

ENERGÍA

ARTÍCULO ORIGINAL

Secado de huevos de gallina en un secador solar como método sostenible

Drying of hen egg in a solar dryer as sustainable method

M.Sc. Mirna Morgado Martínez, Dr.C. Guillermo Armando Pérez García

Universidad Ciego de Ávila, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Básicas y Específicas, Ciego de Ávila, Cuba

RESUMEN. El trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Ciego de Ávila con el objetivo de determinar el tiempo necesario para el secado óptimo de huevos de gallina en un secador solar. Se seleccionaron treinta huevos de gallina en función de su color y tamaño. Los tratamientos consistieron en una solución de vinagre al 5 %, una solución de cloruro de sodio (NaCl) 5 % y el control. Se determinó la masa inicial y final en cada momento de evaluación (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 14 horas). Se realizó la caracterización microbiológica a partir de la determinación de bacterias mesófilas y totales, hongos totales, coliformes y salmonella, además se efectuó una prueba sensorial y valoración económica. Se estableció el momento de secado de los huevos cuando se estabilizó la masa, esto ocurrió 12 horas después de su inicio, lo que indica que este es el tiempo necesario para garantizar un secado óptimo cuando se utiliza un secador solar. Las soluciones utilizadas como conservantes influyeron en la calidad microbiológica del producto seco. Al utilizar los conservantes sal y vinagre al 5 % se logró una adecuada aceptación.

Palabras clave: bacterias, hongos, secado de huevos.

ABSTRACT. The research carried out at the Laboratory of Microbiology, Faculty of Agricultural Sciences in the University of Ciego de Avila in order to determine the time required for optimal and efficient drying of hen eggs with a solar dryer. Thirty chicken eggs were selected according to their color and size. These treatments consisted of a vinegar solution at 5 %, sodium chloride solution (NaCl) at 5 % and its control. Initial and final mass at each evaluation time (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 and 14 hours) was determined. The microbiological characterization was carried out regarding the determination of mesophilic and total bacteria, total fungi, coliforms and salmonella. Moreover, a sensory test and economic valuation was performed. The egg drying time was established when the mass was stabilized, this occurred 12 hours after it started, indicating that this is the time needed to ensure an optimal drying when using a solar dryer. The solutions used as preservatives influenced the microbiological quality of the dry product. When using salt and vinegar preservatives 5 % was achieved an adequate acceptance. The drying process used is feasible for the production and marketing of the obtained product.

Keywords: bacteria, fungi, eggs drying.

INTRODUCCIÓN

El huevo es un alimento que se ha incluido en la dieta popular básica debido a su versatilidad, su bajo costo con respecto a otras fuentes de proteínas y la sencillez de su preparación.

El proceso de conservación de los alimentos está concebido para que en la manipulación de los mismos se logren las mejores condiciones, durante un período de tiempo lo más largo posible, con el objetivo de mantenerlos libres de la acción de microorganismos capaces de modificar sus condiciones sanitarias y mantener su sabor y frescura. Algunas alternativas para la conservación de alimentos se han propuesto, como son la alta presión hidrostática y campos eléctricos pulsados, otros

sistemas de envasado como el caso del envasado con atmósfera modificada y los sistemas de envasado activo (Akbulak *et al.* 2012; Devlieghere *et al.*, 2004). Todos estos métodos son altamente costosos y no responden a las necesidades de los sectores rurales.

Se han empleado muchas técnicas de procesamiento para la conservación de frutas y verduras por secado y deshidratación, debido a un considerable ahorro en el envasado, almacenamiento y otros procesos (Chavan y Amarowicz, 2012).

El huevo comienza a deteriorarse poco después de que se produce su puesta por la gallina. Por lo tanto, los huevos deben refrigerarse inmediatamente después de su recolección. El secado es un método satisfactorio para la conservación de estos,

ya sea enteros o como yemas y claras separadas. La aspersión de las claras y yemas de huevo proporcionan a los mismos una vida útil larga (Sujata, 2014).

La modernización de los métodos de trabajo, generados por las necesidades de producción y la creciente demanda en relación con la higiene de los alimentos y los avances tecnológicos hacen que los métodos tradicionales de deshidratación se cambien o se combinen con técnicas menos costosas, haciendo un buen uso de los recursos ambientales, con la obtención de productos de alta calidad con el uso de la energía solar, que es financieramente viable, por lo que es posible disminuir el tiempo de secado con el uso de la energía solar para ahorrar recursos.

En la actualidad los métodos sostenibles deben ser considerados para ahorrar recursos y obtener productos similares a los obtenidos por métodos convencionales, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar el tiempo necesario para el secado óptimo y eficiente, que garantice calidad de los huevos de gallina con el uso de un secador solar.

MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”. Se evaluaron huevos de gallina seleccionados de acuerdo a su tamaño y color. Se tomaron 30 huevos con cascarrón y se pesaron en una balanza Sartorius, posteriormente los huevos se rompieron usando la forma convencional de golpeo. Después de romper los huevos y separarlos de su cubierta se pesaron las claras y yemas.

Evaluación del efecto de conservantes y secado

Se utilizaron soluciones de cloruro de sodio (NaCl) y vinagre comercial al 5% para probar su acción como conservantes en el secado de los huevos. Se pesaron 50 gramos de cloruro de sodio (NaCl) y se añadieron a 900 ml de agua destilada para preparar una solución al 5%. Fue utilizado 1 litro de vinagre comercial al 5%.

Con el fin de hacer el proceso de secado, fueron previamente separados los 30 huevos en 3 grupos de 10.

- Se añadió 1 mL de vinagre comercial al 5% por unidad a 10 huevos.
- Se añadió 1 mL de solución de cloruro de sodio (NaCl) 5% por unidad a otros 10 huevos.
- Se tomaron 10 huevos como control, a los que no se le agregó ninguna solución conservante.

Los huevos (claras y yemas) se mezclaron con un mezclador Oster en una magenta plástica durante un minuto, hasta que se homogeneizaron claras y yemas.

Para el secado se utilizaron 30 bandejas de aluminio de 10 cm x 14 cm y se añadió en cada una la muestra homogeneizada.

- 10 bandejas para huevos homogeneizados y ubicados en la solución de vinagre comercial a 5%.
- 10 bandejas para huevos homogeneizados y ubicados en la solución de cloruro de sodio (NaCl) al 5%.
- 10 bandejas para huevos homogeneizados sin conservantes (control).

Determinación de la humedad final en el proceso de secado

Las muestras se colocaron dentro del secador solar a una temperatura estable de 54 °C. La humedad relativa en el interior del secador solar fue 34% y fuera de 62%. Se utilizó un psicómetro portátil Asman.

Las muestras fueron pesadas cada dos horas hasta obtener una masa constante, la que se consideró como masa final. El cálculo para determinar la masa final consistió en la substracción de la masa inicial de cada huevo, de los valores de masa obtenidos cada dos horas, hasta obtener una masa constante, la que fue tomada como masa final como se muestra en la siguiente relación.

Masa Final (FM) = masa inicial al inicio Del secado (mi) - masa final estabilizada (mf)

Caracterización microbiológica del producto final

La caracterización microbiológica se realizó al transcurrir un mes de almacenaje. Se tomaron cuatro muestras al azar por tratamiento y de ellas se pesaron 10 g para la preparación de las diluciones. Se realizó la técnica de siembra a profundidad en placas de Petri. Para todos las diluciones y medios de cultivos se realizaron tres replicas. Para la identificación de hongos se utilizó el medio Agar Papa Dextrosa con la dilución de 10^2 , para determinar bacterias mesófilas el medio Agar Nutriente con la dilución de 10^6 , para la presencia de coliformes y salmonella se utilizó el medio Agar MacConkey con la dilución de 10^4 .

Las placas inoculadas se ubicaron en incubadora MLW-BSU 200 a temperatura de 34 °C. La evaluación de la inoculación se realizó a las 24 horas, excepto para hongos que se continuó la observación hasta los 5 días. La determinación de la presencia de los microorganismos se realizó mediante el aspecto de sus colonias por observación microscópica. Los resultados se expresan en UFC/g de huevos secos.

Análisis de la calidad sensorial del producto final

El análisis sensorial se realizó al mes de almacenaje. Consistió en la realización de pruebas de aceptación mediante la escala hedónica de 5 puntos en relación a los atributos de: color, aroma, textura, sabor, apariencia general y aceptación global. La escala hedónica consistió en (1 = Me desagrada mucho, 2 = Me desagrada poco, 3 = No me agrada ni me desagrada, 4 = Me gusta poco, 5 = Me gusta Mucho).

El producto final fue rehidratado, se batió y se confeccionó un revoltillo al que se le agregó aceite de comer para su elaboración. Este producto se sometió a la catación de siete jueces no entrenados, definidos al azar o con cierto criterio para realizar pruebas de aceptación.

Evaluación económica

Se determinó el costo monetario incurrido para llevar a cabo la producción de huevo en polvo. El costo está compuesto por tres elementos: materiales directos, trabajo directo y costos indirectos de producción.

Los cálculos de costos de secado de huevo se realizaron según Polimeni *et al.*, (1994) y Polimeni (2002).

Análisis estadístico

Para el procesamiento de los datos se utilizó el utilitario estadístico STATGRAPHICS Plus Versión 5.0. Se aplicó ANOVA simple y la prueba de Tukey (HSD), $p < 0,05$ para la comparación de las medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La dinámica del proceso de secado en relación con la pérdida de masa a partir del peso inicial se muestra en la Figura 1, no existieron diferencias entre los dos conservantes utilizados y el control, lo que se expresa con una sola letra. Este proceso de pérdida de masa como expresión de pérdida de humedad en el tiempo se expresó como una línea descendente hasta las 12 horas. Entre 12 y 14 horas no hay diferencias estadísticas, por lo que el tiempo de estabilización de la masa final se produjo 12 horas después del comienzo del proceso de secado. Por la incidencia de la radiación solar sobre el secador se originó internamente una temperatura de 54 °C lo que produjo que la masa disminuyera hasta valores de 10 a 11.

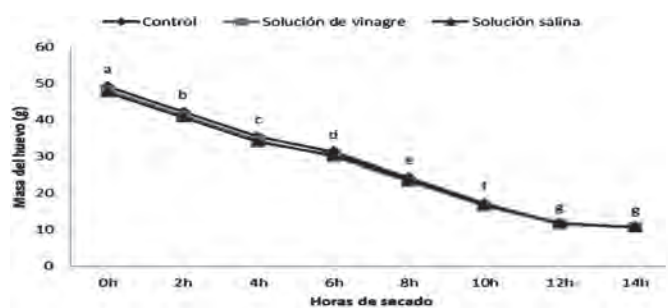


FIGURA 1. Dinámica del proceso de secado de huevos de gallina de acuerdo con los tratamientos. Medias con letras desiguales difieren estadísticamente (ANOVA de un factor, prueba HSD de Tukey $p < 0,05$). $E_s = 0,23$.

Los resultados del tiempo de secado corroboraron lo expresado por Morgado *et al.*, (2014), quienes indicaron que los métodos de secado dependen del tiempo de exposición a la condición de deshidratación. Del mismo modo existe coincidencia con lo señalado por Martínez y Soto (2007) en la evaluación de la eficacia del uso de la energía solar, al determinar un momento en el que se estabiliza la masa.

En el actual trabajo se obtuvieron resultados satisfactorios al utilizar un secador solar con el que se alcanzó una temperatura máxima de 54 °C y se produjo un secado óptimo para el producto evaluado. El secado a esta temperatura ayudó en la adquisición de condiciones necesarias para la conservación y para evitar efectos negativos en las propiedades sensoriales del producto que se pueden producir por la acción de las altas temperaturas.

En tal sentido este trabajo mostró resultados que coinciden con los criterios de Akoy *et al.* (2013), quienes señalaron que las altas temperaturas pueden acelerar el proceso de secado, sin pérdida de calidad. Las muestras expuestas en el secador solar fueron colocadas en bandejas de aluminio, en una capa delgada que permitió un secado acelerado y evitó daños, que se hubieran producido por la exposición durante un período más largo de tiempo, esto coincide con la afirmación realizada por Krokida *et al.*, (2003), quienes señalaron que la cinética de secado también depende de la geometría y el grosor del producto.

Caracterización microbiológica del producto final

Como se aprecia en la Figura 2, el número de bacterias mesófilas presentes en las diferentes muestras de huevos secos mostró que el tratamiento 3 fue el que presentó valores más bajos, encontrándose entre los rangos establecidos para este tipo de alimento. Estos resultados están relacionados, en primer lugar, con las condiciones de asepsia llevadas a cabo durante el proceso de secado y el almacenamiento del producto. En segundo lugar, a la adición de la solución de vinagre al 5 %, que aunque fue solo de 1 mL/por huevo, propició que el grado de acidez del medio afectara en gran medida la vida microbiana, lo cual está en correspondencia con criterios de Gómez *et al.* (2013) que señalan a la acidez como un obstáculo para el desarrollo de microorganismos en procesos de osmodeshidratación.

Los recuentos microbiológicos de bacterias mesófilas obtenidos se consideran muy bajos, si se tiene en cuenta que el huevo contiene más de 75% de agua, por lo que al ser expuesto a una temperatura de 54 °C en el secador solar se produjo el efecto de plasmólisis de la célula, lo que disminuyó la supervivencia de los microorganismos, también el ácido acético es un eficaz conservante, debido a que no solo es buen conductor de protones, sino que además puede dar lugar a concentraciones intracelulares de sus aniones que ejercen acción inhibitoria de los microorganismos (Jay, 2002).

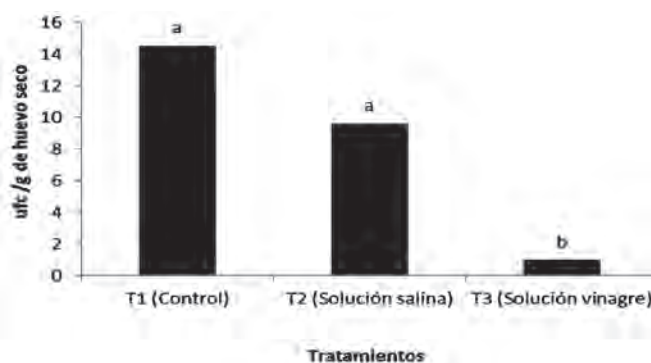


FIGURA 2. Crecimiento de bacterias mesófilas (ufc: unidades formadoras de colonias) de acuerdo con los tratamientos. Medias con letras desiguales difieren estadísticamente (ANOVA de un factor, prueba HSD de Tukey $p < 0,05$). $E_s = 3,53$.

En la Figura 3 se aprecian los resultados obtenidos en la determinación del número de bacterias totales, los que revelaron que el tratamiento con vinagre al 5 (%) fue el que menor número de bacterias mostró. Las bacterias viven a pH entre 4,5 y 9, con óptimo crecimiento entre 6,5 y 7,5. El vinagre puede producir soluciones más ácidas con pH por debajo de 4,5, por ello tiene actividad antiséptica para algunas bacterias.

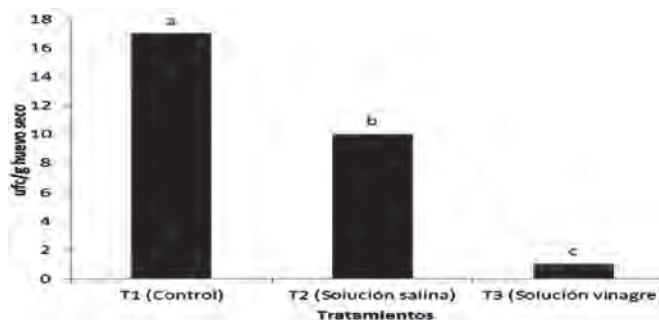


FIGURA 3. Crecimiento de bacterias totales (ufc/g unidades formadoras de colonias) de acuerdo con los tratamientos. Medias con letras desiguales difieren estadísticamente (ANOVA de un factor, prueba HSD de Tukey $p < 0,05$). $E_s = 0,01$.

Según señalaron Machado *et al.*, (2010) en los alimentos secos, los microorganismos prácticamente no se desarrollan debido a la baja actividad del agua. Asimismo se inhibe la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas que provocan alteraciones en los alimentos, lo que favorece el transporte y la manipulación del producto, además de prolongar la vida de almacenamiento.

La determinación de la presencia o no de bacterias coliformes y salmonellas, en los huevos secos tiene una importancia primordial, toda vez que estos microorganismos han dado lugar a muchos brotes de toxo-infecciones por ingestión directa de huevos o de otros alimentos que utilizan estos huevos contaminados. Los resultados obtenidos en esta investigación, arrojan ausencia total de estos grupos de microorganismos, tanto en las muestras control como los tratamientos con soluciones salina al 5% y vinagre al 5%. Lo anterior permite afirmar que el secado por exposición a los rayos solares realizados en esta investigación, preservó el producto libre de estos gérmenes por las condiciones de asepsia garantizadas.

Como se aprecia en la Figura 4 referida a la presencia de hongos, no existieron diferencias entre los tratamientos 2 y 3, estos presentaron los menores valores, ambos tratamientos difieren con respecto al tratamiento 1, el que presentó el valor más alto. La observación micro y macroscópica realizada se corresponde con géneros de hongos típicos del ambiente y el suelo, en su mayoría fueron colonias de *Aspergillus*.

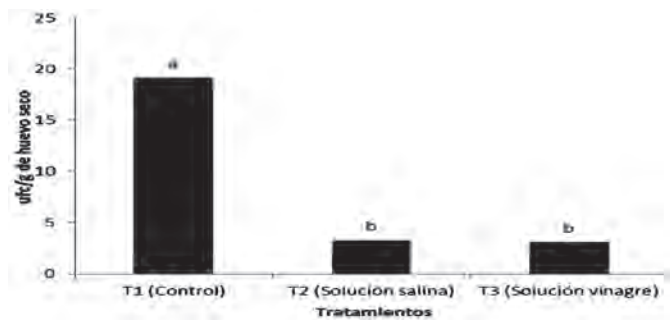


FIGURA 4. Crecimiento de hongos (ufc: unidades formadoras de colonias) de acuerdo con los tratamientos. Medias con letras desiguales difieren estadísticamente (ANOVA de un factor, prueba HSD de Tukey $p < 0.05$). $E_s = 2.4$.

El huevo tiene una estructura biológica que hace difícil su contaminación y la penetración de gérmenes desde el exterior, no es fácil mientras conserve la película de mucina superficial

que lo recubre, las membranas internas íntegras y las propiedades bacteriolíticas de la clara. Ambas defensas se debilitan o desaparecen en 48 horas y la cáscara se hace permeable especialmente en condiciones de temperatura y humedad elevadas o cambios en la presión interna del huevo (Suárez, 2002).

Calidad Sensorial

Como se ilustra en la figura 5, los resultados unificados de los jueces para las evaluaciones de los atributos valorados en huevos secados en el secador solar, demostraron que el tratamiento 1 (Control) fue el que mayor aceptación global obtuvo, con el valor máximo de 5 puntos, seguido de los tratamientos 2, sometido a la solución salina al 5% y 3 en solución de vinagre al 5%, con valor de 4 puntos. Aunque en sentido general la calidad sensorial no se afectó en gran medida según el criterio de los jueces, los que solamente dan valores por debajo de 4 en la apariencia, al utilizar el conservante vinagre.

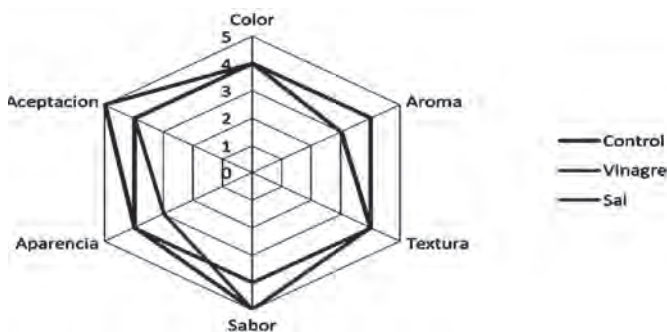


FIGURA 5. Evaluación sensorial de los huevos secos al mes de almacenados.

Evaluación económica

El costo total de producción del proceso de secado de los huevos fue 134.44 CUP para 30 unidades, por lo que el precio unitario fue de \$ 4.48 como se muestra en la Tabla 1.

Se demostró que el producto analizado es factible de producir, ya que la baja tasa de gastos lo hace un proceso altamente rentable. Bergues *et al.*, (2011), señalaron la utilización de secadores solares por su bajo costo de elaboración y sin costos de electricidad. El secado solar ofrece posibilidades al productor rural para hacer la deshidratación, lo cual también demostraron en Chile habanero Hernández *et al.*, (2010).

TABLA 1. Costo derivado del proceso de secado de los huevos de gallina

Elementos de costo	UM	Cantidad	Precio/Tarifa CUP	Importe CUP
Materiales directos				
Huevos de gallina	U	30	1.50	45.00
Vinagre comercial 5 %	L	1	30.00	30.00
Sal fina (NaCl)	kg	1	5.00	5.00
Subtotal de materiales directos.				80.00
Salario directo				
Obrero 1	h	14	1.82	25.48
Obrero 2	h	8	1.82	14.56
Subtotal salarios directos				40.04
Directo Subtotal				120.04
Gastos Indirectos	tasa		0.12	14.40
Costo total				134.44

CONCLUSIONES

- La estabilización de la masa final en el proceso de secado de los huevos de gallina se produjo 12 horas después de iniciado el proceso, lo que indicó que este es el tiempo necesario para un secado eficiente en las condiciones creadas por el secador solar empleado.
- Las soluciones conservantes utilizadas influyeron en la calidad microbiológica del producto seco, manifestándose en la solución de vinagre al 5% el menor crecimiento de bacterias mesófilas y totales, mientras que en el crecimiento de hongos, ambos conservantes (sal y vinagre) disminuyeron el mismo.
- La evaluación de la calidad sensorial de los huevos de gallina secados y almacenados por un periodo de 30 días demostró que cuando no se utilizó conservante (control) el producto tiene mayor aceptación, no obstante al utilizar los conservantes sal y vinagre al 5% se alcanza una adecuada aceptación. El proceso de secado utilizado respondió a un costo económico viable para la producción y comercialización del producto obtenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKOY, E.; VON HÖRTEN, D. & ISMAIL, M: "Moisture absorption characteristics of solar-dried mango slices". *International Food Research Journal*, ISSN: 2231-7546, 20(2): 883-890, 2013.
- AKBUDAK, B.; AKBUDAK, N.; SENIZ, V. & ERIS, A. "Effect of pre-harvest harpin and modified atmosphere packaging on quality of cherry tomato cultivars "Alona" and "Cluster". *British Food Journal*, ISSN: 0007-070X, 114(2): 180-196, 2012.
- BERGUES, R.C.; GRIÑÁN, V.P.; ABDALA R.J.; FONSECA, F.S y TORRES, A.T: "Energía solar y agricultura en Cuba. Concepción y pruebas de un secador solar de plantas medicinales con cubierta de polietileno". *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, ISSN: 1988-5245, 4(10): 1-7, 2011.
- CHAVAN, U.D. & AMAROWICZ, R: "Osmotic dehydration process for preservation of fruits and vegetables". *Journal of Food Research*, ISSN: 1927-0895, (2): 202-209, 2012.
- DEVLEIGHIERE, F.; VERMEIREN, L. Y & DEBEVERE, J: "New preservation technologies: Possibilities and limitations". *International Dairy Journal*, ISSN: 0958-6946, 14: 273-285, 2004.
- GÓMEZ, R.A.; SAMAROO DE FENDEL, B.; FARÍAS, C.M.; y MÉNDEZ, J.R: "Efecto del cloruro de calcio sobre láminas de mango (Mangifera indica L.) variedad Keitt deshidratados osmóticamente". *Revista Científica UDO Agrícola*, ISSN: NULO-0088, 13(1): 135-139, 2013.
- HERNÁNDEZ, R.J.; MARTÍNEZ, V.O.; QUINTO, D.P.; CUEVAS, D.J.; ACOSTA, O.R.; y AGUILAR, J.O: "Secado de chile habanero con energía solar". *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, ISSN: 1665-0204, 10(2): 120-127, 2010.
- KROKIDA, M.K.; KARATHANOS, V.T.; MAROULIS, Z.B.; y MARINOS-KOURIS, D: "Drying kinetics of some vegetables". *Journal of Food Engineering*, ISSN: 0260-8774, 59 (4): 391-403, 2003.
- MACHADO, A.V.; OLIVEIRA, E.L.; SANTOS, E.S. y OLIVEIRA, J.A: "Estudio del secado de anacardo (*Anacardium occidentale* L.), mediante secador solar de radiación directa", *Revista Información Tecnológica*, versión On-line ISSN: 0718-0764, 21(1): 31-37, 2010.
- MARTÍNEZ, E. y SOTO, E: "Diseño y ensayo de un secador solar para madera, Madera y Bosque", ISSN: 1405-0471, 3(2): 13-28, 2007.
- MORGADO, M.; PÉREZ, G.; PÉREZ, LD. y AVILA, E. M: "Deshidratación osmótica de rodajas de fruta bomba (*Carica papaya* L) Cultivar Maradol roja en tres agentes edulcorantes". *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 4(1): 18-21, 2014.
- POLIMENI, R: *Contabilidad de Costos. Conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales*, 509pp., Ed. EMPES, ISBN 13: 978-958-600-195-3, La Habana, Cuba, 2002.
- POLIMENI, R.; FABOZZI, F.; ADELBERG, A.: *Contabilidad de Costos. Conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales*, 879pp., 3era Edición, Editorial McGraw-Hill, ISBN: 978-958-600-195-3: México, 1994.
- SUÁREZ, F.G: *Microbiología del huevo: salmonella. Lecciones sobre el huevo*, 176pp., Ed. Instituto de estudios del huevo, ISBN: 84-607-5343-3, España, 2002.
- SUJATA, Y: "Egg powder and its quality control". *International Interdisciplinary Research Journal*, ISSN: 2249-9598, IV(1): 204-219, 2014.
- JAY, J.M: *Microbiología Moderna*, 638pp., 4ta Edición. Editorial Acribia, ISBN: 978842009704, 2002.

Recibido: 22/06/2015

Aprobado: 04/03/2016.

Mirna Morgado Martínez, Prof. Asistente, Universidad Ciego de Ávila, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Básicas y Específicas, Carretera a Morón km 9, Ciego de Ávila, Cuba. Correo electrónico: morgado@unica.cu

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.