

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И МОНОСАХАРИДНЫЙ СОСТАВ ПРОТИВОВИРУСНОГО ПОЛИСАХАРИДНОГО ИНДУКТОРА ИНТЕРФЕРОНА ИЗ *Heliantnus tuberosus* L.

© 2015 г. Е.А. Генералов

Физический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, 1/2

E-mail: generals1179@gmail.com

Поступила в редакцию 22.07.14 г.

Представлены результаты спектрального и моносахаридного анализа полисахарида из *Heliantnus tuberosus* L. и изучены его интерферониндуцирующие свойства. На основании спектральных характеристик и моносахаридного состава сделан вывод о принадлежности полисахарида к классу глюканов, предположительно – β -глюканов. Показано, что полисахаридный комплекс из клеточной стенки *Heliantnus tuberosus* L. проявляет интерферониндуцирующие свойства как в опытах *in vitro*, так и *in vivo*. Выдвинуто предположение, что в моделях, простимулированных полисахаридом, вырабатывается интерферон всех трех видов – α , β , γ . Были показаны противовирусное и терапевтическое действия полисахарида.

Ключевые слова: углевод, полисахарид, *Heliantnus tuberosus* L., индуктор интерферона, инфракрасная спектроскопия, УФ, моносахаридный состав, противовирусный.

В настоящее время в мире наблюдается стабильный рост вирусных заболеваний – ВИЧ, СПИД, грипп, различные виды энцефалитов и др. Помимо роста заболеваемости, отмечается увеличение разнообразия вирусов – H_1N_1 , H_7N_9 , H_7N_9 и др. В связи с этим существует актуальная задача разработки лекарственных средств, эффективных для предотвращения и лечения вирусных заболеваний.

В современной литературе описано большое количество веществ, обладающих способностью к индукции синтеза интерферонов (ИФ) *in vitro* и *in vivo* [1,2]. По своей природе такие вещества можно разделить на вирусные и невирусные индукторы. Как правило, вирусы являются индукторами ИФ, который обуславливает развитие в клетках и организме противовирусного состояния. С другой стороны, интерферониндуцирующими свойствами обладают Т- и В-клеточные митогены (ConA, ФГА, ЛПС), иммуномодуляторы бактериального и растительного происхождения, что позволяет судить об интерфероне как о биологической субстанции, продуцируемой клетками и обладающей полифункциональной активностью, связанной в том числе с клеточными TLR-рецепторами [3,4]. Системы интерферонов являются важным звеном в формировании иммунных процессов, иг-

рая ключевую роль в активации лимфоидных клеток, презентации антигена при заражении клеток вирусом, за счет связи и взаимодействия с иммунными рецепторами и активации клеточного иммунитета [5,6]. Однако токсичность уже известных препаратов является основным лимитирующим фактором их использования.

Поэтому поиск новых нетоксичных индукторов ИФ является актуальной задачей. Особый интерес представляют индукторы ИФ растительного происхождения.

Целью настоящей работы было выделение, очистка и изучение физико-химических характеристик и способности стимулировать биосинтез интерферона в организме мышей *in vivo*, а также в культуре клеток крови здоровых доноров *in vitro* нового природного полисахарида из *Heliantnus tuberosus* L.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Получение экстракта *Heliantnus tuberosus* L.

Клубни *Heliantnus tuberosus* L. промывали проточной водой и сушили на воздухе. Отделяли кожуру и измельчали электрической мясорубкой. Измельченное сырье заливали горячей (100°C) дистиллированной водой в соотношении 1:1 (w:w) при постоянном перемешивании. Через 4 ч экстракт центрифугировали при 8000 g в течение 20 мин для удаления нерастворимых

Сокращение: ИФ – интерферон.

частиц. Супернатант очищали и концентрировали на установке SartoJet (Sartorius stedim biotech) против дистиллированной воды с отсечением веществ с молекулярной массой менее 300 кДа с использованием фильтров Sartocou Slice Cassette (polyethersulfone), а затем высушивали лиофильно.

Фракцию с диапазоном молекулярных масс 1–2 МДа загружали в колонку ХК 26/70 (26 мм × 70 см), упакованную Toyopearl HW – 75 Fine (TSK-Gel, Toyo Soda), уравновешенную 0,01 М трис-буфером рН 6,6, затем элюировали тем же раствором. Колонку калибровали декстранами Т-серии: Т – 100, Т – 80, Т – 40, Т – 20, Т – 10 и голубым декстраном молекулярной массы – 1–2 МДа (Sigma-Aldrich, США). Детекцию проводили при длинах волн 210 и 280 нм, также использовали кондуктометр.

Для определения молекулярного веса строили логарифмическую калибровочную кривую, используя Excel 2010, для зависимости K_{av} (константа доступности) от молекулярного веса стандартов. K_{av} рассчитывали по следующей формуле:

$$K_{av} = \frac{V_g - V_0}{V_t - V_0},$$

где V_t – общий объем колонки; V_0 – свободный объем колонки (обычно рассчитывается по выходу голубого декстрана); V_g – максимальное значение пика элюции изучаемого вещества.

Полученные после гельфильтрации фракции собирали, диализовали и лиофилизовали для дальнейшего исследования.

УФ-спектроскопия. УФ-спектры поглощения регистрировали на спектрофотометре UV-1800 Shimadzu в кюветах с длиной оптического пути 1 см, в диапазоне длин волн 190–1100 нм. Растворы образцов полисахаридов с концентрацией 1 мг/мл перед измерением центрифугировали в течение 15 мин при 8000 об/мин.

Инфракрасная спектроскопия. Для снятия ИК-спектров использовали спектрометр IR Affinity-1 FTIR System (Shimadzu Corporation, Токио, Япония) с приставкой полного внутреннего отражения – ATR MIRacle-10 (Алмаз/ZnSe-призма) – (PIKE Technologies, Мэдисон, штат Висконсин, США), с разрешением 4 см⁻¹. В качестве образца использовали гомогенные порошки различных фракций. Разложение контура полос в спектре делали с использованием пакета ACDLabs/Spectrus после стандартной процедуры ATR-коррекции базовой линии. Спектры регистрировали в диапазоне от 4000 до 400 см⁻¹.

Моносахаридный анализ. Кислотный гидролиз полисахарида проводили 2 М трифторуксусной кислотой в течение 1 ч при температуре 121°C, после чего остужали до комнатной температуры и высушивали [7,8]. После разведения смесью воды и малтитола гидролизаты анализировали на хроматографе Prominence Series HPLC (Shimadzu Corporation, Токио, Япония) с фотодиодным детектором и колонкой Shodex Asahipak NH2P-50 4E (4,6 × 250 мм). Исследование проводили при условиях 1 мл/мин поток, 25–3% фосфорной кислоты, 75% – ацетонитрила, при температуре 50°C. Исследуемые образцы анализировали параллельно со стандартными образцами, содержащими GlcA, GalA, Rha, Ara, Man, Glu, Gal, Fuc, Xyl. Коэффициенты определяли относительно внешнего стандарта – малтитола.

Индукция интерферона *in vitro*. Полисахарид из *Heliantus tuberosus* L., в различных дозировках, вводили однократно подкожно, внутривенно, внутримышечно и внутривенно мышам линии C57Black/6.

Индукцию интерферона проводили на пробах цельной крови *in vitro*, полученной от 10 здоровых доноров по модифицированной методике С.С. Григорян с соавт. [9]. Раствор полисахарида и госсипол исследовали на способность к индукции биосинтеза ИФ в концентрациях 10 и 50 мкг/мл ростовой среды, культивируя клетки крови в пластиковых 96-луночных панелях в объеме 0,2 мл на лунку в трех повторях в течение 24 ч в СО₂ инкубаторе. В качестве положительных контролей интерферониндуцирующей активности на клетках крови использовали широко известный индуктор γ-ИФ стафилококковый энтеротоксин А в концентрации 10 мкг/мл и общепринятый индуктор α-ИФ вирус болезни Ньюкасла в инфекционной дозе 10⁵ в 0,2 мл.

Индукция интерферона *in vivo*. Индукцию ИФ *in vivo* госсиполом [10] и полисахаридом изучали на мышах линии C57Black/6, полученных из питомника лабораторных животных «Столбовая» РАМН. Госсипол и углевод вводили животным внутривенно в объеме 0,2 мл по 25 мкг/мл. Через 6 ч после введения этих агентов в пробах крови микрометодом определяли уровень сывороточного интерферона.

Титрование ИФ проводили микрометодом на пластиковых 96-луночных панелях в однодневной культуре фибробластов человека М-19. За титр ИФ принимали последнее разведение сыворотки, тормозящее на 50% развитие деструкции монослоя фибробластов вирусом энце-

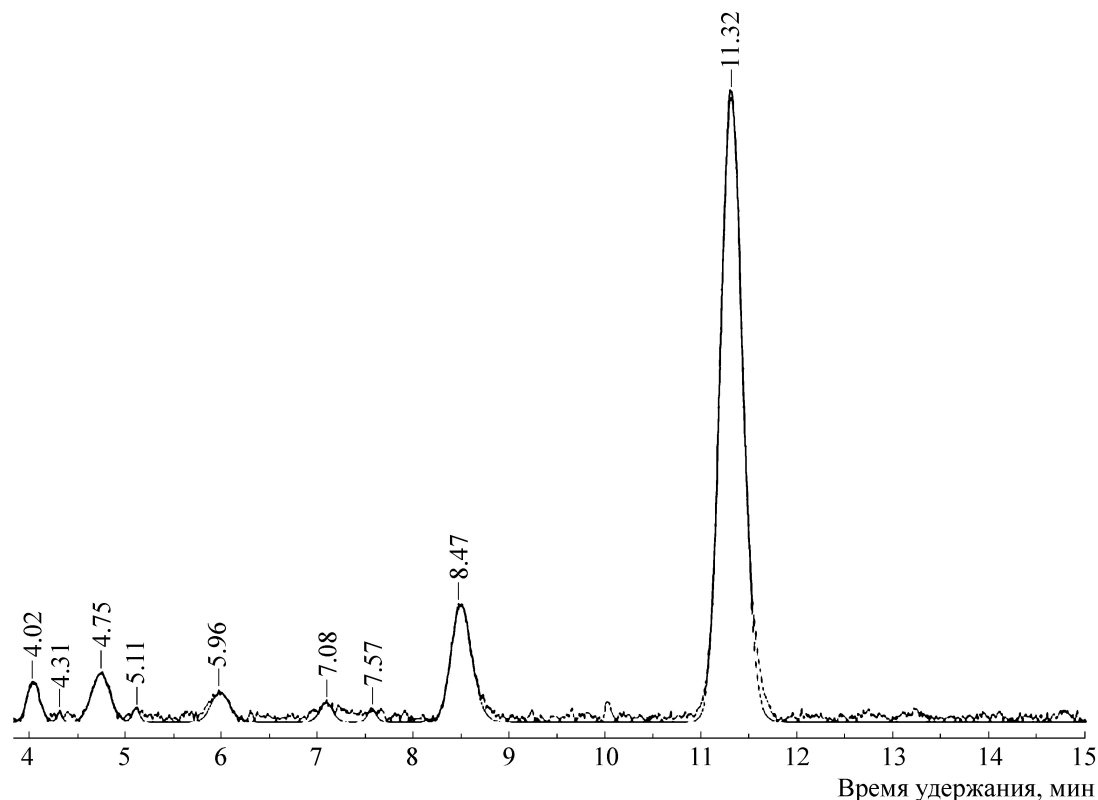


Рис. 1. Хроматограмма полисахарида из *Helianthus tuberosus* L.

фаломиокардита мышей. Активность интерферона в исследуемых супернатантах выражали в единицах активности (МЕ/мл) международного стандарта 1369/19, который рассчитывали по национальному референц-препарату F₉, изготовленному в НИИЭМ им. Н.Ф. Гамалеи РАМН.

In vitro продукцию ИФ оценивали по количеству данного лимфокина в надосадочной жидкости 24-часовой культуры лейкоцитов крови здоровых доноров под воздействием госсипола и полисахарида по сравнению с контрольными пробами, где в качестве индукторов интерферона использовали вирус болезни Ньюкасла и стафилококковый энтеротоксин А.

Для статистической обработки цифровых экспериментальных данных использовали вариационную статистику с учетом *t*-критерия Стьюдента.

Противовирусная активность. Для оценки противовирусной активности полисахарида использовали модель герпетического менингоэнцефалита мышей. Использовали ВПГ-1, штамм Клейман, полученный из лаборатории музейных штаммов ГУ НИИ вирусологии им. Д.И. Ивановского РАМН.

Титр вируса определяли на модели фибробластов эмбрионов кур и культуре клеток Vero – инфицирование определяли по максимальному поражению клеток монослоя фибробластов эмбрионов кур.

Белых мышей – группы по 30 особей – инфицировали вирусом Клеймана внутрибрюшинно в объеме 0,2 мл с содержанием в дозе 10 и 100 ЛД₅₀. Референц-препаратом был выбран ацикловир.

Раствор полисахарида (0,1 мг/мл) вводили в хвостовую вену за пять суток до инфицирования, а также за пять суток до и через 3 ч после инфицирования. Ацикловир вводили по лечебной схеме через 3, 24, 48, 72 и 96 ч после заражения. Мышам контрольной группы вводили физиологический раствор.

Результаты оценивали по средней продолжительности жизни и защитному эффекту – разница показателей выживаемости в опытной и контрольной группах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Моносахаридный состав. Моносахаридный состав полисахарида представлен на рис. 1.

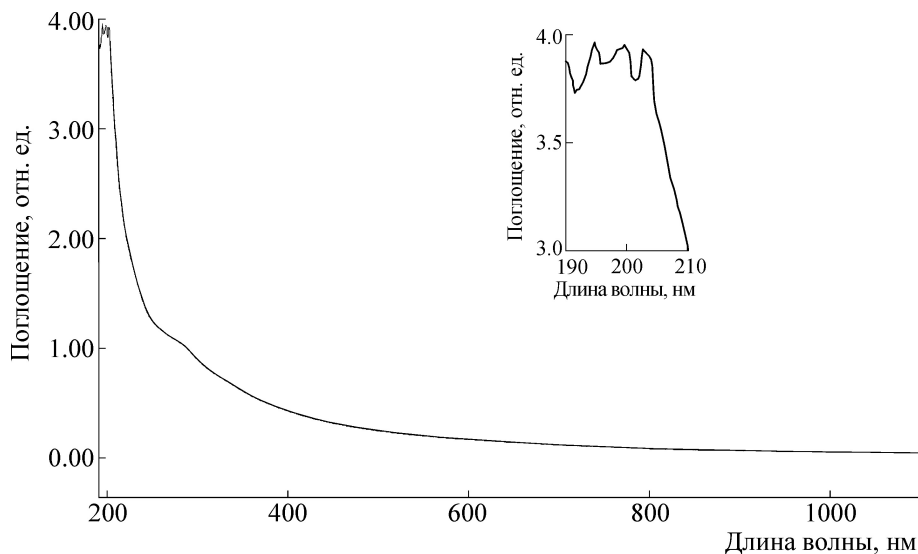


Рис. 2. УФ-спектр полисахарида из *Helianthus tuberosus* L.

Проведенное исследование показало, что полисахарид молекулярной массой 1–2 МДа имеет следующий моносахаридный состав: Glu – 30%, GalA – 23%, GlcA – 15%, Gal – 13%, Rha – 6%, Ara – 4%, Man – 3%, Xyl – 2%.

УФ-спектр. На рис. 2 представлен УФ-спектр полисахарида из *Helianthus tuberosus* L. в интервале длин волн 190–1100 нм. На спектре присутствует максимум в области 190–220 нм, характерный для полисахаридов, и небольшой максимум в области 280 нм, характерный для белковой молекулы, что позволяет предположить наличие белка в этом полисахаридном комплексе. В табл. 1 указаны значения экстремумов УФ-спектра.

ИК-спектр. Была проведена работа по изучению спектральных характеристик полисахарида *Helianthus tuberosus* L. ИК-спектр представлен на рис. 3, в табл. 2 приводятся данные по интенсивностям и длинам волн колебаний изучаемого вещества.

В ИК-спектре полисахарида молекулярной массой 1–2 МДа отмечаются полосы поглощения: 3338 см^{-1} (OH^-); 2922, 2853 см^{-1} (C-H^-); 2361, 2342 см^{-1} ($=\text{N}+\text{H}^-$, $\equiv\text{NH}^+$, $=\text{NH}^{+2}$); 1651, 1645 см^{-1} ($\text{C}=\text{C}$, кристаллизационная вода); 1028, 1076, 1150 см^{-1} (C-O , C-O-C , колебательные пиранозного цикла); в области 1000–1200 см^{-1} (сильная и широкая полоса) – харак-

теризует гидроксил, связанный водородной связью; сильные поглощения на 1074 и 1034 см^{-1} , среднее поглощение на 1148 см^{-1} , при наличии колебаний пиранозного кольца, означают структуру, присущую β -глюкану. ИК-спектр показал характерные для полисахаридных структур полосы поглощения [11,12].

Индукция интерферона *in vivo* и *in vitro*. Как и следовало ожидать, в надосадочных жидкостях контрольных культур была выявлена интерферониндуцирующая активность. Максимальный титр ИФ для вируса болезни Ньюкасла составлял 536,2 МЕ/мл, тогда как для стафилококкового энтеротоксина А, индуктора γ -ИФ, он был значительно ниже – 62,3 МЕ/мл. Вероятно, это связано с тем обстоятельством, что биосинтез γ -ИФ обычно возрастает к 72 ч и на более поздних сроках культивирования клеток выходит на плато [13]. Для госсипола этот показатель был равен 7,8 МЕ/мл при концентрации его в культуральной среде 10 мкг/мл и 9,3 МЕ/мл при 50 мкг/мл [14]. Возможно, такая низкая интерферониндуцирующая активность объясняется его высокой токсичностью не только для фибробластов человека, но и для клеток крови. В отличие от госсипола и стафилококкового энтеротоксина А полисахарид из *Helianthus tuberosus* L. в обеих дозах через 24 ч индуцировал в культуральную среду интерферонподобную активность, обладающую

Таблица 1. Значения экстремумов для рис. 2

Длина волны, нм	202,42	199,40	194,99	190,79	832,40	201,00	196,36	192,27
Поглощение	3,962	3,970	3,976	3,898	0,069	3,800	3,856	3,725

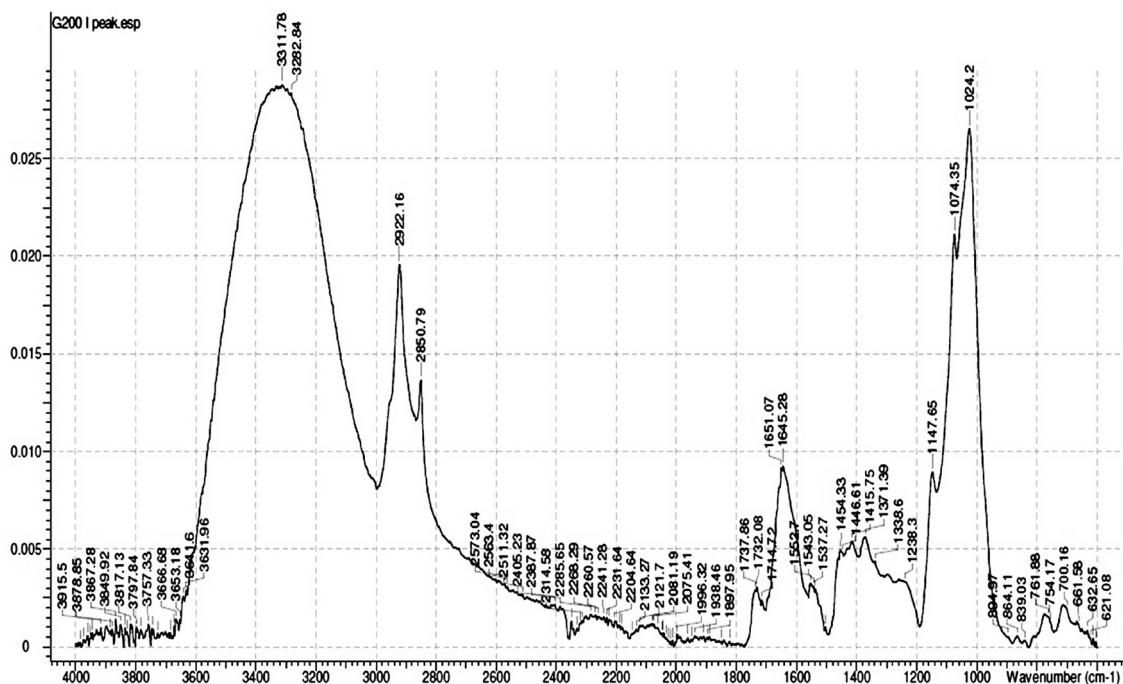


Рис. 3. ИК-спектр полисахарида из *Helianthus tuberosus* L.

высоким интерферониндуцирующим эффектом. Так, при концентрации полисахарида 10 мкг/мл в ростовой среде активность индуцируемого им интерферона составляла 184,4 МЕ/мл. В этом случае противовирусная активность ИФ была несколько ниже, чем при использовании вируса болезни Ньюкасла, классического индуктора α -ИФ, вызывающего через 24 ч максимальный выброс интерферона клетками в культуральную среду. На основе представленных данных можно заключить, что растительный полисахарид является сильным индуктором ИФ, что убедительно подтвердилось в опытах на мышах *in vivo*. Интерферониндуцирующую активность природного углевода и госсипола проверяли после внутрибрюшинного введения мышам препаратов в дозе 25 мкг. Максимальная продукция сывороточного интерферона через 6 ч после введения раствора полисахарида достигала 256 МЕ/мл, тогда как госсипол индуцировал 8–16 МЕ/мл интерферона. Таким образом, титры интерферона, синтезированного у мышей в ответ на введение полисахарида, в 16–32 раза превышали уровень интерферона после введения госсипола.

Полисахарид во всех разведениях индуцировал высокий уровень ИФ. При этом титры синтезированного им интерферона приближались к показателям, полученным при воздействии такого мощного индуктора, как вирус болезни Ньюкасла, и значительно превышали

показатели интерферонообразования под воздействием аналогичных концентраций госсипола, а также индуктора β -ИФ стафилококкового энтеротоксина А. Учитывая тот факт, что углевод проявил более выраженную интерферониндуцирующую активность, чем стафилококковый энтеротоксин А и госсипол, можно предположить, что он является индуктором смешанного типа α -, β - и γ -ИФ.

Таким образом, природный полисахарид является достаточно сильным индуктором ИФ, нетоксичным, в отличие от госсипола и стафилококкового энтеротоксина А, и как будущее лекарственное средство более пригодным для человека и животных, чем индукторы ИФ вирусной природы.

Противовирусная активность. Инфекционный титр вируса в культуре клеток Vero составил 6,5–7,0 lgТЦД₅₀/0,1 мл, а при внутримозговом или внутрибрюшинном его введении белым мышам массой 7–8 г равнялся 5,5–6,0 lgЛД₅₀/0,03 мл. Максимальное поражение монослая клеток фибробластов эмбрионов кур или Vero (75–100%) наблюдалось уже через 18–20 ч после инфицирования.

Результаты применения раствора полисахарида на модели герпетического менингоэнцефалита приведены в табл. 3.

Из табл. 3 следует, что полисахарид обладает ярко выраженным противовирусным и те-

Таблица 2. Интенсивности и длины волн колебаний полисахарида

№	Длина волны, см ⁻¹	A	Интенсивность	№	Длина волны, см ⁻¹	A	Интенсивность
1	603,72	0,000	VW	36	1950,03	0,000	VW
2	613,36	0,000	VW	37	1961,61	0,000	VW
3	621,08	0,000	VW	38	1996,32	0,001	VW
4	632,65	0,001	VW	39	2011,76	0,000	VW
5	661,58	0,001	VW	40	2019,47	0,000	VW
6	700,16	0,002	VW	41	2025,26	0,000	VW
7	754,17	0,001	VW	42	2032,97	0,000	VW
8	761,88	0,002	VW	43	2042,62	0,001	VW
9	839,03	0,000	VW	44	2048,40	0,001	VW
10	864,11	0,001	VW	45	2061,90	0,001	VW
11	894,97	0,001	VW	46	2075,41	0,001	VW
12	1024,20	0,027	VS	47	2081,19	0,001	VW
13	1074,35	0,021	S	48	2121,70	0,001	VW
14	1147,65	0,009	M	49	2133,27	0,001	VW
15	1238,30	0,003	W	50	2148,70	0,001	VW
16	1338,60	0,004	W	51	2181,49	0,001	VW
17	1371,39	0,006	W	52	2189,21	0,001	VW
18	1415,75	0,005	W	53	2204,64	0,001	VW
19	1446,61	0,005	W	54	2223,92	0,001	VW
20	1454,33	0,005	W	55	2231,64	0,001	VW
21	1504,48	0,001	VW	56	2241,28	0,002	VW
22	1537,27	0,003	W	57	2260,57	0,002	VW
23	1543,05	0,003	W	58	2268,29	0,002	VW
24	1552,70	0,003	W	59	2285,65	0,002	VW
25	1645,28	0,009	M	60	2314,58	0,001	VW
26	1651,07	0,009	M	61	2322,29	0,001	VW
27	1714,72	0,002	VW	62	2330,01	0,001	VW
28	1732,08	0,003	W	63	2349,30	0,001	VW
29	1737,86	0,003	W	64	2387,87	0,002	VW
30	1822,73	0,000	VW	65	2405,23	0,002	VW
31	1851,66	0,000	VW	66	2511,32	0,003	VW
32	1890,24	0,001	VW	67	2563,40	0,003	W
33	1897,95	0,000	VW	68	2573,04	0,003	W
34	1909,53	0,001	VW	69	2850,79	0,014	M
35	1938,46	0,001	VW	70	2922,16	0,020	S

рапевтическим действием. При дозе вируса 10 ЛД₅₀ защитный эффект достигал 63–53% в сравнении с ацикловиром – 15%; а при дозе 100 ЛД₅₀ – 57–63% при отсутствии эффекта у ацикловира.

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование показало, что полисахарид молекулярной массой 1–2 МДа

имеет моносахаридный состав: Glu – 30%, GalA – 23%, GlcA – 15%, Gal – 13%, Rha – 6%, Ara – 4%, Man – 3%, Xyl – 2%.

При изучении УФ-характеристик полисахарида обнаружено, что в спектре присутствуют два максимума: первый – в области 190–220 нм, характерный для полисахаридов, и второй – небольшой максимум в области 280 нм, характерный для белковой молекулы, что позволяет

Таблица 3. Результаты проверки противовирусной активности полисахарида

Схема применения препарата	Выживаемость, %	Летальность, %	Защитный эффект, %	Средняя продолжительность жизни, сут
Доза вируса – 10 ЛД ₅₀				
За 5 сут до инфицирования	80	20	63	13,3 ± 1,9
За 5 сут и через 3 ч после инфицирования	70	30	53	11,9 ± 1,6
Ацикловир	32	68	15	7,81 ± 1,9
Контроль	17	83		4,1 ± 1,2
Доза вируса – 100 ЛД ₅₀				
За 5 дней	57	43	57	9,8 ± 2,9
За 5 дней и через 3 часа	63	37	63	10,5 ± 1,8
Ацикловир	0	100	0	5,3 ± 1,8
Контроль	0	100	0	3,3 ± 1,2

предположить наличие белка в полисахаридном комплексе.

ИК-спектр показал характерные для полисахаридных структур полосы поглощения. Наличие среднего поглощения на 1148 см⁻¹, при наличии колебаний пиранозного кольца, означает принадлежность изучаемого полисахарида к β-глюканам.

Интерферониндуцирующая активность полисахарида из *Helianthus tuberosus* L. исследована *in vivo* на мышах и *in vitro* на клетках цельной крови человека. Максимальная продукция сывороточного интерферона после внутривенного введения раствора полисахарида достигала 256 МЕ/мл. Титры интерферона, синтезированного в ответ на введение, в 16–32 раз превышали уровень интерферона, индуцированного госсиполом. *In vitro* изучали способность к продукции интерферона клетками цельной крови человека под воздействием различных доз индукторов (вируса болезни Ньюкасла, стафилококкового энтеротоксина А, госсипола и полисахарида). В отличие от госсипола и стафилококкового энтеротоксина А, полисахарид стимулировал выработку интерферона клетками в культуральную среду в большей концентрации. На основе представленных данных можно заключить, что растительный полисахарид является сильным индуктором интерферона.

Применение полисахарида в модели герпетического менингоэнцефалита у мышей приводило к выраженному профилактическому или терапевтическому действию как в сравнении с контролем, так и в сравнении с фармакопейным препаратом – ацикловиром. При дозе вируса 10 ЛД₅₀ защитный эффект достигал 63–53% в сравнении с ацикловиром – 15%; а при дозе

100 ЛД₅₀ – 57–63% при отсутствии эффекта у ацикловира.

Следует отметить, что в основном известные природные индукторы интерферона (в том числе госсипол, стафилококковый энтеротоксин А вирус болезни Ньюкасла и др.) и противовирусные препараты не нашли применение в клинической практике вследствие высокой токсичности, которая отсутствует у исследованного полисахарида [15]. Полученные данные о высокой противовирусной и интерферониндуцирующей активности исследованного полисахарида позволяют утверждать о перспективности его использования в медицинских целях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. J. Wu, Y.-Y. Zhang, L. Guo, et al., PLoS ONE **8** (10), 1 (2013).
2. L. M. Kanevskiy, W. G. Telford, A. M. Sapozhnikov, and E. I. Kovalenko, Front. Immunol. **4** (11), 1 (2013).
3. S. Haahr, L. Rasmussen, and T. C. Merigan, Infect. Immun. **14**, 47 (1976).
4. S. Y. Zhang, E. Jouanguy, V. Sancho-Shimizu, et al., Immunol. Rev. **220**, 225 (2007).
5. А. А. Ярилин, *Основы иммунологии* (Медицина, М., 2010).
6. C. Le Page, P. Genin, M. G. Baines, and J. Hiscott, Rev. Immunogenet. **2** (3), 374 (2000).
7. P. Albersheim. Methods Enzymol. **118**, 3 (1987).
8. F. Goubet, P. Jackson, M. J. Deery, and P. Dupree, Anal. Biochem. **300**, 53 (2001).
9. С. С. Григорян, И. А. Майоров, А. М. Иванова и Ф. И. Ершов, *Вопр. вирусол.* **4**, 433 (1988).
10. А. А. Новохатский, С. А. Ауелбеков и Ш. Х. Кабиров, в сб. *Природные полифенолы и их производные – противовирусные препараты и индукторы интерферона* (1981), сс. 30–37.

11. А. В. Москвин, *Новый справочник химика и технолога. Общие сведения. Строение вещества* (АНО НПО «Профессионал», СПб., 2006).
12. Ю. В. Поконова и В. И. Стархова, *Новый справочник химика и технолога. Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ* (АНО НПО «МириСемья», 2002), ч. 1–2.
13. N. I. Baram, A. I. Ismailov, Kh. L. Ziyaev, and K. Zh. Rezhopov, *Chem. Natural compound.* **40** (3), 199 (2004).
14. А. С. Садыков, С. А. Вичканова и А. И. Исмаилов, *Новые лекарственные препараты* **10**, 18 (1983).
15. Е. А. Генералов, *Биофизика* **59** (3), 439 (2014).

Spectral Characteristics and Monosaccharide Composition of Interferon-inducing Antiviral Polysaccharide from *Heliantnus tuberosus* L.

Е.А. Generalov

Department of Physics, Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory 1/2, Moscow, 119991 Russia

This article presents the results of spectral analysis, monosaccharide composition and interferon-inducing properties of the polysaccharide from *Heliantnus tuberosus* L. Based on the spectral characteristics and the monosaccharide composition it was concluded that polysaccharide belongs to glucan class, presumably – β -glucan. It has been shown that the polysaccharide complex of the *Heliantnus tuberosus* L. cell wall exhibits interferon-inducing properties both in experiments *in vitro*, and *in vivo*. It has been supposed that in polysaccharide stimulated models interferon is produced for all three species – α , β , γ . Antiviral and therapeutic effects of polysaccharide were shown.

Key words: carbohydrate, polysaccharide, Heliantnus tuberosus L., an interferon inducer, IR, UV, monosaccharide composition, antiviral