

УДК 543.55

БЕСКОНТАКТНЫЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СЕНСОР ДЛЯ ОЦЕНКИ СВЕЖЕСТИ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ И ФАЛЬСИФИКАЦИИ МОЛОКА

Чулкова М.Ю.¹, Юськина Е.А.¹

Научный руководитель – доктор химических наук, Кирсанов Д.О.^{1,2}

¹СПбГУ, ²Университет ИТМО

chlkvm@mail.ru

Введение

Системный контроль качества пищевых продуктов, в том числе молока, важен для защиты здоровья населения и обеспечения безопасности продуктов питания. Для поддержания высокого качества молочных продуктов особую значимость приобретают методы экспресс-анализа и неразрушающего контроля, позволяющие проводить оценку качества продукта без нарушения целостности упаковки. В связи с этим востребована разработка высокочувствительных, стабильных, экономически эффективных и удобных в применении приборов, предназначенных для оперативного выявления признаков порчи продукта и фальсификации состава. Поскольку порча молока чаще всего обусловлена размножением бактерий, то для индикации процессов порчи используют датчики, регистрирующие метаболическую активность микроорганизмов. К таким системам относятся рН-датчики, импедансные и люминесцентные сенсоры [1]. Наряду с мониторингом микробиологической активности для обнаружения фальсификации пищевых продуктов были разработаны сенсоры, измеряющие диэлектрические свойства молока [2].

Основная часть

В данной работе представлен простой и недорогой сенсор для оценки свежести молока и обнаружения различных фальсифицирующих добавок (вода, примеси неорганических солей). Устройство основано на принципах высокочастотной бесконтактной кондуктометрии. Сенсор состоит из трех компонент: генератора переменного тока (2-112 МГц), катушки индуктивности и приемника [3]. Когда образец в пробирке помещается в катушку индуктивности, он становится ее сердечником и изменяет ток, протекающий через катушку. Сигнал зависит от диэлектрической проницаемости, проводимости, ёмкостных характеристик и магнитных свойств образца. Полученные спектры обрабатываются методами хемометрики для извлечения качественной и количественной информации об образцах.

Выводы

К настоящему времени были получены отклики сенсора в образцах молока торговой марки «Вкусвилл» с процентом жирности 2.5% в процессе хранения в течение 5 суток при 20°C. Параллельно проводилось измерение рН образцов методом потенциометрии. На второй день хранения наблюдалось резкое снижение рН, свидетельствующее о повышении кислотности среды и начале порчи продукта, что сопровождалось одновременным уменьшением сигнала сенсора.

Для подтверждения гипотезы о возможности использования сенсора для оценки свежести молока был применен метод главных компонент (МГК) для визуализации откликов сенсора, полученных в течение всех дней эксперимента. Так, на графике счетов можно было выделить два кластера: образцы молока, которые были измерены в первый и второй дни эксперимента отделялись от образцов молока, которые были измерены в третий и последующие дни.

Кроме того, была исследована применимость сенсора для выявления фальсификации молока. Были зарегистрированы отклики сенсора в образцах козьего молока с добавлением коровьего в диапазоне от 0 до 100%. Коэффициент детерминации (R^2) полученной модели для выявления примеси коровьего молока в козьем составил 0.84, а ошибка определения (RMSECV) составила 14%.

Литература

1. Arshak Poghossian, Hanno Geissler, Michael J. Schöning Rapid methods and sensors for milk quality monitoring and spoilage detection // Biosensors and Bioelectronics. - 2019. - №140

2. Nitika, Jaswinder Kaur, Rajesh Khanna Novel monkey-wrench-shaped microstrip patch sensor for food evaluation and analysis // Journal of the Science of Food and Agriculture. - 2022. - №4. - С. 1443-1456. DOI 10.1002/jsfa.11478

3. Yuskina E., Makarov N., Khaydukova M., Filatenkova T., Shamova O., Semenov V., Panchuk V., Kirsanov D. A Simple Contactless High-Frequency Electromagnetic Sensor: Proof of Concept // Anal. Chem. – 2022. – V. 94. – P. 11978–11982. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.2c02067>.