

Efecto del recubrimiento con aceite de soya, alfa y beta quitosano y sus combinaciones en emulsión en la calidad y vida anaquel del huevo

Kairy Dharalí Pujols Martínez

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2012

ZAMORANO
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto del recubrimiento con aceite de soya, alfa y beta quitosano y sus combinaciones en emulsión en la calidad y vida anaquel del huevo

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial de graduación para
optar al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por:

Kairy Dharalí Pujols Martínez

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2012

RESUMEN

Pujols Martínez, K.D. 2012. Efecto del recubrimiento con aceite de soya, alfa y beta quitosano y sus combinaciones en emulsión en la calidad y vida anaquel del huevo. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. Honduras. 28 p.

El huevo es importante en el consumo humano debido a su calidad proteica, sin embargo, es un producto altamente perecedero. Calidad, vida anaquel y discriminación sensorial de huevos (lavados y sin lavar) recubiertos con soluciones de aceite de soya, alfa y beta quitosano y sus emulsiones fueron analizados durante cinco semanas a 25°C. Un panel de 120 personas evaluó sensorialmente cada tratamiento después de cinco semanas. La unidad Haugh de los tratamientos con aceite de soya y sus emulsiones con alfa y beta quitosano permanecieron en grado A en la calidad del huevo hasta la quinta y cuarta semana en huevos lavados, y grado AA y A de calidad en el mismo orden para los mismos tratamientos en huevos sin lavar ($P < 0.05$). El tratamiento de aceite de soya fue el mejor en disminuir la pérdida de peso después de cinco semanas. Ninguno de los tratamientos logró evitar significativamente el descenso de capacidad de emulsión de los huevos después de cinco semanas ($P > 0.05$). Los tratamientos con aceite de soya y las emulsiones fueron los mejores para ambos estudios en mantener la frescura de los huevos después de cinco semanas evaluados a través del descenso de pH del albumen ($P < 0.05$). En comparación con huevos comerciales, los consumidores identificaron que los tratamientos recubiertos con aceite de soya y su emulsión con beta quitosano eran más brillantes; comparado con alfa quitosano, identificaron que el tratamiento beta quitosano tenía mayor lisura de superficie ($P < 0.05$). Se recomienda validar los mejores tratamientos de este estudio a nivel industrial.

Palabras clave: Capacidad de emulsión, discriminación sensorial, unidad Haugh.

CONTENIDO

	Portadilla	i
	Página de firmas.....	ii
	Resumen.....	iii
	Contenido	iv
	Índice de cuadros, figuras y anexos	v
1	INTRODUCCIÓN	1
2	MATERIALES Y MÉTODOS	3
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
4	CONCLUSIONES.....	20
5	RECOMENDACIONES.....	21
6	LITERATURA CITADA	22
7	ANEXOS.....	24

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros		Página
1.	Descripción de los tratamientos	4
2.	Cambios en la unidad Haugh y grado del huevo durante 5 semanas almacenadas a 25°C (huevos lavados).	8
3.	Cambios en la unidad Haugh y grado del huevo durante 5 semanas almacenados a 25°C (huevos sin lavar).	9
4.	Pérdida de peso (%) de huevos recubiertos y no recubiertos durante cinco semanas a 25°C (huevos lavados).	11
5.	Pérdida de peso (%) de huevos recubiertos y no recubiertos durante cinco semanas a 25°C (huevos sin lavar).	12
6.	Variación en el índice de yema durante cinco semanas a 25°C (huevos lavados).	12
7.	Variación en el índice de yema durante cinco semanas a 25°C (huevos sin lavar).	13
8.	Índice de blancura de la cáscara para huevos recubiertos y no recubiertos durante 5 semanas a 25°C (huevos lavados).	14
9.	Índice de blancura de la cáscara para huevos recubiertos y no recubiertos durante 5 semanas a 25°C (huevos sin lavar).	14
10.	Valores de diferencia de color (ΔE) para huevos recubiertos y no recubiertos durante cinco semanas a 25°C (huevos lavados).	15
11.	Valores de diferencia de color (ΔE) para huevos recubiertos y no recubiertos durante cinco semanas a 25°C (huevos sin lavar).	15
12.	Capacidad de emulsión (mL de aceite/g de yema) de huevos recubiertos y no recubiertos almacenados por cinco semanas a 25°C (huevos lavados).	16
13.	Capacidad de emulsión (mL de aceite/g de yema) de huevos recubiertos y no recubiertos almacenados por cinco semanas a 25°C (huevos sin lavar).	16
14.	Análisis microbiológico de huevos recubiertos y no recubiertos antes y después de 5 semanas de almacenamiento a 25°C $\pm$ 3 (huevos lavados).	17
15.	Análisis microbiológico de huevos recubiertos y no recubiertos antes y después de 5 semanas de almacenamiento a 25°C $\pm$ 3 (huevos sin lavar).	17
16.	Índice R (% de discriminación sensorial) ^a comparando huevos frescos comerciales no recubiertos con huevos después de cinco semanas recubiertos y su intención de compra.	18
17.	Índice R (% de discriminación sensorial) ^a comparando huevos recubiertos con α quitosano con huevos después de cinco semanas recubiertos con otros materiales.	19

Figuras	Página
1. Variación en el pH del albumen de huevos lavados recubiertos y sin recubrir en almacenamiento durante 5 semanas a 25°C.	10
2. Variación en el pH del albumen de huevos sin lavar recubiertos y sin recubrir en almacenamiento durante 5 semanas a 25°C.	10

Anexos	Página
1. Cuadro color valores L (huevos lavados).	24
2. Cuadro color valores a* (huevos lavados).	25
3. Cuadro color valores b* (huevos lavados).	25
4. Cuadro color valores L (huevos sin lavar).	26
5. Cuadro color valores a* (huevos sin lavar).	26
6. Cuadro color valores b* (huevos sin lavar).	27
7. Método bipolar del índice R.	28
8. Método tradicional del índice R.	28

1. INTRODUCCIÓN

El huevo es importante para la alimentación de las personas a nivel mundial por su alto valor nutritivo y su fácil y adecuado procesamiento (Kralik *et al.* 1990). El consumo de huevo en América es en promedio 190 huevos *per capita* por año, y específicamente en Centro América es de 255 huevos *per capita* por año (FAO 2009). Sin embargo, es un producto altamente perecedero que rápidamente podría perder sus características de calidad interna a través de la pérdida de humedad y dióxido de carbono por los poros de la cáscara (Wardy *et al.* 2011).

Diversas técnicas para alargar la vida anaquel del huevo se han desarrollado, y se ha demostrado la efectividad por métodos como recubrimiento de la cáscara del huevo con películas comestibles y procesos de refrigeración. Se ha evidenciado que el uso único de películas comestibles a temperatura ambiente ha logrado alargar la vida anaquel del huevo (Wardy *et al.* 2011).

Según Caner (2005), el uso de películas comestibles se ha adaptado como un método de preservación de los alimentos que puede proveer un medio para mejorar la seguridad, calidad e inocuidad de los mismos y éstas son aplicadas como una piel de cobertura para proteger los alimentos de daños mecánicos. Además, el recubrimiento de los huevos con películas comestibles podría ser ampliamente beneficioso para la industria y el consumidor final (Biladeau y Keneer 2009).

El método de recubrimiento de la cáscara de huevo con aceites ha sido documentado como un método de preservación de la calidad del huevo y es aplicado en la práctica (Caner 2005). Sin embargo, aplicar aceite sobre la cáscara del huevo a nivel industrial podría resultar en tardanzas en secado muy prolongadas comparado con otros materiales de recubrimiento; no obstante, el aceite de soya en cuanto a costo es un efectivo material de recubrimiento para preservar la calidad de los huevos y alargar su vida anaquel (Wardy *et al.* 2011).

Quitosano es un biopolímero natural derivado de la des acetilación de la quitina, la cual es el mayor componente del caparazón de la mayoría de los crustáceos. Este biopolímero puede ofrecer una barrera protectora contra la contaminación de bacterias y la transferencia de humedad a través de la cáscara del huevo (Bhale *et al.* 2003).

En previos estudios Wardy *et al.* (2011), encontraron que la emulsión de quitosano y aceite de soya (proporción 40:60) resultó ser la más efectiva en disminuir la pérdida de peso de los huevos. El recubrimiento de los huevos con esta emulsión ofrece barreras

contra la pérdida de humedad y dióxido de carbono, y logra prevenir así daños microbiológicos y degradación fisicoquímica.

Previos estudios no muestran resultados comparativos de beta y alfa quitosano y sus emulsiones con aceite de soya en la efectividad mantener calidad y vida anaquel de cada uno en huevos lavados y sin lavar durante almacenamiento por cinco semanas. Los objetivos de este estudio fueron:

- Determinar el efecto de las soluciones de aceite de soya, alfa y beta quitosano y sus combinaciones en emulsión en la calidad físico-funcional y la discriminación sensorial del huevo almacenado durante cinco semanas a 25°C.
- Comparar el efecto de la solución de alfa quitosano con beta quitosano y sus emulsiones con aceite de soya en la calidad interna del huevo durante su almacenamiento por cinco semanas a 25°C.
- Evaluar la interacción del recubrimiento y la cutícula natural del huevo durante su almacenamiento por cinco semanas a 25°C.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación: Este estudio fue realizado en la Universidad del Estado de Louisiana, Estados Unidos; en el departamento de Ciencias de Alimentos, en el laboratorio/cubículo número 15 de Evaluación Sensorial y Desarrollo de Nuevos Productos.

Materiales. Se usaron huevos de cáscara blanca de gallinas Hyline de 41 semanas de edad provenientes de Cal Maine Foods (Jackson, MS, USA). Se usaron dos lotes: huevos lavados industrialmente y huevos sin lavar. Se utilizó alfa (α) y beta (β) quitosano (peso molecular 1110 y 927 kDa, respectivamente, ambos en polvo color blanquecino, solubles en ácido, preparados de caparazón de cangrejo), obtenido de Biotech (Mokpo, Korea del Sur). Se utilizó aceite de soya (Great Value[®], WalMart, AR, USA). Se usó polisorbato 80 (monooleato de sorbitán polioxietilénico 80), como emulsificante.

Preparación de soluciones de recubrimiento. Quitosano (α y β), aceite de soya y la emulsión de ambos fueron usados como materiales de recubrimiento, las soluciones de quitosano (α y β), fueron preparadas disolviendo quitosano 1 mL/100 mL, ácido acético 2 g/100 mL (Kim *et al.* 2009). La emulsión de quitosano y aceite de soya (proporción 40:60) fue preparada dispersando 1 mL/100 mL de polisorbato 80 (monooleato de sorbitán polioxietilénico 80, grado reactivo; Amresco[®] Inc., Solon, OH, USA) al quitosano al cual le fue agregado luego el aceite de soya. La mezcla resultante fue homogenizada por seis minutos a baja velocidad y otros dos minutos a alta velocidad usando una licuadora de mano (Hamilton Beach, Modelo 59780, USA) a $25^{\circ}\text{C} \pm 3$.

Diseño experimental. Recibidos los huevos, fueron seleccionados los mejores para excluir los que presentaron imperfecciones (quebrados, variabilidad en el color) y un peso deseado (50-65 g). De la selección fueron asignados diez huevos al azar a cada tratamiento de cada estudio (huevos lavados y huevos sin lavar), numerados y señalizados. Cada huevo fue pesado individualmente en una balanza (Modelo TS400S; Ohaus Corp., Florham Park, NJ, USA), y recubierto con las diferentes soluciones y emulsiones usando una brocha y dejando secar en posición horizontal. Se colocaron en las cajas de huevo bajo un abanico por 24 horas. Después fueron posicionados verticalmente en las cajas de huevo para ser llevados a almacenamiento a temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 3$ y humedad relativa de 65-75% (ambos parámetros controlados diariamente durante el estudio). Las mediciones de calidad fueron realizadas durante cinco semanas, una semana intermedia a partir de la semana uno y tomando en cuenta la semana cero. En el cuadro 1 son explicados los tratamientos de este estudio.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción
Control	Huevo sin recubrimiento
Ac. Soya	Huevo recubierto con aceite de soya
α quitosano	Huevo recubierto con solución de α quitosano
β quitosano	Huevo recubierto con solución de β quitosano
Ac. Soya y α quitosano	Huevo recubierto con emulsión α quitosano y aceite de soya (40/60)
Ac. Soya y β quitosano	Huevo recubierto con emulsión β quitosano y aceite de soya (40/60)

Determinación de pérdida de peso. Para todos los tratamientos, la pérdida de peso (%) del huevo completo durante las cinco semanas fue calculado restando el peso del huevo completo después de almacenado al peso inicial del huevo completo recubierto, dividiendo luego el resultado para el peso inicial del huevo completo recubierto y multiplicado por 100.

Determinación del color de la cáscara. El color de la cáscara fue determinado usando un espectrofotómetro portable Minolta (Modelo CM-508d, Minolta Cámara Co. Ltd., Osaka, Japón) con 2° de observador estándar, iluminante D₆₅ y 1.1 cm de apertura del sensor. Los huevos escogidos para esta prueba fueron los que no tuvieron puntos sobresalientes de la cáscara ni manchas. Se tomaron tres medidas de color semanalmente en los mismos puntos de la cáscara del huevo para cada tratamiento (tres huevos por tratamiento). Los resultados se presentan en el modelo L a* b*, siendo L luminosidad; a* su posición entre rojo y verde (a*, valores negativos indican verde y valores positivos indican rojo); y b* su posición entre amarillo y azul (b* negativo indica azul y positivo amarillo); con el propósito de determinar la magnitud de diferencia de color entre las muestras y sus valores de día 0 (referencia), ΔE^* fue calculado semanalmente usando la ecuación 1:

$$[(\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad [1]$$

Donde:

$$\Delta L^* = L_{\text{tratamiento}} - L_{\text{referencia}}$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{tratamiento}} - a^*_{\text{referencia}}$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{tratamiento}} - b^*_{\text{referencia}}$$

Para el cálculo de índice de blancura se utilizó la ecuación 2 reportada por Torrico 2010:

$$100 - [(100 - L)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad [2]$$

Determinación de la unidad Haugh, el índice de yema y pH del albumen. La altura del albumen y la yema del huevo (ambas en milímetros), fueron medidas usando un trípode en micrómetros (modelo S-6428, B.C. Ames Inc., Melrose, MA, USA). La unidad Haugh fue calculada según la ecuación 3:

$$UH = 100 \log(H - 17 P^{0.37} + 7.6) \quad [3]$$

Donde:

UH: unidad Haugh

H: altura del albumen (por su inicial en inglés heigh)

P: peso del huevo (g)

(Haugh 1937)

El grado de calidad del huevo estuvo expresado en base a los estándares de la USDA en los Estados Unidos para la calidad individual del huevo. Para medir la anchura de la yema se usó un calibrador digital (General Tools & Instruments, NY, USA), y el índice de yema se calculó usando la ecuación 4:

$$\text{Índice de yema} = \frac{h}{w} \quad [4]$$

Donde:

h: altura de la yema

W: ancho de la yema (por su inicial en inglés width)

(Stadelman 1995)

El pH del albumen fue medido usando un pH metro (Accumet AP61, Fisher Scientific, Pittsburgh, PA, USA).

Determinación de la capacidad de emulsión. Se utilizó el método de Waimaleongora-Ek *et al.* (2009) para determinar la capacidad de emulsión. El punto donde ocurre la inversión de la fase se consideró como la capacidad de emulsión (Prinyawiwatukul *et al.* 1997). La capacidad de emulsión se expresó como mL de aceite de soya agregado por gramo de yema de huevo. Se usaron dos medidas de cada una de las tres repeticiones hechas de cada tratamiento y fueron usados tres huevos por cada repetición.

Análisis sensorial discriminativo e intención de compra. Sesenta consumidores de Baton Rouge, Louisiana, Estados Unidos, fueron reclutados para participar en el análisis sensorial discriminativo de los huevos en estudio comparados con el control (huevo comercial no recubierto). Se les presentó primero un huevo control rotulado, seguido de huevos recubiertos no rotulados y un huevo control no rotulado (para determinar el nivel de “ruido”). Los huevos recubiertos no rotulados fueron comparados de manera individual con el control rotulado en las variables: lisura y brillo de la superficie. Se solicitó a los consumidores que indicaran si los huevos recubiertos no rotulados eran “más”, “igual” o “menos” en las características antes mencionadas respecto al control. Se preguntó si

estaban seguros o inseguros de su decisión. En este caso como la dirección del atributo dado era de interés se usó el índice R bipolar. Para los atributos de olor, color y diferencia general se preguntó a los consumidores si los huevos recubiertos no rotulados eran “diferentes de” o “iguales a” el control rotulado y si estaban seguros o inseguros de su decisión, en este caso la dirección del atributo dado no fue relevante, entonces se usó el índice R unipolar. Luego se les solicitó a los consumidores especificar su intención de compra indicando si/no y se reportó como porcentaje positivo de intención de compra. El mismo diseño discriminatorio fue usado presentando el α quitosano como control rotulado y siguiendo el mismo procedimiento.

Análisis microbiológicos. Se realizaron análisis microbiológicos para encontrar *Salmonella* spp. en la semana cero y después de cinco semanas de almacenamiento a temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 3$. Se realizaron dos repeticiones por cada tratamiento y se usaron dos huevos por cada réplica. Las siembras fueron realizadas hasta la dilución 10^{-4} en los platos *petri* por método de siembra de regado. La clara y yema del huevo se mezclaron en un stomacher (STO-400, Tekmar Co., Cincinnati, Ohio, Estados Unidos) por 60 s en una dilución 1:10 de 0.1% de agua peptonada (BD DifcoTM Sparks, Md., Estados Unidos). Como medio de cultivo se usó XLD (Xilosa, Lisina, Desoxicalato). Se incubó durante 24 horas a 35°C y se realizaron los conteos manualmente usando el método estándar, buscando identificar colonias color rojo con el centro negro.

Análisis estadístico. Para los resultados de calidad físico-químico, el valor más alto y el más bajo fueron eliminados, por lo tanto la media y desviación estándar estuvieron basadas en dos repeticiones (cuatro huevos/repeticion), ocho huevos por tratamientos. Las medias y desviaciones estándar de las mediciones triplicadas de calidad funcional se realizaron en computadora por el programa Excel. Para realizar comparaciones entre las medias de los tratamientos durante almacenamiento se realizó un análisis de varianza (ANDEVA). La separación de medias fue realizado usando la prueba de diferencia significativa Tukey a un $\alpha = 0.05$. El programa de análisis estadístico (SAS 2003[®]) fue usado para el análisis de datos.

Para el análisis sensorial de discriminación los datos obtenidos fueron convertidos en conteos de frecuencia, y el índice R (% de discriminación sensorial) fue calculado para cada uno de los atributos. El índice R bipolar y el unipolar para los diferentes atributos fueron obtenidos de cálculos según la ecuación de Bhale *et al.* (2003). A un nivel de 5% de significancia, para ellos los índices R fueron significantes si sus valores sobrepasaban los niveles críticos de índice R de 62.36 y 60.47% para el bipolar y el unipolar, respectivamente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Unidad Haugh y grado del huevo. El cuadro 2 refleja que todos los tratamientos de huevos lavados recubiertos mostraron valores de unidad Haugh significativamente más altos que el control después de cinco semanas. Las emulsiones lograron mantener hasta tres semanas el grado A de calidad del huevo por encima del control, que sólo se mantuvo una semana, al igual que el alfa y beta quitosano. El aceite de soya logró llevar el grado A de calidad del huevo hasta la semana cinco. Esto demuestra el positivo efecto del recubrimiento del huevo con diferentes materiales en la disminución de su porosidad. Estos resultados están en acuerdo con los encontrados en previos estudios por Caner (2005) que reporta que el control no recubierto cambia a grado B después de una semana y con Wardy *et al.* (2011), quien sustenta que todos los tratamientos recubiertos logran mantener significativamente unidades Haugh más altas que el control sin recubrimiento durante su almacenamiento.

Para los huevos sin lavar del cuadro 3, después de cinco semanas a 25°C, el tratamiento aceite de soya logró mantener el grado AA de los huevos y las emulsiones grado A, obteniendo valores significativamente superiores a los del control y los tratamientos con alfa y beta quitosano, demostrando con estos datos superiores para los huevos sin lavar una posible interacción efectiva entre los materiales de recubrimiento y la cutícula natural del huevo.

pH del albumen. Comparando el pH del albumen después de cinco semanas a 25°C, según la figura 1 los tratamientos Ac. Soya, β quitosano, Ac. Soya- α quitosano y Ac. Soya- β quitosano tuvieron una disminución significativa de su pH versus el control y el tratamiento α quitosano, lo que indica que estos tratamientos mantuvieron la frescura de los huevos después de cinco semanas, contrario al control y el tratamiento de alfa quitosano. En los huevos sin lavar los tratamientos de aceite de soya y las dos emulsiones los que mantuvieron significativamente la frescura de los huevos después de cinco semanas a 25°C, comparado con los demás tratamientos que tuvieron un incremento significativo en pH. Esto indica que disminuyó su frescura y calidad significativamente después de cinco semanas, de acuerdo con Silversides y Scott (2001), que indican que el pH del albumen es un factor que determina la calidad del huevo. Los efectos sinérgicos del aceite de soya y el quitosano en mantener la frescura del huevo se debe a las características de sellado y las propiedades barrera contra gases de la emulsión (Wardy *et al.* 2011).

Cuadro 2. Cambios en la unidad Haugh y grado del huevo durante 5 semanas almacenadas a 25°C (huevos lavados). (€)&

Tratamientos	25°C			
	Día 0	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	84.84 ± 2.29 ^{A, a} AA	72.83 ± 8.44 ^{B, a} AA	41.62 ± 10.14 ^{C, d} B	29.82 ± 8.26 ^{D, c} B
Ac. Soya	84.84 ± 2.29 ^{A, a} AA	78.41 ± 6.77 ^{B, a} AA	70.11 ± 4.30 ^{C, ab} A	60.06 ± 3.27 ^{D, a} A
α quitosano	84.84 ± 2.29 ^{A, a} AA	77.03 ± 4.58 ^{B, a} AA	58.93 ± 6.99 ^{C, bc} B	47.00 ± 4.96 ^{D, b} B
β quitosano	84.84 ± 2.29 ^{A, a} AA	79.56 ± 7.39 ^{A, a} AA	51.07 ± 9.93 ^{B, cd} B	52.97 ± 5.51 ^{B, ab} B
Ac. S y α quitosano	84.84 ± 2.29 ^{A, a} AA	80.70 ± 5.66 ^{A, a} AA	64.97 ± 7.65 ^{B, ab} A	57.42 ± 6.18 ^{B, a} B
Ac. S y β quitosano	84.84 ± 2.29 ^{A, a} AA	79.49 ± 4.72 ^{A, a} AA	70.71 ± 3.26 ^{B, a} A	58.06 ± 6.29 ^{C, a} B
CV (%)	2.7	8.2	12.6	11.7

€ ABCD Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0.05).

€ abc Las medias con diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P < 0.05).

& El grado del huevo se clasificó basado en los estándares para calidad individual del huevo con cáscara (USDA, 2000); AA (firme) = Unidad Haugh arriba de 72; A (razonablemente firme) = 71-60; B (débil o aguado) = debajo de 60.

Cuadro 3. Cambios en la unidad Haugh y grado del huevo durante 5 semanas almacenados a 25°C (huevos sin lavar). ^{(€)&}

Tratamiento	25°C			
	Día 0	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	93.84 ± 3.49 ^{A, a} AA	74.76 ± 6.59 ^{B, b} AA	43.98 ± 11.95 ^{D, b} B	33.20 ± 5.57 ^{D, b} B
Ac. soya	93.84 ± 3.49 ^{A, a} AA	80.97 ± 5.14 ^{B, ab} AA	73.03 ± 1.35 ^{C, a} AA	72.14 ± 1.60 ^{C, a} AA
α quitosano	93.84 ± 3.49 ^{A, a} AA	79.01 ± 4.50 ^{B, ab} AA	53.25 ± 11.98 ^{C, b} B	34.21 ± 9.15 ^{D, b} B
β quitosano	93.84 ± 3.49 ^{A, a} AA	78.08 ± 3.97 ^{B, ab} AA	47.20 ± 9.07 ^{C, b} B	35.89 ± 7.55 ^{D, b} B
Ac. S y α quitosano	93.84 ± 3.49 ^{A, a} AA	82.62 ± 5.97 ^{B, a} AA	73.68 ± 4.47 ^{C, a} AA	69.54 ± 7.93 ^{C, a} A
Ac. S y β quitosano	93.84 ± 3.49 ^{A, a} AA	82.69 ± 4.95 ^{B, a} AA	72.79 ± 3.36 ^{C, a} AA	71.02 ± 4.79 ^{C, a} A
CV (%)	3.7	6.6	13.5	12.19

^{€ ABC} Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0.05).

^{€ ab} Las medias con diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P < 0.05).

[&] El grado del huevo se clasificó basado en los estándares para calidad individual del huevo con cáscara (USDA, 2000);

AA (firme) = Unidad Haugh arriba de 72; A (razonablemente firme) = 71-60; B (débil o aguado) = debajo de 60.

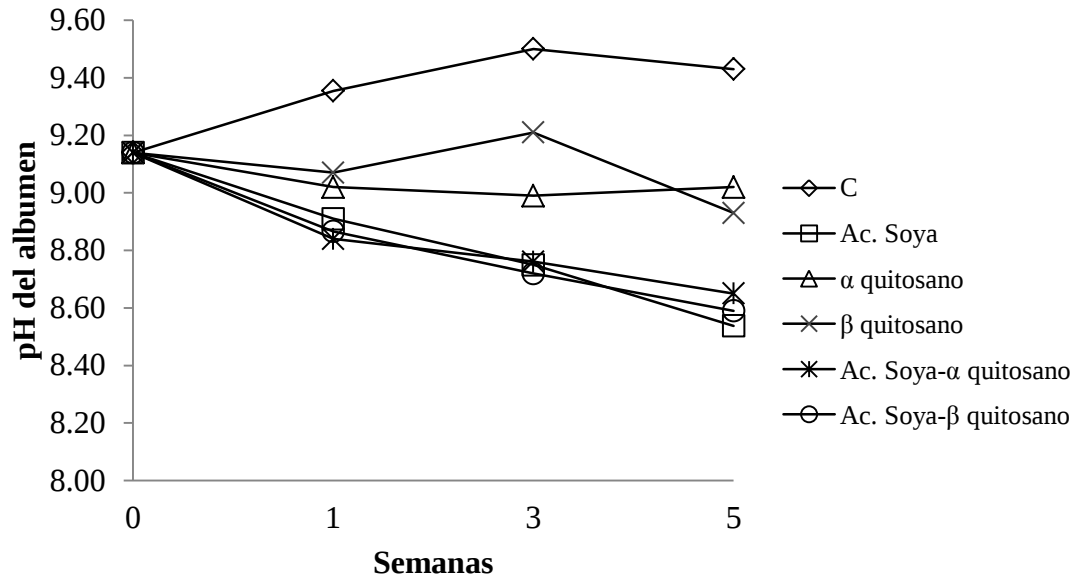


Figura 1. Variación en el pH del albumen de huevos lavados recubiertos y sin recubrir en almacenamiento durante 5 semanas a 25°C.

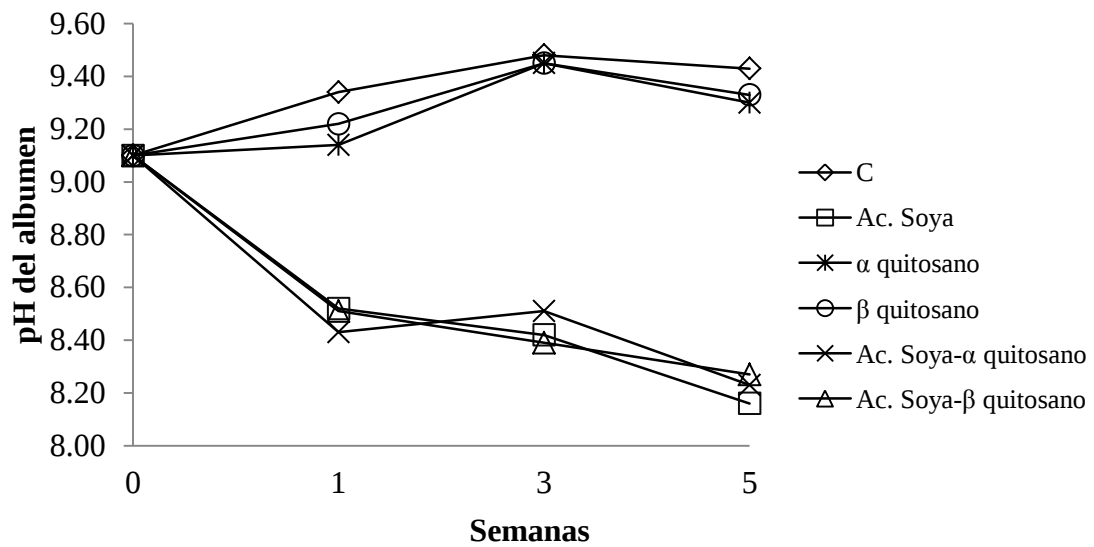


Figura 2. Variación en el pH del albumen de huevos sin lavar recubiertos y sin recubrir en almacenamiento durante 5 semanas a 25°C.

Pérdida de peso. Pérdidas de peso menores de 1.60% fueron observadas en los tratamientos Ac. Soya y β quitosano, Ac. Soya y α quitosano y aceite de soya para huevos lavados, de acuerdo al cuadro 4, este estudio demuestra que la sinérgica unión entre quitosano y aceite de soya y el aceite de soya por sí solo son efectivos en la disminución de la pérdida de peso en el huevo durante cinco semanas de almacenamiento a 25°C. En el estudio con huevos sin lavar en el cuadro 5, se observó que igual las emulsiones y el tratamiento con aceite de soya marcaron una baja pérdida de peso en los huevos, siendo los más bajos la emulsión de alfa quitosano y aceite de soya y el aceite de soya solo. El recubrimiento con aceite de soya y su emulsión con alfa y beta quitosano presenta excelentes condiciones de sellado de poros y su hidrofobia le confiere buenas propiedades de barrera contra humedad para huevos destinados a largos períodos de almacén a temperatura ambiente (Wardy *et al.* 2011). Según la FAO (2003), una pérdida de peso de 2-3% es común en el mercado de los huevos y es difícilmente notable por el consumidor, lo que permite inferir que los tratamientos con aceite de soya y las emulsiones para ambos estudios resultaron efectivos en este factor.

Cuadro 4. Pérdida de peso (%) de huevos recubiertos y no recubiertos durante cinco semanas a 25°C (huevos lavados). [€]

Tratamiento	25°C		
	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	1.04 ± 0.13 ^{C, b}	3.47 ± 0.29 ^{B, a}	5.28 ± 0.70 ^{A, a}
Ac. soya	0.14 ± 0.07 ^{B, c}	0.38 ± 0.11 ^{A, c}	0.53 ± 0.25 ^{A, c}
α quitosano	1.21 ± 0.06 ^{C, a}	3.31 ± 0.39 ^{B, a}	5.54 ± 0.97 ^{A, a}
β quitosano	0.93 ± 0.05 ^{C, b}	3.25 ± 0.29 ^{B, a}	5.78 ± 0.92 ^{A, a}
Ac. S y α quitosano	0.22 ± 0.06 ^{C, c}	0.80 ± 0.26 ^{B, b}	1.57 ± 0.40 ^{A, b}
Ac. S y β quitosano	0.23 ± 0.05 ^{C, c}	0.81 ± 0.17 ^{B, b}	1.60 ± 0.30 ^{A, b}
CV (%)	11.7	13.4	19.4

^{€ ABC} Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0.05).

^{€ abc} Las medias con diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P < 0.05).

CV: coeficiente de variación.

Cuadro 5. Pérdida de peso (%) de huevos recubiertos y no recubiertos durante cinco semanas a 25°C (huevos sin lavar).[€]

Tratamiento	25°C		
	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	1.27 ± 0.16 ^{C, a}	3.45 ± 0.18 ^{B, a}	6.72 ± 1.10 ^{A, a}
Ac. soya	0.14 ± 0.06 ^{B, b}	0.46 ± 0.23 ^{A, b}	0.58 ± 0.15 ^{A, c}
α quitosano	1.22 ± 0.19 ^{C, a}	3.33 ± 0.59 ^{B, a}	5.85 ± 1.14 ^{A, a}
β quitosano	1.18 ± 0.24 ^{C, a}	3.25 ± 0.27 ^{B, a}	5.56 ± 0.86 ^{A, a}
Ac. S y α quitosano	0.29 ± 0.06 ^{C, b}	0.70 ± 0.13 ^{B, b}	1.35 ± 0.37 ^{A, bc}
Ac. S y β quitosano	0.31 ± 0.04 ^{B, b}	0.90 ± 0.15 ^{B, b}	2.16 ± 0.80 ^{A, b}
CV (%)	19.7	14.88	22.21

^{€ ABC} Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0.05).

^{€ abc} Las medias con diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P < 0.05).

CV: coeficiente de variación.

Índice de yema. Un índice de yema fresco está alrededor de 0.45 y mientras más viejo tendrá un menor índice (Caner 2005). Para ambos estudios (cuadro 6 y 7), el control tuvo índices de yema significativamente más bajos (0.28) que el tratamiento con aceite de soya (0.38 y 0.42) y las emulsiones con alfa y beta quitosano (0.33 y 0.36), manteniendo estos tres tratamientos los más altos índices de yema en los huevos después de cinco semanas a 25°C. Alfa y beta quitosano obtuvieron valores no significativos pero sí más altos que el control para sus índices de yema. De acuerdo a estos resultados, el recubrimiento con aceite de soya y sus emulsiones con alfa y beta quitosano ayudan a preservar la calidad de la yema del huevo de dos a tres semanas más que el control.

Cuadro 6. Variación en el índice de yema durante cinco semanas a 25°C (huevos lavados).[€]

Tratamiento	25°C			
	Día 0	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	0.46 ± 0.02 ^{A, a}	0.41 ± 0.01 ^{B, b}	0.33 ± 0.03 ^{C, b}	0.28 ± 0.02 ^{D, c}
Ac. soya	0.46 ± 0.02 ^{A, a}	0.41 ± 0.01 ^{B, ab}	0.39 ± 0.02 ^{BC, a}	0.38 ± 0.01 ^{C, a}
α quitosano	0.46 ± 0.02 ^{A, a}	0.41 ± 0.02 ^{B, b}	0.36 ± 0.01 ^{C, b}	0.29 ± 0.02 ^{D, c}
β quitosano	0.46 ± 0.02 ^{A, a}	0.43 ± 0.01 ^{B, a}	0.34 ± 0.02 ^{C, b}	0.32 ± 0.02 ^{C, b}
Ac. S y α quitosano	0.46 ± 0.02 ^{A, a}	0.42 ± 0.01 ^{B, ab}	0.39 ± 0.01 ^{C, a}	0.35 ± 0.02 ^{D, ab}
Ac. S y β quitosano	0.46 ± 0.02 ^{A, a}	0.42 ± 0.02 ^{B, ab}	0.40 ± 0.03 ^{B, a}	0.36 ± 0.03 ^{C, ab}
CV (%)	3.8	2.9	3.20	6.68

^{€ ABCD} Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0.05).

^{€ abc} Las medias con diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P < 0.05).

CV: coeficiente de variación.

Cuadro 7. Variación en el índice de yema durante cinco semanas a 25°C (huevos sin lavar).[€]

Tratamiento	25°C			
	Día 0	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	0.52 ± 0.03 ^{A, a}	0.41 ± 0.02 ^{B, b}	0.32 ± 0.02 ^{C, b}	0.28 ± 0.05 ^{C, b}
Ac. Soya	0.52 ± 0.03 ^{A, a}	0.44 ± 0.01 ^{B, a}	0.43 ± 0.01 ^{B, a}	0.42 ± 0.03 ^{B, a}
α quitosano	0.52 ± 0.03 ^{A, a}	0.44 ± 0.01 ^{B, a}	0.34 ± 0.03 ^{C, b}	0.29 ± 0.02 ^{D, b}
β quitosano	0.52 ± 0.03 ^{A, a}	0.43 ± 0.02 ^{B, ab}	0.31 ± 0.03 ^{C, b}	0.26 ± 0.03 ^{D, b}
Ac. S y α quitosano	0.52 ± 0.03 ^{A, a}	0.43 ± 0.01 ^{B, ab}	0.41 ± 0.02 ^{BC, a}	0.38 ± 0.03 ^{C, a}
Ac. S y β quitosano	0.52 ± 0.03 ^{A, a}	0.44 ± 0.02 ^{B, a}	0.42 ± 0.02 ^{B, a}	0.38 ± 0.03 ^{C, a}
CV (%)	6.07	3.51	6.05	9.7

[€] ABCD Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0.05).

[€] ab Las medias con diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P < 0.05).

CV: coeficiente de variación.

Color de la cáscara. El índice de blancura decreció y la diferencia de color (ΔE^*) incrementó conforme incrementó el tiempo de almacenamiento. Esta disminución en el índice de blancura presentada en los cuadros 8 y 9 se debe al descenso de los valores L* (luminosidad) a lo largo de las cinco semanas, indicando un posible oscurecimiento en la cutícula natural del huevo o del material de recubrimiento, resultados que concuerdan con los obtenidos en el estudio de Torrico (2010). Para la diferencia de color (ΔE^*), Caner y Cansiz (2008), establecen que una diferencia de color menor a tres no es fácilmente detectable antes el ojo humano; en este estudio sólo para los tratamientos aceite de soya y su emulsión con beta quitosano en los huevos lavados (cuadro 10) se obtuvieron valores (ΔE^*) arriba de tres después de cinco semanas; para los huevos sin lavar en el cuadro 11 no se observó ningún valor arriba de tres después de cinco semanas, indicando probabilidad de que los consumidores no detectarían cambios en el color de la cáscara de huevo para los demás tratamientos. Estudios de discriminación se realizaron para evaluar este factor.

Cuadro 8. Índice de blancura de la cáscara para huevos recubiertos y no recubiertos durante 5 semanas a 25°C (huevos lavados). [€]

Tratamiento	25°C			
	Día 0	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	92.44 ± 0.65 ^{A, a}	90.77 ± 1.10 ^{AB, a}	89.60 ± 1.44 ^{B, ab}	90.01 ± 2.80 ^{B, a}
Ac. Soya	92.04 ± 0.54 ^{A, ab}	90.88 ± 1.32 ^{AB, a}	88.94 ± 1.57 ^{C, b}	89.29 ± 1.74 ^{BC, a}
α quitosano	91.47 ± 0.92 ^{A, b}	91.18 ± 0.60 ^{A, a}	89.08 ± 1.45 ^{B, ab}	90.62 ± 1.44 ^{A, a}
β quitosano	92.36 ± 0.62 ^{A, ab}	91.71 ± 1.46 ^{A, a}	90.87 ± 1.29 ^{A, a}	90.87 ± 1.41 ^{A, a}
Ac. S y α quitosano	92.03 ± 0.54 ^{A, ab}	90.87 ± 0.76 ^{A, a}	89.13 ± 1.34 ^{B, ab}	88.96 ± 1.09 ^{B, a}
Ac. S y β quitosano	92.10 ± 0.65 ^{A, ab}	91.54 ± 0.67 ^{A, a}	89.80 ± 0.88 ^{B, ab}	91.16 ± 1.18 ^{A, a}
CV (%)	1.03	1.18	1.9	0.9

^{€ ABC} Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0.05).

^{€ ab} Las medias con diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P < 0.05).

CV: coeficiente de variación.

Cuadro 9. Índice de blancura de la cáscara para huevos recubiertos y no recubiertos durante 5 semanas a 25°C (huevos sin lavar). [€]

Tratamiento	25°C			
	Día 0	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	91.40 ± 0.71 ^{A, a}	90.18 ± 0.98 ^{AB, a}	88.74 ± 2.23 ^{B, a}	91.14 ± 0.52 ^{A, a}
Ac. soya	91.19 ± 1.45 ^{A, a}	90.84 ± 0.75 ^{A, a}	88.89 ± 1.32 ^{B, a}	90.91 ± 0.69 ^{A, a}
α quitosano	91.14 ± 1.37 ^{A, a}	90.91 ± 1.28 ^{AB, a}	89.43 ± 1.47 ^{B, a}	91.09 ± 0.91 ^{A, a}
β quitosano	92.33 ± 0.54 ^{A, a}	91.14 ± 1.29 ^{A, a}	89.36 ± 1.74 ^{B, a}	91.20 ± 0.48 ^{A, a}
Ac. S y α quitosano	91.72 ± 0.61 ^{A, a}	91.38 ± 1.20 ^{AB, a}	90.06 ± 1.55 ^{B, a}	90.17 ± 0.97 ^{B, a}
Ac. S y β quitosano	92.93 ± 0.40 ^{A, a}	91.15 ± 0.83 ^{AB, a}	89.92 ± 1.84 ^{B, a}	90.73 ± 1.06 ^{AB, a}
CV (%)	0.89	1.16	1.7	1.47

^{€ AB} Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0.05).

[€] Las medias con letras iguales en la misma columna indican que no hubo diferencias significativas (P > 0.05).

CV: coeficiente de variación.

Cuadro 10. Valores de diferencia de color (ΔE^*) para huevos recubiertos y no recubiertos durante cinco semanas a 25°C (huevos lavados). [€]

Tratamiento	25°C		
	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	2.25 ± 1.12 ^{A, a}	3.25 ± 1.30 ^{A, a}	2.84 ± 2.49 ^{A, a}
Ac. Soya	1.98 ± 1.10 ^{B, a}	3.48 ± 1.48 ^{A, a}	3.32 ± 1.22 ^{AB, a}
α quitosano	1.35 ± 1.02 ^{A, a}	2.67 ± 1.35 ^{A, a}	1.52 ± 1.01 ^{A, a}
β quitosano	1.04 ± 0.93 ^{A, a}	1.76 ± 1.32 ^{A, a}	1.67 ± 1.43 ^{A, a}
Ac. S y α quitosano	1.48 ± 0.61 ^{B, a}	3.01 ± 1.60 ^{A, a}	3.26 ± 1.09 ^{A, a}
Ac. S y β quitosano	1.21 ± 0.60 ^{B, a}	2.42 ± 1.09 ^{A, a}	1.43 ± 1.00 ^{AB, a}
CV (%)	59.4	49	62.8

^{€ AB} Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

[€] Las medias con letras minúsculas iguales en la misma columna indican que no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$).

CV: coeficiente de variación.

Cuadro 11. Valores de diferencia de color (ΔE^*) para huevos recubiertos y no recubiertos durante cinco semanas a 25°C (huevos sin lavar). [€]

Tratamiento	25°C		
	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	1.17 ± 0.55 ^{B, a}	2.97 ± 1.60 ^{A, a}	1.19 ± 0.74 ^{B, b}
Ac. soya	1.79 ± 0.81 ^{A, a}	2.71 ± 1.43 ^{A, a}	1.83 ± 0.84 ^{A, ab}
α quitosano	2.22 ± 1.08 ^{AB, a}	3.40 ± 1.05 ^{A, a}	1.78 ± 0.98 ^{B, ab}
β quitosano	2.07 ± 0.80 ^{A, a}	2.83 ± 1.54 ^{A, a}	2.44 ± 0.77 ^{A, a}
Ac. S y α quitosano	1.17 ± 0.54 ^{A, a}	2.15 ± 1.41 ^{A, a}	1.51 ± 0.77 ^{A, ab}
Ac. S y β quitosano	1.99 ± 0.84 ^{A, a}	1.84 ± 0.69 ^{A, a}	1.47 ± 1.06 ^{A, ab}
CV (%)	45.6	50.07	50.9

^{€ AB} Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

^{€ ab} Las medias con diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$). CV: coeficiente de variación.

Capacidad de emulsión. El cuadro 12 muestra que los huevos con recubrimiento no lograron prevenir significativamente el descenso de la capacidad de emulsión versus el control. Lo mismo ocurrió en el estudio de huevos sin lavar (cuadro 13). Esto demuestra que ninguno de los tratamientos usados en este estudio podría usarse como recubrimiento para huevos sin afectar la capacidad de emulsión de la yema del huevo; según Carrillo y Kokini (1988) la yema del huevo actúa como emulsificante debido al complejo de proteínas que posee, demostrando este estudio que éstas se ven afectadas por el tiempo y temperatura de almacén independientemente de los recubrimientos usados. Los datos obtenidos en este estudio corroboran los obtenidos por Wardy *et al.* 2011, quien presentó similares resultados para la capacidad de emulsión.

Cuadro 12. Capacidad de emulsión (mL de aceite/g de yema) de huevos recubiertos y no recubiertos almacenados por cinco semanas a 25°C (huevos lavados). [€]

Tratamiento	25°C			
	Día 0	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	68.13 ± 0.75 ^{A, a}	66.46 ± 2.56 ^{AB, a}	64.41 ± 1.32 ^{B, a}	64.96 ± 0.75 ^{B, a}
Ac. Soya	68.13 ± 0.75 ^{A, a}	66.78 ± 2.21 ^{A, a}	64.53 ± 1.30 ^{A, a}	64.33 ± 1.53 ^{A, a}
α quitosano	68.13 ± 0.75 ^{A, a}	66.71 ± 0.84 ^{A, a}	66.33 ± 0.99 ^{A, a}	65.29 ± 1.23 ^{A, a}
β quitosano	68.13 ± 0.75 ^{A, a}	66.85 ± 1.02 ^{A, a}	64.84 ± 1.24 ^{A, a}	65.64 ± 1.08 ^{A, a}
Ac. S y α quitosano	68.13 ± 0.75 ^{A, a}	66.03 ± 1.35 ^{A, a}	64.80 ± 0.65 ^{A, a}	65.28 ± 1.27 ^{A, a}
Ac. S y β quitosano	68.13 ± 0.75 ^{A, a}	68.22 ± 1.93 ^{A, a}	64.41 ± 0.82 ^{B, a}	65.96 ± 0.52 ^{AB, a}
CV (%)	1.1	2.6	1.7	1.7

^{€ AB} Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0.05).

[€] Las medias con letras minúsculas iguales en la misma columna indican que no hubo diferencias significativas (P > 0.05).

CV: coeficiente de variación.

Cuadro 13. Capacidad de emulsión (mL de aceite/g de yema) de huevos recubiertos y no recubiertos almacenados por cinco semanas a 25°C (huevos sin lavar). [€]

Tratamiento	25°C			
	Día 0	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	68.95 ± 1.17 ^{A, a}	68.96 ± 0.62 ^{A, a}	66.36 ± 1.24 ^{B, a}	64.81 ± 0.72 ^{B, a}
Ac. Soya	68.95 ± 1.17 ^{A, a}	67.85 ± 0.09 ^{AB, a}	66.10 ± 1.46 ^{B, a}	65.87 ± 0.64 ^{B, a}
α quitosano	68.95 ± 1.17 ^{A, a}	67.85 ± 0.96 ^{AB, a}	67.45 ± 0.86 ^{AB, a}	65.79 ± 0.37 ^{B, a}
β quitosano	68.95 ± 1.17 ^{A, a}	67.67 ± 1.06 ^{AB, a}	65.58 ± 1.41 ^{BC, a}	64.71 ± 0.58 ^{C, a}
Ac. S y α quitosano	68.95 ± 1.17 ^{A, a}	67.80 ± 0.49 ^{AB, a}	66.52 ± 0.57 ^{BC, a}	65.43 ± 0.48 ^{C, a}
Ac. S y β quitosano	68.95 ± 1.17 ^{A, a}	67.56 ± 0.22 ^{A, a}	67.31 ± 0.86 ^{AB, a}	65.41 ± 0.44 ^{B, a}
CV (%)	1.7	0.9	1.7	0.8

^{€ ABC} Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0.05).

[€] Las medias con letras minúsculas iguales en la misma columna indican que no hubo diferencias significativas (P < 0.05).

CV: coeficiente de variación.

Análisis microbiológico. En los cuadros 14 y 15 son mostrados los resultados para la detección interna de *Salmonella* spp en los diferentes tratamientos. No se detectaron colonias de *Salmonella* spp. en ningún tratamiento recubierto o no recubierto, ni antes ni después de las cinco semanas de almacenamiento a 25°C. Se concluye entonces que para este estudio los tratamientos recubiertos y no recubiertos son seguros microbiológicamente respecto a *Salmonella* spp. para el análisis realizado con dilución desde 10^{-1} y hasta 10^{-4} a lo largo de cinco semanas a 25°C.

Cuadro 14. Análisis microbiológico de huevos recubiertos y no recubiertos antes y después de 5 semanas de almacenamiento a 25°C $\pm$ 3 (huevos lavados).

Tratamiento	Detección de <i>Salmonella</i> spp.	
	Día 0	Semana 5
Control	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Ac. Soya	<10 UFC/g	<10 UFC/g
α quitosano	<10 UFC/g	<10 UFC/g
β quitosano	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Ac. S y α quitosano	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Ac. S y β quitosano	<10 UFC/g	<10 UFC/g

Cuadro 15. Análisis microbiológico de huevos recubiertos y no recubiertos antes y después de 5 semanas de almacenamiento a 25°C $\pm$ 3 (huevos sin lavar).

Tratamiento	Detección de <i>Salmonella</i> spp.	
	Día 0	Semana 5
Control	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Ac. Soya	<10 UFC/g	<10 UFC/g
α quitosano	<10 UFC/g	<10 UFC/g
β quitosano	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Ac. S y α quitosano	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Ac. S y β quitosano	<10 UFC/g	<10 UFC/g

Análisis sensorial de discriminación e intención de compra. Los consumidores percibieron que los huevos recubiertos con aceite de soya y emulsión de aceite de soya - beta quitosano resultaron ser más brillosos ($P < 0.05$) que el control no recubierto, según el cuadro 16. Para el análisis discriminativo usando como control huevos recubiertos con alfa quitosano en el cuadro 17, los consumidores detectaron que el tratamiento beta quitosano presentaba mayor lisura de superficie que el control (huevo recubierto con alfa quitosano). En el cuadro 16 se muestran los resultados de intención de compra, que muestra positiva intención de compra inclinada hacia el control, tratamiento con aceite de soya, alfa quitosano y las dos emulsiones.

Cuadro 16. Índice R (% de discriminación sensorial) ^a comparando huevos frescos comerciales no recubiertos con huevos después de cinco semanas recubiertos y su intención de compra. [&]

Tratamiento	Lisura de superficie		Brillo de superficie		Color de superficie	Olor de superficie	Diferencia global	Intención de compra (%)
	Índice R	Índice R	Índice R	Índice R	Índice R	Índice R	Índice R	
	más	menos	más	menos				
Control	ND ^b	ND ^b	ND ^b	ND ^b	ND ^b	ND ^b	ND ^b	81.67
Ac. Soya	59.03	53.60	69.46	42.84	53.88	47.46	46.93	76.67
α quitosano	48.28	38.01	49.97	45.07	51.67	51.82	54.71	76.67
β quitosano	53.42	59.38	58.70	49.84	51.67	50.46	47.58	69.17
Ac. S y α quitosano	44.14	55.25	55.67	40.71	53.88	43.56	46.14	71.67
Ac. S y β quitosano	54.74	55.26	64.89	39.37	56.46	46.78	44.35	71.67

^a Basado en 60 consumidores (48% masculinos, 52% femeninos). A $\alpha=0.05$, el valor crítico para el índice R para el análisis bipolar (2 colas) es de 62.36% y para el unipolar (1 cola) es de 60.47%. Los índices-R en negrita y en modo itálico indican diferencias significativas ($p<0.05$).

^b ND = No se ha determinado, como control fue usado como una línea base para los cálculos del índice R.

[&] La intención de compra para todos los tratamientos recubiertos están basados en un panel de 120 personas y el control no recubierto en base a 60 panelistas.

Cuadro 17. Índice R (% de discriminación sensorial)^a comparando huevos recubiertos con α quitosano con huevos después de cinco semanas recubiertos con otros materiales.

Tratamiento	Lisura de superficie		Brillo de superficie		Color de superficie	Olor de superficie	Diferencia global
	Índice R más	Índice R menos	Índice R más	Índice R menos	Índice R	Índice R	Índice R
Control	ND ^b	ND ^b	ND ^b	ND ^b	ND ^b	ND ^b	ND ^b
Ac. Soya	57.71	40.04	58.33	40.19	57.71	40.31	54.71
β quitosano	64.79	56.15	52.93	46.83	50.88	48.40	46.00
Ac. S y α quitosano	57.50	45.37	48.23	43.65	45.44	47.51	51.38
Ac. S y β quitosano	55.45	42.52	55.69	34.77	56.83	45.50	54.42

^a Basado en 60 consumidores (52% masculinos, 48% femeninos). A $\alpha=0.05$, el valor crítico para el índice R para el análisis bipolar (2 colas) es de 62.36% y para el unipolar (1 cola) es de 60.47%. Los índices-R en negrita y en modo itálico indican diferencias significativas ($p<0.05$).

^b ND = No se ha determinado, como control fue usado como una línea base para los cálculos del índice R.

4. CONCLUSIONES

- El recubrimiento de los huevos con aceite de soya y sus emulsiones con alfa y beta quitosano lograron mantener la calidad interna de los huevos por encima de los no recubiertos durante almacenamiento hasta cinco semanas a 25°C.
- Los recubrimientos con alfa y beta quitosano no mostraron un efecto significativamente diferente para los parámetros de calidad interna durante almacenamiento de cinco semanas a 25°C.
- Los consumidores detectaron diferencias significativas de mayor lisura y brillo en la superficie del huevo para los tratamientos con beta quitosano, su emulsión con aceite de soya y el tratamiento aceite de soya solo.
- Para los huevos sin lavar, los tratamientos con aceite de soya y sus emulsiones con alfa y beta quitosano alargaron significativamente la vida anaquel y calidad interna de los mismos, demostrando un posible efecto sinérgico entre la cutícula natural del huevo y los materiales de recubrimiento.

5. RECOMENDACIONES

- Validar a nivel industrial para medir la eficiencia y factibilidad de los mejores tratamientos de este estudio y su aplicación en la industria.
- Realizar posteriores investigaciones enfocadas en el posible efecto sinérgico de la cutícula natural del huevo y los materiales de recubrimiento usados en este estudio.

6. LITERATURA CITADA

Bhale, S; H. No; W. Prinyawiwatukul; A. Farr; K. Nadarajah; S. Meyers 2003. Chitosan coating improves shelf life of eggs. *Journal of Food Science*. 68 (7): 2378-2383.

Biladeau, A; K. Keener, 2009. The effects of edible coatings on chicken egg quality under refrigerated storage. *Poultry Science*. 88 (09): 1266-1274.

Caner, C. 2005. The effect of edible eggshell coatings on egg quality and consumer perception. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 85 (05): 1897-1902.

Caner, C; Ö. Cansiz 2008. Chitosan coating minimizes eggshell breakage and improves egg quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88 (08): 56-61.

Carrillo, A; J. Kokini 1988. Effect of egg yolk and egg yolk + salt on rheological properties and particle size distribution of model oil-in-water salad dressing emulsions. *Journal of Food Science*. 53 (5): 1352-1355.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2003. Egg marketing. A guide for the production and sale of eggs. FAO agricultural services bulletin. Roma. FAO. 127 p.

FAO (Sistema estadístico de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2009. Food Supply. Eggs (en línea). Consultado 14 ago. 2012. Disponible en <http://faostat.fao.org/site/610/DesktopDefault.aspx?PageID=610#ancor>

Haugh, R. 1937. The haugh unit for measuring egg quality. *The U. S. Egg and Poultry Magazine*. (37): 552-573.

Kim, S; D. Youn; H. No; S. Choi; W. Prinyawiwatukul 2009. Effects of chitosan coating and storage position on quality and shelf life of eggs. *International Journal of Food Science and Technology*. 44 (09): 1351-1359.

Kralik, G; V. Komendonovic; A. Petricevic 1990. Physico-chemical properties of eggs. *CIHEAM (International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies)*. 7(90): 245-248.

Prinyawiwatukul, W; L. Beuchat; K. McWatters; R. Phillips 1997. Functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) flour as affected by soaking, boiling, and fungal fermentation. *Food Chemistry*. 47 (2): 153-158.

Silversides, F; T. Scott 2001. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Science*. 80 (01): 1240-1245.

Stadelman, W; D. Newkirk; L. Newby 1995. *Egg Science and Technology*. Cuarta edición. Binghamton, NY. The Haworth Press. 590 p.

Torricon, D. 2010. Effects of emulsion coatings on the internal quality and shelf life of eggs. Tesis maestría ciencia de alimentos. Luisiana, Estados Unidos, Universidad del Estado de Luisiana. 92 p.

Waimaleongora-Ek, P; K. García; H. No; W. Prinyawiwatukul; D. Ingram. 2009. Selected quality and shelf life of eggs coated with mineral oil with different viscosities. *Journal of Food Science*. 74 (9): 423-429.

Ward, W; D. Torricon; W. Jirangrat; H. No; F. Saalia; W. Prinyawiwatukul. 2011. Chitosan-soybean oil emulsion coating effects physico-functional and sensory quality of eggs during storage. *Food Science and Technology*. 44 (11): 2349-2355.

7. ANEXOS

Anexo 1. Cuadro color valores L (huevos lavados). &

Tratamiento	25°C			
	Día 0	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	93.36 ± 0.72 ^{A, a}	92.33 ± 1.10 ^{AB, a}	91.29 ± 1.19 ^{B, a}	91.55 ± 2.43 ^{AB, a}
Ac. Soya	92.90 ± 0.65 ^{A, ab}	92.18 ± 0.21 ^{AB, a}	90.63 ± 1.29 ^{B, a}	90.83 ± 1.61 ^{B, a}
α quitosano	92.50 ± 0.51 ^{A, b}	92.45 ± 0.50 ^{A, a}	90.52 ± 1.40 ^{B, a}	91.95 ± 1.14 ^{A, a}
β quitosano	93.40 ± 0.49 ^{A, a}	92.79 ± 0.12 ^{AB, a}	92.04 ± 1.03 ^{B, a}	92.33 ± 1.03 ^{AB, a}
Ac. S y α quitosano	92.71 ± 0.54 ^{A, ab}	91.61 ± 0.69 ^{A, a}	89.89 ± 1.35 ^{B, a}	90.35 ± 0.87 ^{B, a}
Ac. S y β quitosano	92.66 ± 0.63 ^{A, ab}	92.22 ± 0.60 ^{A, a}	90.77 ± 0.81 ^{B, a}	92.12 ± 1.09 ^{A, a}

& ^{AB} Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0.05).

& ^{ab} Las medias con diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P < 0.05).

Anexo 2. Cuadro color valores a* (huevos lavados). &

Tratamiento	25°C			
	Día 0	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	-1.28 ± 0.24 ^{A, a}	-1.79 ± 0.42 ^{AB, b}	-2.09 ± 0.36 ^{B, c}	-1.92 ± 0.63 ^{B, ab}
Ac. Soya	-1.22 ± 0.36 ^{A, a}	-1.63 ± 0.44 ^{AB, ab}	-2.14 ± 0.51 ^{B, c}	-2.20 ± 0.49 ^{B, b}
α quitosano	-1.33 ± 0.39 ^{A, a}	-1.60 ± 0.28 ^{AB, ab}	-1.93 ± 0.23 ^{B, bc}	-1.69 ± 0.43 ^{AB, ab}
β quitosano	-1.34 ± 0.25 ^{A, a}	-1.45 ± 0.43 ^{A, ab}	-1.61 ± 0.24 ^{AB, ab}	-1.88 ± 0.37 ^{B, ab}
Ac. S y α quitosano	-1.12 ± 0.23 ^{A, a}	-1.21 ± 0.33 ^{A, a}	-1.24 ± 0.42 ^{A, a}	-2.06 ± 0.26 ^{B, ab}
Ac. S y β quitosano	-1.08 ± 0.23 ^{A, a}	-1.16 ± 0.23 ^{A, a}	-1.37 ± 0.18 ^{AB, a}	-1.51 ± 0.29 ^{B, a}

& AB Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0.05).

& abc Las medias con diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P < 0.05).

CV: coeficiente de variación.

Anexo 3. Cuadro color valores b* (huevos lavados). &

Tratamiento	25°C			
	Día 0	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	3.31 ± 0.65 ^{B, a}	4.72 ± 0.96 ^{A, a}	5.26 ± 1.01 ^{A, ab}	4.92 ± 1.41 ^{A, a}
Ac. Soya	3.29 ± 0.73 ^{B, a}	4.24 ± 1.31 ^{AB, ab}	5.39 ± 1.24 ^{A, a}	4.93 ± 1.35 ^{A, a}
α quitosano	3.71 ± 1.32 ^{B, a}	4.23 ± 0.63 ^{AB, ab}	5.04 ± 0.64 ^{A, ab}	4.47 ± 0.99 ^{AB, a}
β quitosano	3.59 ± 0.47 ^{A, a}	3.80 ± 1.00 ^{A, ab}	4.14 ± 0.88 ^{A, bc}	4.57 ± 1.03 ^{A, a}
Ac. S y α quitosano	3.00 ± 0.47 ^{B, a}	3.24 ± 1.00 ^{B, b}	3.72 ± 0.60 ^{B, c}	4.93 ± 0.80 ^{A, a}
Ac. S y β quitosano	2.69 ± 0.29 ^{C, a}	3.08 ± 0.54 ^{BC, b}	4.09 ± 0.54 ^{A, bc}	3.70 ± 0.52 ^{AB, a}

& AB Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0.05).

& abc Las medias con diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P < 0.05).

CV: coeficiente de variación.

Anexo 4. Cuadro color valores L (huevos sin lavar). &

Tratamiento	25°C			
	Día 0	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	92.35 ± 0.65 ^{A, ab}	91.61 ± 0.63 ^{A, a}	90.36 ± 1.77 ^{B, a}	92.94 ± 0.45 ^{A, a}
Ac. Soya	92.09 ± 1.26 ^{A, b}	91.89 ± 0.74 ^{A, a}	90.29 ± 1.33 ^{B, a}	92.02 ± 0.61 ^{A, bc}
α quitosano	92.25 ± 0.96 ^{A, ab}	91.79 ± 1.02 ^{AB, a}	90.73 ± 1.17 ^{B, a}	92.31 ± 0.65 ^{A, abc}
β quitosano	93.32 ± 0.39 ^{A, a}	92.32 ± 0.91 ^{A, a}	91.17 ± 1.38 ^{B, a}	92.82 ± 0.46 ^{A, ab}
Ac. S y α quitosano	92.67 ± 0.48 ^{A, ab}	92.05 ± 1.06 ^{AB, a}	91.14 ± 1.36 ^{B, a}	91.51 ± 0.66 ^{AB, c}
Ac. S y β quitosano	92.77 ± 0.44 ^{A, ab}	91.88 ± 0.69 ^{AB, a}	91.11 ± 1.42 ^{B, a}	92.13 ± 0.69 ^{AB, abc}

& AB Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0.05).

& abc Las medias con diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P < 0.05).

CV: coeficiente de variación.

Anexo 5. Cuadro color valores a* (huevos sin lavar). &

Tratamiento	25°C			
	Día 0	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	-1.13 ± 0.48 ^{A, a}	-1.45 ± 0.37 ^{A, b}	-1.62 ± 0.50 ^{A, a}	-1.49 ± 0.26 ^{A, a}
Ac. Soya	-1.40 ± 0.51 ^{AB, a}	-1.25 ± 0.25 ^{A, ab}	-1.78 ± 0.36 ^{B, a}	-1.55 ± 0.21 ^{AB, a}
α quitosano	-1.43 ± 0.51 ^{A, a}	-1.08 ± 0.42 ^{A, ab}	-1.59 ± 0.41 ^{A, a}	-1.46 ± 0.27 ^{A, a}
β quitosano	-1.16 ± 0.24 ^{A, a}	-1.16 ± 0.38 ^{A, ab}	-1.86 ± 0.50 ^{B, a}	-1.62 ± 0.19 ^{B, a}
Ac. S y α quitosano	-1.16 ± 0.24 ^{A, a}	-0.89 ± 0.20 ^{A, a}	-1.29 ± 0.59 ^{AB, a}	-1.67 ± 0.21 ^{B, a}
Ac. S y β quitosano	-1.19 ± 0.19 ^{AB, a}	-1.01 ± 0.23 ^{A, ab}	-1.54 ± 0.61 ^{BC, a}	-1.71 ± 0.31 ^{C, a}

& ABC Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0.05).

& ab Las medias con diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P < 0.05).

CV: coeficiente de variación.

Anexo 6. Cuadro color valores b* (huevos sin lavar). &

Tratamiento	25°C			
	Día 0	Semana 1	Semana 3	Semana 5
Control	3.56 ± 1.23 ^{B,a}	4.81 ± 1.15 ^{AB, a}	5.49 ± 1.69 ^{A, a}	5.00 ± 1.24 ^{AB, a}
Ac. Soya	3.53 ± 0.94 ^{B,a}	4.02 ± 0.63 ^{AB, ab}	5.02 ± 0.85 ^{A, a}	4.01 ± 0.77 ^{AB, a}
α quitosano	3.95 ± 1.28 ^{A,a}	3.61 ± 1.25 ^{A, ab}	4.79 ± 1.02 ^{A, a}	4.17 ± 1.00 ^{A, a}
β quitosano	3.57 ± 0.51 ^{C,a}	4.23 ± 1.06 ^{BC, ab}	5.62 ± 1.08 ^{A, a}	4.81 ± 0.35 ^{AB, a}
Ac. S y α quitosano	3.62 ± 0.72 ^{AB,a}	3.11 ± 1.05 ^{B, b}	4.10 ± 1.55 ^{AB, a}	4.62 ± 0.98 ^{A, a}
Ac. S y β quitosano	3.29 ± 0.83 ^{B, a}	3.33 ± 0.77 ^{AB, b}	4.42 ± 1.30 ^{AB, a}	4.55 ± 0.92 ^{A, a}

& ABC Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0.05).

& ab Las medias con diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P < 0.05).

CV: coeficiente de variación.

Anexo 7. Método bipolar del índice R.

Muestras	Respuestas de los consumidores					
	Más Seguro	Más Inseguro	Igual Inseguro	Igual Seguro	Menos Inseguro	Menos Seguro
Huevos recubiertos	a1	b1	c	d	b2	a2
Control (No recubierto)	e1	f1	g	h	f2	e2

$$R\text{-más (\%)} = \frac{\{[a1(f1 + g + h) + b1(g + h) + c(h)] + [0.5(a1e1 + b1f1 + cg + dh)]\} \times 100}{(a1 + b1 + c + d)(e1 + f1 + g + h)}$$

$$R\text{-menos (\%)} = \frac{\{[a2(f2 + g + h) + b2(g + h) + c(h)] + [0.5(a2e2 + b2f2 + cg + dh)]\} \times 100}{(a2 + b2 + c + d)(e2 + f2 + g + h)}$$

Anexo 8. Método tradicional del índice R.

Muestras	Respuestas de los consumidores			
	Diferente		Igual	
	Seguro	Inseguro	Inseguro	Seguro
Huevos recubiertos	a	b	c	d
Control (No recubierto)	e	f	g	h

$$\text{Índice R (\%)} = \frac{\{[a(f + g + h) + b(g + h) + c(h)] + [0.5(ae + bf + cg + dh)]\} \times 100}{(a + b + c + d)(e + f + g + h)}$$