

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE IMÁGENES PARA LA EVALUACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES APLICADOS EN FRUTAS

IMAGE ANALYSIS APPLICATION FOR THE EVALUATION OF EDIBLE COATING APPLIED TO FRUITS

Jennifer Rodríguez R.^{1a}, Daissy Montero M.^{1a},
Yeimy Hurtado T.^{1b}, Nidia Casas F.².

Resumen

En la actualidad, la tendencia del mercado está dada por un mayor consumo de productos frutícolas, tanto frescos como los mínimamente procesados que no solo conservan su calidad nutricional y sensorial sino que poseen un mayor tiempo de vida útil. Durante los últimos años se han estudiado muchas técnicas que permiten mantener la estabilidad y prolongar la vida útil de productos frutícolas. Dentro de estas técnicas se encuentra el empleo de películas y recubrimientos comestibles, estos recubrimientos permiten formar un revestimiento sobre el producto por medio de una capa delgada de material comestible que se comporta principalmente como una barrera que controla el transporte de gases, retrasa el deterioro, reduce la pérdida de agua, retarda los cambios de color, mejora la apariencia y disminuye la pérdida de aromas, permitiendo de esta forma garantizar la calidad y extender la vida útil del producto. Estos cambios asociados a la implementación de recubrimientos comestibles pueden ser evaluados a través de técnicas no destructivas como lo es el análisis de imágenes, el

cual consiste en la cuantificación de las propiedades de los objetos presentes en éste como el color, la textura, la forma, el tamaño, entre otras. Teniendo en cuenta las ventajas de esta técnica no destructiva, el objetivo de esta revisión es presentar una visión de la importancia del empleo del análisis de imágenes como una herramienta para evaluar la calidad de la aplicación de recubrimientos comestibles en frutas.

Palabras clave: Análisis de imágenes, mínimamente procesadas, película, color, textura.

Abstract

Currently, the market trend is guided by a higher consumption of fruit, both fresh and minimally processed (which not only retains its nutritional value and sensory quality, but also this product has a longer shelf life). In recent years, many techniques to maintain stability and extend the shelf life of fruit have been studied. One of these techniques is the use

¹ Estudiantes del semillero de investigación en producción eficiente en el sector agroalimentario (PROEFAL) del Programa de Ingeniería de Alimentos. Fundación Universitaria Agraria de Colombia, UNIAGRARIA. Bogotá. Colombia. a) Cuarto Semestre y b) Séptimo Semestre.

² Ingeniera de producción agroindustrial y mágister de diseño y gestión de procesos. Líder del semillero de investigación en producción eficiente en el sector agroalimentario (PROEFAL) Fundación Universitaria Agraria de Colombia, UNIAGRARIA. Docente ingeniería de alimentos. Bogotá. Colombia. casas.nidia@uniagraria.edu.co

of edible films and coatings. These coatings allow to form a film on the product, a thin layer of edible material which mainly acts as a barrier that controls the transport of gases, reduces deterioration, reduces water loss, slows color changes, improves appearance and reduces the loss of aromas, allowing to ensure quality and increase shelf life. These changes associated with the implementation of edible coatings can be evaluated with non-destructive techniques such as image analysis,

which consists in quantifying the properties of objects such as color, texture, shape, size, among others. Taking into account the advantages of this non-destructive technique, the objective of this review is to present a vision of the importance of using image analysis as a tool to assess the quality in the application of edible coatings for fruits.

Keywords: Image Analysis, minimally processed, film, color, texture

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el mercado está demandando un mayor consumo de productos frutícolas, ya sean presentados en fresco o con un valor añadido como los productos listos para su consumo, o mínimamente procesados (IV gama), que garantice su seguridad manteniendo su calidad nutritiva y sensorial. Sin embargo, se busca que estos productos tengan una estabilidad prolongada que les permitan ser distribuidos y comercializados de manera que lleguen al consumidor en condiciones óptimas.

Para poder lograr que estos productos frescos o mínimamente procesados mantengan su calidad, se debe tener en cuenta que el tejido de la fruta durante sus procesos de acondicionamiento para manejo como producto fresco y sus procesos de precortado para los productos de IV gama pueden sufrir cambios que generan problemas, como la pérdida de peso, por los procesos de exudación de líquidos de la fruta, aumento en la intensidad respiratoria del tejido por efecto del corte, alteraciones microbiológicas, pardeamiento y ablandamiento de los tejidos por acciones de enzimas presentes en la fruta, pérdida de nutrientes como vitaminas y de las características organolépticas propias del producto como el sabor, el aroma y el color (Oey, M. L., et al., 2007).

Durante los últimos se han estudiado muchas técnicas para minimizar los efectos de los fenómenos degradativos y extender la vida útil de los alimentos. Entre estos estudios están: (a) el almacenamiento a temperaturas bajas y alta humedad relativa (Henriod, 2006, Bhande et. al, 2008), el empaque bajo atmosferas modificadas y controladas que permitan controlar los procesos respiratorios típicos de los tejidos vivos y retardar la senescencia (Oms-Oliu et al., 2008a), c), el uso de agentes desinfectantes (Tefera et

al., 2007) y, más recientemente, el empleo de películas y recubrimientos comestibles (Rojas Graü et. al, 2008, Oms-Oliu et al., 2008b, Rungsinez et al., 2008).

Los recubrimientos comestibles se definen como una capa delgada de material comestible que se aplica en forma líquida sobre el alimento por inmersión o por aspersion, formando un revestimiento sobre el producto, el cual se comporta principalmente como una barrera que reduce la difusión de gases, permitiendo extender la vida útil del producto. De acuerdo con Olivas et al., 2007, estos recubrimientos producen una atmósfera modificada en la fruta que retrasa el deterioro, reduce la pérdida de agua, controla el transporte de gases (O_2 , CO_2 y etileno), retarda los cambios de color, mejora la apariencia y disminuye la pérdida de aromas y estabilizantes de textura.

Estos cambios que permiten reducir la aplicación de recubrimientos comestibles pueden ser evaluados a través de técnicas no destructivas como el análisis de imágenes, el cual tiene como finalidad la cuantificación de las propiedades de los objetos presentes en las imágenes, para lo cual es necesario entender los elementos que los componen, su origen y su naturaleza (Lira, 2002).

Por tanto, el objetivo de esta revisión es presentar una visión de la importancia del empleo del análisis de imágenes como una herramienta para evaluar la calidad de la aplicación de recubrimientos comestibles en diferentes frutas.

ANÁLISIS DE IMÁGENES

El análisis de imágenes es un método que permite caracterizar cuantitativamente las propiedades de los objetos y sus características físicas por medio de una imagen digital (Cheng y Da, 2004). Esta

técnica es cada vez más utilizada en diferentes áreas de la investigación debido a que esta es una práctica no destructiva y a que su aplicación es cada vez mayor dentro de la tecnología de alimentos, donde se ha utilizado principalmente para la evaluación de la calidad de los diferentes productos por efecto de la aplicación de procesos de transformación y conservación, con parámetros relacionados a características como la textura y el color, mientras que los parámetros morfométricos, como tamaños, áreas y perímetros (Butz, *et al.*, 2005), son los que más se evalúan a fin de determinar principalmente temas de detección de defectos, clasificación de frutas, vegetales, carne y pescado, y la evaluación de la calidad de productos de panificación y preparados alimenticios (Pedreschi *et al.*, 2004).

Además, esta técnica de evaluación a través de análisis de imágenes está evolucionando, actualmente se está combinando con sistemas mecánicos, computacionales (Jackman y Da, 2013) e instrumentales que reemplazan la

manipulación humana con el fin de hacer más eficaces los procesos y reducir los errores humanos al manipular las imágenes digitales (Cheng y Da, 2004).

El color, la textura, la forma y el tamaño son la información que más se emplea del análisis de las imágenes digitales dentro de la industria alimentaria. La medición de color a través de esta técnica permite una medición de forma exacta y no invasiva a partir de los valores de los píxeles de la imagen. La textura permite describir las propiedades tales como regularidad u homogeneidad, mientras que la cuantificación de la forma permite definir cambios en áreas y circularidad, y la medición del tamaño permite definir parámetros de longitud, radio y diámetros (Acosta, 2009).

A continuación se presentan algunas de las últimas aplicaciones del análisis de imágenes en la industria alimentaria, donde se muestra que esta técnica se emplea como mecanismo de evaluación de la calidad de la aplicación de diferentes procesos industriales.

Parámetro	Matriz	Descripción	Referencia
Color	Cáscara de banano	Evaluación de los parámetros de color CIELab para determinar el grado de pardeamiento de cáscaras de plátano a diferentes condiciones de almacenamiento, en la cual concluyeron que el análisis de imagen se puede utilizar para evaluar el pardeamiento de cáscaras de plátano.	Cho <i>et al.</i> (2016)
Color	Zanahoria	Determinación no destructiva en tiempo real del color durante los procesos de deshidratación por aire caliente de rodajas de zanahoria, encontrando que las imágenes multispectrales tienen un excelente potencial para la determinación rápida, no destructiva y simultánea de cambio de color y distribución de la humedad de un producto.	Changhong <i>et al.</i> (2016)

Parámetro	Matriz	Descripción	Referencia
Textura	Alimentos extruidos	Evaluación de las características de textura relacionadas con gomosidad, dureza y elasticidad a partir de imágenes de la superficie de los alimentos de extrusión, encontrando que esta herramienta, junto con la aplicación de análisis con redes neuronales, permite predecir los comportamientos en estos parámetros a la hora de elaborar un producto extruido.	Fan <i>et al.</i> (2013)
Tamaño	Lentejas	Determinaron con precisión el tamaño de la evaluación del tamaño de diferentes variedades de lentejas a través del análisis de imágenes digitales, encontrando que esta técnica permite obtener datos con un mayor nivel de detalles y precisión con un R2 > 0,99	<i>et al.</i>
Tamaño	Garbanzos	En este estudio se evaluó el tamaño de fenotipos de semillas de garbanzo por medio del análisis de imágenes, concluyendo que esta técnica proporciona una evaluación rápida de tamaño.	Sankaran <i>et al.</i> (2015)
Tamaño y forma	Geles de agar y gelano liofilizados	Evaluar a través de análisis de imágenes geles de agar y gelano liofilizados, logrando determinar parámetros como área, perímetro, diámetro equivalente, espesor y forma de las paredes celulares y redondez de las células de los geles de gelano y agar.	Tiwari <i>et al.</i> (2015)

RECUBRIMIENTOS Y PELÍCULAS COMESTIBLES

Un recubrimiento comestible se puede definir como una matriz o capa continua delgada comestible, que se aplica de forma líquida sobre el alimento, formando así una atmósfera modificada al producto, ya que actúa como una barrera que hace que se reduzca la expansión de gases, e incluso puede mitigar el crecimiento de agentes microbianos externos del alimento, para así extender la vida útil del producto (Eum, *et al.*, 2009). Según Quintero *et al.* (2010), dependiendo de las sustancias que forman los recubrimientos comestibles, presentan ciertas propiedades mecánicas y de barrera al H₂O, CO₂ y O₂, y, por tanto, los recubrimientos comestibles ayudan en el producto a reducir la pérdida de agua y de aroma en el alimento, así como también reduce el deterioro y las coloraciones que este puedan presentar.

A fin de cumplir con estos requerimientos, los recubrimientos comestibles debe tener las siguientes propiedades: a) *Propiedades de barrera*, deben evitar la migración de agua, debido a que esta pérdida de humedad se traduce en reducción de peso y de turgencia, cambios en la textura y la apariencia, por tanto, la naturaleza del recubrimiento comestible empleado desempeña un papel muy importante: a mayor hidrofobicidad de los materiales utilizados, mayor permeabilidad al vapor de agua (Rojas-Graü *et al.*, 2007); b) *Control de intercambio gaseoso*, debe permitir un intercambio de gases controlado entre el producto fresco y su atmósfera circundante, a fin de reducir la tasa de respiración y retardar el proceso de deterioro (Lin & Zhao, 2007), evitando que se creen condiciones de anaerobiosis que pueden generar aromas indeseables; c) *Protección contra daño físico*, la película debe ayudar a proteger el producto de impactos mecánicos,

de presión y vibraciones, a fin de mantener la estructura del producto. Según Olivas *et al.* (2005), el grado de cohesión de los recubrimientos comestibles gobierna las propiedades de barrera y mecánicas de las coberturas, por tanto una alta capacidad de adhesión asegura una durabilidad larga del recubrimiento en la superficie de la fruta; y d) *Transporte de aditivos*, los recubrimientos comestibles pueden llevar ingredientes adicionales como agentes antioxidantes, antimicrobianos, productos nutracéuticos, prebióticos y probióticos, con el fin de proteger el producto de reacciones de

oxidación y deterioro, reducir las cargas microbianas, enriquecer y mejorar la calidad del producto final (Lin & Zhao, 2007).

Para el desarrollo de estos recubrimientos comestibles se pueden emplear tres categorías de componentes: polisacáridos, proteínas y lípidos. Cada uno de estos presentan propiedades de barrera distintas, por lo cual actualmente se están empleando mezclas de estos componentes para obtener mejores resultados. A continuación se indican las propiedades de estos componentes.

Producto	Propiedades	Tipos
Polisacáridos	Son excelentes barreras de oxígeno sin generar graves condiciones de anaerobiosis, por su permeabilidad selectiva al O ₂ y CO ₂ . Mantienen la estructura del producto. No son efectivas barreras a la humedad debido a su naturaleza hidrofílica.	Maltodextrina, metilcelulosa CMC, pectina, alginato, gelano, almidón, chitosan, celulosa, aloe vera.
Proteínas	Son excelentes barreras de oxígeno sin generar graves condiciones de anaerobiosis. No son efectivas barreras a la humedad. Proporcionan fuerza e integridad estructural.	Proteína de soya, suero de leche, caseína, albumina de huevo, colágeno.
Lípidos	Barrera limitada al oxígeno, debido a la presencia de poros microscópicos. Buenas propiedades de barrera al vapor de agua, debido a su baja polaridad Normalmente son opacos y relativamente inflexibles.	Cera de abejas, aceite mineral y vegetal, agentes tensoactivos, cera de carnauba y parafina.

De acuerdo con Rojas-Graü *et al.* (2007), la aplicación de estos recubrimientos comestibles en los productos frutícolas presenta una serie de ventajas. Mejoran la retención del color, los ácidos, los azúcares y los componentes del sabor; reducen la pérdida de peso, mantienen la calidad del producto durante el almacenamiento, disminuyen los desórdenes metabólicos durante el período de conservación, reducen la pérdida de firmeza, mejoran la apariencia, reducen la tasa de respiración, retardan la producción de

etileno, reducen el crecimiento microbiológico y, al incluir agentes antimicrobianos, pueden proporcionar nutrientes adicionales como antioxidantes, prebióticos o probióticos. Además, pueden mejorar las características sensoriales y pueden ser ingeridas por el consumidor, tienen un bajo costo y extienden la vida útil. También hay desventajas, como que el espesor de la capa, para evitar la limitación del intercambio de gases y del proceso de respiración, puede generar acumulación de altos niveles de etanol,

desarrollando sabores desagradables. Si la película tiene buenas propiedades de barrera de gas, puede causar respiración anaeróbica y el color, sabor y espesor del recubrimiento comestible pueden generar cambios en las características sensoriales del producto.

de un producto tanto a nivel macroscópico como a nivel microscópico, a continuación se muestran algunos ejemplos de la aplicación de esta técnica en los últimos cinco años en la evaluación de recubrimientos comestibles aplicados en diferentes matrices frutícolas y empleando diferentes tipos de componentes.

Aplicación de análisis de imágenes para la evaluación de los recubrimientos comestibles

Teniendo en cuenta las bondades que ofrece el análisis de imágenes para evaluar la calidad

Parámetro	Descripción	Referencia
Evaluación del color	Evaluación a través del análisis de imágenes de los cambios de color de una película elaborada a partir de alginato de sodio y glicerol, siendo posible modelar la concentración superficial de alginato como una función del color de la superficie utilizando herramientas matemáticas que permiten estudiar el uso óptimo de las películas.	Acevedo <i>et al.</i> (2012)
Evaluación del color	Evaluación de los cambios de color por efecto del pardeamiento enzimático al aplicar recubrimientos comestibles de aloe vera y CMC a través del análisis de imágenes, encontrando que los recubrimientos tienen un patrón de comportamiento heterogéneo y no uniforme.	Noshad <i>et al.</i> (2015)
Evaluación de cambios microestructurales	Evaluación de la influencia de recubrimientos comestibles en la calidad microestructural de papaya deshidratada a través del análisis de imágenes obtenidas por microscopía electrónica, encontrando una intensa ruptura de las membranas celulares en los tejidos secos y, además, que la disposición del tejido celular en las rodajas de papaya recubiertas fue similar a la encontrada en las rodajas de papaya frescas antes y después del secado.	Castilho <i>et al.</i> (2014)
Evaluación de cambios microestructurales	Evaluación de los cambios microestructurales en la guayaba por efecto de la aplicación de recubrimientos comestibles, encontrando que se presenta una mayor descomposición del tejido en los lugares cercanos a la parte externa de la guayaba.	Forato <i>et al.</i> (2014)

Parámetro	Descripción	Referencia
Evaluación de cambios microestructurales	Evaluación de los cambios de calidad a nivel físico-químico y microestructural durante la vida útil del melón con un proceso de deshidratación osmótica con calcio y aplicación de recubrimiento comestible, encontrando que estos tratamientos no permiten mantener el tamaño y forma celular redonda, por el contrario se evidencia plasmólisis y pérdida de turgencia celular.	Ferrari <i>et al.</i> (2013)
Evaluación de textura	Aplicación de análisis de textura de imágenes para la caracterización cuantitativa de una superficie biológica de películas comestibles a base de alginato y quitosano, sobre la cascara del aguacate durante el proceso de maduración. Se obtuvieron imágenes empleando diferentes técnicas de microscopía realizando un estudio profundo de la aplicación de la técnica de nanoindentación sobre la caracterización de las propiedades mecánicas de la película comestible.	Arzate (2011)
Evaluación de textura	Empleo de técnicas de microscopía y del análisis de imágenes para la evaluación de la microestructura de películas puras y en mezcla, encontrando que se presenta una superficie menos rugosa en la combinación de aloe vera y goma gelana, asimismo definiendo el efecto del mezclado en las relaciones propiedad-estructura-funcionalidad de películas comestibles con potencial uso en la industria alimentaria.	González <i>et al.</i> (2012)
Evaluación de cambios microestructurales	Evaluación de la homogeneidad y apariencia de las superficies de las películas comestibles obtenidas a partir de almidón de plátano, encontrando una película lisa y suave cuando se incorporó aceite esencial de canela con el emulsificante, y con microfracturas en la superficie cuando se incorporó sorbato de potasio.	Romero <i>et al.</i> (2011)
Evaluación de textura	Empleo de técnicas de microscopía y el análisis de imágenes de estructura con el fin de caracterizar las microestructuras del quitosano y películas comestibles de alginato, características texturales y dimensión fractal fueron extraídos de las imágenes para evaluar la complejidad y la rugosidad de las películas. Se determina que las técnicas de microscopía combinados con análisis de imágenes de textura son herramientas eficientes para evaluar cuantitativamente la morfología superficial de películas comestibles hechos de quitosano y alginato.	Arzate <i>et al.</i> (2012)

APLICACIÓN INDUSTRIAL

El mantenimiento de la calidad de los productos frescos sigue siendo un gran desafío para la industria alimentaria debido principalmente a sus cortos tiempos de vida útil, los cuáles se pueden extender por efecto de la aplicación de los recubrimientos comestibles, aunque estos generan variaciones en características de calidad tanto a nivel macroscópico, relacionados con cambios en el color, y a nivel microscópicos, como cambios microestructurales por efecto de la pérdida de humedad y el deterioro del tejido, cambios que se pueden evaluar a través de la aplicación del análisis de imágenes, herramienta no destructiva y de fácil aplicación dentro de la industria alimentaria. Además, el análisis de imágenes se puede emplear para evaluar el nivel de adherencia de la película o recubrimiento a la fruta, ya que el nivel de adhesión influye directamente en el efecto positivo o negativo que tenga la película en el producto, principalmente si se logra incrementar su vida útil.

En conclusión, los estudios enunciados en la revisión bibliográfica y las perspectivas planteadas anteriormente muestran que aún hace falta mucho por investigar, lo cual genera una gran expectativa en relación a las grandes oportunidades que hay no solo para la investigación científica sino para la aplicación, en la cual se puede dar ese valor diferenciador y lograr que nuestros productos frutícolas lleguen a otros países mediante la aplicación de estas metodologías de extensión de vida útil y de valor agregado y con evaluaciones de calidad con mayor criterio a solo variables físico-químicas.

REFERENCIAS

Acevedo, C., López, D., Tapia, M., Enrione, J., Skurtys, O., Pedreschi, F., Brown, D.,

Creixell, W., Osorio, F. (2012). Using RGB Image Processing for Designing an Alginate Edible Film. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5): 1511-1520.

Acosta, Wendy. (2009). Evaluación del proceso de rehidratación del liofilizado de aguacate criollo (*Persea americana Mill variedad Drimifolia*) mediante análisis de imágenes. Tesis para optar el título de máster en ciencias químico-biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México.

Alvarado González, J., Chanona Perez, J., Welti Chanes, J., Calderón Domínguez, G., Arzate Vázquez, D., Pacheco Alcalá, S., Garibay Febles, V., Gutiérrez López, G. (2012). Optical, microstructural, functional and nanomechanical properties of aloe vera gel/gellan gum edible films. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 11(2): 193-210.

Arzate Vázquez, I. (2011). Aplicación del análisis de textura de imágenes para la caracterización cuantitativa de superficies biológicas. Tesis de doctorado en alimentos. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. México.

Arzate Vázquez, I., Chanona Pérez, J.J., Calderón Domínguez, G., Terres Rojas, E., Garibay Febles, V., Martínez Rivas, A. and Gutiérrez López, G.F. (2012). Microstructural characterization of chitosan and alginate films by microscopy techniques and texture image analysis. *Carbohydrate Polymers* 87, 289-299.

Bhande S. D., Ravindra M. R., Goswami T. K. (2008). Respiration rate of banana fruit under aerobic conditions at different storage temperatures. *Journal of Food Engineering* 87: 116-123.

- Bosquez Molina, E., Guerrero Legarreta, I. and Vernon-Carter, E. J. (2003). Moisture barrier properties and morphology of mesquite gum candelilla wax based edible emulsion coatings. *Food Research International* 36, 885-893.
- Butz, P., Hofmann, C., Tauscher, B. (2005). Recent Developments in Noninvasive Techniques for Fresh Fruit and Vegetable Internal Quality Analysis. *Journal of Food Science*. 70(9): R131 – R141.
- Castilho, C., Cássia, L., De Souza, K., Aparecida, M. (2014). Influence of Edible Coating on the Drying and Quality of Papaya (*Carica papaya*). *Food and Bioprocess Technology*. 7(10): 2828-2839
- Changhong L, Wei L, Xuzhong L, Wei C, Jianbo Y, Lei Z. (2016). Potential of multispectral imaging for real-time determination of colour change and moisture distribution in carrot slices during hot air dehydration. *Food Chemistry*. 195: 110–116.
- Cheng-Jin Du, Da-Wen Sun. (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Food Science & Technology*. 15(5): 230–249.
- Cho, J. S., Lee, H. J., Park, J. H., Sung, J. H., Choi, J. Y., Moon, K. D. (2016). Image analysis to evaluate the browning degree of banana (*Musa spp.*) peel. *Food Chemistry*. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.08.103
- Eum, H., Hwang, D., Linke, M., Lee, S., Zude, M. (2009). Influence of edible coating on quality of plum (*Prunus salicina Lindl. cv. 'Sapphire'*). *European Food Research and Technology*. 229 (3): 427–434.
- Fan, F. H., Ma, Q., Ge, J., Peng, Q., Riley, W., Tanga, S. (2013). Prediction of texture characteristics from extrusion food surface images using a computer vision system and artificial neural networks. *Journal of Food Engineering*. 118(4): 426-433.
- Ferrari, C., Sarantópoulos, C., Carmello Guerreiro, S., Hubinger, M. (2013). Effect of Osmotic Dehydration and Pectin Edible Coatings on Quality and Shelf Life of Fresh-Cut Melon. *Food Bioprocess Technology*. 6:80-91.
- Forato, L., De Britto, D., Rizzoa, J., Gastaldia, T., Assisa, O. (2015). Effect of cashew gum-carboxymethylcellulose edible coatings in extending the shelf-life of fresh and cut guavas. *Food Packaging and Shelf Life*. 5: 68-74.
- Henriod R. E. (2006). Postharvest characteristics of navel oranges following high humidity and low temperature storage and transport. *Postharvest Biology and Technology* 42: 57-64
- Jackman P., Da, W. (2013). Recent advances in image processing using image texture features for food quality assessment. *Journal of Food Science & Technology*, 29: 35-43.
- LeMasurier, L., Panozzo, J., Walker, C. (2014). A digital image analysis method for assessment of lentil size traits. *Journal of Food Engineering*. 128: 72-78.
- Lin D., Zhao Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6: 60-75.

- Lira, J. (2002). Introducción al tratamiento digital de imágenes Descriptores Morfológicos. Ciencia de la Computación. México. 447 pp.
- Noshad, M., Mohebbi, M., Ansarifard, E., Alizadeh, B. (2015). Quantification of enzymatic browning kinetics of quince preserved by edible coating using the fractal texture Fourier image. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 9(3): 375-381.
- Oey, M. L., Vanstreels, E., De Baerdemaeker, J., Tijskens, E., Ramon, H., Hertog, M. L. A. T. M., & Nicolai, B. (2007). Effect of turgor on micromechanical and structural properties of apple tissue: A quantitative analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 44(3), 240-247.
- Olivas G., Mattinson D., Barbosa-Cánovas, G. (2007). Alginate coatings for reservation of minimally processed 'Gala' apples. *Postharvest Biol. Technol.* 45: 89-96.
- Oms Oliu, G., Odriozola Serrano, I., Soliva Fortuny, R., Martín Belloso, O., (2008a). Antioxidant content of fresh-cut pears stored in high-O₂ active package compared with conventional low-O₂ active and passive modified atmosphere packaging. *J. Agric. Food Chem.* 56: 932-940.
- Oms Oliu, G., Soliva Fortuny, R., Martín Belloso, O. (2008b). Using polysaccharide-based edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. *LWT – Food Science and Technology*, 41 (10): 1862-1870.
- Oms Oliu, G., Soliva Fortuny, R., Martín Belloso, O. (2008c). Physiological and microbiological changes in fresh-cut pears stored in high oxygen active packages compared with low oxygen active and passive modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 48 (2): 295-301.
- Pedreschi, F., Mery, D., Mendoza, F., Aguilera, J. (2004). Classification of potato chips using pattern recognition. *Food Engineering and Physical Properties*. 69(6): E264 – E270.
- Quintero, C., Falguera, V., Muñoz, A. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: Importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga* 1(5): 93-118.
- Rojas Graü, M., Tapia, M., Martín Belloso, O. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 41: 139-147.
- Rojas Graü, M., Tapia, M., Rodríguez, F., Martín Belloso, O., (2007). Empleo de recubrimientos comestibles en frutas frescas cortadas: nuevo enfoque de conservación y desarrollo de productos. *Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos*. 382: 105-118.
- Romero Bastida, C. A., Zamudio Flores, P. B. and Bello Pérez, L. A. (2011). Antimicrobianos en películas de almidón oxidado de plátano: efecto sobre la actividad antibacteriana, microestructura, propiedades mecánicas y de barrera. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 10, 445-453.
- Rungsinee S., Patratip R. (2008). Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. *Postharvest Biology and Technology* 47: 407-415.
- Sankarana, S., Wang, M., Vandemark, G. (2015). Image-based rapid phenotyping of chickpeas seed size. *Engineering in*

Agriculture, Environment and Food.
doi:10.1016/j.eaef.2015.06.001

Tefera; T. Seyoum; K. Woldetsadik. (2007).
Effect of Disinfection, Packaging, and
Storage Environment on the Shelf Life
of Mango. *Biosystems Engineering* 96–2:
201-212.

Tiwari, S., Chakkaravarthi, A., Bhattacharya,
S. (2015). Imaging and image analysis of
freeze-dried cellular solids of gellan and
agar gels. *Journal of Food Engineering*.
165: 60–65.