

Aprovechamiento de las cáscaras de huevo en la fortificación de alimentos

Use of egg shells in food fortification

PÉREZ – Gonzalo^{1*}, GUZMÁN – Jhordana², DURÁN – Kevin³, RAMOS – José⁴ & ACHÁ – Victor⁵

^{1, 3, 4, 5} Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Facultad de Tecnología, Carrera de Ingeniería Química, calle Regimiento Campos 180, Teléfono 591-4-6455152, casilla postal 60, Sucre – Bolivia

² UniLaSalle, Beauvais- France

Recibido Marzo 28, 2018; Aceptado Junio 25, 2018

Resumen

En la ciudad de Sucre y en el resto de Bolivia las cáscaras de huevo de gallina que contienen cantidades importantes de calcio y minerales son botadas indiscriminadamente a la basura. En este estudio se han obtenido micro polvos a partir de cáscaras de huevo, que son productos inocuos y aptos para fortificar alimentos deficientes en calcio. Posteriormente, se ha desarrollado y evaluado un yogurt funcional con estos micro polvos. Se observó que el tamaño de partícula influye en la formación de suero y sedimento, como también en la viscosidad y el pH. Se ha realizado también un análisis sensorial, microbiológico y fisicoquímico del yogurt que ha resultado en un yogurt funcional, libre de microorganismos patógenos y aptos para el consumo humano.

Palabras Clave

Calcio, micro polvos de cáscara de huevo, yogurt fortificado, alimento funcional.

Abstract

In the city of Sucre and in the rest of Bolivia, chicken egg shells containing significant amounts of calcium and minerals are thrown indiscriminately into the garbage. In this research micro powders from egg shells were obtained, which are innocuous products, suitable for fortifying foods which are deficient in calcium. Subsequently, a functional yogurt with these micro powders has been developed and evaluated. It was observed that the particle size influences the formation of serum and sediment as well as the viscosity and pH. A sensorial, microbiological and physicochemical analysis of the yogurt has also been carried out, resulting in a functional yogurt, free from pathogenic microorganisms and suitable for human consumption.

Keywords

Calcium, chicken egg shells micro powder, fortified yogurt, functional food.

Citación: 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

Introducción

El calcio es un mineral indispensable para varios procesos del organismo como la formación de los huesos, dientes, contracción muscular y funcionamiento del sistema nervioso, también ayuda en la coagulación de sangre y en la actividad de algunas enzimas (Gonzales, 2017). El calcio además cumple otras funciones, como el control de la presión arterial, riesgo disminuido de presentar pólipos en la membrana mucosa en el colon, posee una asociación positiva entre la ingesta de calcio y el gasto energético en reposo y negativa con la grasa corporal (Suárez, Villares, & Pediatría, 2012). Recientes estudios indican también que la ingesta de calcio se correlaciona negativamente con el índice de masa corporal (IMC), circunferencia de cintura y circunferencia de cadera, evitando el desarrollo del sobrepeso y la obesidad (Burbano, Pamela Fajardo Vanegas, & Estévez, 2015).

El consumo en niveles bajos de calcio debilita los huesos y dientes. En el caso de niños, el crecimiento se atrasa y la forma de los huesos se ve afectada por que éstos se vuelven más blandos. En personas adultas, sobretodo en mujeres, el consumo de calcio es importante para evitar que los huesos se vuelvan porosos y quebradizos (Gonzales, 2017). La cantidad diaria de calcio requerida en niños de 1 a 13 años varía de 700 a 1300 mg, en adolescentes 1300 mg, en adultos, personas de la tercera edad entre 1000 y 1200 mg y mujeres embarazadas y en periodo de lactancia entre 100 y 1300 mg (National Institutes of Health, 2016).

Por otra parte, la cáscara de huevo es una biocerámica compuesta de una fase orgánica y otra inorgánica. Compuesta por 1,6% de agua, 95,1 % de minerales, de los cuales 93,6% corresponden a carbonato de calcio en forma de calcita, 0,8% de carbonato de magnesio y 0,73% de fosfato tricálcico, y finalmente 3,3% de materia orgánica (Fernández & Arias, 2000).

La cáscara de huevo se constituye en una alternativa para convertirse en la materia prima para la obtención de calcio; beneficiando así, a la población boliviana con déficit de éste mineral. En Bolivia, las cáscaras son desechadas y no se obtiene un valor agregado del mismo, desperdiciando sus efectos positivos en la salud humana. Debido a la falta de un alimento con la cantidad necesaria de calcio que cumpla con los requisitos mínimos indispensables para el correcto funcionamiento del organismo, es una necesidad implementar un alimento de consumo diario, fortificado con éste mineral. Por lo que se ha obtenido un alimento funcional definido como: “Cualquier alimento o ingrediente que proporcione un beneficio para la salud superior al que aportan los nutrientes tradicionales que contenga” (Cortés, Chiralt, & Puente). Las cáscaras de huevo poseen un alto contenido de calcio, sin embargo estas son desechadas. Éstas pueden ser transformadas a micropolvos y ser una alternativa para incrementar el contenido de éste mineral en los alimentos, por ejemplo en el yogurt.

El objetivo principal de este estudio es el de presentar los resultados de la obtención de un yogurt funcional, fortificado con micropolvos de cáscara de huevo.

Agradecimientos

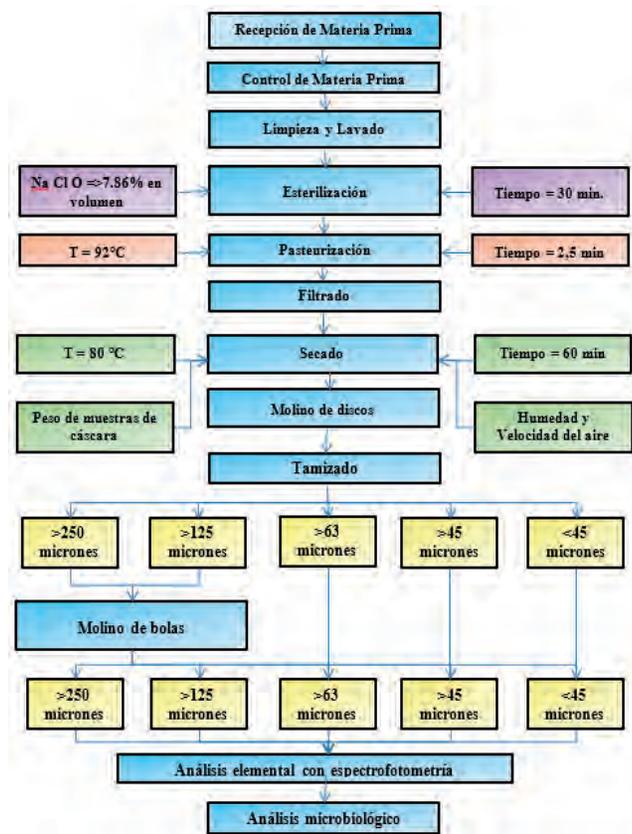
El presente trabajo fue realizado con la colaboración del Instituto Tecnológico de Alimentos (ITA) y la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca (Sucre, Bolivia).

Materiales y métodos

Obtención de micropolvos

Para la obtención de micropolvos se ha seguido el diagrama de bloques que se presenta en la Figura 1. Donde se han utilizado un molino de discos y un molino de bolas, secador de bandejas marca Mareno, un juego de tamices a escala micrométrica, balanza, refractómetro, termómetros, equipo multiparámetro marca Delta para humedad y velocidad del aire.

Figura 1: Diagrama de bloques para la obtención de micropolvos de cáscaras de huevo



Elaboración de Yogurt

Se utilizó 500 ml de leche producida por PIL Chuquisaca a la que se añadió 50 g de azúcar y luego se pasteurizó a 80°C por un tiempo de 2,5 min, posteriormente se enfrió hasta 45°C para realizar la inoculación con bacterias lácticas seguidamente se realizó la fermentación durante 6 horas a 45 °C. La adición de micropolvos se realizó antes de la inoculación y después de la fermentación, obteniéndose dos tipos de yogurt.

Se realizaron pruebas con 500 ml de leche pasteurizada, a las que se le añadieron diferentes cantidades de micropolvos con un tamaño de partícula de 45 a 63 μm en cantidades de 0.77, 1.54, 2.31 g (Mohammad, Kyung-Hoon, & Hae-Soo, 2014) y se dejaron tres muestras sin adición, el tiempo de incubación fue de 5 horas a una temperatura de 45°C utilizando un baño María marca Selecta.

Una vez obtenido el yogurt se adicionaron las mismas cantidades de micropolvos, llegándose a obtener 6 muestras. El mismo procedimiento se repitió para un tamaño de partícula menor a 45 μm .

Evaluación sensorial

Para garantizar el grado de aceptación del yogurt funcional, se planificó un diseño experimental de bloques al azar para 7 muestras de yogurt. En el análisis sensorial se calificaron el sabor, olor, textura y apariencia. Utilizándose una escala edónica de 1 a 5 (Ver tabla 1) y 20 panelistas no entrenados, consumidores habituales de yogurt.

Tabla 1: Escala edónica de análisis sensorial de yogurt funcional resultante de la adición de micropolvos de cáscaras de huevo

Valor	Muestra grado de Aceptabilidad
5	Me gusta mucho
4	Me gusta moderadamente
3	No me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

Fuente: (Saltos, 2010)

Resultados y discusión

Micropolvos de cáscara de huevo

a) Análisis de tamaño de partícula de los micropolvos

Los porcentajes de tamaño de micropolvos que se han obtenido se muestran en la Tabla 2. Se ha obtenido un porcentaje de pérdida de 1.69% respecto al peso inicial de micropolvos.

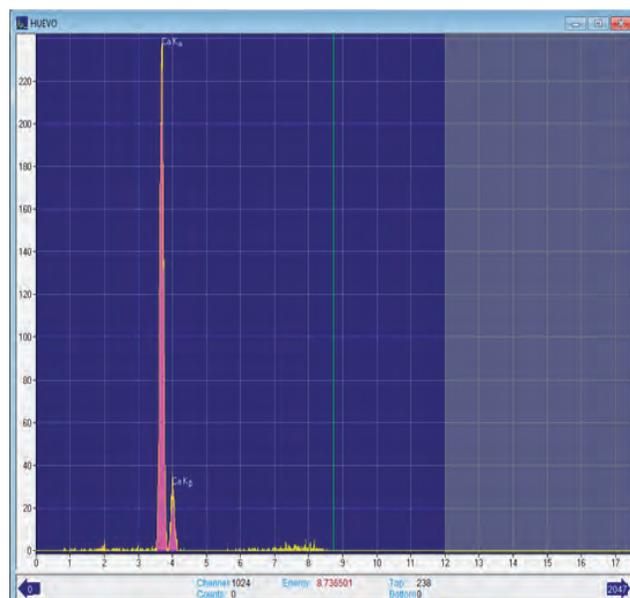
Tabla 2: Análisis de tamaño de partícula de micropolvos de cáscaras de huevo

Peso cáscaras secas	757.74 g	
Peso inicial micropolvo de cáscaras	680.13 g	
Peso partículas > 250 μM	29.613 g (4,4%)	
Peso partículas < 250 μM	233.772 g (35,0%)	
Peso partículas < 125 μM	189.995 g (28,4%)	
Peso partículas < 63 μM	111.981 g (16,7%)	
Peso partículas < 45 μM	103.261 g (15,4%)	
Peso final micropolvo de cáscaras tamizadas	668.622 g	

b) Espectrofotometría de fluorescencia de las cáscara de huevo

Una vez obtenidos los micropolvos se realizó el análisis elemental utilizando el espectrofotómetro de fluorescencia marca Elvax, industria Ucraniana. Obteniendo así los reportes del contenido de minerales de las muestras analizadas. Estos reportes muestran la gran cantidad de calcio contenida en la muestra de micropolvos de cáscara de huevo. Para comprobar la veracidad de los resultados se repitieron 3 veces los análisis realizados obteniendo un valor de coeficiente de variación menor a 5%.

Figura 2: Análisis elemental de micropolvos de cáscaras de huevo mediante espectrofotometría de fluorescencia que evidencia un contenido considerable de Ca.



Fuente: Resultados reportados con el espectrofotómetro de fluorescencia Elvax.

Los resultados en función al tamaño de partícula se reflejan en la tabla 3.

Tabla 3: Concentración de calcio en micropolvos determinados por espectrofotometría de fluorescencia

Tamaño de partícula (micrómetros)	Concentración de Calcio (%)	Coefficiente de variación (%)
< 45	70.5650	0.45
< 63	70.7059	0.38
< 125	70.7862	0.19
< 250	70.8881	0.52
> 250	70.4556	0.55
Tabletas de Calcio comerciales	70.5743	0.03

Fuente: Las concentraciones de calcio fueron reportadas con espectrofotómetro de fluorescencia marca Elvax,

No existe diferencia de concentración de calcio en los diferentes tamaños de partículas, pero las partículas de menor tamaño tienen mayor solubilidad en líquidos. El contenido de calcio de los micropolvos de cáscara de huevo tiene la misma cantidad de calcio que las tabletas de calcio disponibles en farmacias.

c) Análisis microbiológico y fisicoquímico de micropolvos de cáscara

Los análisis se realizaron en el laboratorio certificado Instituto de Tecnología de Alimentos (ITA), Sucre.

Tabla 4: Análisis microbiológico de micropolvos de cascaras de huevo

Parámetros	Unidades	Resultados	Referencias		Principio
			Mínimo	Máximo	
Salmonella	En 50g	Ausencia	Ausencia	---	Detección en placa

Tabla 5: Análisis fisicoquímico de micropolvos de cascaras de huevo

Parámetros	Unidades	Resultados	Referencias		Principio
			Mínimo	Máximo	
Humedad	g/100g	0.64	---	---	Gravimétrico
Cenizas	g/100g	94.5	---	---	Gravimétrico
Calcio	g/100g	36.7	---	---	Espectro AA
Magnesio	mg/100g	388	---	---	Espectro AA
Fósforo	mg/100g	99.8	---	---	Espectro UV/VIS

Fuente: Instituto Tecnológico de Alimentos (ITA).

Yogurt funcional con micropolvos de cáscara de huevo

a) pH

Los cambios en el pH de los yogures fortificados con diferentes cantidades de micropolvos de calcio en diferentes momentos de adición de los mismos se presentan en las Figuras 3 y 4.

Figura 3: pH en función del tiempo. Adición de micropolvos de cáscaras de huevo antes de la incubación de yogurt

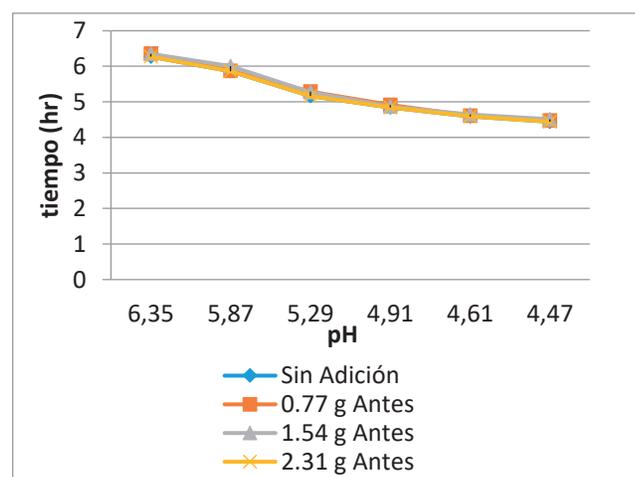
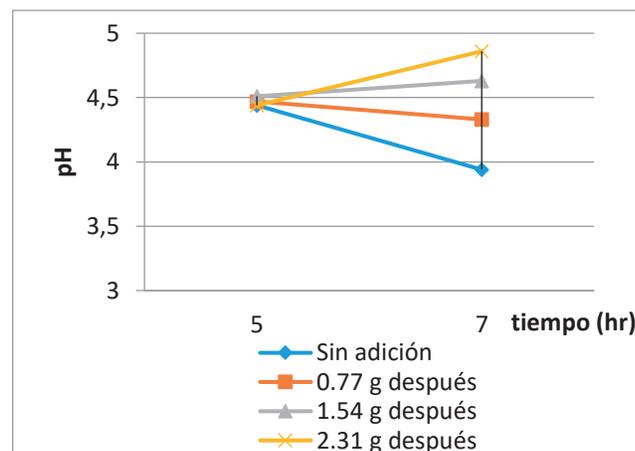


Figura 4: pH en función del tiempo. Adición de micropolvos de cáscaras de huevo después de la incubación de yogurt



En las Figuras 3 y 4 se puede observar que la cantidad de micropolvos y el pH aumentan proporcionalmente sin importar el momento de adición de los micropolvos. Los resultados del presente estudio están de acuerdo con los resultados de Al Mijain, Choi y Kwak (Al Mijain, Choi, & Kwak, 2014).

b) Contenido de calcio del yogurt

Utilizando el espectrofotómetro portátil marca Elvax se analizó el contenido de calcio para micropolvos de tamaño menor a 45 μm (Tabla 6). Se realizaron 3 réplicas para verificar que el coeficiente de variación sea menor al 5%, y que los resultados sean confiables.

Tabla 6: Contenido de calcio en el yogurt fortificado con micropolvos de cáscaras de huevo <0.45 μm

Cantidad de micropolvos adicionados (g/500ml)	Media de contenido de calcio		Coeficiente de variación (%)
	Ca (g/1000mg) Adicionado antes de incubación	Ca (g/1000mg) Adicionado después de incubación	
0	34	34	2.94
0.77	74	79	0.43
1.54	111	124	3.22
2.31	176	234	2.71

Fuente: Las concentraciones de calcio fueron reportadas con espectrofotómetro de fluorescencia marca Elvax, industria Ucraniana.

En estos resultados se observa que a mayor cantidad de micropolvos adicionado, mayor es la cantidad de calcio disponible. El contenido de calcio en el yogurt es más alto cuando la adición se la realiza después de la incubación debido a la sedimentación de micropolvos. La cantidad de calcio fortificado con micropolvos supera la cantidad de calcio disponible en yogures fortificados con calcio disponibles en el mercado los cuales contienen un promedio de 68mg/1000g.

c) Apariencia

Cuando los micropolvos son adicionados antes de la incubación dan lugar a la formación de sedimento siendo proporcional a la cantidad adicionada, tal como se observa en la tabla 7. Si los micropolvos se adicionan después de la incubación la formación de sedimento es mínima.

d) Viscosidad

Para determinar la viscosidad se utilizó un viscosímetro marca Brookfield modelo PVS Rheometer. El efecto de la adición de micropolvos de calcio sobre la viscosidad del yogurt se muestra en la Tabla 8. Observándose que las viscosidades del yogurt disminuyen con la adición de micropolvos, sin importar el momento en el que fueron añadidos los mismos.

Las pruebas se realizaron en un rango de temperatura de 6 a 8 °C a una velocidad de 35 revoluciones por minuto. La viscosidad de yogures comerciales fortificados con calcio es de 495.21 cp, la diferencia se debe al uso de aditivos.

Tabla 7: Apariencia de yogurt fortificado después de la adición de micropolvos de cáscara de huevo

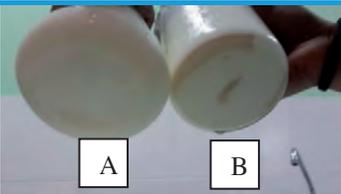
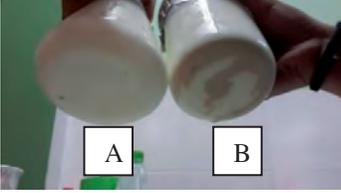
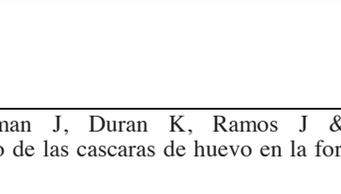
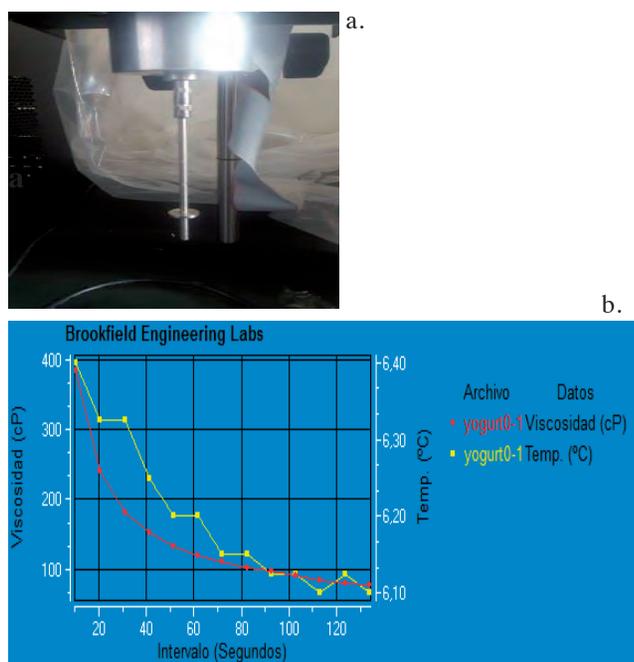
Cantidad de micropolvos (g)	(A) Adición Después/(B)Antes de incubación	
0.77		
1.54		
2.31		

Tabla 8: Efecto de la adición de micropolvos sobre la viscosidad de yogurt

Cantidad de micropolvos adicionados (g)	Media de la Viscosidad		Coeficiente de variación (%)
	Antes de la incubación (cp)	Después de la incubación (cp)	
0	201.95	201.95	3.10
0.77	53.26	96.77	2.40
1.54	50.56	171.16	1.51
2.31	46.59	150.84	3.43

Fuente: La viscosidad fue medida con el viscosímetro marca Brookfield modelo PVS Rheometer.

Figura 5: a. Sensor de Viscosidad. b. Viscosidad (cP) de yogurt en función de tiempo después de la adición de micropolvos de cáscara de huevo



e) Textura

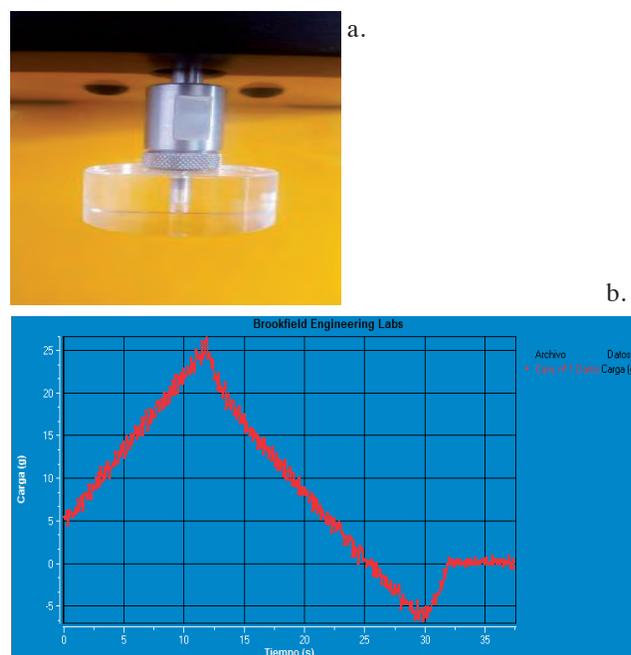
Para el análisis de textura se utilizó un texturímetro marca Brookfield modelo CT3-1500. El tipo de test que se utilizó fue el de compresión. Los resultados reflejan la máxima presión soportada a 12 mm de distancia (Tabla 9). Se repitió 3 veces cada prueba para evaluar el coeficiente de variación y la confiabilidad del equipo.

Tabla 9: Textura de yogurt después de la adición de micropolvos de cáscara de huevo

Cantidad de micropolvos adicionados (g)	Media de carga soportada (g)	Coeficiente de variación (%)
0	25.9	0.98
0.77	25.2	0.16
1.54	25.1	0.69
2.31	25.2	0.47

Las pruebas reflejan que la máxima carga soportada en gramos es similar en todos los yogures sin importar la cantidad de adición de micropolvos. Sin embargo, la carga soportada por el yogurt de distribución comercial es mayor, alcanzando un promedio de 34,2 g, esto debido a la presencia de aditivos.

Figura 6: a. Sensor de textura. b. Carga (g) vs Tiempo (s) soportada por los yogures luego de la adición de micropolvos de cáscara de huevo



Fuente: Resultados reportados por el texturímetro marca Brookfield modelo CT3-1500

f) Análisis microbiológico

Se analizaron dos tipos de muestras, sin adición de micropolvos y con adición de micropolvos. Los resultados en ambas muestras son exactamente iguales y se muestran en la Tabla 10.

Los resultados garantizan la obtención de un alimento inocuo, libre de microorganismos patógenos, apto para el consumo humano.

Tabla 10: Análisis microbiológico de yogurt sin y con adición de micropolvos cáscaras de huevo.

Parámetros	Unidades	Resultados	Referencias		Principio
			Mínimo	Máximo	
Coliformes totales	UFC/g	<1.0X10 ⁴	10	100	Recuento en placa
Escherichia Coli	UFC/g	<1.0X10 ⁴	<1	---	Recuento en placa
Mohos y Levaduras	UFC/g	<1.0X10 ⁴	200	500	Recuento en placa

Fuente: Instituto Tecnológico de Alimentos (ITA).

g) Análisis fisicoquímico

Se realizaron dos ensayos fisicoquímicos, en una muestra de yogurt sin adición de micropolvos y en un yogurt fortificado con micropolvos de cáscaras de huevo. Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 11: Análisis fisicoquímico de yogurt funcional con y sin adición de micropolvos de cáscaras de huevo

Parámetros	Unidades	Referencias		Principio	Resultados Yogurt sin adición	Resultados Yogurt con adición
		Mínimo	Máximo			
pH	---	---	---	Potenciómetro	4.45	4.97
Acidez como ácido láctico	g/100g	0.60	1.50	Volumétrico	0.65	0.56
Sólidos totales	g/100g	---	---	Gravimétrico	21.4	21.6
Cenizas	g/100g	---	---	Gravimétrico	0.68	0.92
Materia grasa	g/100g	2.50	---	Gerber	3.30	3.20
Proteínas (N*6,38)	g/100g	2.70	---	Volumétrico	2.65	2.79
Carbohidratos	g/100g	---	---	Por diferencia	14.8	14.6
Valor energético	kcal/100g	---	---	Cálculo	99.5	98.5
Calcio	mg/100g	---	---	Espectro AA	118	232

Fuente: Instituto Tecnológico de Alimentos (ITA).

Los valores presentados nos permiten observar que con la adición de micropolvos la acidez disminuye y por lo tanto el pH aumenta, el contenido de ceniza aumenta por la presencia de materia inorgánica. Mientras, los sólidos totales, materia grasa, carbohidratos y el valor energético permanecen prácticamente constantes.

Con la adición de micropolvos se aumenta la cantidad de proteína y casi se duplica el contenido de calcio.

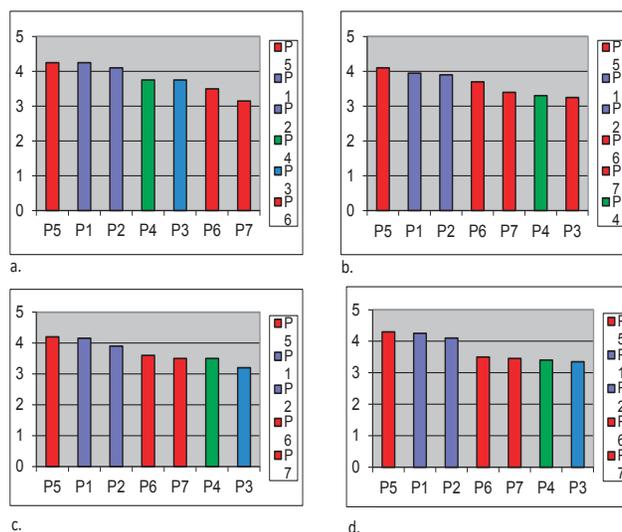
h) Evaluación sensorial

Una vez realizado el análisis sensorial para los 7 tipos de yogurt (Tabla 7) y realizada la calificación para los atributos de sabor, olor, textura y apariencia se observa que la cantidad de micropolvos adicionados es el más influyente en estos atributos, para la adición de 0.77 g/500ml corresponde una puntuación de 4 (me gusta), aceptación similar a la del yogurt sin adición de micropolvos. Lo que se puede observar en la figura 7.

Tabla 12. Tipos de yogurt sometidos al análisis sensorial

Tipo de Yogurt	Adición de micropolvos (g/500ml)	Etapas de adición
P1	0	Sin adición
P2	0,77	Después de incubación
P3	1,54	Después de incubación
P4	2,31	Después de incubación
P5	0,77	Antes de incubación
P6	1,54	Antes de incubación
P7	2,31	Antes de incubación

Figura 7. Análisis sensorial del yogurt funcional con adición de micropolvos de cascara de huevo. a. Sabor. b. Olor. c. Textura. d. Apariencia.



Los resultados del análisis de varianza para los atributos calificados indican que existe una diferencia significativa entre las 7 muestras de yogurt y también entre los panelistas y el valor del coeficiente de variación garantiza la confiabilidad de los datos al ser menor al 30% (Tabla 8).

Tabla 13. Análisis de varianza para el sabor del yogurt funcional con adición de micropolvos de cáscara de huevo

F.V.	Tipos de Yogurt	Panelistas	Error	Total	c.v.=
G.L.	6	19	114	139	22,13
S.C.	20,186	54,821	81,529	156,54	
C.M.	3,36429	2,88534	0,71516		
Fc	4,70422	4,03452			
F 5%	2,1788	1,836			
F 1%	2,9676	2,0743			
Significancia	**	**			

F.V.= Fuente de variación, G.L. = Grados de libertad, S.M.= Suma de cuadrados, C.M.= Cuadrado medio, Fc= Valor para la distribución F calculado, F5%= Valor para la distribución F de tablas para un nivel de 5%., c.v.= coeficiente de varianza.

Para los demás atributos se observó la misma significancia (**) y el coeficiente de varianza menor al 30%, lo que garantiza la confiabilidad de datos.

Conclusiones

Los micropolvos obtenidos a partir de la cáscara de huevo contienen 36.7 g de calcio, 388 mg de magnesio y 99.8 mg de fósforo por cada 100 g de micropolvos (ITA). Constituyéndose un suplemento alimenticio muy importante para solucionar las deficiencias de calcio de otros alimentos. Además de ser un alimento inocuo, al no contener salmonella.

La espectrofotometría de fluorescencia ha reportado que los micropolvos de cáscara de huevo contienen la misma cantidad de calcio que las tabletas comerciales distribuidas en farmacias.

Para la obtención del yogurt funcional fortificado con micropolvos de calcio el tamaño de partícula recomendado debe ser menor a 45 μm , con una adición de 0.77g/500ml o incluso hasta 1.54 g/500ml. La adición de los micropolvos debe ser realizada después de la incubación para evitar formación de sedimento. Obteniéndose un yogurt con una calificación de “me gusta”.

El tamaño de partícula influye directamente en la formación de suero si la adición es realizada después de la incubación y en la formación de precipitado si la adición se realiza antes de la incubación.

El pH de los yogures se incrementa proporcionalmente en función a la adición de micropolvos, antes y después de la incubación.

Las viscosidades de los yogures disminuyen con la adición de micropolvos de cáscara de huevo y es proporcional a la cantidad añadida.

El yogurt funcional obtenido, está libre de microorganismos patógenos y es apto para el consumo humano. Además de duplicar el contenido de calcio respecto a un yogurt normal y recibir una calificación de me gusta en los atributos de olor, sabor, textura y apariencia.

Bibliografía

Burbano J. C., P. Fajardo, J. Robles, K. Pazmiño. (2015). Relación muscular entre ingesta dietética de calcio y adiposidad corporal en adolescentes mujeres. Elsevier (España), *Endocrinología y Nutrición*. 63:58-63.

Fernández M., J. Arias. (2000). La cáscara del huevo: Un modelo de biomineralización. Monografías de Medicina Veterinaria. Disponible en:

<https://monografiasveterinaria.uchile.cl/index.php/MMV/article/view/5017/4901>[Consultado 20-10-2017]

Gonzales S. (2017). Ministerio de Salud. Guías alimentarias para la educación nutricional en Costa Rica. Calcio. Disponible en: https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/guiasalimentarias/calcio.pdf [Consultado 12-09-2017]

Mohammad A., C. Kyung-Hoon, K. Hae-Soo. (2014). Physicochemical, microbial, and sensory properties of nanopowdered eggshell-supplemented yogurt storage. Elsevier Inc. American Dairy Science Association, *Journal of Dairy Science*. 97:3273-3280.

Saltos H.A. (2010). *Sensometría*. Ecuador: Editorial pedagógica Freire. p.37

Suárez V., J. Moreno, J. Dalmau. (2012). Recomendaciones de ingesta de Calcio y vitamina D: Posicionamiento del comité de nutrición de la Asociación Española de Pediatría. Elsevier Doyna. *Asociación Española de Pediatría. Anales de Pediatría*. 77:57.e1-57.e8.