

Określanie świeżości jaj za pomocą uczenia maszynowego

AUTOR: SAMANEH AZARPAJOUH, NIEZALEŻNY KORESPONDENT

Jaja kurze są ważnym źródłem pożywienia spożywanym na całym świecie, zawierającym liczne witaminy, minerały i różne niezbędne aminokwasy. Świeżość jajek jest kluczowym czynnikiem wpływającym na bezpieczeństwo żywności i jakość gotowania i jest określana za pomocą wskaźników Haugha i żółtka. Istnieje wiele zaawansowanych technik oceny świeżości jaj, jednak metody te nie zawsze nadają się do stosowania w gospodarstwach rolnych. Dlatego też zespół tajlandzkich naukowców zaproponował nowatorską automatyczną maszynę do niedrogiego monitorowania świeżości jaj w czasie rzeczywistym, opartą na pomiarze wysokości i szerokości żółtka przy użyciu uczenia maszynowego i czujnika wagi.

Wskaźniki świeżości jaj

Świeżość jaj określa się za pomocą wskaźnika Haugha i wskaźnika żółtka. Wskaźnik Haugha jest miarą świeżości jaj opartą na pomiarze gęstości białka otaczającego żółtko w stosunku do całkowitej masy jaja. Wyższy wskaźnik Haugha oznacza wyższą jakość białka i większą świeżość jaja. Jednak długotrwałe przechowywanie jaj powoduje, że białko staje się wodniste lub prawie niewidoczne, co prowadzi do błędnych wyników. Ponadto podejście to zakłada stałą zależność między masą jajka a wysokością białka, co może nie być dokładne w przypadku różnych szczepów genetycznych lub różnego wieku. Wskaźnik żółtka ocenia jakość i świeżość jajka poprzez pomiar wysokości i średnicy żółtka. Stopniowy spadek wskaźnika żółtka wskazuje na mniejszą świeżość. W tej metodzie do pomiaru wysokości jajka używa się suwmiarki Verniera, jednak jest ona podatna na błędy ludzkie.

Jaja to coś więcej niż tylko podstawowy składnik śniadania — są one globalnym źródłem składników odżywczych, zawierającym niezbędne witaminy, minerały i aminokwasy. Jednak jeśli chodzi o bezpieczeństwo i jakość, świeżość ma ogromne znaczenie.

Metody badania świeżości

Istnieje wiele metod oceny świeżości jaj przy użyciu zaawansowanych technik zapewniających większą dokładność i wydajność. Terapia nietermiczna to nieniszcząca metoda oparta na ultradźwiękach, służąca do określania świeżości jaj. Technika ta ma jednak swoje ograniczenia, ponieważ do analizy danych pomiarowych potrzebny jest wysoce specjalistyczny sprzęt. Ponadto powoduje ona powstawanie wolnych rodników, które mogą obniżyć jakość jaj w wyniku utleniania oraz zmniejszać dokładność i precyzję pomiarów. Dlatego też metoda ta jest bardziej odpowiednia do badań laboratoryjnych niż do stosowania w gospodarstwach rolnych. Termowizja w podczerwieni to kolejna nieniszcząca metoda oceny świeżości jaj. Jednak podejście to nadaje się tylko do testerów stacjonarnych, a nie do testerów przenośnych. Metody oparte na spektroskopii do badania świeżości jaj obejmują spektroskopię Ramana, spektroskopię transmisji widzialnej, spektroskopię widzialną i bliską podczerwień (Vis-NIR), spektroskopię bliskiej podczerwieni (NIR) oraz spektroskopię transformacji Fouriera w bliskiej podczerwieni (FT-NIR). Metody te są nieniszczące, szybkie i skuteczne, jednak nie pozwalają na bezpośrednią ocenę jakości wewnętrznej jaj. Wykorzystanie właściwości dielektrycznych jaj jest obiecującą metodą nieniszcząca, ale zapewnienie spójnego umiejscowienia pomiaru i kontaktu może stanowić wyzwanie. Ponadto różnice w objętości, kształcie, wielkości i składzie jaj wpływają na dokładność i powtarzalność pomiarów dielektrycznych. Technologia elektronicznego nosa (E-nose) oferuje ekonomiczną i szybką metodę oceny świeżości jaj poprzez analizę lotnych związków organicznych

uwalnianych podczas przechowywania. Jednak elektroniczne nosy mogą nie mieć wystarczającej czułości, aby wykryć subtelne różnice w poziomie świeżości jaj nienaruszonych. Obrazowanie hiperspektralne to kolejna nieniszcząca metoda, która wymaga szybkiego komputera, czułego detektora i dużej ilości miejsca na dane. System wizyjny jest jedną z najpopularniejszych metod określania świeżości jaj. Metoda ta polega na pomiarze zewnętrznej długości i szerokości jajka w celu obliczenia jego objętości. Wykorzystując wizję maszynową i czujniki wagowe, gęstość jajka służy do wykrywania świeżości bez konieczności przemieszczania wody lub flotacji jajka. Jednak konfiguracja ta wymaga laptopa do przetwarzania obrazu i może nie być odpowiednia jako niedrogie urządzenie testujące. Dlatego też zaleca się monitorowanie w czasie rzeczywistym w celu oceny jakości i świeżości jajek przy obniżonych kosztach.

Automatyczny tester

Proponowany automatyczny tester świeżości jaj jest wykonany z lekkiego aluminium i ma wymiary 35 x 35 x 35 cm. Urządzenie składa się z komory do testowania jaj, ekranu wyświetlacza, części do przyjmowania i ważenia jaj, sekcji do rozbijania jaj, sekcji przetwarzania obrazu oraz przycisku do włączania i wyłączania urządzenia. Po zważeniu jaja są przenoszone z części przeznaczonej do ich przyjmowania do części przeznaczonej do rozbijania za pomocą mechanizmu przechylającego. Po rozbiciu jaja dwie kamery wykrywają wysokość i szerokość żółtek, aby obliczyć wskaźnik żółtka i przeanalizować świeżość jaj na ekranie wyświetlacza. Do przetwarzania obrazu i sterowania pracą silnika wykorzystywany jest minikomputer. Proponowany system wykorzystuje uczenie maszynowe typu ensemble do tworzenia ostatecznej prognozy poprzez połączenie wyników różnych niezależnych klasyfikatorów, w tym Random Forest, Decision Tree, Support Vector Machine, k-Nearest Neighbours, Naïve Bayes i Logical Regression.



System oparty na uczeniu maszynowym analizuje wymiary żółtka poprzez przetwarzanie obrazu, oferując szybką, nieinwazyjną alternatywę dla tradycyjnych metod, takich jak wyporność wody. Zdjęcie: Canva wykonane przy użyciu AI

Projekt eksperymentalny

Uczenie maszynowe ocenia dokładność pomiaru świeżości jaj. W tym badaniu pobrano 48 próbek jaj bezpośrednio z ferm drobiu i podzielono je na dwie grupy na podstawie ich wagi. Wagę zarejestrowano za pomocą wagi cyfrowej, a wynik porównano z danymi zarejestrowanymi przez płytkę wagową proponowanego systemu w celu sprawdzenia jego dokładności. Poziom niedokładności był minimalny i uznano go za dopuszczalny. Następnie za pomocą suwmiarki Verniera zmierzono wysokość i średnicę żółtka, a wyniki porównano z wynikami uzyskanymi w wyniku przetwarzania obrazu. Wyniki wykazały zadowalający poziom zgodności między obiema

metodami pomiaru. Na podstawie pomiaru wysokości i szerokości świeżość jaj podzielono na trzy kategorie: bardzo świeże, świeże i zwykłe. Proponowany model uzyskał poziom dokładności 100% w porównaniu z typową metodą wskaźnika żółtka.

Ocena systemu i kolejne kroki

Naukowcy doszli do wniosku, że proponowany system jest opłacalny i przenośny, a jednocześnie zapewnia wysoką wydajność i niezawodność. Ponadto ten oparty na uczeniu maszynowym system może rejestrować dane w czasie rzeczywistym, monitorować parametry fizyczne, analizować dane i określać świeżość jaj na podstawie wymiarów żółtka – bez konieczności przeprowadzania testów wypornościowych. Konieczne są jednak dalsze badania, aby sprostać obecnym wyzwaniom, takim jak integracja systemu z istniejącymi liniami produkcyjnymi jaj oraz zapewnienie zgodności z normami bezpieczeństwa i higieny żywności.

Artykuł oparty jest na pracy badawczej opublikowanej w czasopiśmie Smart Agricultural Technology Journal. „Niskokosztowe, autonomiczne, przenośne urządzenie do sprawdzania świeżości jaj drobiowych wykorzystujące klasyfikatory uczenia maszynowego oparte na głosowaniu większościowym”. Autorzy: Jirayut Hansot, Wongsakorn Wongsaraj, Thaksin Sangsuwan, Natee Thong-un.

Cracking egg freshness with machine learning

BY SAMANEH AZARPAJOUH, INDEPENDENT CORRESPONDENT

Chicken eggs are an important food source consumed worldwide, containing numerous vitamins, minerals, and various essential amino acids. Egg freshness is a crucial factor affecting food safety and cooking quality, and is determined using the Haugh and yolk indices. There is a variety of advanced techniques available to evaluate egg freshness; however, these methods are not always suitable for on-farm use. Therefore, a team of Thai researchers has proposed a novel automatic machine for lowcost and real-time monitoring of egg freshness, based on height and width measurement of the yolk using machine learning and a weight sensor.

Egg freshness indices

Egg freshness is determined using the Haugh index and the yolk index. The Haugh index is a measure of egg freshness based on the height of the thick white shell surrounding the yolk relative to the whole egg weight. A higher Haugh index indicates a higher albumen quality and a fresher egg. Although long-term storage of eggs makes egg whites appear watery or almost non-existent, leading to erroneous findings. In addition, this approach assumes a fixed relationship between egg weight and albumen height, which may not be accurate across different genetic strains or ages. The yolk index assesses egg quality and freshness by measuring the yolk height and diameter. The gradual decrease in the yolk index indicates less freshness. In this method, the Vernier calliper is used to measure egg height; however, it is subject to human error.

Eggs are more than just a breakfast staple, they're a global nutritional powerhouse packed with essential vitamins, minerals, and amino acids. But when it comes to safety and quality, freshness is everything.

Freshness testing methods

There is a variety of methods to evaluate egg freshness using advanced techniques for more accuracy and efficiency. Nonthermal therapy is a non-destructive, ultrasound-based approach to determine the freshness of eggs. This technique, however, is limited by the need for highly specialised equipment to analyse the measurement data. Furthermore, it produces free radicals which may reduce egg quality due to oxidation and decreases the accuracy and precision. Therefore, this approach is more appropriate for lab tests rather than on farms. Infrared thermal imaging is another non-destructive method to evaluate egg freshness. But this approach is only suitable for fixed testers and not for portable testers. Spectroscopy-based methods for testing egg freshness include Raman spectroscopy, visible transmission spectroscopy, visible—near infrared (Vis—NIR) spectroscopy, near-infrared (NIR) spectroscopy, and Fourier transform near-infrared (FT-NIR) spectroscopy. These approaches are non-destructive, quick, and effective; however, they are unable to directly assess the interior quality of eggs. Using the dielectric characteristics of eggs is a promising non-destructive method, but ensuring consistent measurement placement and contact can be challenging. In addition, the variation in egg bulk, shape, size and composition affects the accuracy and repeatability of dielectric measurements. Electronic nose (E-nose) technology offers a cost-effective and rapid method for assessing egg freshness by analysing volatile organic compounds released during storage. However, E-noses may lack the sensitivity to detect subtle differences in freshness levels from intact eggs. Hyperspectral imaging is another non-destructive method which needs a fast computer, a sensitive detector, and lots of storage space. Machine vision system is one of the most popular methods to determine egg freshness. This method measures the exterior length and width of the egg to calculate its volume. Using machine vision and weighing sensors, egg density is used to detect freshness without the need for water

#FunduszePromocji

displacement or egg flotation. However, this setup needs a laptop for image processing and may not be suitable as a low-cost testing instrument. Therefore, real-time monitoring is recommended to assess egg quality and freshness at a reduced cost.

Automatic tester

The proposed automated egg freshness tester is constructed of lightweight aluminium and measures 35x35x35 cm. This device consists of a chamber for the eggs to be tested, a display screen, an egg-receiving and -weighing portion, eggbreaking section, image processing section, and a button for turning the device on and off. The eggs are transferred from the egg-receiving set to the egg-breaking set using a tilting mechanism after being weighed. When the egg is cracked, two cameras are used to detect the height and width of egg yolks to calculate the yolk index and analyse the egg freshness on the display screen. A minicomputer is used for image processing and controlling the motor operation. The proposed system applies ensemble machine learning to create a final prediction by combining the findings of various independent classifiers including Random Forest, Decision Tree, Support Vector Machine, k-Nearest Neighbours, Naïve Bayes, and Logical Regression.



The machine learning-based system analyses yolk dimensions through image processing, offering a rapid, non-invasive alternative to traditional methods like water displacement.

Photo: Canva made with AI

Experimental design

Machine learning evaluates the accuracy of egg freshness. In this trial, 48 egg samples were obtained directly from the chicken farm and divided into two groups, based on their weight. The weight was recorded using digital scales, and the outcome was compared to the data recorded by the weight plate of the proposed system to test its accuracy. The rate of inaccuracy was minimal and considered to be acceptable. Next, a Vernier calliper was used to measure the height and diameter of the yolk, and the results were compared with those obtained through image processing. The findings revealed a satisfactory level of agreement between the two measurement methods. Using the height and width measurement as the criteria, the freshness of eggs was classified into three categories: extra fresh, fresh, and regular. The proposed model obtained an accuracy level of 100 % when compared to the typical yolk index method.

System evaluation and next steps

The researchers concluded that the proposed system is costeffective and portable, while offering high performance and reliability. In addition, this machine learning-based system can record data in real time, monitor physical parameters, analyse data, and determine egg freshness based on yolk dimensions—without the need for water displacement testing. However, further research is needed to address current challenges, such as integrating the system into existing egg production lines and ensuring compliance with food safety and hygiene standards.

Article is based on a research paper published in the Smart Agricultural Technology Journal. 'A low-cost autonomous portable poultry egg freshness machine using majority voting-based ensemble machine learning classifiers' Authors: Jirayut Hansot, Wongsakorn Wongsaroj, Thaksin Sangsuwan, Natee Thong-un.