

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ

По определению, антиоксидантами называют вещества, препятствующие процессу окисления или ингибируя 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
Спектрофотометрические методы			
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-сульфоная кислота))	Генерация радикала ABTS ⁺ и его нейтрализация антиоксидантом. Антиоксидант снижает интенсивность окраски раствора	Подходит для водо- и жирорастворимых соединений
1.3	FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)	Восстановление Fe ³⁺ до Fe ²⁺ 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^{2+} до Cu^+ в присутствии антиоксиданта	Универсальный, чувствителен к различным классам соединений
Хемилюминесцентные методы			
2.1	ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity)	Способность антиоксиданта предотвращать окисление флуоресцентного зонда (люминола или флуоресцеина)	Имитация физиологических условий, высокая селективность
Электрохимические методы			
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
Биологические методы			
4.1	Ингибирование 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 на ингибирование 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 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]/\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ обеспечивает прямое определение редокс-свойств соединений, позволяя объективно оценивать их электронодонорную способность и радикал-нейтрализующую 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 резкстрактов / Е.В. Воробьева, Н. И. Дроздова // Свиридовские чтения: сб. ст. Вып. 19. Минск, 2023. – С. 69–83.