинового полисахарида, названного силенаном, и выявлена иммуномодулирующая активность полисахаридов интактного растения и каллусной культуры *S. vulgaris* в отношении усиления фагоцитоза [4, 5]. Согласно полученным нами результатам, в состав углеводной цепи силенана входят остатки галактуроновой кислоты, арабинозы, рамнозы и галактозы в качестве главных компонентов. Существенное расщепление углеводной цепи силенана специфическим ферментом пектиназой указывает на наличие α -1,4-связанных остатков *D*-галактуроновой кислоты в главной углеводной цепи. *D*-Галактуроно-

вая кислота была идентифицирована с помощью ионообменной хроматографии [4]. На основании этих данных силенан был отнесен к классу пектиновых полисахаридов. Другие сведения о химической структуре и биологической активности полисахаридов, содержащихся в данном растении, в литературе отсутствуют.

Цель настоящей работы – совершенствование метода выделения из надземной части *S. vulgaris* силенана и химическая характеристика этого полисахарида.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для выделения силенана из смолевки обыкновенной в настоящей работе мы взяли за основу метод [6], в котором используется экстракция водным раствором оксалата аммония свежесобранного растительного сырья, предварительно обработанного водным раствором формалина и подкисленной водой (рН 4). С помощью этого метода из надземной части растения получен пектиновый полисахарид силенан SV с выходом 2–2.5% в пересчете на воздушно-сухой растительный материал. Аналитические данные для выделенного пектина представлены в табл. 1. Очищенный методом гель-фильтрации на сефакриле S-500 (выход 90%) силенан SV характеризуется высоким содержанием *D*-галактуроновой кислоты

[#] Автор для переписки (тел./факс: (8212) 42-10-01; e-mail: ovoys@physiol.komisc.ru).

Таблица 1. Выход и характеристика силенана SV и его компонентов, полученных при фракционировании на DEAE-целлюлозе

Фракции силенана	Выход, %	Содержание, %							
		D-GalpA	моносахариды						белок
			Rha	Gal	Ara	Xyl	Man	Glc	
SV	90*	63	2.2	3.2	4.2	1.9	1.1	2.7	13
SV-1	7	43	2.0	6.4	5.4	2.2	1.6	2.1	сл.**
SV-2	10	70	2.1	4.4	4.1	0.8	0.7	1.1	сл.
SV-3	19	85	1.5	2.1	2.3	2.0	0.9	1.1	сл.

* Для SV приведен выход при хроматографии на S-500, для остальных – выход от количества SV, нанесенного на колонку с DEAE-целлюлозой.

** сл. – следовые количества или полное отсутствие.

Таблица 2. Характеристика фрагментов силенана SV, полученных в результате частичного кислотного гидролиза

Фрагменты силенана SV	Содержание, %							
	D-GalpA	Rha	Gal	Ara	Xyl	Man	Glc	
SVH-1	89	0.8	0.8	1.1	сл.*	сл.	0.3	
SVH-1-1	94	0.6	1.3	1.3	сл.	сл.	0.6	
SVH-2	30	2.6	8.8	10.0	2.3	5.2	8.7	

* сл. – следовые количества или полное отсутствие.

Таблица 3. Характеристика фрагментов силенана SV, полученных после ферментативного гидролиза пектиназой

Фрагменты силенана SV	Выход, %	Содержание, %						
		D-GalpA	Rha	Gal	Ara	Xyl	Man	Glc
SVP-1	15*	43	4.9	9.9	8.9	1.7	2.9	3.8
SVP-1-1	87**	44	4.3	9.3	7.8	1.7	2.9	3.5
SVP-2	90**	39	5.3	12.3	9.3	1.2	2.3	3.6

* От исходного силенана SV.

** От фракции SVP-1.

(63%), низким содержанием метоксильных групп (2.0%) и имеет положительное удельное вращение, $[\alpha]_D^{20} +148.6^\circ$ (с 0.1; вода), характерное для пектиновых полисахаридов [1, 7].

При дальнейшем фракционировании силенана SV методом ионообменной хроматографии на DEAE-целлюлозе водными растворами хлорида натрия возрастающей концентрации получены фракции силенана SV-1 – SV-3 (табл. 1). Они представляют собой кислые полисахариды, имеющие близкий качественный моносахаридный состав, характерный для пектинов. Главные нейтральные компоненты полученных полисахаридных фракций – остатки рамнозы, арабинозы и галактозы. Фракции различаются содержанием галактуроновой кислоты. Присутствующие остатки глюкозы, сиалозы и маннозы могут входить в со-

став пектиновых полисахаридов, но, скорее всего, являются компонентами сопутствующих пектинам нейтральных резервных полисахаридов и гелицеллюлоз. В то же время следует отметить, что тест на наличие крахмала (амилолиз) дает отрицательные результаты.

Дополнительные данные о пектиновой природе силенана получены при частичном кислотном и ферментативном гидролизе.

При частичном кислотном гидролизе силенана SV (табл. 2) разбавленной трифторуксусной кислотой (0.05 M, 50°C, 24 ч) образуется нерастворимый в воде фрагмент силенана SVH-1, который представляет собой галактуронан (или рамногалактуронан) со следовыми количествами нейтральных моносахаридов, образующих разветвленную область пектина.

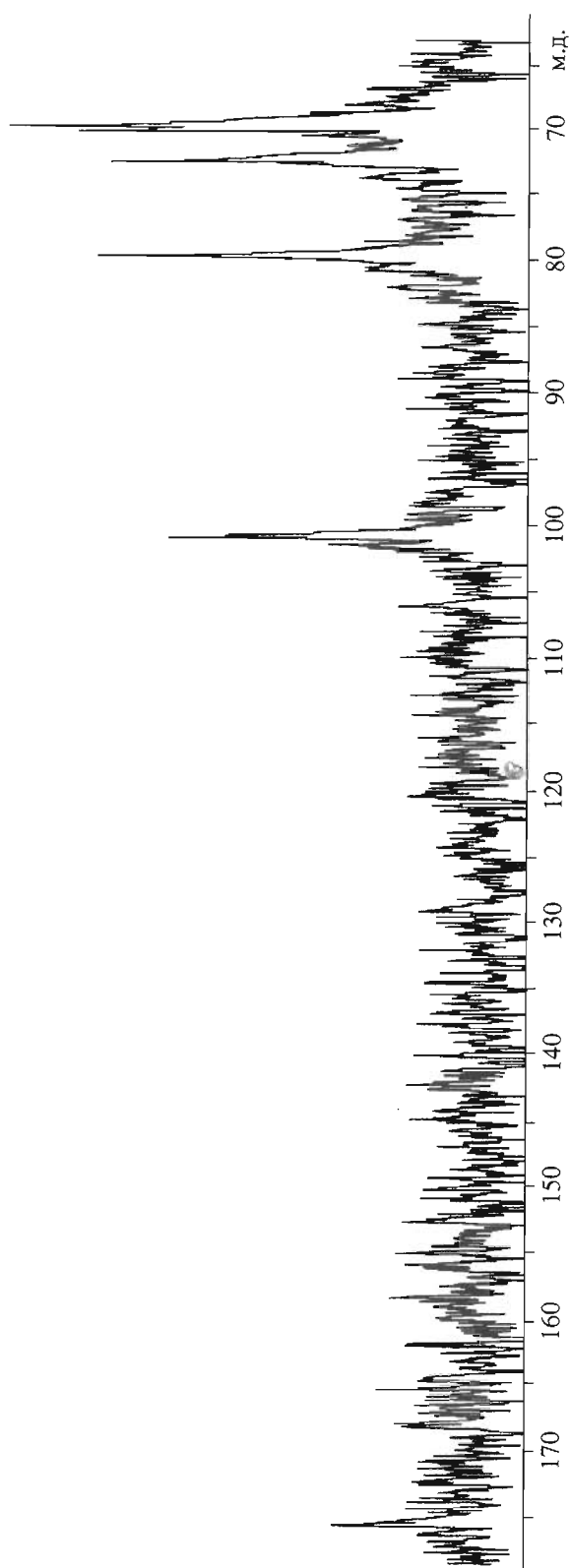


Рис. 1. Спектр ^{13}C -ЯМР фракции силенана SVH-1-1.

Из растворимой части гидролизата силенана SV осаждением этанолом получили фракцию SVH-2 и супернатант (общий выход 53%), являющиеся, по данным бумажной (БХ) и газо-жидкостной (ГЖХ) хроматографии, смесью моно- и олигосахаридов (состав см. табл. 2). При гель-фильтрации SVH-1 на сефакриле S-500 получена гомогенная полисахаридная фракция SVH-1-1, которая содержит 94% остатков *D*-галактуронозой кислоты, имеет низкую степень метоксилирования (2.7 метоксильных групп) и высокое положительное удельное вращение, $[\alpha]_D^{20} +373.3^\circ$ (*c* 0.1; вода), характерное для α -1,4-*D*-галактуронана.

Спектр ^{13}C -ЯМР (рис. 1) подтверждает, что фрагмент SVH-1-1 представляет собой α -1,4-*D*-галактуронан: спектр состоит из шести уширенных главных сигналов практически равной интенсивности (C1 100.7; C2 69.5; C3 69.9; C4 79.4; C5 72.2; C6 175.6 м.д.), положение которых соответствует положению соответствующих сигналов в спектрах α -1,4-*D*-галактопиранозилуронана [8].

Как и все пектиновые полисахариды, силенан SV подвергается сильному расщеплению в процессе ферментативного гидролиза пектиназой (α -1,4-*D*-полигалактуроназой). Фракция SVP-1 (табл. 3), устойчивая к ферментативной обработке пектиназой, составляет всего 15%, тем самым подтверждая, что α -1,4-*D*-галактуронан представляет собой главную углеводную цепь силенана, его кор. После осаждения спиртом фракции SVP-1 в супернатанте обнаружена смесь свободной галактуронозой кислоты, олигогалактуронидов и других олигосахаридов (более 50% исходного силенана SV).

При дальнейшем ферментативном гидролизе фракции SVP-1 с помощью пектиназы получена фракция SVP-2 (табл. 3), $[\alpha]_D^{20} +59.3^\circ$ (*c* 0.1; вода), которая характеризуется лишь немного меньшим количеством остатков галактуронозой кислоты, чем фракция SVP-1, и более высоким содержанием метоксильных групп (3.3%) по сравнению с исходным силенаном SV.

Определение гомогенности фракции SVP-1 методом гель-фильтрации на сефакриле S-500 показало, что выходящая вторым пиком основная полисахаридная фракция SVP-1-1 (выход 87%), $[\alpha]_D^{20} +54.5^\circ$ (*c* 0.1; вода) близка по составу к полисахаридам фракций SVP-1 и SVP-2.

Присутствие значительного количества остатков арабинозы и галактозы, входящих обычно в состав боковых цепей, а также наличие рамнозы в полисахаридных фракциях SVP-1 и SVP-2 позволяет предположить, что устойчивые к действию пектиназы участки углеводной цепи силенана SV представляют собой разветвленную область рамногалактуронана I [1, 9].

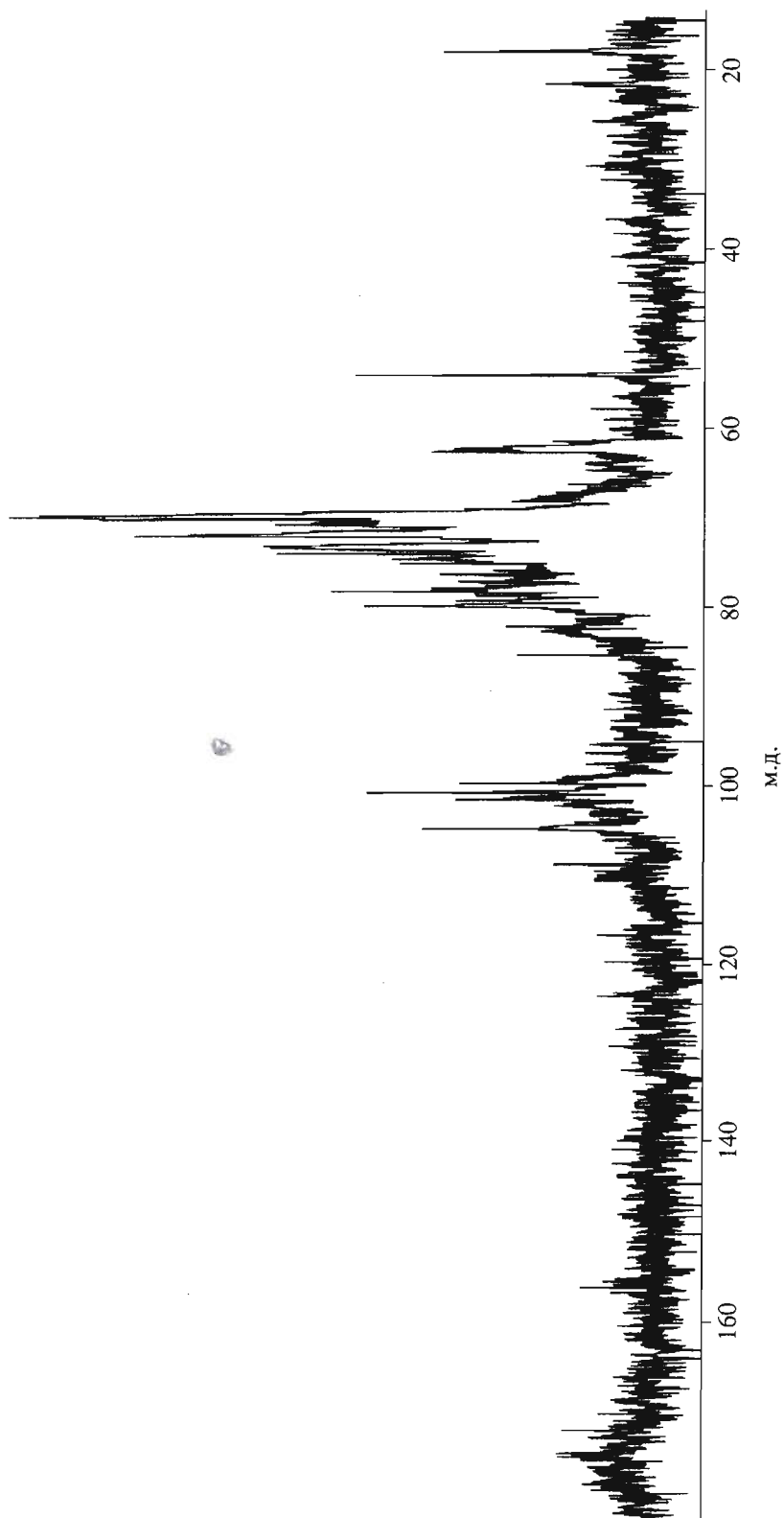


Рис. 2. Спектр ¹³С-ЯМР фракции силена SVR-1-1.

Подтверждением данного предположения служат результаты изучения ^{13}C -ЯМР-спектра фракции SVP-1-1 (рис. 2). Наиболее интенсивными сигналами в аномерной области являются сигналы C1-атомов α -D-галактопиранозилуруновой кислоты с химическими сдвигами 100.7 и 99.7 м.д. Первый из них принадлежит остаткам галактуронозой кислоты, имеющим замещение по C4 в главной цепи. Для этих же остатков найдены отличающиеся по интенсивности сигналы остальных атомов углерода (C6 174.9; C5 72.2; C4 79.9; C3 70.1; C2 69.6 м.д.) [8].

Сигнал с химическим сдвигом 99.7 м.д. обусловлен, скорее всего, C1-атомами остатков галактуронозой кислоты, гликозилирующих остатки рамнозы по 2-положению. В резонансной области аномерных атомов углерода наблюдается также интенсивный сигнал при 101.4 м.д. аномерного углерода остатка рамнопиранозы [10]. Кроме того, легко идентифицируются сигналы в сильном поле при 17.9 м.д., обусловленные метильной группой рамнопиранозы [8, 11].

Интересно отметить, что в ЯМР-спектре наблюдаются сравнительно слабые сигналы для галактуронозой кислоты, основного компонента силенана. Подобный факт отмечался и ранее [11] для пектина из плодов томата и был интерпретирован как отражение низких значений спин-спинового взаимодействия для остатков галактуронозой кислоты, что приводит к уширению и уменьшению сигналов, и, кроме того, возможно, что эта часть макромолекулы слишком велика и/или прочно закреплена, чтобы давать детектируемые сигналы. Напротив, сильные сигналы для фрагментов арабинана и галактана свидетельствуют о высокой подвижности и эластичности этих углеводных цепей, как этого и следует ожидать для боковых цепей макромолекулы [11].

Сигнал аномерного атома углерода β -галактопиранозы при 104.7 м.д. [8, 11] сопоставим по интенсивности с подобным сигналом C1-атома рамнопиранозы. Кроме того, сигнал C4-атома остатка галактопиранозы наблюдается при 78.8 м.д. Как известно [12], C1- и C4-атомам α -галактопиранозы соответствуют сигналы при 99.5 и 69.3 м.д., а для β -галактопиранозы – при 103.9 и 68.8 м.д. Смещение в низкое поле на ≈ 10 м.д. для C4-атома остатков галактозы в полисахариде указывает на наличие 1,4-связи. Кроме того, спектр ЯМР однозначно указывает на β -гликозидную связь, поскольку отмечается лишь незначительное смещение сигнала в более низкое поле по сравнению с сигналом аномерного атома углерода β -галактопиранозы при образовании β -гликозидной связи между остатками галактопиранозы в полисахариде [11]. Аналогичным образом сигналы C1 при 108.9 м.д. и C5 при 68.3 м.д. свидетельствуют о наличии α -1,5-связанных остатков арабинофуранозы [11]. Полученные данные свидетельствуют о том, что силенан содержит блоки углеводных це-

пей, состоящих из остатков α -1,5-связанной арабинофуранозы и β -1,4-связанной галактопиранозы. На концах этих углеводных цепей находятся остатки α -арабинофуранозы. Скорее всего, эти нейтральные фрагменты силенана являются боковыми цепями на главной углеводной цепи рамногалактуронана, как это ранее отмечалось для ряда подобных пектиновых полисахаридов [11, 13].

Среди других сигналов в спектре ^{13}C -ЯМР следует отметить сигналы – COOCH_3 -групп при 54.1 м.д., а сигнал при 21.6 м.д. указывает на возможное наличие небольшого числа *O*-ацетильных групп [8].

Описанным характеристическим сигналам в углеродном спектре отвечают сигналы в протонном спектре, положение которых установлено с помощью двумерного спектра $^1\text{H}/^{13}\text{C}$ НМРС. Сигналу C1 β -галактопиранозы в углеродном спектре отвечает сигнал при 4.46 м.д. в протонном спектре. В двумерном спектре наблюдаются также дополнительные сигналы аномерных атомов остатков галактопиранозилуруновой кислоты (C 96.4; H 4.6 м.д. и C 99.7; H 5.29 м.д.), находящихся на восстанавливающем конце олигосахаридов и связанных с остатками рамнозы соответственно. Сигналы C 101.4; H 5.04; H 4.97 м.д. свидетельствуют о наличии замещения по 2-положению остатков α -рамнопиранозы. Сигналы C 72.2; H 5.10; H 5.18 м.д. обусловлены наличием *O*-ацетильных групп в молекуле полисахарида. Идентифицированы сигналы аномерных атомов остатков α -1,5-связанной арабинофуранозы (C 108.9; H 5.10 м.д.) и терминальных остатков арабинофуранозы (C 109.2 – 111.0; H 5.25; H 5.45 м.д.).

Таким образом, пектиновый полисахарид смолевки обыкновенной, силенан, имеет в углеводной цепи участки линейного α -1,4-D-галактуронана и разветвленные области. В состав кора разветвленных участков силенана, кроме остатков α -1,4-D-галактопиранозилуруновой кислоты, входят остатки 2-замещенной α -рамнопиранозы. Силенан содержит блоки из остатков α -1,5-связанной арабинофуранозы и β -1,4-связанной галактопиранозы. Скорее всего, они представляют собой боковые цепи рамногалактуронана, как это ранее отмечалось для других пектиновых полисахаридов. На концах этих боковых цепей находятся остатки α -арабинофуранозы.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Растительный материал. Сбор надземной части смолевки обыкновенной проводили в фазу цветения растения в июле в окрестностях г. Сыктывкара.

Общие аналитические методы. Общее содержание гликуроновых кислот определяли по реакции с конц. H_2SO_4 и с 2,3-диметилфенолом [14] и калибровочному графику для D-галактопиранозилуруновой кислоты; белка – по методу Лоури

[15] и калибровочному графику для бычьего альбумина; углеводов – по методу [16] и калибровочному графику для глюкозы; метоксильных групп в пектинах – по методу [17] и калибровочному графику для метанола. Спектрофотометрические измерения проводили на приборе Ultrospec 3000.

Присутствие крахмала определяли с помощью амилолиза [18].

Спектры ЯМР снимали на приборе DRX-500 фирмы Bruker для 3–5% растворов полисахаридов в D₂O при 343 К (внутренний стандарт – ацетон, δ_H 2.225 м.д., δ_C 31.45 м.д.). Для снятия двумерных спектров использовали стандартные методики фирмы Bruker.

Оптическое вращение определяли на приборе Polartronic MHZ (Германия) при 20°C в воде.

ГЖХ выполняли на приборе Hewlett-Packard 4890A с пламенно-ионизационным детектором и интегратором HP 3395A на капиллярной колонке RTX-1 (0.25 мм × 30 м), газ-носитель – аргон. Качественное и количественное определение нейтральных моносахаридов проводили в виде соответствующих ацетатов полиолов [19]. Снимали в программе: от 175°C (1 мин) до 250°C (2 мин) со скоростью подъема температуры 3°/мин.

Для БХ использовали систему растворителей *n*-бутанол–пиридин–вода (6/4/3) на бумаге Filtrak FN-12, -13, зоны восстанавливающих сахаров обнаруживали с помощью раствора кислого анилинфталата при 105°C.

Гель-фильтрацию выполняли на колонке с сфакиром S-500 (1.5 × 30 см, вода, свободный объем 14 мл, скорость растворителя 0.3 мл/мин). Фракции отбирали по 3 мл. Выход вещества контролировали по положительной реакции элюата на углеводы по методу [16].

Все водные растворы концентрировали в вакууме при 40–45°C, центрифугировали при 5000–6000 об/мин в течение 10–20 мин, высушивали лиофильно.

Получение полисахаридных фракций. Выделение исходной полисахаридной фракции SV из надземной части *S. vulgaris* проводили по методу, описанному ранее [6].

Свежесобранную надземную часть смолевки обыкновенной (2 кг) заливали 0.5% водным раствором формалина (10 л) и оставляли при комнатной температуре на ночь. Окрашенный раствор сливали, сырье промывали водой до полного удаления окрашенных примесей и заливали водным раствором соляной кислоты (рН 4.0; 6 л). Смесь выдерживали в течение 3 ч при 50°C, поддерживая рН 4.0 добавлением разбавленной соляной кислоты при постоянном перемешивании и контроле. Экстракцию полисахарида проводили 0.7% водным раствором оксалата аммония при температуре 68°C в течение 6 ч (10 л × 3), контролируя содержание углеводов в растворе по реакции с фенолом в конц. серной кислоте [16]. Экстракт концентрировали, полисахариды осаждали

тройным объемом 96% этанола, осадок отделяли центрифугированием, растворяли в воде и диализовали против дист. воды. Получили силенан SV, выход 2–2.5%.

Фракцию SV (10 мг) наносили на S-500, элюировали водой. Объем элюции главной фракции SV (9.0 мг) 23 мл.

Силенан SV (300 мг) растворяли в небольшом количестве воды и наносили на колонку (30 × 3 см) с DEAE-целлюлозой (ОН-форма; скорость элюции 30 мл/ч). Элюцию осуществляли последовательно 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 М NaCl. Отбирали фракции по 10 мл. Выход полисахаридов контролировали по положительной реакции элюата на углеводы по методу [16]. Объединенные фракции, соответствующие отдельным пикам, диализовали, концентрировали и лиофилизовали. Получили полисахаридные фракции SV-1 (0.1 М NaCl), SV-2 (0.2 М NaCl), SV-3 (0.4 М NaCl) (табл. 1).

Полный кислотный гидролиз. К навеске 3–5 мг полисахаридной фракции приливали 1 мл 2 М CF₃COOH, содержащей *мио*-инозит (0.3 мг/мл). Смесь нагревали 8 ч при 100°C, кислоту удаляли многократным упариванием досуха с метанолом. Моносахариды идентифицировали методами БХ и ГЖХ.

Частичный кислотный гидролиз. К силенану SV (205 мг) добавляли 20 мл 0.05 М CF₃COOH и нагревали 24 ч при 50°C. Нерастворившийся остаток отделяли центрифугированием, промывали метанолом 4–5 раз до отсутствия моносахаридов в супернатанте, растворяли в воде, доводя рН раствора водным аммиаком до 5.0, и лиофилизовали. Получили полисахаридную фракцию SVH-1 (выход 93 мг). Гидролизат и спиртовые супернатанты объединяли, концентрировали и осаждали 96% этанолом. Выпавший осадок промывали 96% этанолом до отсутствия моносахаридов в супернатанте. В результате получили фракцию SVH-2 (30 мг) и супернатант (остаток после упаривания 77 мг).

Фракцию SVH-1 (10 мг) наносили на S-500, элюировали водой. Объем элюции главной фракции SVH-1-1 (7 мг) 22 мл.

Аналитические данные для полученных в результате частичного гидролиза фракций SVH-1, SVH-1-1, SVH-2 приведены в табл. 2.

Ферментативный гидролиз. Силенан SV (500 мг) растворяли в 50 мл воды, добавляли водный раствор пектиназы (10 мг, Ferbak, Berlin), смесь инкубировали в диализном мешке с одновременным диализом против дист. воды при 37°C в течение 1 ч. Пектиназу дезактивировали кипячением при 100°C, выпавший осадок удаляли центрифугированием. Полученный раствор концентрировали и осаждали 96% этанолом (четырёхкратный объем). Выпавший осадок отделяли центрифугированием и промывали метанолом до отсутствия моносахаридов, растворяли в воде, лиофилизовали, получили фракцию SVP-1 (73 мг). Спиртовый супернатант и диализат концентрировали и лио-

филизовали. Получили смесь моно- и олигосахаридов (выход 138 и 161 мг соответственно). Полученный полисахарид SVP-1 (60 мг) растворяли в 10 мл воды, добавляли 1.2 мг пектиназы и инкубировали при 37°C в течение 1 ч. Полученную смесь обрабатывали, как описано выше, получили полисахаридную фракцию SVP-2 (48 мг).

Фракцию SVP-1 (11 мг) растворяли в минимальном объеме воды, наносили на S-500, элюировали водой. Объем элюции главной фракции SVP-1-1 (9.5 мг) 25 мл.

Аналитические данные для полученных в результате ферментативного гидролиза фракций SVP-1, SVP-1-1, SVP-2 приведены в табл. 3.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят сотрудников Института органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН (Москва) д.х.н., проф. А.И. Усова за научные консультации и М.И. Билан за помощь при подготовке образцов.

Данная работа поддержана грантами Научного совета "Химия и технология переработки растительного сырья" № 8.1.13, РФФИ № 00-04-48063 и ФЦП "Интеграция" № К 0929.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оводов Ю.С. // Биоорганич. химия. 1998. Т. 24. С. 483–501.
2. Растительные ресурсы. Часть II / Ред. А.Л. Буданцев. СПб.: Мир и семья-95, 1996.
3. Ильина И.В. Народная медицина коми. Сыктывкар: Коми книжн. изд-во, 1997.
4. Бушнева О.А., Оводова Р.Г., Мишарина Е.А. // Хим. раст. сырья. 1999. № 1. С. 27–32.
5. Popov S.V., Popova G.Yu., Ovodova R.G., Bushneva O.A., Ovodov Yu.S. // Intern. J. Immunopharmacol. 1999. V. 21. P. 617–624.
6. Ovodova R.G., Vaskovsky V.E., Ovodov Yu.S. // Carbohydr. Res. 1968. V. 6. P. 328–332.
7. Yamada H., Hirano M., Kiyohara H. // Carbohydr. Res. 1991. V. 219. P. 173–192.
8. Keenan M.H.J., Belton P.S., Matthew J.A., Howson S.J. // Carbohydr. Res. 1985. V. 138. P. 168–170.
9. O'Neill M.A., Albersheim P., Darvill A.G. // The Biochemistry of Plants. V. 2 / Ed. P.M. Dey. L.: Acad. Press, 1990. P. 415–441.
10. Lipkind G.M., Shashkov A.S., Knirel Y.A., Vinogradov E.V., Kochetkov N.K. // Carbohydr. Res. 1988. V. 175. P. 59–75.
11. Pressey R., Himmelsbach D.S. // Carbohydr. Res. 1984. V. 127. P. 356–359.
12. Breitmaier E., Hass G., Voelter W. // Atlas of Carbon-13 NMR Data. Heyden. Philadelphia, 1979. V. 1.
13. Talmadge K.W., Keegstra K., Bauer W.D., Albersheim P. // Plant Physiol. 1973. V. 51. P. 158–173.
14. Usov A.I., Bilan M.I., Klochkova N.G. // Bot. Marina. 1995. V. 38. P. 43–51.
15. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. // J. Biol. Chem. 1951. V. 193. P. 265–275.
16. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., Smith F. // Analyt. Chem. 1956. V. 28. P. 350–356.
17. Wood P.Y., Siddiqui I.R. // Analyt. Biochem. 1971. V. 39. P. 418–423.
18. Peat S., Turvey J.R., Evans J.M. // J. Chem. Soc. 1959. P. 3341–3344.
19. York W.S., Darvill A.G., McNeil M.A., Stevenson T.T., Albersheim P. // Meth. Enzymol. 1985. V. 118. P. 3–40.

The Isolation and Structural Study of the Polysaccharides from *Campion Silene vulgaris*

R. G. Ovodova*, O. A. Bushneva**#, A. S. Shashkov**, and Yu. S. Ovodov*

*Institute of Physiology, Komi Research Center, Ural Division, Russian Academy of Sciences,
ul. Pervomaiskaya 50, Syktyvkar, 167982 Russia

**Zelinsky Institute of Organic Chemistry, Russian Academy of Sciences, Leninskii pr. 47, Moscow, 117913 Russia

Silenan SV, a pectic polysaccharide, was isolated from the aerial part of *Silene vulgaris* (Moench) Garke (*Oberna behen* (L.) Ikonn.), widespread through the European North of Russia. The polysaccharide was found to contain residues of galacturonic acid (63%), arabinose, galactose, and rhamnose as the main constituents. The results of a partial acidic hydrolysis, pectinase digestion, and NMR studies of silenan SV indicated that its molecule contains a linear α -1,4-D-galacturonan backbone and ramified regions. The core of the ramified regions is composed of residues of α -1,4-D-galacturonic acid along with 2-substituted α -rhamnopyranose residues. The NMR data showed that the silenan SV side chains are composed of the blocks built from the terminal α -1,5-linked arabinofuranose and β -1,4-linked galactopyranose residues; these most likely are the side chains of rhamnagalacturonan, characteristic of other pectic polysaccharides. The nonreducing ends of these side chains contain α -arabinofuranose residues.

Key words: *campion*, *plant polysaccharides*, *Silene vulgaris* (*Oberna behen*), *pectins*, *silenan*, *arabinogalactan*, *MNR spectroscopy of polysaccharides*

To whom correspondence should be addressed; phonelfax: +7 (8212) 42-1001; e-mail: ovoys@physiol.komisc.ru.

For the full text of English translation of this article, see *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, 2000, vol. 26, no. 9. It is also available (free) in PDF format through the Web Site <http://www.maik.rssi.ru/>.