



EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS PARA LA CONSERVACIÓN DE HUEVOS DE CODORNIZ (*Coturnix coturnix japónica*)

Lucena Hilda, Barreto Erika y García Tonny

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), Decanato de Agronomía,
Programa de Ingeniería Agroindustrial, Barquisimeto, Venezuela. E mail:

erika.barreto@ucla.edu.ve

ASA/EX -2016-10.

Recibido: 19-09-2016

Aceptado: 18-11-2016

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló dentro de la investigación experimental y plantea como objetivo general la necesidad de evaluar los métodos más adecuados para conservar huevos de codorniz (*Coturnix coturnix japónica*) y poder alargar su vida útil, puesto que es un producto altamente perecedero, ocasionándole pérdidas a los productores por las fluctuaciones de la demanda debido al desconocimiento de la población de las propiedades nutritivas de este alimento. Para tal fin se establecieron como objetivos específicos: 1) Formular diferentes concentraciones de soluciones conservantes para aplicárselas a los huevos de codorniz como líquido de cobertura, las cuales se determinaron a través de un diseño de superficie de respuesta del tipo Box-Behnken, donde se obtuvo que la formulación más adecuada es NaCl 1,5%, sorbato de potasio 400 ppm y ácido acético 0,125% 2) Determinar la temperatura idónea de pasteurización para la conservación de los huevos de codorniz, donde se aplicó un diseño completamente aleatorizado para 3 tratamientos térmicos que fueron 60, 70 y 80°C, en el cual se estableció 70°C por 90 s como el más recomendado. Finalmente, la estabilidad del producto final se estableció por un estudio de condiciones aceleradas a diferentes temperaturas de almacenamiento y a través de un modelo matemático de regresión lineal se obtuvo una duración aproximada de 500 días.

Palabras clave: Huevos de codorniz, conservación, formulación, pasteurización.



EVALUATION OF METHODS FOR PRESERVING QUAIL EGGS (*Coturnix coturnix japonica*)

ABSTRACT

The following study was developed during experimental research to determine the most appropriate methods for quail egg (*coturnix coturnixjaponica*) preservation in order to extend their useful shelf life. Quail eggs are a highly perishable product which causes economic losses to their suppliers due to fluctuations in the demand of the product in spite of its nutritional content. Two specific objectives were established: 1) To formulate preserving solutions of different concentrations to apply to the quail egg as a liquid seal, determined through a Box-Behnken response surface design, which resulted in a preserving solution of NaCl 1.5%, potassium sorbate 400 ppm and acetic acid 0.125%. 2) To determine the ideal pasteurization temperature at which to preserve the quail eggs, using three randomly selected thermal values of 60, 70 and 80°C, which resulted in a recommended temperature of 70°C for 90 seconds. Finally, the stability of the final product was established by studying accelerated conditions at different storage temperatures and an estimated duration of approximately 500 days was established through a lineal regression mathematical model.

Keywords: Quail eggs, preservation, formulation, pasteurization.



INTRODUCCIÓN

La crianza y explotación de la codorniz está en auge en algunos países de Suramérica por presentar las condiciones climatológicas apropiadas, como es el caso de Colombia, Venezuela, México, Brasil y Argentina, en donde se han multiplicado las explotaciones durante la última década, según Vásquez y Ballesteros (2007).

En este sentido, Montilla (2006) señala que actualmente en Venezuela, la coturnicultura ha evolucionado debido a que largos años de investigación en el campo genético, nutricional y sanitario

han permitido al productor de codornices alcanzar altos rendimientos en las aves.

Así mismo es importante destacar que el huevo de codorniz es uno de los alimentos más completos para la nutrición humana, pues en su composición figuran proteínas de excelente valor biológico, con la mayor parte de los aminoácidos esenciales, además de vitaminas, minerales y ácidos grasos imprescindibles para el funcionamiento del organismo. Además son una fuente económica de consumo de proteína de alta calidad.

Es oportuno mencionar que aunque los huevos son productos con una alta perecibilidad, en el mercado venezolano se comercializan actualmente sólo los huevos de codorniz frescos, los cuales tienen una vida útil de 3 semanas. La



principal causa de deterioro es el ataque por diferentes tipos de microorganismos, así como las reacciones de oxidación que ocasionan rancidez.

La muy escasa oferta de huevos cocidos o en conserva, se debe según Pirela (2012) a que en Venezuela no existe una cultura de la conservación de alimentos, por lo que el 92% de los huevos son comercializados en forma natural.

Aunado a esto existe un desconocimiento en la población de las ventajas de este rubro y solo se consume ocasionalmente, lo que conlleva a que las ventas sean bajas y que se incremente el índice de pérdidas para los productores.

En este orden de ideas, Aguilar (2012), sostiene que para solventar esta situación, se dispone de los métodos de conservación de alimentos que se basan en la aplicación de tecnologías encargadas de prolongar la vida útil y disponibilidad de los mismos para el consumo humano, permite obtenerlos fuera de su temporada, distribuirlos a diferentes mercados, tanto nacionales como extranjeros, pero lo más importante es reducir las pérdidas que se generan a

los productores debido a su carácter altamente perecedero.

Por otra parte, un huevo de codorniz en conserva cubriría las necesidades de la población cuyos hábitos alimenticios han evolucionado debido a la preocupación de consumir productos saludables y a que cada vez es menor el tiempo que se dedica en los hogares a cocinar debido al acelerado ritmo de vida actual.

En atención a la problemática expuesta, se hace necesario realizar un estudio de los métodos para conservar huevos de codorniz, que permita alargar su vida útil sin afectar su composición nutritiva y que pueda estar al alcance de la población en diversos establecimientos comerciales y en cualquier época del año.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo del proceso de conservación de huevos de codorniz, el cual es explicado a continuación: Los huevos de codorniz frescos se almacenaron bajo refrigeración a 10°C hasta su procesamiento, momento en el que se procedió a lavarlos con una solución de cloro al 1% durante 10 min.

Para la cocción se colocaron en agua

caliente a 90-98°C durante 8-10 min. Al agua caliente se le agregó cloruro de sodio al 2% y ácido acético al 2% para facilitar el posterior proceso de pelado manual.

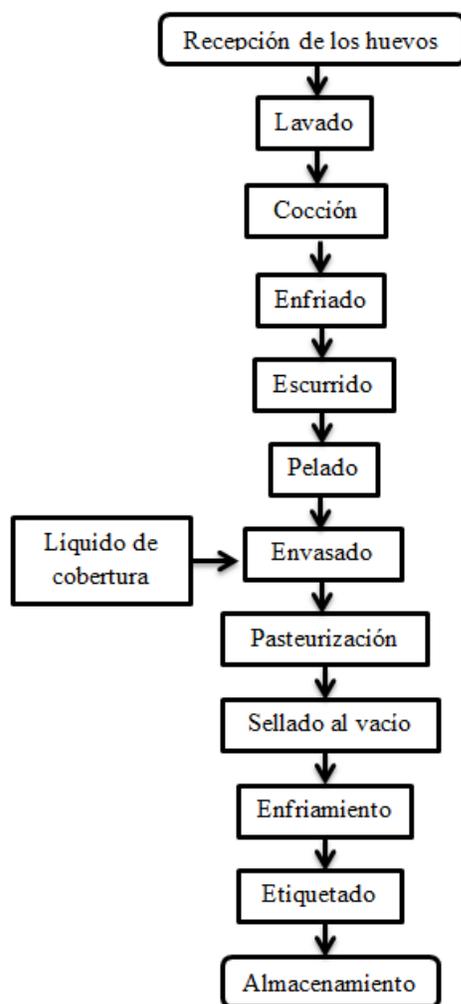


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de conservación de huevos de codorniz.

Para la preparación del líquido de cobertura se pesaron los ingredientes

(cloruro de sodio, sorbato de potasio) en una balanza electrónica (Scout Pro Ohaus 2000g/0,1g), según el diseño de superficie de respuesta planteado, se midió el ácido acético con pipeta serológica de 10 ml, se diluyeron con agua destilada y se midió el potencial de hidrógeno (pH) con potenciómetro digital (Hanna 211).

Se procedió al envasado manual en envases de vidrio previamente esterilizados, se añadió el líquido de cobertura en caliente y se realizó el exhausting para producir el vacío en el envase.

Para la pasteurización se colocaron los frascos en un baño de María (Isotemp 220 Fisher Scientific) a las temperaturas estudiadas (60°C, 70°C y 80°C) por 90 s y luego pasaron a enfriamiento a temperatura ambiente, siendo etiquetados con los datos de elaboración.

En la Figura 2 se observa el proceso seguido para la conservación de los huevos de codorniz realizado en el Laboratorio de Procesos Agroindustriales de la UCLA.

La investigación se llevó a cabo siguiendo tres fases: formulación del

líquido de cobertura, determinación de la temperatura de pasteurización y determinación de la estabilidad del producto.



Figura 2. Proceso de conservación de huevos de codorniz. (A) Lavado; (B) Cocción; (C) y (D) Pelado; (E) y (F) Pesado de ingredientes; (G) Envasado; (H) Pasteurización.

Fase 1: Formulación del líquido de cobertura

Según Aguilar (2012), existen los métodos que no alteran las cualidades organolépticas de los alimentos al agregar sustancias químicas ocasionando que el

alimento permanezca estable durante bastante tiempo, entre estos se incluyen los conservadores químicos (como el sorbato de potasio) y otros compuestos con propiedad antiséptica. Igualmente están los métodos que si alteran las cualidades organolépticas de los alimentos y son los que, además de conservar, provocan modificaciones profundas en las características sensoriales y nutritivas del alimento; entre éstos se encuentra la sal (NaCl) y algunos tipos de ácidos naturales, como el ácido acético. En base a esta información se seleccionaron las sustancias que conforman el líquido de cobertura para conservar huevos de codorniz.

Para formular las concentraciones del líquido de cobertura, se utilizó un Diseño de Superficie de Respuesta (DSR) del tipo Box-Behnken, empleando el software Statgraphics Centurión, para 3 factores independientes (NaCl, sorbato de potasio y ácido acético) a 3 niveles con 2 repeticiones para un total de 30 unidades experimentales. En el Cuadro 1 se muestran los factores y los niveles de



concentración utilizados para el Diseño de Superficie de Respuesta en la formulación del líquido de cobertura.

Cuadro 1. Factores y niveles de concentración.

Factores	Niveles		
	1,0	1,5	2,0
NaCl (%)	300	400	500
Sorbato de potasio (ppm)	0,05	0,125	0,2

Se prepararon las diferentes formulaciones y se hicieron mediciones de los indicadores de deterioro como son el pH y la turbidez del líquido de cobertura; y la textura y el color del huevo.

La medición del pH del líquido de cobertura se realizó según la Norma COVENIN 1315-1979, utilizando un potenciómetro marca Hanna 211. La determinación de turbidez se realizó según la Norma COVENIN 2186-1984, por el método nefelométrico, empleando un turbidímetro digital marca Hach 2100AN. Para la determinación de la textura se utilizó un penetrómetro manual marca Koehler. Para la determinación del color se utilizó un colorímetro Hunter

Lab marca Color Flex, obteniendo variables: L, a y b (método CieLab).

El análisis estadístico de los datos recolectados se realizó con el software Statgraphics Centurión y JMP versión 6. El primero de estos se utilizó para obtener

los análisis de la varianza (prueba de F) con el fin de detectar si existe diferencia entre las formulaciones del líquido de cobertura aplicadas a los huevos de codorniz en el diseño antes expuesto. Asimismo, se obtuvieron los coeficientes de regresión del modelo cuadrático para estudiar la idoneidad del modelo aplicado, las pruebas t de Student para significancia y la representación gráfica de los modelos en superficies de respuestas tridimensionales, para encontrar las condiciones óptimas u operativas de los factores dentro de la formulación del líquido de cobertura de los huevos de codorniz.

El software JMP versión 6 se utilizó para el proceso de optimización, aplicando procedimientos de perfiles de respuestas múltiples bidimensionales por superposición de las gráficas de contornos



y superficies, perfiles de respuestas múltiples (co-optimación) y función de deseabilidad. La co-optimización multirespuesta que fue el mayor interés de esta investigación desde el punto vista estadístico, consistió en encontrar las mínimas repuestas de los cambios del pH, textura, turbidez y color a los 21 días del ensayo.

Fase 2: Determinación de la temperatura de pasteurización.

Para esta segunda fase se aplicó un diseño completamente aleatorizado (DCA) para detectar las posibles diferencias entre los 3 tratamientos térmicos propuestos: 60°C, 70°C y 80°C.

Este diseño se aplicó mediante un proceso de aleatorización para evitar efectos dependientes en los tratamientos estudiados. Cada tratamiento se repitió 5 veces para un total de 15 unidades experimentales.

A estos tratamientos se les midió el pH y la turbidez del líquido de cobertura, el color y la textura del huevo el primer día y a los 21 días de elaboración, con los mismos equipos y procedimientos que en

la fase anterior, datos que fueron recolectados en unas tablas elaboradas en Excel.

Para el estudio de los datos se realizó un análisis de varianza (ANOVA), bajo el software Statgraphics Centurión, aplicando una prueba de Tukey al 95% para detectar si existe diferencia entre los tratamientos y pruebas de medias múltiples, e identificar cuál tratamiento causa o no la diferencia.

Fase 3: Determinación de la estabilidad del producto.

Luego de obtener la mejor formulación y la temperatura de pasteurización más apropiada se midió la estabilidad del producto final a través de un estudio en condiciones aceleradas, que según Fernández y García (2010), consiste en almacenar el producto bajo condiciones controladas a diferentes temperaturas (35°C, 45°C y 55°C), mayores que la de comercialización, de modo que las cinéticas de las reacciones de deterioro se aceleren y así obtener un valor de estabilidad en un tiempo más corto.

Durante cinco semanas se midieron las variables consideradas como índices de



deterioro, que en este caso fueron la turbidez, el pH y la textura, tomando como referencia los procedimientos citados en la primera fase. Los datos se recolectaron en tablas elaboradas en Excel donde se registraron los valores obtenidos de cada variable estudiada, el primer día de preparación a temperatura ambiente y cada semana con sus correspondientes temperaturas de almacenamiento.

Los datos obtenidos en el diseño de estabilidad del producto en condiciones aceleradas de almacenamiento, se analizaron a través de un modelo matemático de regresión lineal, mediante el uso del software Statgraphics Centurión, para obtener el modelo de la curva y la estabilidad en el tiempo de los huevos de codorniz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase 1: Formulación del líquido de cobertura.

En el Cuadro 2 se visualiza el resumen de los coeficientes estimados para cada modelo poblacional de las respuestas medidas, los cuales se obtuvieron mediante un análisis de regresión con el

software Statgraphics Centurión a partir de los valores experimentales de los cambios del pH, textura, turbidez y color registrados a los 21 días del ensayo con las diferentes formulaciones de líquido de cobertura estudiadas. El incremento o disminución por efecto de los factores independientes (concentración de cloruro de sodio, sorbato de potasio y ácido acético) se observan en el Cuadro 2; el signo que acompaña cada coeficiente estimado expresara efecto de incremento (+) o disminución (-). Por ejemplo, por cada aumento de una unidad en la concentración del cloruro de sodio se provoca un aumento en la turbidez, textura y color a razón de: 3,936, 17,5 y 3,536 unidades, respectivamente.

Se observa que el factor concentración de cloruro de sodio (NaCl) incrementa de manera lineal las respuestas de los cambios de turbidez, textura y color, en el proceso de conservación de huevos de codorniz. En cuanto a la adición de ácido acético, se visualizó un aumento en la variación de textura y color de los huevos de codorniz; es decir, que un aumento en la concentración de los factores cloruro de

sodio y ácido acético afectaron negativamente a los huevos de codorniz, puesto que presentaron variaciones significativas en las respuestas de calidad. No se encontró diferencia significativa en el rango experimental del factor sorbato de potasio en las variables textura y color, pero si hay diferencias estadísticas en las respuestas de variación de pH y turbidez; el sorbato de potasio incrementó la respuesta en estas variables durante el tiempo de almacenamiento de los huevos de codorniz, siendo negativo este efecto

sobre la turbidez.

Los coeficientes cuadráticos del factor concentración de sorbato de potasio (β_{22}) del polinomio para las respuestas turbidez, textura y color, fueron no significativos, lo cual es indicativo que no existen cambios de segundo orden en el comportamiento de las variables mencionadas. Efecto contrario de segundo orden fue el encontrado ante la variación de la concentración de ácido acético (β_{33}) provocando un incremento en los valores de las variables. La

Cuadro 2. Coeficientes de regresión y R^2 de las ecuaciones obtenidas de los factores concentración de cloruro de sodio, sorbato de potasio y ácido acético.

Coeficientes estimados	Delta pH		Delta turbidez (NTU)		Delta textura (mm)		Delta color	
β_0	0,77		0,498		23,0		1,565	
β_1	-0,14	**	3,936	**	17,5	**	3,536	**
β_2	-0,1325	**	3,139	**	-3,25	ns	-0,181	ns
β_3	-0,0575	ns	-6,408	**	17,25	**	2,836	**
β_{11}	-0,175		0,3455	ns	68,25	**	12,33	**
β_{22}	0,17	*	0,055	ns	-7,25	ns	-1,186	ns
β_{33}	-0,07	ns	6,306	**	11,75	*	2,475	**
β_{12}	0,075	ns	-0,2785	ns	23,0	**	4,415	**
β_{13}	0,275	**	-6,096	**	-6,0	ns	-1,347	*
β_{23}	0,1	ns	-6,091	**	12,5	**	1,994	**
R^2	74,12		92,83		95,16		96,37	
R^2_{adj}	62,47		89,61		92,98		94,73	

(1) concentración de cloruro de sodio; (2) concentración de sorbato de potasio; (3) concentración de ácido acético; (ns) no significativo al 5%; (*) significativo al 5%; (**) significativo al 1%



interacción entre la concentración de cloruro de sodio y el ácido acético (β_{13}) resultaron de importancia en las respuestas experimentales, teniendo efecto antagónico sobre la turbidez y los cambios en el color en los huevos de codorniz almacenados

Al confrontar los efectos lineales y de segundo orden encontrados, con el interés de la investigación, se manifiesta que para lograr minimizar las respuestas de los cambios en turbidez y el color, se debe considerar la adición del ácido acético combinado con el factor cloruro de sodio (β_{13}) ya que éstas disminuyen las respuestas citadas.

La prueba de falta de ajuste del modelo matemático resultó ser no significativa ($p > 0,05$); la misma constituye según Montgomery, una prueba de bondad de ajuste para los modelos de superficie de respuesta y establece que la diferencia entre los valores observados experimentalmente y los predichos por el modelo se deben a variaciones únicamente aleatorias o a una falta de ajuste significativa del modelo.

Los coeficientes de determinación del

modelo (R^2), indican buena capacidad de predicción de los modelos poblacionales planteados, ya que estos son superiores al 80%. En general para hablar de un modelo que tiene un ajuste satisfactorio es necesario que R^2 y R^2 ajustado tengan valores superiores a 0,7. Por lo tanto, el modelo sugerido permite una amplia exploración en el área de experimentación y la determinación de la interacción entre los componentes de las variables comprometidas en el diseño y el resto de la variabilidad se puede atribuir a factores externos que no fueron considerados para el estudio. Solo la respuesta de pH, no cumple con los valores de capacidad de predicción, por lo tanto se tomó la decisión de eliminar ésta de los análisis posteriores.

Seguidamente se describe el análisis de las superficies de respuestas y contornos de las variables turbidez, textura y color, las cuales se presentan en las Figuras 3, 4 y 5, respectivamente. En ellas se visualiza un comportamiento cuadrático característico, lo cual concuerda con lo encontrado en el Cuadro 2; adicionalmente no se observan óptimos

matemáticos sino regiones operativas.

En la Figura 3, se observa un comportamiento de silla de caballo, indicando esto que un factor incrementa la respuesta y que simultáneamente el otro lo reduce. Este fenómeno se detalla con facilidad al estudiar la respuesta de turbidez a concentraciones mínimas de ácido acético (0,05%), la variable turbidez tiende a incrementar a medida

que se aumenta la concentración de 1 a 2% de cloruro de sodio. Si se trabaja con valores máximos de ácido acético (0,2%), la turbidez en el líquido de cobertura disminuye a medida que se aumenta la concentración de cloruro de sodio, obteniendo un rango mínimo operativo en el orden de 0,2 a 1 NTU al combinar el cloruro de sodio en el rango de 1,8 a 2,0% y concentración de ácido acético de 0,2%.

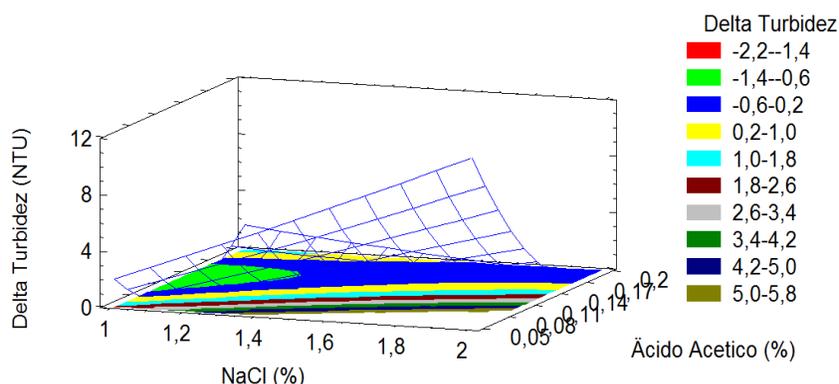


Figura 3. Superficie de respuestas y contornos estimada para la respuesta Delta turbidez en el líquido de cobertura de huevos de codorniz almacenados a temperatura ambiente, durante 21 días.

Un comportamiento similar se observa en la Figura 4, en las variables de textura y color, estableciéndose un rango mínimo operativo de color entre 0 y 1,2 cuando se combinaron concentraciones bajas de ácido acético con valores próximos de 0,05 a 0,07% y cloruro de sodio en el rango de 1,3 a 1,5%; esta combinación

logró obtener un producto final semejante al producto líder, lo cual beneficiaría la aceptabilidad del consumidor. Considerando la teoría del color, los valores adecuados se encuentran en el orden de 0 a 5, los cuales se logran con la combinación de rangos intermedios de los factores experimentales.

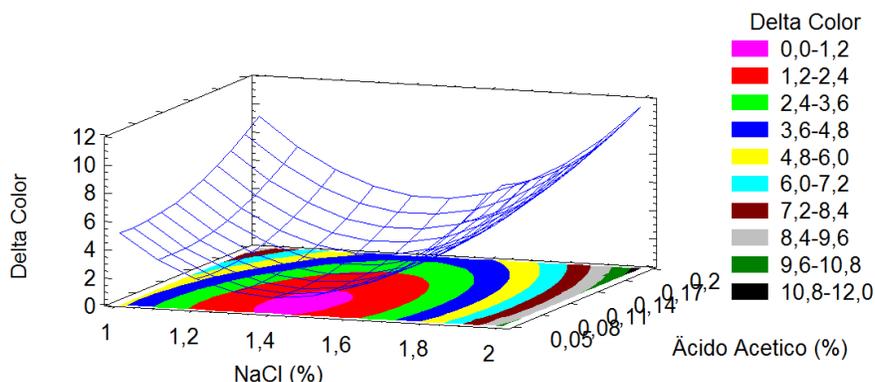


Figura 4. Superficie de respuestas y contornos estimada para la respuesta de variación de color en los huevos de codorniz almacenados a temperatura ambiente, durante 21 días.

En cuanto al comportamiento del cambio de textura en los huevos de codorniz almacenados, se encontró una alta correspondencia con los cambios manifestados en el color y la turbidez, hallándose una región mínima de cambios

en la textura de 8 a 16 mm al combinar los factores en valores intermedios de experimentación de 1,5% de cloruro de sodio y 0,05 % de ácido acético, tal como se observa en la Figura 5.

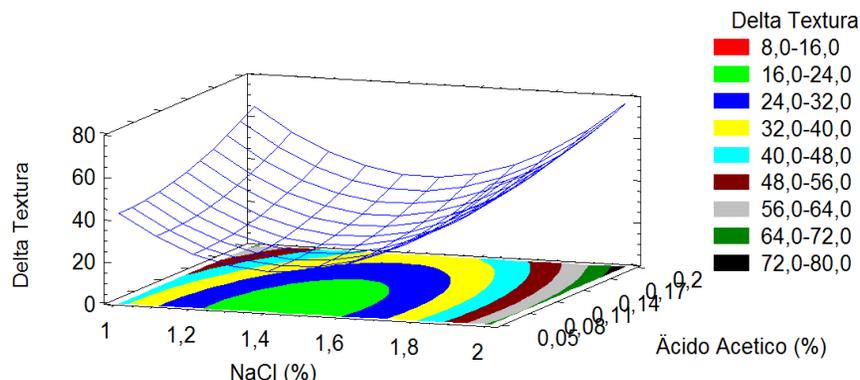


Figura 5. Superficie de respuestas y contornos estimada para la respuesta de variación de textura en los huevos de codorniz almacenados a temperatura ambiente, durante 21 días.

En la Figura 6 se observan los perfiles de predicción (maximización y minimización) y se muestran las posibles

combinaciones de las variables independientes para lograr los parámetros de las repuestas con el grado de



deseabilidad requerido. En este estudio con una combinación de los niveles de 1,5% de cloruro de sodio, 400 ppm de sorbato de potasio y 0,125% de ácido acético, se obtienen las condiciones de co-optimización multirespuesta con las siguientes características de respuesta: variación de turbidez 0,498 NTU, textura 23 mm y color 1,565 con un nivel de deseabilidad cercano al 99,82%. Esta técnica permite manejar distintos escenarios de niveles de los factores, para

incrementar o disminuir simultáneamente las respuestas involucradas.

De acuerdo al análisis de las superficies de respuestas y contornos individualizadas, las variables estudiadas manifestaron rangos intermedios para NaCl y ácido acético y valores bajos de concentración de sorbato de potasio; al fijar estas condiciones en el gráfico multirespuesta se encontró un grado de deseabilidad aceptable mayor del 99,1%.

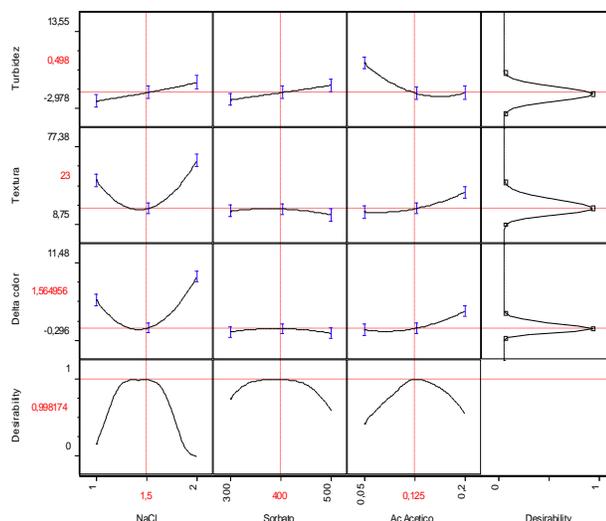


Figura 6. Perfil de predicción dinámico multirespuestas y multifactor experimental.

Fase 2: Determinación de la temperatura de pasteurización.

En el Cuadro 3 se observa el tratamiento térmico aplicado a los huevos de codorniz cocidos y envasados con la

formulación del líquido de cobertura seleccionado en la fase 1 y su influencia en las características físicas medidas como son pH, turbidez, textura y color a los 21 días de almacenamiento a



temperatura ambiente, en donde se aprecia que no existen diferencias o modificaciones significativas ($p > 0,05$), en las variables de calidad textura y color, es decir, el rango de temperatura y tiempo utilizado en esta investigación no causó dispersión estadística en las respuestas mencionadas.

Es de interés comparar los valores de la

variación del color (delta DE) debido a que si la muestra posee valores por encima 6 unidades de color, los cambios en el mismo podrían ser detectados por un panelista entrenado. De acuerdo al resultado obtenido, el tratamiento de 80°C es quien no cumple esta condición física y por esta razón se descarta de la selección del tratamiento.

Cuadro 3. Efecto del tratamiento térmico de pasteurización sobre algunas características físicas de huevos de codorniz almacenados durante 21 días a temperatura ambiente.

Temperatura (°C)	pH	Turbidez (NTU)	Textura (mm)	ΔDE (color)
60	4,85 ^a	11,02 ^b	164,13 ^a	3,65 ^a
70	5,03 ^b	1,67 ^a	163,86 ^a	5,89 ^a
80	5,09 ^b	2,91 ^a	165,20 ^a	6,95 ^a

Datos expresados como promedio ± desviación estándar (n=5). Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativas ($p \leq 0,05$) prueba de Tukey HSD al 95%.

Se encontró un efecto del tratamiento térmico sobre las variables de pH y turbidez del producto; este efecto es debido al tratamiento de menor intensidad (60°C), ya que se observa un marcado aumento en los cambios de la turbidez del líquido de cobertura (11,02 NTU), si se compara con los valores obtenidos con los tratamientos a 70 y 80°C, razón por la cual el tratamiento de pasteurización a

60°C también es descartado de la selección.

El tratamiento de 70°C es el que obtuvo menor efecto en la turbidez, en la textura, poca variación en el pH y el color se encuentra en el rango establecido, por lo que se considera el más apropiado para conservar huevos de codorniz.

De acuerdo a la FDA (2014) en una publicación sobre la evaluación y



definición de los alimentos potencialmente peligrosos, se indica que la pasteurización a alta temperatura (70°C por 90 s) trata de mejorar la pasteurización tradicional del huevo (63 a 65°C por 2 a 4 min) sin perjudicar su sabor y mantener sus propiedades funcionales, así como alargar considerablemente la vida comercial del producto. El producto se debe envasar asépticamente, mientras que una temperatura más alta y tiempos de procesamiento más largos aumentan el daño a las propiedades funcionales del huevo. Esta información concuerda con el resultado obtenido en la presente investigación, en la cual se establece que la temperatura más adecuada para pasteurizar huevos de codorniz es la de 70°C por un tiempo corto de 90 s, para que no afecte considerablemente las variables estudiadas.

Fase 3: Determinación de la estabilidad del producto.

En el Cuadro 4 se presentan los modelos de regresión lineal para el indicador de deterioro turbidez (NTU) en el líquido de cobertura de los huevos de codorniz almacenados a 45 y 55°C, así

como también se muestran los coeficientes de regresión del modelo R^2 , la constante cinética del deterioro (k) y la estabilidad en días (θ_s). Se observa que los valores de R^2 del modelo son mayores al 80 y cercanos al 100%, lo que indica la alta capacidad de predicción del modelo, mientras que el ajuste de la reacción de deterioro del fenómeno es de primer orden para la turbidez en el tiempo de 35 días de experimentación, lo que coincide con Fernández y García (2010), que indican que la variabilidad del deterioro de los alimentos es de tipo 1 o de primer orden.

El valor de k y la estabilidad en días, se calcularon considerando como límite crítico el valor de 3,47 NTU de turbidez; éste se encontró en una prueba piloto de deterioro del producto almacenado.

Tal como se observa en el Cuadro 4, en las condiciones de almacenamiento empleadas en esta investigación, la estabilidad de los huevos de codorniz luego de aplicados los métodos de conservación es de aproximadamente 500 días (1 año y medio).



No se encontró modelo estadístico que ajustara los datos para el deterioro a 35°C, ni para las variables de pH y textura. Se tomó como indicador la turbidez para determinar la estabilidad del producto ya que durante el tiempo de

almacenamiento no se vio afectada y además porque el consumidor al adquirir el producto se deja guiar por el aspecto visual, en este caso, del líquido de cobertura.

Cuadro 4. Modelos de regresión lineal para el indicador de deterioro turbidez (NTU) en el líquido de cobertura, coeficientes de determinación para cada modelo R², k y estabilidad (θs).

Temperatura (°C)	Modelo lineal para Turbidez	R ² (%)	k	θs (días)
45	NTU=0,5925-0,0058t	97,27	0,0058	495,69
55	NTU=0,6599- 0,0051t	98,40	0,0051	551

Dentro de la bibliografía consultada se encontró que Paillacho y Mora (2010), elaboraron un producto similar colocando en bolsas plásticas los huevos de codorniz precocidos y pelados, sellados al vacío, sin líquido de cobertura, obteniéndose una vida útil de una semana en refrigeración, lo que demuestra que el líquido de cobertura es necesario para alargar la durabilidad de los mismos.

Igualmente, Arroyo y Rocha (2009), realizaron huevos de codorniz en escabeche (con zanahoria, cebolla, chile, jalapeño, vinagre, especias, sal y aceite

vegetal), donde el producto fue sometido a un proceso de envasado al alto vacío, el cual permite que el alimento se mantenga en perfectas condiciones durante un periodo de cuatro meses.

Así mismo, Miralles (1999) preparó huevos de codorniz cocidos y pelados, a los cuales les agregó 200 ml de salmuera que contenía 2% de Cloruro Sódico, 750 ppm de Sorbato potásico, 15 ml de ácido acético glacial y 200 ppm de un polipéptido como agente antimicrobial, alcanzando dicha disolución un pH de 2,90, con este proceso se llegó a



determinar que se consigue mantener el producto durante tres o cuatro meses.

Comparando los estudios señalados anteriormente con los resultados de estabilidad de la presente investigación se puede observar que la conseguida con el método de conservación aplicado es mucho mayor a la de los otros estudios. Es importante hacer notar que en esos estudios no se hace referencia a un tratamiento de pasteurización del producto, lo cual puede haber influido en que ellos hayan logrado una estabilidad de los huevos de codorniz menor a la que esta investigación consiguió.

CONCLUSIONES

En lo que se refiere a la conservación de los huevos de codorniz, las condiciones óptimas para las variables estudiadas: turbidez del líquido de cobertura, textura y color de los huevos de codorniz, se obtiene con una formulación del líquido de cobertura de 1,5 % de cloruro de sodio, 400 ppm de sorbato de potasio y 0,125 % de ácido acético.

Además esta investigación arrojó como resultado que la temperatura idónea de pasteurización para conservar los huevos

de codorniz es de 70°C durante 90 s, obteniéndose con este tratamiento térmico el menor efecto en las variables turbidez, textura, pH y color.

Con respecto a la determinación de la estabilidad del producto final, el modelo de regresión lineal obtenido establece que el líquido de cobertura del producto final se puede mantener en buenas condiciones por un tiempo aproximado de 500 días.

En base a este resultado se puede decir que con el método de conservación estudiado para los huevos de codorniz, se logró alargar su vida útil considerablemente, al compararlos con la duración de 3 semanas para los huevos frescos y 1 semana para huevos cocidos. por lo que esta investigación viene a ser un aporte en la búsqueda de soluciones al problema planteado de la perecibilidad del huevo de codorniz.

REFERENCIAS

Aguilar, J. (2012). *Métodos de conservación de alimentos*. [En línea]. Disponible: http://www.aliatuniversidades.com.mx/bibliotecasdigitales/pdf/economico_administrativo/M%C3%A9todos_de_conservacion_de_alimentos.pdf [Consulta: 28 de Noviembre de 2014].



- Arroyo, F y Rocha, M. (2009). *Análisis de factibilidad en la exportación de huevos de codorniz en escabeche: estudio del caso de la empresa "Granja Los Corrales S.A." hacia Estados Unidos de Norteamérica*. [En línea]. Instituto Politécnico Nacional de México. Disponible: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5413/LCI2009%20A764f.pdf?sequence=1> [Consulta: 10 de marzo de 2015].
- Food and Drug Administration (FDA) (2014). *Evaluación y Definición de los alimentos potencialmente peligrosos*. [En línea]. Disponible: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/SafePracticesforFoodProcesses/ucm094147.htm>. [Consulta: 01 de marzo de 2016].
- Fernández, J. y García, T. (2010). *Vida útil de los alimentos*. UNELLEZ. San Carlos. Venezuela.
- Miralles, J. (1999). *Proceso para la conservación de huevos de codorniz*. [En línea]. Solicitud de patente. España. Disponible: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/02/16/57/ES-2165786_A1.pdf [Consulta: 01 de noviembre de 2015].
- Montilla, E. (2006). *Manejo integral de un lote de codornices (Coturnix coturnix japónica) y costos de producción en la agropecuaria La Codorniz*. [En línea]. Disponible: <http://agropecuarialacodorniz.blogspot.com/> [Consulta: 12 de abril de 2016].
- Paillacho, C. y Mora, E (2010). *Huevos de codorniz precocidos, pelados y sellados al vacío*. [En línea]. Tesis de grado. Ecuador. Disponible: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10500/1/Proyecto%20Huevos%20de%20Codorniz%20Precocido%20y%20Sellados%20al%20Vacio.pdf> [Consulta: 03 de diciembre de 2015].
- Pirela, A. (2012). *División de Educación Instituto Nacional de Nutrición*. [En línea]. Disponible: <http://www.inn.gob.ve/modules.php?name=News&file=article&sid=1139> [Consulta: 30 de octubre de 2014].
- Vásquez, R. y Ballesteros, H. (2007) *La cría de Codornices*. [En línea]. Disponible: www.agroindustriasladespensa.com/files/files/CodornicesNo1.pdf [Consulta: 25 de enero de 2016].