

УДК 543.05

МИКРОФЛЮИДНЫЕ КОНЦЕНТРАТОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЦЕТОНА В ВЫДЫХАЕМОМ ВОЗДУХЕ

Маргарян А.Э. (Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева), **Новикова Е.А.** (Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева), **Колесниченко И.Н.** (Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева)

Научный руководитель – профессор, доктор технических наук, Платонов И.А.
(Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева)

Введение. Одной из основных задач современной медицины является разработка и развитие методов неинвазивной медицинской диагностики, которые позволили бы осуществлять скрининг заболеваний на ранних стадиях. На сегодняшний день наиболее применимы такие методы неинвазивной диагностики как ультразвуковое исследование, сцинтиграфия, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, рентгенография. В последние десятилетия активно развивается еще одно направление неинвазивной диагностики и терапевтического мониторинга заболеваний – анализ выдыхаемого воздуха [1, 2].

Выдыхаемый воздух представляет собой матрицу, имеющую сложный молекулярный состав, включающий более 3500 компонентов различного происхождения [3]. Состав выдыхаемого воздуха варьируется у каждого человека как количественно, так и качественно в зависимости от клинических показателей, таких как возраст, пол, вес, питание, привычки, употребление лекарств, образ жизни, физическое состояние и наличие различных заболеваний [4, 5]. Некоторые компоненты, содержащиеся в выдыхаемом воздухе, являются селективными и позволяют установить наличие или отсутствие ряда заболеваний. Таким образом, известны различные исследования клинической значимости выдыхаемого ацетона, в которых была отмечена его достоверная связь с уровнем глюкозы в крови [6]. Однако ацетон в выдыхаемом воздухе находится на уровне микропримесей, вследствие чего возникает необходимость предварительного концентрирования пробы.

Основная часть. Одним из самых высокоперспективных способов концентрирования является метод твердофазной микроэкстракции (ТФМЭ) из-за простоты, возобновляемости ресурса работы, возможности реализации в миниатюрных устройствах и ряда других преимуществ. Метод ТФМЭ нашел применение в устройстве микрофлюидных концентраторов. Широкое распространение получили микрофлюидные концентраторы планарного типа со змеевидным каналом, позволяющим ускорить поток пропускаемой газовой смеси, тем самым сокращая время анализа [7].

Процесс изготовления микрофлюидных концентраторов начинается с моделирования и получения с использованием 3D –принтера алюминиевой матрицы, которая применяется в качестве шаблона. После этого изготавливается смесь из двухкомпонентного Силагерма 8040, которой заполняется алюминиевая матрица и оставляется для отвердевания в течение 2 часов. Следующими этапами изготовления микрофлюидных концентраторов являются заполнение канала сорбентом на основе ПЭГ и герметизация.

Полученные системы используются для проведения сорбции и десорбции. Сорбция проводится путем пропуска в динамическом режиме стандартной газовой смеси «ацетон в воздухе» объемом 120 мл, с концентрацией 0,4 мг/л при температуре 0°С через систему, заполненную сорбентом.

Десорбция проводится при температуре 70 °С и 100 °С в динамическом режиме путем пропуска воздуха со скоростью 200 мл/мин в течение 2 сек.

По экспериментальным данным рассчитаны степень извлечения, а также теоретическое и практическое значение коэффициентов концентрирования. Теоретическое значение

коэффициента концентрирования – это максимально возможное значение, определяемое из предположения, что степень извлечения равна 100%.

Выводы. В рамках работы изготовлены экспериментальные образцы микрофлюидных концентраторов на основе ПЭГ и определены характеристики концентрирования ацетона с их использованием.

Показано, что при следующих условиях концентрирования ($T_{\text{сорб}}=0^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{дес}}=100^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{сорб}}=120\text{мл}$, $U_{\text{сорб}}=15\text{ мл/мин}$, $V_{\text{дес}}=6\text{ мл}$, $C_{\text{исх}}=0,04\text{ мг/л}$, $U_{\text{потока}}=200\text{мл/мин}$, $t_{\text{дес}}=2\text{ сек}$) достигнуто максимальное значение коэффициента концентрирования, которое равно 16 при степени извлечения 78%. Полученные данные могут быть использованы для разработки методики определения ацетона в газовых средах во внелабораторных условиях с использованием портативного газового хроматографа.

Список использованных источников:

1. Копылов, Ф.Ю. Перспективы диагностики различных заболеваний по составу выдыхаемого воздуха [Текст] / Ф.Ю. Копылов, А.Л. Сыркин, П.Ш. Чохамидзе и др. // Клиническая медицина. – 2013. – № 10. – 16-21с.
2. Thalakkotur, L.M. Technologies for Clinical Diagnosis Using Expired Human Breath Analysis [Текст] / L.M. Thalakkotur, P. Prabhahari, A. Sukhananazerin [et al.] // Diagnostics. – 2015. – V. 5. – P. 27-60.
3. Popov, T.A. Human exhaled breath analysis [Текст] / T.A. Popov // Ann Allergy Asthma Immunol. – 2011. – V. 106. – P. 451-456.
4. Lawal, O. Exhaled breath analysis: a review of «breath-taking» methods for off-line analysis [Текст] / O. Lawal, W.M. Ahmed, T.M.E. Nijssen [et al.] // Metabolomics. – 2017. – V. 13, № 110. – P. 1-16.
5. Лапицкий, Д.В. Возможности анализа газов выдыхаемого воздуха в клинической практике [Текст] / Д.В. Лапицкий, И.А. Маничев, В.Г. Щербицкий // Медицинская панорама. – 2009. – № 12. – С. 45-46.
6. Степанов, Е.В. Методы высокочувствительного газового анализа молекул-биомаркеров в исследованиях выдыхаемого воздуха [Текст] / Е.В. Степанов // Труды института общей физики им. А.М. Прохорова. – 2005. – Т. 61. – С. 1-47.
7. Москвин, Л.Н. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии [Текст] / Л.Н. Москвин, О.В. Родинков // Интеллект. – Долгопрудный, 2011. – 352 с.