

E. B. Воробьева

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ

По определению, антиоксидантами называют вещества, препятствующие процессу окисления или ингибирующие реакции, инициируемые кислородом и пероксидными соединениями. Растительные экстракты представляют собой смесь природных антиоксидантов, способных эффективно замедлять процессы окисления полиолефинов, в частности полиэтилена [1, 2]. Оценку антиоксидантной активности (АОА) отдельных веществ и их смесей проводят различными методами, основанными либо на взаимодействии антиокислительных молекул с радикалами и активными формами кислорода (АФК), либо на определении их электрохимических характеристик. Выбор конкретного метода зависит от целей исследования; в нашем случае определяемая АОА должна максимально отражать реальную ингибирующую эффективность соединений в полиэтиленовой матрице. Цель настоящей работы заключается в анализе современных методов исследования АОА растительных экстрактов и установление их информативности в прогнозировании эффективности стабилизации полиэтиленовых композиций.

В таблице 1 приведен краткий анализ наиболее популярных методов оценки АОА. Каждая группа методов имеет свои достоинства, но и существенные ограничения, особенно при работе с комплексными многокомпонентными системами (растительные экстракты). Спектрофотометрические методы (методики DPPH, ABTS, FRAP, CUPRAC) являются наиболее распространёнными благодаря простоте и высокой чувствительности. Однако их ключевое ограничение – моделирование лишь отдельного антиокислительного механизма (донор–акцептор). Кроме того, результаты часто искажены из-за матричных эффектов (цветность, мутность, растворимость соединений). Хемилюминесцентные методы позволяют учитывать разные механизмы поглощения АФК, но требуют более сложного оборудования, стандартизации. Они трудоёмки, поэтому используются в основном в биомедицинских и пищевых исследованиях. Биологические методы показывают наиболее точную характеристику антиокислительных процессов для живых систем, их использование для прогнозирования ингибирующего действия экстрактов в полимерах также не является целесообразным.

Таблица 1 – Основные методы оценки антиоксидантной активности

№	Метод	Принцип	Особенности
1	2	3	4
<b>Спектрофотометрические методы</b>			
1.1	DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил)	Измерение способности антиоксиданта восстанавливать стабильный радикал DPPH (фиолетовый → бесцветный)	Быстрый, простой, чувствительный к фенольным соединениям
1.2	ABTS (2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоновая кислота))	Генерация радикала ABTS <sup>+</sup> и его нейтрализация антиоксидантом. Антиоксидант снижает интенсивность окраски раствора	Подходит для водо- и жирорастворимых соединений
1.3	FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)	Восстановление Fe <sup>3+</sup> до Fe <sup>2+</sup> в присутствии антиоксиданта, результаты выражаются в эквиваленте стандарта (витамина С или Trolox)	Оценивает восстановительную способность, но не учитывает радикалы

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
1.4	CUPRAC (Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity)	Восстановление Cu <sup>2+</sup> до Cu <sup>+</sup> в присутствии антиоксиданта	Универсальный, чувствителен к различным классам соединений
<b>Хемилюминесцентные методы</b>			
2.1	ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity)	Способность антиоксиданта предотвращать окисление флуоресцентного зонда (люминола или флуоресцеина)	Имитация физиологических условий, высокая селективность
<b>Электрохимические методы</b>			
3.1	Циклическая вольтамперометрия (CVA)	Определение потенциала окисления/восстановления соединений и их взаимодействия с радикалами	Позволяет оценить суммарную АОА, информативен для полифенолов и флавоноидов
3.2	Амперометрия	Измерение тока при окислении/восстановлении антиоксидантов на электроде	Высокая чувствительность, возможность экспресс-анализа смесей
3.3	Потенциометрия	Регистрация изменения окислительно-восстановительного потенциала при добавлении антиоксидантов	Простота выполнения, подходит для водных и спиртовых растворов
<b>Биологические методы</b>			
4.1	Ингибиование перекисного окисления липидов (LPO)	Оценка способности антиоксиданта предотвращать образование малонового диальдегида (МДА) или диеновых конъюгатов при окислении липидов	Отражает защиту биомембран, используется в фармакологии и пищевой химии
4.2	Тест ингибиование гемолиза эритроцитов	Измерение степени разрушения эритроцитов под действием окислителей в присутствии антиоксиданта	Близок к физиологическим условиям, применим для оценки биосовместимости
4.3	Клеточные модели (in vitro)	Определение антиоксидантной активности в культуре клеток по уровню АФК, активности ферментов	Отражает биологическую эффективность

Высокую перспективность в контексте оценки АОА растительных экстрактов и прогнозировании ингибирующей активности в полиэтиленовой матрице имеют электрохимические методы, в частности, потенциометрия. Потенциометрический метод на основе системы K<sub>3</sub> [Fe(CN)<sub>6</sub> ]/K<sub>4</sub> [Fe(CN)<sub>6</sub> ] обеспечивает прямое определение редокс-свойств соединений, позволяя объективно оценивать их электронодонорную способность и радикальнейтрализующую активность [3]. Метод отличается высокой чувствительностью, универсальностью и не требует использования специфических реагентов, что минимизирует вероятность побочных реакций. Простота выполнения и возможность выражения результатов в электрохимических единицах обеспечивают сопоставимость данных между различными образцами и системами.

### **Список использованных источников**

1. Воробьева, Е. В. Стабилизация полиэтилена природными наполнителями и их экстрактами // Химия растительного сырья / Е. В. Воробьева, Е. Л. Приходько. – 2019, № 2. – С. 213–223.
2. Воробьева, Е. В. Антиокислительные свойства экстрактов трутовика окаймленного *Fomitopsis pinicola* в составе полиэтиленовых пленок» // Химия растительного сырья / Е. В. Воробьева. – 2023. – № 2. – С. 143–151.
3. Воробьева, Е. В. Исследование антиокислительных свойств усниновой кислоты и ее реэкстрактов / Е.В. Воробьева, Н. И. Дроздова // Свиридовские чтения: сб. ст. Вып. 19. Минск, 2023. – С. 69–83.