

## Разработка систем детектирования результатов колориметрических тестов с помощью смартфонов

Буркин К.М.<sup>1,2</sup>, Буркин М.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> – Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

<sup>2</sup> – ФГБНУ НИИВС им. И.И. Мечникова

Широкое распространение и использование смартфонов дает возможность создавать простые и дешевые системы регистрации для проведения экспрессных анализов *ex tempore*. Так, например, разработаны мобильные приложения для оценки здоровья, микроскопии на смартфоне, электрохимического зондирования и разнообразных колориметрических анализов.

Для диагностики различных соматических и инфекционных заболеваний, мониторинга загрязнения пищевых продуктов и окружающей среды в настоящее время широко используются иммуноферментные и иммунохроматографические тесты из-за их коммерческой доступности и простоты. Однако громоздкое и дорогостоящее оборудование предполагает выполнение анализа в лабораторных условиях. Для работы в полевых условиях создаются портативные камеры, цифровые цветоанализаторы, сканеры и ридеры, которые, тем не менее, остаются специализированным оборудованием и не всегда удобны в работе на местах взятия образцов.

В данной работе мы исследовали возможность количественной оценки результатов некоторых колориметрических тестов с помощью смартфонов. В качестве первой модели были использованы обычные полоски для измерения pH. Цветовые зоны полосок после обработки буферами с разным pH, анализировали с помощью мобильного приложения для регистрации цветовых кодов «RGB». Шесть моделей смартфонов (Xiaomi, iPhone, Samsung, Huawei, HTC, Samsung Tab) были испытаны для сравнения их свето- и цветодифференцирующей способности. Изменения цвета тест-зоны в зависимости от изменений pH буферов позволило разработать и построить калибровочные кривые для определения уровня pH с точностью до 0.1. Кривые, полученные с помощью разных гаджетов, отличались не более 10%, что позволяло применять единый алгоритм для разных устройств.

Другой моделью служил иммунохроматографический стрип-тест для определения глютенa. Анализ интенсивности цвета полосок, смоченных в растворах с разной концентрацией глютенa, позволил зарегистрировать зависимость изменения цветового кода от концентрации аналита. Таким образом, используя возможности смартфона качественный тест на иммунохроматографических полосках мог проводиться как количественный анализ.

Кроме того, мы разработали метод для регистрации результатов колориметрического и плазмонного ИФА в 96-луночном микропланшете с помощью смартфона. Имитация иммуноферментной реакции достигалась посредством инкубации растворов пероксидазы хрена (1-1000 пкМ) с субстратной смесью содержащей, тетраметилбензидин или золотые наночастицы. Различные цветовые коды продуктов окисления тетраметилбензидина и наночастиц золота были изучены; найден оптимальный цветовой код, который был использован для построения калибровочной кривой. Точность определения аналита с помощью калибровочных кривых превышала 80%-ый уровень.

Таким образом, такие широко распространенные колориметрические системы анализа, как иммуноферментный и иммунохроматографический, позволяют использовать смартфоны для оценки результатов с достаточной точностью. Такое применение смартфонов позволяет заменить планшетные спектрофотометры и сканеры для тест-полосок, предоставляет возможность проводить анализ вне лаборатории, а также является особо актуальным для использования в развивающихся странах.