

FRI-ONLINE-1-EEEE-13

REVIEW OF ACOUSTIC APPROACHES FOR QUALITY ASSESSMENT OF EGG DEFECTS¹³

Eng. Emil Stefanov – PhD Student

Department of Automatics and Mechatronics,
“Angel Kanchev” University of Ruse
phone: +359 896 774 889
e-mail: estefanov@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Tsvetelina Georgieva, PhD

Department of Automatics and Mechatronics,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Phone: +359 82 888 668
E-mail: cgeorgieva@uni-ruse.bg

Prof. Plamen Daskalov, PhD

Department of Automatics and Mechatronics,
“Angel Kanchev” University of Ruse
phone: +359 82 888 668
e-mail: daskalov@uni-ruse.bg

Abstract: According to the rules on marketing standards for eggs, eggs may be classified as either Class A or Class B. Class A eggs must have the following characteristics: clean and undamaged shells of normal shape; air space inside the egg not more than 6 mm; yolk, which has no clearly visible contour and moves slightly when turning the egg; the protein must be pure and translucent; the egg must not contain foreign substances or odors; the egg must not show the development of microbes. Class B eggs are those that do not meet the quality thresholds for Class A eggs or are Class A eggs that are classified lower. Different researches have been done for the automation of identifying defected eggs by image processing technology and machine vision. These approaches are applicable when the defect of a broken egg shell is on the side of the image. Other approaches to grading eggs are acoustic, in which this problem does not occur. The article provides an overview of the systems for grading egg shell defects based on acoustic approaches. As well as their application for industrial purposes.

Keywords: Egg Defects, Acoustic Approaches, Quality Assessment

ВЪВЕДЕНИЕ

Откриването на пукнатини на яйцата е един от проблемите, пред които са изправени производителите, експертите в хранителната промишленост и в крайна сметка потребителите, тъй като те могат да бъдат източник на предаване на болести. Освен това някои пукнатини по черупката на яйцата са много малки и не могат да бъдат открити чрез визуална проверка от хора. Ето защо откриването на пукнатини по черупките на яйцата е въпрос от изключително значение пряко свързан със здравето на хората. Регламент (ЕО) No 178/2002 на Европейския Парламент и на Съвета от 28-и януари 2002 година постановява основните принципи и изисквания на законодателството за храните, като създава Европейската Агенция за Безопасност на Храните и процедурите по въпросите за безопасност на храната. Регламентът постановява, че подходът ‘от фермата до вилницата’ или ‘от плевнята на масата’ за безопасност на храните покрива първичното производство на храни. В РЕГЛАМЕНТ (ЕО) № 589/2008 НА КОМИСИЯТА от 23 юни 2008 година за определяне на подробни правила за прилагане на Регламент (ЕО) № 1234/2007 на Съвета относно стандартите за търговия с яйца, Чл. 1. гласи следното определение „яйца“ означава яйца в черупка, които не са счупени, инкубирани или топлинно обработени яйца и които

¹³ Докладът е представен на заседание на секция 3.1 на 29 октомври 2021 с оригинално заглавие на български език: ПРЕГЛЕД НА АКУСТИЧНИ ПОДХОДИ ЗА ОКАЧЕСТВЯВАНЕ НА ДЕФЕКТИ ПО ЯЙЦА.

са снесени от кокошки от вида *Gallus gallus* и са подходящи за директна човешка консумация или за приготвяне на яйчени продукти“. Под „счупени яйца“ се разбира яйца, показващи пукнатини както на черупката, така и на мембраната, в резултат на което се разкрива съдържанието на яйцето. В този регламент е дефинирано и определението за „оператор“, което означава производител и всяко друго физическо или юридическо лице, които участват в търговията с яйца. Основната отговорност за безопасността на храните е възложена на операторите в хранително-вкусовата индустрия.

Центровете за опаковане разполагат с техническо оборудване, необходимо за осигуряване на правилната обработка на яйцата. Те включват, при необходимост и подходящо оборудване за обработка, автоматично или с непрекъснато присъствие на персонал, позволяващо да се проверява качеството на всяко яйце поотделно; оборудване за сортиране на яйцата по тегло и др. Яйцата при пакуването се сортират по качество и по тегло. Съгласно Чл. 26 от Регламент № 1234/2007 за яйца от клас А се допускат отклонения в центъра за опаковане, точно преди изпращане на партидата 5% от яйцата с дефекти в качеството.

Тази оценка се извършва в повечето от центровете от персонала, поотделно за всяко яйце, което отнема време при обработка на по-големи количества партиди яйца. Недостатъците са ниска точност, бавност и разрушителност. Това налага да се избере подход за автоматизиране на процеса на окачествяване на дефекти по яйца.

В статията е направен преглед и анализ на използвани методи за окачествяване на дефекти по яйца.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В (De Ketelaere B., 2004) описват и разделят като цяло методите за откриване на пукнатини в яйцата в три категории: механични методи, методи базирани на вибрационен анализ и методи основани на компютърно зрение.

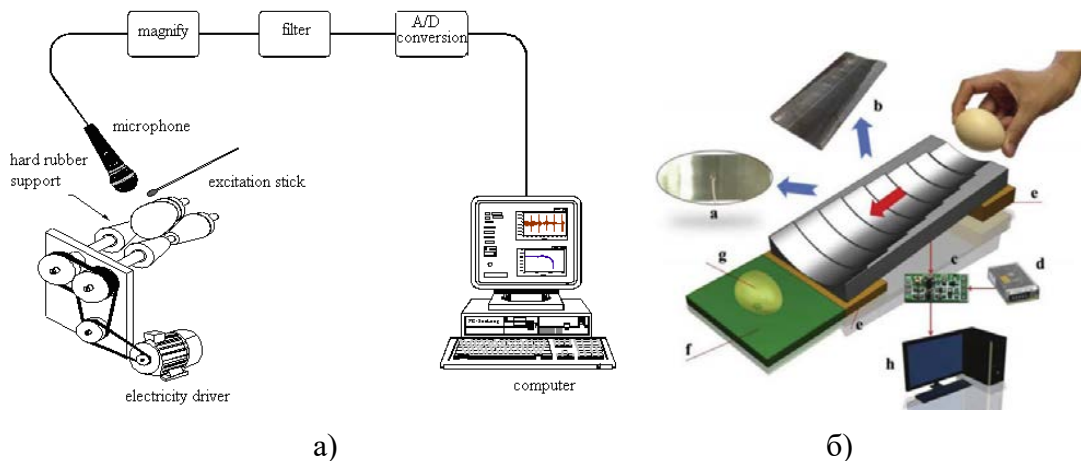
Първият клас сензори се основава на механични техники и позволява изследване на физическото качество на черупката, като наличие на пукнатини и здравина на черупката. Вторият клас се основава на спектроскопски принципи и позволява на оператора да „вижда“ през черупката на яйцата, за да определи вътрешното качество на яйцата, като рН и вискозитет на албумина и наличието на включвания като кръв и месни петна. Трети клас сензори имат за цел да имитират човешкото око с помощта на камера и софтуерна платформа („компютърно зрение“). Освен тези методи се изследват и обсъждат и някои други, базирани на ултразвук, магнитен резонанс и електронен нос.

При механичния метод, обикновено се използва малък чук за създаване на турбуленция върху повърхността на яйцето (Vain, 2006). Чукът по същество е електромагнитна сонда, която се стимулира от индукцията на нейната електромагнитна намотка и удря повърхността на яйцето, разположена между две механични ролки. В следващата стъпка, напуканите яйца се идентифицират чрез сравняване на амплитудата на реакцията към удар, както и отчитане на броя на движението назад на сондата и сравняването им със здрави яйца, които са били записани преди това. В някои случаи, вместо електромагнитна стимулация, се използват пиезоелектрически, които имат същата функция. Ефектът от удара се проверява между 24 и 32 точки. Точността на този метод е относително приемлива (около 90%).

При вибрационните методи, които са частично подобно на механичните методи, лазерен виброметър обикновено се използва за регистриране на вибрации, причинени от удар на чук, оборудван с динамометър. Вибрацията, генерирана във всичките три измерения на координатните оси (x, y, и, z), се анализира, за да се прецизира анализа и идентифицирането на дефекти на черупките на яйцата. Точността при тези методи е също около 90% и също възможността за определяне на дебелината на яйчната черупка е едно от предимствата на този метод. Отнемащото време и необходимостта от сравнително скъпи лабораторни съоръжения са недостатъците на вибрационните методи. В повечето съществуващи проучвания яйцата са били възбудени от механичен удар, а сигналите в отговор от яйцето са записвани от микрофони (Cho et al., 2000; Jindal, 2003; Deng et al., 2010; Li, 2012; Sun, 2013; Wang и др., 2016; Denga, 2010) или

от пиезоелектрични сензори (Wang and Jiang, 2005; Zhao и др., 2010). В (Lin et al., 2009) е представен акустичен подход за разпознаване на дефекти по яйца, базиран на акустичен резонанс (Фиг. 1а). Сигналят от яйцето се обработва с рекурсивен адаптивен филтър на най-малките квадрати. За класификация на яйцата са използвани три класификационни процедури – к-най-близки съседи; невронна мрежа и метод на опорните вектори. Най – висока точност е постигната с метода на опорните вектори – 97,1%.

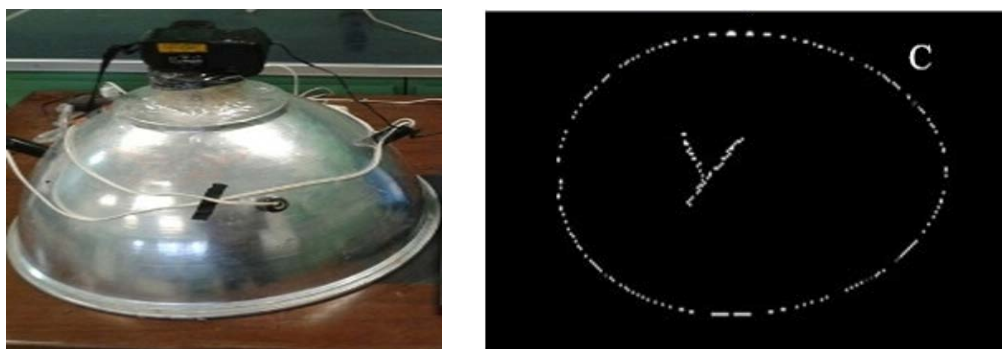
Друг вид устройство за откриване на пукнатини в черупките на яйца е представено от (Jin et al. 2014, 2015), показани на Фиг. 1б). Микрофонът е прикрепен към гърба на гофрирана плоча и записва измерваните сигнали, когато яйцата се търкалят надолу по плочата.



Фиг. 1. Вибрационни методи за окачествяване на яйца
а) базиран на акустичен резонанс, б) с гофрирана плоча и микрофон

Подходите, базирани на компютърно зрение, са друг набор от нови подходи за инспекция и мониторинг на качеството в хранително-вкусовата промишленост (Lunadei, 2011). Основно предимство на тези методи е това, че те са неразрушителни за продуктите. Но тук има недостатък - ориентацията на яйцето спрямо камерата. При положение, че пукнатината в черупката не е от страната на камерата, то резултата няма да е правилен.

В (Abbaspour-Gilandeh и Azizi, 2018) откриват дефектите по яйцата с използване на трансформацията на Хю (Фиг. 2). Извадката от данни включва 80 яйца, от които - 45 здрави и 35 напукани, заснети при контролирани условия. Пукнатините по черупките на яйцата са идентифицирани чрез прилагане на общи операции за предварителна обработка, детектор за ръбове на Сану и трансформация на Хю. За класификация е използван линейния дискриминантен анализ. Достигната е 90,1% точност при правилна класификация. Времето за идентифициране на пукнатините за всяко яйце е около 0,7 секунди.



Фиг. 2. Окачествяване на яйца с компютърно зрение

В (Titova, 2012) използват спектрален анализ въз основа на пропускливостта на яйцето в диапазона на дължината на вълната 550 – 850 nm. Избрани са определени области, които са характерни за различните качествени параметри, като като цвят на яйчената черупка, наличие на

кръвни и месни клетки, гниене и др. Използвани са и два вида класификационни процедури (невронна мрежа и метод на опорните вектори), като общата грешка е по-малка при използване на невронна мрежа.

В Таблица 1 са сравнени и обобщени основни показатели при избор на метод относно: механичен, вибрационен анализ и компютърно зрение.

Таблица 1. Сравнение на методи за откриване на дефекти по яйца

№	Метод	Точност	Разрушителен/ Неразрушителен	Приложимост
1	Механични методи	70-85%	Разрушителен	Дефекти по черупката
2	Методи базирани на вибрационен анализ	97%	Разрушителен	Дефекти по черупката
3	Методи базирани на компютърно зрение	90%	Неразрушителен	Дефекти по черупката, петна, вътрешно качество

ИЗВОДИ

Нови подходи като акустични и оптични методи са все по-често използвани за окачествяване на яйца. Методите базирани на акустичен резонанс достигат до 97% точност на разпознаване на дефекти. Но използването на различни по вид „удрящи“ инструменти правят този вид методи разрушаващи. Липсват проучвания свързани с използването на говорител и микрофон за неразрушаващо оценяване на дефекти по яйца. При използване на компютърно зрение дефектите се откриват с около 90% точност, но има ограничения и недостатъци от гледна точка на ориентацията на яйцето спрямо камерата. Както има необходимост от повече от една камера и съответно повече време за обработване на изображенията, за да се обхване цялото яйце.

БЛАГОДАРНОСТ

Изследването е подкрепено от договор с Русенски университет „Ангел Кънчев“ по ФНИ – 2021 – ЕЕА – 05.

REFERENCES

- Lunadei L., Ruiz-Garcia L., Bodria L. and Guidetti R. (2011). Automatic Identification of Defects on Eggshell Through a Multispectral Vision System. // Food and Bioprocess Technology.
- Wang H., Mao J., Zhang J., Jiang H. and Wang J. (2016). Acoustic feature extraction and optimization of crack detection for eggshell. // Journal of Food Engineering, 171, pp. 240-247.
- Ketelaere B. De., Coucke P., Baerdemaeker J. De. (2000). Eggshell Crack Detection based on Acoustic Resonance Frequency Analysis. // J. agric. Engng Res., 76, pp. 157-163.
- Denga X., Wangb Q., Chenb H. and Xiea H. (2010). Eggshell crack detection using a wavelet-based support vector machine. // Computers and Electronics in Agriculture, 70, pp. 135–143.
- Bain M. M., MacLeod N., Thomson R. and Hancock J. W. (2006). Microcracks in Eggs. // Poultry Science 85:2001–2008.
- Li P., Wang Q., Zhang Q., Cao S., Liu Y. and Zhu T. (2012). Non-destructive detection on the egg crack based on wavelet transform. // IERI Procedia, 2, pp. 372 – 382.
- Sun L., Bi X., Lin H., Zhao J. and Cai J. (2013). On-line detection of eggshell crack based on acoustic resonance analysis. // Journal of Food Engineering, 116, pp. 240–245.
- Zhao Y., Wang J., Lu Q., Jiang R. (2010). Pattern recognition of eggshell crack using PCA and LDA. // Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11, pp. 520–525.
- DeKetelaere B., Bamelis F., Kemps E., Decuypere E., DeBaerdemaeker J. (2004). Non-destructive measurements of egg quality.// Worlds Poult. Sci. J., 60 (3), pp. 289-302.

Cho, H. K., Choi, W. K. and Paek, J. H. (2000). Detection of surface cracks in shell eggs by acoustic impulse method. //T. ASAE. 43, pp.1921–1926.

Jindal, V. K. and Sritham, E. (2003). Detecting eggshell cracks by acoustic impulse response and artificial neural networks.// In 2003 ASAE Annual Meeting. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan, USA.

Lin, H., Zhao, J., Chen, Q., Cai, J. and Zhou, P. (2009). Eggshell crack detection based on acoustic response and support vector data description algorithm.// Eur. Food Res. Technol. 230, pp. 95–100.

Deng, X., Wang, Q., Chen, H. and Xie, H. (2010). Eggshell crack detection using a wavelet-based support vector machine. // Comput. Electron. Agr. 70, pp.135–143.

Wang, J. and Jiang, R. (2005). Eggshell crack detection by dynamic frequency analysis. // Eur. Food Res. Technol. 221, pp. 214–220.

Zhao, Y., Wang, J., Lu, Q. and Jiang, R. (2010). Pattern recognition of eggshell crack using PCA and LDA. Innov. // Food Sci. Emerg. 11, pp. 520–525.

Jin, C. and Ying, Y. (2014). Eggshell crack detection with rolling eggs on a corrugated plate and LIBSVM. // T. ASABE 57, pp. 871–879.

Jin, C., Xie, L. and Ying, Y. (2015). Eggshell crack detection based on the time-domain acoustic signal of rolling eggs on a step-plate. // J. Food Eng. 153, pp. 53–62.

Abbaspour-Gilandeh, Y. and Azizi, A. (2018). Identification of Cracks in Eggs Shell Using Computer Vision and Hough Transform, // YYÜ TAR BİL DERG (YYU J AGR SCI) 28(4), pp. 375-383.

Titova, T., Nachev, V. and Damyanov, C. (2012). Non-destructive egg quality determination with intelligent classifiers. //In Proceedings of the XI International SAUM Conference on Systems, Automatic Control and Measurements, Nish, Serbia, 14–16 November, pp. 451–454.