

# ПОТЕНЦИАЛ ПРИРОДНЫХ ГЛУБОКИХ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ

А.Н. Шиков<sup>1</sup>, Е.В. Флисюк<sup>1</sup>, О.Н. Пожарицкая<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет, 197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 14;

<sup>2</sup> Мурманский морской биологический институт Российской академии наук, 183038, Россия, Мурманск, ул. Владимирская, д. 17.

E-mail: alexander.shikov@pharminnotech.com

Природные глубокие эвтектические растворители (ПГЭР) были недавно разработаны как альтернативный класс зеленых, экологически чистых растворителей для экстракции природных соединений. ПГЭР представляют собой эвтектическую смесь естественных для живых растительных клеток доноров и акцепторов водорода, таких как сахара, аминокислоты, слабые органические кислоты и др. Согласно базе данных Scopus, количество статей, в которых ПГЭР упоминаются как растворитель для экстракции, ежегодно увеличивается на 40-50%. ПГЭР используются для экстракции алкалоидов, антоцианов, каротиноидов, сапонинов, стероидов, полисахаридов, полифенолов и других групп метаболитов растительных клеток.

Мы применили ПГЭР для экстракции морских водорослей и наземных растений. В ходе первичного скринингового исследования нами были обнаружены некоторые ПГЭР, эффективные для экстракции флоротаннинов из бурых водорослей *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum*. Выход суммы полифенолов в ПГЭР был сравним с выходом при использовании ацетона и этанола в качестве экстрагентов. В нашем недавнем исследовании после оптимизации условий экстракции мы смогли идентифицировать с помощью HPLC-HRMS MS/MS 32 индивидуальных флоротаннина в ПГЭР (молочная кислота: холина хлорид; 3:1) из арктического *F. vesiculosus*. Интересно, что ПГЭР были способны одновременно извлекать как гидрофильные (аскорбиновая кислота, флоротанины), так и липофильные (фукоксантин) соединения из *F. vesiculosus*. ПГЭР обеспечивают высокую стабильность и сохраняют антиоксидантную активность экстрактов из *F. vesiculosus* в течение 360 дней хранения. ПГЭР можно настроить для экстракции фенилэтанойдов и фенилпропаноидов (салидрозида, тирозола, розавина, розина, коричневого спирта) из корневищ родиолы розовой. Изучена способность ПГЭР соэкстрагировать микроэлементы при выделении глицирризиновой кислоты (ГК) из корней *Glycyrrhiza glabra* и связанные с ними риски для здоровья. Из-за близкого рКа молочной кислоты и ГК выход ГК в ПГЭР на основе молочной кислоты был выше по сравнению с другими испытанными ПГЭР. Процент со-экстракции всех элементов (кроме Li) всеми протестированными ПГЭР был низким (менее 6%). В соответствии с рассчитанными индексом загрязнения металлами, коэффициентом опасности, индексом опасности и с учетом длительного ежедневного приема все испытанные ПГЭР экстракты солодки были нетоксичны и не представляли опасности для здоровья как при приеме внутрь, так и при местном применении. Мы изучили потенциал ПГЭР в экстракции тритерпеновых сапонинов из корней *Aralia elata*. С помощью RP-UHPLC-ESI-QqTOF-MS в экстрактах корней аралии было идентифицировано 20 тритерпеновых сапонинов. Следует отметить, что для 13 метаболитов ПГЭР оказались более эффективными растворителями по сравнению с водой и этанолом.

В целом ПГЭР как альтернативные растворители имеют много преимуществ, таких как экологичность, низкая горючесть, получение из возобновляемых ресурсов, пригодность для экстракции гидрофильных и липофильных соединений, повышение стабильности экстрагируемых соединений; обладают малой токсичностью (могут использоваться в пищевых целях, косметике, агрохимии, медицине), не извлекают токсичных элементов из растительного сырья. Высокая вязкость и нелетучесть являются ограничениями для ПГЭР.