

Evaluación de la viabilidad técnica del carbonato de calcio como suplemento alimenticio obtenido de la cáscara de huevo de gallina generada por la industria panadera en San Ramón, Matagalpa

Technical feasibility evaluation of calcium carbonate as a dietary supplement obtained from hen eggshells generated by the bakery industry in San Ramón, Matagalpa

Hellmon Rodolfo Pérez Ortega¹

Jesús Rafael García Zelaya²

Indra Elizabeth Martínez Pon³

RESUMEN

La industria panadera genera importantes volúmenes de residuos sólidos, entre ellos la cáscara de huevo de gallina, la cual posee un alto contenido de carbonato de calcio (CaCO_3). El objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad técnica del carbonato de calcio obtenido a partir de la cáscara de huevo generada por la industria panadera del municipio de San Ramón, Matagalpa, durante el primer semestre de 2025, para su uso como suplemento alimenticio. La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, de tipo aplicada, con diseño transversal y nivel descriptivo. La población estuvo conformada por panaderías del municipio, seleccionándose una muestra por conveniencia. Se recolectaron datos mediante entrevistas, guías de observación y análisis físico-químicos y microbiológicos del producto obtenido. El proceso incluyó etapas de recolección, limpieza, tratamiento térmico, secado, molienda, pulverización y encapsulado. Los resultados mostraron que el carbonato de calcio obtenido presentó valores aceptables de pH, humedad y pureza, además de ausencia de microorganismos patógenos, cumpliendo con criterios de inocuidad. Se concluye que el aprovechamiento de la cáscara de huevo como fuente de carbonato de calcio es técnicamente viable y representa una alternativa sostenible para la valorización de residuos agroindustriales.

PALABRAS CLAVE: Carbonato de calcio, cáscara de huevo, suplemento, viabilidad técnica.

1- Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, managua (UNAN - Managua), CUR - Matagalpa, Correo: perezhellmon@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5715-205X>

2- Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, managua (UNAN - Managua), CUR - Matagalpa, Correo: jrafaeljrgrz@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2237-7649>

3- Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, managua (UNAN - Managua), CUR - Matagalpa, Correo: indrapon@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-0597-1280>

ABSTRACT

The bakery industry generates significant volumes of solid waste, including hen eggshells, which contain high levels of calcium carbonate (CaCO_3). The objective of this study was to evaluate the technical feasibility of calcium carbonate obtained from eggshells generated by the bakery industry in San Ramón, Matagalpa, during the first semester of 2025, for use as a dietary supplement. The research followed a mixed quantitative approach, applied type, with a cross-sectional and descriptive design. The population consisted of bakeries in the municipality, with a convenience sample selected. Data were collected through interviews, observation guides, and physicochemical and microbiological analyses of the final product. The process included collection, cleaning, thermal treatment, drying, milling, pulverization, and encapsulation stages. Results showed that the obtained calcium carbonate presented acceptable pH, moisture, and purity values, as well as absence of pathogenic microorganisms, meeting food safety standards. It is concluded that the use of eggshells as a source of calcium carbonate is technically feasible and represents a sustainable alternative for agro-industrial waste valorization.

KEYWORDS: calcium carbonate, eggshell, supplement, technical feasibility.

INTRODUCCIÓN

La industria panadera desempeña un papel importante en la economía local del municipio de San Ramón, Matagalpa; sin embargo, también genera residuos sólidos que, en su mayoría, no son aprovechados adecuadamente. Según Chang (2020), la cáscara de huevo de gallina está constituida aproximadamente en un 94–95 % por carbonato de calcio (CaCO_3), lo que la convierte en un residuo con alto potencial de aprovechamiento. La disposición inadecuada de este residuo representa un problema ambiental y una oportunidad desaprovechada para la valorización de recursos.

Diversos estudios han demostrado que la cáscara de huevo puede utilizarse como una fuente alternativa de calcio, con aplicaciones potenciales en la industria alimentaria y farmacéutica. Asimismo, el calcio es un mineral esencial para la salud humana, particularmente en la formación y mantenimiento del sistema óseo, y su deficiencia es frecuente en poblaciones vulnerables (Castañeda & Stechina, 2013; Pérez, Guzmán, Durán, Ramos, & Achá, 2018).

En este contexto, evaluar la viabilidad técnica del carbonato de calcio obtenido a partir de la cáscara de huevo generada por la industria panadera permite integrar principios de economía circular, reducir el impacto ambiental y ofrecer una alternativa nutricional de bajo

costo. Por ello, este estudio se orientó a determinar la viabilidad técnica y la calidad del CaCO_3 obtenido para su uso como suplemento alimenticio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa, Nicaragua, durante el primer semestre del año 2025. El universo estuvo conformado por todas las panaderías activas del municipio de San Ramón que utilizan huevo de gallina como materia prima en sus procesos productivos. Se seleccionó una muestra por conveniencia, considerando la accesibilidad, disposición de los propietarios y volumen de generación de cáscara de huevo. No se aplicó fórmula estadística de cálculo muestral debido al nivel descriptivo y exploratorio del estudio. El diseño del estudio es de investigación aplicada, de enfoque mixto, corte transversal y nivel descriptivo.

Los criterios de inclusión fueron: panaderías activas del municipio de San Ramón, el uso frecuente de huevo de gallina en los procesos productivos y la disposición a participar en el estudio. En cambio, los criterios de exclusión fueron: panaderías sin generación significativa de cáscara de huevo y establecimientos que no autorizaron la recolección de información.

Para la recolección de información se emplearon técnicas como: entrevistas estructuradas, guías de observación directa y registros de laboratorio. Además, se realizaron pruebas físico-químicas (pH, humedad, pureza) y microbiológicas (coliformes, hongos y bacterias). Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva utilizando Microsoft Excel. Los análisis de laboratorio permitieron evaluar la calidad e inocuidad del producto final. La investigación no involucró seres humanos ni animales de experimentación. Se respetó la confidencialidad de la información proporcionada por los propietarios de las panaderías y se utilizaron los residuos únicamente con fines académicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante un período de ocho semanas se recolectaron cáscaras de huevo en tres panaderías del municipio de San Ramón: Lilio's Coffee, Nau Coffee & Cake y La Bendición. En conjunto, se recolectaron 4,818 cáscaras, con un peso total de 27,510.67 g y peso promedio de 5.69 g.

Este valor promedio coincide con lo señalado por Chang (2020), quien indica que la cáscara de huevo seca está compuesta en un 94–95 % por carbonato de calcio (CaCO_3) y presenta un peso aproximado entre 5.5 y 6.0 g.

La similitud entre el promedio obtenido en el estudio y el rango reportado en la literatura respalda la confiabilidad de los datos recolectados y confirma que el material analizado posee las características típicas de una cáscara de huevo, particularmente en su alto contenido de CaCO_3 , lo cual resulta relevante para su posible aprovechamiento en aplicaciones agrícolas y ambientales.

Tabla 1.

Cantidad de Cáscaras Producidas por la Industria Panadera – San Ramón, Matagalpa.

Panadería	Meses	Cantidad de cáscaras	Peso (g)	Peso/Cáscara
Lilio's Coffee	1	622	3604.86	5.76
	2	848	4755.41	5.58
	Total	1470	8360.27	5.44-5.93
Nau Coffee & Cake	1	664	3760.41	5.81
	2	932	5366.64	5.77
	Total	1596	9127.05	5.51-5.9
La Bendición	1	832	4713.48	5.66
	2	920	5309.87	5.76
	Total	1752	10023.35	5.58-5.85
Total		4818	27510.67	5.69

Nota. Se registraron 4,818 cáscaras (27,510.67 g) en dos meses, con peso promedio de 5.69 g y baja variabilidad entre panaderías, evidenciando disponibilidad y homogeneidad del residuo. Tomado de guía de observación aplicada en panaderías de San Ramón, Matagalpa.

Las variaciones observadas fueron mínimas y se mantuvieron dentro de un rango estrecho, evidenciando consistencia en la materia prima. Cabe destacar que durante el segundo mes de recolección (febrero) se registró un incremento en la producción de cáscaras, asociado a la alta demanda de productos de repostería durante las festividades, especialmente en Lilio's Coffee.

Analizando cada panadería de forma individual, se observa que la panadería "La Bendición" es la que más contribuye a la producción de cáscaras, con un total de 1,752 unidades en dos

meses, lo que da un promedio mensual de 876 cáscaras. Esto la convierte en la principal fuente de materia prima para el proyecto. Por su parte, "Nau Coffee & Cake" recolectó un total de 1,596 cáscaras, con un promedio mensual de 798 unidades, mientras que "Lilio's Coffee" tuvo la menor producción, con un total de 1,470 cáscaras y un promedio mensual de 735 unidades.

En cuanto al peso de las cáscaras, los valores registrados muestran una estabilidad en todas las panaderías. En promedio, cada cáscara tiene un peso de 5.69 gramos, lo que indica una uniformidad en las características del material recolectado. Sin embargo, hay pequeñas variaciones entre las panaderías. En el caso de "Lilio's Coffee", el peso promedio por cáscara es de 5.67 gramos, mientras que en "Nau Coffee & Cake" y "La Bendición" es de 5.71 gramos. A pesar de estas diferencias mínimas, el peso por cáscara se mantiene dentro de un rango muy estrecho, lo que sugiere que la calidad y el tamaño de las cáscaras son similares en todas las panaderías.

Tabla 2

Caracterización del manejo, abastecimiento y disposición de cáscaras de huevo en panaderías de San Ramón

Panadería	La Bendición	Lilio's Coffee	Nau Coffee and Cake
Proveedor	Granja (Avícola "Los Jarquines")	Supermercado "La Estrella"	Supermercado "La Estrella"
Tipo de Huevo	Granja	Granja	Granja
Color	Blancos y Rojos	Blancos	Blancos
Tamaño	Median	Mediano	Mediano
Abastecimiento	Al menos una vez por semana	Al menos una vez por semana	Al menos una vez por semana
Precio/Cajilla (C\$)	165 - 180	166 - 180	167 - 180
Manejo de Cáscaras	Desecho	Desecho (posible uso como abono)	Desecho (posible uso como abono)
Registro de Peso	No	No	No
Almacenamiento de Huevos	No	Si (recipientes separados)	No

Panadería	La Bendición	Lilio's Coffee	Nau Coffee and Cake
Almacenamiento de Cáscaras	Bodega con otros ingredientes	En cajillas sobre estantes o meses	En cajillas sobre estantes o meses

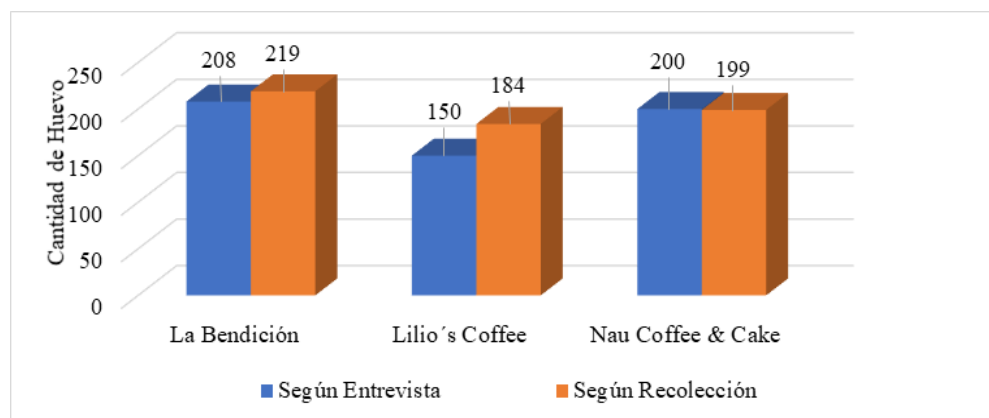
Nota: La tabla resume prácticas similares de abastecimiento y manejo de cáscaras en las panaderías evaluadas. Tomado de entrevistas aplicadas a propietarios y trabajadores de panaderías de San Ramón, Matagalpa.

Las panaderías entrevistadas utilizan huevos de distintas fuentes y tipos. “La Bendición” emplea huevos de granja de la avícola “Los Jarquines”, mientras que “Lilio’s Coffee” y “Nau Coffee and Cake” obtienen huevos de corral del supermercado “La Estrella”. En cuanto al color, “La Bendición” usa huevos blancos y rojos (granja), mientras que las otras dos panaderías solo utilizan blancos (corral); el tamaño de los huevos utilizados es, en su mayoría, medianos. Todas las panaderías reciben huevos al menos una vez a la semana, cuyo precio por cajilla se encuentra en un rango entre los 165 C\$ y los 180 C\$.

En el manejo de residuos, todas las panaderías desechan las cáscaras de huevo. Sin embargo, “Lilio’s Coffee” y “Nau Coffee and Cake” han mencionado su posible uso como abono. No llevan un registro del peso de las cáscaras generadas, y solo “Lilio’s Coffee” las almacena en recipientes separados antes de desecharlas, lo que permite mejor control de residuos. En términos de almacenamiento, “La Bendición” guarda los huevos en una bodega con otros ingredientes, mientras que “Lilio’s Coffee” y “Nau Coffee and Cake” los almacenan en cajillas sobre estantes o mesas.

Figura 1.

Cantidad de huevo utilizado a la semana

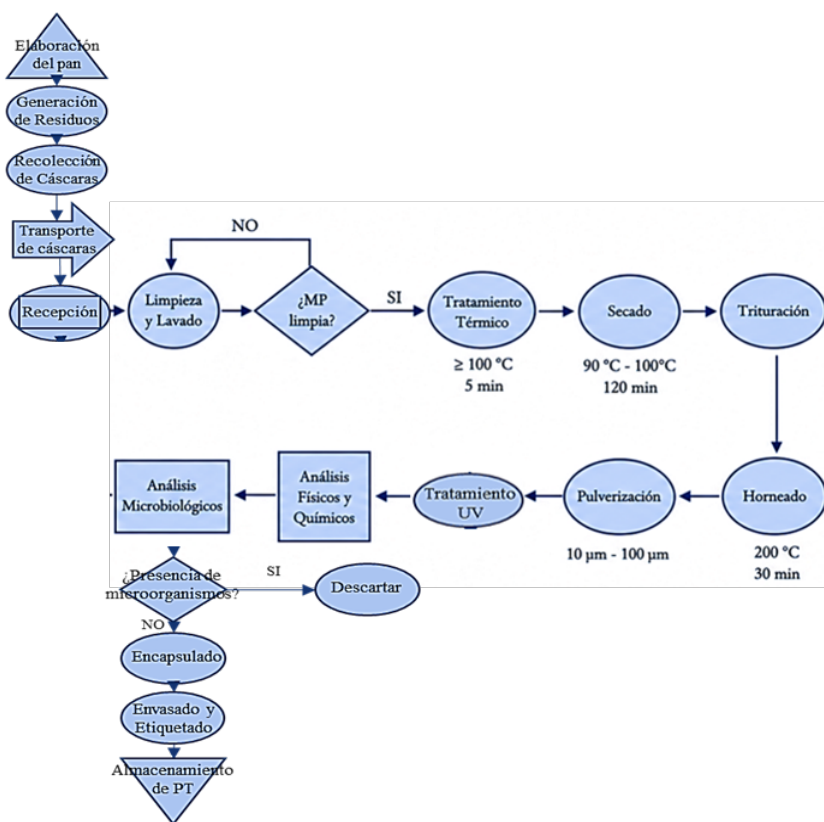


Nota: Se compara la cantidad semanal de huevos reportada y la verificada por recolección, mostrando valores similares entre ambos métodos. Tomado de guía de observación y entrevistas aplicadas a propietarios y trabajadores en panaderías de San Ramón, Matagalpa.

El gráfico evidencia que los datos obtenidos por recolección directa resultan más precisos que los estimados en las entrevistas. Asimismo, confirma que existen variaciones entre la percepción del consumo y los valores reales, reforzando la importancia de la medición directa para una adecuada cuantificación de residuos y una mejor planificación en el aprovechamiento de las cáscaras de huevo como materia prima agroindustrial.

Figura 2.

Diagrama de Flujo de Procesos – Carbonato de Calcio de Cáscaras de Huevo.



Nota: Diagrama de flujo del proceso para la obtención de carbonato de calcio a partir de cáscaras de huevo, elaborado con simbología ASME. Tomado de registros de laboratorio y prácticas de campo realizadas durante el desarrollo del proceso.

Las cáscaras de huevos de gallina desechadas deben ser separadas en cada panadería y recolectadas semanalmente en recipientes plásticos (baldes o bolsas), transportándose de manera que no se mezclen para asegurar trazabilidad. Este manejo separado respeta buenas prácticas posconsumo en la cadena agroindustrial y garantiza calidad, inocuidad y control de lote, facilitando la certificación de procesos y productos. Durante este paso se realiza el pesaje y registro de datos importantes como procedencia, fecha de recolección, fecha de recepción, proveedor y observaciones sobre el estado de las cáscaras. Estos registros permiten cumplir con sistemas de gestión de calidad agroindustrial como HACCP e ISO 22000, controlando variables críticas de producción e identificando posibles no conformidades.

Estas acciones se alinean con lo establecido por la Codex Alimentarius (1969/2022), que indica que todo envasado, almacenamiento o equipo en contacto con los huevos no debe transferir sustancias que representen riesgos para la salud del consumidor; por ello, el uso de recipientes adecuados y áreas destinadas evita contaminaciones que comprometan la inocuidad del huevo y, en consecuencia, la calidad de las cáscaras destinadas a su aprovechamiento.

Se eliminan los residuos orgánicos como la membrana interna de la cáscara de huevo, otros residuos que pudieron haberse adherido a la cáscara, manchas, y microorganismos, a través de un lavado con agua y un agente desinfectante, en este caso, se usa ácido acético. La higiene en el tratamiento de subproductos agroindustriales es clave para prevenir riesgos microbiológicos. El uso de ácido acético como agente desinfectante es una práctica aprobada por organismos internacionales (como FDA) para limpieza de alimentos, y se integra al control preventivo de inocuidad en la cadena de procesamiento.

Las cáscaras, una vez completamente limpias, pasan a un tratamiento térmico que consta en sumergirlas en agua por encima de su punto de ebullición (≥ 100 °C), durante 5 minutos para asegurar que la mayor parte de los microorganismos sean eliminados. La aplicación de calor húmedo es una técnica agroindustrial eficaz para reducir la carga microbiana. Esta etapa asegura que el producto cumpla con estándares microbiológicos requeridos para uso alimentario o nutracéutico. Sustentándose en el CTNC (2021), que clasifica los tratamientos térmicos en pasteurización (por debajo de 100 °C, para productos ácidos) y esterilización (por encima de 100 °C, usualmente entre 115–121 °C, para productos de baja acidez). Dado que el material presenta pH alcalino, el uso de temperaturas iguales o superiores a 100 °C se ajusta a estas recomendaciones, fortaleciendo la validez técnica del proceso aplicado.

Se realiza el proceso de secado, el cual se hace a una temperatura entre 100 °C a 120°C, la materia prima es sometida al secado por un lapso de 120 minutos. Este proceso se lleva a cabo en un horno semiindustrial, con el objetivo de facilitar la trituración de este y obtener un carbonato de calcio más puro al eliminar cualquier tipo de materia orgánica que no haya sido eliminada en los procesos anteriores. Posterior a la etapa del secado se realiza el método de determinación de humedad por gravimetría, donde se toma una muestra de la cascara de huevo antes del secado y luego esa misma muestra después del secado, aquí se emplea una fórmula para obtener el porcentaje de humedad.

El secado térmico en horno semiindustrial elimina la humedad residual, previniendo la proliferación de microorganismos y prolongando la vida útil del producto. La determinación de humedad fue de 0.2%. En esta fase, el objetivo es reducir las cáscaras de huevo a partículas más pequeñas, facilitando la posterior molienda fina y aumentando la eficiencia del proceso.

La reducción de tamaño previa a la molienda fina mejora la eficiencia energética y asegura una distribución homogénea del producto, importante para aplicaciones farmacéuticas o alimenticias. Las cáscaras son expuestas a 200°C durante aproximadamente 30 minutos en horno semiindustrial, lo que facilita su pulverización, elimina compuestos orgánicos y mejora la biodisponibilidad del carbonato de calcio, activando propiedades funcionales de minerales naturales. La molienda fina busca obtener un polvo uniforme con partículas entre 10 µm y 100 µm, sin tamizado, aumentando la superficie y favoreciendo la absorción intestinal en suplementos alimenticios. Este control de tamaño de partícula es estándar en la producción agroindustrial de aditivos y excipientes para la industria alimentaria y farmacéutica.

El carbonato de calcio se expone a rayos ultravioleta para eliminar posibles microorganismos resistentes a tratamientos previos. La luz UV es una técnica de desinfección sin residuos químicos, efectiva para reducir la carga microbiana en productos secos, cumpliendo con principios de procesamiento mínimo y preservación de la calidad sin afectar la funcionalidad del producto.

Los parámetros fisicoquímicos del carbonato de calcio, como pH, grados Brix y humedad, se analizan en laboratorio para asegurar que cumpla con las especificaciones estándar y los requisitos normativos. Estos controles garantizan la calidad, pureza y estabilidad del producto, fundamentales para su posterior distribución comercial. El pH se midió siete veces disolviendo 1 g de CaCO₃ en 50 ml de agua destilada, obteniéndose un valor promedio de 9.80, lo que confirma su carácter alcalino. Asimismo, se determinó el contenido de humedad por el método gravimétrico, utilizando una muestra de 10 g sometida a 105 °C durante 4

horas, con pesadas periódicas cada 30 minutos, con el fin de asegurar la eliminación total de la humedad y garantizar la calidad del material para su uso industrial.

Tabla 9

Determinación de densidad y dulzor del Carbonato de Calcio

Parámetro	Valor	Observación
BRIX %	1	Representa el dulzor
SG Wort	1.005	Representa la densidad

Nota: Se presentan los valores de dulzor (°Brix) y densidad (SG) del carbonato de calcio determinados mediante refractometría. Tomado de registros de laboratorio del RUCFA, Matagalpa.

La titulación con ácido etilendiaminotetraacético EDTA y murexida se utiliza para determinar la cantidad de calcio en una muestra, utilizando el cambio de color del indicador murexida para detectar el punto final de la reacción entre el calcio y el EDTA. Según (Cáceres, 2014) los iones calcio y magnesio forman complejos estables con etilendiaminotetra-acetato disódico (EDTA). Si el pH es suficientemente alto (12 a 13) como para que el magnesio precipite como hidróxido, el calcio puede ser determinado directamente. El punto final de la titulación es detectado por el viraje de color del indicador "Murexida", el cual presenta un color rosado en presencia de calcio y un color púrpura cuando todo el calcio se encuentra formando un complejo con EDTA.

Tabla 10

Cantidad de Mililitros de EDTA Usados Para Determinar La Pureza del CaCO₃

Muestra	1	2	3	4	Media
Solución de EDTA usada (ml)	2.6	2.6	3.1	2.9	2.8

Nota: La tabla presenta la cantidad de mililitros de la solución EDTA utilizados para virar la solución de Murexida, con el fin de encontrar la pureza del Calcio. Tomado de registros de laboratorio del RUCFA, Matagalpa.

$$\text{Meq/lt de } \text{Ca}^{++}: \frac{V \times N \times 1000}{M}$$

Donde:

V= ml gastados de la solución de EDTA.

N= Normalidad de la solución de EDTA.

M= ml de muestra de agua utilizada.

$$\frac{\text{Meq}}{\text{lt}} \text{ de } \text{Ca}^{++}: \frac{2.8 \times 0.01 \times 1000}{5} \text{ Meq/lt de } \text{Ca}^{++}: 5.6$$

Según Drugs.com. (2025) 1 mEq de Ca^{2+} = 20 mg de calcio elemental. Lo cual quiere decir que el resultado obtenido mediante la sustitución de la fórmula, la pureza del carbonato de calcio encontrada es de 5.6 Meq/lt de Ca, lo que equivale a 112 mg de Ca^{2+} /L. Esto quiere decir que una capsula de 1000mg de carbonato de calcio que contiene 224 mg de calcio puro.

Esta etapa es fundamental en todo el proceso de obtención del carbonato de calcio, ya que se lleva a cabo un análisis para detectar la presencia de microorganismos en el producto, tales como Salmonella, E. coli, Campylobacter, Mohos, entre otros. El procedimiento consiste en tomar una muestra para realizar un cultivo en laboratorio, con el fin de identificar si estos microorganismos están presentes. Si los resultados del análisis son positivos, el lote debe ser descartado; en caso contrario, si los resultados son negativos, el proceso continúa con normalidad.

Según los resultados emitidos por el Laboratorio Regional de Higiene y Epidemiología SILAIS Matagalpa, se analizaron tres muestras del suplemento de carbonato de calcio, tomadas de las partes externa, interna y media del frasco en estudio. Las muestras fueron recolectadas el 25 de marzo de 2025, recibidas por el laboratorio el 26 de marzo y procesadas hasta el 29 de marzo. Los resultados indicaron que no se observó crecimiento bacteriano en ninguna de las muestras analizadas, lo que respalda la inocuidad del producto.

Si el carbonato de calcio se encuentra libre de cualquier patógeno, se procede al proceso de envasado. En esta etapa, se distribuye la cantidad adecuada de producto en cada frasco, normalmente de 100 gramos. Además, se realiza el encapsulado del carbonato de calcio,

donde cada cápsula contiene 1 gramo. Posteriormente, las cápsulas se envasan en frascos que contienen 90 unidades de CaCO_3 . Durante el proceso de encapsulado, se emplean rayos ultravioletas para facilitar el sellado de las cápsulas, asegurando así su correcta integridad.

El encapsulado controlado permite dosificación precisa y mejora la biodisponibilidad del suplemento. Las tecnologías de envasado con luz UV y atmósferas controladas son tendencias en la agroindustria para aumentar la estabilidad del producto, prevenir contaminación y alargar su vida útil. Se realiza el etiquetado de los frascos con la información necesaria, de acuerdo al Codex alimentarios y la ley N°. 292. Ley de Medicamentos y Farmacias, el frasco debe contener la siguiente información: indicaciones de almacenamiento, advertencias de uso, recomendaciones, nombre de la empresa de manufactura, donde se elabora, código de barra, nombre del producto, servicios o cantidad, tabla nutricional, información del producto (usos del suplemento), e información de contacto (redes sociales).

Figura 3.

Proceso de Encapsulado y Proceso de Envasado y Etiquetado



Nota: Las imágenes muestran el proceso de encapsulado, envasado y etiquetado del Carbonato de Calcio. Tomado de laboratorio del RUCFA CUR-Matagalpa, durante la elaboración del producto.

El etiquetado conforme a la normativa (Codex Alimentarius y legislación nacional como la Ley N.º 292, 2021) asegura la transparencia, la trazabilidad y el cumplimiento legal del producto. Es un requisito agroindustrial obligatorio para comercialización tanto en mercados locales como internacionales.

El almacenamiento de producto terminado, en este caso el carbonato de calcio a partir de la cáscara de huevo de gallina requiere cumplir con ciertas condiciones para garantizar su calidad, seguridad y eficacia como suplemento alimenticio. Debe almacenarse en un lugar fresco y seco, con temperaturas que oscilen entre 15°C y 25°C . A su vez, evitar temperaturas extremas (muy altas o muy bajas), ya que pueden afectar la estabilidad del producto.

Es crucial mantener la humedad relativa por debajo del 60%, ya que la humedad elevada podría afectar la calidad del carbonato de calcio, provocando aglomeraciones o alteraciones en su efectividad y estabilidad.

El área de almacenamiento debe ser bien ventilada para evitar la acumulación de gases que puedan alterar la calidad del producto. El CaCO_3 debe almacenarse en un lugar protegido de la luz solar directa, que podría degradar algunos componentes del suplemento. El control de condiciones de almacenamiento (temperatura, humedad y luz) evita la degradación del producto, garantizando su calidad a lo largo del tiempo. Estas prácticas responden a normativas de conservación posproducción establecidas por sistemas de gestión agroalimentaria como BPM y HACCP.

Conclusiones

1. Resulta técnicamente viable obtener carbonato de calcio (CaCO_3) a partir de la cáscara de huevo generada por las panaderías de San Ramón, ya que existe disponibilidad suficiente de materia prima, el proceso de transformación es accesible y controlado, y los análisis fisicoquímicos y microbiológicos confirmaron la calidad e inocuidad del producto:
2. La cuantificación de las tres panaderías fue de 27.51 kg de cáscaras recolectadas en dos meses, para un promedio mensual de 13.75 kg y 4,818 unidades, con peso promedio de 5.69 g, se evidenció una disponibilidad constante y su potencial como materia prima para procesos agroindustriales.
3. Se diseñó y aplicó un proceso agroindustrial higiénico y controlado que incluyó recolección, clasificación, desinfección, deshidratación, trituración, esterilización y encapsulado, permitiendo transformar este residuo en carbonato de calcio y reducir el impacto ambiental de la industria panadera local.
4. Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos confirmaron la calidad e inocuidad del suplemento, con pH de 9.8, humedad de 0.2 %, densidad de 1.005 g/cm^3 , dulzor perceptible del 1 % y un aporte aproximado de 224 mg de calcio puro por cada cápsula de 1000 mg de carbonato de calcio, demostrando su eficacia nutricional. Estos resultados, junto con pruebas microbiológicas que descartan la presencia de agentes patógenos, garantizan un producto seguro y funcional.

Referencias

- Cáceres , L. F. (2014). Determinación de Calcio en agua naturales y residuales. Obtenido de Laboratorio de Análisis Ambiental. : https://s026fd7cb24a9b50e.jimcontent.com/download/version/1402773415/module/7291759968/name/POE_Ca.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Castañeda, M. T., & Stechina, D. (2013). SEDICI. Repositorio Institucional de la UNLP. Obtenido de Alternativa ecoeficiente para el aprovechamiento de cáscara de huevo, residuo derivado de la industria de ovoproductos: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/49186>
- Chang, A. (2020). La importancia de la nutrición para la calidad de la cáscara de huevo en reproductoras de pollos de engorde. Obtenido de ROSS An Aviagen Brand: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/RossNote-EggShellQuality-2020-ES.pdf
- Codex Alimentarius. (1969/2022). General principles of food hygiene (Codex Alimentarius Code of Practice CXC 1-1969). Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations; World Health Organization.: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https:%2F%2Fworkspace.fao.org%2Fsites%2Fcodex%2Fstandards%2FCXC%2B1-1969%2FCXC_001e.pdf&utm_source=chatgpt.com
- CTNC. (19 de abril de 2021). Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y Alimentación. Obtenido de La importancia de los tratamientos térmicos en la conservación de los alimentos. CTNC: <https://www.ctnc.eu/la-importancia-de-los-tratamientos-termicos-en-la-conservacion-de-los-alimentos/>
- Drugs.com. (17 de abril de 2025). Drugs.com Know more.Be sure. Obtenido de Carbonato de Calcio: <https://www.drugs.com/inactive/calcium-carbonate-194.html>
- Pérez, G., Guzmán, J., Durán, K., Ramos, J., & Achá, V. (2018). Aprovechamiento de las cascaras de huevo en la fortificación de alimentos. Revista Ciencias, Tecnología e Innovación. <https://revistas.usfx.bo/index.php/rcti/article/download/139/116/431>, 29-38.