

## ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ ТОЧЕК В КАЧЕСТВЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОЙ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ФЛАВОНОИДОВ

Тищенко В. Г.<sup>1</sup>

Научный руководитель – канд. биол. наук, доцент Зайцев В. Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

valeriyati2002@gmail.com

Работа выполнена в рамках темы ВКР «Детекция биологически активных соединений с использованием флюоресцентных зондов».

### Введение

Флавоноиды относятся к классу биологически активных соединений с высоким биофармацевтическим потенциалом, что обуславливает необходимость разработки надёжных методов их аналитической оценки [1]. В настоящее время существующие подходы к определению флавоноидов, как правило, требуют применения дорогостоящего аналитического оборудования и многостадийной пробоподготовки, что существенно ограничивает их использование для визуального экспресс-анализа. В этом контексте высокий интерес представляют методы детекции, основанные на применении наноразмерных флюоресцентных зондов, одним из ярких представителей, которых являются углеродные точки (УТ). УТ – класс углеродосодержащих наноматериалов с характерными размерами менее 10 нм, состоящих из  $sp^2/sp^3$ -гибридизованной углеродной матрицы и функционализированной поверхности, что обуславливает их специфические оптические свойства, благодаря которым УТ являются перспективными для реализации простых аналитических схем для визуальной оценки.

### Основная часть

В данной работе сравнительно исследуется взаимодействие двух разных видов УТ с представителями класса флавоноидов в качестве визуально оцениваемой аналитической системы. Флуоресцентные УТ были получены методом микроволнового синтеза из L-цистеина и лимонной кислоты (*cysCQD*) с синим излучением ( $\lambda_{em}=424$  nm) и из лимонной кислоты и мочевины (*cirCQD*) с зеленым излучением ( $\lambda_{em}=520$  nm) [2]. Анализ морфологии и химического состава полученного наноматериала были осуществлены с помощью просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), динамического рассеяния света (ДРС), ИК-Фурье спектроскопии. Оптические свойства были установлены путем расчета квантового выхода и спектрофлуориметрии. В качестве анализируемых веществ использовались кверцетин, рутин (кверцетин-3-О-рутинозид) и таксифолин (дигидрокверцетин) в концентрациях 0–200  $\mu$ M. Аналитический сигнал, получаемый из соотношения интенсивности флюоресценции УТ на фиксированной длине волны возбуждение портативного UV-фонарика (365 nm), демонстрирует изменение в ответе на увеличение концентрации флавоноидов. Несмотря на незначительное различие структур молекул выбранных аналитов, флюоресценция УТ подавлялась по-разному. При добавлении кверцетина в концентрациях 0-100  $\mu$ M, в рамках визуальной детекции 10-100  $\mu$ M, интенсивность свечения флюоресценции снижалась прямо пропорционально количеству добавляемого аналита, в случае с рутином наблюдался немного отличный, но преимущественно похожий эффект [3]. Тушение, вызываемое таксифолином, значительно слабее, чем тушение, вызываемое

кверцетином или рутином, однако при определенных концентрациях интенсивность флюоресценции начинает вести себя иначе и увеличиваться.

### **Выводы**

В ходе данного исследования продемонстрирована возможность применения углеродных точек, полученных простым микроволновым синтезом и обладающих выраженными оптическими свойствами, в качестве удобной аналитической платформы для экспресс-детекции биологически активных веществ. Для кверцетина, рутина и таксифолина были установлены пределы обнаружения (LOD) 10  $\mu\text{M}$ , 10  $\mu\text{M}$  и 50  $\mu\text{M}$  соответственно. Различия в степени и характере тушения свидетельствуют о специфике межмолекулярных взаимодействий и подтверждают чувствительность УТ к тонким структурным особенностям аналитов.

Таким образом, применение углеродных точек в качестве простого, доступного и визуально интерпретируемого инструмента для экспресс-оценки флавоноидов является перспективным, что может служить основой для разработки портативных аналитических систем контроля качества пищевых и растительных объектов.

### **Литература**

1. Roy A. et al. Flavonoids a bioactive compound from medicinal plants and its therapeutic applications //BioMed research international. – 2022. – Т. 2022. – №. 1. – С. 5445291.
2. Huang Z., Ren L. Large scale synthesis of carbon dots and their applications: a review //Molecules. – 2025. – Т. 30. – №. 4. – С. 774.
3. Sasikumar K., Rajamanikandan R., Ju H. Nitrogen-and sulfur-codoped strong green fluorescent carbon dots for the highly specific quantification of quercetin in food samples //Materials. – 2023. – Т. 16. – №. 24. – С. 7686.