



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

---

## USO DE DE ALMIDÓN DE PAPA ANDINA NATIVA Y DESHIDRATADA (CHUÑO) COMO ESTABILIZANTES EN LA ELABORACIÓN DE YOGUR FIRME REDUCIDO EN GRASA

Bustos, A. Y<sup>1,2</sup>; Torres Quinteros, L.<sup>1</sup>; Cruz Ortiz, G.<sup>1</sup>; Ferrero C.<sup>3</sup>; Gerez, C. L.<sup>4</sup>; Iturriaga, L.B.<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup> Centro de Investigación Biofísica Aplicada y Alimentos (CIBAAL-CONICET), RN 9, km 1125, Villa El Zanjón, Santiago del Estero, Argentina.

<sup>2</sup> Facultad de Agronomía y Agroindustria, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano Sur 1912, G4200 Santiago del Estero.

<sup>3</sup> Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos, Calle 47, Casco Urbano, B1900AJJ, La Plata, Buenos Aires.

<sup>4</sup> Centro de Referencia para Lactobacilos, Chacabuco 145, 4000, San Miguel de Tucumán, Argentina.

Autora para correspondencia: E-mail: [abustos@uspt.edu.ar](mailto:abustos@uspt.edu.ar)

### RESUMEN

El yogur es el alimento lácteo fermentado de mayor consumo a nivel internacional, debido tanto a sus propiedades nutricionales y sensoriales distintivas como por su impacto positivo en la salud del consumidor. Así, el mercado de yogur es uno de los más dinámicos del sector lácteo, con propuestas novedosas, entre las cuales se destaca las variedades con contenido reducido en grasas. Sin embargo, la omisión de la grasa introduce problemas de calidad que conducen al rechazo por el consumidor. La principal estrategia empleada para superar estas limitaciones es el agregado de hidrocoloides (HC) como estabilizantes. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia del agregado de almidón de papa andina nativa y de "chuño" (papa andina congelada y deshidratada) como estabilizantes en la elaboración de yogur firme bajo en grasas. Se prepararon tres formulaciones de yogures a partir de leche descremada reconstituida (10%, p/v) añadida con almidón de papa nativa (AN) o "chuño" (ACH) [2,5% (p/v) final en producto]. Los HC previamente disueltos en leche (en proporción 1:10) se agregaron previo al tratamiento térmico (90°C, 5 min con agitación). La fermentación de la leche se llevó a cabo a 45°C en baño de agua hasta pH 4,5. El grado de sinéresis, propiedades de flujo y viscoelásticas de los yogures fueron evaluados y comparados con los de un yogur control preparado sin almidón, en los días 1, 7, 14 y 28 de almacenamiento. Para la obtención de las curvas de flujo y las medidas oscilatorias se utilizó un reómetro (AR 2000; TA Instruments, New Castle, DE, EE. UU.) geometría plato-plato de 40 mm.

El agregado de almidones de AN y ACH modificó significativamente los parámetros evaluados en relación al yogur control. En relación a la sinéresis, los mayores valores se observaron en el YC, efecto que incrementó significativamente con el tiempo de almacenamiento. Se observa que las formulaciones con almidones no mostraron diferencias significativas entre ellas hasta el día 7. Sin embargo, el YCH incrementó

paulatinamente los valores de sinéresis luego del día 14, mientras que en la formulación YN no se observaron diferencias hasta el final del ensayo.

Además, las muestras mostraron claras diferencias en cuanto a sus propiedades reológicas. En términos generales, los yogures que contienen almidones exhibieron valores de viscosidad aparente más altos que los observados en el YC después de 1 día de almacenamiento, tendencia que se mantuvo hasta el final del ensayo. Por otra parte, los valores de los módulos viscoso ( $G'$ ), elástico ( $G''$ ) y complejo ( $G^*$ ) incrementaron proporcionalmente a la frecuencia angular, siendo  $G'$  superior a  $G''$  en todos los casos.  $G^*$  también mostró diferencias entre las muestras, siendo significativamente mayores en las muestras con AN, seguida de ACH, en relación al control para todos los tiempos evaluados. Nuestros resultados demostraron que la incorporación de almidones de papa andina y chuño en la formulación de yogur firme reducido en grasas permitió reducir el grado de sinéresis proporcionando mejores características reológicas al producto final.

**Palabras claves:** Yogurt bajo en grasa; Almidones; Papas andinas; Sinéresis; Propiedades reológicas

## 1. Introducción

El consumo per cápita de yogur se ha duplicado en el nuevo milenio, con un incremento de ventas anuales del 113% desde 2001 (USDA, 2013), mientras que el consumo general de lácteos per cápita se mantuvo igual durante el mismo período. Francia es el principal consumidor de yogur, con un promedio de 45 litros por año per cápita mientras que en Argentina el consumo de yogur per cápita por año asciende a seis litros y se estima un crecimiento del 50% en cinco años (Bustos et al. 2018). Esta tendencia mundial se debe principalmente a la mayor conciencia del vínculo entre la dieta y la salud que influye en las preferencias de los consumidores.

Los efectos benéficos del consumo de yogur han sido bien documentados y están relacionados a su valor nutricional y elevada digestibilidad (Adolfsson et al. 2004; Sanders et al. 2008). Además, en los últimos años, las variedades de yogures bajos en grasa constituyen un segmento de impactante crecimiento en el mercado.

Desde un punto de vista químico, el yogur es un gel compuesto en el que las proteínas del suero desnaturalizadas dentro de una matriz de caseína, mientras que los glóbulos de grasa de la leche se incorporan a la estructura final (Xiong et al., 1991). La composición particular y la disposición espacial de los componentes son responsables de la sensación placentera al ingerirlo, siendo la firmeza y la cremosidad algunos de los atributos sensoriales percibidos por los consumidores (Cayot et al., 2008). Sin embargo, las características estructurales y mecánicas del yogur pueden alterarse cuando se reduce su contenido de grasa, lo que resulta en características sensoriales y de textura

deficientes y alta sinéresis (Sandoval-Castilla et al., 2004). La sinéresis es una característica indeseable que presentan los subproductos lácteos, observándose una capa líquida (suero) y el sólido del producto. Esta separación espontánea de suero afecta negativamente la percepción del producto por parte del consumidor y está relacionada con una red inestable producida por un aumento en la reorganización de la matriz del gel (Lee & Lucey, 2010).

Una alternativa simple e interesante para formular yogures bajos en grasa es crear bloques de construcción físicos (elementos estructurales) dentro de la fase continua que puedan sustituir la funcionalidad de la grasa láctea eliminada. El uso de almidones nativos y modificados en las formulaciones de alimentos bajos en grasa es una estrategia tecnológica interesante (Lobato-Calleros et al., 2014). Además, en general, los almidones afectan mínimamente las propiedades sensoriales de los alimentos en comparación con otros hidrocoloides. Entre las propiedades fisicoquímicas deseables de los almidones se encuentran su viscosidad, capacidad de formación de gel y capacidad de retención de agua que los hacen útiles en una variedad de alimentos.

Los almidones comerciales usados como aditivos se obtienen de las semillas de cereales, particularmente de maíz, trigo, varios tipos de arroz, siendo los tubérculos una fuente potencial y poco explorada. Los tubérculos andinos cubren un grupo de raíces amiláceas que crecen en tierras altas (más de 3000 m de altitud) en la región andina, que en Argentina se limita a la Quebrada de Humahuaca, Puna y los valles altos de las provincias de Jujuy y Salta. Han sido consumidos por más de 3000 años por pueblos andinos como incas, quechuas y aymaras (Goldner et al. 2012). Entre ellos, los más extendidos son la papa andina (*Solanum tuberosum* ssp. *andigenum*), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) y Papalisa (*Ullucus tuberosus* Caldas). Debido a que estos tubérculos son perecederos, los habitantes precolombinos, utilizaron un proceso de congelación y secado al ambiente que aprovecha la ventaja de la diferencia de temperatura entre el día y la noche, obteniéndose un producto conocido como “chuño” el cual también se utilizaba molido para convertirse en harina y ser utilizado en los alimentos cocidos. El proceso es una de las tecnologías andinas más sofisticadas y ampliamente difundidas (Cruz et al. 2016). Algunos estudios sobre el valor nutricional de los tubérculos andinos confirman que pueden usarse como alternativas para satisfacer la creciente demanda de alimentos para humanos y animales y en aplicaciones industrial (Condori et al. 2012).

A pesar de una creciente inserción en el mercado de tubérculos andinos y sus derivados, en la actualidad no se han explorado nuevas formas de procesamiento y usos potenciales. Estudios previos realizados por nuestro grupo de trabajo demostraron que los almidones de papa andina presentan características fisicoquímicas y reológicas similares a las de almidones convencionales (Cruz et al. 2016) por lo que su inclusión en yogures bajos en grasas podría ser una alternativa de revalorización de estos productos ancestrales. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del agregado de almidones extraídos de papa andina nativa y de chuño sobre las propiedades reológicas de cizallamiento rotacional y oscilatorio y sinéresis de yogures bajos en grasa.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1 Materiales**

Para la preparación de los yogures se utilizaron leche parcialmente descremada en polvo (SanCor Coop. Unidas Limitada Sunchales, Argentina) y almidón aislado de cultivares de papa andina nativa (especie *Solanum* llamadas Rosadita) y de chuño. Las papas andinas se cultivaron en la región de la Quebrada de Humahuaca, provincia de Jujuy, Argentina. Además, se utilizó un fermento láctico comercial liofilizado (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, Chr. Hansen ®).

### **2.2 Obtención de chuño y extracción de almidón**

El chuño y los almidones empleados fueron obtenidos durante el desarrollo de la tesis doctoral de Cruz Ortiz (2017). Previos a su adición, los almidones fueron tamizados (malla N°35, 500 micras) para homogeneizar el tamaño de partícula.

### **2.3 Proceso de fabricación de yogur firme reducido en grasas**

El yogur se preparó siguiendo una formulación estándar a partir de leche descremada en polvo (10% p/v) sin (CY) y con la adición de 2.5% (p/v) de almidón de papa andina nativa (NY) y de "chuño" (CHY). Los almidones fueron disueltos en leche y las suspensiones se agregaron a la leche reconstituida, previo al tratamiento térmico (5 min a 90°C, con agitación). Luego se enfriaron rápidamente hasta 45°C y se adicionó el fermento según instrucciones del fabricante. Por último se fraccionaron (100 ml) en potes estériles y se llevaron a incubación en estufa a 45°C hasta alcanzar un pH de 4,5. El yogur obtenido fue almacenado a 4°C.

## 2.4 Sinéresis

La evaluación de la sinéresis se realizó en los días 1, 7, 14 y 28 de almacenamiento. Para ello, 25 g de muestra fueron centrifugados a 400 g, durante 20 min a 4°C. Luego se pesó el sobrenadante y el grado de sinéresis fue calculado como porcentaje en peso con respecto al peso original del yogur. Los análisis de sinéresis se realizaron por triplicado.

## 2.5 Determinaciones reológicas

Las determinaciones reológicas se realizaron en reómetro (AR 2000; TA Instruments, New Castle, DE, USA) utilizando una geometría de plato-plato de 40 mm y fijando la temperatura del sistema a 25°C. Las evaluaciones se realizaron al día 1, 7, 14 y 28 de almacenamiento. Antes de cada determinación, las muestras de yogur se homogeneizaron con la ayuda de una espátula y luego se dejaron reposar 5 minutos. Los análisis se realizaron por triplicado.

Las curvas de flujo se obtuvieron trabajando en rampa continua aplicando velocidad de corte de 0 a 300 s<sup>-1</sup>. Para explicar la dependencia de la viscosidad aparente ( $\eta$ ) con la velocidad de corte ( $\dot{\gamma}$ ), los perfiles obtenidos se ajustaron al modelo reológico de Cross, usando el software Rheology Advantage Data Analysis:

$$\frac{\eta - \eta_{\infty}}{\eta_0 - \eta_{\infty}} = \frac{1}{1 + (c\dot{\gamma})^d}$$

Donde  $\eta_0$  es viscosidad de tasa cero (Pa.s),  $\eta_{\infty}$  es viscosidad de velocidad infinita (Pa.s),  $c$  es consistencia (s) y  $d$  es índice de tasa.

Además de acuerdo a Cutler, Morris y Taylor (1983), la viscosidad aparente determinada a la velocidad de corte de 50 s<sup>-1</sup> ha sido usada como un indicador instrumental de la consistencia percibida en boca en alimentos semisólidos. Por lo tanto, los valores de viscosidad aparente a una velocidad de corte de 50 s<sup>-1</sup> ( $\eta_{50}$ ) fueron calculadas de la siguiente forma:

$$\eta_{50} = \eta_{\infty} + \frac{\eta_0 - \eta_{\infty}}{1 + (c50)^d}$$

Los ensayos reológicos dinámicos se realizaron previa determinación rango de viscoelasticidad lineal, aplicando un barrido de frecuencia de 0,01 a 10 Hz. El software Rheology Advantage Data Analysis Program se utilizó para obtener los datos del

módulo de almacenamiento ( $G'$ ), módulo de pérdida ( $G''$ ), módulo complejo ( $G^*$ ). Además, se obtuvo  $\text{Tan}\delta = G''/G'$ , parámetro adimensional que permite obtener conclusiones acerca de la fuerza del gel.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1 Producción de yogur y sinéresis

Las diferentes variedades de yogures se elaboraron siguiendo una formulación estándar para yogures firmes. Después de un período de 6 h, las muestras alcanzaron valores de pH de 4.5–4.6. La adición de almidones no modificó los tiempos de producción.

La **Tabla 1** muestra los valores de sinéresis calculados para las diferentes variedades de yogur al día 1 y durante el almacenamiento. Los mayores valores de sinéresis se observaron en el YC, efecto que incrementó significativamente con el tiempo de almacenamiento. Por el contrario, el agregado de las dos variedades de almidones redujo la separación espontánea de suero en todo el período evaluado. Se observa que las formulaciones con almidones no mostraron diferencias significativas entre ellas hasta el día 7. Sin embargo, el YCH incrementó paulatinamente los valores de sinéresis luego del día 14, mientras que en la formulación YN no se observaron diferencias hasta el final del ensayo.

Tabla 1. Sinéresis de las diferentes variedades de yogur durante el almacenamiento (medias  $\pm$  DE).

Muestra	Sinéresis (%)			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 28
YC	23,09 $\pm$ 2,39 <sup>a,1</sup>	29,06 $\pm$ 0,83 <sup>a,2</sup>	31,51 $\pm$ 0,72 <sup>a,2</sup>	35,65 $\pm$ 6,93 <sup>a,3</sup>
YN	16,15 $\pm$ 1,55 <sup>b,1</sup>	15,67 $\pm$ 0,55 <sup>b,1</sup>	16,29 $\pm$ 3,95 <sup>b,1</sup>	12,92 $\pm$ 0,37 <sup>b,2</sup>
YCH	15,67 $\pm$ 3,05 <sup>c,1</sup>	14,41 $\pm$ 0,49 <sup>b,1</sup>	19,68 $\pm$ 3,53 <sup>c,2</sup>	26,52 $\pm$ 0,90 <sup>c,3</sup>

Las medias en una columna seguidas de letras diferentes son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). Números diferentes en la misma fila indican diferencias significativas.

Los almidones comerciales han sido ampliamente utilizados para lograr propiedades miméticas a las grasas al retener cantidades sustanciales de agua en estructuras de geles débiles (Luo y Gao, 2011). Nuestros resultados con almidones andinos son similares a los reportados por Calleros et al., (2014) para formulaciones de yogur batido bajo en grasa con agregado de 1% de almidones de maíz, maíz céreo y tapioca modificados. En efecto, los autores informan incremento de la sinéresis en yogures control sin estabilizantes luego de 15 días de almacenamiento y una significativa reducción del desuerado con el agregado de los almidones modificados. En línea con estos resultados, Waliszewski et al., (2003) informaron que los almidones de plátano modificados exhibieron una mejor unión al agua que el almidón nativo porque se incorporaron grupos hidrofílicos. Por el contrario, Han et al., (2005) encontraron que los almidones de arroz y maíz cerosos hidroxipropilados tenían mayor capacidad de retención de agua que los almidones no modificados.

### **3.2 Análisis reológicos**

#### **3.2.1 Viscosidad aparente**

La viscosidad aparente ( $\eta$ ) en función de la velocidad de cizalla ( $\dot{\gamma}$ ) de las muestras de yogur se presenta en la **Figura 2**. El perfil de las curvas obtenidas indica que todas las muestras exhiben un comportamiento pseudoplástico, donde se observa una disminución de la viscosidad aparente con el incremento de la velocidad de cizalla. En términos generales, los yogures que contienen almidones exhibieron valores de viscosidad aparente más altos que los observados en el YC después de 1 día de almacenamiento, tendencia que se mantuvo hasta el final del ensayo. Esto podría deberse a que los gránulos de almidón hinchado actúan como rellenos en la red de proteínas, fortaleciendo así sus propiedades. Si bien se observa un ligero incremento de la viscosidad durante el almacenamiento para todas las formulaciones, este no fue estadísticamente significativo (Figuras 2 y Tabla 2). Los resultados de viscosidad observados en el YC respecto de las formulaciones con almidones, parecen estar relacionados con una mayor propensión de la red de gel a expulsar agua (sinéresis). Por otro lado, la adición de almidones a los yogures reducidos en grasa podría producir flóculos de caseína de gran tamaño mediante la gelatinización parcial y mayor unión al agua, reduciendo efectivamente la sinéresis (Tabla 1). Se ha propuesto que los gránulos

de almidón en los geles de leche descremada pueden aumentar la concentración de proteína de la leche durante el hinchamiento, al absorber agua de la fase continua (Zuo et al., 2008). Además, se ha demostrado que el almidón puede formar tanto una red continua (Considine et al., 2011) como compuestos con proteínas (Singh y Byars, 2009) lo que conduciría a una reducción significativa de la sinéresis.

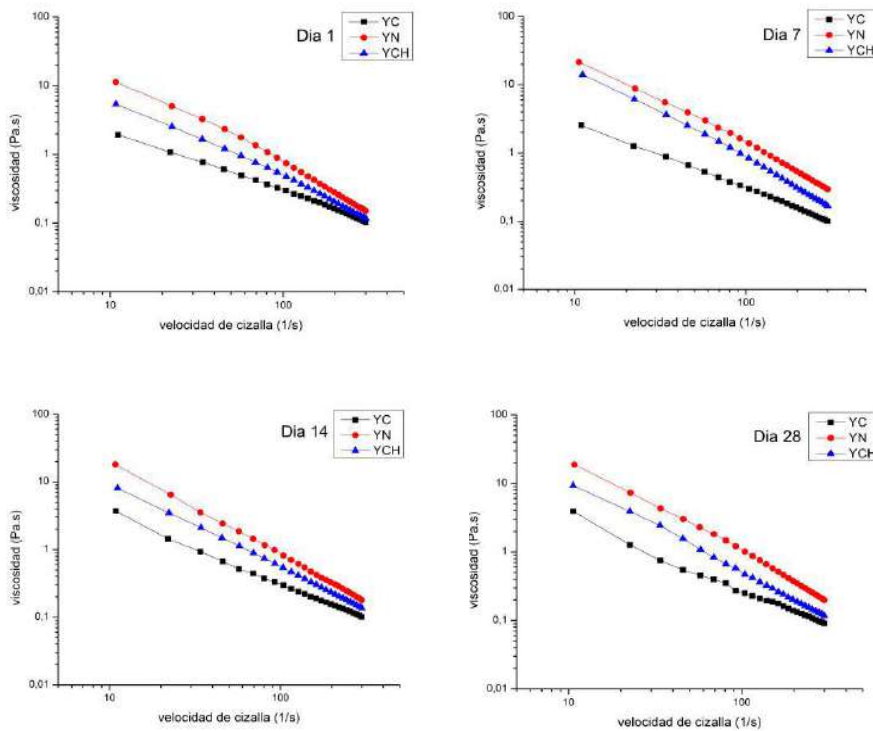


Fig. 1. Patrón de viscosidad aparente para las variedades de yogur después de 1 (a), 7 (b), 14 (c) y 28 días de almacenamiento.

### 3.2.2 Barridos de frecuencia

Las variaciones de  $G'$  y  $G''$  en función de la frecuencia para las diferentes formulaciones de yogur y en los diferentes tiempos de almacenamiento se muestran en la Fig. 3a, b, c y d. Independientemente del tiempo de almacenamiento, todas las variedades de yogur ambos módulos incrementaron conforme aumentaba la frecuencia. En todo el rango de frecuencias estudiado,  $G'$  predominó sobre el  $G''$ , comportamiento que se espera en estos sistemas (Peressini et al., 2003). Tanto en 1 como durante los 28 días de almacenamiento, los yogures con almidones exhibieron valores más altos de  $G'$  y  $G''$  en comparación con los presentados por el YC. Al igual que lo observado con la viscosidad aparente, los mayores valores correspondieron al YN, seguido de YCH y YC. Adicionalmente se evaluó el desarrollo de  $\text{Tan}\delta$ , valor adimensional que compara la



cantidad de energía perdida durante un ciclo de prueba con la cantidad de energía almacenada durante este tiempo (Lobato-Calleros et al., 2009). Todas las variaciones de yogur mostraron valores de  $\text{Tan}\delta$  inferiores a la unidad, lo que confirma que las propiedades elásticas predominan sobre las propiedades viscosas en todos los tiempos de almacenamiento (Tabla 3). Los valores de  $\text{Tan}\delta$  de mayor a menor fueron los siguientes:  $\text{YC} > \text{YCH} > \text{YN}$ , independientemente del tiempo de almacenamiento. Estos resultados indican que la adición de almidones a los yogures bajos en grasa contribuye a la formación de sistemas gelificados más estables.

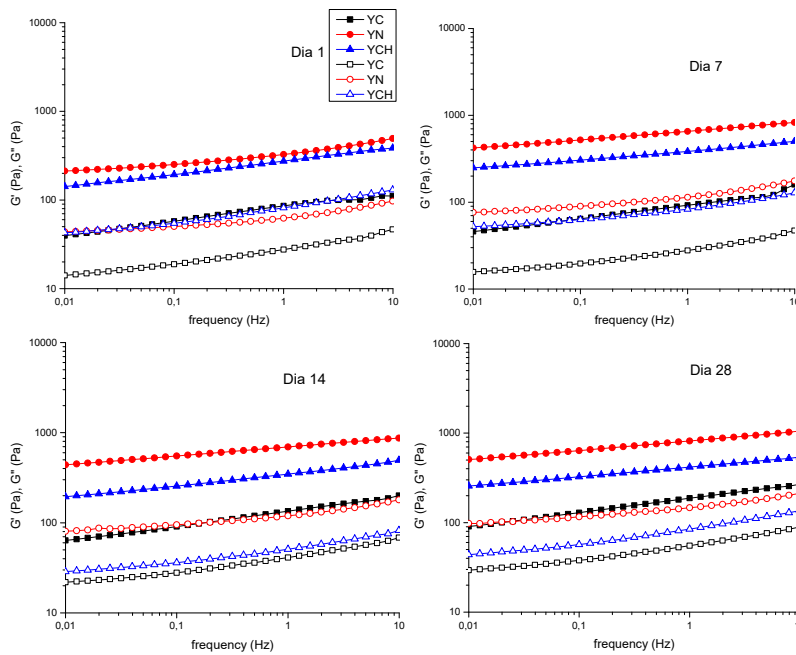


Fig. 2. Módulo de almacenamiento ( $G'$ ) y módulo de pérdida ( $G''$ ) versus frecuencia (Hz) para las diferentes variedades de yogur a: (a) 1 día, (b) 4 días, (c) 14 días y (d) 28 días de almacenamiento.

Tabla 3. Valores del  $\text{Tan}\delta$  y de  $G'$  de YC, YN y YCH a 10 Hz.

Muestra	Dia 1		Dia 7		Dia 14		Dia 28	
	$\text{Tan}\delta$	$ G' $ (Pa)	$\text{Tan}\delta$	$ G' $ (Pa)	$\text{Tan}\delta$	$ G' $ (Pa)	$\text{Tan}\delta$	$ G' $ (Pa)
YC	$0,42 \pm 0,09^{a,1}$	$110,9 \pm 25,11^{a,1}$	$0,29 \pm 0,05^{a,2}$	$159,2 \pm 33,41^{a,1}$	$0,34 \pm 0,04^{a,2}$	$200,5 \pm 31,01^{a,2}$	$0,33 \pm 0,04^{a,2}$	$268,8 \pm 19,77^{a,3}$
YN	$0,20 \pm 0,03^{b,1}$	$494,7 \pm 32,21^{b,1}$	$0,21 \pm 0,08^{b,1}$	$829,9 \pm 45,75^{b,2}$	$0,20 \pm 0,01^{b,1}$	$872,2 \pm 61,05^{b,2}$	$0,20 \pm 0,03^{b,1}$	$1055,04 \pm 69,85^{b,3}$
YCH	$0,34 \pm 0,03^{c,1}$	$386,2 \pm 15,33^{c,1}$	$0,25 \pm 0,05^{b,2}$	$502,4 \pm 19,98^{c,2}$	$0,22 \pm 0,03^{b,2}$	$494,01 \pm 34,54^{c,2}$	$0,27 \pm 0,02^{c,2}$	$540,01 \pm 32,18^{c,2}$

Las medias en una columna seguidas de letras diferentes son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). Números diferentes en la misma fila indican diferencias significativas.

#### 4. Conclusiones

En este trabajo se evidenció que el agregado de almidones extraídos de papa andina nativa (*Solanum tuberosum* variedad Rosadita) y chuño impacta positivamente en las propiedades reológicas y sinéresis de yogures firmes bajos en grasas. La utilización de almidones de tubérculos andinos y sus derivados en la elaboración de yogures firme bajo en grasa representaría una alternativa de revalorización de estos productos ancestrales.

**Agradecimientos:** Agradecemos a la Dra. Marta Nuñez por proveer del fermento para realizar los ensayos. A la Universidad de San Pablo-T y a la Universidad Nacional de Santiago del Estero por el otorgamiento de los subsidios.

#### Referencias

- Adolfsson, O., Meydani, S.N., Russell, R.M. 2004. Yogurt and gut function. *The American Journal of Clinical Nutrition* 80, 245-256.
- Bustos A.Y., Torres Quinteros L., Gerez, C.L.; Iturriaga L.B. 2018. Yogur, alimento de base láctea ancestral de gran vigencia actual. Principales aspectos nutricionales, funcionales y tecnológicos. *IDITEC*, 7: 30-40, ISSN 2314.
- Lobato-Calleros, C., Ramírez-Santiago, C., Vernon-Carter, E.J., Alvarez-Ramirez J. 2014. Impact of native and chemically modified starches addition as fat replacers in the viscoelasticity of reduced-fat stirred yogurt, *Journal of Food Engineering*, Volume 131, 10-115,
- Condori, B., Mamani, P., Botello, R., et al., 2008. Agrophysiological characterisation and parametrisation of Andean tubers: Potato (*Solanum sp.*), oca (*Oxalis tuberosa*), isaño (*Tropaeolum tuberosum*) and papalisa (*Ullucus tuberosus*). *Eur. J. Agron.* 28, 526–540.
- Cruz, G., Ribotta, P., Ferrero, C., Iturriaga, L. 2016. Physicochemical and rheological characterization of Andean tuber starches: Potato (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigenum*), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and Papalisa (*Ullucus tuberosus* Caldas). *Starch - Stärke*, 68: 1084-1094.
- Cruz Ortiz, G. O. 2017. Caracterización y aplicación de almidones de tubérculos andinos. Tesis doctoral.
- Cutler, A. N., Morris, E. R. and Taylor, L. J. 1983. Oral perception of viscosity in fluid foods and model systems. *Journal of Texture Studies*, 14: 377-395.
- Goldner, M. C., Perez, O. E., Pilosof, A. M. R., Armada, M. 2012. Comparative study of sensory and instrumental characteristics of texture and color of boiled under-exploited Andean tubers. *LWT - Food Sci. Technol.* 47, 83–90.
- Han, J.A., Lee, B.H., Lim, W.J., Lim, S.T. 2005. Utilization of hydroxypropylated waxy rice and corn starches in Korean waxy rice cake to retard retrogradation. *Cereal Chem.* 82 (1), 88–92.
- Lee, W. J., & Lucey, J. A. 2010. Formation and Physical Properties of Yogurt. *Asian 753 Australas. J. Anim. Sci.* 23(9), 1127-1136.
- Lobato-Calleros, C., Recillas-Mota, M.T., Espinosa-Solares, T., Alvarez-Ramírez, J., Vernon-Carter, E.J. 2009. Microstructural and rheological properties of low-fat drinking yoghurts made from multiple emulsions. *J. Texture Stud.* 40 (6), 657– 675.
- Luo, Z., Gao, Q., 2011. Effect of enzyme-modified carboxymethyl starch as a fat replacer on the functional properties of sausages. *Starch–Stärke* 63 (10), 661–667.
- Peressini, D., Bravin, B., Lapasin, R., Rizzotti, C., Sensidoni, A. 2003. Starch methylcellulose based films: rheological properties of film forming dispersions. *J. Food Eng.* 59 (1), 25–32.

- Sandoval-Castilla, O., Lobato-Calleros, C., Aguirre-Mandujano, E., Vernon-Carter, E.J. 2004. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *Int.Dairy J.* 14 (2), 151–159.
- Singh, M., Byars, J.A. 2009. Starch-lipid composites in plain set yogurt. *Int. J. Food Sci. Technol.* 44 (1), 106–110.
- USDA, 2013. Economics, Statistics, and Market Information Systems. [www.usda.gov](http://www.usda.gov), (accessed 09.07.13).
- Waliszewski, K.N., Aparicio, M.A., Bello, L.A., Monroy, J.A. 2003. Changes of banana starch by chemical and physical modification. *Carbohydr. Polym.* 52 (3), 237–242.
- Xiong, Y.L., Aguilera, J.M., Kinsella, J.E. 1991. Emulsified milkfat effects on rheology of acid-induced milk gels. *J. Food Sci.* 56 (4), 920–925.
- Zuo, J.Y., Hemar, Y., Hewitt, S., Saunders, A. 2008. Effect of the extent of pasting on the dynamic rheological properties of acidified skim milk gels containing normal rice starch. *Food Hydrocolloid* 22, 1567–1573.