

## PELÍCULAS Y COBERTURAS DE QUITOSANA EN LA CONSERVACIÓN DE PESCADO

Mario A. García\* y Azani Feito

*Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana, Calle 222 No. 2317, La Habana, Cuba. CP 13600. E-mail: marioifal@gmail.com*

### RESUMEN

El empleo de películas y coberturas de quitosana en pescado contribuye con la mejora de su calidad, retardan su oxidación y prolongan su vida útil. En este sentido, se discuten algunos aspectos sobre el deterioro del pescado y aplicaciones de este biopolímero como un método alternativo para su conservación.

**Palabras clave:** conservación, películas y coberturas de quitosana, pescado.

### ABSTRACT

#### **Films and coatings of chitosan in the preservation of fish**

The use of films and coatings of chitosan in fish contributes with the improvement of their quality, retards its oxidation and increases its shelf life. In this sense, some aspects about fish spoilage and applications of this biopolymer as an alternative method for its preservation are discussed.

**Keywords:** preservation, chitosan films and coatings, fish.

### INTRODUCCIÓN

El pescado es uno de los alimentos más recomendados en la alimentación humana y con una tendencia creciente en su consumo por sus conocidas propiedades nutricionales como la calidad y digestibilidad de sus proteínas, vitaminas liposolubles (A y D), minerales (I, F, Ca, Cu, Zn, Fe, Se, etc.) y presencia de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga ( $\omega$ -3 y  $\omega$ -6), colágeno y se destaca su aporte en fósforo (I). Pero, a su vez, el pescado se encuentra dentro del grupo de los alimentos perecederos y de todos los productos frescos, es de los más susceptibles al deterioro.

En este sentido, la aplicación de recubrimientos en pescados es una alternativa útil para su conservación, pues es una técnica dirigida a mejorar la calidad y estabilidad de los productos pesqueros y de esta forma alargar su vida útil gracias a las propiedades de barrera a los gases y vapor de agua que estas presentan (2,3). Constituyen además, alternativas ambientalmente amis-

---

**\*Mario A. García Pérez:** Licenciado en Ciencias Alimentarias (2006). Master en Ciencia y Tecnología de Alimentos (2009). Se desempeña como profesor de Principios de Ingeniería de Alimentos, Conservación de Alimentos y Ciencia y Tecnología de Frutas y Hortalizas en el Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana. Su área de investigación está relacionada con el empleo de polímeros naturales en la industria alimentaria.

tosas a diferencia de los envases no biodegradables y sintéticos (4-7), y también por su papel como agentes antimicrobianos (8-10) y antioxidantes naturales (11).

Estas películas se caracterizan por su complejidad estructural y diversidad funcional. En esta categoría se encuentra la quitosana, derivado N-desacetilado de la quitina, ampliamente utilizada debido a sus propiedades para formar películas, de buena biocompatibilidad, biodegradabilidad, de bajo costo (12), inocuidad (13), y ser un recurso renovable.

Teniendo en cuenta además la actividad antioxidante de las disoluciones de quitosana (14), el presente trabajo recoge información sobre el uso de este polímero como material natural, comestible y biodegradable, en la formación de películas y coberturas protectoras en la conservación de pescados, incrementando su vida útil.

### **Susceptibilidad al deterioro del pescado**

Los productos pesqueros son altamente susceptibles al deterioro por lo que son considerados dentro de los alimentos perecederos. Si bien pueden alterarse por diversas causas, el crecimiento bacteriano es el principal factor que limita su vida útil (15).

El pescado fresco constituye un ambiente propicio para el desarrollo de microorganismos. Esto se debe a que el músculo aporta nutrientes, tiene una alta actividad de agua (superior a 0,95) y un pH cercano a la neutralidad, lo que determina una menor inhibición bacteriana y por lo tanto la velocidad de degradación es más elevada que en otros tipos de carne. En este alimento, el proceso se realiza en una primera etapa por las enzimas propias del músculo y posteriormente por enzimas producidas por los microorganismos que ingresan a este (16,17).

Entonces, si bien los productos marinos son una fuente valiosa de proteínas y otros nutrientes para la alimentación humana, es necesario un estricto control en las medidas higiénico-sanitarias y de procesos a los que son sometidos; para prevenir la pérdida de calidad y posibilidad de ocurrencia de enfermedades transmitidas por alimentos al hombre.

Debido a que las transformaciones post mortem poseen una cinética elevada, las condiciones de conservación durante el almacenamiento ejercen un gran efecto sobre la calidad del producto (18). Así, tanto la manipulación cuidadosa e higiénica, como la conservación adecuada, resultan ser parámetros clave para garantizar la salubridad del alimento, ya que los daños innecesarios originados durante su manipulación, como cortes y heridas, facilitan el acceso de bacterias que aceleran la pérdida de calidad.

El efecto producido por el frío provoca la ralentización de las reacciones químicas y enzimáticas; además, se crean condiciones disgenésicas para el crecimiento y desarrollo de la microbiota alteradora. Para que la refrigeración sea efectiva es necesario que la materia prima sea de buena calidad, por lo que debe aplicarse inmediatamente después de la captura y ser lo más rápida posible. Sin embargo, el descenso de la temperatura no es tan grande como para detener por completo las acciones bacteriana, química y enzimática, por lo que los fenómenos de degradación no se evitan completamente. El factor temperatura resulta de especial importancia para retardar la velocidad de descomposición del pescado, ya que la velocidad con que se desarrollan las distintas vías de alteración depende de la temperatura (19).

Después de la captura se produce una serie de modificaciones, cuya velocidad e intensidad dependen de factores intrínsecos y extrínsecos al animal. Esto es debido fundamentalmente a su gran contenido en determinados constituyentes (agua, aminoácidos libres, lípidos con alto grado de insaturación, compuestos nitrogenados no proteicos, enzimas autolíticas, etc.) que facilitan la puesta en marcha de una serie de vías de alteración. Asimismo, es importante mencionar la pequeña proporción de tejido conectivo que se encuentra presente en el músculo, lo que los hace más susceptibles que los animales terrestres al ataque microbiano en el momento de abandonar su hábitat natural (19).

Por otra parte, debe destacarse el gran número de enzimas autolíticas presentes en los lisosomas de las células de su tejido muscular. Estas enzimas, que se caracterizan por presentar su mayor actividad a pH ácido y tener un papel regulador en el animal vivo, son las responsables después de la muerte del fenómeno conocido como autólisis enzimática.

Aunque el músculo y los fluidos fisiológicos del pescado vivo o recién capturado sean normalmente estériles, hay zonas del cuerpo del animal como la capa mucosa superficial, las branquias y el tracto digestivo, que son ricos en diversas poblaciones bacterianas, que difieren según el pez sea de aguas cálidas o frías. Después de la muerte del pez se produce la difusión de dicha microbiota hacia otros tejidos, lo que originará el deterioro de la calidad del producto.

Asimismo, la velocidad de alteración es influenciada en gran medida por una serie de factores extrínsecos al propio animal, entre los que cabe destacar el hábitat (localización geográfica, temperatura del agua, estación del año, etc.), método de captura, tiempo que transcurre desde la captura hasta que el pescado es sometido a cualquiera de los procesos de conservación y la manipulación a que se somete a bordo. De todos ellos, el método de captura y su manipulación inmediatamente posterior, son las causas decisivas para acelerar o no los cambios post mortem del pescado (19).

#### **Vías de alteración del pescado durante la conservación en refrigeración**

El pescado, tras su muerte y posterior conservación, pasa por cuatro fases, independientemente de la temperatura de refrigeración a la que se trabaje (20): pre-rigor, rigor mortis, post rigor y alteración.

Las modificaciones que va sufriendo el pescado en su proceso de alteración hasta convertirse en un producto pútrido son fácilmente identificables. Los cambios visuales pueden describirse de la siguiente manera (19):

- a) Su característico aspecto brillante se torna pálido y adquiere una tonalidad parda, amarilla, o de aspecto sucio.
- b) La capa viscosa de la superficie aumenta, especialmente en las aletas y branquias.
- c) Los ojos van hundiéndose y arrugándose de modo gradual; las pupilas se enturbian y la córnea se vuelve opaca.
- d) El músculo se ablanda, expulsa jugo al ser oprimido y se hunde fácilmente al ser presionado.

e) La columna vertebral puede separarse del músculo con facilidad, sobre todo cerca de la cola.

f) Se desarrolla una coloración pardo-rojiza como consecuencia de la oxidación de la hemoglobina.

Mientras tanto, se produce una sucesión de olores. El olor a fresco da paso a un olor dulce seguido de olor a pescado en malas condiciones, debido fundamentalmente a la presencia de trimetilamina. Seguidamente, este olor se vuelve de tipo amoniacal. Finalmente, el olor es pútrido debido a la presencia de sulfuro de hidrógeno, indol y otras sustancias con olores desagradables.

Los procesos más importantes que determinan la vida útil de los productos de origen marino incluyen la autólisis, causada por enzimas autolíticas, la actividad metabólica de los microorganismos y oxidación. El deterioro autolítico depende de parámetros como el pH, disponibilidad de oxígeno y condiciones fisiológicas del pescado antes de su captura. El contenido en grasa de los animales marinos puede variar desde un 1 % (ej.: bacalao, abadejo) hasta un 30 % (ej.: arenque, caballa). Los productos con un alto contenido graso presentan una mayor tendencia a enranciarse, debido a su alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados, lo que provoca la aparición de la rancidez en las características organolépticas del producto. Por tanto, disminuyendo el contacto entre el producto y el oxígeno se puede reducir el grado de deterioro autolítico, a la vez que se inhibe el crecimiento de microorganismos aerobios, como bacterias relacionadas con los procesos de putrefacción (21) y se controlan los procesos de enranciamiento.

Las reacciones de deterioro relacionadas con la pérdida de calidad del pescado congelado son principalmente de naturaleza química, incluyendo la degradación de vitaminas y pigmentos, oxidación lipídica y desestabilización de proteínas (22) y, consecuentemente, la reducción de la capacidad de retención de agua, y el deterioro de textura, aroma, sabor y color. En consecuencia, los requerimientos de los materiales de envasado para productos congelados incluyen propiedades de barrera a la luz y al oxígeno para proteger frente a la oxidación. Por otro lado, la pérdida de humedad puede provocar la aparición de quemaduras de congelación (por sublimación), empeora la apariencia visual del producto y puede conducir a pérdidas de peso del produc-

to inaceptables (22). Por este motivo, se requiere una elevada barrera al vapor de agua por parte de los envases para reducir la pérdida de humedad y con ello la aparición de quemaduras por congelación (23-25).

Por lo tanto, los requerimientos críticos para los envases de pescado congelado estarían relacionados con tres propiedades: barrera de humedad, barrera para el oxígeno y protección mecánica (26).

En el caso de la conservación en refrigeración, no todas las vías de alteración a la cual es susceptible este alimento tienen la misma importancia. Para la mayoría de las especies marinas se destacan las tres siguientes: autólisis, actividad microbiana y oxidación lipídica (27).

Es necesario mencionar que en el proceso de oxidación lipídica actúan de forma conjunta dos vías de alteración. Dado que la oxidación lipídica es un proceso favorable termodinámicamente, pero no cinéticamente, es necesaria la participación de un catalizador. Este papel puede ser desempeñado por una enzima endógena (lipoxigenasas, peroxidasas y oxidasas), o por agentes del tipo metales (especialmente de transición), luz, calor, etc. En el primer caso se corresponde con la oxidación de tipo enzimática, mientras que en el segundo se trataría de una oxidación no enzimática. El desarrollo de ambas se superpone durante la alteración de un alimento, con productos de oxidación muy similares.

### **Aplicación de películas y coberturas de quitosana en pescados**

Las propiedades de las películas y coberturas de quitosana pueden influir en sus aplicaciones. Entre las propiedades físicas más importantes para las películas y coberturas comestibles se encuentran: color, opacidad aparente, transparencia, solubilidad, permeabilidad al vapor de agua y a los gases y aquellas relacionadas con la resistencia mecánica (28).

La aplicación de recubrimientos comestibles al pescado y productos pesqueros podría ser de gran ayuda en la mejora de la calidad de los mismos por las siguientes razones (4):

a) Los recubrimientos comestibles con buenas propiedades de barrera podrían ayudar a solucionar el problema de la pérdida de humedad que se produce du-

rante el almacenamiento del pescado, fresco o congelado. Esta pérdida provoca cambios en la textura, sabor y color, a la vez que reduce la masa del producto para la venta.

b) Los envases comestibles pueden retener los jugos, previniendo los exudados y mejorando la presentación de los productos, eliminando a su vez la necesidad de utilizar sustancias absorbentes en, por ejemplo, las bandejas con filetes.

c) Recubrimientos con baja permeabilidad al oxígeno podrían reducir la oxidación lipídica causante del enranciamiento y alteración del color debida a la oxidación de los pigmentos.

d) La aplicación de recubrimientos podría reducir la carga microbiana en la superficie del alimento.

e) Podrían limitar las pérdidas de compuestos volátiles o evitar la captación de aromas indeseables.

f) Podrían utilizarse películas y coberturas comestibles activas, que transportasen sustancias beneficiosas como antioxidantes o antimicrobianas, que mejorasen la calidad y vida útil de los productos.

g) Finalmente, también podrían mejorar el valor nutricional de los alimentos al reducir la cantidad de aceite que absorbe el producto durante la fritura.

Los recubrimientos y películas a partir de polisacáridos (quitosana, goma xantán), lípidos (monoglicéridos acetilados) y proteínas (gelatina, proteínas de lactosuero, soja, albúmina, gluten) se han aplicado con éxito para prolongar la vida útil y mantener la calidad de diversos productos de la pesca y acuicultura refrigerados y congelados (Tabla 1).

Debe tenerse en cuenta las posibles desventajas de los envases proteicos para ese tipo de productos. Por una parte, las proteínas de la cobertura pueden ser susceptibles a las enzimas proteolíticas presentes en los alimentos. Además, en términos de aceptación por parte del consumidor y requisitos de etiquetado, deben tenerse en cuenta posibles reacciones adversas frente a algunas proteínas con potencial alergénico como las proteínas de leche, huevo, cacahuete y soja, entre otras (4).

**Tabla 1. Aplicaciones de películas y coberturas de quitosana a pescados refrigerados y congelados**

Método de conservación	Producto	Base polimérica	Otros componentes	Referencia
Refrigeración	Salmón del Atlántico	Quitosana	-	40
	Arenque	Quitosana	-	43
	Bacalao	Quitosana	-	43
	Sardina	Quitosana	-	47
	Sardina ahumada	Quitosana	Orégano / romero	52
	Bacalao	Gelatina-quitosana	Aceites esenciales	52
	Trucha Arcoiris	Quitosana	Aceite de canela	48
	Tilapia roja	Quitosana	Extractos de té y semillas de uva	53
Congelación	Carpa plateada	Quitosana	-	49
	Salmón rosado	Quitosana	-	50,51
Refrigeración y congelación	Bacalao largo	Quitosana	Vitamina E	45

La quitosana, forma N-desacetilada de la quitina (29), está compuesta por moléculas de 2-dioxi-2-acetoamido- $\alpha$ -D-glucosa (30). Se ha descrito como un polímero catiónico lineal, biodegradable, de alta masa molecular, fácil aplicación y ambientalmente amigable. Se disuelve fácilmente en disoluciones diluidas de la mayoría de los ácidos orgánicos como el ácido acético, cítrico y láctico, y también en ácidos minerales diluidos a excepción del ácido sulfúrico. Su grado de desacetilación varía desde un 60 hasta un 90 %; cuando el grado de desacetilación alcanza el 100 % el polímero se conoce como quitano (31). Las masas moleculares se reportan entre 50 y 2000 kDa, relacionada esta heterogeneidad con la fuente y forma de obtención de la quitosana (32).

El grado de desacetilación y largo de la cadena del polímero son afectados por la temperatura, concentración y duración del proceso. La calidad de la quitosana generalmente está definida por su masa molecular (29).

La efectividad de las coberturas, generalmente aplicadas por inmersión del producto en las disoluciones formadoras de coberturas (DFC), depende, en gran medida, de su habilidad de extenderse sobre la superficie del sólido a cubrir. Por lo tanto, las DFC deben ser capaces de mojar la superficie del alimento uniformemente y formar una cobertura con una adecuada adhesión, cohesión y durabilidad (33). Para conocer la

efectividad de las DFC se recomienda evaluar previamente, las propiedades de superficie a través de indicadores como los coeficientes de humectabilidad, extensibilidad y cohesividad (34). Aunque varios trabajos han enfatizado la importancia de las propiedades de superficie de las DFC en frutas, hortalizas (34-38), y queso (39), solo un trabajo (40) ha informado resultados sobre las propiedades de superficie de filetes de salmón y la capacidad de mojadura de las coberturas de quitosana en relación con las concentraciones de polímero y sustancias superficialmente activas.

A continuación se citan algunos ejemplos de la utilización de la quitosana como estrategia de conservación. Este polímero ha tenido un auge significativo en los últimos años y muchos investigadores la combinan con extractos y aceites derivados de productos naturales para potenciar su efecto en determinadas aplicaciones.

El uso de la quitosana como antioxidante mejora la apariencia, relacionada con el color, y disminuye el olor desagradable generado por la rancidez de los lípidos (41,42). Este comportamiento también ha sido descrito cuando películas de quitosana se han utilizado como recubrimiento comestible de filetes frescos de pescado (43) y en camarones refrigerados (44).

Otros trabajos han reportado también efectos antimicrobianos y antioxidantes al aplicar disoluciones de quitosana en diferentes especies de pescados y camarones (45), paté de bacalao (46), sardinas en aceite (47), trucha Arcoiris (48) y carpa dorada (49); incrementando en todos los casos su vida de anaquel.

La utilización de quitosana mejoró el rendimiento de los filetes de salmón rosado, a la vez que también redujo la pérdida de humedad y retrasó la oxidación lipídica (50). Además, se han obtenido mejores rendimientos, al compararlos con el glaseado con agua que se realiza normalmente en este tipo de productos (51).

También se ha estudiado el empleo conjunto de quitosana y vitamina E o quitosana y aceite de pescado para el recubrimiento de filetes de bacalao durante tres semanas y tres meses en congelación (-20 °C), respectivamente. Las coberturas de quitosana-aceite re-

dujeron significativamente la oxidación y pérdidas por goteo, a la vez que mejoran el perfil lipídico del pescado. Sin embargo, disminuyó el pH y contenido de humedad de las muestras recubiertas. La adición de vitamina E no mejoró el efecto antioxidante de la cobertura de quitosana (45).

La aplicación de recubrimientos de quitosana mantuvo la calidad y prolongó la vida útil durante el almacenamiento (-3 °C/30 días) de la carpa plateada (49) y de salmón del Atlántico (0 °C/18 días) (40).

## CONCLUSIONES

Los estudios corroboran que los pescados tratados con quitosana mejoran su calidad, retardan su oxidación y tiempo de deterioro, prolongándose su vida útil. Además, la quitosana actúa como cubierta protectora, preservando los atributos comerciales y alimenticios del producto.

## REFERENCIAS

1. Simopoulos, A. Nutritional aspects of fish. En: *Seafood from Producer to Consumer, Integrated Approach to Quality*. Eds. Luten J., Børresen T., Oehlenschläger J. Elsevier, London, UK. p. 589-607. 1997.
2. Krochta, J. M.; McHugh, T. H. y Aujard, J. F. *J. Food Sci.* 59(2): 416-419, 1994.
3. Baldwin, E. A.; Scott, J. W.; Malundo, T. M. M.; Shewfelt, R. L. y Tandom, K. S. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123(5): 900-915, 1998.
4. Gennadios, A.; Hanna M. A. y Kurth, L. B. *LWT.* 30(4): 337-350, 1997.
5. Rosa, D. S.; Franco, B. L. M y Calil, M. R. *Polímeros: Ciência e Tecnologia.* 11: 82-88, 2001.
6. Tharanathan, R. N. y Saroja, N. J. *Sci. Ind. Res.* 60: 547-559, 2001.
7. Tharanathan, R. N. *Trends Food Sci. Technol.* 14: 71-78, 2003.
8. Fernández, M. *Food Sci. Technol. Int.* 6: 97-108, 2000.
9. Catalá, R. y Gavara, R. *Arbor CLXVIII.* 661: 109-127, 2001.
10. Pérez, L.; Bosquez, E.; Vernon, E. y Guerrero, Y. *Industria Alimentaria* 22(1): 14-36, 2000.
11. Chien, P. J.; Sheu, F.; Huang, W. T. y Su, M. S. *Food Chem.* 102: 1192-1198, 2007.
12. Sirinivasa, P. C.; Ramesh, M. N.; Kumar, K. R. y Tharanathan, R. N. *J. Food Eng.* 63: 79-85, 2004.
13. Argulló, E.; Albertengo, L.; Pastor, A.; Rodríguez, S. y Valenzuela, F. *Aplicaciones de alimentación y control ambiental. En Quitina y Quitosano: obtención, caracterización y aplicaciones. Resultado del proyecto CYTED IV, 14, Obtención de quitina y quitosano a partir de desechos de crustáceos.* Ed. Lima: Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. 2004, 233-251.
14. Rao, M. S.; Chawla, S. P.; Chander, R. y Sharma, A. *Carbohydr. Polym.* 83: 714-719, 2010.
15. Huss, H. H. *Aseguramiento de la calidad de los productos pesqueros.* FAO: documento técnico de la pesca. FAO, Roma, 1997.
16. Lima, C. A. *Trop. Sci.* 23(1): 97-127, 1981.
17. Huss, H. H. *El pescado fresco, su calidad y cambios de su calidad.* FAO: documento técnico de la pesca. FAO, Roma, 1998.
18. Ashie, I.; Smith, J. y Simpson, B. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 36: 87-121, 1996.
19. Sanjuás, M. *Aplicación de sistemas avanzados para la mejora de la calidad de productos marinos refrigerados de interés comercial (tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela, España), 2012, 240 p.*
20. Rodríguez, C. J. y Pascual, M. C. *La alteración del pescado: los factores naturales [en línea]. Red Veterinaria y Agropecuaria.* 2002. Consultado abril 2014 en [www.redvya.com](http://www.redvya.com).
21. Huss, H. H.; Ben, P. K. y Jeppesen, V. F. *Food Control* 6: 335-340, 1995.

22. Petersen, K. y Væggemose, P. *Trends Food Sci. Technol.* 10(2): 52-68, 1999.
23. Robertson, G. L. *Food Packaging: Principles and Practice*. Dekker, M. (Ed.), New York, EE.UU. 1993.
24. Christophersen, A. G.; Bertelsen G.; Andersen, H. J.; Knuthsen, P. y Skibsted, L. H. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A.* 194(2): 115-119, 1992.
25. Bak, L. S.; Jacobsen L. y Jorgensen, S. S. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A.* 208(1): 10-16, 1999.
26. Haugaard, V. K.; Udsen, A. M.; Mortensen, G.; Hoegh, L.; Petersen, K. y Monahan, F. *Starch-Stärke.* 53: 189-200, 2001.
27. Gram, L. J. *Food Microbiol.* 16: 25-39, 1992.
28. Han, J. H. *Edible and Biodegradable Films/Coatings Carrying Bioactive Agents* [en línea]. Department of Food Science at the University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, R3T 2N2, Canadá, 2001. Consultado 2007 en [www.umnitoba.ca/afs/food-science/](http://www.umnitoba.ca/afs/food-science/).
29. Shahidi, F. *Aceites y Grasas*. Tomo XIV, 4(57): 656-660, 2004.
30. Davidson, P. M. y Zivanovic, S. *The use of natural antimicrobials*. En Zeuthen, P. y Bøgh-Sørensen, L. (Eds.). *Food preservation techniques*. CRC Press LLC, Boca Raton, La Florida, 2003.
31. Lárez, C. *Avances en Química.* 1(2): 15-21, 2006.
32. Mármol, Z.; Páez, G.; Rincón, M.; Araujo, K.; Aiello, C.; Chandler, C. y Gutiérrez, E. *Rev. Tecnocientífica* 1: 53-58, 2011.
33. Krochta, J. M y Mulder- Johnston, C. *Food Technol.* 51(2): 61-74, 1997.
34. Hershko V. y Nussinovitch A. *Biotechnol. Prog.* 14: 756-765, 1998.
35. Casariego, A.; Souza, B. W. S.; Vicente, A. A.; Teixeira, J. A.; Cruz, L. y Díaz, R. *Food Hydrocolloids* 22: 1452-1459, 2008.
36. Ribeiro, C.; Vicente, A. A.; Teixeira, J. A. y Miranda, C. *Postharvest Biol. Technol.* 44: 63-70, 2007.
37. Choi, W.; Park, H.; Anh, D.; Lee, J. y Lee, C. J. *Food Sci.* 67(7), 2668-2672, 2002.
38. Hagenmaier, R. D. y Baker, R. A. J. *J. Agr. Food Chem.* 41(2): 283-287, 1993.
39. Cerqueira, M. A.; Lima, A. M.; Souza, B. W. S.; Teixeira, J. A.; Moreira, R. A. y Vicente, A. A. *J. Agr. Food Chem.* 57: 1456-1462, 2009.
40. Souza, B. W. S.; Cerqueira, M. A.; Ruiz, H. A.; Martins, J. T.; Casariego, A.; Teixeira, J. A. y Vicente, A. A. *J. Agr. Food Chem.* 58: 11456-11462, 2010.
41. Kanatt, S.; Chander, R. y Sharma, A. *Food Chem.* 107: 845- 852, 2008.
42. Rao, M.; Chander, R. y Sharma, A. J. *Food Sci.* 70(7): 325-331, 2005.
43. Jeon, Y.; Kamil, J. y Shahidi, F. J. *J. Agr. Food Chem.* 50(18): 5167-5178, 2002.
44. Huang, J.; Chen, Q.; Qiu, M. y Li, S. J. *Food Sci.* 77(4): 491- 496, 2012.
45. Duan, J.; Yan, J.; Cherian, G. y Zhao, Y. *Food Chem.* 122: 1035-1042, 2010.
46. López, M. E.; Gómez, M. C.; Pérez, M. y Montero, P. *Food Hydrocolloids* 19: 303-311, 2005.
47. Mohan, C. O.; Ravishankar, C. N.; Lalitha, K. V. y Srinivasa, T. K. *Food Hydrocolloids* 26: 167-174, 2012.
48. Ojagh, S. M.; Rezaei, M.; Razavi, S. H. y Hosseini, S. M. H. *Food Chem.* 120: 193-198, 2010.
49. Fan, W.; Sun, J.; Chen, Y.; Qiu, J.; Zhang, Y. y Chi, Y. *Food Chem.* 115: 66-70, 2009.
50. Sathivel, S. J. *Food Sci.* 70(8): 455-459, 2005.
51. Sathivel, S.; Liu, Q.; Huang, J. y Prinyawiwatkul, W. J. *Food Eng.* 83: 366-373, 2007.
52. Gómez-Estaca, J.; López de Lacey, A.; López-Caballero, M. E.; Gómez-Guillén, M. C. y Montero, P. *Food Microbiol.* 27: 889-896, 2010.
53. Li, T.; Li, J.; Hu, W. y Li, X. *Food Chem.* 138: 821-826, 2013.