

Таким образом, учитывая мировой опыт использования экстрактов из листьев ягодных кустарников [1], экстракты из листьев голубики, выращенной на территории России, также могут быть рекомендованы к применению в различных продуктах (лекарственного, пищевого и косметического применения), в первую очередь, в качестве источника растительных полифенолов с антиоксидантными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anastasia-Varvara Ferlemi and Fotini N. Lamari. Berry Leaves: An Alternative Source of Bioactive Natural Products of Nutritional and Medicinal Value. / Anastasia-Varvara Ferlemi and Fotini N. Lamari //Antioxidants. –2016. – №5. – С. 17. doi:10.3390/antiox5020017 <http://www.mdpi.com/journal/antioxidants>.

2. Пушкарёва Т. И., Зенкевич И. Г. Хромато-масс-спектрометрическая идентификация продуктов окисления кверцетина кислородом воздуха в водных растворах // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2017. №1. С. 59–79.

УДК 615.453

Н.А. Вальчук¹, асп., О.С. Бровко¹, доц., канд. хим. наук
И.А. Паламарчук¹, канд. хим. наук, Т.А. Бойцова¹, канд. хим. наук
К.Г. Боголицын^{1,2}, проф., д-р хим. наук
А.Д. Ивахнов^{1,2}, канд. хим. наук, Д.Г. Чухчин², канд. техн. наук
Н.И. Богданович², проф., д-р техн. наук
valchuk.natalia@mail.ru

(¹ФИЦКИА РАН, г. Архангельск, ²САФУ, г. Архангельск, Россия)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЭРОГЕЛЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕРПОЛИМЕРНОГО КОМПЛЕКСА АЛЬГИНАТ-ХИТОЗАН В КАЧЕСТВЕ МАТРИЦЫ-НОСИТЕЛЯ БАВ

В последние годы во всем мире наблюдается устойчивый рост интереса к продуктам, получаемым из возобновляемого растительного сырья, как альтернативе продукции промышленного органического синтеза. Такой интерес обусловлен рядом причин, основными из которых являются: значительное сокращение запасов ископаемых углеводородов и неуклонный рост цен на них; невозможность синтеза многих сложных по составу природных соединений, содержащихся в биомассе, а также уникальные свойства препаратов, выделяемых из природных матриц, и, в первую очередь, их высокая биологическая активность.

В настоящее время для расширения сырьевой базы одними из наиболее перспективных являются морские биоресурсы. При этом

的独特性在于海藻酸盐和壳聚糖。海藻酸盐是唯一的一个来源，它们在第一梯队中被归类为海藻酸盐。除了这一点之外，为了获得有价值的产物，还可以利用海藻酸盐的特性，即不仅仅使用海藻酸盐本身，而且使用在加工过程中产生的废物，如蟹壳（甲壳素）或虾壳（壳聚糖）。这些废物可以用于提取壳聚糖。

由于具有生物相容性和低毒性，海藻酸盐和壳聚糖在医学、食品工业以及环境保护等领域都有广泛的应用。在解决保护环境问题时，海藻酸盐和壳聚糖因其反应活性强、功能团多而受到关注。在海藻酸钠和壳聚糖的分子链中存在许多活性基团，这使得它们能够与各种阳离子形成络合物。因此，通过将海藻酸盐与壳聚糖结合，可以得到具有新特性的复合物，从而在结果中形成复合物。

目前的工作致力于创建基于间歇电解质复合物（IPEC）的海藻酸盐-壳聚糖（ALNa-XT）气凝胶，方法是通过在二氧化碳中干燥壳聚糖，然后研究其作为载体在Bav中的应用。

为了获得IPEC，作为阳离子活性成分，在工作中使用了壳聚糖（XT，“Bioprogres”，莫斯科州），从蟹壳中分离出来，用2%的醋酸溶液处理，去乙酰化程度为87%，分子量（MM）为150 kDa，从蟹壳中分离出来。作为阴离子活性成分，选择了海藻酸盐（ALNa，OAO“Arkhangelskii opytnyi vodoroslevyi kombinat”），从白海的褐藻中分离出来，分子量（MM）为70 kDa。

此前，我们已经确定，通过蒸煮来调节IPEC中各组分的比例，对材料内部表面的形成有显著影响，特别是对于基于IPEC ALNa-XT，对它们的比表面积。因此，气凝胶是在IPEC的等摩尔组成的基础上获得的，因为在这种比例下，形成最大数量的离子键，从而形成沉淀[2-4]，这有助于在随后的分离过程中将水相留在结构中，并且随后的丙酮取代。

然后，获得的水凝胶用丙酮处理，以替换水相，将水凝胶转化为有机相。之后，将

готовленные таким образом образцы комплекса были высушены в токе CO_2 , находящимся в сверхкритических условиях при температуре 40-60 °С и давлении 100-200 атм с использованием аппарата для сушки MV-10ASFE.

Все полученные аэрогели представляют собой высокопористый волокнистый материал белого цвета с сохранением морфологии исходного ИПЭК АЛNa-ХТ (рис. 1). В результате сушки наблюдается незначительная усадка аэрогеля. На рисунке 2 представлен СЭМ снимок аэрогеля на основе ИПЭК АЛNa-ХТ, высушенного в токе сверхкритического CO_2 при 100 атм и 40 °С. Показано, что образец аэрогеля имеет рыхлую сетчатую структуру.



Рисунок 1 – Фотография аэрогеля на основе ИПЭК АЛNa-ХТ

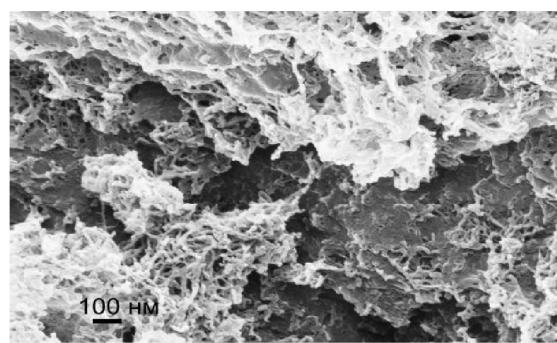


Рисунок 2 – Микрофотография аэрогеля на основе ИПЭК АЛNa-ХТ

Текстурные характеристики образцов аэрогелей были рассчитаны из изотерм адсорбции–десорбции азота, полученных при 77,4 К с использованием автоматического анализатора удельной поверхности ASAP 2020 MP. Полученные результаты показали, что изменение параметров СК-сушки и температуры, оказывает не значительное влияние на общую пористость полученных материалов. Образцы аэрогелей имеют развитую мезопористую структуру при всех исследуемых режимах СК-сушки. Площадь удельной поверхности образцов, определенная методом BET, составила 212-260 $\text{m}^2/\text{г}$. Максимальная величина площади удельной поверхности 260 $\text{m}^2/\text{г}$ получена для образца, высушенного при 100 атм и 40 °С. Суммарный объем пор данного образца составляет 1,06 $\text{cm}^3/\text{г}$, из которого объем мезопор – 1,03 $\text{cm}^3/\text{г}$, а средний размер пор – 16,3 нм.

Развитая внутренняя структура аэрогелей позволяет использовать их как матрицы-носители различных активных веществ: лекарственных соединений, биополимеров, клеток и соединений металлов. Особое внимание в этом плане привлекают биологически активные вещества, выделенные из растительного сырья, перспективным источником которого являются лишайники. Лишайниковые кислоты, в

частности, усниновая кислота (УК), не встречаются в других группах организмов, и обладают антимикробными, антиоксидантными, противоопухолевыми и иммуностимулирующими свойствами, благодаря чему издавна применяются в фармакологии, косметике, стоматологии и других областях медицины.

Для исследования возможности использования полученных аэрогелей на основе ИПЭК АЛ-ХТ в качестве носителей лекарственных веществ аэрогель выдерживали в течение 18 ч при 20 °С в спиртовом растворе УК, выделенной из лишайников рода *Cladonia* методом сверхкритической флюидной экстракции [5]. По окончании сорбции раствор УК отделяли от сорбента фильтрованием и проводили эксперимент по десорбции БАВ из полимерного носителя. Определение десорбции БАВ из пленки на основе ИПЭК АЛ-ХТ проводили фотоколориметрическим методом. На рис. 3 показано, что в течение трех часов происходит медленное высвобождение УК из матрицы аэрогеля. Максимальное высвобождение УК составляет 60 %. Такая продолжительность высвобождения позволяет равномерно доставлять лекарство в рану и открывает перспективы для использования полученных аэрогелей для создания раневых повязок.

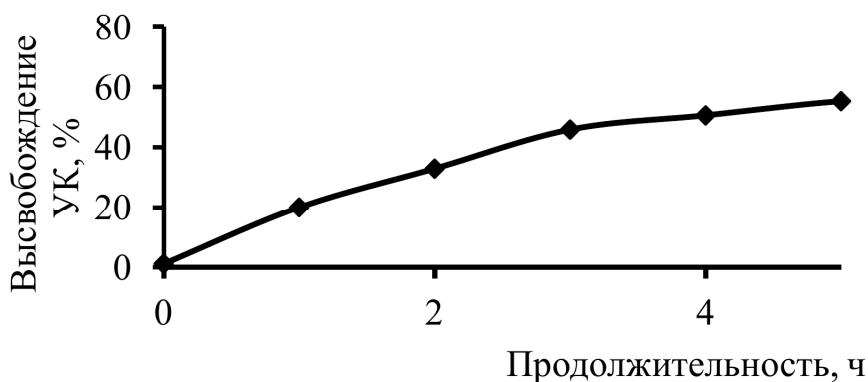


Рисунок – Высвобождение усниновой кислоты из аэрогеля на основе ИПЭК АЛNa-ХТ

Таким образом, на основе интерполиэлектролитного комплекса альгинат – хитозан методом сверхкритической сушки получены аэрогели с развитой развитой мезопористой структурой. Отработаны режимы сверхкритической сушки гелей, позволяющие получать аэрогели с площадью удельной поверхности до 260 м²/г. Показано, что благодаря развитой внутренней структуре полученные аэрогели могут быть использованы в качестве матрицы-носителя для создания на их основе раневых повязок с включением природного антибиотика – усниновой кислоты.

Исследования проведены в ходе выполнения государственного задания ФГБУН ФИЦКИА РАН ФНИ 2018-2020 г. «Физико-химические, генетические и морфологические основы адаптации растительных объектов в условиях изменяющегося климата высоких широт» (№ AAAA-A18-118012390231-9) с использованием оборудования ЦКП НО "Арктика" (САФУ) и ЦКП КТ РФ-Арктика (ФИЦКИА РАН).

ЛИТЕРАТУРА

1. Brovko O.S., Palamarchuk I.A., Boitsova T.A., Bogolitsyn K.G., Valchuk N.A., Chukhchin D.G. Macromol. Res. 2015. Vol. 23. No. 11. P. 1059.
2. Brovko O., Palamarchuk I., Valchuk N., Bogolitsyn K., Chukhchin D., Boitsova T. Russ. J. Phys. Chem. A+.2017. Vol. 91. No. 8. P. 1580.
3. Паламарчук И.А., Бровко О.С., Бойцова Т.А., Вишнякова А.П., Макаревич Н.А. Химия растительного сырья. 2011. № 2. С. 57.
4. Бровко О.С., Паламарчук И.А., Бойцова Т.А., Боголицын К.Г., Казаков Я.В., Чухчин Д.Г., Вальчук Н.А. Химические волокна, 2015. № 4. С. 45-52.
5. Бровко О.С., Паламарчук И.А., Слобода А.А., Бойцова Т.А., Гагушкина А.А., Вальчук Н.А. Успехи современного естествознания. Химические науки. 2016. № 8. С. 20-24.

УДК 547.458.87+547.992.2

А.Р. Цыганов¹, академик, д-р. с/х наук
А.Э. Томсон², доц., канд. хим. наук
Н.А. Жмакова², канд. техн. наук
Т.Ф. Овчинникова², канд. техн. наук
²altom@ecology.basnet.by

(¹БГТУ, ²Институт природопользования НАН Беларусь, г. Минск, Беларусь)

ОТХОДЫ САХАРНОГО И СОЛОДОВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕКТИНСОДЕРЖАЩЕЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ

В современном животноводстве большое внимание уделяется не только обеспеченности животных кормами, но и включению в рацион биологически активных добавок. В качестве источника биологически активных веществ могут использоваться отходы переработки растительного сырья, богатые природными химическими соединениями, которые положительно воздействуют на физиологические процессы, протекающие в организме животных. Уровень физиологического действия кормовых добавок с функциональными свойствами, получае-