

созданию новых лекарственных препаратов на основе липофильного комплекса эфирномасличного сырья.

Таким образом, возрастающий спрос на лекарственное растительное сырье, как источника новых лекарственных средств, диктует необходимость разработки новых подходов к рациональному использованию и внедрению новых технологий комплексной переработки сырья; глубокого химического исследования состава и физико-химических свойств биологически активных веществ сырья, а также совершенствования методов оценки его качества, что является актуальной проблемой развития лекарственной отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. British Pharmacopoeia 2009. ВНМА, Bournemouth. – Crown Publishers, 2008.

2. Базилик, эфирные масла, ООО «Арома Новый Век». – Минск: Урожай, 1994. – С. 31-33.

3. Байкова Е.В. Химия растительного сырья / Е.В. Байкова, Е.А. Королюк // Защита растений. – 2002. – №1. – С.37-42.

4. Карпинская, Е.В. Альтернативные системы земледелия и их экологическое значение / Е.В. Карпинская. Матер. 12-й МНТК «Наука – образованию, производству, экономике», Мн., БНТУ, 2014, т.4, с.45

УДК 661.1

К.Г. Боголицын, А.С. Дружинина, П.А. Каплицин
Д.В. Овчинников, А.Э. Паршина, Е.В. Шульгина
tph@agtu.ru

(Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия)

ВЗАИМОСВЯЗЬ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ И ПОЛИМОЛЕКУЛЯРНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИФЕНОЛОВ АРКТИЧЕСКИХ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

Бурые водоросли накапливают большое количество полифенольных соединений, главным образом, полимеров флороглюцина – флоротаннинов. Фармакологическая значимость растительных полифенолов связана с их структурой и, в особенности, со степенью полимеризации. Однако стоит заметить, что связь между молекулярной массой и антиоксидантной активностью флоротаннинов бурых водорослей до сих пор плохо изучена [1].

Исходя из этого, целью данной работы является разработка методов идентификации состава, характеристики полимолекулярных

свойств и оценки эффективности полифенольного комплекса арктических бурых водорослей как антиоксиданта фармакологического назначения.

Последовательное использование системы растворителей с возрастающей полярностью позволило осуществить селективное разделение мономерных, олигомерных и полимерных фенолов по фракциям. По результатам анализов выявлены фракции с относительно высоким выходом и чистотой (таблица 1).

Анализ компонентного состава и полимолекулярных свойств полученных фракций (таблица 1) показал наличие ряда полифенольных соединений в диапазоне масс от 374 а.е.м. (тримеры) до 994 а.е.м. (октамеры), различающихся на 124 а.е.м. массы, что соответствует молекуле флороглюцина.

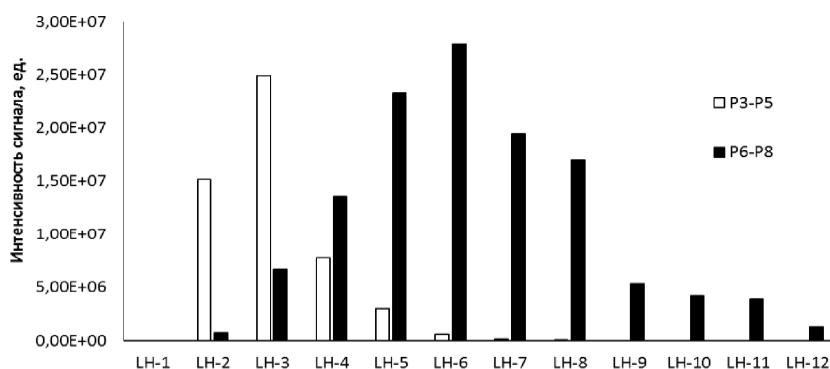
Таблица 1 – Характеристика полимолекулярных свойств Sephadex-подфракций при использовании системы элюентов состава этанол : вода и этанол : ацетон

Подфракция	Элюент	Выход ПФ ¹ , % масс	Содержание ПФ, г ФГЕ/100г экстракта	Mw, Да ²	Полидисперсность	АОА, мг аскорб.к-ты/г экстракта
ЛН-1	э/в (1:1,5)	35,2	53,4	20830	5,4	330
ЛН-2	э/в (1:1,3)	5,3	78,3	2500	1,6	541
ЛН-3	э/в (1:1)	3,2	91,5	3300	1,5	612
ЛН-4	э/в (1,5:1)	3,0	96,2	3870	1,5	765
ЛН-5	э/в (2:1)	1,8	95,9	4140	1,7	773
ЛН-6	э/в (2,5:1)	1,5	98,0	4540	1,7	879
ЛН-7	э/в (3:1)	1,3	96,8	4730	1,7	917
ЛН-8	э/в (3,5:1)	0,7	99,1	4620	1,7	949
ЛН-9	э/в (4:1)	0,5	98,2	5500	1,9	919
ЛН-10	э/в (5:1)	0,6	94,9	5520	2,1	876
ЛН-11	э/в (7:1)	0,5	93,5	5840	1,8	816
ЛН-12	э	0,3	93,8	5240	1,9	734
ЛН-13	э	18,2	72,4	9950	4,1	441
ЛН-14	э/а (7:1)	5,9	88,1	5880	2,7	696
ЛН-15	э/а (5:1)	1,5	99,5	5450	1,9	753
ЛН-16	э/а (4:1)	2,4	97,4	6440	2,1	740
ЛН-17	э/а (3,5:1)	2,7	97,9	7290	2,2	687
ЛН-18	э/а (3:1)	3,0	96,3	7580	2,2	703
ЛН-19	э/а (2,5:1)	3,2	94,9	8230	2,4	636
ЛН-20	э/а (2:1)	3,4	97,3	8340	2,5	665
ЛН-21	э/а (1,5:1)	5,9	95,9	7660	2,5	649
ЛН-22	э/а (1:1)	12,5	96,2	8520	2,8	607

¹выход рассчитан в процентах от содержания полифенолов в органической фракции П, взятой для фракционирования; ²среднечисловая молекулярная масса фракций; э – этанол; в – вода; а – ацетон.

ФГЕ – флороглюцин эквивалент.

Для более удобного сопоставления результатов обнаруженные компоненты условно разделили на 2 группы, в соответствии с их молекулярными массами – менее полимеризованные (тримеры, тетрамеры, пентамеры) и более полимеризованные (гексамеры, гептамеры, октамеры), их распределение в образцах представлено на рисунке 1.



**Рисунок 1 - Изменение компонентного состава Сефадекс-подфракций.
P3-P5 – тримеры, тетрамеры, пентамеры;
P6-P8 – гексамеры, гептамеры, октамеры**

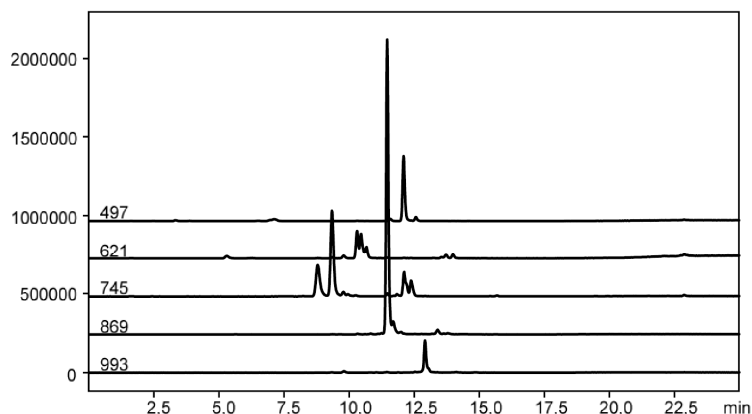


Рисунок 2 - Хроматограмма Сефадекс-подфракции LH-5, записанная в режиме мониторинга выбранных ионов

В соответствии с представленными данными, наблюдается тенденция к увеличению молекулярной массы флоротаннинов при увеличении элюирующей силы используемого растворителя. В то же время, во фракциях, полученных с использованием смесей ацетона и этанола, содержание низкомолекулярных компонентов незначительно, вероятно, компонентный состав данных фракций представлен более высокомолекулярными соединениями, идентификация и определение которых методами масс-спектрологии затруднительно.

С целью выявления взаимосвязи биологической активности и полимолекулярных свойств компонентов полифенольных Sephadex-подфракций была определена антиоксидантная активность препаратов (таблица 1, рисунок 3).

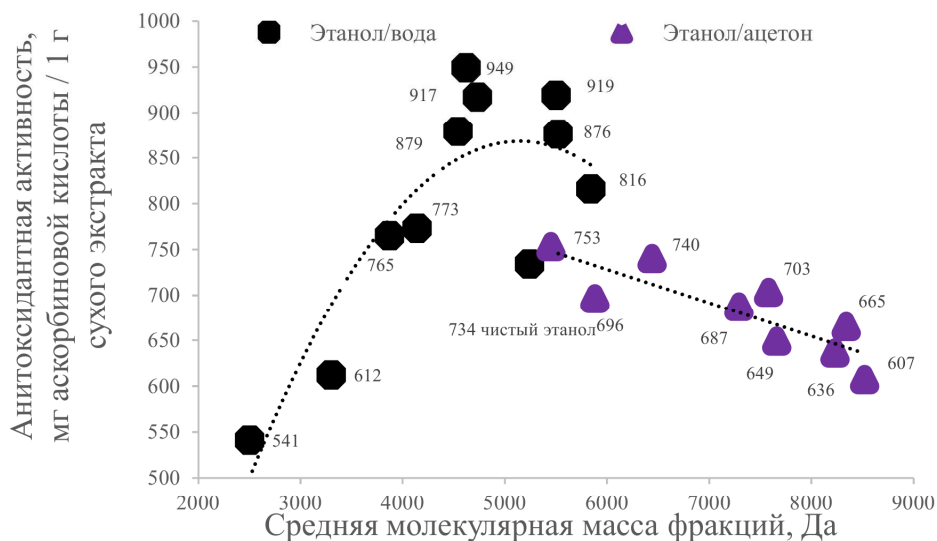


Рисунок 3 – Зависимость антиоксидантной активности от молекулярной массы флоротаннинов для системы из двенадцати элюентов состава этанол : ацетон и системы из двенадцати элюентов состава этанол : вода

В соответствии с полученными данными с увеличением молекулярной массы наблюдается рост антиоксидантной активности, что наиболее ярко выражено для образцов LN-2...LN-5 (рисунок 3). Для более высокомолекулярных компонентов, полученных элюированием с ацетоном, наблюдается противоположная картина. Для данных образцов, во-первых, антиоксидантная активность меньше по сравнению с низкомолекулярными флоротаннинами, а, во-вторых, наблюдается явная тенденция к уменьшению антиоксидантной активности с ростом молекулярной массы, по всей видимости, связанная с образованием внутри и межмолекулярных водородных связей, обуславливающих конформацию молекул флоротаннинов и, следовательно, взаимным экранированием и уменьшением доступности активных центров.

Заключение

Установлена взаимосвязь антиоксидантной активности и молекулярной массы водорослевых полифенольных компонентов. Наибольшая активность проявляется для фракций, характеризующихся молекулярными массами в диапазоне 2,5-4,0 кДа, дальнейшее увеличение данного показателя приводит к тенденции снижения активности образцов связанной, вероятно, с взаимным экранированием восстанавливающих центров флоротаннинов за счет конформационных из-

менений макромолекул, вызванных образованием внутри и межмолекулярных водородных связей. В соответствии с данными хромато-масс-спектрометрии, наиболее активные фракции обогащены полифенолами с шестью, семью и восемью единицами флороглюцина.

Экспериментальная часть

В качестве материала для проведения эксперимента были использованы воздушно-сухие образцы бурых водорослей вида *Fucus vesiculosus*, отобранные в ходе комплексной научно-исследовательской экспедиций "Арктический Плавающий университет" в 2017 году в акватории острова Большой Соловецкий Белого моря.

Для извлечения полифенольной фракции перемолотые макрофиты обезжиривали хлороформом. Далее водоросли экстрагировали водой, осаждали маннит и полисахариды из раствора добавлением этанола. Из раствора удаляли этанол на роторном испарителе и подкисляли. Извлечение полифенолов проводили методом жидкость-жидкостной экстракции смесью этилацетата и бутанола в соотношении 4:1.

Исследование фракционного состава полифенольного комплекса выполняли методом препаративной хроматографии на колонке, заполненной сорбентом Sephadex LH-20. Для разделения использовали систему из 22 элюентов на основе этанола с добавлением воды и ацетона, для увеличения полярности смеси.

Суммарное содержание полифенольной фракции определяли колориметрическим методом с применением реактива Folin-Ciocalteu по методике [2]. В качестве стандарта использовали флороглюцин.

Определение антиоксидантной активности экстрактов проводили спектрофотометрическим методом, оценивая степень обесцвечивания раствора ДФПГ).

Образцы анализировали методом эксклюзионной высокоэффективной жидкостной хроматографии на ВЭЖХ системе LC-20 Prominence. Разделение проводили на колонке для анализа водорастворимых полимеров MCX 300x8,0 мм с размером пор 1000 Å (PSS, Германия). Градуировку системы проводили по стандартным образцам поли(стиролсульфоната) натрия (PSS, Германия).

Для исследования компонентного состава использовался жидкостной хроматограф LC-30 "Nexera" (Shimadzu, Япония), оснащенный тройным квадрупольным масс-спектрометром LCMS-8030 (Shimadzu, Япония).

Научно-исследовательская работа выполнена в рамках проектной части государственного задания Министерства образования и науки РФ в сфере научной деятельности № 4.3273.2017/ПЧ. Работа выполнена с использованием обо-

рудования ЦКП НО «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В.Ломоносова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wang T., Jónsdóttir R., Liu H., Gu L., Kristinsson H.G., Raghavan S., Olafsdóttir G. Antioxidant capacities of phlorotannins extracted from the brown algae *Fucus vesiculosus* // *Agricultural and food chemistry*. - 2012. – № 60. – P. 5874–5883.

2. ГОСТ ИСО 14502-1-2010. Чай. Метод определения общего содержания полифенолов. – Москва. – 2010. – 14 с.

УДК 676.017.72

Т.В. Соловьева¹ проф., д-р техн. наук
О.А. Новосельская¹ канд. техн. наук, И. Г. Громько¹ канд. техн. наук
А.А. Пенкин¹ доц., канд. техн. наук, В.А. Свистунова¹ аспирант
А.О. Новиков² нач. бум. производства
(¹БГТУ, г. Минск; ²УП «Бумажная фабрика» Гознака, г. Борисов, Беларусь)

ПЕЧАТНЫЕ СВОЙСТВА БУМАГИ СОДЕРЖАЩЕЙ ХЛОПКОВУЮ ЦЕЛЛЮЛОЗУ

В Республике Беларусь более 90% газетной и книжно-журнальной продукции запечатывается офсетным способом печати [1]. В офсетной печати требуется меньшее давление, офсетная бумага не требует отделки на суперкаландре, меньше расходуется краски и меньше затруднений от статического электричества. Однако бумага для офсетной печати должна иметь повышенную прочность поверхности, быть клееной и отличаться повышенной стабильностью размеров при увлажнении и последующем высыхании, для чего среди прочих условий требуется тщательное кондиционирование бумаги перед печатью [2].

Известно, что большое значение для придания высоких печатных свойств бумажной продукции имеет оптимальный фракционный состав бумажной массы, поэтому перед нами стояла задача по оценке печатных характеристик различных марок бумаги с отличным содержанием волокнистых композиций.

Определение печатных свойств бумаги проводили согласно ГОСТ 24356-80 и ISO 3783. Согласно указанным ТНПА основными параметрами качества печати являются стойкость поверхности к выщипыванию, величина растискивания, значения оптической плотно-