

Usos potenciales de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*): una revisión sistemática

Potential uses of hen eggshells gallina (*gallus gallus domesticus*): a systemic review

Bedoya SA, Valencia GM. Usos potenciales de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*): una revisión sistemática. Rev Colombiana Cienc Anim. Recia. 2020; 12(2):e776. <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n2.2020.776>

Universidad de Sucre, Colombia

Los autores permiten a RECIA reimprimir el material publicado en él. En caso de que un autor quiera traducir o usar una publicación parcial o completa de nuestro Diario, el autor debe obtener un permiso por escrito del editor de la revista.

Copyright © 2020. El (los) autor (es), Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA. 2020. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), El uso, distribución o reproducción está permitido, siempre que se acrediten al autor original y al propietario del copyright y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, distribución o reproducción que no cumpla con estos términos.



Usos potenciales de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*): una revisión sistemática

Potential uses of hen eggshells gallina (*Gallus gallus domesticus*): a systemic review

Apolonia Bedoya Salazar* Esp.

Universidad de Antioquia, Departamento de Alimentos, Grupo de Análisis Sensorial, Medellín, Colombia.

apolonia.bedoya@udea.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-4805-0704>

DOI: <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n2.2020.776>

Mónica Patricia Valencia González. M.Sc.

Universidad de Antioquia Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias. Grupo de Análisis Sensorial, Medellín, Colombia.

monica.valencia@udea.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-3821-566X>

Recepción: 14 Junio 2020

Aprobación: 7 Septiembre 2020

Publicación: 11 Septiembre 2020

RESUMEN

El huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*) es uno de los alimentos de mayor consumo a nivel mundial y en el caso específico de Colombia. Según la Federación Nacional de Avicultores-(FENAVI), en el año 2018 el consumo per-capital fue de 293 unidades. Este consumo genera un elevado volumen de cáscara como residuo, lo que lleva a los investigadores a interesarse en su aprovechamiento en diversas áreas, propiciando el desarrollo de emprendimientos. Además, sería un aspecto bastante negativo para el impacto ambiental, debido al manejo inadecuado de los residuos ordinarios, como es el caso de la cáscara de huevo, convirtiéndose en un factor de riesgo para la sostenibilidad y la sustentabilidad ambiental. Esta revisión muestra estudios del aprovechamiento de la cáscara como residuo agroalimentario en diferentes áreas, tales como la industria farmacéutica, química, cosmética y alimentaria. Su alto contenido en carbonato de calcio y otros constituyentes minoritarios como hidróxido de calcio, carbonato de magnesio, fosfato de calcio, sustancias orgánicas y en su membrana proteínas como el colágeno y el ácido hialurónico, la hacen una materia prima única y polifuncional.

Palabras clave: Aprovechamiento; carbonato de calcio; huevo; cáscara; colágeno; residuo.

ABSTRACT

Hen egg (*Gallus gallus domesticus*) is one of the foods increased consumption worldwide and in the specific case of Colombia. According to the National Federation of poultry farmers-Fenavi, in 2018 the per capital consumption was 293 units. This consumption generates a high volume of shell as waste; that has led researchers to be interested in its use in different areas, promoting the development of enterprises. That would contribute to the reduction environmental impact, due to the inappropriate waste management ordinary as it is the case of the eggshell, also becoming a risk factor for sustainability and environmental sustainability. This review shows studies of the use of the shell as agri-food waste in different areas such as pharmaceuticals, cosmetics and food industry. Its high content of calcium carbonate and other minority constituents like calcium hydroxide, magnesium carbonate, calcium phosphate, and organic substances in its membrane has proteins such as collagen and hyaluronic acid, make it a unique raw material and multifunctional.

Keywords: Use; calcium carbonate; egg; shell; collagen; residue.

Como citar (Vancouver).

Bedoya SA, Valencia GM. Usos potenciales de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*): una revisión sistemática. Rev Colombiana Cienc Anim. Recia. 2020; 12(2):e776. <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n2.2020.776>

INTRODUCCIÓN

Algunos autores reportan que la gallina (*Gallus gallus*) fue domesticada aproximadamente entre el 3200 y 8000 AC en la India, mientras que otros establecen que la domesticación fue en la China o en Egipto, a ciencia cierta no está bien definida su domesticación. En el caso de América, le asignan a Colón la introducción de las gallinas provenientes de Asia. (1,2). En Colombia “una teoría afirma que las gallinas llegaron a América durante los primeros viajes de Colón y que por más de 500 años han adaptado, su productividad a estas condiciones medioambientales...” (3,4).

Con la llegada de los españoles a América, por ejemplo, a México, impusieron a las comunidades indígenas que debían criar doce gallinas de origen español y seis de raza criolla, con el fin de proliferar la especie en el territorio conquistado, Se consideró a la gallina como un animal que les proveía alimentos, (4) siendo la gallina (*Gallus gallus domesticus*), la especie domesticada para el consumo humano.

Es así como con la domesticación se incrementa la crianza de la gallina y el consumo del huevo, lo que lleva a la generación del residuo “cáscara de huevo”. Durante mucho tiempo, esta ha tenido diversos usos a nivel doméstico, siendo la base para ser escalados a nivel industrial. Por ejemplo, en la cultura china las mujeres obtienen el calcio al dejar las cáscaras de huevo en jugo de limón, que luego se añade a otros jugos y antes de su uso son lavadas y desinfectadas, utilizando tratamiento térmico corto, con el fin de eliminar microorganismos patógenos (5).

En Colombia, además se utiliza como nutriente para plantas ornamentales y en los cultivares, también se conocen otros usos como material para la elaboración de filtros artesanales en la purificación del agua o como quitamanchas de ropa blanca.

Este artículo es un estudio de carácter descriptivo, la información necesaria para la investigación se obtendrá directamente de las bases de datos científicas y de patentes existentes en el Sistema de Bibliotecas de la Universidad de Antioquia; clasificando y seleccionando el material de mayor interés, relacionado con “el aprovechamiento de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*)”, en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria entre otras.

Generalidades del huevo

La gallina según la Real Academia Española de la lengua es: “*gallina*. (Del lat. *gallīna*). 1. f. Hembra del gallo, de menor tamaño que este, cresta pequeña o rudimentaria, cola sin cobijas prolongadas y tarsos sin espolones. También se define que la gallina es aquel individuo del género femenino de la especie “*gallináceas*”(6).

El huevo se forma cinco horas después de la ovulación, llega al útero donde permanece alrededor de 20 horas, donde termina de conformarse. La yema que viaja a través del oviducto recolecta los componentes específicos para su formación. En el caso de la cáscara, pasadas 10 horas de esta estancia se inicia su formación y el proceso se detiene aproximadamente dos a cuatro horas antes de la puesta (7).

Cada huevo se forma individualmente seguido de la expulsión espontánea (ovoposición) a intervalos de tiempo aproximadamente de 24 horas en las gallinas (8,9), de estas, 10 horas son para desarrollar la cáscara, representando aproximadamente de 9 a 12% del peso del huevo.

En la parte más externa se encuentra la cáscara calcificada, la cutícula, y el empalizado, que le sirven como barrera protectora contra el daño físico y la contaminación microbiana, también promueve el intercambio de gases y agua, debido a la gran cantidad de poros que la conforman.

En su interior contiene una yema concéntrica o vitelo, rodeada por la chalaza, cuya función es mantenerla en el centro y que tiene contacto directo con la clara, como se observa en la figura 1.

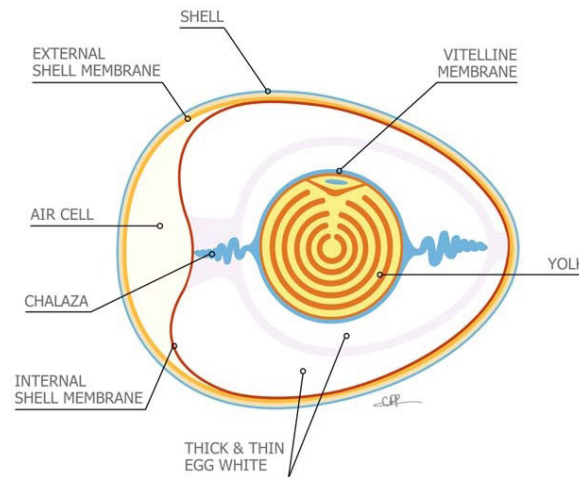


Figura 1. Estructura del huevo Fuente: (9)

Función de la cáscara

La cáscara es una compleja estructura biomineral que encierra el contenido interno, funciona como reserva mineral para el embrión aviar. Permite además el intercambio de agua y gas entre el ambiente externo y el embrión, dicha capacidad está dada por la composición proteica de la cutícula (10). Siendo una membrana semipermeable que se endurece al momento de la postura (9,11).

Composición de la cáscara. La cáscara de huevo de gallina representa entre el 10 y el 12% de su peso. Está conformada por un 95% de compuestos minerales y entre un 3,0% a 3,5% por componentes orgánicos, proteoglicanos y proteínas como ovocleidina 116, ovotransferrina, ovoalbúmina, ovolixina 32, ovocleidina 17, osteopontina (OPN) y lisozima que intervienen en la morfología de los cristales de calcita, además en la protección microbiana y regulación de las mineralizaciones de la cáscara (12). En su parte interna posee una delgada capa de queratina y fibras de colágeno (13), conocida como membrana conformada hasta por 62 proteínas de fibras reticulares entrelazadas que ofrecen también protección y controlan la pérdida de agua y de gases del huevo (14,15).

Las primeras investigaciones acerca de la microestructura de la cáscara y la membrana reportaban como única proteína la ovocleidina 17; Sin embargo, los avances tecnológicos posteriores permitieron llegar a identificar un gran número de proteínas que influyen en la estructura cristalina de la misma (16). Estas investigaciones acerca de la microestructura de la cáscara describen detalladamente su composición, el comportamiento de los mismos y su función en la cáscara (17). Por medio de microscopía electrónica de barrido, se ha mostrado cómo la parte proteica se entrelaza con los cristales de calcita en una proporción aproximada 1:50, composición que está estrechamente relacionada con la dureza de la cáscara, conformada por cuatro capas (18).

El contenido de materia seca corresponde a un 2% de agua, un 98% de materia seca, representada en un 5% de proteína cruda y un 93% de cenizas (19). El componente mayoritario, el carbonato de calcio (9) corresponde entre un 94% a un 98% de su peso total (20, 21, 22,23)

Este porcentaje de calcio no tiene variación en las diferentes razas de gallinas y su procedencia, ya que brinda al cascarón la cantidad necesaria de calcio para su correcta formación (24).

La cáscara contiene, además, componentes minoritarios como carbonato de magnesio 1%, fosfato de calcio 1%, materia orgánica entre 3,5% y 4% como glicoproteínas y proteoglicanos, fracciones ricas en arginina y glutamina (25). Este biomaterial además contiene boro (B), estroncio (Sr), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), azufre (S), silicio (Si) y Zinc (Zn), los dos primeros elementos sumados al alto porcentaje de calcio (Ca), son fundamentales en la prevención de la osteoporosis (26), a pesar de contener elementos pesados como el plomo (Pb), Aluminio (Al), cadmio (Cd) y mercurio (Hg), pero en valores mínimos permitiendo su uso en suplementos dietarios (15).

El calcio de la cáscara de huevo como fuente de este mineral, supera la absorción del calcio proveniente de rocas y corales; esta biodisponibilidad se debe a que el CaCO_3 se descompone en bicarbonato de calcio, facilitando la absorción del ión calcio en el organismo (26).

También en la cáscara el calcio se fija por la acción de fosfoproteínas ácidas, aunque existen factores que pueden afectar su composición, por ejemplo, la edad, dieta en calcio para la gallina, dieta en fósforo, consumo de vitamina D_3 , magnesio, zinc, calor, agua, estrés y el sitio de crianza (9, 22, 27, 28, 23). Una sola cáscara de huevo contiene alrededor de 2,0 g de Ca, así entonces la mitad de la cáscara suministraría la cantidad requerida por día para una persona (5).

Aprovechamiento industrial de la cáscara de huevo. La cáscara de huevo como residuo agroindustrial es una alternativa para el desarrollo de nuevos productos y como reemplazo de ingredientes en formulaciones ya existentes. Su aprovechamiento contribuye a disminuir el impacto ambiental que genera este residuo. Ofrece ventajas comparativas su bajo costo, su disponibilidad y su uso entre otros. En la Unión Europea se ha incorporado a la “economía circular”, por ser un material antropogénico. A pesar de las restricciones de su uso debido a su origen animal, algunos países lo están implementando como materia prima de múltiples usos o complemento para el diseño y desarrollo de nuevos productos que reemplacen ingredientes de otras fuentes, debido a su contenido en carbonato de calcio que lo convierte en un residuo con alto potencial (15).

El carbonato de calcio siendo el componente mayoritario de la cáscara de huevo de gallina; requiere, para su obtención, un tratamiento previo a la molienda y al secado, como es el proceso de limpieza y desinfección, para garantizar su calidad microbiológica (29, 30), en algunos casos se pasteriza (31) para eliminar la *Salmonella enteritidis*, en otros casos se somete a tratamiento térmico de cocción por un tiempo de 10 a 15 minutos, o tratamientos escalonados a altas temperaturas que llevan a la obtención de componentes de interés para diferentes industrias (32, 33). Durante el proceso de molturación de la cáscara, su color se compara con el blanco del carbonato de calcio comercial (34, 35).

En este sentido, existen también algunos estudios que han demostrado la utilidad de la cáscara de huevo de gallina aplicada en la industria de alimentos, farmacéutica, cosmética, medicina, química, textil y agropecuaria, entre otras; como suplemento cálcico, alimentos fortificados, nutrición humana, desarrollo de alimentos funcionales, como catalizador en la obtención de lactulosa a partir de la lactosa, tratamiento de osteoporosis, ortopedia, partes dentales, alternativas en desarrollo de medicamentos y cosméticos, aditivo en concentrados para animales, como fuente de aminoácidos libres esenciales y no esenciales, proteasa alcalina, pigmentos para impresión, absorbentes naturales de metales pesados, plastificantes, reticulantes, agentes de refuerzo, biopolímeros, fertilizantes y en el desarrollo de pinturas (21, 28, 36, 37, 38).

Así mismo, estudios recientes muestran la aplicación del CaCO_3 proveniente de la cáscara de huevo como electrodo en condensadores de iones de litio (Li) y de esta manera se almacena energía (39). Además como biopelículas para la elaboración de envases en la industria farmacéutica y alimentaria, al ser combinada con proteína de trigo (40).

Industria Farmacéutica. En esta industria, el carbonato de calcio proveniente de la cáscara de huevo, es empleado como excipiente farmacéutico, principalmente diluyente en formas de dosificación sólidas, también como reemplazo de bicarbonato de sodio en tabletas efervescentes, presentando mejor capacidad de flujo en el granulado, disminuyendo el ángulo de reposo y mejorando el índice de compresibilidad respecto a la formulación estándar (41), además es considerado la base para preparaciones medicinales, dentales y como ayudante para el taponamiento en soluciones acuosas; empleado a su vez en la biosíntesis de fosfato de calcio y por tanto, es una fuente eficiente de este mineral, siendo aprovechado en procesos de bioingeniería (23,27,42).

Dicho de otra manera, la cáscara de huevo en polvo, es fuente natural de calcio, y se mezcla con vitamina D_3 , magnesio (Mg), vitaminas K_1 , K_2 , estroncio (Sr), boro (B), en suplemento nutricional para pacientes con osteoporosis, reportando un aumento en la densidad ósea en tratamientos superiores a un año, al ser comparado con la absorción de calcio obtenido de otras fuentes (26,28).

Así mismo, se han desarrollado otras patentes como coadyuvante en comprimidos y productos antiácidos (43).

Industria cosmética. En esta industria se aprovecha principalmente, la membrana interna, que hace parte de la estructura de la cáscara, siendo el colágeno su componente mayoritario. El colágeno es una proteína fibrilar y por su insolubilidad se clasifica como una escleroproteína. Los aminoácidos mayoritarios en su composición son la prolina y la hidroxiprolina, la forma estructural es una triple hélice que le aporta resistencia, por lo tanto, conforma estructuras de soporte en el cuerpo como piel, huesos, tendones, músculos, cartílagos y órganos internos; aportando también integralidad a la estructura de la piel.

Esta composición en colágeno y otras proteínas ha llevado al desarrollo de patentes para su separación; esta alta insolubilidad y su composición fibrosa, en mayor parte aportada por el colágeno entrecruzado con elastina y queratina, además de múltiples enlaces disulfuros (S-S), que forman parte del entramado, hacen necesario someterla a hidrólisis ácida, alcalina o enzimática; encontrándose este último método como el más eficiente, ya que en los dos primeros se destruyen algunos compuestos de interés (42,44,45).

Por otra parte, vemos como en la membrana también se encuentra el ácido hialurónico (HA), perteneciente a la familia de los glicosaminoglicanos, el HA es un polisacárido lineal con disacáridos, ácido D-glucurónico y N-acetil-d-glucosamina, ubicado en la matriz extracelular. Presenta una alta polaridad, siendo un reservorio importante de agua en la dermis; lo que aporta elasticidad al tejido intracelular y participa en la fibrogénesis (28), es decir, que ambos componentes le confieren integralidad a la estructura de la piel (46).

Un claro ejemplo de lo anterior es lo reportado por los inventores de la patente "Therapeutic, nutraceutical and cosmetic applications foreggshell membrane and processed eggshell membrane preparations", como Long, Adams, DeVore y Franklin en el 2004, donde se compara el contenido de HA con otros tejidos, ver Tabla 1. (47).

Tabla 1. Concentración de ácido hialurónico (HA).

Hyaluronic acid (HA) concentration (percent by wet weight)	
Source	HA content
Vitreous Humor	0.002%
Adult Skin	0.03-0.09%
Synovial Fluid	0.14-0.36%
Umbilical Cond	0.3%
Rooster Comb	0.75%
Eggshell	5-10% by ELISA
Membrane	assay

Fuente: (47)

En otra patente se obtuvo amiloglicanos a partir de la cáscara de huevo para ser utilizados en la preparación de una base de emulsión antiarrugas, humectante y suavizante, mostrando que al aprovechar dicho residuo genera productos a bajo costo, de fácil obtención y estabilización, además la proteína de esta fuente natural no es antigénica (30).

Al mismo tiempo, se han patentado otras formulaciones cosméticas, entre ellas, cremas y soluciones para el cuidado personal, productos exfoliantes, donde mezclan el polvo obtenido de la cáscara de huevo, a una concentración de al menos 50%, en solución acuosa, con adición de surfactantes aniónicos, no iónicos y emolientes (43) y cremas dentales que presentan mayor seguridad, frente a otros ingredientes empleados en las formulaciones típica (43,28).

Conviene subrayar que, la abrasividad que aporta el carbonato de calcio en forma cristalina, proveniente de la cáscara de huevo, ha sido aprovechado porque además de que no contiene sustancias tóxicas, tiene una alta capacidad de limpieza, otorgada por su estructura porosa y dura, aprovechable en productos para la aplicación sobre la piel, dando como resultado una eficaz respuesta en la remoción de células muertas, y esta aumenta con el uso del producto, proporcionando beneficios únicos que difícilmente se obtendrían con el empleo de otros productos similares (28).

Industria química. Con respecto a esta industria un ejemplo de aprovechamiento es el reemplazo del polipropileno, derivado de la petroquímica, que es utilizado como material abrasivo presentando alta toxicidad para los cuerpos acuáticos, por cáscara triturada de huevo de gallina, como alternativa a esta materia prima. También el polvo de cáscara se puede utilizar en la industria del papel como revestimiento de pigmentos para papel de impresión de inyección de tinta. En la aplicación de productos de desechos naturales para resolver este problema ambiental es una estrategia especialmente prometedora, donde varios estudios han demostrado que las membranas de la cáscara del huevo se unen a iones metálicos y otras moléculas cargadas positivamente (quizás debido al contenido de ovotransferrina inmovilizada). Por tanto, el desecho de cáscara de huevo molido se puede utilizar como un adsorbente de bajo costo para la eliminación de tintes aniónicos o metales pesados de la solución acuosa (28).

Otras investigaciones muestran como la cáscara de huevo ha sido utilizada como material de relleno en la producción de plásticos biodegradables, específicamente el poliláctico (PLA), mostrando buena resistencia (48).

Industria alimentaria. En cuanto a esta industria la cáscara de huevo es empleada como aditivo, suplementación de calcio en forma de sales, aumentando su absorción y digestibilidad, contribuyendo al desarrollo de alimentos funcionales (22, 49, 50, 51). La presentación más común es en polvo, cuyas siglas en ingles es CESP- Chicken Eggshell Powder, y dependiendo del color de la cáscara varía su composición, ver Tabla 2.

El polvo es utilizado como suplemento dietario de calcio para el ser humano. Algunos estudios demuestran que la cáscara de huevo completa contiene $2,07 \pm 0,18$ gramos de calcio, por tanto, la mitad supliría el requerimiento diario de este mineral en la dieta de un adulto (5). Siendo considerado de excelente calidad, fácil obtención y con un bajo costo; estos atributos han llevado al desarrollo de nuevos productos, incorporándolas en sus formulaciones como fuente de calcio, por ejemplo, galletas de chocolate con adición de CESP al 3%, 6% y 9%. En dicho estudio los mejores resultados de las formulaciones fue la correspondiente a la del 6%, que presentó mejores características fisicoquímicos, sensoriales y de textura (6).

Tabla 2. Composición nutricional del polvo de cáscara de huevo blanco y rojo.

	White eggshell powder	Brown eggshell powder
Moisture (%)	0.46	0.20
Protein (%)	3.92	5.04
Ash (%)	94.61	94.28
Fat (%)	0.35	0.08
Calcium (%)	34.12	33.13
Magnesium (%)	0.29	0.36
Phosphorous (%)	0.04	0.07
Potassium (%)	0.03	0.04
Sodium (%)	0.05	0.04
Copper (ppm)	<1ppm	<1ppm
Iron (ppm)	22ppm	<1ppm
Manganese (ppm)	<1ppm	<1ppm
Zinc (ppm)	<1ppm	<1ppm

Fuente: (19)

Además, otras formulaciones enriquecidas con la cáscara de huevo en polvo, ha sido en la elaboración de pastas alimenticias, incorporado en un porcentaje del 5% a una pasta al huevo, obteniéndose como resultado un aumento del calcio de 0,035% a 9,06%; porcentaje reportado por INCAP (2007-Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Guatemala) (38). Otro estudio lo incorporó en una formulación para panes, al mezclarlo con la harina de trigo y al revisar el contenido del calcio en la formulación respecto a un blanco, su aumento fue de 33,74 mg/100, a 1250,83 mg/100 (50, 56).

En un estudio de una masa panaria, fue reemplazada la harina de trigo en un 5% por cáscara de huevo en polvo, con el fin de aumentar el calcio en el pan, obteniéndose resultados favorables en aportes nutricionales y sensoriales (52,53,56). Se compararon dos formulaciones de panes para celíacos, respecto a la acción leudante de la levadura deshidratada, empleando como sal precursora el carbonato de calcio proveniente de la cáscara de huevo, con el fin de generar anhídrido carbónico en la masa y el ácido cítrico como acidulante, añadido en proporciones estequiométricas respecto de la sal; los procesos de amasado y fermentación fueron similares entre las formulaciones donde se utilizó levadura y leudante (54,56).

Por otro lado, en productos lácteos se enriqueció la leche con calcio proveniente de la adición de cáscara de huevo molida, previamente lavada y desinfectada garantizando así su asepsia, lo que incrementó el contenido de calcio en leche entera sin desnatar al grado que un adulto requiera consumir solo de 500 a 700 mL de leche en vez de 1 a 1,25 L, aproximadamente por día, con el fin de lograr el consumo de calcio requerido, además se reportó que esta adición mejora la absorción de calcio y la retención de la fracción del mismo mineral total (55). Otros productos lácteos como el yogurt han sido enriquecidos con 0.3% de cáscara de huevo en nanoesferas, incrementando de esta manera la biodisponibilidad del Ca a nivel intestinal, debido a la acidificación que se presenta durante el proceso de fermentación del producto (25).

Una investigación muestra cómo se obtuvo el calcio de manera casera, al tratar las cáscaras de huevo de gallina con diferentes vinagres. Incorporándolos luego en alimentos tales como pizza, empanadas de carne, pan y espaguetis. Dichas preparaciones fueron sometidas a panel sensorial dando como resultado cambios en la textura de acuerdo al tamaño de partícula del polvo de la cáscara más no en el sabor; además el aporte en calcio fue analizado y estudiado para determinar si la absorción fue positiva con respecto al carbonato de calcio; estos análisis permitieron concluir que el calcio proveniente de la cáscara de huevo tiene la misma capacidad de absorción que el de otras fuentes. Permitiendo así la fortificación de alimentos con Ca de fuentes naturales mucho más económicas (5).

En conclusión, la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*); según la revisión realizada se evidencia el interés mostrado por diferentes industrias y la academia para desarrollar investigaciones tendientes a diversificar y reconocer el potencial que como materia prima representa dicho bioresiduo.

A pesar de los numerosos estudios realizados para su aprovechamiento, estos son insuficientes frente a la gran cantidad del residuo generado por año a nivel mundial, sumado al alto costo para su manejo y eliminación.

Comprobándose que a pesar de ser de origen animal y de las restricciones de su uso en diferentes países, se tiene que es una fuente de baja toxicidad química y ausente de microorganismo patógenos, al ser sometida a tratamiento apropiados que garanticen su inocuidad.

Su uso como materia prima multifacética permitirá el desarrollo de nuevos emprendimientos o el mejoramiento de los existentes, obteniendo productos de alto valor agregado y a bajo costo; solucionando un problema de contaminación ambiental existente; proponiendo el desarrollo, diseño e innovación de ingredientes funcionales en la industria cosmética, farmacéutica y alimentaria, reemplazantes de ingredientes químicos o naturales que representan riesgos para la salud, como también la propuesta del desarrollo de empaques biodegradables.

Conflicto de intereses

Manifestamos no tener conflictos de intereses.

Financiación

La fuente de financiación fue a través de recursos propios.

REFERENCIAS

1. Valencia N. La gallina criolla colombiana. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Palmira, Colombia: UNIMEDIOS; 2011. <http://bdigital.unal.edu.co/3412/1/9789588095561.pdf>
2. Montes VD, de la Ossa VJ, Hernández HD. Caracterización morfológica de la gallina criolla de traspatio de la subregión Sabana departamento de Sucre (Colombia). Rev MVZ Cordoba. 2019; 24(2):7218-7224. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1646>
3. Tovar JL, Narváez-Solarte W, Takahashi SE. Bases para la conservación del *Gallus gallus domesticus* (Phasianidae) colombiano en el Departamento de Caldas. Bol Cient Mus Hist Nat. 2014; 18(1):112-122. [http://190.15.17.25/boletincientifico/downloads/Boletin\(18\)1_7.pdf](http://190.15.17.25/boletincientifico/downloads/Boletin(18)1_7.pdf)
4. Mariaca R. El conocimiento de la gallina (*Gallus gallus domesticus*) entre los Tseltales y Tsotsiles de los Altos de Chiapas, México Etnobiología. 2013; 11(1):29-43. <https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/50/54>
5. Brun LR, Lupo M, Delorenzi DA, Di Loreto VE, Rigalli A. Chicken eggshell as suitable calcium source at home. Int J Food Sci Nutr 2013; 64(6):740-43. <https://doi.org/10.3109/09637486.2013.787399>
6. Falgueras I. El huevo o la gallina. Rev Int Fil. 2002; 7:69-79. <https://revistas.uma.es/index.php/contrastes/article/view/1641/1587>

7. Soler R, Bueso J. Análisis de las alteraciones de la cáscara del huevo de gallina. *Nereis*; 2018; 10:137-47. <https://revistas.ucv.es/index.php/Nereis/article/download/388/344?inline=1>
8. Fernández E, Litz F. The eggshell and its commercial and production importance. En: Patricia Y. Hester. *Egg Innovations and strategies for improvements*. United States: Department of Animal Sciences Purdue University, West Lafayette. 2017: 261-270. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00025-1>
9. Hinckel MT, Nyes Y, Gautron J, Mann K, Rodríguez-Navarro AB, Mckee MD. The eggshell: structure, composition and mineralization. *Front Biosci*. 2012; 17(1):1266-1280. <http://www.bioscience.org/2012/v17/af/3985/list.htm>
10. Wellman O, Picman J, Hinke M. Antimicrobial activity of cuticle and outer eggshell protein extracts from three species of domestic birds. *Br Poult Sci*. 2008; 49(2):133-43. <https://doi.org/10.1080/00071660802001722>
11. Valdés-Figueroa J, Valdés EJ, Valdés MA. La cáscara de huevo: ¿desecho o valor agregado para la salud humana y la producción avícola? Una experiencia cubana. En: Seminario Internacional sobre nutrición del huevo. *Rev Cubana de Aliment Nutr*. 2009; 19(1):S84-S102. <http://revalnutricion.sld.cu/index.php/rcan/article/view/848>
12. Neunzehn J, Szwart T, Wiesmann HP. Eggshells as natural calcium carbonate source in combination with hyaluronan as beneficial additives for bone graft materials, an in vitro study. *Head Face Med*. 2015; 11:12. <https://doi.org/10.1186/s13005-015-0070-0>
13. Sikorski ZE. *Chemical and functional properties of food components*. 2nd ed. United States of America: CRC, Press LLC.
14. García T. *Extracción y aplicaciones alimentarias de membranas de cáscaras de huevo* [Tesis M.Sc]. Universidad de Oviedo: Oviedo, España; 2015. http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/32400/3/TFM_TaniaGarciaCampos.pdf
15. Quina M, Soares M, Quinta R. Applications of industrial eggshell as a valuable anthropogenic resource. *Resour Conserv Recycl*; 2017; 123:176-86. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344916302750>
16. Hunton P. Research on eggshell structure and quality. *Rev Bras Cienc Avic*. 2005; 7(2):67-71. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2005000200001>
17. Xiuhua T, Jinjun W, Guangyin Z, Yongqiang N, Tongzu Z. Observation on ultra-micro structure of eggshell and analysis of composition of eggshell and feather in great bustard. *J For Res*. 1998; 9(2):87-90. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02864991>
18. Wilson PW, Suther CS, Bain MM, et al. Understanding avian egg cuticle formation in the oviduct: a study of its origin and deposition. *Biology of Reproduction*. 2017; 97(1):39-49. <https://doi.org/10.1093/biolre/iox070>
19. Ray S, Marman AK, Roy PK, Singh BK. Chicken eggshell powder as dietary calcium source in chocolate cakes. *Pharm Innov J*. 2017; 6(9). <http://www.thepharmajournal.com/archives/2017/vol6issue9/PartA/6-8-59-601.pdf>
20. Vera J, Hidalgo G. Efecto de diferentes niveles de suministro de carbonato de calcio sobre el peso y grosor de la cáscara del huevo. *Rev Colombiana Cienc Anim Recia*. 2019; 11(2):e719. <https://doi.org/10.24188/recia.v11.n2.2019.719>
21. Rahman MM, Netravali AN, Timob BJ, Rangari VK. Bioderived "green" composite from soy protein and eggshell nanopowder. *ACS Sustainable Chem Eng*. 2014; 2(10):2329-2337. <https://doi.org/10.1021/sc5003193>
22. Murakami FS, Rodríguez PO, de Campos CMT, Silva MAS. Physicochemical study of CaCO₃ from egg shells. *Ciênc. Tecnol. Aliment, Campinas*; 2007; 27(3):658-62. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000300035>
23. Cristianne C, Mazwell T. Recent patents on Eggshell: shell and membrane applications. *Recent Patents Food Nutr Agric*. 2011; 3(1):1-8. <https://doi.org/10.2174/2212798411103010001>
24. Ahmed N, Abdel A, Elamin K, Dafalla K, Malik H, Dousa B. Effect of dietary calcium sources on laying hens performance and egg quality. *J Anim Prod Adv*. 2013; 3(7):226-231. <http://dx.doi.org/10.5455/japa.20130718034818>

25. El S, El-Gawad M, Assem FM, El Sayed SM. Assem FM, El-Sayed SM. The use of nano-sized eggshell powder for calcium fortification of cow's and buffalo's milk yogurts. *Acta Sci Pol Technol Aliment*. 2018; 17(1):37-49. <https://doi.org/10.17306/j.afs.0541>
26. Szeleszczuk Ł, Pisklak DM, Kuras M, Wawer I In vitro dissolution of calcium carbonate from the chicken eggshell: A study of calcium bioavailability. *Int J Food Prop*. 2015; 18(12):2791-2799. <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1004587>
27. Dolińska B, Jelińska M, Szulc-Musioł B, Ryszka F. Use of eggshells as a raw material for production of calcium preparations. *Czech J Food Sci*. 2016; 34(4):313-317. <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/191219.pdf>
28. Macharia A. A review of the uses of poultry eggshells and shell membranes. *Int J Scie*. 2011; 10(11):908-912. <https://doi.org/10.3923/IJPS.2011.908.912>
29. Alba NE, Araujo FL. Evaluación de los desinfectantes utilizados en el proceso de limpieza y desinfección del área de fitoterapeúticos en Laboratorios Pronabell Ltda; Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Microbiología Industrial; 2008. <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis232.pdf>
30. Oficina Española de Patentes y Marcas. Proceso para el aislamiento y estabilización de aminoglicanos de bajo peso molecular a partir de cascara de huevo de desecho. (Patente No. ES2378 158 T3); 2006. <https://patentimages.storage.googleapis.com/d6/7e/c0/e62cbcc798fc73/ES2378158T3.pdf>
31. Keemer KM. Shell egg pasteurization. Patricia Y. Hester. Egg Innovations and strategies for improvements. United States: Department of Animal Sciences Purdue University: West Lafayette; 2017: 165-75. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00016-0>
32. Suzuqui FK, Wang PY, Weatherspoon GE. Method of producing eggshell, (Patent No. US 8, 859,010 B2); 2014. <https://patentimages.storage.googleapis.com/82/52/9c/f60e3f72c7683e/US8859010.pdf>
33. Milbradt BG, Müller ALH, da Silva JS, Rodrigues-Lunardi JR, Guiodolin-Milani LI, de Moraes-Flores EM et al. Casca de ovo como fonte de calcio para humanos: composição mineral e análise microbiológica. *Ciência Rural*. 2015; 45(3):560-66. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140532>
34. Brenda L. Fina, Lucas R. Brun & Alfredo Rigalli. Increase of calcium and reduction of lactose concentration in milk by treatment with kefir grains and eggshell. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2016; 67(2):133-140. <https://doi.org/10.3109/09637486.2015.1137888>
35. Tangboriboon N, Kunanuruksapong R, Sirivat A. Preparation and properties of calcium oxide from eggshells via calcination. *Mater Sci*. 2012; 30(4):313-322. <https://doi.org/10.2478/s13536-012-0055-7>
36. Nagamalli H, Sitaraman M, Kandalai KK, Mudhole GR. Chicken egg shell as a potential substrate for production of alkaline protease by *Bacillus altitudinis* GVC11 and its applications. *3 Biotech*; 2017; 7(3):185. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5491432/>
37. Chica A, Garrigas P, Sayas S, Tarazona JV, Rios R, Algarra del Toro M. Obtención de lactulosa por isomerización de lactosa mediante el empleo de catalizadores heterogéneos basados en hidróxidos dobles laminares HDL. (Patente No. ES2537 822 B1); 2008. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/136252/1/ES2537822A1.pdf>
38. Rosas R, O. Gómez N, Tomás E, Hernández A, D. Dorantes J, García B, Vázquez GA. Valorización de cáscaras de huevo como suplemento de calcio en pasta tipo fettuccine. *ICBI*; 2018. <https://doi.org/10.29057/icbi.v5i10.2878>
39. Minakshi M, Visbal H, Mitchell DRG, Fichtner M. Bio-waste chicken eggshells to store energy. *Dalton Trans*. 2018; 47(4):16828-16834. <https://doi.org/10.1039/c8dt03252a>
40. Prabhakar M N, Rehaman Shah AU, Song JI. Fabrication and characterization of eggshell powder particles fused wheat protein isolate green composite for packaging applications. *Polym Compos*. 2016; 37(11):3280-3287. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/pc.23527>
41. Vuong T, Rønning B, Ahmed T, Brathagen K, Høst V, Hincke T, et al. Processed eggshell membrane powder regulates cellular functions and increase MMP-activity important in early wound healing processes. *PLoS ONE*. 2018; 13(8):e0201975. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201975>

42. Long FD, Adams RG, DeVore DP, Franklin MR. Therapeutic, nutraceutical and cosmetic applications for eggshell membrane and processed eggshell membrane preparations. (Patent No. US 2008/0063677 A1); 2008. <https://patentimages.storage.googleapis.com/00/45/6e/715c6a9bcab47d/US20080234195A1.pdf>
43. Brand-Garnys EE. Composition comprising chicken eggshell particles, preparation and use. (Patent No. EP 2 774 655 A1); 2014. <https://patentimages.storage.googleapis.com/d9/7f/9e/23ed65c67f66c7/EP2774655A1.pdf>
44. Cubrero Esquinas N, Monferrer Ballester A, inventores. Método de obtención de un producto cicatrizante y producto cicatrizante obtenido. (Patente No. WO2016/055676 A1); 2014. <https://patentimages.storage.googleapis.com/95/2b/9c/ae073830af1f1c/WO2016055676A1.pdf>
45. La Nuez M, Aguirre A, inventores. Procedimiento y composición de hidrolización de membrana de cáscara de huevo (Patente No. ES 2 633 062 A1); 2019. <https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=WO2019012170>
46. Kupper S, Klosowska-Chomiczewska L, Szumala P. Collagen and hyaluronic acid hydrogel in water-in-oil microemulsion delivery systems. Carbohydr Polym. 2017; 175:347–354. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.010>
47. Long FD, Adams RG, DeVore DP, Franklin MR, inventores. Therapeutic nutraceutical and cosmetic applications for eggshell membrane and processed eggshell membrane preparations. (Patente No. US2008/0234195A1); 2008. <https://patentimages.storage.googleapis.com/00/45/6e/715c6a9bcab47d/US20080234195A1.pdf>
48. Betancourt NG, Cree DE. Mechanical properties of poly (lactic acid) composites reinforced with CaCO₃ eggshell based fillers. Mater Res Soc. 2017 2(47):2545-50. https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/0B4697EAC0896DFC3930D10A96D8A826/S205985211700473Xa.pdf/mechanical_properties_of_poly_lactic_acid_composites_reinforced_with_caco3_eggshell_based_fillers.pdf
49. Hassan N MM. Chicken eggshell powder as dietary calcium source in biscuits. World J Dairy Food Sci. 2015; 10(2):199–206. [https://idosi.org/wjdfs/wjdfs10\(2\)15/14.pdf](https://idosi.org/wjdfs/wjdfs10(2)15/14.pdf)
50. Gómez Ramírez LM, Giraldo Macias JS. Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de carbonato de calcio a partir de la cáscara de huevo como suplemento alimenticio en aves de corral línea carne para empresas productoras de alimentos concentrados para autoconsumo en el departamento de Cundinamarca. Colombia: Universidad Distrital Francisco José De Caldas; 2017. <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5899/1/GomezRamirezLinaMargarita2017.pdf>
51. Pérez G, Guzman J, Duran K, Ramos J & Acha V. Aprovechamiento de las cáscaras de huevo en la fortificación de alimentos. Revista Ciencia, Tecnología e Innovación. 2018; 16-18:29-38. <http://revistas.usfx.bo/index.php/rcti/article/view/139/116>
52. Muhammad K, Said W, Ihsan Q, Muhammad A, Ali M, Zahoor U, Muhammad F, et al. Effect of calcium fortification on whole wheat flour based leavened and unleavened breads by utilizing food industrial wastes. Asian Journal of Chemistry. 2017; 29(2):423-430. <http://dx.doi.org/10.14233/ajchem.2017.20231>
53. Fina L, Brun R, Rigalli A. Increase of calcium and reduction of lactose concentration in milk by treatment with kefir grains and eggshell. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 2016; 67(2):133-140. <http://dx.doi.org/10.3109/09637486.2015.1137888>
54. Waheed M, Butt M, Shehzad A, Adzahan N, Shabbir M, Suleria H, Aadil R. Eggshell calcium: A cheap alternative to expensive supplements. Trends in Food Science & Technology. 2019; 91:219-230. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.021>
55. Schaasfma A, inventor. Milk product enriched with ground eggshell. (Patent No WO 96/15678); 1996. <https://patentimages.storage.googleapis.com/cb/f4/aa/e4184ac76e09b6/WO1996015678A1.pdf>
56. Brun LR, Lupo M, Delorenzi DA, Di Loreto VE, Rigalli A. Chicken eggshell as suitable calcium source at home. Int J Food Sci Nutr. 2013; 64(6):740-743. <http://dx.doi.org/10.3109/09637486.2013.787399>