

AVANCE EN LA UTILIZACIÓN SOSTENIBLE DE RESIDUOS DEL CULTIVO DE CACAO: PROTOTIPO DE SOLUCIONES ECOLÓGICAS DE EMPAQUE PARA LA INDUSTRIA DEL CHOCOLATE

ADVANCEMENT IN SUSTAINABLE UTILIZATION OF COCOA CROP RESIDUES: PROTOTYPE OF ECO-FRIENDLY PACKAGING SOLUTIONS FOR THE CHOCOLATE INDUSTRY

Angie Natalee Naveros Celis ⁽¹⁾, Helen Tatiana Cortés Ramírez, Heidy Rocío Ducuara

1. Msc. Ciencia y Tecnología Agroindustrial, GI Senagrotic, Centro Agropecuario La Granja Sena Regional Tolima – Tecnoparque Tolima. El Espinal - Tolima, Colombia. Experta de la línea de Biotecnología y Nanotecnología.
annaverosce@gmail.com

RESUMEN

El empaque de semilla de cacao procesada es un producto revolucionario que combina la sostenibilidad con la protección y realce de la calidad de las semillas. Fabricado a partir de vainas de cacao secas, este empaque 100% natural y respetuoso con el medio ambiente conserva el color natural de las vainas mediante métodos de fijación del color. Además, se ha desarrollado una preparación especial de cera de abejas y vaselina que actúa como una barrera protectora contra la humedad. El proceso de secado por convección forzada a una temperatura óptima de 50°C asegura la sequedad adecuada de las vainas sin comprometer su forma y textura. Con una resistencia mecánica destacada y la capacidad de resistir condiciones extremas de humedad y temperatura, este empaque garantiza la frescura y protección de las semillas de cacao procesadas. Es la opción ideal para la industria chocolatera en busca de una solución sostenible y de alta calidad.

Palabras Claves:

Empaque, Cacao, Sostenibilidad, Protección, Calidad.

ABSTRACT

The packaging of processed cocoa seeds is a revolutionary product that combines sustainability with the protection and enhancement of seed quality. Made from dried cocoa pods, this 100% natural and environmentally friendly packaging preserves the natural color of the pods through color-fixing methods such as flaming and scalding. Additionally, a special preparation of beeswax and petroleum jelly has been developed to act as a protective barrier against moisture. The forced convection drying process at an optimal temperature of 50°C ensures the proper dryness of the pods without compromising their shape and texture. With outstanding mechanical strength and the ability to withstand extreme conditions of humidity and temperature, this packaging guarantees the freshness and protection of processed cocoa seeds. It is the ideal choice for the chocolate industry seeking a sustainable and high-quality solution.

Keywords: Packaging, Cocoa, Sustainability, Protection, Quality.

INTRODUCCIÓN

La industria del chocolate, un sector en constante evolución, ha experimentado un creciente interés en la búsqueda de soluciones sostenibles y respetuosas con el medio ambiente para abordar los desafíos asociados con el empaque y la conservación de las semillas de cacao procesadas. En este contexto, el presente estudio aborda una innovadora iniciativa que se enfoca en la sostenibilidad y la calidad de los productos derivados del cacao.

El cacao, componente esencial en la fabricación del chocolate, ha sido objeto de estudio en este contexto, específicamente en lo que respecta al aprovechamiento de los residuos del cultivo de cacao, en particular las vainas de cacao secas. Estas vainas, antes consideradas residuos, se han convertido en el punto de partida para la creación de un empaque revolucionario que no solo preserva la calidad del cacao procesado, sino que también cumple con los criterios de sostenibilidad tan buscados en la actualidad.

Este artículo presenta un enfoque científico riguroso que se basa en una serie de pruebas exhaustivas y evaluaciones detalladas. Estas pruebas abarcan aspectos cruciales, como los métodos de secado, la temperatura óptima de secado, los métodos de fijación de color y la evaluación de recubrimientos. Los resultados de estas pruebas han sido determinantes para la creación de un empaque de vaina de cacao seca que reúne todas las características necesarias para su implementación en la industria chocolatera.

Se centra en la importancia de la sostenibilidad en la actualidad y cómo este prototipo de empaque no solo reduce el desperdicio de materiales, sino que también contribuye a la conservación de los recursos naturales al utilizar vainas de cacao como su principal materia prima. Además, se destaca su capacidad para preservar el color, el aroma y el sabor distintivos de las semillas de cacao procesadas, lo que garantiza una experiencia sensorial excepcional en los productos finales.

Asimismo, este artículo científico resalta el compromiso con la investigación y el desarrollo de soluciones ecológicas en el sector del chocolate, lo que representa un avance significativo hacia una producción más sostenible y responsable. El empaque de vaina de cacao seca se erige como un ejemplo tangible de cómo la ciencia y la innovación pueden contribuir de manera efectiva a la

consecución de prácticas empresariales más respetuosas con el medio ambiente.

ESTADO DEL ARTE

El presente estudio se enmarca en un contexto relevante y en constante evolución, donde el cacao (*Theobroma cacao* L.) desempeña un papel central como materia prima en la producción de una amplia variedad de productos alimenticios, incluyendo chocolates, pasteles y helados (Anvoh, Bi, & Gnakri, 2009).

El comercio mundial de productos primarios de cacao es de suma importancia para numerosos países en desarrollo, con una tendencia en aumento en la producción de este producto en los últimos años (Quintero R & Díaz Morales, 2004). Según datos de la FAO, entre 1994 y 2018, la producción de cacao en grano se distribuyó principalmente en África (67.1%), seguido de Asia (16.8%), América (14.9%) y Oceanía (1.2%) (FAOSTAT, 2018). No obstante, el cacao ha enfrentado desafíos considerables, incluyendo la presencia de enfermedades, especialmente fúngicas, que pueden resultar en pérdidas significativas, llegando a afectar hasta un 30% de la producción (Suárez & Hernández, 2010).

Dentro de este contexto, se ha explorado exhaustivamente la utilización de subproductos del beneficio del cacao como una estrategia para maximizar su aprovechamiento y reducir el desperdicio. Entre los subproductos destacados se encuentra la mazorca de cacao, cuya composición ha sido objeto de análisis detallados. Algunos de los hallazgos relevantes incluyen la extracción de pectina de la mazorca, que demostró propiedades reológicas interesantes (Vriesmann, de Mello Castanho Amboni, & De Oliveira Petkowicz, 2011). También se descubrió que la mazorca tiene la capacidad de absorber contaminantes, como el Azul de metileno, de soluciones acuosas después de someterse a un proceso de tratamiento con NaOH (Pua et al., 2013).

Además, se han desarrollado productos derivados de la mazorca de cacao, como jabones suaves para la piel elaborados a partir de compuestos naturales y aceites vegetales sin refinar (Gyedu-Akoto, Yabani, Sefa, & Owusu, 2015). Se ha producido bio-aceite mediante la pirólisis de la mazorca, que se caracteriza por su alto valor calorífico y la obtención de un material carbonoso con propiedades absorbentes

(Adjin-Tetteh, Asiedu, DodooArhin, Karam, & Amaniampong, 2018).

Asimismo, se ha investigado la capacidad de la mazorca de cacao para ofrecer beneficios en términos de salud, como efectos bactericidas y bacteriostáticos contra microorganismos patógenos (Sotelo Coronado & Alivis Bermudez, 2018). Además, se ha estudiado su potencial como componente de extractos con propiedades antioxidantes y protectoras de la piel contra la radiación UVB (Abdul Karim et al., 2014).

Por último, se ha demostrado que la mazorca de cacao es una fuente de fibra soluble e insoluble, con aplicaciones en la formulación de productos alimenticios, como muffins, que presentan ventajas en términos de humedad y textura (Lu et al., 2018; Martínez-Cervera, Salvador, Muguerza, Moulay, & Fiszman, 2011).

Estos avances en la investigación sobre la mazorca de cacao y sus subproductos representan una valiosa contribución a la búsqueda de soluciones sostenibles en la industria del cacao y el chocolate, ofreciendo alternativas eco amigables y económicas para el aprovechamiento integral de este recurso.

METODOLOGÍA

En el proceso de desarrollo del empaque de vaina de cacao seca, se llevaron a cabo una serie de pruebas exhaustivas para evaluar y garantizar su calidad y funcionalidad. Estas pruebas abarcaron aspectos clave relacionados con el secado, la fijación del color, los recubrimientos y la resistencia del empaque. A continuación, se detalla cada una de las pruebas realizadas:

- Método de Secado:

Se evaluaron dos métodos de secado: solar y por convección forzada. El secado solar se llevó a cabo exponiendo las vainas de cacao de alta calidad a la luz solar directa. Por otro lado, el secado por convección forzada se realizó utilizando un dispositivo que generaba un flujo de aire caliente controlado. Ambos métodos se monitorearon de cerca para registrar los cambios en color y características físicas de las vainas.

- Temperatura de Secado:

Se probaron tres temperaturas de secado: 40°C, 50°C y 60°C. Estas temperaturas se ajustaron según las

condiciones de cada método de secado. Durante el proceso, se registraron el tiempo necesario para alcanzar la sequedad deseada y los cambios en color y características físicas de las vainas. La temperatura óptima que ofrecía los mejores resultados en calidad del empaque se determinó a partir de estos datos.

- Métodos de Fijación de Color:

Se llevaron a cabo pruebas con diferentes métodos de fijación del color de las vainas de cacao. Estos métodos incluyeron el uso de ácido cítrico, flameado y escaldado. Cada método se aplicó siguiendo un procedimiento específico, como sumergir las vainas en una solución de ácido cítrico, aplicar calor directo con un soplete o sumergir las vainas en agua caliente. Posteriormente, se evaluó el cambio de color en las vainas y se comparó con las vainas sin tratamiento para determinar la eficacia de cada método.

- Evaluación de Recubrimientos:

Se evaluaron diferentes tipos de recubrimientos para proteger las vainas de cacao, incluyendo aceite de coco, aceite de linaza y una preparación de cera de abejas con vaselina. Cada recubrimiento se aplicó según las instrucciones proporcionadas, y se observó la adherencia, el brillo y la uniformidad del recubrimiento en las vainas. Luego, se realizaron pruebas de exposición controlada a la humedad y cambios de temperatura para evaluar la capacidad de los recubrimientos para preservar el color, proteger contra la humedad y mantener las características físicas de las vainas.

- Prueba de Humedad y Temperatura:

Se llevaron a cabo pruebas para evaluar cómo respondía el empaque de vaina de cacao seca ante diferentes niveles de humedad y cambios de temperatura. Las vainas de cacao se sometieron a condiciones controladas de humedad, donde se expusieron a niveles específicos de humedad relativa. Durante este período de exposición, se monitoreó el empaque para evaluar cualquier cambio en su apariencia, color, textura y características físicas. Además, se sometieron las vainas a cambios de temperatura controlados para simular diferentes condiciones ambientales y evaluar la capacidad del empaque para proteger las semillas de cacao de la humedad y los cambios de temperatura.

Todas estas pruebas se llevaron a cabo meticulosamente y se registraron detalladamente para obtener datos objetivos y resultados cuantificables. Estos resultados fueron esenciales

para garantizar que el empaque de vaina de cacao seca cumpla con los estándares de calidad y funcionalidad requeridos para su uso en la industria chocolatera, asegurando la preservación óptima de las semillas de cacao procesadas en diversas condiciones ambientales.

RESULTADOS

En el proceso de desarrollo del empaque de vaina de cacao seca, se llevaron a cabo diversas pruebas con el objetivo de evaluar sus características físicas y mecánicas, así como su capacidad de resistencia a condiciones ambientales adversas. A continuación, se presentan los hallazgos obtenidos:

- Método de Secado:

Se determinó que el secado por convección forzada era más efectivo que el secado solar. El secado solar (Figura 01) mostró una mayor susceptibilidad a la proliferación de hongos debido a la exposición prolongada a la humedad y las condiciones ambientales. Por lo tanto, se concluyó que el secado por convección forzada (Figura 02) era el más adecuado para mantener la calidad del empaque y evitar problemas de contaminación.

Figura 01. Vaina de cacao seca. Método de secado solar.



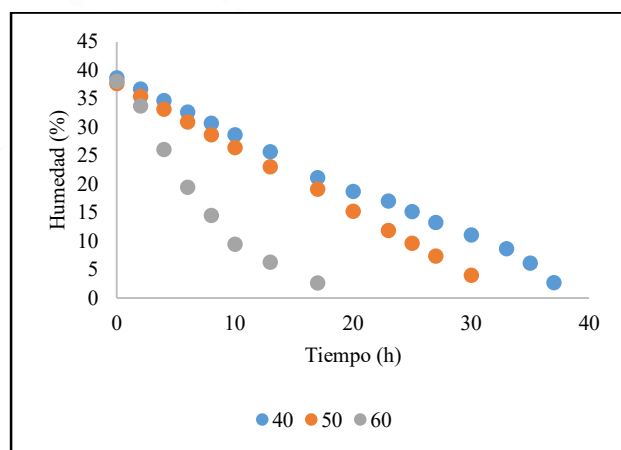
Figura 02. Vaina de cacao seca. Método de secado Convección forzada



- Temperatura de Secado:

La temperatura óptima de secado se estableció en 50°C (Figura 03). A esta temperatura, las vainas de cacao alcanzaron el nivel de sequedad deseado en un tiempo de 30 horas. Temperaturas inferiores prolongaban el proceso y aumentaban el riesgo de proliferación de hongos, mientras que temperaturas superiores causaban deformaciones en las vainas.

Figura 03. Curva de Secado de vainas de cacao a tres temperaturas 40°C, 50°C y 60°C a velocidad del aire 1 m/s



- Métodos de Fijación de Color:

Se encontró que el flameado y el escaldado eran los métodos más efectivos para conservar el color natural de las vainas de cacao sin comprometer sus características físicas y mecánicas. En contraste, el ácido cítrico mostró una menor eficiencia en la conservación del color (Figura 04).

Figura 04. Evaluación de tres métodos de fijación de color. De izquierda a derecha, ácido cítrico, flameado, escaldado.

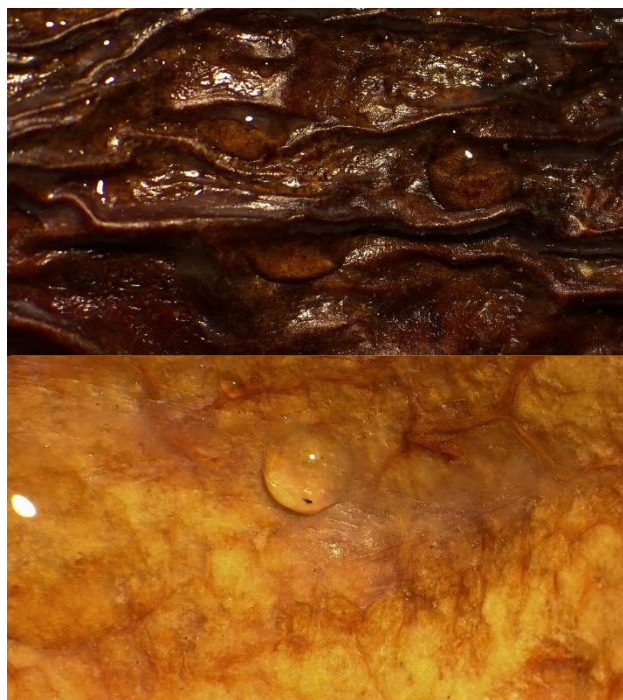


- Evaluación de Recubrimientos:

Se determinó que el aceite de coco no cumplía con las expectativas en términos de absorción de

humedad y dejaba residuos aromáticos indeseables. El aceite de linaza no actuaba como una barrera efectiva contra la humedad. La preparación de cera de abejas con vaselina resultó ser el mejor método de preservación de la vaina de cacao, proporcionando una apariencia atractiva y actuando como una barrera efectiva contra la humedad, sin dejar residuos indeseables (Figura 05).

Figura 05. Prueba de recubrimientos en las caras posterior e interior de las vainas de cacao secas.



- Prueba de Resistencia a la Humedad y Temperatura:

Las vainas de cacao demostraron ser resistentes a condiciones extremas de humedad y temperatura, sin sufrir cambios significativos en su forma o aumentos significativos de peso. Esto es esencial para garantizar que el empaque pueda mantener las semillas de cacao en condiciones óptimas, incluso en entornos desafiantes.

CONCLUSIONES

Tras llevar a cabo un exhaustivo estudio para desarrollar y evaluar el empaque de vaina de cacao seca como una solución sostenible y eficaz en la industria chocolatera, se han obtenido valiosas conclusiones que resaltan la viabilidad y la calidad de esta innovadora propuesta. El método de secado por convección forzada se ha demostrado como la opción más eficiente para preservar la calidad de las vainas de cacao secas. A diferencia del secado solar,

este método minimiza la exposición a condiciones ambientales adversas y la proliferación de hongos, asegurando así la integridad del empaque. La temperatura de secado óptima se estableció en 50°C. Esta temperatura permitió un proceso de secado eficaz en un tiempo razonable, evitando deformaciones en las vainas y reduciendo el consumo energético en comparación con temperaturas más bajas o más altas. Se ha confirmado que los métodos de fijación de color mediante flameado y escaldado son altamente efectivos para conservar el color natural de las vainas de cacao. Estos métodos no comprometen las características físicas y mecánicas de las vainas, lo que es esencial para mantener la calidad del empaque. Entre los diversos recubrimientos evaluados, la preparación de cera de abejas con vaselina se destacó como la opción más eficaz para preservar las vainas de cacao. Este recubrimiento no solo protegió contra la humedad de manera efectiva, sino que también proporcionó una apariencia atractiva y no dejó residuos indeseables en las vainas. Las pruebas de resistencia a la humedad y la temperatura confirmaron que las vainas de cacao y su empaque son capaces de mantener su integridad y características físicas en condiciones ambientales desafiantes. Esta resistencia es esencial para garantizar la calidad y frescura de las semillas de cacao procesadas.

El empaque de vaina de cacao seca, desarrollado y evaluado en este estudio, ha demostrado ser una solución efectiva y sostenible para la industria chocolatera. Su capacidad para conservar la calidad del cacao procesado, resistir condiciones adversas y su enfoque amigable con el medio ambiente lo convierten en una elección prometedora para la industria. Estos hallazgos respaldan la implementación y adopción de este empaque como una medida que beneficia tanto a la industria chocolatera como al medio ambiente, al tiempo que garantiza la frescura y calidad de los productos de cacao.

REFERENCIAS

1. Abdul Karim, A. A., Azlan, A., Ismail, A., Hashim, P., Abd Gani, S. S., Zainudin, B. H., ... & Abdullah, N. A. (2014). Phenolic composition, antioxidant, anti-wrinkles and tyrosinase inhibitory activities of cocoa pod extract. BMC Complementary and Alternative Medicine, 14(1), 1-9.

2. Adjin-Tetteh, D. S., Asiedu, D. K., Dodoo-Arhin, D., Karam, A. D., & Amaniampong, P. N. (2018). Production of bio-oil and bio-char from cocoa pod husk by pyrolysis. *Energy Reports*, 4, 112-116.
3. Anvoh, K. Y., Bi, S. B., & Gnakri, D. (2009). Contribution of cocoa (*Theobroma cacao* L.) in the economy of some producing countries. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 9(3), 887-902.
4. FAOSTAT. (2018). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
5. Gyedu-Akoto, E., Yabani, G. B., Sefa, F., & Owusu, D. K. (2015). Development of a novel cocoa pod husk soap. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(5), 1252-1260.
6. Lozano, M. (2020). Utilización de los subproductos del beneficio del cacao: una revisión. Bogotá DC: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Programa de ingeniería de alimentos.
7. Lu, X., Brennan, M. A., Serventi, L., Liu, J., Guan, W., Brennan, C. S., & Li, B. (2018). The physicochemical properties and microstructure of muffins containing dietary fiber from cocoa pod husk. *Food Research International*, 112, 26-32.
8. Martínez-Cervera, S., Salvador, A., Muguerza, B., Moulay, L., & Fiszman, S. M. (2011). Cocoa fiber and its application as a fat replacer in chocolate muffins. *Food and Bioprocess*
9. Pua, F. L., Nazir, M. S., Salmiaton, A., Abdullah, E. C., Bhatia, S., & Ngee, L. K. (2013). Adsorption performance of cocoa (*Theobroma cacao*) shell-based activated carbon for methylene blue in a fixed-bed column. *Chemical Engineering Journal*, 217, 20-28.
10. Quintero R, A., & Díaz Morales, C. H. (2004). El mercado internacional de cacao: perspectivas para Colombia. *Revista Espiga*, 4(1), 22-38.
11. Sotelo Coronado, M. S., & Alivis Bermudez, A. (2018). Extractos acuosos y alcohólicos de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.): evaluación de su actividad antibacteriana y antibacteriostática. *Scientia Agropecuaria*, 9(3), 415-421.
12. Suárez, D., & Hernández, N. (2010). Enfermedades del cacao y manejo integrado de fitopatógenos. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
13. Vriesmann, L. C., de Mello Castanho Amboni, R. D., & De Oliveira Petkowicz, C. L. (2011). Extraction of pectin from cocoa husks (*Theobroma cacao* L.) with citric acid. *LWT-Food Science and Technology*, 44(1), 220-226