

OBTENCIÓN DE CALCIO Y MAGNESIO A PARTIR DE CONCHAS DE CHORO (*Aulacomya ater* Molina) PARA ENRIQUECER UN NÉCTAR DE DURAZNO (*Prunus persica* L.) VARIEDAD BLANQUILLO

Wilfredo L. Vásquez Quispesivana¹, Patricia Glorio Paulet^{2*}

RESUMEN

Con el objetivo de obtener sales de citrato de calcio y magnesio como ingrediente alimentario a partir de conchas de choro, se procedió a disolver los minerales mediante lixiviación ácida en ebullición. Los rendimientos de lixiviación analizados en un diseño completamente al azar con arreglo factorial: 3 x 3 (= 0,05%) (concha de choro molido: 3, 4 y 5% y ácido clorhídrico: 3, 5 y 7 %), señalaron como mayor rendimiento al conseguido con 4% (conchas de choro molido) y 7% (ácido clorhídrico) con 95,94% (p/p) de elementos en disolución, principalmente: Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Fe, K, Na y P y Si, Pb y As, en la fracción no disuelta de 4,06%. La adición de ácido cítrico al 60% (p/v) e hidróxido de potasio al 60% (p/v) en ebullición permitió precipitar de esta disolución las sales blancas de Ca y Mg, las que fueron sometidas a lavado, secado y molienda en molino de martillos. El néctar de durazno elaborado contiene 1,71% de sales de citrato de calcio, cumplió con las recomendaciones físico-químicas y microbiológicas y mostró alta aceptabilidad sensorial y biodisponibilidad *in vitro* de 27,65 y 27,63% para el Ca y Mg, respectivamente.

Palabras clave: conchas de choro, fortificación, calcio, magnesio, néctar, durazno.

OBTAINING CALCIUM AND MAGNESIUM FROM MUSSEL SHELL (*Aulacomya ater* Molina) FOR THE ENRICHMENT OF NECTAR FROM THE PEACH (*Prunus persica* L.) BLANQUILLO VARIETY

ABSTRACT

To aim the obtaining of food ingredient quality Ca and Mg citrate salts from mussel shells, the minerals were dissolved by acid lixiviation under boiling conditions. The yields of this dissolution process were analyzed under a 3x3 (= 0,05%) Completely Randomized Factorial Design (grounded mussel shell levels: 3, 4, 5% and hydrochloric acid levels 3, 5, 7%). The highest yield (95,94% p/p) was found when using 4% grounded shell and 7% acid. Dissolved elements were mainly: Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Fe, K, Na, and P; and the insoluble ones (4,06%): Si, Pb and As. The addition of boiling citric acid solution (60% p/v) and a KOH

¹ Ing. Pesquero, Universidad San Agustín de Arequipa. *Magister Scientiae* especialidad Tecnología de Alimentos. Escuela de Post Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Autor Vásquez se encuentra actualmente con Arapa San Pedro y San Pablo S.A.C.

² PhD. Profesor Escuela de Post Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n La Molina – Ap. 12-056 Lima Perú.

* pqp@lamolina.edu.pe.

solution (60% p/v) allowed the precipitation of the white Ca and Mg citrate salts from mineral solution. Further washing, drying and hammer milling treatments on salts followed. The peach nectar containing 1,71% citrate salts fulfilled the physical, chemical and microbiological requirements established for nectar; it showed high sensory acceptability and bioavailability for Ca and Mg assayed by an *in vitro* method was 27,65% and 27,63% for Ca and Mg, respectively.

Key words: Mussels shells, fortification, calcium, magnesium, peach.

INTRODUCCIÓN

En los lugares donde las costas son bajas y arenosas, a cada paso hallamos conchas de diversas formas; así también en lugares de cultivo y procesamiento de moluscos con conchas donde estos elementos son considerados subproductos que contribuyen a la contaminación ambiental. La concha de los moluscos a pesar de sus formas muy variables, comparten una estructura sustancialmente idéntica, la que está compuesta de sales minerales, que en su mayoría son de Ca y Mg. Los minerales de las conchas pueden ser lixiviados con ácido y luego precipitados para obtener sales de citrato de Ca y citrato de Mg. Por otro lado, existe un mercado bien establecido para los suplementos de calcio y magnesio en diferentes presentaciones y estructuras químicas¹ los que son utilizados en alimentos enriquecidos, pues cada día es mayor la evidencia que relaciona un adecuado consumo en la dieta de estos minerales con el combate de trastornos de tipo crónico-degenerativos siendo la osteoporosis uno de los más conocidos.

Esta investigación tuvo por objetivo obtener calcio y magnesio con calidad de ingredientes alimentarios en forma de sal de citrato a partir de conchas de choro. El objetivo principal fue desarrollado de la siguiente manera:

Obtener a nivel de laboratorio, sales de citrato de Ca y Mg a partir de las conchas de choro (*Aulacomya ater* Molina).

Elaborar un néctar de durazno (*Prunus persica* L.) variedad blanquillo y enriquecerlo con las sales de citrato de Ca y Mg.

Determinar en el néctar enriquecido, la biodisponibilidad *in vitro* de Ca y Mg.

Evaluar la aceptabilidad del néctar de durazno enriquecido.

PARTE EXPERIMENTAL

Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los ambientes de los Laboratorios de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía, donde se realizó los análisis de minerales (Ca, Mg, Na, K, Cu, Cd, Pb, P, Mn, Zn, Fe y Cr); laboratorios de Análisis Físico-Químico y Microbiológico de los Alimentos y Planta Piloto de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina; Laboratorio INASSA donde se analizó Al; Laboratorio La Molina Calidad Total donde se hizo las determinaciones de As y Hg; Laboratorio de Bioquímica del Instituto de Investigación Nutricional, donde se realizó el estudio de biodisponibilidad *in vitro*.

Materia prima

Las conchas de choro fueron adquiridas de un mercado local. En la elaboración del néctar de durazno se empleó la variedad blanquillo, adquirido en el Mercado Mayorista de frutas en Lima, Perú.

Insumos para la elaboración del néctar de durazno

Sacarosa, carragenina y sorbato de potasio. (Montana S. A. Lima)

Reactivos

Se emplearon reactivos químicamente puros (HCl y KOH obtenidos de Merck): ácido cítrico con calidad para ingrediente alimentario obtenido de Montana S.A. Dodecil sulfato de sodio, EDTA-Na₂ y KOH.: pepsina de mucosa de estómago porcino (P-7000), pancreatina de páncreas porcino (P-1750) y extracto de bilis porcino (B-8631) (Sigma Chemical).

Materiales

Membrana de diálisis de 12000 a 14000 Da (Fisher Scientific). Material necesario para trabajo en laboratorio

Métodos de análisis

Análisis proximal de minerales.- Se realizaron mediante espectroscopia de absorción atómica Según AOAC²:

Ca, Mg, Na, K, Cu, Mn, Al, Zn, Fe, Cr, Pb y Cd².

Fósforo; Azul de Molibdeno (-1, 2, 4 -aminonaftol sulfónico)².

Arsénico: AOAC 912,01²

Mercurio³

Solubilidad de las sales de citrato.- Metodología descrita por Salazar de Buckle y Pardo⁴; para este análisis se pesaron 2,5 g de producto (sales de citrato) y se agregó 30 ml de agua a 30 °C. Se sometió a agitación intermitente por 30 min., luego se colocó en una centrífuga de 300 rpm por 10 min., el sobrenadante se pasó a un vasito previamente tarado, que se colocó en una estufa a 90 °C para evaporar a sequedad. Del peso de sólidos obtenido se calcula el porcentaje de solubles expresado en porcentaje de los 2,5 g de producto.

Análisis granulométrico de las sales de citrato.- Según la metodología descrita por Paíta y Guevara⁵, utilizando un tamizador marca Ro-Tap® (Karl-Kolb, Alemania) y consistió en colocar 100 g de muestra en un tamiz vibrador, se zarandeó por 5 min.; luego se pesaron las fracciones retenidas en cada malla.

pH y sólidos solubles.- Métodos potenciométrico y refractométrico, respectivamente. Según AOAC².

Acidez titulable. Por el método de titulación descrito por Kirk *et al.*⁶ con NaOH 0,1 N. El resultado se expresó en gramos de ácido cítrico por 100 g de néctar de durazno enriquecido.

Estudio de biodisponibilidad *in vitro* para determinar la absorción de Ca y Mg en el néctar de durazno enriquecido.- Se empleó la metodología según Miller *et al.*⁷. Los datos obtenidos fueron comparados con los reportados para otros sistemas alimenticios.

$$\% \text{ Biodisponibilidad} = [\text{Dializado} / (\text{Dializado} + \text{No Dializado})] * 100.$$

Análisis microbiológico.- Numeración total de hongos y levaduras; y de mesófilos viables⁸.

Análisis sensorial.- Se evaluó la aceptabilidad del néctar utilizando una escala no estructurada de 10 cm de longitud la que fue anclada en los extremos con las expresiones: me desagrada mucho y me agrada mucho y en el punto central con la expresión: ni me desagrada ni me agrada, método descrito por Pedrero y Pangborn⁹. El panel estuvo conformado por 50 personas no entrenadas; se evaluó la apariencia, sabor y aceptabilidad general.

Análisis estadístico.- A fin de evaluar los parámetros que condicionan el rendimiento para la obtención de Ca y Mg de las conchas de choro se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 3: **Factor A:** Concentración de concha de choro molido (3 niveles: 3, 4 y 5%). **Factor B:** Concentración de ácido clorhídrico concentrado (3 niveles: 3, 5 y 7%). Se aplicó el análisis de varianza con un nivel de significancia del 0,05 % para probar el efecto de los factores y su interacción. Se hizo uso del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System, de SAS Institute Inc., North Carolina, US.)

Metodología experimental

El procesamiento seguido para la obtención de Ca y Mg a partir de las conchas de choro se muestra en la Figura 1. Las conchas fueron limpiadas manualmente con un cuchillo y lavadas con agua potable; posteriormente fueron secadas en estufa a 90 °C por 30 min. antes de ser molidas en un molino de martillos con número de malla 40, para disminuir el tamaño de partícula y aumentar la superficie de contacto en el momento de realizar la lixiviación ácida de los minerales.

Lixiviación ácida.- Se realizó en un vaso de precipitado por una hora a ebullición en campana extractora, añadiendo primero las conchas de choro molido y agua destilada en una cantidad aproximada de 300 ml, lo suficiente para cubrir con agua las conchas de choro molido, en esta parte de la operación se agregó el HCl concentrado lenta y fraccionadamente (los volúmenes a agregar se calcularon para cada tratamiento a estudiar; ver sección anterior en análisis estadísticos, sobre la base de un volumen final de 1,8 litros); luego se adicionó agua destilada hasta completar 1,8 litros; al término de esta operación se dejó enfriar, para asegurar la precipitación de compuestos y elementos indeseables tales como la Sílice; As, Hg y Pb. El precipitado se eliminó por medio de una filtración; este precipitado fue analizado para determinar la cantidad de metales pesados eliminados, así como la cantidad de Ca que permaneció sin disolverse. Se quedó con el filtrado para la siguiente operación.

Precipitación de sales de Ca y Mg.- Al filtrado de la operación anterior se le adicionó una solución de ácido cítrico 60% (p/v) en proporción 1,3:1 (ácido cítrico: concha de choro molido), inmediatamente seguido de una solución de KOH al 60% (p/v) en proporción 1,5:1 (ácido cítrico: concha de choro molido). Luego se llevó a ebullición por 20 min. En el proceso

de ebullición se formó continuamente un precipitado blanco, en su mayor parte constituido de sales de citrato de Ca y citrato de Mg. Este precipitado fue separado del sobrenadante por filtración.

Lavado: Para eliminar los restos de ácido y base del precipitado, se realizaron tres ciclos de lavado con agua destilada. Aquí se eliminó gran parte de Al, Cu, Cd y Cr.

Secado: Se realizó en estufa a 80 °C por 6 horas.

Molienda: Se utilizó un molino de martillos, con malla N° 120.

Tamizado: Realizado con un tamizador Ro-Tap® Esta operación se hizo con el fin de adicionar al néctar el producto lo más fino posible (< 75 µm). También se hizo el estudio de solubilidad en agua para la fracción de finos de las sales de citrato obtenidas. Éstas fueron envasadas en frascos de vidrio, hasta el momento de su uso.

Elaboración del néctar de durazno enriquecido con Ca y Mg: Se siguió el flujo de operaciones recomendado por ITDG¹⁰ para la elaboración del néctar. Después de una selección y precocción de la fruta en agua en ebullición por 3 a 5 minutos se realizó el pulpeado y refinado y durante la siguiente operación de estandarizado (°Brix: 12,5, pH: 3,8, estabilizante carragenina: 0,05%-0,075%, sorbato de potasio 0,04%) se adicionó las sales de citrato obtenidas en una concentración de 1,71 % (p/p) al néctar en elaboración. El producto fue pasteurizado a 97 °C por 30 segundos, envasado a 85 °C en botella de vidrio, enfriado y almacenado. Luego de obtener el néctar enriquecido se continuó con la caracterización nutricional y sensorial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de minerales de las conchas de choro

En la Tabla 1, los resultados de contenido de calcio están expresados en % (p/p). Se muestra que los minerales de mayor concentración en conchas son: Ca, Na, K y Mg. Estos contenidos permiten considerar a las conchas de choro como una fuente importante de Ca. Las conchas de choro utilizadas en esta investigación mostraron niveles de Ca similares y niveles de Mg inferiores a los reportados anteriormente por National Academy Press¹¹ para conchas de moluscos en general. Se atribuyen dichas diferencias a la variedad de especies de moluscos con concha y su hábitat. La presencia de metales pesados como Cd, Pb y Al fue mínima. Asimismo, se encontraron niveles bajos de As, probablemente como consecuencia de la variedad de industrias que contaminan con sus desechos y relaves la costa, lugar cercano a puntos de recolección de choros¹².

Tabla 1. Composición de minerales

Min .	Concha de choro	Conchas de moluscos **	Fracción precipitada	Fracción disuelta	Precipitado de sal de citrato
Ca	33,32% (0,11)	38%	0,69% (0,008)	34,70% (1,53)	20,5% (0,36)
Mg	975 ppm (4,55)	3000 ppm	170 ppm (3,56)	1009 ppm (6,38)	927 ppm (2,62)
Na	5475 ppm	2000 ppm	760 ppm	5674 ppm	810 ppm
K	1320 ppm	1000 ppm	171 ppm	1369 ppm	2,17 %
Cu	228,5 ppm	*	1753 ppm	164 ppm	2 ppm
Zn	77,25 ppm	*	520 ppm	58,5 ppm	20 ppm
Mn	13,5 ppm	*	21,5 ppm	13,24 ppm	10,5 ppm
Fe	511 ppm	*	3750 ppm	374 ppm	190,5 ppm
Cd	5,5 ppm (0,16)	*	5,5 ppm (0,57)	5,5 ppm (0,78)	0,1 ppm (0,0047)
Cr	-	*	-	-	-
Pb	19 ppm (0,36)	*	41,5 ppm (3,24)	18 ppm (1,96)	0,19 ppm (0,0047)
Al	74 ppm	*	592 ppm	52 ppm	3 ppm
As	5,1 ppm	*	100 ppm	1 ppm	0,1 ppm
P	125 ppm	1000 ppm	*	*	*
Hg	*	*	*	*	-

Los valores entre paréntesis indican la desviación estándar de tres repeticiones, los contenidos de los demás minerales fueron determinaciones analíticas proporcionadas por los Laboratorios de Suelos de la UNALM, INASSA y La Molina Calidad Total, según se reporta en Materiales y Métodos.

* No reporta información sobre estos minerales

** National Academy Press¹¹

(-) Por debajo del límite de detección.

Parámetros para la obtención de Ca y Mg a partir de las conchas de choro

Para la etapa de lixiviación (Figura 1), se evaluaron los rendimientos en función a la cantidad de concha de choro disuelta por peso de concha molida utilizada. En la Figura 2, se puede observar que el mayor rendimiento (95,94%) correspondió a una concentración del 7% de HCl y 4% de concha de choro, donde se logró disolver la mayor parte de los minerales, mientras que la fracción no disuelta (4,06%), fue una cantidad mínima de minerales (Tabla 1), entre los que el sílice es, de acuerdo con la literatura, una fracción importante entre los insolubles de las conchas de choro.

En la Tabla 1 también se puede observar la composición mineral de las fracciones no disuelta (4,06 g) y disuelta (95,94 g), en base a 100 g de concha de choro. Se calculó con los datos de las determinaciones analíticas de la Tabla 1, que en la fracción disuelta, el contenido de Ca fue de 33,29. Siendo el contenido inicial de Ca en las conchas de choro: 33,32 g, el rendimiento de disolución de Ca corresponde al 99,9% del peso inicial de este mineral, siendo mínima, la cantidad que se pierde (28,02 mg) en la fracción no disuelta. De forma similar, el rendimiento de disolución de Mg fue de 99,3%.

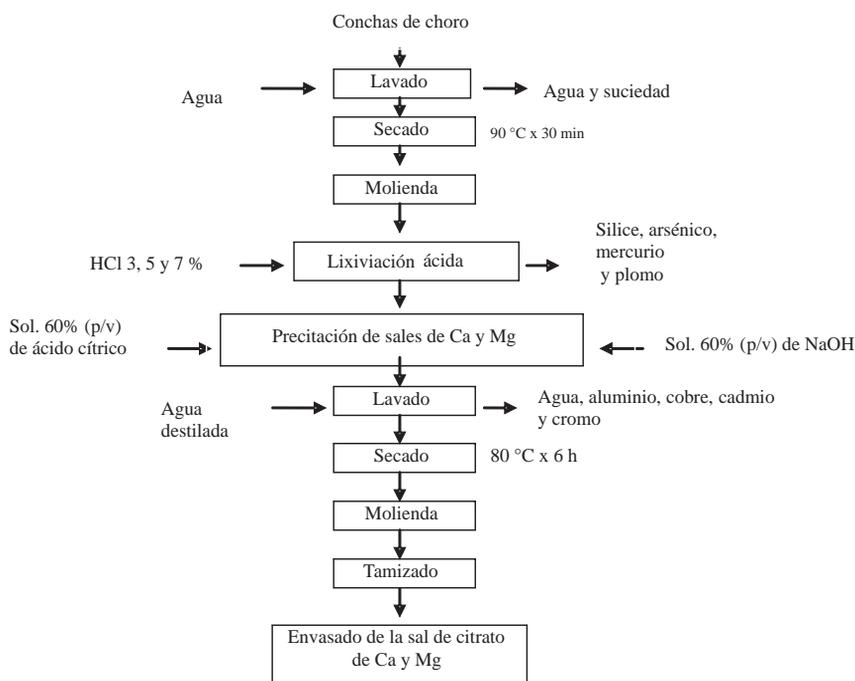


Figura 1. Obtención de sales de citrato de Ca y Mg a partir de las conchas de choro.

Asimismo, la composición mineral (Tabla 1) del precipitado de las sales de citrato, indican una disminución en el contenido de Al. Esta reducción es importante ya que este metal pesado es tóxico en personas de edad avanzada¹³. Por otro lado, se puede observar que es nula la presencia de Cr y Hg, en especial el segundo, lo que es muy conveniente, ya que su presencia puede ocasionar toxicidad¹³. Con respecto al Ca, se determinó un valor de 20,5% en la sal de citrato. Este valor es cercano al contenido de Ca elemental (21%) de los citratos de Ca comerciales. Es de resaltar que las sales de calcio del ácido cítrico tienen aprobación del Parlamento Europeo para ser utilizadas como suplemento, teniendo además el citrato de calcio status GRASS por USFDA¹. El Mg, que constituye un 0,0927%, no puede ser

considerado un suplemento de Mg; este resultado tiene relación directa con el pequeño porcentaje de Mg que se encuentra en las conchas de choro. Experimentalmente, de 102 gramos de concha de choro se obtuvo 16,5 g de sal de citrato.

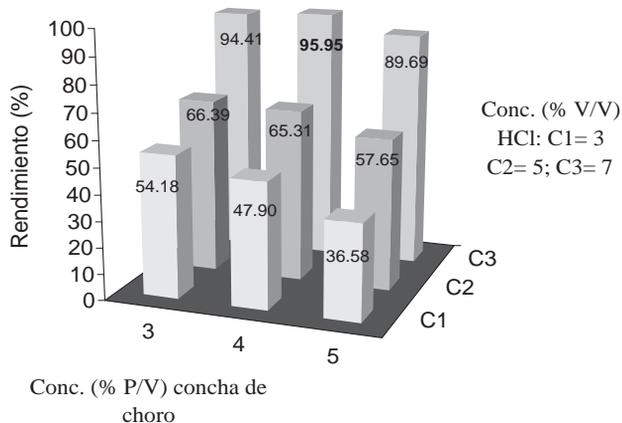


Figura 2. Rendimiento de la disolución de minerales en las conchas de choro.

Resultados del análisis estadístico

El análisis de variancia demostró que existe una interacción significativa entre los niveles (%) de HCl y (%) de concha de choro estudiados para la disolución de los minerales. Además, también son significativos los efectos principales de las concentraciones de HCl y concha de choro. Las comparaciones múltiples de las medias de las combinaciones de los tratamientos (GLM Procedure) indican que no existe diferencias altamente significativas entre las combinaciones de concentraciones de 7% y 3% con 7% y 4% de HCl y concha de choro, respectivamente; sin embargo, para propósitos del experimento, fue más conveniente la segunda combinación ya que se usó más cantidad de concha de choro obteniendo una mayor cantidad de minerales, principalmente el Ca, uno de los objetivos del presente trabajo.

Solubilidad de las sales de citrato

La solubilidad mostrada fue del 17%. Este resultado puede estar influenciado en parte por las sales de citrato de los metales alcalinos, tales como el Na y K, los que sí son solubles. En relación con el resultado obtenido, es relevante lo mencionado por la literatura en lo que respecta a que para ser absorbido a nivel del intestino¹⁴ es importante la solubilidad de la sal en la zona gastrointestinal y no la solubilidad de la sal en el agua.

Granulometría de las sales de citrato

Los resultados del análisis granulométrico en el producto (sales de citrato de Ca y Mg) realizado entre 425 y 75 μm de diámetro, indican que el 94,1 % de la sal de citrato presenta un diámetro de grano menor a 425 μm .

Néctar de durazno enriquecido con Ca y Mg

Un envase de néctar de durazno sin enriquecer pesó 251,6 g, la adición de las sales de citrato (4,39 g) a este envase llevó a un peso neto de 256 g de néctar de durazno enriquecido (esto corresponde a una concentración de sal de citrato del 1,71 % (p/p)). Por otro lado, se debe considerar los minerales que aporta el propio néctar de durazno. La composición mineral del néctar no enriquecido y el néctar enriquecido se muestra en la Tabla 2, donde con fines de comparación se presentan también los niveles máximos de contaminantes que podrían estar presentes en 256 g de néctar de durazno¹⁵ y los valores RDA de los principales minerales para el caso de la mujer posmenopáusica, según el estudio realizado por el Instituto de Ciencia y Química de los Alimentos de la Universidad de Helsinki¹³. Sin embargo, en esta tabla, los RDA de Ca reportados están de acuerdo a lo recientemente revisado por Wood *et al.*¹⁶, quien considera prudente la recomendación de 1500 mg/d para todas las mujeres mayores de 65 años y deficientes en estrógeno; señalando asimismo para el magnesio recomendaciones de 280 mg/d, para ese mismo grupo poblacional. De esta manera, en la Tabla 2, la cantidad de Ca en el néctar enriquecido fue de 969,86 mg; de esta cantidad, sólo 69,19 mg provienen de los componentes del néctar (agua, durazno y aditivos). Los 969,86 mg de Ca representan el 64,66 % de la RDA. Con respecto al contenido de Mg, éste sólo representa el 4,8 % de la RDA, siendo este aporte mínimo. Con respecto al Pb, este metal pesado no fue detectado en el néctar de durazno enriquecido; esto puede deberse al efecto de dilución del metal presente en la sal de citrato en el momento de ser añadido al néctar; sin embargo, se reportó una cantidad de 0,19 ppm en la sal de citrato (Tabla 1). Esto es importante, ya que al ser las conchas de moluscos utilizados como fuentes de Ca, pueden representar una posible contaminación de Pb¹⁷; sin embargo, en el presente trabajo se redujo esta posibilidad, a niveles que no fue posible ser detectado.

La FDA (Administración de Alimentos y Drogas de Estados Unidos), tal como lo menciona Matos, *et al.*¹⁷ ha establecido un límite máximo para la cantidad de Pb que puede contener un suplemento de Ca (7,5 μg por cada 1000 mg de calcio); al respecto, el producto obtenido (sales de citrato) sólo presenta 0,93 μg de Pb por cada 1000 mg de Ca elemental. Debido a que en la sal de citrato fue mínima la cantidad de Al, As y Hg, éstos no podrían ser detectados; entonces se descartó las determinaciones de estos elementos en el néctar de durazno enriquecido. En relación con los demás minerales (Na, K, Zn, Mn y Fe), éstos se presentan en el néctar enriquecido en cantidades inferiores a las RDA respectivas. Los metales pesados, tal como el Cu, se encuentran en cantidades muy por debajo del nivel máximo, e incluso no pudieron ser detectados para el caso de Cr, Cd y Pb, al momento de su cuantificación; esto pudo deberse al efecto de dilución de estos metales en el néctar.

Análisis físico-químico y microbiológico del néctar de durazno enriquecido

Los análisis físico-químicos reportaron en néctar un pH de 3,8; 12,5 °Brix; y una acidez titulable de 0,35. Los análisis microbiológicos, determinaron valores menores a 1 y 10 ufc/ml (hongos y levaduras y mesófilos viables, respectivamente). Los resultados de estos análisis

realizados al néctar de durazno enriquecido cumplen con lo recomendado por la norma del Codex para los néctares de durazno¹⁵.

Tabla 2. Composición mineral del néctar de durazno no enriquecido y enriquecido**

Mineral	Néctar no enriquecido	Néctar enriquecido	Nivel máximo de contaminantes por envase ¹⁵	Minerales TDI y RDA ¹³	Dieta ¹⁷ media finlandesa
Ca (mg)	69,19	969,86	***	1500 ¹⁶	1500
Mg (mg)	9,56	13,63	***	280 ^{16,18}	440
Na (mg)	108,19	122,88	***	3000	17000
K (mg)	195,62	280,32	***	1000-6000	4500
Cu (g)	176,12	222,72	1078	2500	1700
Zn (mg)	0,616	0,70	1,08	15	16
Mn (g)	75,48	140,8	***	3800	6100
Fe (mg)	0,68	1,49	3,23	18	19
Cd (g)	-	2,56	***	51- 71*	13
Cr (g)	-	-	***	50 - 200	29
Pb (g)	-	-	75,48	***	66
Al (mg)	***	***	***	***	6,7
As (g)	***	***	50,32	500-4000	58
Hg (mg)	***	***	***	***	5,7

** Contenidos estimados para una botella de néctar de durazno de 256 g.

*** No se reporta información

- Por debajo del límite de detección

* Recomendación del Comité Mixto FAO/OMS

Biodisponibilidad *in vitro* de Ca y Mg en el néctar de durazno enriquecido

La biodisponibilidad *in vitro* determinada aquí estima la disponibilidad del Ca para ser absorbido. Está representada por el porcentaje dializado de los minerales en el néctar de durazno enriquecido con Ca y Mg. Se determinó una biodisponibilidad *in vitro* de 268,17 mg para el Ca y 3,77 mg para el Mg, respectivamente, a partir de 969,86 mg de Ca y 13,63 mg de Mg presentes en una botella de néctar de durazno, esto indica valores de biodisponibilidad *in vitro* de 27,65% y 27,63 % para el Ca y Mg, respectivamente.

Estos datos señalan un significativo aporte de Ca elemental absorbible a partir de sal de citrato obtenida de la concha de choro. El porcentaje dializado de Ca y Mg en el néctar de durazno enriquecido (calculado ahora sobre la base de 100 g de néctar) se puede comparar con resultados de otros investigadores en diferentes alimentos, Ver Tabla 3, donde se destaca el alto contenido de Ca y Mg en dos fórmulas infantiles de iniciación¹⁹ (suero - caseína y soya) en comparación a lo contenido en el néctar de durazno enriquecido; sin embargo, el porcentaje dializado de Ca (13 y 17,2%) en dichas fórmulas infantiles de iniciación es menor al del néctar de durazno enriquecido (27,65%) y, en consecuencia, se obtiene una mayor cantidad de Ca

dializado o biodisponible *in vitro* (104,75 mg) en el néctar en comparación a las fórmulas infantiles de iniciación (52 y 88,75 mg). Asimismo, cuando se comparan los resultados reportados para leche de soya enriquecida con carbonato y fosfato de Ca²⁰, se constata que la forma en que se encuentra el Ca²¹ en los alimentos (tipo de sal) influye en su biodisponibilidad; además, se debe considerar otros ingredientes presentes en el alimento, como fitatos y oxalatos¹ que puedan interactuar con el Ca.

Tabla 3. Biodisponibilidad *in vitro* de Ca y Mg en distintos alimentos

Alimento	Mineral	mg/100 g	Porcentaje dializado %	Cantidad dializada mg/100 g
Fórmula infantil ¹⁹ de iniciación (suero - caseína)	Ca	400	13	52
	Mg	27,1	26,6	7,2
Fórmula infantil ¹⁹ de iniciación (soya)	Ca	516	17,2	88,75
	Mg	40,3	30,3	12,21
Leche materna ²²	Ca	29,2	13,6	3,97
Leche de vaca ²²	Ca	98	20,2	19,8
Leche de soya ²⁰ enriquecida con carbonato de calcio	Ca	100	19	19
Leche de soya ²⁰ enriquecida con fosfato de calcio	Ca	100	15	15
Leche de vaca ²²	Ca	94,8	20	18,96
Leche materna ²²	Ca	29,3	13,6	3,99
Fórmula infantil para prematuros ²²	Ca	64,2	28,2	18,1
Fórmula infantil sin lactosa ²²	Ca	62	19,9	12,34
Fórmula en base a leche ²³	Ca	-	6,7	-
Fórmula en base a soya ²³	Ca	-	11,4	-
Carne de res ²⁴	Ca	61,96	6,3	3,9
	Mg	14,44	28,85	4,16
Néctar de durazno enriquecido con citrato de calcio y magnesio*	Ca	378,85	27,65	104,75
	Mg	5,325	27,63	1,47

* Valores para néctar de durazno enriquecido, resultado de esta investigación.

Entre las fórmulas infantiles citadas en la Tabla 3, la que es destinada para prematuros presenta la más alta biodisponibilidad de Ca (28,2%), y es semejante al del néctar enriquecido. En general, el néctar enriquecido presenta una alta biodisponibilidad *in vitro* de Ca y Mg en relación con la mayoría de los alimentos mencionados, también presenta una cantidad de Ca elemental (378,85 mg/100 g), relativamente elevada. Es de señalar que los valores reportados para biodisponibilidad *in vitro* de Ca en la leche materna y de vaca (13,6 y 20,2%, respectivamente)²² son menores que en el néctar de durazno enriquecido (27,65%). Esto último es consistente con lo revisado por Guéguen y Pointillart¹⁴ y otros²¹ en lo referente a que nadie ha reportado en una variedad de métodos que el calcio de la leche sea más

eficientemente absorbido que la mayoría de las sales de calcio; sin embargo, en la leche existen cantidades grandes de calcio y fósforo, el que junto con la lactosa y fosfopéptidos de caseína, aumentarían la capacidad del calcio absorbido, de ser retenido en el hueso¹⁴.

En la Tabla 3 se comparan nuestros resultados con estimaciones de biodisponibilidad *in vitro* realizadas por diversos autores mediante la determinación del calcio dializable donde se estima la capacidad del mineral de solubilizarse en condiciones de pH propias del estómago y ser absorbido posteriormente por el intestino, ya sea por absorción pasiva o activa, donde la vitamina D juega un rol importante. Las determinaciones de biodisponibilidad *in vitro* realizadas son más precisamente estimaciones de absorbibilidad del mineral (potencial para ser absorbido, definido recientemente como bioaccesibilidad²⁵). La verdadera absorción del calcio dependerá de esta bioaccesibilidad, propia del alimento y de las condiciones fisiológicas favorables en el intestino, tales como suministro previo de calcio dietario y regulación hormonal. Como recientemente se ha reportado, esta disponibilidad del mineral para ser absorbido es sólo una parte de un concepto más integral de biodisponibilidad en que se deberá incluir la capacidad del mineral de ser utilizado por el organismo en funciones fisiológicas, especialmente la mineralización del hueso¹⁴, capacidades a determinar en pruebas en vivo.

Análisis sensorial del néctar de durazno enriquecido

La primera característica evaluada fue la apariencia del néctar de durazno enriquecido, que alcanzó un promedio de 6,5; este valor indica una aceptabilidad moderada que puede deberse a la diferencia existente con la versión comercial del néctar de durazno en el que no se observa formación de precipitado y no requiere agitación previa. Con respecto al sabor, la calificación que llegó a 8,8, demostró alta aceptabilidad en el néctar de durazno enriquecido, donde las sales de citrato adicionadas no repercutieron en el agradable sabor de un néctar de durazno. La ausencia de sabores desagradables ha sido reportada por investigadores anteriores²⁶ como el factor más importante en influir positivamente el interés del consumidor por un alimento con ingredientes nutraceuticos. Por otro lado, la aceptabilidad general que evalúa en conjunto toda la impresión que causa el producto en el panelista después que éste lo prueba, alcanzó un promedio de 8, valor que indica una alta aceptabilidad.

CONCLUSIONES

Las conchas de choro, comúnmente desperdiciadas como material de desecho en las playas, pueden ser utilizadas como fuentes de Ca. Ha sido posible disolver los minerales de las conchas por lixiviación ácida con un rendimiento del 95,94%. Los minerales disueltos, posteriormente precipitados en forma de sales de citrato, mostraron un contenido de calcio elemental de 20,5% y el de Mg de 0,092 7%, lo que hizo posible que se elaborara un néctar de durazno enriquecido, el que aportó un 64,66 % de la RDA de Ca para el caso de la mujer posmenopáusia; sin embargo, sólo el 1,7 % de los niveles de Mg recomendados. Según la nomenclatura sugerida por la literatura²⁶, la bebida obtenida puede ser considerada como un alimento funcional para este grupo objetivo, siendo el calcio el principal ingrediente nutraceutico. La calificación sensorial, por lo que respecta sabor en el néctar, llegó a un valor de 8,8 sobre una escala de 10, y fue posible cumplir con las normas físico-químicas y microbiológicas recomendadas para néctares. Respecto a la biodisponibilidad *in vitro* del Ca y Mg en el néctar de durazno enriquecido se alcanzaron valores de 27,65% y 27,63%,

respectivamente, indicando un muy buen potencial para ser absorbidos en el intestino. Teniendo en cuenta estos resultados recomendamos se continúe con la evaluación del proceso de obtención de sales a nivel de planta piloto, pudiéndose explorar incluso la precipitación del calcio conformando otro tipo de sales tales como sales de citrato-malato o lactato dependiendo de las características de solubilidad en agua que se busque y del tipo de alimento a enriquecer. También se recomienda seguir estudiando los métodos de determinación de biodisponibilidad *in vivo* en personas con diferentes necesidades fisiológicas y en alimentos conteniendo fitoestrógenos e isoflavonas que podrían contribuir a la absorción del calcio.

AGRADECIMIENTO

A la Ing. MSc. Marianela Inga Guevara por la cortesía de su apoyo técnico para la elaboración del néctar. El presente trabajo es parte de la tesis de Maestría del autor Wilfredo Vásquez Quispesivana.

REFERENCIAS

1. Fairweather-Tait S, Teucher B. *Nutr Rev.* **2000**, 60(12): 360-367
2. AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16th Edition. **1995**.
3. APHA. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington D.C. **1992**.
4. Salazar de Bucle T y Pardo C.A. *Tecnología.* **1973**, 82(7): 7-20.
5. Paita E.T, Guevara A. *Anales Científicos UNALM.* **2003**, 56: 199-220.
6. Kirk R, Sawyer R, Egan H. Composición y Análisis de Alimentos de Pearson. México. Compañía Editorial Continental, 2^{da} edición. S.A. **2000**.
7. Miller D, Schrickler B, Rasmussen R, Campen D. *Am. J. Clin. Nutr.* **1981**, 34: 2248–2256.
8. ICMSF. International Commission on Microbiological Specification for Foods. Zaragoza - España. Editorial Acribia, S.A. 462 p. **2000**. Vol 1. Microorganismos de los alimentos. Su significado y métodos de enumeración.
9. Pedrero D, Pangborn R. Evaluación Sensorial de Alimentos. Métodos Analíticos. México. Editorial Alhambra Mexicana. **1989**.
10. ITDG. Intermediate Technology Development Group. Procesamiento de frutas y vegetales. 2^{da} Edición. Lima-Perú. **1998**.
11. National Academy Press. Dietary Reference intakes for calcium, phosphorous, magnesium, vitamin D, and fluoride. Institute of Medicine. Washington DC. **1999**.
12. Majluf P. Los ecosistemas marinos costeros. Proyecto estrategia regional de biodiversidad para los países del trópico Andino. convenio de cooperación técnica no reembolsable ATN/JF-5887/RG CAN-BID. Accesado en: 14/09/07 de: www.bionica.info/Biblioteca/Majluf2002.pdf Lima (Perú). 121 p. **2002**.
13. Tolonen M. Vitaminas y Minerales en la Salud y la Nutrición. Zaragoza - España. Editorial Acribia S.A. 300p. **1995**.

14. Guéguen L, Pointillart A. *J. Am. Coll. Nutr.* **2000**, 19(2): 119S-136S.
15. CODEX STAN 44. Norma del Codex para los néctares de albaricoque, melocotón (durazno) y pera conservados por medios físicos exclusivamente. **1981**.
16. Wood, R. J, Suter, P. M., Russel, R. M. *Am. J. Clin Nutr* **1995**, 62: 493- 505.
17. Mattos JCP, Hahn M, Augusti, PR, Conterato GM, Frizzo CP, Unfer TC, *et al. Food Addit. Contam.* **2006**, 23(2):133-139.
18. National Academy of Science. Recommended Dietary Allowances: 10th Edition. **1989**.
19. Pérez F, Larque E, Marín J, Zamora S. *Nutrición Hospitalaria.* **2001**, 16: 157 – 161.
20. Chaiwanon P, Puwatien P, Nitithamyong A, Sirichakwal P. *J. Food Compost Anal.* **2000**, 13: 319 - 327.
21. Martin BR, Weaver CM, Heaney RP, Packard PT, Smith DL. *J. Agric. Food Chem.* **2002**, 50 (13): 3874-3876
22. Roig M, Alegría A, Barberá R, Farré R, Lagarda. MJ. *Food Chem.* **1999**, 65: 353 – 357
23. Shen L, Luten J, Robberecht H, Bindels J, Deelstra H. *Z Lebensm Unters Forsch.* **1994**, 199: 442 – 445.
24. Santaella M, Martínez I, Ros G, Peraigo M. *Meat Sci.* **1997**, 45(4):473 – 483.
25. Parada J, Aguilera JM. *J. Food Sci.* **2007**, 72 (2):R21-R32.
26. Cardello AV, Schutz HG. *J. Food Sci.* **2003**, 68 (4): 1519- 1524.