

# APLICACIÓN DE LA ENZIMA TRANSGLUTAMINASA EN PRODUCTOS LÁCTEOS



## RESUMEN

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 amplia variedad de proteínas alimentarias son sustratos potenciales para la reacción de reticulación, incluidas las proteínas 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. En leche, es capaz de catalizar la  $\alpha$ -lactoglobulina,  $\beta$ -lactoalbúmina e incluso el caseinomacropéptido, formando enlaces intra e intermoleculares. El potencial de uso de la TG en la industria láctea puede ser muy diverso, por ejemplo, en suero de quesería, que se ha ido revalorizando debido a que sus proteínas son de interés desde el punto de vista nutricional, económico y tecnológico. Las proteínas del suero son utilizadas en diversas aplicaciones industriales, tales como productos de panadería, confitería, lácteos, carne y pescado, debido sus excelentes propiedades funcionales. El entrecruzamiento de las mismas mediante la enzima 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, por lo que es de interés conocer los cambios que ocurren al utilizar este coadyuvante de tecnología. Otro pro-

Escobar Daniela\*; Rodríguez Arzuaga Mariana; Pelaggio Ronny; Rey Fabiana; Arcia Patricia. Latitud - Fundación LATU. Montevideo, Uruguay. \*descobar@latitud.org.uy

ducto 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 con leche de cabra 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 que este trabajo evaluó 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. La utilización de TG modificó las propiedades físicas y funcionales del suero, aumentando su potencial tecnológico y mejoró la firmeza y viscosidad del yogurt de leche de cabra.

**Palabras clave:** transglutaminasa, suero lácteo, yogurt

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Aplicación de la enzima TG

En suero de queso: se utilizó suero de queso pasteurizado proveniente de una industria láctea del departamento de Colonia, Uruguay. Se descremó y se determinó la proteína (MilkoScan®FT2, Foss, Dinamarca). Se hizo un diseño experimental completamente al azar, considerando dos factores: 1) concentración de enzima, 0 U/g proteína (TG0), 5 U/g proteína (TG1), y 50 U/g proteína (TG2) y 2) los métodos de incubación: “frío” (adición de TG al suero e incubación a 4°C por 16 horas) y “caliente” (tratamiento térmico de 80°C por 15 minutos al suero, adición de TG e incubación a 50°C por dos horas).

En yogurt de leche de cabra: se elaboró yogurt con leche entera pasteurizada de cabra (Caprino Alto, Uruguay), utilizando starters liofilizados (DELVO®YOG

FVV-231 DSL, DSM, The Netherlands) y sacarosa. 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 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. En ambos casos se utilizó TG microbiana (HI-NET D CH, HIFOOD, ITALIA).

### Análisis en suero

**Tamaño de partícula:** método dinámico de dispersión de luz (NanoPlus zeta/nano particle analyzer, Particulate Systems).

**Capacidad espumante:** determinada como el incremento de volumen luego de agitar a 9500 rpm por tres minutos con ultraturrax, según método de Zhang et al. 2012.

**Capacidad emulsionante:** Se realizó con agitación con ultraturrax a 9500 rpm durante un minuto de una mezcla de suero y aceite (12:4) y medida posteriormente en espectrofotómetro a 500 nm (Yeom *et al.*, 2010).

### Análisis en yogurt

**Perfil de textura instrumental:** se midió cohesividad, firmeza y consistencia, con el texturómetro TA-XT2 (Stable Micro Systems, UK), en condiciones de: velocidad: 1 mm/s; distancia: 30 mm; distancia retorno: 80 mm; velocidad de retorno: 10 mm/s; contenido de muestra en el vaso: = 75% del frasco; diámetro del cilindro: 35 nm.

**Evaluación sensorial:** se realizó con un panel semientrenado, en los siguientes atributos: color, gusto, olor y consistencia.

### Análisis en ambos

**Perfil de viscosidad:** con Analizador Rápido de Viscosidad (RVA-4, Newport Scientific Warriewood, NSW, Australia), rampa de temperatura de 25 a 80°C, durante cinco minutos y descenso posterior (Perten Instruments).

## DISCUSIÓN Y RESULTADOS

### Suero

La utilización de TG1 no cambia significativamente la distribución del tamaño de partícula en ninguna de las condiciones de incubación estudiadas (Figuras 1 a y b). La incorporación de TG2 en caliente aumentó significativamente el tamaño de partícula (Figura 1 a), lo que podría deberse a la polimerización de las proteínas del suero por el efecto de la TG. En la incubación en frío se



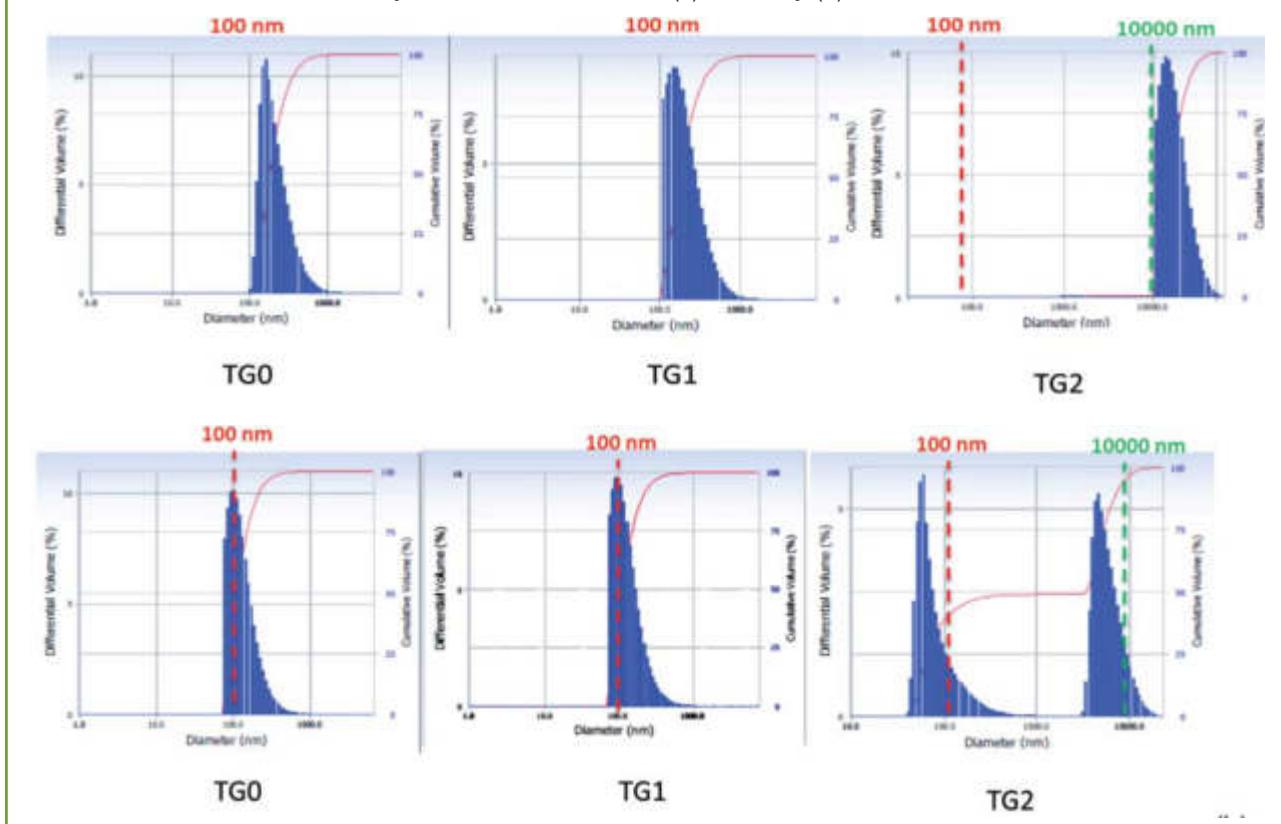
## Medición de pH y temperatura en alimentos

- Punta de penetración combinada (pH y temperatura)
- Visualización simultánea de ambos valores
- Compensación automática (ATC)
- Electrodo fácilmente reemplazable por el usuario
- Solución de conservación gelificada
- Garantía del instrumento: 2 años
- Garantía del electrodo: 1 año

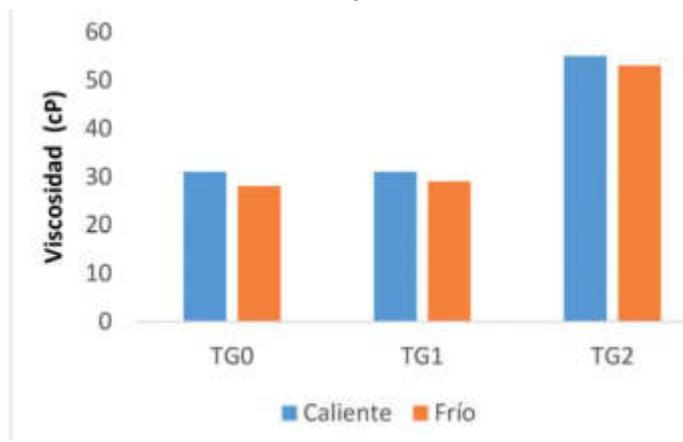
[www.testo.com.ar/alimentacion](http://www.testo.com.ar/alimentacion)

Testo Argentina S.A.  
Yerba! 5266 - 4° piso (C1407EBN) - Buenos Aires  
Tel.: (011) 4683-5050 - Fax: (011) 4683-2020  
info@testo.com.ar - www.testo.com.ar

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



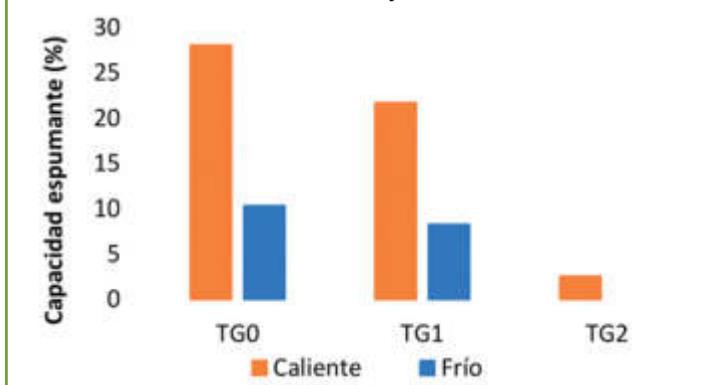
**GRÁFICO 1** - Viscosidad del suero de queso según la concentración de enzima y método de incubación



observó una distribución bimodal (Figura 1 b), 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), mientras que la capacidad emulsionante se incrementó en un 21% en la incubación en caliente (Gráfico 3).

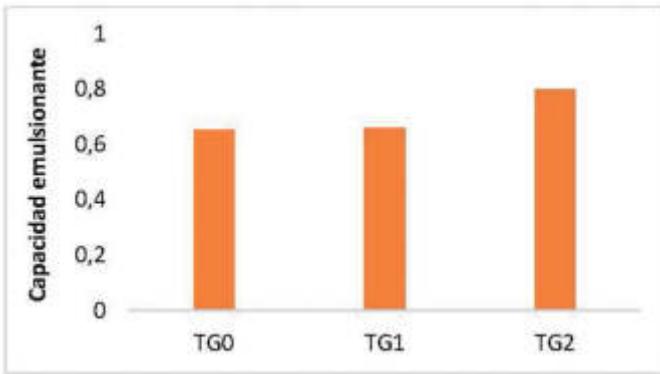
**GRÁFICO 2** - Capacidad espumante de suero de queso según la concentración de enzima y método de incubación



**Yogurt de leche de cabra**

Se observó un incremento de la firmeza y consistencia de las muestras con TG a lo largo del tiempo de almacenamiento (Gráfico 4 y 5). Al día 0, el agregado de TG aumentó la firmeza en un 48% para M1 y en un 101% para M2. Asimismo, al día 0, la TG aumentó la viscosidad de las muestras en 37 y 47% para M1 y M2, respectivamente (Gráfico 6) y a su vez, la viscosidad varió a lo largo del almacenamiento.

**GRÁFICO 3** - Capacidad emulsionante se suero de queso según la concentración de enzima para la incubación en caliente

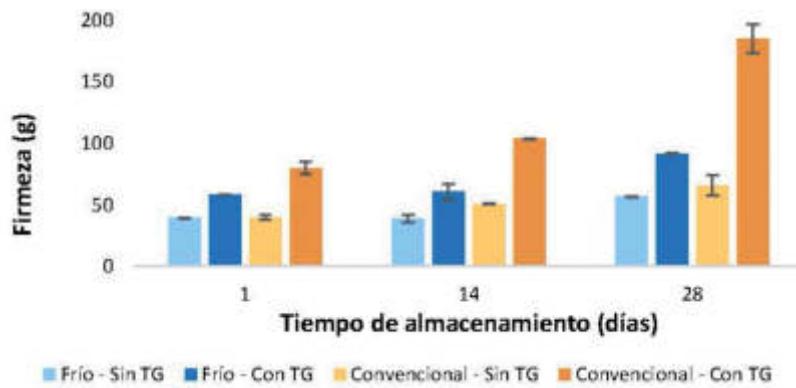


Se evaluó con el panel sensorial la consistencia, sinéresis, olor, sabor y aceptabilidad general. Las muestras con TG presentaron mayor consistencia y mayor sinéresis, efecto que se vio acentuado con el tiempo de almacenamiento. La sinéresis fue mayor para las muestras tratadas por el método 1 (incubación en frío). En cuanto a olor y sabor, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. El yogurt elaborado por el método 2 (convencional) con TG fue el que tuvo mejor aceptabilidad general.

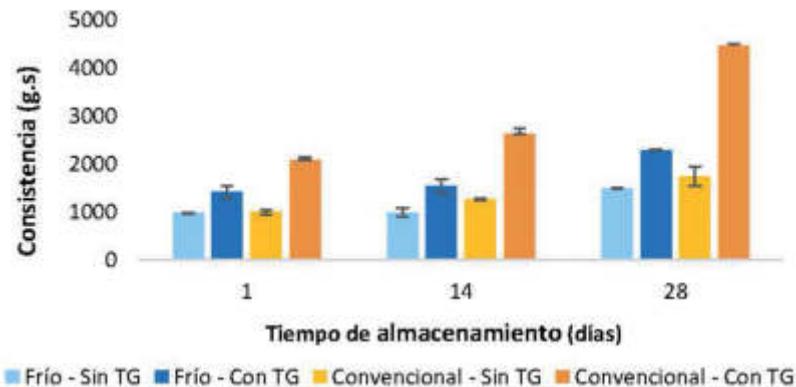
**CONCLUSIONES**

La incubación de suero de quesería a 50°C por dos horas con 50 UI/g proteína de TG modificó las propiedades físicas y funcionales del suero, aumentando su potencial tecnológico. La incorporación de 2UI/g proteína 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 deberían centrarse en intentar reducir la sinéresis del yogurt. La enzima puede ser de interés para la industria láctea, ya que presenta un alto potencial de uso en diversos productos.

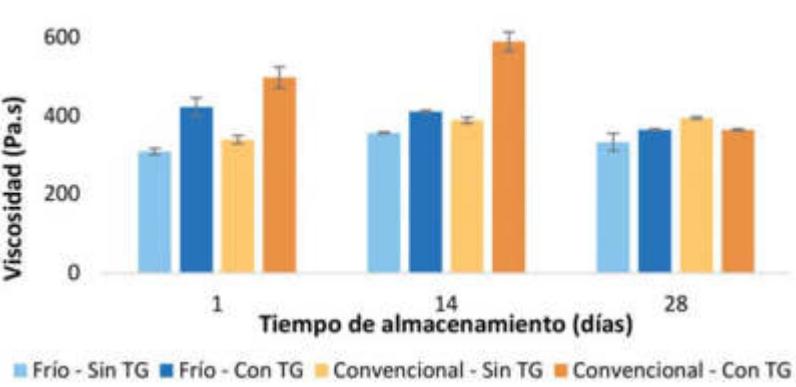
**GRÁFICO 4** - Firmeza durante el tiempo de almacenamiento



**GRÁFICO 5** - Consistencia durante el tiempo de almacenamiento



**GRÁFICO 6** - Viscosidad vs tiempo de almacenamiento



**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

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.; Ogliari, 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.

Trabajo Presentado en el  
**15º CONGRESO PANAMERICANO DE LA LECHE**  
 11 al 13 de septiembre de 2018 -  
 Buenos Aires, Argentina |