



Encuentro
de JÓVENES
INVESTIGADORES

“FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE GELES LÁCTEOS INDUCIDOS POR AGREGADO DE CALCIO, NUTRICIONALMENTE ENRIQUECIDOS CON PÉPTIDOS BIOACTIVOS”

Satler, Lucía

INTEC (UNL-CONICET), Predio CCT-CONICET Santa Fe, RN 168 (3000), Santa Fe, Argentina.

Director/a: Olivares, María Laura

Codirector/a: Sihufe, Guillermo

Área: Ciencias biológicas

Palabras clave: péptidos bioactivos, geles lácteos, caracterización fisicoquímica.

INTRODUCCIÓN

La industria láctea es uno de los sectores más importantes de la economía del país. La misma produce grandes cantidades de suero como subproducto derivado de la industria quesera. El uso y aprovechamiento de las proteínas del lactosuero con fines nutricionales ha despertado mucha atención, dado que el procesamiento de las mismas puede producir varios péptidos con propiedades bioactivas que poseen efectos fisiológicos en el cuerpo humano. En este sentido, la hidrólisis enzimática controlada de las proteínas de suero lácteo es una herramienta sumamente útil para obtener péptidos bioactivos (Madureira y col., 2010).

Actualmente, la producción de alimentos suplementados con minerales es una estrategia importante a la hora de prevenir carencias de cationes, siendo la leche y sus derivados muy buenos vehículos para tal fin. Trabajos previos han propuesto el tratamiento térmico de la leche fortificada con calcio como un proceso novedoso que conduce a la coagulación de la leche y a la formación del llamado “*calcium-milk coagulum*” (Lin y col., 2020; Ramasubramanian y col., 2014). Este tipo de desarrollo permite obtener un gel a base de leche mediante la adición de calcio, sin agregado de otros espesantes ni fermentos y con buenas características fisicoquímicas que constituya una matriz láctea para futuras formulaciones de postres.

-Título del proyecto: “Producción de un alimento funcional de base láctea: caracterización fisicoquímica y nutricional, y estudio de factibilidad para un adecuado cambio de escala”.

- Instrumento: CAI+D 2020

- Director: Dr. Guillermo A Sihufe

- Institución Beneficiaria: INTEC (UNL-CONICET)

- Institución financiadora: Universidad Nacional del Litoral

- Periodo: 2021-2024



En este trabajo, se obtuvieron geles a base de leche y agregado de cloruro de calcio, y de hidrolizados enzimáticos de concentrado proteico de suero lácteo (WPC80), en los cuales se han caracterizado algunos aspectos fisicoquímicos estrechamente ligados a propiedades sensoriales de interés para su uso futuro.

OBJETIVOS

- Obtener geles lácteos por adición de calcio y con agregado de hidrolizados de proteína de suero lácteo (WPH), de manera tal que constituyan una matriz para futuras formulaciones de postres.
- Caracterizar fisicoquímicamente los geles obtenidos.

METODOLOGÍA

Se formularon geles partiendo de dispersiones de leche en polvo San Regim 0% grasa al 30% m/m, se les añadió azida sódica 0,02 % m/v y se conservaron toda la noche a 25°C. Al día siguiente se trató térmicamente la leche a 90°C durante 5 min, dado que se ha reportado que este procedimiento permite obtener geles más fuertes. Seguidamente las leches se enfriaron a 25°C por 10 minutos (Ramasubramanian y col., 2014).

Posteriormente, se adicionaron sales de cloruro de calcio o lactato de calcio en una concentración de 90 mmol/Kg y extractos de hidrolizados proteicos (liofilizados), en concentraciones de 0,1%, 1% y 3% m/v. Se incluyó una muestra control que contiene solo la sal de calcio correspondiente, sin agregado de WPH, obteniéndose cada formulación por duplicado. Para inducir la gelificación se realizó un tratamiento térmico a 80°C durante 15 minutos, seguido de un enfriamiento a 25°C durante 10 minutos (Ramasubramanian y col., 2014; Siamand y col., 2014).

Una vez obtenidos los geles, se procedió a caracterizarlos. En primer lugar, se midió el pH y la conductividad a las leches formuladas previamente al tratamiento térmico. Luego de inducir la gelificación, se volvió a medir el pH para observar las posibles variaciones.

Por otro lado, se analizó reológicamente el proceso de gelificación a través de curvas de temperatura en modo rotacional (viscosidad en función de la temperatura) utilizando un viscosímetro Brookfield DV3TLVCP (Brookfield Engineering Laboratories Inc., Middleboro, MA, USA). Además, se determinaron características reológicas de los geles mediante curvas de fluidez en un rango de velocidad de deformación de 0.1 a 500 s⁻¹, utilizando también un viscosímetro Brookfield DV3TRV (Brookfield Engineering Laboratories Inc., Middleboro, MA, USA).

Por último, se determinó la sinéresis y la capacidad de retención de agua de los geles. Para ello, se llenaron tubos *Eppendorf* (1,5 mL) con los geles, se pesaron y centrifugaron a 1100 g durante 10 min a 10 °C (1ª centrifugación). La sinéresis se determinó como el porcentaje (m/m) de suero expulsado del gel. El pellet se volvió a centrifugar a 13500 g durante 30 min a 10 °C (2ª centrifugación), luego se escurrió y se pesó. La capacidad de retención de agua del gel se calculó como el porcentaje (m/m) del pellet obtenido después de la segunda centrifugación en la muestra de gel. (Tarapata y col., 2020). Estas mediciones se realizaron por triplicado. Para estos procedimientos se utilizó una centrífuga Biofuge 28RS (Heraeus Sepatech, Osterode, Germany). Los resultados se analizaron en forma estadística aplicando ANOVA para detectar diferencias entre las muestras ($p < 0,05$).

CONCLUSIONES

En líneas generales, se obtuvieron geles de buena consistencia y firmeza, observándose en la Figura 1 un ejemplo de lo mencionado. Se observó que la



conductividad disminuyó a medida que aumentó la concentración de hidrolizado adicionada, tendencia que indicaría que algunas especies iónicas presentes en la leche perdieron su carga eléctrica sugiriendo su unión a la fracción peptídica. Por otro lado, un aumento del pH se observó para las muestras con el mayor agregado de péptidos, sugiriendo una modificación en los equilibrios ácido-base presentes en la leche.

Las curvas de temperatura (Figuras 2a y 2b) mostraron que las formulaciones con cloruro de calcio gelificaron a temperaturas menores que las que contuvieron lactato de calcio. Por otro lado, a mayores concentraciones de hidrolizados (3% m/v) disminuyó la temperatura de gelificación. Las curvas de fluidez (Figuras 2c y 2d) mostraron el comportamiento típico de un fluido pseudoplástico, donde la viscosidad disminuyó a medida que aumentó la velocidad de deformación.

Con respecto a los valores obtenidos en las pruebas de sinéresis y capacidad de retención de agua (Tabla 1), se destaca que los geles con un agregado de 3% m/v de hidrolizados presentaron elevados valores de sinéresis, mientras que las muestras con 0,1 y 1% m/v de hidrolizados presentaron porcentajes de sinéresis cercanos a 4%, siendo estos valores aceptables para ser considerados en una futura formulación base para un postre. Finalmente, la capacidad de retención de agua aumentó con la cantidad de hidrolizados adicionada. Los resultados obtenidos posicionan a las formulaciones con 1% m/v de hidrolizados con las mejores características fisicoquímicas para el desarrollo de postres de base láctea nutricionalmente enriquecidos, lo cual será corroborado con estudios complementarios.



Figura 1: Geles lácteos con 90 mmol Kg^{-1} de lactato de calcio y 1% m/v de WPH.

Tabla 1: Valores promedio y desviaciones estándar correspondientes a la sinéresis y capacidad de retención de agua (CRA) de las formulaciones estudiadas.

	Cloruro de Calcio		Lactato de Calcio	
	Sinéresis (%)	CRA (%)	Sinéresis (%)	CRA (%)
Control	$1,61 \pm 1,12^a$	$58,47 \pm 1,03^a$	$2,96 \pm 1,73^a$	$56,93 \pm 2,86^b$
0,1% WPH	$3,44 \pm 0,88^b$	$58,82 \pm 1,60^a$	$3,60 \pm 1,92^a$	$54,17 \pm 1,14^a$
1% WPH	$1,83 \pm 0,84^a$	$62,51 \pm 1,12^b$	$2,21 \pm 1,25^a$	$56,35 \pm 0,56^{ab}$
3% WPH	$8,50 \pm 1,28^c$	$61,96 \pm 1,56^b$	$6,72 \pm 1,91^b$	$61,26 \pm 1,19^c$

^{a-c}: letras diferentes en una misma columna implican diferencias significativas ($p < 0,05$).

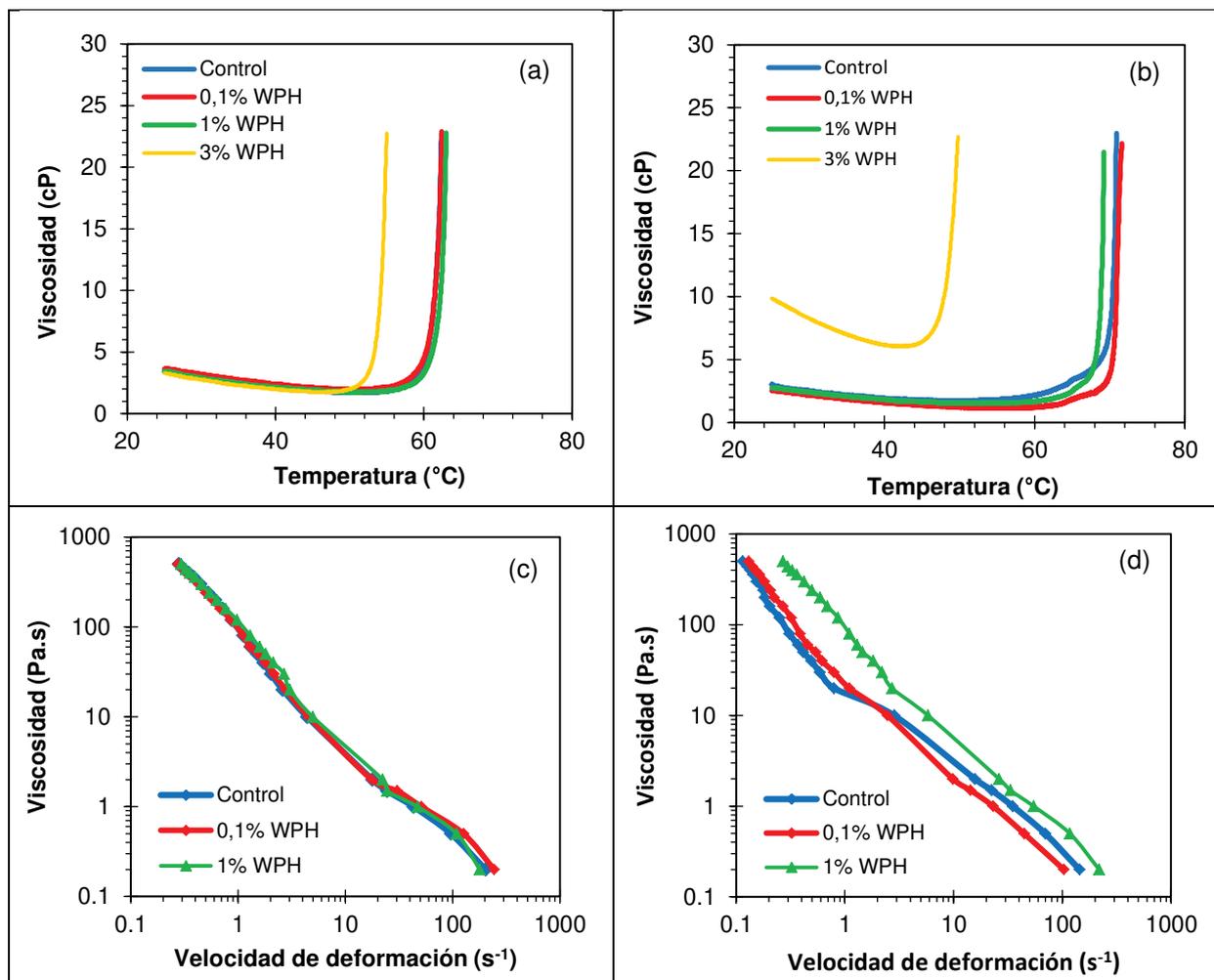


Figura 2: Curvas de temperatura de leches con agregado de WPH y: (a) Cloruro de Calcio, (b) Lactato de Calcio. Curvas de fluidez de geles con agregado de WPH y: (c) Cloruro de Calcio, (d) Lactato de Calcio. Las curvas de fluidez con 3% WPH no pudieron ensayarse por exceder el límite de torque admitido por el viscosímetro.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- Lin, L., Wong, M., Deeth, H. C. y Oh, H. E. 2020. Calcium-induced skim milk gels: Impact of holding temperature and ionic strength. *International Dairy Journal*, 104, 104657. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104657>.
- Madureira, A. R., Tavares, T., Gomes, A. M. P., Pintado, M. E. y Malcata, F. X. 2010. Invited review: Physiological properties of bioactive peptides obtained from whey proteins. *Journal of Dairy Science*, 93(2), 437-455. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2566>
- Ramasubramanian, L., D'Arcy, B. R., Deeth, H. C. y Oh, H. E. 2014. The rheological properties of calcium-induced milk gels. *Journal of Food Engineering*, 130, 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.01.020>
- Siamand, R., Deeth, H. C. y Al-Saadi, J. M. S. 2014. Textural and sensory properties of a calcium-induced milk gel. *Journal of Food Engineering*, 139, 10–12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.04.014>
- Tarapata, J., Smoczyński, M., Maciejczyk, M. y Zulewska, J. 2020. Effect of calcium chloride addition on properties of acid-rennet gels. *International Dairy Journal*, 106. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104707>.