

## INTRODUCCIÓN

La transglutaminasa (TG) es una enzima ampliamente distribuida en la naturaleza, que se encuentra en tejidos animales, plantas y microorganismos. Se caracteriza por entrecruzar proteínas a través de enlaces covalentes, específicamente entre los aminoácidos glutamina y lisina. Una gran variedad de proteínas alimentarias son sustratos potenciales para la reacción de reticulación, incluidas las de la leche. Este entrecruzamiento tiene efectos sobre las propiedades de las proteínas, otorgando un gran potencial para mejorar la firmeza, elasticidad, viscosidad, estabilidad al calor y capacidad de retención de agua en alimentos. El potencial de uso de la TG en la industria láctea puede ser muy diverso, incluyendo al suero de quesería, que se ha ido revalorizando debido a que sus proteínas tienen interés nutricional, económico y tecnológico. El entrecruzamiento de las proteínas mediante la TG podría mejorar no sólo las propiedades del producto al que se agrega el suero como ingrediente, sino también el rendimiento de los procesos industriales comúnmente aplicados al suero. Otro producto de interés es la leche de cabra, que presenta mayor digestibilidad, menos lactosa y colesterol, y aporta más calcio y vitamina D que la leche de vaca. Sin embargo el yogurt elaborado a partir de la misma se caracteriza por una menor viscosidad y firmeza en comparación con el yogurt de leche de vaca, atributos que afectan negativamente la aceptabilidad del producto. Por lo cual, la TG se podría utilizar para mejorar sus propiedades reológicas. Por lo tanto, los objetivos de este trabajo fue evaluar el efecto de la adición de la enzima transglutaminasa (TG) en las propiedades físicas y funcionales del suero de queso y en la textura y propiedades reológicas de yogurt de leche de cabra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Aplicación de la enzima TG

**En suero de queso:** se utilizó suero pasteurizado, con un diseño experimental completamente al azar de 2 factores: 1) concentración de enzima, 0 U/g proteína (TG0), 5 U/g proteína (TG1) y 50 U/g proteína (TG2) y 2) método de incubación: "frío" (adición de TG al suero e incubación a 4 °C por 16 h) y "caliente" (tratamiento térmico de 80 °C por 15 min al suero, adición de TG e incubación a 50 °C por 2 h).

**En yogurt de leche de cabra:** se elaboró yogurt con leche de cabra entera pasteurizada. Se ensayaron dos métodos de aplicación de TG (2 UI/g proteína), M1: incubación en frío (5 °C por 16 h) seguido de inactivación térmica y M2: incubación en conjunto con starter (42 °C hasta pH= 4,5-4,6).

En ambos casos se utilizó TG microbiana (HI-NET D CH, HIFOOD, ITALIA) y las muestras con TG se compararon con muestras control (sin TG). Las muestras de yogurt fueron analizadas el día de elaboración (día 0) y luego de 14 y 28 días de almacenamiento a 5 °C.

### Análisis realizados

- Suero: tamaño de partícula (NanoPlus zeta/nano particle analyzer, Particulate Systems), capacidad espumante (Zhang et al. 2012. adaptado) y capacidad emulsionante (Yeom et al., 2010).
- Yogurt: perfil de textura instrumental (texturómetro TA-XT2 Stable Micro Systems, UK, viscosidad (analyzer rápido de viscosidad RVA-4 Newport Scientific Warriewood, Australia) y evaluación sensorial (panel sensorial semi-entrenado).



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

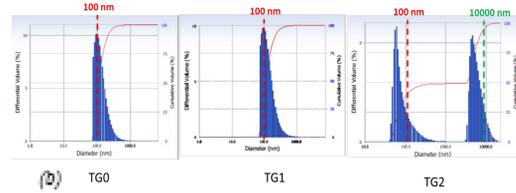
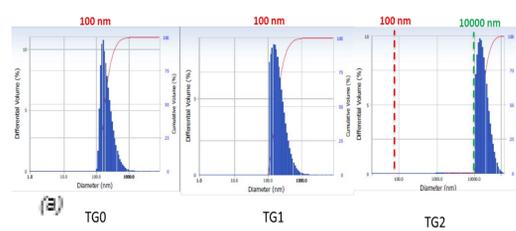


Figura 1. Distribución en volumen de tamaño de partícula en suero según la concentración de enzima agregada y método de incubación. (a) caliente y (b) frío.

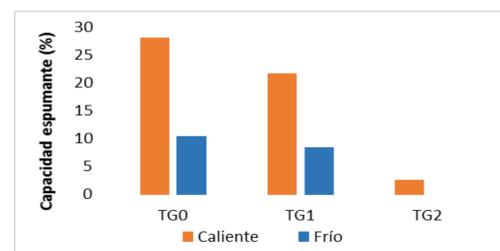


Gráfico 2. Capacidad espumante de suero de queso según la concentración de enzima y método de incubación

### Suero

La incorporación de TG2 en caliente, aumentó significativamente el tamaño de partícula (Figura 1a), lo que podría deberse a la polimerización de las proteínas del suero por el efecto de la TG. En la incubación en frío se observó una distribución bimodal (Figura 1b), con un aumento del tamaño de partícula diferencial y, menor al obtenido con la incubación en caliente. Esto podría deberse a que a la temperatura de trabajo utilizada la actividad enzimática es baja, por lo que no se alcanza la polimerización del total de las proteínas del suero. El agregado de TG2 aumentó la viscosidad del suero en un 83% en promedio, para ambas temperaturas de incubación (Gráfico 1). La adición de TG2 redujo la capacidad espumante de las proteínas del suero de 28 a 3% en la incubación en caliente y de 10 a 0% en frío (Gráfico 2).

### Yogurt de leche de cabra

Se observó un incremento de la firmeza y consistencia de las muestras con TG a lo largo del almacenamiento (Gráfico 3). Al día 0, el agregado de TG aumentó la firmeza en un 48% para M1 y en un 101% para M2. Al día 0, la TG aumentó la viscosidad de las muestras en 37 y 47% para M1 y M2, respectivamente (Gráfico 4) y a su vez, la viscosidad varió a lo largo del almacenamiento. El panel sensorial evaluó la consistencia, sinéresis, olor, sabor y aceptabilidad general. Las muestras con TG presentaron mayor consistencia y mayor sinéresis, efecto que se vio acentuado con el tiempo de almacenamiento. La sinéresis fue mayor para las muestras tratadas por el Método 1 (incubación en frío). No se observaron diferencias significativas en el olor y sabor entre los tratamientos. El yogurt elaborado por el Método 2 (convencional) con TG, fue el que tuvo mejor aceptabilidad general.

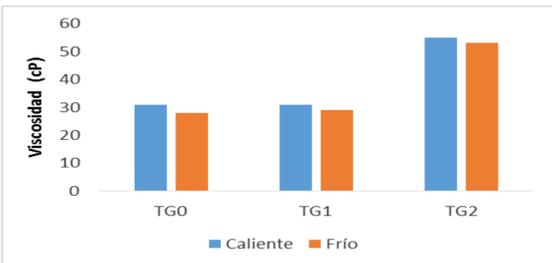


Gráfico 1. Viscosidad del suero de queso según la concentración de enzima y método de incubación

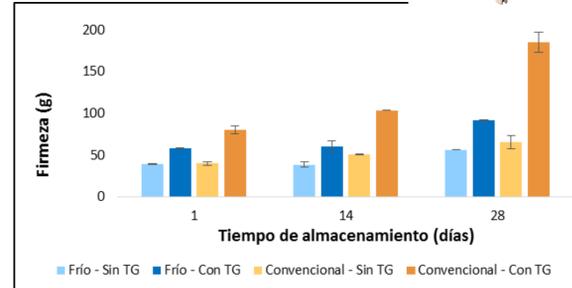


Gráfico 3. Firmeza del yogurt durante el tiempo de almacenamiento

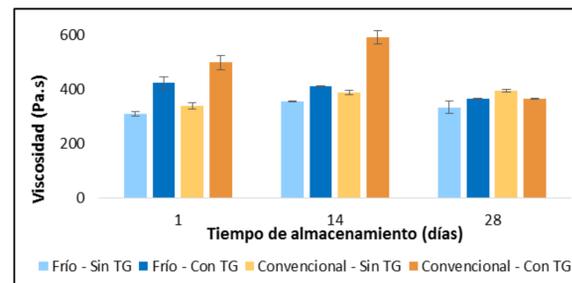


Gráfico 4. Viscosidad del yogurt vs tiempo de almacenamiento

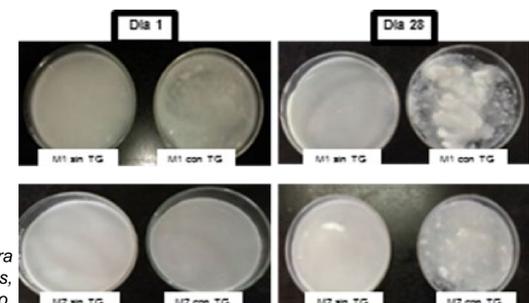


Figura 2. Yogurt de leche de cabra sometido a los distintos tratamientos, durante el almacenamiento.

## CONCLUSIONES

La incubación de suero de quesería a 50 °C por 2 h con 50 UI/g prot. de TG modificó las propiedades físicas y funcionales del suero, aumentando su potencial tecnológico. La incorporación de 2 UI/g prot. de TG en la elaboración de yogurt de leche de cabra, permite obtener un producto con mayor firmeza y viscosidad, sin afectar negativamente el olor y sabor. Futuros estudios debería centrarse en intentar reducir la sinéresis del yogurt. La enzima puede ser de interés para la industria láctea presentando un alto potencial de uso en diversos productos

## AGRADECIMIENTOS

Granja La Magnolia, Industria Láctea, Colonia, Uruguay, por proveernos del suero de queso y a Caprino Alto la leche de cabra

## REFERENCIAS

- J. Domagala, M. Wszolek, A.Y.Tamime, B. Kupiec-Teahan. 2012. The effect of transglutaminase concentration on the texture, syneresis and microstructure of set-type goat's milk yoghurt during the storage period
- Gauche, C.; Vieira, J.T.C.; Ogliaeri, P.J.; Bordignon-Luiz, M.T. (2008). Crosslinking of milk whey proteins by transglutaminase. Process Biochemistry, 43:788-794.
- Yeom, H.J.; Lee, E.H; Ha, M.S.; Ha, S.D. and Bae, D.H. (2010). Production and physicochemical properties of rice bran protein isolates prepared with autoclaving and enzymatic hydrolysis. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry, 53(1): 62-70.
- Zhang, H.J., Zhang, H., Wang, L., Guo, X.N. (2011) Preparation and functional properties of rice bran proteins from heat-stabilized defatted rice bran. Food Res. Int., 47, 359-363.