

REVISION: ESTIMACIÓN DE DEFICIENCIAS EN LA CALIDAD DEL HUEVO

REVIEW: DEFICIENCIES ESTIMATION ON EGG QUALITY



¹Iván Camilo Nieto Sánchez, ²July Natalia Mora Alfonso

^{1,2}Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería – Ecbiti, Unad, Bogotá, Colombia,

Recibido: 16/10/2018 • Aprobado: 30/10/2018

RESUMEN

En el siguiente artículo se realizará un análisis del estado del arte, respecto al uso de la tecnología para identificar factores que afectan la calidad del huevo, tales como fisuras en la cáscara, problemas asociados a sus condiciones de sostenimiento, alimentación, sistemas de recolección, entre otros. Para ello, fue necesario consultar diferentes publicaciones a nivel nacional e internacional, permitiendo una contextualización adecuada del sector donde se desarrolla el proyecto. Por otra parte, esta revisión encontró algunos casos de éxito a nivel nacional e internacional, relacionados con el tema objeto de esta investigación, identificando sus fortalezas, debilidades, problemas encontrados y soluciones planteadas, obteniendo como resultado referente válidos para el desarrollo del proyecto.

Palabras clave: calidad del huevo, cáscara de huevo, fisuras, ovoscopio, procesamiento digital de imágenes, salmonelosis, yema de huevo.

ABSTRACT

This article analyzes the state of art with regard to the use of technology to identify factors that affect the egg quality, such as cracks in the shell, problems associated with conditions of sustainability, feeding, collection system, among others. To get this, it was necessary to search many different national and international publications, allowing an adequate contextualizing about the environment. On the other hand, this review found some cases of success at the national and international level, related to the subject of this research, identifying their strengths, weaknesses, problems encountered and solutions raised, obtaining as a result, valid reference points for the development of the project.

Keywords: crack, digital image processing, egg quality, eggshell, egg yolk, ovoscope, salmonellosis.

¹ livan.nieto@unad.edu.co, orcid.org/0000-0003-2679-7887

² july.mora@unad.edu.co, orcid.org/0000-0003-0876-1122

1. INTRODUCCIÓN

El huevo es un producto básico de la canasta familiar que está por encima de otros productos alimenticios, debido a su costo y su alto valor nutricional, dado que contiene calcio, hierro, vitaminas A y D (Gómez 2013; Leguizamón Sierra 2014), son de gran utilidad para la salud de las personas, por eso es uno de los productos de mayor consumo en el país.

Sin embargo, estudios como la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional realizado por el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, conocida con las siglas Icbf, y el Ministerio de la Protección Social, demuestran que una de cada siete personas no consume alimentos proteínicos como carne o huevo durante el día, esto puede ser causado por situaciones socioeconómicas del país, así como la desinformación existente en el país relacionada con el consumo de huevo y su relación con el colesterol (Ministerio de la Protección Social 2011).

Respecto al proceso de la producción del huevo, desde la década de los años 50, el gobierno nacional ha venido creando normas y legislaciones que establecen un mayor control; este proceso ha evolucionado hasta lo que al día de hoy se tiene en términos de ubicuidad, sanidad alimentaria, manipulación, entre otros factores que inciden en la calidad del producto (Icontec 1987; Quintana, Gelves y Mendoza 2013), no obstante, es claro que no en todos los lugares dedicados a la producción de huevo se cumple con la normatividad existente.

En lo que a calidad se refiere, existen algunos problemas asociados a la producción del huevo como la Salmonellosis, la cual está presente en las gallinas y el huevo, haciéndola muy difícil de eliminar, sólo es posible a través de procesos ultravioleta en algunos de los individuos (García 2016). Por otra parte se encuentran problemas de fisuras que afectan el producto por el ingreso de material ajeno a él. También se registran problemas relacionados con deficiencias en los nutrientes propios del huevo, doble yema, huevos sin yema, con rastros de sangre o material cárnico dentro del mismo, todo esto relacionado con los mecanismos de crianza y manutención de los animales

en lugares confinados sin el debido cumplimiento de la normatividad(Boerjan 2015).

Dado lo anterior, se encontró una oportunidad para aplicar tanto la tecnología (desde el punto de vista de la electrónica), como las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, a partir de ahora denominadas TIC, con el fin de encontrar una solución viable y de bajo costo (Castillo et al. 2013; Minoi et al. 2016), para garantizar el cumplimiento de la normatividad técnica nacional y así minimizar los riesgos de consumo de productos contaminados o de baja calidad.

2. DESARROLLO DEL CONTENIDO

2.1 Delimitación del problema

Como se ha mencionado anteriormente, los problemas más comunes relacionados con la producción de huevos para el consumo, están asociados a las posibles fisuras presentadas en la cáscara, eventualmente originadas por diferentes factores como la manipulación del huevo, una vez ha salido de la gallina, las condiciones de higiene y calidad presentadas en el sitio de confinamiento de los animales, o por problemas asociados con la salud del animal, alimentación, entre otros (Ortiz & Mallo 2000).

Igualmente, la salmonella bacteria más común en el huevo se identifica como una de las problemáticas más comunes en el proceso de producción de huevo. Sin embargo la única forma existente de identificar su presencia es a través de un cultivo realizado en condiciones adecuadas para que la bacteria prospere no solo en el huevo sino en cualquier organismo (Mancera et al. 2005; Brainina, Kozitsina y Glazyrina 2010).

En este contexto, el problema objeto de esta investigación radica en buscar una solución, desde las TIC, para crear una herramienta que permita identificar factores que afecten la calidad del huevo de forma sencilla y al alcance de cualquier usuario, dando cumplimiento a lo planteado.

En virtud a lo anterior, la pregunta de investigación planteada es la siguiente:

¿Cómo determinar anomalías en los huevos haciendo uso de las TIC, para apoyar al pequeño y mediano productor a mejorar la producción?

2.2 Métodos actuales para detección de anomalías en los huevos.

Las fisuras o condiciones anormales como suciedad, doble yema, rastros de agentes extraños en los huevos, son factores que afectan directamente la calidad de los mismos, por ende existen diferentes métodos para encontrar dichas condiciones (El Sitio Avícola 2010).

A continuación se realizará una descripción de los métodos más usados para identificar situaciones anormales presentadas en los huevos.

- *Detección a través de ondas acústicas:* es un método no invasivo para detectar las fisuras en el huevo, aplicando una serie de ondas sonoras a cierta frecuencia. dependiendo de la frecuencia de rebote emitida por el huevo, se determina si tiene alguna fisura en su cáscara (Li et al. 2012; Jin, Xie y Ying 2015).

Otra forma es aplicando un pequeño golpe al huevo usando un elemento suave, y de igual manera que en el caso anterior, se captura el sonido emitido para analizar la frecuencia de respuesta y determinar si existen situaciones anormales.

Detección a través de luz: otro método no invasivo que implica aplicar luz de más de 300 lumen directamente sobre el huevo, para evidenciar a través de la cáscara su contenido. De igual manera es posible determinar fracturas en la cáscara a simple vista o a través de software computarizado.

Este método es ampliamente utilizado en la detección de anomalías en los huevos, a través de procesamiento digital de imágenes (Wang & Weng 2011; Nashat, Abdullah y Abdullah 2014).

- *Resistencia de la cáscara:* consiste en aplicar una fuerza sobre la cáscara del huevo intacto hasta fracturarlo para establecer su resistencia. Este es un método invasivo que atenta contra la muestra y por lo tanto no es atractivo para los productores.
- *Gravedad específica:* este es un método muy sencillo donde se sumerge el huevo en líquidos con diferentes concentraciones salinas para determinar en cuál de ellas flota. De acuerdo a este porcentaje de concentración, se determinan factores de la cáscara como grosor, peso, entre otras.

Éstas son algunas de las técnicas usadas para la detección de anomalías que afectan la calidad del huevo. Para el caso particular del proyecto de investigación, se requiere una solución que determine características internas y externas del huevo, a través de dispositivos de bajo costo.

Algunos de los métodos nombrados son no invasivos y no se afecta la estructura del huevo ni su contenido, mientras que otros si ponen en riesgo la integridad del mismo, por ende estos últimos son descartados como opciones dentro del proyecto.

2.3 Problemas de investigación encontrados.

Dentro de la consulta realizada en diversas fuentes de información como la base de datos de la Ieee, artículos, trabajos de grado, la Red Nacional de Investigación y Educación en Colombia en adelante denominada Renata; entre otras, se encontraron diferentes referentes. Por consiguiente, se realizó una selección de material que permitió establecer el estado actual de la producción de huevo no solo en el país, sino a nivel mundial. A continuación se hará una descripción general de lo encontrado hasta el momento.

La investigación en el área inició con un informe de la encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia realizada por el Ministerio de la Protección Social en conjunto con el Icbf, la cual determinó los hábitos alimenticios de los colombianos, haciendo una clasificación por edad, sexo, región, entre otros (Ministerio de la Protección Social 2011). Esta encuesta

permitió establecer el grado de aceptación del huevo como producto básico en la canasta familiar, y además conocer aproximadamente los promedios de consumo a nivel general y por regiones.

En el año 2014, el Banco de la República publicó un informe denominado *Determinantes del desarrollo en la avicultura en Colombia*, donde se descompone el panorama actual de la avicultura en el país desde sus inicios hasta la situación actual, evidenciando las técnicas adoptadas del extranjero, Estados Unidos y Europa, hasta llegar a la normatividad actual y los organismos existentes para el control y vigilancia en la producción del huevo (Aguilera 2014). Este material es un referente importante puesto que establece la evolución del proceso de producción de huevo en el país y cómo es que existen organizaciones gubernamentales que no se encargan exclusivamente de la vigilancia, sino que también ofrecen apoyo a los pequeños y medianos productores.

En el año 2000 se realizó un análisis de la calidad externa de los huevos, identificando los factores más comunes y evidenciando diferentes técnicas existentes para corroborarlo, sin embargo dichas técnicas son normalmente invasivas o ponen en riesgo la integridad del producto (Ortíz & Mallo 2000). Dentro de esa investigación se evidenciaron diferentes técnicas para inspeccionar el huevo, pero dado que estas afectan de alguna manera sus características físicas, hacen de éstas algo poco seguro e ineficiente en su implementación. A pesar de lo indicado, se encontró una técnica utilizada para detectar fisuras y micro fisuras se hace a través lámparas o ultrasonido, se identifica un uso de la tecnología en beneficio de la calidad del huevo.

Dado que en temas de calidad de huevo, son varios los factores susceptibles de una medición, en 2014 se diseñó un prototipo que clasificará los huevos de gallina de acuerdo a sus características (Medina & Oñate 2014), pero en este caso particular utilizaron una técnica de procesamiento digital de imágenes "C denominado a partir de ahora como DIP por sus siglas en inglés (Digital Image Processing) "C para identificar el número de yemas presentes en un huevo. Como resultado de su investigación, encontraron

que es posible determinar la cantidad de yemas al interior de un huevo, no obstante se considera que no es el único factor que se puede medir a través de DIP (González et al. 2016). En este tema existen muchos casos de éxito donde se usa DIP al servicio de los usuarios en términos de salud y calidad alimentaria, sin embargo al momento de la construcción de este artículo, se encontraron pocos casos de éxito documentados en cuanto a la calidad del huevo para establecer un referente "C(Pouladzadeh, Shirmohammadi y Al-Maghrabi 2014; FAO 2017).

En lo relacionado con la normatividad existente, el Icontec estableció la Norma Técnica Colombiana NTC 1240 donde se establecen los procedimientos para la manipulación adecuada de los huevos de gallina en el proceso de comercialización en términos de higiene, transporte y venta al consumidor (Icontec 1987). Esta norma técnica permite establecer parte de los procedimientos adecuados en términos de recolección y transporte del producto, planteando su escenario en la cadena de transporte. En el ámbito internacional existe la norma CAC/CRP – 15 – 1976 con actualización en el año 2007 creada por el *Food and Agriculture Organization of the United Nations* que establece las condiciones adecuadas en la producción de huevos para el consumo (FAO 2017). Es un documento muy completo que evidencia de forma clara la normatividad que se debe cumplir en los galpones, la manipulación y el transporte para el público.

Por otra parte, en 2010 se realizó un estudio sobre la calidad del huevo en un sector específico de México, estableciendo un área determinada para la toma de muestras recolectado en la zona centro del estado de Michoacan, Mexico. Se colectaron 385 huevos de 11 municipios (35 huevos/municipio (Juarez-Caratachea et al. 2010). Sin embargo este estudio sólo se centró en evaluar la calidad del contenido haciendo muestras aleatorias y además de ello destruyendo el producto para realizar mediciones de peso de huevo, grosor y calidad de la cáscara, el volumen de la albúmina, entre otros. El resultado encontrado es destacado, puesto que la diferencia es que los huevos de campo tienen un mayor valor nutricional frente a los huevos de criadero.

En este mismo país se realizó un estudio acerca de la Salmonella Enteritidis en el huevo para el consumo en la ciudad de México (Mancera et al. 2005). A pesar que los resultados evidencian la presencia no solo de Salmonellosis, sino de otras once bacterias que pueden ser potencialmente perjudiciales para la salud humana, se evidencia que la forma más efectiva para determinar la presencia de microorganismos que afecten la salud, es a través de pruebas de laboratorio y en la actualidad no existe algún método diferente a éste.

Así mismo, en áreas donde la tecnología está directamente involucrada para la detección de problemas en los huevos, se realizaron investigaciones para la determinación de fisuras y en la cáscara de huevos en conserva a través de luz polarizada (Fang et al. 2013). Como resultado se encontraron que aplicando un haz de luz con una longitud de onda de 589 nm, se ilumina el huevo y se toma una fotografía del mismo, para posteriormente procesarla con herramientas DIP como matlab y así detectar los problemas relacionados con fisuras que a simple vista no son perceptibles. Esta solución establece que es posible determinar este factor en un huevo, pero de acuerdo a otras investigaciones se evidenció que es posible establecer y medir otros parámetros de calidad al interior del producto como doble yema o su ausencia y elementos extraños. Estudios similares se han investigado a nivel mundial, pero a día de hoy se requiere de una infraestructura robusta para implementación (Abdullah et al. 2017; Priyadumkol et al. 2017).

Otro caso encontrado en Latinoamérica fue realizado en Ecuador, donde los autores desarrollaron un dispositivo robusto para la detección de huevos fértiles usando sistemas de visión artificial, los resultados arrojan un funcionamiento adecuado, pero requiere de un recurso económico alto para su implementación (Navas & Vargas 2014).

2.4 Relación con la propuesta de investigación

La revisión bibliográfica socializada en este artículo tiene como fin establecer un contexto adecuado en temas de control de calidad en cuanto a la producción de huevo en el país y en el mundo (Bernal Saenz 2013), a través de los diferentes casos de éxito documentados en

artículos registrados en bases de datos, para desarrollar un proyecto de investigación cuyo fin es facilitar a los pequeños y medianos productores mediante una herramienta que evalúe de forma sencilla las características físicas que atenten contra la calidad del mismo como las fisuras o la presencia de salmonella.

En este sentido, la solución planteada debe cumplir con dos requisitos básicos para facilitar un grado de apropiación en los usuarios finales. En primer lugar la simplicidad, puesto que los elementos involucrados deben ser de fácil acceso, construcción y manipulación, y en segundo lugar la accesibilidad debido a que debe estar disponible en el momento que el usuario lo requiera, sin incurrir en procesos o gastos adicionales.

Es así como la propuesta debe incluir en principio un instrumento de fácil construcción denominado *ovoscopio* (Navas & Vargas 2014), donde se focaliza la intensidad lumínica de un bombillo hacia un punto específico donde estará ubicado el elemento a analizar, usando materiales convencionales, cuya implementación se observa en la *imagen 1*, sin embargo el proyecto no se centra en la construcción del ovoscopio sino en el procesamiento de imágenes descrito subsiguientemente.

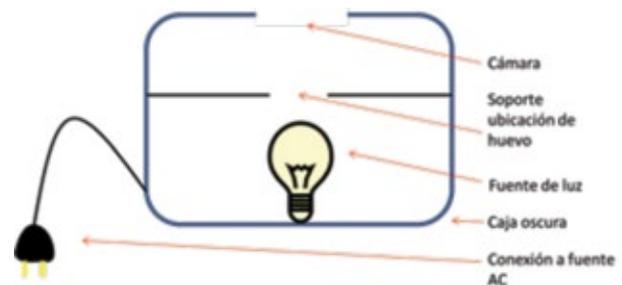


Fig. 1 Ovoscopio básico

Fuente: autores

Posteriormente, el usuario haciendo uso de un teléfono móvil con cámara integrada y una resolución mayor a 5 megapíxeles (La Vanguardia 2016) tomará una fotografía del producto que desea revisar, y posteriormente ingresará a una aplicación web desarrollada en el proyecto y ubicada en un sitio de acceso al público (ej. Campo-Unad), para enviar la imagen y desde la

misma realizará el análisis haciendo uso de herramientas de procesamiento de imágenes e informará al usuario si se detectó alguna dificultad de las mencionadas.

Con esta información el usuario podrá tomar decisiones en cuanto a su producto, ajustándose a la normatividad existente.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación, se presenta una descripción comparativa, que busca establecer las diferencias relevantes sobre las formas de evaluación y detección de deficiencias en la calidad del huevo, consultadas en la revisión de literatura.

TABLA 1.
 Formas de evaluación para detectar deficiencias en la calidad del huevo

Ítem	Pruebas de Laboratorios	Procesamiento digital de imágenes
Determina	<ul style="list-style-type: none"> • Salmonella • Albúmina • Calidad de la cáscara. • Peso • Espesor de la cascara • Valor nutricional • Gravedad específica 	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras • Doble yema • Ausencia de yema • Coágulos de sangre • Análisis de la textura de la cáscara • Suciedad
Tipo de análisis	Invasivo	No invasivo
Muestreo aleatorio	Si	No
Instrumentación requerida	Equipo de laboratorio	Imagen y aplicación disponible

Fuente: autores

La Tabla 1 evidencia que existen diferentes factores susceptibles a medir para establecer la calidad del huevo, sin embargo sus diferencias radican en el tipo de

medición a realizar, el tipo de análisis y la instrumentación requerida, puesto que algunas atentan contra la integridad del producto.

De acuerdo a lo anterior, y considerando que la solución planteada debe estar a disposición de manera fácil y sencilla a los usuarios finales, además del contexto establecido a través de la revisión de literatura, se estableció que la detección a través de una fuente lumínica junto al procesamiento digital de imágenes son la alternativa más adecuada, debido a sus características en términos de costos, tecnología y materiales de construcción.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Las fuentes consultadas dan cuenta de la existencia de investigaciones con el fin de determinar anomalías que afectan la calidad de huevo, dentro de las cuales se encuentran pruebas de laboratorio y DIP; en cuanto a la primera de ellas se establece que se trata de un procedimiento invasivo y aleatorio, mientras que la segunda establece las características del lote de producción sin alterar el producto.

Al identificar los métodos para establecer la calidad del huevo y la tecnología involucrada para tal fin, se determinó que la forma más adecuada para cumplir con este fin, teniendo en cuenta el acceso fácil a los usuarios, sin la necesidad de invertir elevados recursos económicos en compra de infraestructura, es la detección con fuente lumínica a través del procesamiento digital de imágenes.

A partir de aquí se continuará con la búsqueda de referentes, el desarrollo del algoritmo, las pruebas de campo y la implementación de la solución en un repositorio al cual los usuarios puedan acceder en el momento que lo requieran, apoyando así el mejoramiento de la calidad en los productos de los pequeños y medianos productores de huevo.

REFERENCIAS

- Abdullah, M, Nashat, S, Anwar, S & Abdullah, M 2017, 'A framework for crack detection of fresh poultry eggs at visible radiation', *Computers and Electronics in Agriculture*, 141, 81–95.
- Abdullahi, H, Sheriff, R & Mahieddine, F 2017, 'Convolution neural network in precision agriculture for plant image recognition and classification', *2017 Seventh International Conference on Innovative Computing Technology (Intech)*, Ieee, Londres, pp. 1–3.
- Aguilera, M 2014, *Determinantes del desarrollo en la avicultura en colombia: instituciones, organizaciones y tecnología*, diciembre 2014, Banco de la República, Cartagena.
- Arora, D, Singh, V & Singh, A 2016, 'Modeling and simulation analysis of Salmonella typhimurium inside human epithelial cells: Host-pathogen relationship analysis by system biology', *2016 International Conference on Bioinformatics and Systems Biology (BSB)*, Ieee, India, Allahabad, pp. 1–4.
- Beltrán Lozano, J 2013, 'Expertik: una experiencia con inteligencia artificial y computación móvil', *Revista Publicaciones e Investigación*, 7, 61–68.
- Berkan Aydilek, I 2017, 'Approximate estimation of the nutritions of consumed food by deep learning', *2017 International Conference on Computer Science and Engineering (Ubmek)*, Ieee, Turquia, pp. 160–164.
- Bernal Saenz, L 2013, 'Fssc22000-1. Una Visión del sistema de certificación en inocuidad de alimentos' *Revista Publicaciones e Investigación*, 8, 151–159.
- Boerjan, M 2015, 'Impacto en huevos con fisura delgadísima (tipo cabello) [Página web]', consultado: 11 noviembre 2017, <https://www.pasreform.com/es/academia/pergunta>
- Brainina, K, Kozitsina, A & Glazyrina, Y 2010, 'Hybrid electrochemical/magnetic assay for salmonella typhimurium detection', *Ieee Sensors Journal*, 10 (11), 1699–1704.
- Castillo, M, Arturo, S, Anaya, C & Lucila, M 2013, 'Desarrollo de aplicaciones WEB por componentes – código Libre', *Revista Publicaciones e Investigación*, Unad, Vol. 7, 51.
- Correa Rodríguez, A 2013, 'Desarrollo de una aplicación móvil para revisar horarios de atención de tutores de la Unad', *Revista Publicaciones e Investigación*, Unad, Vol. 7, 109–116.
- Chaturvedi, O, Masupe, S & Masupe, T 2014, 'A system to evaluate the presence of a diarrheal epidemic caused by Shigella and Salmonella', *Ieee-Embs International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI)*, Ieee-Embs, España, pp. 392–395.
- El Sitio Avícola 2010, 'Una mejor manera de detectar grietas en el cascarón de huevo [Página web]', consultado, 11 de noviembre 2017, www.elsitioavicola.com
- Fang, W, Zuojun, T, Fei, C & Youxian, W 2013, 'Detecting Cracks of preserved egg based on polarized light', *2013 5th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*, Ieee, China, Hangzhou, pp. 66–69.
- FAO 2017, 'Food and Agriculture Organization of the United Nations main page [Página web]', consultado: 14 noviembre 2017, <http://www.fao.org/home/en/>
- García, B 2016, 'Relación entre calidad de la cáscara del huevo y seguridad del producto [Página web]', consultado: 11 de noviembre 2017, <http://albeitar.portalveterinaria.com>.
- Gómez, D 2013, *Huevos: generalidades* [en línea], consultado: 11 de noviembre 2017, <https://es.scribd.com/document/257702513/Huevos-Generalidades>
- González, A, Amarillo, G, Amarillo, M & Sarmiento, F 2016, 'Drones aplicados a la agricultura de precisión', *Revista Publicaciones e Investigación*, 10, 23–37.
- Hong, Y, Park, S, Kwon, S & Min, J 2013, 'Application of genetically engineered Salmonella typhimurium as tumor targeting agents', *2013 13th International Conference on Control, Automation and Systems (Iccas 2013)*, Iccas, Corea, Gwangju, pp. 1504–1507.
- Horikawa, S, Li, S, Chai, Y & Chin, B 2017, 'Direct detection of Salmonella Typhimurium on fresh spinach leaves using phage-based magnetoelastic biosensors', *Sensors*, 17 (2).
- Icontec 1987, *NTC1240*, Icontec, Bogotá.
- Islam, M, Dinh, A, Wahid, K & Bhowmik, P 2017, 'Detection of potato diseases using image segmentation and multiclass support vector machine', *2017 Ieee 30th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (Ccece)*, Ieee, Canadá, Windsor, pp. 1–4.
- Juarez-Caratachea, A, Gutiérrez-Vázquez, E, Segura-Correa, J & Santos-Ricalde, R 2010, 'Calidad del huevo de gallinas criollas criadas en traspatio en Michoacán, México', *Tropical and Subtropical Agroecosystem*, 12 (1), 109–115.
- Jin, C, Xie, L & Ying, Y 2015, 'Eggshell crack detection based on the time-domain acoustic signal of rolling eggs on a step-plate', *Journal Food Engineering*, 153, 53–62.
- La Vanguardia 2016, 'Cámaras de móvil: no te fijes solo en los megapíxeles' [en línea], *La Vanguardia*, 24 de abril 2016, consultado 11 noviembre 2017, <http://www.lavanguardia.com/tecnologia/20160428/401424856578/caracteristicas-importante-camara-movil.html>
- Leguizamón Sierra, G 2014, 'Estudio descriptivo mediante análisis multicriterio de la cadena agroalimentaria de la panela', *Revista Publicaciones e Investigación*, 8, 161–183.
- Li, P, Wang, Q, Zhang, Q, Cao, S, Liu, Y & Zhu, T 2012, 'Non-destructive detection on the egg crack based on wavelet transform', *Ieri Procedia*, 2, 372–382.

- Mancera, A, Vázquez, J, Ontiveros, M, Durán, S, López, D & Tenorio, V 2005, 'Identificación de Salmonella Enteritidis en huevo para consumo en la ciudad de México' *Técnica Pecuaria*, 43(2), 229–237.
- Medina, J & Oñate, J 2014, *Diseño e implementación de un prototipo que clasifique huevos de gallina según sus características*, Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla.
- Ministerio de la Protección Social 2011, *Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia 2010* [en línea], consultado: 11 de noviembre 2017, <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/GCFI/Base%20de%20datos%20ENSIN%20-%20Protocolo%20Ensin%202010.pdf>
- Minoi, J, Chiang, T, Lim, T, Yusoff, Z, Karim, A & Zulharnain, A 2016, 'Mobile vision-based automatic counting of bacteria colonies', *2016 International Conference on Information and Communication Technology (Icictm)*, Ieee, Kuala Lumpur, Malasia, pp. 41–46.
- Mutalib, S, Abdullah, M, Abdul-Rahman, S & Aziz, Z 2016, 'A brief study on paddy applications with image processing and proposed architecture', *2016 Ieee Conference on Systems, Process and Control (Icspc)*, Ieee, Malasia, pp. 124–129.
- Nashat, S, Abdullah, A & Abdullah, M 2014, 'Machine vision for crack inspection of biscuits featuring pyramid detection scheme', *Journal Food Engineering*, 120, 233–247.
- Navas, M & Vargas, R 2014, *Diseño e implementación de un sistema de ovoscopia con visión artificial para la detección de huevos fértiles para incubandina*, Universidad de las Fuerzas Armadas, Ecuador, Latacunga.
- Omid, M, Soltani, M, Dehrouyeh, M, Mohtasebi, S & Ahmadi, H 2013, 'An expert egg grading system based on machine vision and artificial intelligence techniques', *Journal Food Engineering*, 118 (1), 70–77.
- Ortiz, A & Mallo, J 2000, 'Factores que afectan a la calidad de imagen', *Actualidad Profesional*, 18–19.
- Parveen, Z, Alam, M & Shakir, H 2017, 'Assessment of quality of rice grain using optical and image processing technique', *2017 International Conference on Communication, Computing and Digital Systems (C-Code)*, Ieee, Pakistan, Islamabad, pp. 265–270.
- Pouladzadeh, P, Shirmohammadi, S & Al-Maghrabi, R 2014, 'Measuring calorie and nutrition from food image', *IEEE Instrumentation and Measurement Society*, 63 (8), 1947–1956.
- Priyadumkol, J, Kittichaikarn, Cand & Thainimit, S 2017, 'Crack detection on unwashed eggs using image processing', *Journal Food Engineering*, 209, 76–82.
- Quintana Fuentes, L, Gelvez Pinilla, M & Mendoza, L 2013, 'Estandarización de la fase de fermentación 'fase i' en la obtención de un licor de mandarina utilizando levadura 'saccharomyces cerevisiae', *Revista Publicaciones e Investigación*, Unad, Vol. 8, 139–149.
- Rajan, R, Raj, N, Ghosh, A & Shirale, D 2013, 'Anti-typhi immobilized Mwcnt-Pani nano sensor for salmonella typhi detection', *International Conference on Advanced Nanomaterials & Emerging Engineering Technologies*, Ieee, India, Chennai, pp. 383–386.
- Salvarci, U & Ayten, U 2017, 'Distance independent weight estimation of eggs from images using artificial neural networks', *2017 25th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, Ieee, Turquia, Antalya, pp. 1–4.
- Sun, L, Bi, X, Lin, H, Zhao, J & Cai, J 2013, 'On-line detection of eggshell crack based on acoustic resonance analysis', *Journal Food Engineering*, 116 (1), 240–245.
- Tichkule, S & Gawali, D 2016, 'Plant diseases detection using image processing techniques', *2016 Online International Conference on Green Engineering and Technologies (IC-GET)*, Ieee, pp. 1–6.
- Viter, R, Kharanovskyy, V, Starodub, N, Ogorodniichuk, Y, Gevelyuk, S, Gertnere, Z, Poletaev, N, Yakimova, R, Erts, D, Smyntyna, V & Ubelis, A 2014, 'Application of room temperature photoluminescence from ZnO nanorods for salmonella detection', *Ieee Sensors Journal*, 14 (6), 2028–2034.
- Waiwijit, U, Juruwongrunsee, K, Chokesajjawatee, N, Promppjai, J, Lomas, T, Sritongkham, P & Tuantranont, A 2012, 'QCM-Based DNA biosensor for Salmonella typhimurium detection', *2012 Ieee International Conference on Electron Devices and Solid State Circuit (Edssc)*, Ieee, Tailandia, Bangkok, pp. 1–3.
- Wang, F & Wen, Y 2011, 'Detecting preserved eggshell crack using machine vision', *Proceedings - 2011 International Conference of Information Technology, Computer Engineering and Management Sciences*, Ieee, China, vol. 3, pp. 62–65.
- Wang, Y, Fang, S, Zhu, F, Kerr, D, Boushey, C & Delp 2016, 'Food image analysis: The big data problem you can eat', *2016 50th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, Ieee, USA, Grove, pp. 1263–1267.
- Yao, L, Lu, L & Zheng, R 2017, 'Study on Detection Method of External Defects of Potato Image in Visible Light Environment' *2017 10th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (Icicta)*, Communication Reserch Institue of Changsha Univerisity of Science and Technology and Hunan City College, China, pp. 118–122.
- Zambrano Sánchez, N 2013, 'Simulación de un sistema de desodorización de aceite vegetal por medio de un control industrial automatizado', *Revista Publicaciones e Investigación*, 8, 119–125.
- Una Visión del Sistema de Certificación en Inocuidad de Alimentos," *Revista Publicaciones e Investigación.*, vol. 8, pp. 151–159, 2013.
- "Cámaras de móvil: no te fijas solo en los megapíxeles." [Online]. Available: <http://www.lavanguardia.com/tecnologia/20160428/401424856578/caracteristicas-importante-camara-movil.html>. [Accessed: 11-Nov-2017].

