



CYTAL-ALACCTA 2019
Buenos Aires, 20 – 22 noviembre 2019

PRODUCTOS DE PAPAYA Y MANZANA ENRIQUECIDOS Y REDUCIDOS EN CALORIAS

N. N. Lovera^{1,3}, V. A. Ramos³, L. A. Ramallo^{1,3}; V. O. Salvadori²

1 IMaM (CONICET-UNaM), Posadas, Misiones, Argentina.

2 CIDCA (CONICET-UNLP), CONICET, La Plata, Argentina.

3 FCEQyN, UNaM, Posadas, Misiones, Argentina.

E-mail: lovera.nancy.noel@gmail.com

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la impregnación con calcio y magnesio en la elaboración de manzana y papaya en almíbar. La fruta en almíbar se obtuvo a partir de discos (1 cm de espesor y 2,5 cm de diámetro) de fruta fresca y de fruta impregnada en soluciones isotónicas de ambos minerales (1,5% lactato de calcio y 1% cloruro de magnesio) durante 4 h, a 45 °C. Se ensayaron 3 formulaciones de almíbares para cada fruta: SM1 (0,1% estevia y 20% sacarosa), SM2 (40% sacarosa) y SM3 (0,1% estevia, 20% sacarosa y 1,5% lactato de calcio) en manzana; y SP1 (0,1% estevia y 30% sacarosa), SP2 (60% sacarosa) y SP3 (0,1% estevia, 30% sacarosa y 1,5% lactato de calcio) en papaya. La cocción de fruta fresca e impregnada en los distintos almíbares se realizó a temperatura de ebullición durante 20 min (manzana) ó 60 min (papaya). Con la pulpa remanente de ambas frutas se elaboraron mermeladas de papaya-manzana reducida en calorías con cantidades similares de cada fruta, pectina cítrica (1%) y lactato de calcio (1%): (M1: 30% de sacarosa y 0,23% estevia y M2: 20% de sacarosa y 0,27% estevia). La cocción se realizó hasta una concentración final de 65°Brix. Se monitorearon distintas características de calidad en las frutas y los almíbares (antes y después de la cocción). En las frutas se analizaron: contenido de calcio y magnesio, fuerza máxima y humedad. En las soluciones se determinaron: transmitancia óptica y comportamiento reológico. En la mermelada se determinaron: contenido de calcio y magnesio, consistencia (test de extrusión por retroceso en texturómetro) y comportamiento reológico; se compararon los resultados con una mermelada de papaya comercial. La impregnación previa a la cocción aumentó el contenido de calcio de la fruta en almíbar respecto de la fruta fresca entre 3-4 veces en manzanas y entre 2-3 veces en papayas. La fuerza máxima de manzanas en almíbar fue aproximadamente igual a la fruta fresca y de papaya en almíbar hasta 5 veces mayor a la fruta fresca. En cuanto a la incorporación de magnesio, se obtuvo manzana en almíbar con contenido de magnesio entre 5 y 7 mg/100g en base húmeda (bh), y papaya en almíbar entre 12 y 17 mg/100g (bh). Los valores de transmitancia óptica de los almíbares presentaron menor variación durante la cocción de frutas impregnadas que durante la cocción de frutas frescas. Todas las soluciones luego de la cocción presentaron un comportamiento newtoniano. En mermelada, el contenido de calcio fue en promedio 200±23 mg/100g (bh), en cuanto a sus propiedades mecánicas se encontró que la consistencia fue significativamente mayor que el valor registrado en la mermelada comercial. En cuanto a la reología, el ajuste con el modelo de Herschel-Bulkley fue satisfactorio. En base a los resultados

anteriores se concluye que es factible obtener manzana y papaya en almíbar y mermelada de manzana-papaya enriquecidas en calcio y/o magnesio; y reducidas en calorías.

Palabras Clave: Calcio, magnesio, papaya en almíbar, mermelada.

1. Introducción

Actualmente se evidencia una creciente preferencia de los consumidores hacia alimentos ricos en nutrientes y reducidos en calorías, lo que obliga a la industria a ofrecer productos innovadores que satisfagan estas demandas. La estevia es un producto natural con poder endulzante aproximadamente 300 veces mayor que la sacarosa (Lemus-Mondaca R. y col., 2012) y es considerado un ingrediente seguro por la FDA. Los minerales calcio y magnesio son esenciales para el desarrollo normal de los procesos biológicos del cuerpo humano (Chekri y col., 2012). El calcio es necesario para el normal crecimiento y desarrollo del esqueleto, dientes, nervios, músculos y desarrollo de las funciones enzimáticas. El magnesio actúa en la síntesis de proteínas, la reducción del cansancio y la fatiga, el equilibrio de electrolitos y la contracción muscular. Además, el magnesio regula la absorción y asimilación del calcio. La impregnación con calcio de distintas frutas se ha propuesto como pretratamiento en diferentes procesos, entre otros el secado (Lima y col., 2016; Assis y col., 2019) y la congelación (Lovera y col., 2018), logrando enriquecimiento y mejoras en la textura de los productos finales. En cuanto a la cocción de frutas, en investigaciones previas de este grupo de trabajo se observó que un tratamiento de impregnación con lactato de calcio durante 4 h y a 45°C mejoró la firmeza de papaya en almíbar, con características sensoriales aceptables y un contenido de calcio apropiado para rotular el producto como fortificado, según el Código Alimentario Argentino (Lovera y col., 2014 a y b). No se han encontrado antecedentes en la impregnación de frutos con magnesio, sin embargo este grupo de trabajo ha estudiado la impregnación de manzana y papaya en soluciones de calcio y magnesio, con resultados alentadores (Lovera y col., 2018 a y b). La manzana en almíbar no es un producto comercial en el mercado argentino, por lo que resulta interesante el estudio de la viabilidad de un nuevo producto fortificado y/o reducido en calorías. En el presente trabajo se evaluó el efecto de la impregnación con calcio y magnesio en la elaboración de manzana y papaya en almíbar; adicionalmente y para utilizar la pulpa de fruta remanente se elaboró mermelada de papaya-manzana enriquecida con calcio y reducida en calorías.

2. Materiales y métodos

2.1. Preparación de las muestras

Se trabajó con frutas maduras de papaya (*Carica papaya* L. cv. Formosa) y manzana (*Malus domestica*. cv. Red Delicious), adquiridas en el mercado de la provincia de Misiones. Las frutas fueron lavadas, peladas y seccionadas en discos de $10,5 \pm 0,5$ mm de altura y 25 ± 1 mm de diámetro.

2.2. Pretratamiento: Impregnación con calcio y magnesio

Como medio de impregnación se utilizó una solución isotónica de sacarosa, adicionada con lactato de calcio (1,5 % p/p) y cloruro de magnesio (1,0 % p/p) a 45 °C, con agitación constante en baño termostático con movimiento alternativo de 150 rpm. (modelo Dubnoff, VICKING SRL, Argentina). La solución fue isotónica con respecto al contenido de sólidos solubles de la fruta fresca con el fin de evitar los mecanismos de transferencia de masa entre la fruta y la solución. Los cilindros de papaya recién cortados fueron inmediatamente sumergidos en la solución de impregnación mientras que los cilindros de manzana fueron previamente tratados durante 5 min en solución de ácido ascórbico (1 % p/p) y ácido cítrico (0,1% p/p) para prevenir el pardeamiento.

2.3. Cocción

2.3.1. Fruta en almíbar

Se elaboró papaya y manzana en almíbar partiendo de discos de fruta fresca y de fruta impregnada, cocidas en las formulaciones reducidas en calorías (SM1 y SP1) y regulares (SM2 y SP2). Con la finalidad de evaluar el efecto del calcio como ingrediente en el almíbar se ensayó la cocción de frutas frescas en las formulaciones SM3 y SP3. Las formulaciones de los almíbares se detalla en la Tabla 1. La cocción se llevó a cabo a temperatura de ebullición en recipientes de vidrio sobre una placa calefactora en una relación almíbar/fruta de 3/1 durante 60 min para papayas y 20 min para manzanas.

2.3.2. Mermelada de papaya-manzana

La pulpa de frutas remanentes de los procesos de impregnación y cocción fue empleada en la elaboración de mermelada de papaya-manzana reducida en calorías y enriquecida con lactato de calcio. Los trozos de fruta se pesaron en una balanza analítica y se trituraron mediante un mixer (modelo HR1363, Philips, Argentina) durante 10 min; el pH (3,2) de la pulpa se ajustó mediante la adición de una solución de ácido ascórbico y ácido cítrico (10% p/v) (Potenciómetro: TPA-III, Altronix, Argentina). Las cantidades

de sacarosa, estevia, ácido cítrico, lactato de calcio y pectina se agregaron a la pulpa y la mezcla se transfirió a un recipiente de acero inoxidable. La cocción de la mezcla se llevó a cabo hasta una concentración final de 65 °Brix (Refractómetro: Hanna HI96801).

2.4. Análisis fisicoquímicos

Se determinaron distintas características de calidad en las frutas, los almíbares (antes y después de la cocción) y la mermelada. En las frutas se analizaron: contenido de calcio y magnesio, fuerza máxima y humedad. En las soluciones se determinaron: transmitancia óptica y comportamiento reológico. En la mermelada se determinó: contenido de calcio y magnesio, consistencia y comportamiento reológico.

2.4.1. Humedad: El contenido de agua se determinó mediante secado de la muestra (≈ 7 g) en estufa de vacío a 75 °C hasta peso constante (48 h) (AOAC 1980).

2.4.2. Contenido de Calcio y Magnesio: El contenido de calcio y magnesio fue medido por espectrofotometría de absorción atómica (espectrofotómetro AAnalyst 200, Perkin Elmer Inc, EEUU.) Se pesaron muestras de frutas o mermelada (≈ 5 g) y se calcinaron a 550°C. Las muestras se llevaron a cenizas blancas (destrucción completa de la materia orgánica). Las cenizas fueron luego disueltas en HCL 2N, filtradas y llevadas a un volumen de 25 ml. Los almíbares (2 ml) fueron disueltos en 10 ml de HCL 2N y llevados a un volumen de 25 ml. Las soluciones obtenidas fueron analizadas empleando una longitud de onda de 422,7 nm y un ancho de rendija de 2,7/0,6 nm (para calcio) y una longitud de onda de 485,2 nm y un ancho de rendija de 2,7/1,05 nm (para magnesio). Las determinaciones se realizaron por duplicado.

2.4.3. Propiedades mecánicas: Las propiedades mecánicas se midieron utilizando un texturómetro (TA.XT2i Texture Analyser, Stable Micro Systems, EEUU), equipado de una celda de carga 5N. Se evaluó la fuerza máxima ($F_{\text{máx}}$) de la fruta fresca y tratada (impregnada y cocida) mediante test de punción (sonda de 2 mm, velocidad de 0,5 mm/s, distancia de penetración 70% de altura inicial). Las determinaciones de consistencia de las mermeladas fueron medidas con el test “back extrusion” utilizando un disco de 35 mm, que circula a través de la muestra contenida en vaso a una velocidad de 0,5 mm/s. Para todos los ensayos, el émbolo recorrió la misma distancia y la cantidad de muestra fue la misma. Mediante el software propio del texturómetro, se registraron los datos de fuerza $F(t)$ (N) y distancia $d(t)$ (mm).

2.4.4. Propiedades reológicas: Estas medidas se realizaron con un reómetro de estrés controlado (Haake RS600, Thermoelectron, Alemania) provisto de una unidad de control de temperatura. La muestra se colocó entre placas paralelas de 60 mm de

diámetro (sensor PP60), espaciadas 1 mm y se dejó reposar 3 min a 25°C para el equilibrado antes de comenzar. Se registró el esfuerzo de corte (τ) en el rango de velocidad de deformación ($\dot{\gamma}$) de 0 a 500 s⁻¹, en 2 minutos. Una vez alcanzada la velocidad máxima se cizalló durante 1 minuto y se descendió desde ($\dot{\gamma}$) 500 a 0 s⁻¹ en el mismo lapso de tiempo. Los datos experimentales se ajustaron utilizando distintos modelos reológicos: newtoniano, ley de la potencia y Herschel –Bulkley de acuerdo a las ecuaciones (1), (2) y (3) respectivamente:

$$\tau = k\dot{\gamma} \quad (1)$$

$$\tau = k\dot{\gamma}^n \quad (2)$$

$$\tau = \tau_0 + k\dot{\gamma}^n \quad (3)$$

donde τ es la tensión de corte (Pa), $\dot{\gamma}$ la velocidad de corte (s⁻¹), k la viscosidad en el modelo newtoniano (Pa s) o el índice de consistencia (Pa sⁿ) en los modelos restantes, n es el índice de comportamiento de flujo y τ_0 es el límite de fluencia.

2.4.5. Transmitancia óptica: La claridad de las distintas formulaciones de almíbares fue evaluada a través de lecturas de transmitancia a 600 nm en un espectrofotómetro en el rango UV-VIS (UV-2550, Shimadzu, Japón).

3. Resultados y discusión

3.1. Frutas en almíbar

En la Tabla 1 se muestran las diferentes formulaciones de los almíbares para la cocción de manzana (SM1, SM2 y SM3) y para la cocción de papaya (SP1, SP2 y SP3). En ensayos sensoriales preliminares se encontró que la manzana en almíbar fue más aceptada cuando se elaboró en almíbar con contenido de sacarosa menor a 60°Brix. Debido a esto los almíbares para manzana se formularon con menor contenido de sacarosa que los almíbares para papaya.

Tabla 1. Formulación de almíbares bajo en calorías y regulares. Los valores están expresados en % en peso.

	Agua	Sacarosa	Pectina cítrica	Estevia	Ácido cítrico	Lactato de calcio	Benzoato de Potasio
SM1	76,60	20	3,00	0,10	0,25		0,05
SM2	59,7	40			0,25		0,05
SM3	75,10	20	3,00	0,10	0,25	1,50	0,05
SP1	66,60	30	3,00	0,10	0,25		0,05
SP2	39,70	60			0,25		0,05
SP3	65,10	30	3,00	0,10	0,25	1,50	0,05

En la Tabla 2 se presentan los valores de fuerza máxima ($F_{\text{máx}}$) y contenido de calcio y magnesio (mg/100 g de producto) de las frutas frescas, impregnadas y cocidas en los distintos almíbares formulados. El proceso de impregnación incrementó notablemente el contenido de calcio y de magnesio en ambas frutas; aunque durante la cocción posterior se redujo parte del contenido de minerales ganados en la etapa de impregnación, el contenido final de calcio de la fruta en almíbar respecto de la fruta fresca fue 3-4 veces superior en manzanas y 2-3 veces superior en papayas. El proceso de cocción reduce la $F_{\text{máx}}$ del tejido de manzana, con o sin impregnación con Ca y Mg, pero no altera este parámetro de la fruta de papaya. Así, la $F_{\text{máx}}$ de manzana impregnada y cocida en almíbar fue igual a la fruta fresca, en tanto que la $F_{\text{máx}}$ de papaya impregnada y cocida en almíbar aumentó hasta 5 veces el valor registrado en la fruta fresca.

Tabla 2. Fuerza máxima y contenido de calcio y magnesio de manzana y papaya fresca, impregnada y cocida en almíbares con distinto contenido calórico.

Tratamientos	$F_{\text{máx}}$ (N)	Calcio (mg/100 g)	Magnesio (mg/100 g)
Manzana			
ST (Fresca)	1,54±0,29 ^{cd}	3,75±0,14 ^b	2,14±0,30 ^a
I	2,52±0,62 ^e	93,50±2,44 ^d	27,89±2,73 ^d
I+SM1	1,18±0,46 ^c	13,93±3,30 ^c	4,90±0,33 ^b
I+SM2	1,79±0,49 ^d	11,60±3,18 ^c	6,53±0,34 ^c
SM1	0,23±0,08 ^b	3,24±0,06 ^{ab}	2,25±0,48 ^a
SM2	0,11±0,04 ^a	2,79±0,49 ^a	2,18±0,05 ^a
SM3	0,22±0,08 ^b	111,90±25,06 ^d	2,03±0,21 ^a
Papaya			
ST (Fresca)	0,34±0,11 ^b	20,59±2,44 ^a	8,71±1,25 ^b
I	1,54±0,60 ^c	147,32±5,01 ^c	35,50±0,46 ^d
I+SP1	1,54±0,18 ^c	42,32±2,77 ^b	11,64±0,11 ^b
I+SP2	1,75±0,30 ^c	51,59±12,74 ^b	16,87±2,98 ^c
SP1	0,18±0,06 ^a	20,36±3,30 ^a	8,96±0,44 ^b
SP2	0,38±0,05 ^b	19,75±2,43 ^a	10,04±3,18 ^b
SP3	0,33±0,09 ^b	180,30±4,71 ^d	4,78±0,44 ^a

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0,05$).

** $F_{\text{máx}}$: Fuerza máxima; ST: sin tratamiento o fruta fresca; I: impregnación; SMj: cocción en almíbar SMj; SPj: cocción en almíbar SPj

Por otra parte, en la fruta en almíbar previamente impregnada se observa una relación positiva del contenido de calcio sobre la $F_{\text{máx}}$ y, que podría deberse a la

interacción del Ca^{++} con las pectinas, mientras que en las muestras de fruta cocidas directamente en almíbar con lactato de calcio (SM3 y SP3) la absorción de calcio parece deberse a efectos exclusivamente difusivos ya que su incremento no tiene efecto sobre la fuerza máxima.

En cuanto a la incorporación de magnesio, se obtuvo manzana en almíbar con contenido de magnesio entre 5 y 7 mg/100g, y papaya en almíbar entre 12 y 17 mg/100g.

Respecto al comportamiento reológico, los almíbares formulados con sacarosa, estevia y pectina (SM1 y SP1) presentaron inicialmente un comportamiento pseudoplástico, los datos τ vs γ fueron ajustados adecuadamente mediante la ley de la potencia ($R^2=0,999$). Las demás formulaciones de almíbares presentaron un comportamiento newtoniano. Luego de la cocción todos los almíbares ensayados presentaron un comportamiento newtoniano ($R^2=0,992-0,999$).

La transmitancia óptica de las soluciones iniciales de cocción fueron entre 6 y 96% respecto del agua pura dependiendo de formulación del almíbar.

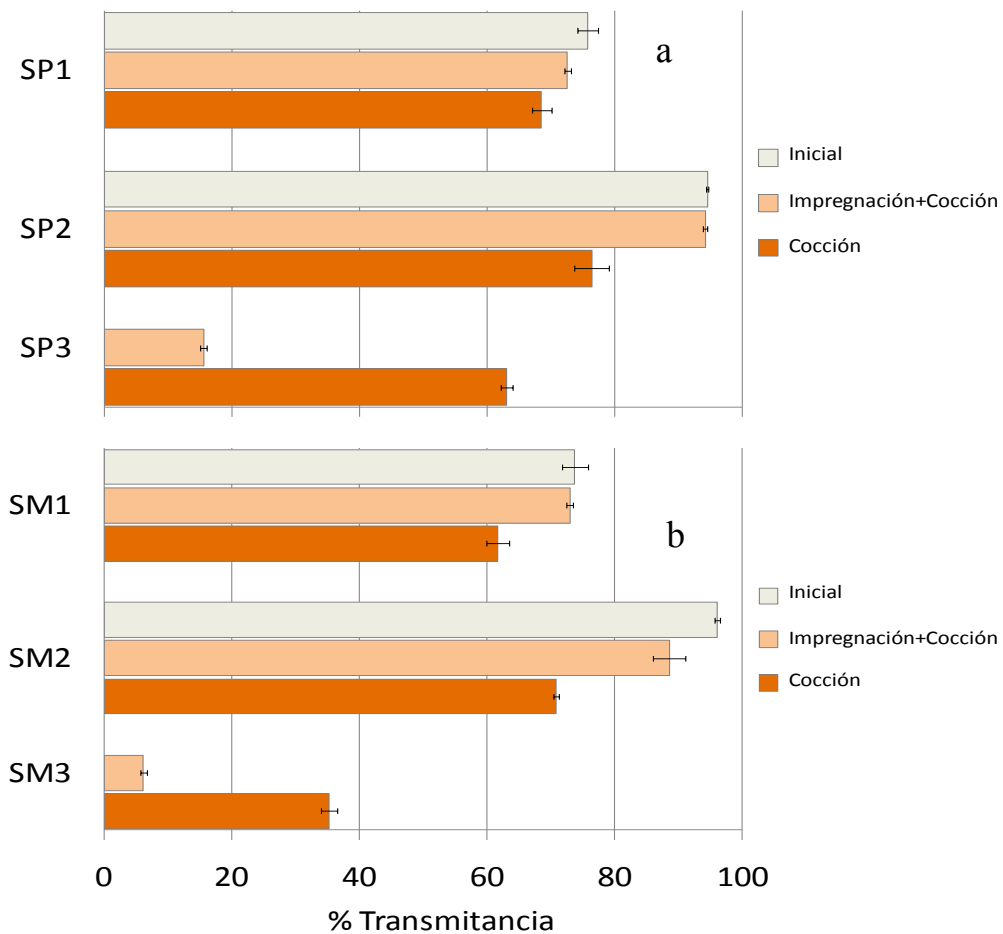


Figura 1. Porcentaje de transmitancia óptica de almíbares iniciales y post-cocción utilizados en frutas con y sin impregnación para manzana (a) y para papaya (b).

En la Figura 1a y 1b puede observarse que los valores de transmitancia óptica de los almíbares frescos aumentaron con la concentración de sacarosa y se redujeron con el agregado de lactato de calcio. Asimismo, la transmitancia de los almíbares disminuyó en la cocción de frutas impregnadas, y aumentó notablemente en almíbares que contenían lactato de calcio en su formulación luego de la cocción de la fruta (SM3 y SP3).

3.2. Mermeladas de manzana y papaya baja en calorías con adición de calcio

En la Tabla 3 se presentan los ingredientes de las mermeladas elaboradas M1 y M2 en la que se evaluaron: contenidos de calcio y magnesio, propiedades mecánicas y comportamiento reológico y se compararon los resultados con una mermelada regular de papaya de marca comercial (MC) que contenía sacarosa, ácido cítrico, sorbato de potasio como agente microbiano, pectina y goma xántica como agentes estabilizante y espesante.

Tabla 3. Ingredientes de mermelada reducida en calorías.

	M1	M2
Manzana	210,21 g	129,40 g
Papaya	204,41 g	130,4 g
Sacarosa	124,39 g	51,96 g
Estevia	0,97 g	0,69 g
Pectina cítrica	4,14g	2,60 g
Lactato de calcio	4,14 g	2,60 g

El contenido de calcio en la mermelada elaborada M1 fue $218,42 \pm 16,28$ mg/100 g y en la M2 $176,48 \pm 22,07$ mg/100 g, aproximadamente 6 veces mayor que en la muestra comercial ($31,99 \pm 2,69$). El contenido de magnesio promedio fue de $9,87 \pm 1,54$ mg/100 g similar al contenido de magnesio de la muestra comercial ($8,42 \pm 0,25$ mg/100 g).

La mermelada MC a diferencia de la muestra preparada en este trabajo presentó una estructura homogénea sin presencia de sólidos disueltos ni trozos de frutas. La consistencia de las muestras de mermelada reducida en calorías fue mayor que la consistencia de la mermelada comercial regular.

Los reogramas (τ vs γ) obtenidos de las muestras elaboradas y la muestra comercial mostraron un comportamiento no newtoniano con umbral de fluencia (τ_0) y se ajustaron adecuadamente al modelo de Herschel-Bukley (R^2 0,999 y 0,996).

4. Conclusiones

La impregnación previa a la cocción permitió enriquecer las frutas en almíbar con calcio y magnesio, manteniendo la fuerza máxima de la manzana en almíbar similar a la fruta fresca e incrementando hasta 5 veces la fuerza máxima de papaya en almíbar respecto de la fruta fresca. Además la claridad de los almíbares utilizados en la cocción de frutas previamente impregnadas fue notablemente mayor. Los almíbares elaborados luego de la cocción se comportaron como fluidos newtonianos.

La mermelada elaborada en este trabajo se comportó como un fluido plástico con umbral de fluencia y el modelo Herschel-Bulkley (HB) describió adecuadamente el comportamiento reológico. En base a los resultados se concluye que es factible obtener manzana y papaya en almíbar y mermelada de manzana-papaya enriquecidas en calcio y/o magnesio; y reducidas en calorías.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero del CONICET y de la FCEQyN de la Universidad Nacional de Misiones.

Referencias

- Assis F.R. L., Rodrigues G.G., Tribuzi G., De Souza P.G, Carciofi B.A.M., Laurindo J.B. (2019). Fortified apple (*Malus spp.*, var. Fuji) snacks by vacuum impregnation of calcium lactate and convective drying. *LWT - Food Science and Technology* 113, 108298
- Chekri R., Noel L.; Millour S., Vastel C. Kadar A., Sirot V. Leblanc J.C., Guerin T. (2012). Calcium, magnesium, sodium and potassium levels in foodstuffs from the second French Total Diet Study. *Journal of Food Composition and Analysis* 25, 97–107.
- Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., Zura-Bravo, L., Ah-Hen, K. (2012). Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natura sweetener: a comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. *Food Chemistry* 132, 1121–1132.
- Lovera N.N., Ramallo L.A., Salvadori V.O. (2018). Effects of different freezing methods on calcium enriched papaya (*Carica papaya L.*). *Journal of Food Science and Technology* 55, 2039–2047
- Lovera, N.N., Ramallo, L.A. Salvadori, V.O. (2018a). Incorporación de calcio y magnesio durante la deshidratación osmótica de manzana y papaya. Resumen y Poster presentado en el VI Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba, Argentina, noviembre de 2018.
- Lovera, N.N., Ramallo, L.A. Salvadori, V.O. (2018b). Fruta enriquecida en calcio y magnesio elaborada en almíbar reducido en calorías. Resumen y Poster presentado en el VI Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba, Argentina, noviembre de 2018.
- Lovera, N.N., Ramallo, L.A. Salvadori, V.O. (2014a). Effect of processing conditions on calcium content, firmness and color of papaya in syrup. *Journal of Food Processing*, v 2014, Article ID 603639, 8 págs.