

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА КОНТРОЛЯ ПОРЧИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

А.И. Кин, С.А. Лисаков, А.Ю. Сидоренко, Е.В. Сыпин

*Бийский технологический институт, г. Бийск*

Проведено исследование по определению исходных данных для оптико-электронного прибора контроля порчи продуктов питания. Проведен анализ известных методов для исследований, направленных на контроль порчи продуктов питания, выявлены их достоинства и недостатки. В результате анализа выбран метод газового анализа для контроля порчи продуктов питания. На основе результатов анализа сформулированы требования к разрабатываемому прибору: определение степени испорченности (или свежести) продуктов питания путем классификации его состояния: высокое быстродействие, не более 5 секунд; портативность, габаритные размеры не более 100х65х25 мм; бесконтактный неразрушающий контроль. Определены продукты питания для их контроля свежести: мясные изделия, молочные продукты, рыба, яйца, фрукты. Для выбранных продуктов питания проведен анализ, направленный на выявление газов, возникающих при процессе их порчи. На основе анализа определены основные газы, возникающие при процессе порчи продуктов питания: аммиак  $\text{NH}_3$ , сероводород  $\text{H}_2\text{S}$ , спиртовые пары и углеводороды. Для выделенных газов определены спектральные диапазоны с максимальным коэффициентом поглощения. Разработана структурная схема разрабатываемого оптико-электронного прибора контроля порчи продуктов питания.

*Ключевые слова: прибор контроля, продукты питания, качество, оптико-электронный датчик*

## ВВЕДЕНИЕ

Контроль состояния продуктов питания является одной из приоритетных задач, поскольку потребление испорченных продуктов может стать причиной отравления, возникновения заболеваний, опасных для здоровья [1].

Известные методы и приборы контроля порчи продуктов предназначены для использования в лабораторных условиях, для выполнения анализа требуется значительное время (порядка 3-10 мин.) и анализ является трудоемким, но методы являются достаточно информативными и точными [2].

Контроль состояния продуктов питания может выполняться путем обнаружения наличия характерных газов, выделяющихся в результате жизнедеятельности микроорганизмов. Для контроля совокупности газов выделяющихся при порче продуктов используются приборы на базе метода газового анализа, способные оперативно принимать решение о состоянии продукта [3].

Существует необходимость в разработке прибора для применения в бытовых условиях, для которого важно, чтобы он простым в использовании, портативным, и быстродействующим (десятки секунд), однако требования по информативности могут быть снижены [2].

Использование портативного устройства для определения испорченности пищевых продуктов позволит потребителям определять степень свежести продуктов непосредственно перед покупкой, если они не упакованы в герметичную упаковку, а также в процессе их хранения и транспортировки [2].

Для разработки портативного устройства определения порчи продуктов питания необходимо провести исследование, направленное на определение исходных данных, связанное с выбором контролируемых параметров.

В связи с этим целью данной работы является определение исходных данных для оптико-электронного прибора контроля порчи продуктов питания.

Задачами данной работы являются:

- провести анализ известных методов для контроля порчи продуктов питания. По результату анализа сформулировать технические требования к разрабатываемому прибору;
- провести анализ контролируемых параметров. В результате анализа выбрать контролируемые продукты и газы;
- разработать структурную схему прибора.

## АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНТРОЛЯ ПОРЧИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

К известным методам контроля качества продуктов питания относятся [4-6]:

- органолептический метод;
- микробиологический метод;
- физико-химические методы;
- методы газового анализа.

Органолептический метод контроля качества пищевой продукции выполняется с участием человека (оценка качества по цвету, запаху, вкусу) и не требует использования оборудования, однако данный метод имеет существенные недостатки в виде субъективизма оценки, невозможности рутинного контроля, уста-

лости и стресса человека, необходимости дополнительного обучения персонала [6].

Микробиологические и физико-химические методы контроля качества продуктов обладают высокой точностью, информативностью, а также могут определить количественный и качественный состав пищевых продуктов [4]. Однако для реализации микробиологического и физико-химических методов необходимо использование сложного и дорогостоящего лабораторного оборудования, и персонала, обладающего необходимой квалификацией [5]. В процессе исследования пищевого продукта на наличие вредных бактерий микробиологическому и физико-химическим методам необходимо проведение предварительной обработки исследуемого пищевого продукта, т.е. используется разрушающий контроль [4,5].

Использование метода газового анализа позволяет снизить трудоемкость проведения анализа за счет исключения использования лабораторного оборудования. Для приборов газового анализа характерны следующие достоинства: простота в использовании, высокая чувствительность и быстрое действие при определении концентраций газов, возникающих в процессе порчи продуктов питания [6]. Метод газового анализа предполагает обеспечение неразрушающего бесконтактного контроля пищевой продукции без её предварительной подготовки [6].

В отличие от микробиологического и физико-химических методов контроля порчи продуктов питания, метод газового анализа не обладает высокой информативностью. Недостатками датчиков используемых в настоящее время в приборах газового анализа является невысокая селективность, дрейф нуля, влияние окружающей среды. Устранение рассмотренных недостатков ведется по пути совершенствования конструкции датчиков, алгоритмов обработки информации, использование датчиков на другом принципе действия (например, оптических).

Разрабатываемый прибор предполагается применять в бытовых условиях, следовательно, его построение будет выполняться на базе метода газового анализа, исходя из его преимуществ.

На основе проведенного анализа известных методов контроля [4-6], сформированы требования к разрабатываемому прибору:

- определение степени испорченности (или свежести) продуктов питания путем классификации его состояния;
- высокое быстродействие, не более 5 секунд;
- портативность, габаритные размеры не более 100x65x25 мм;
- бесконтактный неразрушающий контроль.

### ВЫБОР КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРИБОРА КОНТРОЛЯ ПОРЧИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Разрабатываемый прибор контроля порчи продуктов питания предназначен для контроля состояния скоропортящихся и особо скоропортящихся продуктов, т.е. продуктов, которые не подлежат хранению без холода и предназначены для краткосрочной реализации [7]. К таким продуктам относятся: молочные продукты, рыба, мясные изделия, фрукты и овощи, яйца [7].

Для выявления газов, возникающих в процессе порчи рассматриваемых продуктов питания, проведен анализ литературы [8-14].

В результате анализа составлена таблица газов (табл. 1), возникающих в скоропортящихся и особо скоропортящихся продуктах в процессе их порчи.

Табл. 1. Газы и пары, возникающие при порче скоропортящихся и особо скоропортящихся продуктов питания

Контролируемые газы	Название продукта				
	Мясо	Рыба	Молочные продукты	Фрукты и овощи	Яйца
Спирты					
Этанол, C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	+	+	+	+	+
Гексанол, C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	+	-	-	-	-
Метанол, CH <sub>3</sub> OH	-	-	-	+	-
Пропанол, C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	-	-	+	-	-
Бутанол, C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	-	-	+	-	-
Бутандиол, C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	-	-	+	+	-
Соединения на основе серы					
Сероводород, H <sub>2</sub> S	+	+	+	+	+
Оксид серы, SO <sub>2</sub>	+	+	+	+	+
Диметилсульфид, C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> S	-	-	-	+	-
Углеводороды					
Метан, CH <sub>4</sub>	+	-	+	+	+
Пропан, C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	+	-	+	+	-
Бензол, C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	-	+	+	+	+
Толуол, C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	-	+	+	+	+
Соединения на основе азота					
Триметиламин,	+	-	-	-	-
Метиламин, CH <sub>3</sub> N	+	-	-	-	-
Диметиламин, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH	+	-	-	-	-
Аммиак, NH <sub>3</sub>	+	+	+	-	+
Оксид азота, NO <sub>2</sub>	-	-	+	+	-
Другие					
Моноксид углерода, CO	-	-	+	+	-
Диоксид углерода, CO <sub>2</sub>	+	-	-	+	-

Установлено, что основными газами, возникающими при процессе порчи продуктов питания, явля-

ются: соединения на основе азота, соединения на основе серы, спиртовые пары и углеводороды.

### СТРУКТУРНАЯ СХЕМА РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ПРИБОРА

Для контроля свежести продуктов питания используются: электрохимические датчики [15], полупроводниковые [16] и опико-электронные датчики [17].

Электрохимические и полупроводниковые датчики обладают высокой эффективностью, надежностью, чувствительностью и небольшой стоимостью [15,16,18,19], однако у обоих типов датчиков имеется контакт между газовой средой и чувствительным элементом.

Опико-электронные датчики работают по принципу поглощения инфракрасного излучения газом и исключают контакт между газовой средой и чувствительным элементом, за счет того, что излучатель и фотоприемник защищены прозрачными окнами из химически стойкого стекла [17, 20].

На работу опико-электронных датчиков не влияют концентрационные перегрузки газов, в отличие от электрохимических и полупроводниковых датчиков, для которых концентрационная перегрузка приводит к невозможности проведения измерений [20].

Помимо приведенных выше опико-электронные датчики обладают следующими достоинствами по сравнению с электрохимическими и полупроводниковыми [17, 19]:

- повышенная селективность (исключение влияния одного газа на другой за счет разного спектра);
- снижение дрейфа нуля;
- высокое быстродействие;
- большой срок службы – более 10 лет;
- устойчивость к вибрациям и помехам.

Таким образом, в составе прибора для контроля порчи продуктов питания решено использовать опико-электронные датчики для измерения концентраций газов.

В соответствии с выбранным методом газового анализа с использованием опико-электронных датчиков разработана структурная схема прибора контроля порчи продуктов питания (рис. 1).

Прибор содержит совокупность опико-электронных датчиков газа, газовую кювету, блоки обработки и передачи данных и драйвер светодиодов.

В составе опико-электронных датчиков (ОЭД<sub>1</sub>-ОЭД<sub>3</sub>), для уменьшения габаритных размеров прибора, используются: ИК-светодиоды (С<sub>1</sub>-С<sub>3</sub>) в качестве источников излучения, фотодиоды (Ф<sub>1</sub>-Ф<sub>3</sub>) – как приемники излучения. Перед фотодиодами (Ф<sub>1</sub>-Ф<sub>3</sub>) устанавливаются светофильтры (СФ<sub>1</sub>-СФ<sub>3</sub>) для выделения спектральных диапазонов, определенных в таблице 2. Преобразователи ток-напряжение выполнены на базе операционных усилителей (ОУ).

Принцип работы опико-электронного прибора контроля порчи продуктов питания следующий:

Прибор управляется со смартфона посредством программного обеспечения, используемого в смартфоне. Обмен данными между смартфоном и прибором выполняется посредством интерфейса Bluetooth. Программное обеспечение позволяет выбрать контролируемый продукт (мясо, рыба и т.д.). После выбора контролируемого продукта, со смартфона посылается управляющее воздействие активирующее прибор. Затем прибор выполняет запуск драйвера светодиодов, которые обеспечивают требуемые параметры питания светодиодов.

Затем происходит заполнение газом газовой кюветы, располагающейся между источником и приемником излучения. Заполнение осуществляется с помощью микрокомпрессора. Принятый сигнал с приемников излучения поступает на блок преобразования, состоящий из преобразователей ток-напряжение (ПТН).

В результате, сигналы с ПТН поступают на блок обработки данных прибора, где рассчитываются коэффициенты поглощения по каждому ОЭД с заданной полосой пропускания длин волн. Полученные данные, с помощью блока передачи данных, передаются в смартфон.

В результате обработки принятых данных о концентрациях газов посредством программного обеспечения принимается решение о степени свежести продукта.

Каждый опико-электронный датчик прибора обладает своим спектральным диапазоном контроля. Для каждого газа определены спектральные диапазоны с учетом спектральных полос поглощения излучения молекулами газов, которые показаны на рис. 2.

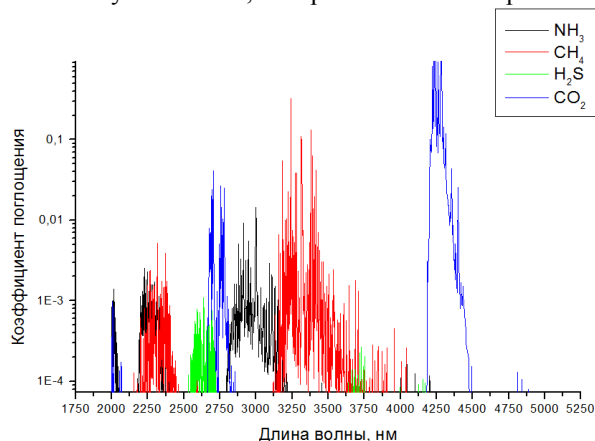


Рис. 2. Спектры поглощения для аммиака, метана, сероводорода и диоксида углерода

Все газы разделены на три спектральных диапазона, в соответствии с характером спектрального поглощения контролируемых газов. Спектральные диапазоны контроля газов отображены в таблице 2.

Табл. 2 – Спектральные диапазоны контроля газов

№ датчика	1	2	3
Диапазон контроля	2,85-3,15 мкм	3,2-3,6 мкм	3,7-4,5 мкм
NH <sub>3</sub>	2,9-3	–	–
Спирты	–	3,3-3,5	–
CH <sub>4</sub>	–	3,3	–
C <sub>3</sub> H <sub>9</sub> N	–	3,5	–
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	–	3,3	–
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> S <sub>2</sub>	–	3,4	–
NO <sub>2</sub>	–	3,4	–
H <sub>2</sub> S	–	–	3,7-4
SO <sub>2</sub>	–	–	4
CO <sub>2</sub>	–	–	4,2

Таким образом, в составе разрабатываемого оптико-электронного прибора для контроля порчи продуктов питания будет находиться 3 оптических датчика, у каждого из которых определен спектральный диапазон: для первого ОЭД – 2,85-3,15 мкм, для второго ОЭД – 3,2-3,6 мкм, для третьего ОЭД – 3,7-4,5 мкм.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе определены исходные данные для разработки оптико-электронного прибора контроля порчи продуктов питания.

Проведен анализ известных методов для контроля порчи продуктов питания. Проанализированы четыре метода: органолептический, микробиологический, спектральный, метод газового анализа. Выбран метод газового анализа для контроля порчи продуктов питания, способный обеспечивать бесконтактный неразрушающий контроль, снижать трудоемкость процесса, обеспечивать высокие быстродействие и чувствительность.

Сформированы требования к разрабатываемому прибору: определение степени испорченности (или свежести) продуктов питания путем классификации его состояния; высокое быстродействие, не более 5 секунд; портативность, габаритные размеры не более 100x65x25 мм; бесконтактный неразрушающий контроль.

Выбраны контролируемые параметры для разрабатываемого оптико-электронного прибора: спиртовые соединения, соединения на основе азота, соединения на основе серы и углеводороды. Для контролируемых параметров определены спектральные диапазоны контроля.

Разработана структурная схема оптико-электронного прибора, состоящая из 3 ОЭД концентрации газа, для каждого из которых определен рабочий спектральный диапазон: для первого ОЭД – 2,85-3,15 мкм, для второго ОЭД – 3,2-3,6 мкм, для третьего ОЭД – 3,7-4,5 мкм.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (программа «УМНИК», контракт 12960ГУ/2018).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hasin A., Hasan S. «Modern Applications of Electronic Nose: A Review», International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), Vol. 3, No.1, pp. 52-63, February 2013.
2. Разработка портативного оптико-электронного прибора контроля порчи продуктов питания [Электронный ресурс]. Режим доступа – <http://umnik.fasie.ru/entry/47111/>
3. Kea-Tiong Tang, Shih-Wen Chiu, Chih-Heng Pan, Hung-Yi Hsieh, Yao-Sheng Liang, Ssu-Chieh Liu «Development of a Portable Electronic Nose System for the Detection and Classification of Fruity Odors», Sensors 2010, Vol. 10, No. 1, pp 9179-9193, October 2010.
4. Подлегаева Т.В. Методы исследования свойств сырья и продуктов питания. Учебное пособие / Т.В. Подлегаева, А.Ю. Просеков. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2004. – 101 с.
5. Базарнова Ю.Г. Методы исследования сырья и готовой продукции. Учебно-методическое пособие/ Ю.Г. Базарнова. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 76 с.
6. Balasubramanian S., Amamcharla J., Panigrahi S., Logue C.M., Marchello M, Sherwood J. «Investigation of Different Gas Sensor-Based Artificial Olfactory Systems for Screening Salmonella typhimurium Contamination in Beef», Food and Bioprocess Technology, Vol. 5, No. 4, pp 1206–1219, May 2012.
7. СанПиН 2.3.2 1324-03. Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов. – Введ 2003-05-22. – М.: Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2003, 20 с.
8. Matindoost S., Baghaei-Nejad M., Shahrokh Abadi M.H., Zhuo Zou, Li-Rong Zheng "Food quality and safety monitoring using gas sensor array in intelligent packaging", Sensor Review, Vol. 36, No. 2, pp.169-183, October 2015.
9. Ramirez H, Soriano A., Gomez S., Iranzo J.U., Briones A. «Evaluation of the Food Sniffer electronic nose for assessing the shelf life of fresh pork meat compared to physicochemical measurements of meat quality», European Food Research and Technology, Vol 244, No. 6, pp 1047-1055, June 2018.
10. Panigrahi S., Balasubramanian S., Gua H., Logueb C., Marchello M. «Neural-network-integrated electronic nose system for identification of spoiled beef», LWT - Food Science and Technology, Vol. 39, No. 2, pp 135-145, March 2006.
11. El Barbri N., Llobet E., El Bari N., Correig X., Bouchikhi B., «Application of a portable electronic nose system to assess the freshness of Moroccan sardines» Materials Science and Engineering, Vol. 28, No. 5, pp. 666-670, July 2008.
12. Mohebi E., Marquez L. «Intelligent packaging in meat industry: An overview of existing solutions», Journal of Food Science and Technology, Volume 52, No. 7, pp 3947–3964, July 2015.
13. Bourrounet B., Talou T., Gaset A. «Application of a multi-gas-sensor device in the meat industry for boar-taint detection», Sensors and Actuators B: Chemical, Vol. 27, No. 1-3, pp. 250-254, June 1995.
14. Funazaki N, Hemmi A., Ito S., Asano Y, Yano Y., Miura N., Yamazoe N. «Application of semiconductor gas sensor to quality control of meat freshness in food industry», Sensors and Actuators B: Chemical, Vol. 25, No. 1-3, Pages 797-800, April 1995.
15. Watson J.; Tanner D. «Applications of the Taguchi gas sensor to alarms for inflammable gases», Radio and Electronic Engineering, Vol. 44, No. 2, February 1974
16. Optical Sensors for Food and Beverage Industries [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.presens.de/industries/food-beverage.html>
17. ИюффеЛЕД. Производство свето- и фотодиодов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ioffeled.com/>

18. Афанасьев Д. С. Аналитический обзор датчиков летучих веществ для интернета вещей / Д. С. Афанасьев, Е. А. Бардакова, Д. С. Быстрыков//Информационные технологии и телекоммуникации. –2016. – № 4. – С. 1-12.

19. Wilson D., Baietto M. «Applications and Advances in Electronic-Nose Technologies», Sensors 2009, Vol. 9, No. 7, pp. 5099-5148, June 2009.

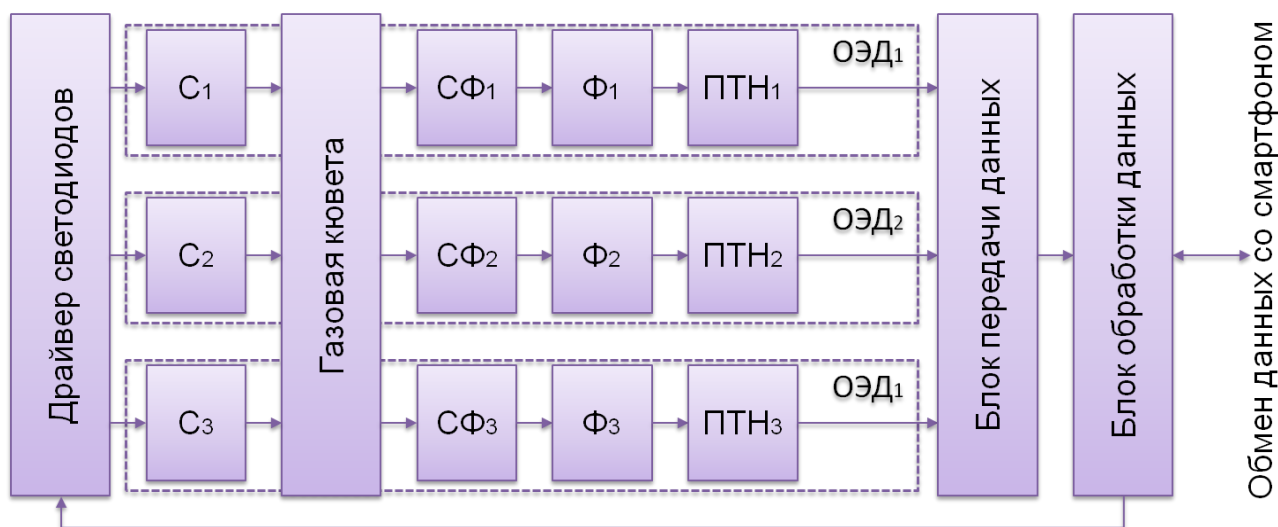
20. Системы контроля оптического типа [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – <http://www.energycenter.ru/article/815/33/2/>

Кин Андрей Игоревич – магистрант кафедры методов и средств измерений и автоматизации, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ, тел. (3854) 432450, e-mail: kin.andrew@mail.ru.

Лисаков Сергей Анатольевич – инженер кафедры методов и средств измерений и автоматизации, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ, тел. (3854) 432450, e-mail: foxlsa@mail.ru.

Сидоренко Алексей Юрьевич – магистрант кафедры методов и средств измерений и автоматизации, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ, тел. (3854) 432450, e-mail: sidorenko.alexey94@yandex.ru

Сытин Евгений Викторович – к.т.н., доцент, доцент кафедры методов и средств измерений и автоматизации, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ, тел. (3854)432450, e-mail: sev@bti.secna.ru



C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub> – ИК светодиоды, CФ<sub>1</sub>-CФ<sub>3</sub> – светофильтры, Ф<sub>1</sub>-Ф<sub>3</sub> – фотодиоды, ПТН<sub>1</sub>-ПТН<sub>3</sub> – преобразователи ток-напряжение, ОЭД<sub>1</sub>-ОЭД<sub>3</sub> – оптико-электронные датчики

Рис. 2. Структурная схема разрабатываемого оптико-электронного прибора контроля порчи продуктов питания

# DETERMINATION OF INITIAL DATA FOR THE ELECTRO-OPTICAL SYSTEM OF THE CONTROL THE FRESHNESS OF FOOD

A.I. Kin, S.A. Lisakov, A. Yu. Sidorenko, E.V. Sypin

*Biysk Technological Institute, Biysk*

Determination of initial data for the electro-optical system of the control the freshness of food was been conducted. Analysis of methods for determining control the freshness of food showed that use of the gas analysis method is optimal because of their advantages, such as low labour intensity, high speed, and non-contact non-destructive control. Requirements for the device was forming. Requirements include determination of the degree of freshness of food products by classifying its state; high speed (a maximum of 5 second), dimensions (a maximum of 100x65x25 mm), and non-contact non-destructive control. Foods for freshness control was determined. Freshness control include meat, milk and dairy, fish, egg, and fruit. Gases arising from food spoilage was determined. Food spoilage gases include hydrogen sulphide, ammonia, alcohol, and hydrocarbons. The spectral ranges with the maximum absorption coefficient for food spoilage gases are define. Structural diagram of the electro-optical system of the control the freshness of food was been developed.

*Index Items: control, initial data, electro-optical sensor, block schematic diagram*

## REFERENCES

1. Hasin A., Hasan S. «Modern Applications of Electronic Nose: A Review», International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), Vol. 3, No.1, pp. 52-63, February 2013.
2. Kea-Tiong Tang, Shih-Wen Chiu, Chih-Heng Pan, Hung-Yi Hsieh, Yao-Sheng Liang, Ssu-Chieh Liu «Development of a Portable Electronic Nose System for the Detection and Classification of Fruity Odors», Sensors 2010, Vol. 10, No. 1, pp 9179-9193, October 2010.
3. Development of a portable the electro-optical system of the control the freshness of food. – The access mode. – <http://umnik.fasie.ru/entry/47111/>
4. Podlegaeva T.V. Metody issledovaniya svoystv syr'ya i produktov pitaniya. Uchebnoe posobie. (Methods for studying the properties of raw materials and food. Tutorial) / T.V. Podlegaeva, A. Yu. Prosekov, Kemerovo Technological Institute of Food Industry, 2004, 101p. (In Russian)
5. Bazarnova YU.G. Metody issledovaniya syr'ya i gotovoj produkcii. Uchebno-metodicheskoe posobie (Methods of researching raw materials and finished products.) / YU.G. Bazarnova, Saint Petersburg, NIU ITMO; IHiBT, 2013, 76p. (in Russian)
6. Balasubramanian S., Amamcharla J., Panigrahi S., Logue C.M. «Investigation of Different Gas Sensor-Based Artificial Olfactory Systems for Screening Salmonella typhimurium Contamination in Beef», Food and Bioprocess Technology, Vol. 5, No. 4, pp 1206–1219, May 2012.
7. Hygienic requirements for shelf life and food storage conditions, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia, 2003.
8. Matindoost S., Baghaei-Nejad M., Shahrokh Abadi M.H., Zhuo Zou, Li-Rong Zheng "Food quality and safety monitoring using gas sensor array in intelligent packaging", Sensor Review, Vol. 36, No. 2, pp.169-183, October 2015.
9. Ramirez H, Soriano A., Gomez S., Iranzo J.U. «Evaluation of the Food Sniffer electronic nose for assessing the shelf life of fresh pork meat compared to physicochemical measurements of meat quality», European Food Research and Technology, Vol 244, No. 6, pp 1047-1055, June 2018.
10. Panigrahi S., Balasubramanian S., Gua H., Logue C., Marchello M. «Neural-network-integrated electronic nose system for identification of spoiled beef», LWT - Food Science and Technology, Vol. 39, No. 2, pp 135-145, March 2006.
11. El Barbri N., Llobet E., El Bari N., Correig X., Bouchikhi B., «Application of a portable electronic nose system to assess the freshness of Moroccan sardines» Materials Science and Engineering, Vol. 28, No. 5, pp. 666-670, July 2008.
12. Mohebi E., Marquez L. «Intelligent packaging in meat industry: An overview of existing solutions», Journal of Food Science and Technology, Volume 52, No. 7, pp 3947–3964, July 2015.
13. Bourrounet B., Talou T., Gaset A. "Application of a multi-gas-sensor device in the meat industry for boar-taint detection", Sensors and Actuators B: Chemical, Vol. 27, No. 1-3, pp. 250-254, June 1995.
14. Funazaki N, Hemmi A., Ito S., Asano Y, Yano Y., Miura N., Yamazoe N. "Application of semiconductor gas sensor to quality control of meat freshness in food industry", Sensors and Actuators B: Chemical, Vol. 25, No. 1-3, Pages 797-800, April 1995.
15. Watson J.; Tanner D. "Applications of the Taguchi gas sensor", Radio and Electronic Engineering, Vol. 44, No. 2, February 1974
16. Optical Sensors for Food and Beverage Industries. – The access mode. – <https://www.presens.de/industries/food-beverage.html>
17. IOFFELED – The access mode. – <http://www.ioffeled.com/>
18. Afanas'ev D. S. Analiticheskij obzor datchikov letuchih veshchestv dlya interneta veshchej (Analytical overview of volatile matter sensors for the Internet of things) / D. S. Afanas'ev, E. A. Bardakova, D. S. Bystryakov,
19. Wilson D. «Applications and Advances in Electronic-Nose Technologies», Sensors 2009, Vol. 9, No. 7, pp. 5099-5148, June 2009.
20. Optical control system. – The access mode. – <http://www.energycenter.ru/article/815/33/2/>

*Kin Andrew Igorevich – master student, Biysk Technological Institute, (3854)432450, e-mail: kin.andrew@mail.ru*

*Lisakov Sergey Anatolievich – engineer at the chair of methods and means of measuring and automation, Biysk Technological Institute, (3854)432450, e-mail: foxlsa@mail.ru*

*Sidorenko Alexey Yurevich – master student, Biysk Technological Institute, (3854)432450, e-mail: sidorenko.alexey94@yandex.ru*

*Sypin Eugene Victorovich – associate professor at the char of methods and means of measurement and automation, Biysk Technological Institute, (3854)432450, e-mail: sev@bti.secna.ru*