

## FILMES Y REVESTIMIENTOS COMESTIBLES COMO EMPAQUES ACTIVOS BIODEGRADABLES EN LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

## EDIBLE FILMS AND COATINGS AS BIODEGRADABLE ACTIVE PACKAGING IN THE PRESERVATION OF FOOD PRODUCTS

## FILMES E REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS COMO EMBALAGEM ATIVA BIODEGRADÁVEL NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

ALBA MANUELA DURANGO<sup>1</sup>, NILDA DE FÁTIMA SOARES<sup>2</sup>, MARGARITA ROSA ARTEAGA<sup>3</sup>

### PALABRAS CLAVE:

Filmes y revestimientos comestibles, Empaque activo, Empaques biodegradables, Empaque antimicrobiano.

### KEYWORDS:

Edible films and coatings, Active packaging, Biodegradable packaging, Antimicrobial packaging.

### PALABRAS-CHAVE:

Filmes e revestimentos comestíveis, Embalagem ativa, Embalagens biodegradáveis, Embalagem antimicrobiano.

### RESUMEN

*Los filmes y revestimientos comestibles son una innovación dentro del concepto de empaque activo biodegradable, los cuales interactúan con los alimentos con el fin de extender su vida útil, mejorar su seguridad y/o propiedades sensoriales o funcionales, mientras mantiene la calidad del alimento empacado. El uso de filmes y revestimientos comestibles a base de biopolímeros ha tomado un auge importante en la industria de alimentos, debido a muchos factores como sus características de biodegradabilidad, que contribuyen a disminuir la contaminación ambiental, su potencial para evitar la alteración de los alimentos y la posibilidad de generar nuevos mercados a productos derivados de fuentes naturales renovables. Los filmes y revestimientos comestibles han demostrado ser efectivos en la preservación de muchos alimentos, especialmente en frutas y hortalizas para mantener su apariencia fresca, su firmeza, el brillo, aumentando la calidad del producto y su valor comercial.*

### ABSTRACT

*Edible films and coatings are an innovation within biodegradable active packaging concept, which interacts with food in order to extend shelf life, improve safety and/or functional or sensory properties while maintaining the quality of food packaging. The use of edible films and coatings based*

---

**Recibido para evaluación:** 8 de noviembre de 2009. **Aprobado para publicación:** 26 de marzo de 2011

- 1 Bacterióloga, Ph.D. en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Profesor Titular del Departamento de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.
- 2 Ingeniera de Alimentos, Ph.D. en Ciencia de Alimentos, Profesor Titular del Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brazil.
- 3 Ingeniera de Alimentos, M.Sc en Ciencia y Tecnología de la Leche, Profesor Asistente del Departamento de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.

**Correspondencia:** adurango@sinu.unicordoba.edu.co

*on biopolymers has taken a major boom in the food industry due to many factors such as biodegradability characteristics that contribute to reducing environmental pollution, its potential to prevent the alteration of food and the ability to generate new markets for products derived from renewable natural sources Edible films and coatings have proved to be effective in the preservation of many foods, especially fruits and vegetables maintain their fresh appearance, firmness, brightness, increasing product quality and commercial value.*

## RESUMMO

Os Filmes e revestimentos comestíveis são uma inovação do conceito de embalagem ativa biodegradável, os quais interagem com os alimentos com o fim de estender sua vida útil, melhorar sua segurança y/o propiedades sensoriais o funcionais, enquanto mantêm a qualidade do alimento empacado. O uso de filmes e revestimentos comestíveis a base de biopolímeros têm-se tornado importante na indústria de alimentos, devido a fatores tais como suas características de biodegradabilidade, que contribuem a diminuir a contaminação ambiental; seu potencial para evitar a alteração dos alimentos e a possibilidade de gerar novos mercados a produtos originários de fontes naturais renováveis. Os filmes e revestimentos comestíveis têm demonstrado ser efetivos na preservação de muitos alimentos, especialmente em frutas e hortaliças para manter sua aparência fresca, sua firmeza, o brilho, aumentando a qualidade do produto y seu valor comercial.

## INTRODUCCIÓN

Las investigaciones sobre empaques se han enfocado en filmes y revestimientos comestibles, debido a factores como la demanda de los consumidores por alimentos de alta calidad, necesidad de nuevas técnicas de almacenamiento para la industria alimentaria, conceptos ambientales sobre la disposición de materiales renovables para empaques, y oportunidades para crear nuevos mercados mediante el uso de residuos agrícolas.

Los filmes y revestimientos comestibles son elaborados a base de biopolímeros, como proteínas, lípidos y polisacáridos derivados de fuentes naturales renovables que son completamente biodegradados en un período de tiempo considerablemente corto, contribuyendo así a reducir la contaminación del medio ambiente [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Los filmes y revestimientos comestibles son un tema de gran interés porque además de su biodegradabilidad, tienen un gran potencial para evitar el deterioro de muchos productos alimenticios [7, 8, 9].

El objetivo de este trabajo es presentar una revisión sobre los filmes y revestimientos comestibles, su desarrollo, aplicaciones y usos en la industria de alimentos.

### Filmes y revestimientos comestibles

Los filmes y revestimientos comestibles actúan como

una barrera a los elementos externos, protegiendo el producto y extendiendo su vida útil [6, 10, 11, 12, 13]. Se presentan en formas diferentes; como filme es una fina película formada separadamente del alimento y aplicada después sobre el mismo; como revestimiento o recubrimiento, es una suspensión o emulsión aplicada directamente sobre la superficie del alimento donde es secada formando una fina película sobre el producto [6, 7, 14].

El empleo filmes y revestimientos comestibles en alimentos no es una novedad, desde el siglo XII los chinos aplicaban cera en las naranjas y limones, para aumentar la vida útil de esas frutas [15].

### Composición de los Filmes y Revestimientos

Los filmes y revestimientos comestibles pueden ser elaborados a partir de biopolímeros como polisacáridos, proteínas e lípidos, los cuales presentan bondades como su biodegradabilidad, comestibilidad, apariencia estética, buenas propiedades de barreras contra el oxígeno y vapor de agua [10]. De acuerdo a su composición los filmes y revestimientos comestibles pueden ser clasificados en tres categorías:

1. Hidrocoloidales, son elaborados a base de polisacáridos o proteínas, los cuales presentan baja permeabilidad al oxígeno, dióxido de carbono y lípidos; pero alta permeabilidad al vapor de agua, debido a su naturaleza hidrofílica [7].

2. Lipídicos, son a base de lípidos, los cuales por su hidrofobicidad presentan baja permeabilidad al vapor de agua [1].
3. Compuestos, que son a base de proteínas mas lípidos o polisacáridos mas lípidos. En la actualidad, las investigaciones se han focalizadas sobre este tipo de filmes y revestimientos, porque combinan las ventajas de cada uno de los componentes utilizados, reduciendo así sus desventajas [7]. La adición de aceite de girasol a revestimientos a base de almidón de maíz, disminuyo significativamente la permeabilidad al vapor de agua de los revestimientos [16].

Los polisacáridos que se utilizan en la elaboración de filmes y revestimientos comestibles son los derivados de la celulosa (metilcelulosa MC, hidroximetil celulosa HMC, hidroxipropil metilcelulosa HPMC y carboximetilcelulosa CMC), el almidón, quitosano, alginato, carragenina, pectina, pululana, entre otros [17]. Dentro de los polisacáridos el almidón es el biopolímero natural más empleado. El uso del almidón puede ser una interesante alternativa para filmes y revestimientos comestibles debido a su fácil procesamiento, bajo costo, abundancia, biodegradabilidad, comestibilidad y fácil manipulación [18, 19]. Las fuentes principales de almidón utilizadas en la elaboración de filmes y revestimientos comestibles son el maíz, yuca, ñame, papa, trigo, etc.

El almidón de ñame (*Dioscorea* sp) es considerado una buena fuente para la producción de filmes y revestimientos comestibles, por su contenido de amilosa, su estabilidad a altas temperaturas y bajos pH [20]. Filmes elaborados a base de almidón de ñame y glicerol presentan permeabilidad al vapor de agua de 4,58 g mm kPa-1 d-1 m-2 (0,529 x 10-10 g m-1 s-1 Pa-1), [21] menor que la reportada por otros autores [18, 22] en las mismas condiciones de temperatura y humedad relativa y con gran potencial de aplicación en la industria de alimentos.

Dentro de las proteínas se vienen utilizando las de origen animal como gelatina, colágeno, la caseína y las proteínas del suero de queso, y las de origen vegetal como la zeína, que es una proteína obtenida del maíz, gluten de trigo, soya [10, 14, 23].

Los lípidos más utilizados son las ceras (de abeja,

de carnaúba, de parafina), aceite mineral y vegetal y acetilglicéridos, entre otros [17].

Un componente importante en la formación de los filmes y revestimientos, son los plastificantes, que son sustancias no volátiles con alto punto de fusión que cuando son adicionados a un material, mudan sus propiedades físicas y/o mecánicas [24]. Los plastificantes más usados en la elaboración de filmes y revestimientos comestibles son el glicerol y el sorbitol, que actúan a nivel de los puentes de hidrógeno reduciendo las fuerzas intermoleculares a lo largo de las cadenas del polímero, mejorando en ellos sus propiedades mecánicas como flexibilidad, fuerza y resistencia [25, 26]. Igualmente, pueden mejorar las propiedades de barrera al vapor de agua; la adición de sorbitol y glicerol a filmes y revestimientos a base de almidón de maíz y de batata, con diferentes contenidos de amilosa, mejoro sus propiedades de barrera al vapor de agua, a mayor concentración del plastificante en los revestimientos menor fue la permeabilidad al vapor de agua, siendo los revestimientos con sorbitol los que presentaron los menores valores de permeabilidad [27]. La adición de plastificante y lípidos al mismo tiempo en los filmes y revestimientos disminuyen aún más la permeabilidad al vapor de agua [16].

### Filmes y Revestimientos Comestibles Antimicrobianos

Una innovación de los filmes y revestimientos comestibles es que pueden servir de vehículos para diferentes sustancias como antimicrobianos, vitaminas, nutrientes, saborizantes, antioxidantes, colorantes u otro ingrediente funcional que interactúa con el alimento para mejorar su estabilidad, seguridad, calidad y funcionalidad [28, 29, 30, 31, 13, 32]. Los filmes y revestimientos antimicrobianos pueden reducir, inhibir o retardar el crecimiento de los microorganismos presentes en los alimentos [33]. La contaminación microbiana reduce la vida útil de los alimentos y aumenta el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos. La contaminación microbiana es mayor en la superficie del producto y los filmes y revestimientos antimicrobianos a través del contacto con los alimentos y la liberación de los compuestos antimicrobianos tienen una función importante en la conservación de los alimentos [33]. El crecimiento de los microorganismos tanto patógenos como alterantes puede ser prevenido por la incorporación de agentes antimicrobianos en los filmes o revestimientos [34].

Tradicionalmente, los antimicrobianos son adicionados directamente en los alimentos, pero su actividad puede ser inhibida por muchas sustancias del propio alimento. Por ejemplo, en la leche el contenido de grasa puede interactuar con la nisina reduciendo su actividad antimicrobiana sobre *Listeria monocytogenes* [35]. Otra investigación muestra que el ácido sórbico cuando es incorporado en filmes a base de pectina, gluten y monoglicéridos presenta una mayor actividad antimicrobiana sobre el crecimiento de hongos, que cuando es adicionado directamente sobre el alimento [2]. Esto hace que los filmes y revestimientos antimicrobianos sean más eficientes en la conservación de los alimentos.

Los antimicrobianos más utilizados en filmes y revestimientos comestibles son los ácidos orgánicos o sus sales, como ácido sórbico, ácido propiónico, sorbato de potasio, ácido benzoico, benzoato de sodio, ácido cítrico; bacteriocinas como nisina, pediocina; enzimas como peroxidasa, lisozima y polisacáridos con propiedades antimicrobianas naturales como el quitosano [36, 34, 37, 38, 39, 40, 17]. El quitosano ha sido muy utilizado en la composición de filmes y revestimientos antimicrobianos por su acción bactericida y fungicida, debida a su capacidad de ligarse a las moléculas de agua e inactivar las enzimas microbianas [5, 41, 42]. Revestimientos antimicrobianos a base de almidón de ñame y 1,5% de quitosano controlan en la zanahoria mínimamente procesada la población de coliformes totales, psicrotróficos, mesófilos aerobios, bacterias lácticas y hongos [18, 38]. Un filme antimicrobiano desarrollado a base de almidón de ñame y quitosano reduce en 2 ciclos log el crecimiento de *Salmonella enteritidis* [39]. Investigaciones realizadas han demostrado que los filmes y revestimientos comestibles antimicrobianos pueden ser una alternativa viable para controlar el crecimiento microbiano en frutas y hortalizas mínimamente procesadas y aumentar su vida útil.

Aplicaciones en la Industria de Alimentos

Los filmes y revestimientos comestibles tienen mucha aplicación en la industria de alimentos. Filmes y revestimientos comestibles son usados con mucha frecuencia como barreras para lípidos, vapor de agua, gas y flavor en frutas y vegetales frescos y mínimamente procesados, confitería, alimentos congelados y productos cárnicos [28, 43, 2, 44, 45, 46].

Filmes comestibles a base de proteína aislada de suero (WPI) y acetilmonoglicéridos se han utilizado en la conservación del salmón congelado para disminuir la pérdida de agua y la oxidación de los lípidos [47, 48].

Una aplicación interesante de los empaques comestibles es en alimentos para fritar, los cuales durante el proceso de fritura absorben lípidos, ocasionando un problema de salud en personas obesas o con enfermedades cardiovasculares, revestimientos comestibles elaborados a base de Metilcelulosa y sorbitol utilizado en papas a la francesa reducen la entrada de aceite en el momento de la fritura hasta de un 40,6% [49]. Revestimientos a base de proteína de soya/proteína de suero y metilcelulosa/proteína de soya aplicados en productos de pastelería, reducen durante el proceso de fritura la adsorción de grasa en un 99,8% y 83,5%, respectivamente y además, disminuyen la pérdida de agua durante el mismo [50].

Otra aplicación muy utilizada por la industria, es en alimentos con diferentes contenidos de humedad listos para el consumo, como cereales secos con uvas pasas, las cuales poseen una humedad del 13 a 18%, mientras los cereales tienen del 2 a 3%, si las uvas no son cubiertas con un revestimiento comestible pueden perder agua y tornarse secas y los cereales ganar esa agua y perder la crocancia, ocasionando una pérdida de calidad en el producto. Revestimientos elaborados a base de Metilcelulosa y ácido palmítico conservan el helado Sundae manteniendo crujiente el cono por 3 meses a  $-23^{\circ}\text{C}$ , al evitar que la humedad del helado pase al mismo [51].

Los filmes y revestimientos comestibles han sido muy utilizados en la industria de frutas y hortalizas enteras y mínimamente procesadas [23, 52, 13, 53]. Recubrimientos o revestimientos a base de quitosano aplicados en mandarinas "Fortune" redujeron la pérdida de peso y mejoraron la firmeza con respecto al control [54]. Revestimientos elaborados a base de almidón de ñame conservan el color brillante de la zanahoria mínimamente procesada después de 15 días de almacenamiento [18]. Revestimientos comestibles a base de los polisacáridos alginato y gelano prolongaron la vida útil de las manzanas Fuji cortadas hasta 2 semanas, mientras la vida útil en las manzanas no revestidas fue menor de 4 días [29].

## CONCLUSIONES

Los filmes y revestimientos comestibles elaborados a partir de biopolímeros presentan numerosas ventajas, entre ellas la de ser biodegradables, reciclables, pueden transportar aditivos, poseer buenas propiedades de barrera y mecánicas; mejoran la apariencia de los alimentos y protegen sus propiedades durante el almacenamiento y manipulación. Mantienen o mejoran las características sensoriales y la textura en los alimentos [55] adicionan valor nutricional al producto, específicamente los producidos a base de proteínas [56]. Investigaciones en filmes y revestimientos comestibles son muy importantes, porque además de sus muchos beneficios y aplicaciones en alimentos, presenta efectos positivos para el ambiente, por su particularidad de ser biodegradables.

## REFERENCIAS

- [1] GUILBERT, S., GONTARD, N. and GORRIS G. Prolongation of the Self-life of Perishable Food Products using Biodegradable Films and Coatings. *Lebensmittel- Wissenschaft und-Technologie.*, 29(1-2), 1996, p.10-17.
- [2] GUILBERT, S., CUQ, B. and GONTARD, N. Recent innovations in edible and / or biodegradable packaging materials. *Food Additives and contaminants.*, 14 (6-7), 1997, p.741-751.
- [3] GENNADIOS, A., HANNA, M. and KURTH, L. Application of Edible Coatings on Meats, Poultry and Seafoods: A Review. *Lebensmittel- Wissenschaft und- Technologie.*, 30 (4), 1997, p.337-350.
- [4] THARANATHAN, R.N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science & Technology.*, 14, 2003, p.71-78.
- [5] GERALDINE, R., *et al.* Characterization and effect of edible coatings on minimally processed garlic quality. *Carbohydrate Polymers.*, 72, 2008, p. 403-409.
- [6] HERNANDEZ-IZQUIERDO, V. and KROCHTA, J. Thermoplastic processing of proteins for films formation: A Review. *Journal of Food Science.*, 73 (2), 2008, p.30-39.
- [7] KROCHTA, J., BALDWIN, E. and NISPEROS-CARRIEDO, M. Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. *Pennsylvania (USA): Technomic.*, 1994, 379 p.
- [8] McHUGH, T., HUXSOLL, C. and KROCHTA, J. Permeability Properties of Fruit Puree Edible Films. *Journal of Food Science.*, 61(1), 1996, p.88-91.
- [9] XU, S., XU, L. and CHEN, X. Determining optimum edible films for kiwifruits using an analytical hierarchy process. *Computers & Operations Research.*, 908, 2002, p.1-9.
- [10] KROCHTA, J. and DeMULDER-JOHNSTON C. Edible and Biodegradable Polymer Films: Challengers and Opportunities. *Food Technology.*, 51(2), 1997, p.61-74.
- [11] KLAHORST, S. Applications: Credible Edible Films. *Food Product Design.* (September) 1999, p.1-6.
- [12] AYRANCI, E. and TUNC, S. A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. *Food Chem.*, 80, 2003, p. 423-431.
- [13] LIN, D. and ZHAO, Y. 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(3), 2007, p.60-75.
- [14] GENNADIOS, A. and WELLER, C. Edible Films and Coatings from Wheat and Corn Proteins. *Food Technology.*, 44(10), 1990, p.63-69.
- [15] HARDENBERG, R. Wax and Related Coatings for Horticultural Products. *Agr. Res. Bul. U. S. Dept. of Agric. Washington, D.C.* 1967, p. 51-52.
- [16] GARCÍA, M., MARTINO, M. and ZARITZKY N. E. Lipid Addition to Improve Barrier Properties of Edible Starch-based Films and Coatings. *Journal of Food Science*, 65(6), 2000, p. 941-947
- [17] CAGRI A., USTUNOL. Z. and RYSER. E. Antimicrobial edible films and coatings. *Journal of food protection.*, 67(4), 2004, p.833-848.
- [18] DURANGO, A. Desenvolvimento de um revestimento comestível a base de amido de inhame com quitosana na conservação de cenoura minimamente processada. [PhD. Teses]. Viçosa-MG (Brazil): Universidad Federal de Viçosa. Viçosa. 2004, 128 p.
- [19] ALVES, R., GROSSMANN, M. and SILVA, R. Gelling properties of extruded yam (*Dioscorea alata*) starch. *Food Chemistry.*, 67, 1999, p.123-127.
- [20] MALI, S., *et al.* Microstructural characterization of yam starch films. *Carbohydrate Polymers.*, 50, 2002, p.379-386.
- [21] DURANGO, A., SOARES. N. E ANDRADE, N. Extração e caracterização do amido de inhame e

- desenvolvimento de filmes comestíveis antimicrobianos. *Temas Agrarios.*, 14(2), 2009, p.1-18.
- [22] MALI, S., *et al.* Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films. *Carbohydrate Polymers.*, 56(2), 2004, p.129-135
- [23] TANADA-PALMU P. and GROSSO C. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest biology and technology.*, 36, 2005, p. 199–208.
- [24] BANKER, G. Film Coating Theory and Practice. *Journal of Pharmaceutical Science*, 55(1), 1966, p.81-89.
- [25] KESTER, J. and FENNEMA, O. Edible films and coatings: A review. *Food Technology.*, 40(12), 1986, p. 47-59.
- [26] McHUGH, T. and KROCHTA, J. Sorbitol vs Glycerol-Plasticized Whey Protein Edible Films: Integrated Oxygen Permeability and Tensile Property Evaluation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.*, 42(4), 1994, p. 841-845.
- [27] GARCÍA, M., MARTINO, M. and ZARITZKY N. Edible Starch Films and Coatings Characterization: Scanning Electron Microscopy, Water Vapor, and Gas Permeabilities. *Scanning.*, 21(5), 1999, p. 348-353.
- [28] COMA, V. Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat based-products. *Meat Science.*, 78, 2008, p. 90-103.
- [29] ROJAS-GRAU M., TAPIA M. and MARTIN BELLOSOS, O. Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *LWT.*, 41, 2008, p. 139–147.
- [30] PRANOTO, Y., SALOKHE, V. and RAKSHIT, K. Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. *Food Research International.*, 38, 2005, p. 267–272.
- [31] OMS-OLIU, G., SOLIVA-FORTUNY, R. and MARTINEZ-BELLOSO, O. Edible coatings with nitro-reducing agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology.*, 50, 2008, p. 87–94
- [32] ROJAS-GRAU. M., SOLIVA-FORTUNY. R. and MARTÍN-BELLOSO. O. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science & Technology.*, 20(10), 2009, p.438-447.
- [33] APPENDINI, P. and HOTCHKISS, J. H. Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science and Emerging Technologies.*, 3, 2002, p.113-126.
- [34] DEBEAUFORT, F., QUEZADA-GALLO, J. and VOLLEY, A. Edible Films and Coatings: Tomorrow Packaging: A Review. *Critical Reviews in Food Science*, 38(4), 1998, p. 299-313.
- [35] JUNG, D., BODYFELT, F. and DAESCHEL, M. Influence of Fat and Emulsifiers on the Efficacy of Nisin in Inhibiting *Listeria monocytogenes* in Fluid Milk. *Journal of Dairy Science.*, 75(2), 1992, p.387-393.
- [36] SAYANJALI, S., BABAK GHANBARZADEH, B. and GHIASSIFAR, S. Evaluation of antimicrobial and physical properties of edible film based on carboxymethyl cellulose containing potassium sorbate on some mycotoxigenic *Aspergillus* species in fresh pistachios. *LWT - Food Science and Technology.*, 44, 2011, p. 1133 -1138.
- [37] SEBTI, I. and COMA, V. Active edible polysaccharide coating and interactions between solution coating compounds. *Carbohydrate Polymers.*, 49, 2002, p.139-144.
- [38] DURANGO, A; SOARES, N. and ANDRADE, N. Microbiological evaluation of an antimicrobial coating on minimally processed carrots. *Food Control.*, 17(5), 2006, p.336-341.
- [39] DURANGO A., *et al.* Development and Evaluation of an Edible Antimicrobial Film based on Yam Starch and Chitosan. *Packaging Technology and Science.*, (19), 2006, p. 55-59.
- [40] AVILA A., *et al.* Películas de quitosano con sorbato de potasio unido física y covalentemente. *estudios de aplicación. Revista Iberoamericana de polímeros.*, 11(2), 2010, p.73-87.
- [41] VÁSCONEZ M., *et al.* Antimicrobial activity and physical properties of chitosan–tapioca starch based edible films and coatings. *Food Research International.*, 42, 2009, p. 762–769.
- [42] OUATTARA, B., *et al.* Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. *International Journal of Food Microbiology.*, 62, 2000, p.139-148.
- [43] QUINTAVALLA, S. and VICINI, L. Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Science.*, 62, 2002, p.373-380.
- [44] PARK, H., CHINNAN, M. and SHEWFELT, R. Edible Coating Effects on Storage Life and Quality of Tomatoes. *Journal of Food Science.*, 59(3), 1994, p.568-570.
- [45] HAN, C., *et al.* Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and

- frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology.*, 33, 2004, p.67-78.
- [46] LEE, J.Y., *et al.* Extending shelf life of minimally processed apples with edible coatings and anti-browning agents. *Lebens-Wiss. U.-Technol.*, 36, 2003, p.323-329.
- [47] STUCHELL, Y. and KROCHTA, J. Edible coating on frozen king Salmon: effect of whey protein isolate and acetylated monoglycerides on moisture loss and lipid oxidation. *Journal of Food Science.*, 60(1), 1995, p.28-31.
- [48] ANKER, M., *et al.* Improved water vapor barrier of whey protein films by addition of an acetylated monoglyceride. *Innovative Food Science & Emerging Technologies.*, 3, 2002, p.81-92.
- [49] GARCÍA, M. *et al.* Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies.* 3, 2002, p.391-397.
- [50] ALBERT S. and MITTAL G. Comparative evaluation of edible coatings to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product. *Food Research International.*, 35, 2002, p.445-458.
- [51] RICO-PENÁ, D.C. and TORRES, J.A. Edible methylcellulose-base films a moisture impermeable barrier in ice cream cones. *Journal of Food Science.*, 55(5), 1990, p.1468-1469.
- [52] TZOUMAKI M., BILIADERIS C and VASILAKAKIS M. Impact of edible coatings and packaging on quality of white asparagus (*Asparagus officinalis*, L.) during cold storage. *Food Chemistry.*, 117, 2009. p. 55-63.
- [53] CAMPANIELLO, D., *et al.* Antimicrobial activity and potential applications for preserving minimally processed strawberries. *Food Microbiology.*, 25 (8), 2008, p.992-1000.
- [54] SALVADOR A., CUQUERELLA J. y MONTERDE, A. Efecto del quitosano aplicado como recubrimiento en mandarinas "fortune" *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha.*, 5 (002), 2003, p.122-127.
- [55] PSOMIADOU, E., ARVANITOYANNIS, I. and YAMAMOTO, N. Edible films made from natural resources; microcrystalline cellulose (MCC), methylcellulose (MC) and corn starch and polyols – Part 2. *Carbohydrate Polymers.*, 31, 1996, p.193-204.
- [56] PADGETT, T., HAN, L. and DAWSON, P. Incorporation of Food-Grade Antimicrobial Compounds into Biodegradable Packaging Films. *Journal of Food Protection.*, 61(10), 1998, p.1330-1335.