

линдофенолом, искусственным акцептором электронов ФС1, предотвращала термоиндуцированное снижение восстановленности пластохинонов и изменения FQR-зависимого циклического электронного транспорта и qE. В то же время, данная обработка не влияла на термоиндуцированное подавление линейного электронного транспорта и перераспределение пластохинонов из фотоактивного в нефотоактивный пул. На основании полученных данных сделан вывод, что снижение эффективности донирования электронов от пластоцианина к ФС1 и акцептирования электронов ферредоксином могло быть причиной термоиндуцированного подавления FQR-зависимого циклического электронного транспорта, в то время как уменьшение размера фотоактивного пула пластохинонов потенциально являлось причиной ингибирования линейного потока электронов при тепловом стрессе.

Особенности пигментного состава лишайников *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. и *Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr

**Рассабина А. Е.^{А*}, Хабибрахманова В. Р.^А, Хайруллина А. Ф.^А,
Минибаева Ф. В.^А**

^А Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия.

*E-mail: AERassabina@yandex.ru

Лишайники с давних времен являются ценным источником вторичных метаболитов, которые широко используют в качестве лекарственных препаратов. Лишайники произрастают на различной территории и характеризуются многообразием пигментного состава. Как известно, пигменты таллома лишайника предотвращают повреждения на клеточном уровне при действии интенсивного УФ-излучения [1]. Выявление физико-химических свойств и биологической активности пигментов лишайников будет способствовать пониманию защитной роли пигментов в жизнедеятельности этих симбиотических ассоциатов.

Нами были выделены и изучены такие пигменты, как меланин из лишайника *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. и париедин из лишайника *Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr. Меланин, являясь природным полимером фенольной и индол-хиноидной природы, обладает сложной нерегулярной структурой и высоким потенциалом биологической активности. Париедин представляет собой оранжевый антрахиноновый пигмент природного происхождения (1,8-дигидрокси-3-метокси-6-метил-9,10-антрахинон) [2]. Париедин известен тем, что проявляет антиоксидантную и антибактериальную активность.

Ранее было показано, что меланин и париедин защищают фотосинтетический аппарат лишайников от повреждения высоким уровнем освещенности. Использование качественных реакций, микроскопических и спектрофотометрических методов анализа позволили охарактеризовать состав и свойства меланина и париедина в талломах лишайников. Нами были разработаны подходы к выделению меланиновых ассоциатов из талломов лишайника *L. pulmonaria* с наименьшим содержанием клеточных полисахаридов и белков. Подобраны условия выделения париедина из лишайника *X. parietina* и получены азеотропные смеси данного пигмента.

Выявлены фотопротекторные, антиоксидантные и сорбционные свойства *in vitro* меланина, выделенного из лишайника *L. pulmonaria*. Методом фотонной корреляционной спектроскопии (ФКС) были установлены размеры частиц меланина и париедина, оценена их агрегативная устойчивость и проявление супрамолекулярной природы. Меланин и париедин обладали супрамолекулярными свойствами и был способен к перестройке в зависимости от условий дисперсионной среды. В меланине обнаружены структуры с неспаренными свободными электронами со значением g -фактора от 2,00343-2,00299 и $\Delta H=3,5-5,7$ Гс, что обуславливает его парамагнитные свойства. С помощью ИК-спектроскопии было идентифицировано наличие в меланинах гидроксильных и карбоксильных функциональных групп. На основе обнаруженных физико-химических свойств и активных функциональных групп в структуре меланина, проведен анализ сорбционной активности в отношении синтетических красителей метиленовый синий, ремазол и индигокармин. В процессе адсорбции красители легко взаимодействовали с функциональными группами меланина, а также с его ароматическими полисопряженными структурами. С помощью рентгенофлуоресцентного анализа установлено наличие в меланине металлов переменной валентности, что указывает на высокий потенциал сорбционной активности меланина в талломе лишайника. Проанализированы фотопоглотительные и хелатирующие свойства, выделенного из таллома париедина, а также оценена его водоудерживающая способность. Показано, что меланин и париедин вносит вклад в защиту таллома лишайников от обезвоживания. В результате, выявленные антиоксидантные, хелатирующие и сорбционные свойства меланина и париедина обуславливают роль этих пигментов в формировании устойчивости лишайников к действию неблагоприятных факторов среды, а также открывают перспективы их практического применения.

Работа выполнена в рамках гос. задания ФИЦ КазНЦ РАН и при финансовой поддержке гранта РФФИ № 23-14-00327.

Библиографические ссылки

1. Solhaug, K.A., Gauslaa, Y., Nybakken, L., Bilger, W. UV-induction of sun-screening pigments in lichens. *New Phytologist*, 158 (1), 91-100 (2003).

2. Comini, L.R., Morán Vieyra, F.E., Mignone, R.A. *et al.* Parietin: an efficient photo-screening pigment *in vivo* with good photosensitizing and photodynamic antibacterial effects *in vitro*. *Photochemical and Photobiological Sciences*, **16**, 201–210 (2017).

Оценка эндогенного антиоксидантного потенциала продуктов пищевой биотехнологии при помощи спектроскопии электронного парамагнитного резонанса

Русакович А. А.^А, Белозор А. С.^А, Демидчик В. В.^{А*}

^А *Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.*

**E-mail: dzemidchyk@bsu.by*

В процессе хранения в продуктах пищевой биотехнологии происходят окислительные процессы, приводящие к снижению их полезных свойств и порче. В основе окисления лежит генерация активных форм кислорода (АФК), которая может быть вызвана поступлением кислорода через элементы упаковки либо преобразованием внутренних кислородсодержащих соединений.

Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) в настоящее время широко применяется для анализа свободнорадикальных процессов в продуктах пищевой биотехнологии. В представленной работе с использованием методов ЭПР-спектроскопии был проведен анализ окислительной стабильности различных сортов пива и пищевых растительных масел по их эндогенному антиоксидантному потенциалу (ЭАП), показателю величина которого коррелирует со временем хранения и вкусовыми качествами продукта. Окислительная стабильность продукта зависит от его способности предотвращать образование свободных радикалов, и в значительной степени определяется содержанием в нем антиоксидантов. Определение антиоксидантного потенциала позволяет оценить влияние отдельных компонентов, стадий производства, типов упаковки и условий хранения на устойчивость продукта к окислению.

Методика оценки окислительной стабильности основана на обнаружении свободных радикалов в образце с применением спиновых ловушек α -фенил-N-трет-бутилнитрон (« α -phenyl-N-tert-butyl nitron»; PBN) и α -4-пиридил-1-оксид-N-трет-бутилнитрон (« α -(4-pyridyl-1-oxide)-N-tert-butyl nitron»; POBN), формирующих стабильные спиновые аддукты с гидроксильным радикалом. Использовалась техника ускоренного старения