

# EFECTO DE LA REDUCCIÓN DE SAL SOBRE LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS, REOLÓGICOS Y MICROESTRUCTURALES DE QUESO TYBO



## RESUMEN

En este trabajo se estudiaron muestras de queso Tybo (Ricolact S.R.L., San Martín de las Escobas, Santa Fe) con diferentes concentraciones de NaCl ( $0.46 \pm 0.05$ ,  $0.91 \pm 0.03$ ,  $1.28 \pm 0.08$  % p/p) a distintos tiempos de maduración (1, 14, 26 y 40 días) para evaluar el efecto de la reducción de sal sobre parámetros fisicoquímicos (contenido de humedad, pH e índice de maduración), reológicos (basados en mediciones de compresión uniaxial) y microestructurales (basados en observaciones por microscopía electrónica de barrido, SEM). Los ensayos de compresión uniaxial se realizaron usando cubos de 15 mm de lado que se comprimieron hasta el 70% de su altura original, a una velocidad de 1 mm/s y con una celda de carga de 1000 N. Se determinaron los valores de energía requerida para comprimir la muestra 70% (W), de tensión máxima al 70% de compresión ( $\sigma_{max}$ ) y de módulo de de formabilidad (E). Las muestras para SEM se trataron con glutaraldehído 2.8%, soluciones acuosas de etanol, cloroformo y alcohol absoluto. Las observaciones se realizaron a 20 kV, previa criofractura en aire líquido y recubrimiento con oro. Todos los parámetros reológicos fueron afectados significativamente por el tiempo de maduración y la reducción

G.A. Sihufe<sup>1</sup>, D.A. De Piante Vicín<sup>1</sup>, F. Marino<sup>1</sup>, E.L. Ramos<sup>2</sup>, I.G. Nieto<sup>2</sup>, J.G. Karlen<sup>2</sup>, S.E. Zorrilla<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC) – Universidad Nacional del Litoral – CONICET. Santa Fe, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto de Tecnología Industrial (INTI). Rafaela, Santa Fe, Argentina.  
zorrilla@intec.unl.edu.ar

del contenido de NaCl. Los valores de  $\sigma_{max}$  se pueden relacionar con la característica textural de firmeza mientras que los valores de E se pueden relacionar con la rigidez del material frente a la carga aplicada. En general, se observó una disminución de estos parámetros con el aumento del tiempo de maduración (que puede relacionarse con la hidrólisis de las caseínas y el debilitamiento de la red de para-caseína) y con la disminución del contenido de sal (que puede relacionarse con el aumento del contenido de humedad a medida que el nivel de sal es reducido y con el efecto de la sal sobre la hidratación de la para-caseína). Mediante un análisis cualitativo de las imágenes, se observó que la microestructura del queso Tybo no fue marcadamente afectada por la reducción de sal. A los 40 días de maduración, se observaron espacios (originalmente ocupados por la grasa y el suero) más abiertos en las muestras con menor contenido de sal. Los resultados obtenidos son muy prometedores y se espera complementar los mismos con otras áreas para determinar la reducción de sal que no afecte las principales características del queso Tybo.

**Palabras clave:** queso Tybo, reducción de sal, reología, microscopía.

## INTRODUCCIÓN

El elevado consumo de sal (NaCl) contribuye a la hipertensión arterial y aumenta el riesgo de aparición de cardiopatías y accidentes cerebrovasculares. La ingesta diaria de sodio recomendada para un adulto es de 2.4 g (aproximadamente 6 g de NaCl); se estima que dicha ingesta en los países industrializados es de dos a tres veces superior a la recomendada (Guinee, 2004). En la Argentina, el consumo diario de sal es de aproximadamente 12 g, de los cuales un 65-70% proviene de los alimentos procesados (Ferrante y col., 2011). Dado que la reducción de la ingesta de sal es considerada como una de las medidas más eficientes para mejorar la salud de la población, desde el año 2010 se lleva adelante el programa gubernamental “Menos Sal, Más Vida”. Mediante esta estrategia, se busca reducir el contenido de sodio en grupos de alimentos procesados prioritarios, tales como chacinados cocidos y secos, farináceos (galletitas, panificados y snacks), lácteos (incluyendo las variedades de quesos Cremoso, Cuartirolo, Por Salut, Danbo, Tybo y Mozzarella), sopas, aderezos y conservas (Ministerio de Salud de la Nación, 2011).

La sal es usada en los alimentos no sólo porque participa como modificador del flavor, confiriendo el característico gusto salado, sino porque actúa como conservante o porque cumple múltiples funciones relacionadas con cada tipo de producto (Hutton, 2002). En el caso de los quesos, la sal actúa como preservante, contribuye directamente al flavor, afecta la actividad del agua (ejerciendo control sobre el crecimiento microbiano, la actividad enzimática y los cambios bioquímicos que ocurren durante la maduración) e influye sobre la hidratación de la para-caseína (afectando las características reológicas y texturales) (Guinee, 2004).

Una de las formas más efectivas para reducir el contenido de sal en quesos es alcanzar un contenido final de NaCl más bajo que el tradicional pero que permita obtener una calidad final adecuada (Guinee y O’Kennedy, 2007; Cruz y col., 2011). Entre los estudios en quesos argentinos, Arboatti y col. (2014) estudiaron el efecto de la reducción de sal en dos niveles (35 y 60%) sobre las principales características del queso Mozzarella. En este estudio, no se observaron cambios o se observaron pequeñas diferencias en los parámetros fisicoquímicos, bioquímicos, reológicos y sensoriales estudiados cuando se compararon los quesos experimentales con el control. El queso Tybo es otra variedad de queso argentino en la que la reducción de sal es de interés, ya que pertenece al grupo de quesos semiduros de mayor consumo.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la reducción de sal sobre las características fisicoquímicas, reológicas y microestructurales de queso Tybo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestras y tratamientos

Barras de queso Tybo (Ricolact S.R.L., San Martín de las Escobas, Argentina) retiradas de la línea de elaboración en una etapa previa al salado, se envasaron al vacío y se mantuvieron con refrigeración hasta el momento de la preparación de las muestras para la etapa de salado. Los quesos tuvieron una composición inicial de  $44.82 \pm 2.62$  % p/p humedad,  $28.95 \pm 0.18$  % p/p grasa,  $23.88 \pm 0.16$  % p/p proteína,  $2.80 \pm 0.01$  % p/p ceniza y  $0.11 \pm 0.01$  % p/p NaCl. Para la etapa de salado, se cortaron placas de 2 cm de espesor en forma perpendicular al eje mayor de la barra de queso, descartándose las placas de los extremos.

El salado de las muestras se realizó a 6 °C en soluciones de NaCl 21.3% p/p, 0.65 % p/p Ca<sup>2+</sup> y pH 5.2. Para obtener diferentes concentraciones finales de sal en las muestras de queso, la etapa de salado se llevó a cabo a diferentes tiempos de inmersión: 5 min (quesos C1), 30 min (quesos C2) y 80 min (quesos C3). Las muestras retiradas de la etapa de salado fueron enjuaga-



**Calcio**  
**Calcio**  
**Calcio**

**CARBOFARMA®**

- Carbonato de Calcio Pesado
- Carbonato de Calcio Liviano
- Carbonato de Calcio con densidades específicas

**Calcio para compresión directa:**

- Carbonato de Calcio CD
- Citrato de Calcio CD

Molinos y Panificados – Alfajores y Galletitas  
Leches y Yogures - Dulces y Postres - Productos Dietéticos  
Fármacos y Cosméticos - Uso veterinario – Alimento balanceado

- Certificación GMP: Good Manufacturing Practice
- Certificación ANMAT: Ingredientes Farmacéuticos Activos

**CAFUNE S.A.:** (54 11) 4918-2677 / 2680  
carbofarma@carbofarma.com.ar

**www.carbofarma.com.ar**

gadas, secadas con papel, envasadas al vacío y almacenadas a 10 °C durante seis semanas. Las muestras se estudiaron a diferentes tiempos de almacenamiento: 1, 14, 26 y 40 días. Para cada condición de salado y tiempo de almacenamiento se usaron dos muestras para analizar los parámetros fisicoquímicos, reológicos y microestructurales.

### Análisis fisicoquímico

El contenido de cloruro se determinó mediante un método de titulación potenciométrico (AOAC, 1990). El contenido de humedad se determinó en un horno microondas CEM AVC 80 (CEM, Matthews, NC, Estados Unidos). Para la determinación de pH se usó un electrodo para semisólidos HANNA FC200B (HANNA instruments, Limena, Italia). El índice de maduración (IM) se calculó como la relación porcentual entre los contenidos de nitrógeno total y nitrógeno soluble en agua a pH 4.6 según las normas ISO 27871:IDF 224 (2011) e ISO 8968-1:IDF 20-1 (2014).

### Análisis reológico

Para los ensayos reológicos se obtuvieron cubos de queso de 15 mm de lado inmediatamente antes de realizar el ensayo de compresión uniaxial. Usando un sistema universal de ensayo Instron 3344 (Instron, Norwood, MA, Estados Unidos), se comprimió la muestra a temperatura ambiente hasta el 70% de su altura original a una velocidad de 1 mm/s con un plato de 30 mm de diámetro y una celda de carga de 1000 N (McCarthy y col., 2016). Los ensayos se realizaron al menos en cuadruplicado. Las medidas de fuerza (F) y de altura de la muestra (h) se transformaron en valores de desplazamiento (Dh), tensión (s) y deformación (e) mediante (Gunasekaran y Ak, 2003):

$$\Delta h = h_0 - h \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \frac{h}{h_0} \quad (2)$$

$$\varepsilon = \ln \left( \frac{h_0}{h} \right) \quad (3)$$

donde  $h_0$  es la altura inicial del cubo de queso y  $A_0$  es el área transversal inicial.

A partir de la curva de fuerza-desplazamiento, se puede calcular el área bajo la curva, la cual representa la energía requerida para comprimir la muestra al 70% (W). A partir de la curva de tensión-deformación,

se puede calcular la tensión máxima al 70% de compresión ( $\sigma_{max}$ ) y el módulo de deformabilidad (E) como:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4)$$

Debido a pequeñas imperfecciones en la superficie de las muestras de queso, la estimación del módulo de deformabilidad se realiza con los valores comprendidos en el rango de deformación de 0.05 a 0.10 (Vandenberghe y col., 2014).

### Análisis de la microestructura

El análisis de la microestructura del queso se realizó por microscopía electrónica por barrido (SEM) usando bastones  $20 \times 2 \times 2$  mm<sup>3</sup> obtenidos de la zona central de la placa. Las muestras se prepararon de acuerdo a Ribero y col. (2009). Brevemente, cada bastón se sumergió en una solución de glutaraldehído 2.8% en buffer fosfato 0.05 M (pH 6) por 48 h a 4°C, se deshidrató en soluciones acuosas de etanol de 25, 50, 70, 80, 95, 100, 100 y 100% v/v, permaneciendo 30 min en cada solución, se desgrasó en cloroformo durante 30 min (tres veces) y se lavó con alcohol absoluto durante 30 min (tres veces). Luego, se realizó la criofractura de los bastones con aire líquido. Los especímenes resultantes se adhirieron con pintura de plata sobre portamuestras metálicos y se recubrieron con oro depositado por sputtering empleando un evaporador de laboratorio Veeco VE-300 (Veeco Instruments Inc., Long Island, NY, Estados Unidos), operado en atmósfera de argón. Los especímenes fueron adheridos sobre los portamuestras para que la observación sea realizada sobre la superficie resultante de la criofractura. Cabe mencionar que la metodología usada para la obtención de los especímenes permite que la observación por microscopía sea realizada aproximadamente en el centro geométrico de las placas. Los especímenes se examinaron con un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-35C (JEOL Ltd., Tokio, Japón). La observación se realizó bajo el modo de imágenes de electrones secundarios utilizando una tensión de aceleración de 20 kV, a distintas magnificaciones (X): 120, 400 y 1200.

### Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se usó ANOVA, considerando como factores el contenido de NaCl, el tiempo de maduración y la interacción. Cuando el efecto de los factores fue significativo ( $P < 0.05$ ), se realizó una comparación de medias por el método LSD. El análisis estadístico se realizó utilizando el software Statgraphics (Statgraphics Inc., Rockville, MD, Estados Unidos).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Análisis fisicoquímico

En la tabla 1 se muestran los valores promedios y los resultados de ANOVA de los parámetros fisicoquímicos analizados en las muestras de queso Tybo estudiadas. Se obtuvieron contenidos de NaCl promedios de  $0.46 \pm 0.05$ ,  $0.91 \pm 0.03$ ,  $1.28 \pm 0.08$  % p/p para las condiciones de salado C1, C2 y C3, respectivamente. Para la condición C3 se obtuvo un contenido de NaCl en el orden de los valores esperados para un queso Tybo tradicional e informado en la bibliografía (Bertola y col., 1992). Las condiciones C1 y C2 representan una reducción del contenido de sal respecto de los quesos C3 de aproximadamente 65% y 30%, respectivamente.

Los contenidos de humedad promedios fueron de  $42.40 \pm 0.52$ ,  $42.72 \pm 0.76$ ,  $41.74 \pm 0.86$  % p/p para las condiciones de salado C1, C2 y C3, respectivamente. Estos valores se encuentran en el orden de magnitud de los valores recomendados en el Protocolo de

Calidad para quesos Tybo y Holanda (MAGyP, 2009). En los quesos salados por inmersión en salmuera, el ingreso de NaCl es acompañado de su correspondiente pérdida de humedad (Guinee y Fox, 2004). Mediante ANOVA, se determinó que el contenido de humedad de la condición C3 fue significativamente menor que los correspondientes a las condiciones C1 y C2, en total correspondencia con el mayor ingreso de NaCl.

El control de los valores de pH en el queso es importante para descartar la contaminación por crecimiento de hongos en la superficie, ya que estos poseen enzimas proteolíticas cuya acción deriva en un marcado aumento de pH en el medio. En este estudio, no se observaron diferencias significativas debido al contenido de NaCl. Por otro lado, si bien se observó una leve tendencia a aumentar durante la maduración, los valores determinados estuvieron en un rango comprendido entre 5.40 - 5.64, el cual es esperable para este tipo de queso (Bertola y col., 1992; MAGyP, 2009).

**TABLA 1** - Valores promedios y desviaciones estándares de los parámetros fisicoquímicos analizados en las muestras de queso Tybo estudiadas (n = 2).

Queso	Tiempo (días)	NaCl (% p/p)	Humedad (% p/p)	pH	IM (%)
C1	1	$0.428 \pm 0.033^a$	$42.62 \pm 0.22^b$	$5.40 \pm 0.03^{ab}$	$6.98 \pm 0.01^a$
	14	$0.503 \pm 0.016^a$	$42.84 \pm 0.23^{bc}$	$5.54 \pm 0.16^{bc}$	$7.44 \pm 0.03^b$
	26	$0.489 \pm 0.041^a$	$41.90 \pm 0.52^{ab}$	$5.53 \pm 0.07^{abc}$	$11.20 \pm 0.08^f$
	40	$0.437 \pm 0.059^a$	$42.24 \pm 0.70^b$	$5.64 \pm 0.01^c$	$13.43 \pm 0.24^i$
C2	1	$0.918 \pm 0.012^b$	$41.87 \pm 0.41^{ab}$	$5.43 \pm 0.01^{ab}$	$7.40 \pm 0.18^b$
	14	$0.893 \pm 0.031^b$	$42.84 \pm 0.13^{bc}$	$5.59 \pm 0.08^c$	$9.85 \pm 0.02^d$
	26	$0.914 \pm 0.054^b$	$42.46 \pm 0.55^b$	$5.55 \pm 0.08^{bc}$	$11.62 \pm 0.09^g$
	40	$0.919 \pm 0.058^b$	$43.71 \pm 0.22^c$	$5.60 \pm 0.00^c$	$13.65 \pm 0.03^i$
C3	1	$1.182 \pm 0.005^c$	$41.97 \pm 0.27^{ab}$	$5.40 \pm 0.01^a$	$7.63 \pm 0.17^b$
	14	$1.339 \pm 0.034^d$	$41.13 \pm 1.11^a$	$5.53 \pm 0.00^{abc}$	$9.32 \pm 0.14^c$
	26	$1.245 \pm 0.014^c$	$41.12 \pm 0.07^a$	$5.50 \pm 0.00^{abc}$	$10.48 \pm 0.04^e$
	40	$1.352 \pm 0.046^d$	$42.74 \pm 0.50^{bc}$	$5.56 \pm 0.00^{bc}$	$12.89 \pm 0.02^h$
<b>Contenido de NaCl</b>		*	*	NS	*
<b>T. de maduración</b>		*	*	*	*
<b>Interacción</b>		*	*	NS	*

<sup>a-i</sup> Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

Las últimas filas muestran los resultados de ANOVA.

\*: efecto significativo (P<0.05).

NS: efecto no significativo (P>0.05).

Finalmente, tanto el tiempo de maduración como la concentración de NaCl afectaron significativamente los valores de IM, parámetro habitualmente utilizado para el seguimiento de la proteólisis primaria que ocurre durante la maduración de quesos. Como era esperable, los valores del IM aumentaron con el tiempo de maduración, desde valores cercanos a 7% para un día hasta aproximadamente 13% al final del período estudiado (40 días). Con respecto a la condición de salado, se pudo observar que al final del período estudiado, el IM de los quesos C3 fue menor que el IM de los quesos C1 y C2. Sin embargo, teniendo en cuenta que la disminución del contenido de sal puede afectar la actividad de las enzimas presentes en el queso (acelerando la proteólisis), en los quesos experimentales (C1 y C2) no se han observado valores de IM que sean notablemente mayores a los correspondientes a los quesos control (C3). Este comportamiento indica una baja influencia de la reducción del contenido de sal sobre la proteólisis, uno de los eventos más importantes que ocurre durante la maduración de quesos semiduros.

### Comportamiento reológico

Las propiedades reológicas de los quesos son atributos de calidad importantes tanto durante la elaboración o la comercialización como para el consumidor. Estas propiedades se determinan como respuesta del material a una tensión o deformación aplicada. En la práctica, tales tensiones o deformaciones se pueden asociar a etapas de procesamiento o consumo (por ejemplo, operaciones de reducción de tamaño a nivel comercial, feteado o rallado para consumo). El ensayo de compresión uniaxial es un test fundamental muy popular porque es fácil de ejecutar y permite obtener información de algunas propiedades funcionales del queso (Gunasekaran y Ak, 2003; Ribero, 2008; O'Callaghan y Guinee, 2011).

Los valores de los parámetros reológicos determinados se muestran en la tabla 2. De acuerdo a O'Callaghan y Guinee (2011), el parámetro  $\sigma_{\max}$  se puede relacionar con la característica textural de firmeza, mientras que el módulo de deformabilidad E se

**TABLA 2** - Valores promedios y desviaciones estándares de los parámetros reológicos obtenidos mediante ensayos de compresión uniaxial en las muestras de queso Tybo estudiadas (n = 2).

Queso	Tiempo (días)	W (J)	$\sigma_{\max}$ (kPa)	E (kPa)
C1	1	0.040±0.006 <sup>d</sup>	61±9 <sup>f</sup>	247±48 <sup>e</sup>
	14	0.035±0.013 <sup>cd</sup>	41±14 <sup>cde</sup>	165±59 <sup>cd</sup>
	26	0.021±0.005 <sup>a</sup>	30±7 <sup>ab</sup>	122±33 <sup>ab</sup>
	40	0.020±0.004 <sup>a</sup>	25±5 <sup>a</sup>	100±25 <sup>a</sup>
C2	1	0.059±0.010 <sup>e</sup>	81±8 <sup>g</sup>	340±77 <sup>f</sup>
	14	0.038±0.006 <sup>d</sup>	47±5 <sup>e</sup>	193±16 <sup>d</sup>
	26	0.029±0.004 <sup>bc</sup>	39±6 <sup>cd</sup>	167±20 <sup>cd</sup>
	40	0.021±0.003 <sup>a</sup>	25±3 <sup>a</sup>	97±16 <sup>a</sup>
C3	1	0.066±0.004 <sup>f</sup>	91±4 <sup>h</sup>	403±31 <sup>g</sup>
	14	0.056±0.009 <sup>e</sup>	68±12 <sup>f</sup>	283±54 <sup>e</sup>
	26	0.024±0.003 <sup>ab</sup>	33±5 <sup>bc</sup>	143±29 <sup>bc</sup>
	40	0.037±0.003 <sup>d</sup>	43±3 <sup>de</sup>	170±5 <sup>cd</sup>
<b>Contenido de NaCl</b>		*	*	*
<b>Tiempo de maduración</b>		*	*	*
<b>Interacción</b>		*	*	*

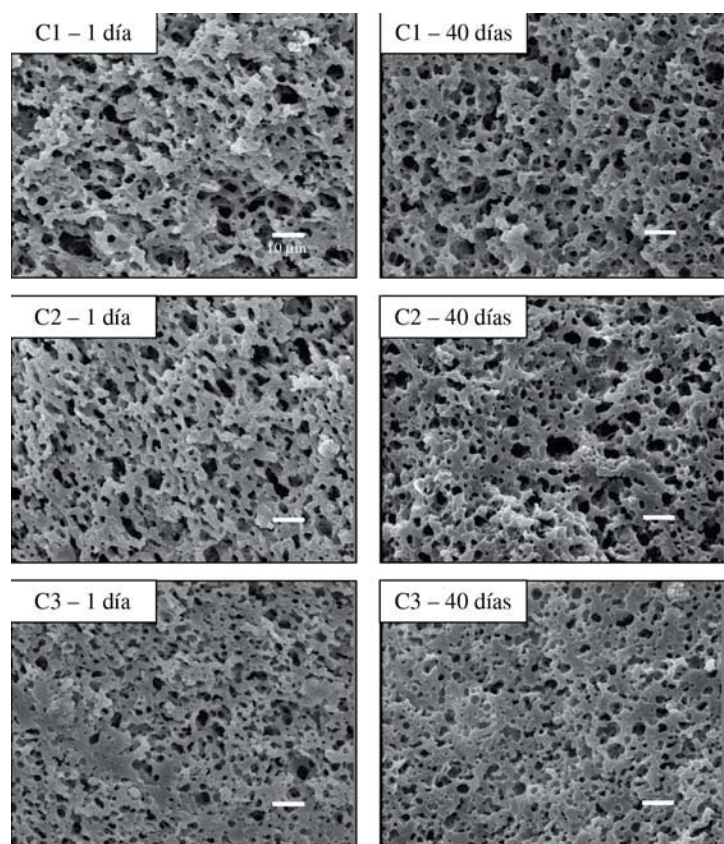
<sup>a-h</sup> Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

Las últimas filas muestran los resultados de ANOVA.

\*: efecto significativo (P<0.05).

NS: efecto no significativo (P>0.05).

**FIGURA 1** - Micrografías SEM a 1200X de las muestras a 1 y 40 días de maduración para las condiciones C1, C2 y C3. La barra blanca representa una escala de 10  $\mu$ m.



puede relacionar con la rigidez del material frente a la carga aplicada. A mayor rigidez, mayor es la tensión necesaria para causar una dada deformación (Gunasekaran y Ak, 2003). En la bibliografía, se encuentran con mayor frecuencia valores del módulo de deformabilidad E o módulo de Young. Los valores de E obtenidos en el presente trabajo están en el orden de magnitud de los determinados para queso Tybo (Bertola y col., 1992), queso Gouda (Vandenberghe y col., 2014) y otros quesos semiduros (Gunasekaran y Ak, 2003).

Todos los parámetros estudiados fueron afectados significativamente por el contenido de NaCl, el tiempo de maduración y la interacción de ambos factores (Tabla 2). En general, los parámetros estudiados disminuyeron con el aumento del tiempo de maduración y con la disminución del contenido de sal.

La disminución de los parámetros con el aumento del tiempo de maduración está relacionada con la hidrólisis de las caseínas y el debilitamiento de la red de para-caseína (McCarthy et al., 2016). Una medida indirecta del aumento de la proteólisis primaria con el tiempo de maduración es el aumento del contenido

de nitrógeno soluble a pH 4.6 o de la relación IM, comportamiento observado para este tipo de queso y descrito anteriormente (Tabla 1).

La disminución de los parámetros con la disminución del contenido de sal puede ser parcialmente relacionada con el aumento del contenido de humedad. En los quesos salados por inmersión, un menor ingreso de sal es acompañado de una menor salida de agua (Guinee y Fox, 2004). El agua actúa como plastificante en la matriz de proteína, por lo tanto, a mayor contenido de humedad se reduce E y la firmeza del queso (Fox y col., 2017). El contenido de sal per se también ejerce un efecto sobre la hidratación de la para-caseína y la fracción volumétrica de la red proteica, dado que la disminución del contenido de sal disminuye el grado de hinchamiento de la matriz de proteínas (McCarthy et al., 2016).

### Análisis de la microestructura

Se realizó un análisis cualitativo de las micrografías SEM. Los especímenes a una magnificación de 120X se usaron para determinar si la criofractura se realizó adecuadamente, determinándose la homogeneidad estructural de los mismos. Las magnificaciones 400X y 1200X permitieron observar la microestructura del queso con mejor resolución. Es importante

destacar que en la bibliografía no se dispone de información de micrografías en queso Tybo que permitan observar su microestructura.

Algunas micrografías características de queso Tybo obtenidas por SEM se muestran en la figura 1. Las muestras presentan una matriz proteica continua (red de para-caseína) con huecos de bordes lisos, los cuales contenían al suero y a los glóbulos de grasa (con diferente grado de coalescencia) que son eliminados durante la preparación de la muestra (Ribero y col., 2009; Fox y col., 2017). A los 40 días de maduración las depresiones son más redondeadas dado que se produce una migración del agua que contienen los canales hacia la matriz de proteína, provocando que la misma aumente de tamaño y disminuya su porosidad (Ribero y col., 2009). Se pueden observar algunas diferencias entre las micrografías para las condiciones C1 y C2 en comparación con la condición C3. En el último caso, se puede observar que el tamaño de las depresiones es más pequeño, indicando que ha ocurrido una mayor migración de agua hacia la matriz de proteína.

## CONCLUSIONES

Los resultados del contenido de humedad promedio, del índice de maduración, de los parámetros reológicos y de la observación por microscopía SEM muestran complementariamente (en forma directa o indirecta) el efecto de la reducción del contenido de sal sobre el contenido de humedad promedio al finalizar la etapa de salado y sobre la proteólisis, el debilitamiento de la matriz proteica y la distribución del agua entre los canales de suero y la matriz proteica, durante la etapa de maduración.

Se puede concluir que las reducciones de sal estudiadas en queso Tybo provocaron los cambios esperados, los que pudieron ser detectados por las técnicas usadas. Cabe destacar que los valores de los parámetros que pudieron ser cuantificados se encuentran en los órdenes de magnitud esperados para quesos semiduros. Los resultados obtenidos son muy prometedores y se espera complementar los mismos con otras áreas para determinar la reducción de sal que no afecte las principales características de queso Tybo.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con financiación proveniente del CONICET, de la Universidad Nacional del Litoral y de la Secretaría de Estado de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de Santa Fe.

## REFERENCIAS

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Vol. 2, 15th ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Arboatti AS, Olivares ML, Sabbag NG, Costa SC, Zorrilla SE, Sihufe GA. 2014. The influence of sodium chloride reduction on physicochemical, biochemical, rheological and sensory characteristics of Mozzarella cheese. *Dairy Science & Technology* 94: 373-386.

Bertola NC, Bevilacqua AE, Zaritzky NE. 1992. Proteolytic and rheological evaluation of maturation of Tybo Argentino cheese. *Journal of Dairy Science* 75: 3273-3281.

Cruz AG, Faria JAF, Pollonio MAR, Bolini HMA, Celeghini RMS, Granato D, Shah NP. 2011. Cheeses with reduced sodium content: effects on functionality, public health benefits and sensory properties. *Trends in Food Science & Technology* 22: 276-291.

Ferrante D, Apro N, Ferreira V, Virgolini M, Aguilar V, Sosa M, Perel P, Casas J. 2011. Feasibility of salt reduction in processed foods in Argentina. *Revista Panamericana de Salud Pública* 29(2): 69-75.

Fox PF, Guinee TP, Cogan TM, McSweeney PLH. 2017. *Fundamentals of Cheese Science*. 2nd ed. New York: Springer.

Guinee TP. 2004. Salting and the role of salt in cheese. *International Journal of Dairy Technology* 57(2/3): 99-109.

Guinee TP, Fox PF. 2004. Salt in cheese: physical, chemical and biological aspects. En: Fox PF, McSweeney PLH, Cogan TM, Guinee TP (eds.) *Cheese, Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 1, General Aspects. 3rd ed. Londres: Elsevier Academic Press.

Guinee TP, O'Kennedy BT. 2007. Reducing salt in cheese and dairy spreads. En: Kilcast D, Angus F (eds.) *Reducing Salt in Foods. Practical Strategies*. Boca Raton: CRC Press.

Gunasekaran S, Ak MM. 2003. *Cheese Rheology and Texture*. Boca Raton: CRC Press.

Hutton T. 2002. Technological functions of salt in the manufacturing of food and drink products. *British Food Journal* 104(2): 126-152.

ISO 27871:IDF 224. 2011. Cheese and processed cheese – Determination of the nitrogenous fractions. International Organization for Standardization. International Dairy Federation.

ISO 8968-1:IDF 20-1. 2014. Milk and milk products – Determination of nitrogen content – Part 1: Kjeldahl principle and crude protein calculation. International Organization for Standardization. International Dairy Federation.

McCarthy CM, Wilkinson MG, Kelly PM, Guinee TP. 2016. Effect of salt and fat reduction on proteolysis, rheology and cooking properties of Cheddar cheese. *International Dairy Journal* 56: 74-86.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2009. Protocolo de calidad para queso Tybo y Holanda. En internet: [https://www.inti.gov.ar/lacteos/pdf/SAA016\\_TyboyHolanda\\_v14\\_1.pdf](https://www.inti.gov.ar/lacteos/pdf/SAA016_TyboyHolanda_v14_1.pdf).

Ministerio de Salud de la Nación. 2011. – Sal + Vida. Disminuí el consumo de sal para tener una vida más saludable. En internet: <http://www.msal.gov.ar/ent/index.php/informacion-para-ciudadanos/menos-sal--vida>.

O'Callaghan DJ, Guinee TP. 2011. Rheology and texture of cheese. En: Fuquay JW, Fox PF, McSweeney PLH (eds.) *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2nd ed. Londres: Academic Press.

Ribero GG. 2008. Congelación de quesos por inmersión en soluciones acuosas concentradas. Tesis Doctoral. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.

Ribero GG, Rubiolo AC, Zorrilla SE. 2009. Microstructure of Mozzarella cheese as affected by the immersion freezing in NaCl solutions and by the frozen storage. *Journal of Food Engineering* 91: 516-520.

Vandenbergh E, Choucharina S, De Ketelaere B, De Baerdemaeker J, Claes J. 2014. Spatial variability in fundamental material parameters of Gouda cheese. *Journal of Food Engineering* 131: 50-57.