

**ПРИЛОЖЕНИЕ НА МУЛТИСЕНЗОРНА СИСТЕМА ЗА СЪБИРАНЕ  
НА ДАННИ ЗА ПРОЦЕСА НА ЗРЕЕНЕ НА СИРЕНЕ****Тодор Тодоров<sup>1</sup>, Елена Монова<sup>1</sup>, Стефан Иванов<sup>1</sup>**<sup>1</sup>*Технически университет - Габрово***APPLICATION OF A MULTISENSOR SYSTEM FOR DATA  
ACQUISITION OF CHEESE MATURING PROCESS****Todor Todorov<sup>1</sup>, Elena Monova<sup>1</sup>, Stefan Ivanov<sup>1</sup>**<sup>1</sup>*Technical University of Gabrovo***Abstract**

*In the present work, the use of a multi-sensor system for collecting data on the cheese aging process is presented. The multi-sensor system uses an array of eight gas sensors that are sensitive to different types of gases. On the basis of the multi-sensor system, a measuring installation was created, which allows the measured data to be stored on a computer, with the help of a program specially developed for the purpose.*

**Keywords:** multi sensor system, gas sensors, cheese maturing.

**ВЪВЕДЕНИЕ**

През последните години все повече зачестява използването на газови сензори, което е свързано с постоянния напредък в производствената сфера, както и в разработването на нови техники за обработка и класификация на данни. Сред основните приложения на газовите сензори е използването им в областта на мониторинга на качеството на въздуха, в това число и на открито, и в закрити помещения [1]. Много често обаче газовите сензори се използват и при контрол на качеството на различни видове храни.

Широко разпространена е практиката за използване на измервателни модули, базирани на газови сензори, т.к. от една страна те позволяват извършването на бързи измервания, а от друга са сравнително евтини [2]. Много често се налага и използването на повече от един газов сензор, т.к. не винаги един е достатъчен

за идентифициране на вредните елементи.

При определяне качеството на хранителни продукти обикновено се използват визуални, вкусови, обонятелни и други методи, като окачествяването се извършва от т.нар. дегустатори. Това определя тези методи до голяма степен като субективни. Вземайки това под внимание и добавяйки времето, необходимо за окачествяването на даден хранителен продукт, може да се каже, че тези методи са доста трудоемки, а също така и недостатъчно надеждни.

За всички потребители е важно да получават обективна и точна оценка на храните, които купуват, както и гаранция, че те са произведени от посочените продукти и че съхранението им е извършено правилно. Друга особеност при окачествяването на хранителни продукти е откриването на различни видове замърсявания, както на самите продукти,

така и на суровините, които са използвани за тяхното производство. Това всъщност означава, че са необходими начини за окачествяване както на текущото състояние на храните, така и определяне на изменението на състоянието им по време на съхранение.

Тези изисквания водят до търсене на методи за бърза оценка на качеството на продукта като един от вариантите за това е използването на набор от газови сензори, обединени в т. нар. "Електронен нос". „Електронният нос“ дава възможност за бързо определяне на качеството на продуктите с голяма точност, обективност и производителност [3]. Чрез използването на газови сензори има възможност да бъдат тествани хранителни продукти както в течно, така и в твърдо състояние. Те са подходящи за откриване на разлики в млякото, разрежено с различни количества вода [4], за откриване на млечни продукти, заразени с *Escherichia coli* [5] и др. Извършени са и изследвания на замърсено овче мляко с токсини [6], които са канцерогенни и изключително опасни за човешкото здраве.

Тези изследвания показват възможността даден хранителен продукт да бъде окачествен и класифициран с помощта на информация, получена от газовите сензори.

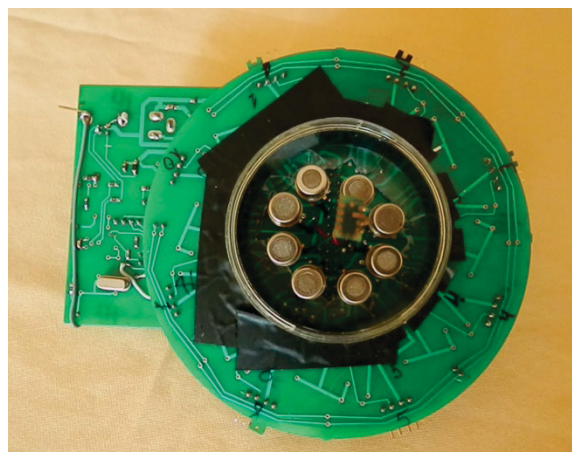
Целта на тази статия е да представи резултатите от изследването на краве сирене в различни етапи на зреене, получени чрез сензорен модул, съдържащ осем газови сензора. Събраните данни могат да се използват при окачествяване на сирене според етапа му на зреене, което може да се прилага успешно за контрол на хранителни продукти от този тип.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

За определяне на газовия отпечатък на хранителен продукт от тип „краве сирене“, е използван сензорен модул на базата на металоокисни газови сензори (фиг. 1).

Сензорният модул е изграден от един захранващ блок и осем газови сензора,

реагиращи на широк спектър от различни видове газ.



Фиг. 1. Вид на газовия сензорен модул

Сензорният модул е реализиран на една обща платка. Електронните компоненти са разположени от горната страна на платката. Газовите сензори са закрепени в долната страна и са оформени в кръг възможно най-близо един до друг (фиг.1). Това е направено с цел да се осигури равнопоставен достъп на всеки един от газовите сензори до анализирания газове.

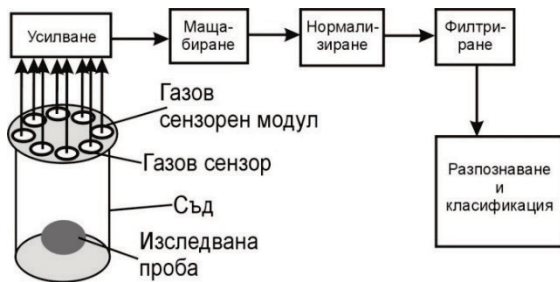
В табл. 1 са представени типовете на сензорите и измервания от тях газ, съответстващи на съответната номерация върху сензорния блок.

Таблица 1 Чувствителност на сензорите към съответните газове

Номерация на сензора	Газове, към които са чувствителни сензорите
Сензор 1	CH <sub>4</sub> , CO, H <sub>2</sub>
Сензор 2	NH <sub>3</sub> и H <sub>2</sub>
Сензор 3	NO <sub>2</sub> и O <sub>3</sub>
Сензор 4	NO <sub>2</sub>
Сензор 5	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH, CO, H <sub>2</sub>
Сензор 6	CO, H <sub>2</sub> , C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
Сензор 7	CH
Сензор 8	CO, H <sub>2</sub>

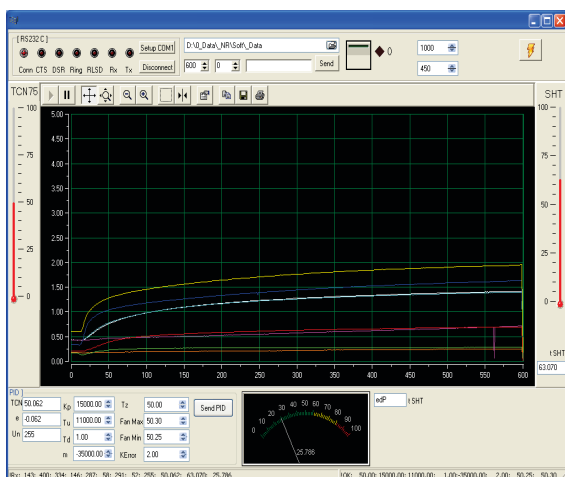
Електронният блок, с помощта на който се извличат данните от сензорния модул, има за цел усилване, мащабиране, нормализиране и филтриране на сигналите от отделните сензори (фиг.2). След получаване на данните, те се предават

към персонален компютър за съхранение и класификация.



Фиг. 2. Структура на системата „електронен нос”

За четене и съхраняване на данните от страна на компютъра е разработена програма за работа в среда на Windows. Програмата позволява с помощта на команди да се реализира събиране, съхранение и визуализация на получената информация (фиг. 3).



Фиг. 3. Визуализиране на резултатите от измерванията в мултисензорната система

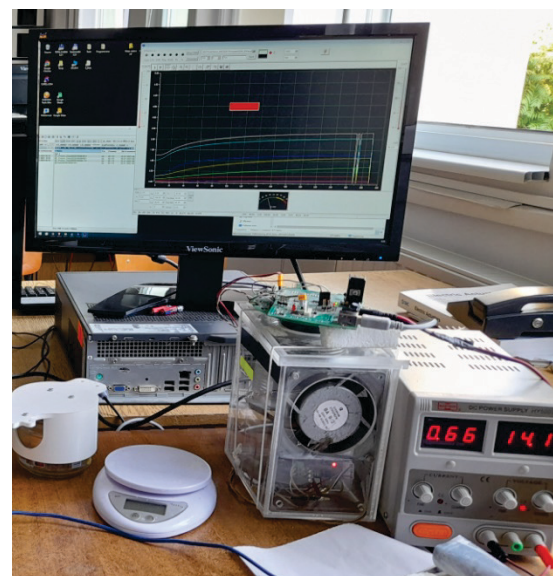
Основните предимства на програмата са интуитивния потребителски интерфейс, възможност за графично представяне на събраната информация, както и възможност за съхраняване на данните в Excel файл.

За да бъдат получени данните от газовия сензорен модул пробите от сирене с приблизително тегло от 20 g се поставят в отделен съд. Измерванията се осъществяват чрез поставяне на сензорния модул върху съда с пробите (фиг. 4).



Фиг. 4. Опитна установка

На Фиг. 5 е представена цялата система за събиране на данни чрез сензорния модул и прехвърлянето им към персоналния компютър.

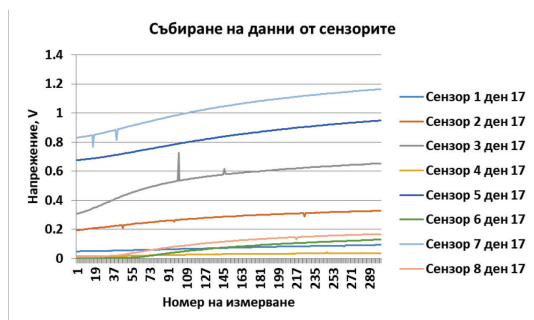


Фиг. 5. Система за събиране на данни

За реализиране на изследването са събрани данни чрез тестване на проби от марката сирене „Боженци“. Пробите, които са изследвани, са с три различни времена на зреене - 17, 31 и 46 дни. Данните се събират и записват в таблица на Excel за последваща обработка.

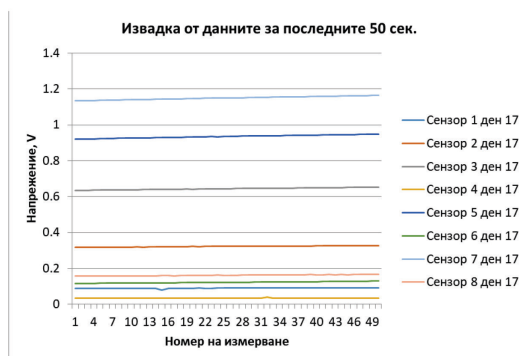
Процесът на измерване отнема 5 минути.

На фиг.6 са представени в графичен вид събраните данни за сирене имащо 17 дена на зреене.



Фиг. 6. Графичен вид на измерените със сензорите данни

За нуждите на изследването се използват измерените стойности за последните 50 секунди от измерването - фиг.7. Това е направено с цел да се използват данни, измерени когато работата на сензорите е стабилизирана и те не изменят изходните си характеристики.



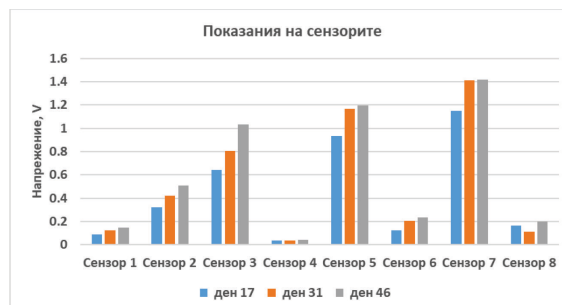
Фиг. 7. Извадка за измерените данни за последните 50 секунди от измерването

От направените извадки се определят осреднените стойности на показанията на сензорите. В Таблица 2 са показани получените осреднени стойности за изходите на осемте сензора за трите изследвани периода на зреене на сиренето.

Таблица 2 Средни стойности за изходите на осемте сензора за трите изследвани периода

ден	ден 17	ден 31	ден 46
Сензор 1	0.0898	0.1261	0.1444
Сензор 2	0.3224	0.4221	0.506
Сензор 3	0.644	0.805	1.0323
Сензор 4	0.0348	0.0338	0.0413
Сензор 5	0.9349	1.1663	1.1937
Сензор 6	0.1226	0.2045	0.2317
Сензор 7	1.1494	1.4143	1.4176
Сензор 8	0.1618	0.1127	0.1979

Получените средни стойности на осемте сензора са визуализирани на фиг.8. Ясно се вижда, че за отделните периоди на зреене на сиренето има промяна в изходите на сензорите (фиг. 8).



Фиг. 8. Осреднени стойности за всеки от сензорите

От визуализираните на графиката резултати може да се направи следния извод – за определяне на зрелостта на сирене е достатъчно да се ползват показанията само на някои сензори, при които се наблюдава значително изменение на изходните им стойности.

Представените резултати доказват способността на мултисензорната система да се използва при определяне на времето на зреене на сирене.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата работа е представена работата на мултисензорна система, която измерва отделяните газове при процеса на зреене на сирене. За тестване на мултисензорната система е използвана реална извадка от краве сирене с три различни периода на зреене. Сензорите в мултисензорната система генерират на изхода си данни, които успешно могат да се използват при класификация на времето на зреене на сирене. Настоящата работа може успешно да бъде доразвита при едни бъдещи изследвания, като се увеличи тестовата извадка със сирена и на базата на получените данни се създаде и обучи класификатор на процеса на зреене при различни типове сирена.

## REFERENCE

- [1] R. D. Down, J. H. Lehr. Environmental instrumentation and analysis handbook. WILEY-INTERSCIENCE, Hoboken, New Jersey, 2005.
- [2] Nart J.K., K. Martinez. Environmental sensor networks: a revolution in the earth system science? Earth-Science Reviews, Vol. 78, 2006, 177-191.
- [3] H. Swatland. Effect of connective tissue on the shape of reflectance spectra obtained with a fibre-optic fat-depth probe in beef. Meat Sci. 2001, 57, pp.209–213.
- [4] H. Yu, J.Wang, Y.Xu. Identification of Adulterated Milk Using Electronic Nose. Sens. Mater., 2007, 19, pp. 275-285.
- [5] Z. Ali, W. T. O'Hare, B. Theaker. Detection Of Bacterial Contaminated Milk By Means Of A Quartz Crystal Microbalance Based Electronic Nose. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2003, Vol. 71, pp.155–161.
- [6] S. Benedetti, F.Bonomi, S.Iametti, S. Mannino, M.Cosio. Detection of aflatoxin M1 in ewe milk by using an EN. In Proceedings of the 2nd Central European Meeting 5th Croatian Congress of FTBN, Opatija, Croatia, October 17–20, 2004, pp. 101-105.