

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Tecnología de los quesos bajos en grasa

Low-fat cheeses technology

Jhony Mayta-Hancco^{1,3}, Antonio-José Trujillo², Bibiana Juan²

RESUMEN

Los quesos bajos en grasa se caracterizan por tener deficiencias en el sabor, textura y propiedades funcionales debido al alto contenido de humedad y proteína. Algunas estrategias desarrolladas para mejorar estas deficiencias incluyen el uso de cultivos adjuntos, uso de sustitutos de grasa y técnicas de procesado. El uso de cultivos adjuntos (principalmente *Lactobacillus* spp) pueden mejorar la funcionalidad y el sabor de los quesos bajos en grasa. Es deseable contar con cultivos de baja actividad proteolítica, pero de alta actividad peptidolítica (para evitar la formación excesiva de ácidos y sabores amargos). El uso de estabilizadores, sustitutos y miméticos de grasa (base proteína y carbohidratos) también se ha empleado para mejorar la calidad de los quesos bajos en grasa. Las técnicas de procesado, tales como los procesos de membrana (ultrafiltración y microfiltración), suplementación de la leche con proteínas de suero, adición directa de suero de mantequilla, estandarización de la leche en términos de caseína/grasa y la homogeneización han sido utilizadas para mejorar la textura, rendimiento y propiedades funcionales de los quesos bajos en grasa.

Palabras clave: quesos bajos en grasa; cultivos adjuntos; sustitutos de grasa; técnicas de procesado

¹ Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Moquegua (UNAM), Moquegua, Perú

² Centre d'Innovació, Recerca i Transferència en Tecnologia dels Aliments (CIRTTA), Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, España

³ E-mail: jmaytah@unam.edu.pe

Recibido: 14 de marzo de 2019

Aceptado para publicación: 15 de noviembre de 2019

ABSTRACT

Low-fat cheeses are characterized as having poor flavour, texture and functional properties due to the high moisture and protein content. Some strategies developed to improve these deficiencies include the use of adjunct cultures, use of fat replacers and processing techniques. The use of adjunct cultures (mainly *Lactobacillus* spp) can improve the functionality and flavour of low-fat cheeses. It is desirable to have cultures of low proteolytic activity, but of high peptidolytic activity (to avoid excessive acid formation and bitter flavours). The use of fat stabilizers, replacers and fat mimetics (protein and carbohydrate based) has also been used to improve the quality of low-fat cheeses. Processing techniques, such as membrane processes (ultrafiltration and microfiltration), supplementation of milk with whey proteins, direct addition of buttermilk, standardization of milk in terms of casein/fat ratio and homogenization have been used to improve the texture, performance and functional properties of low-fat cheeses.

Key words: low-fat cheese; adjunct cultures; fat replacers; processing techniques

INTRODUCCIÓN

El queso es una excelente fuente de proteínas (aminoácidos esenciales), grasas, minerales (calcio, hierro y fósforo) y vitaminas (Holsinger, 1995). Sin embargo, la percepción sobre los quesos se ha ido deteriorando con los años, principalmente debido al contenido de ácidos grasos saturados (Parodi, 2009), que representan el 65% de los lípidos de la leche (Komorowski, 2011). Los ácidos grasos saturados láurico (12:0), mirístico (14:0) y palmítico (16:0) tienen la propiedad de fijar el colesterol en la sangre y son clasificados como aterogénicos (McCarthy *et al.*, 2013). Esto ha creado una mayor conciencia y un aumento de la demanda y oferta de alimentos bajos en grasa, incluyendo las variedades de queso (Katsiari *et al.*, 2002).

El consumo de quesos bajos en grasa se ha asociado con un menor riesgo de hipertensión en varios metaanálisis, independientemente del contenido de grasa, debido a la presencia de calcio, vitamina D y otras moléculas bioactivas como los péptidos (Lordan *et al.*, 2018). La presencia de péptidos bioactivos (PB) como producto de

las proteínas hidrolizadas ha sido motivo de diversos estudios. Los PB son secuencias de aminoácidos de pequeño tamaño, entre 2 a 15 aminoácidos, inactivas dentro de la proteína intacta (Walther *et al.*, 2008), pero que pueden activarse al ser liberados durante de la digestión del alimento o por un procesado previo del mismo (Meisel, 1998).

Los PB pueden ejercer efectos reguladores similares a las hormonas del cuerpo humano (O'Brien y O'Connor, 2004); sin embargo, la función más conocida y extendida de los PB es la inhibición del enzima convertidor de angiotensina (ECA), que disminuye la angiotensina II (péptido vasoconstrictor) e incrementa la bradiquinina (péptido vasodilatador), generando una disminución de la presión arterial (McCarthy *et al.*, 2013). Otros efectos beneficiosos debido a la presencia de los PB incluyen péptidos con actividad hipocolesterolemia, antioxidante, antimicrobiana e inmunomoduladora (Muleiro *et al.*, 2011). Algunos quesos donde se ha referenciado la presencia de PB inhibidores de la ECA son: Mozzarella, Itálico, Crescenza, Gorgonzola, Camembert, Edam, Gouda, Cheddar, Roquefort, Emmental y Parmesano (Saito *et al.*, 2000).

Diversos estudios epidemiológicos sugieren que la ingestión de productos lácteos puede reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Higurashi *et al.*, 2007). Al respecto, Høstmark *et al.* (2009) demostraron una asociación positiva entre el consumo de queso y el colesterol HDL (*High Density Lipoprotein*, por sus siglas en inglés) en diferentes grupos etarios. Contrariamente, Parodi (2004) reportó un ligero aumento del colesterol sanguíneo como respuesta del organismo al consumo de 100 mg/día de colesterol dietético (equivalente a ~100 g de queso Cheddar).

En general, los productos lácteos reducidos en grasa fueron impulsados con el propósito de permitir alternativas para controlar la ingesta diaria de calorías en las personas (Childs y Drake, 2009). Las directrices dietéticas en los Estados Unidos y la mayoría de los países industrializados recomiendan una reducción de la grasa en la dieta hasta un 30% de la energía total (Mistry, 2001; Banks y Weimer, 2007). Sin embargo, en los países mediterráneos como Francia, Italia y España, los patrones de alimentación tradicional continúan teniendo una fuerte influencia en el mercado, resultando en una demanda por el sabor y autenticidad, en lugar de la reducción de las calorías de alimentos bajos en grasa (Banks y Weimer, 2007).

El *Codex Alimentarius* (FAO/WHO, 2011) ha establecido denominaciones para los quesos en función al contenido de grasa expresada en materia seca: con toda la grasa (superior o igual al 45% e inferior al 60%), semigraso (superior o igual al 25% e inferior al 45%) y parcialmente desnatado (superior o igual al 10% e inferior al 25%). Sin embargo, cada país establece su propia normativa interna, como es el caso de la regulación de los Estados Unidos donde un queso reducido en grasa requiere al menos una reducción del 25% del nivel de grasa respecto a una variedad de referencia (FDA, 1993).

Un queso bajo en grasa puede contener 6 g de grasa por 100 g de queso, y un queso sin grasa, es aquel que contiene menos de 0.5 g de grasa por 100 g de queso. En Europa, el queso puede ser etiquetado como «reducido en grasa», si la reducción del contenido de grasa es de, como mínimo, el 30% en comparación con un producto similar. Asimismo, la declaración «bajo en grasa» se aplica cuando el producto no contiene más de 3 g de grasa por 100 g de producto. Por otro lado, el término «sin grasa» se aplica si el producto contiene menos de 0.5 g de grasa por 100 g de producto (Reglamento CE 1924, 2006).

Defectos tales como la falta de sabor característico, sabor reducido, amargor, textura firme, pérdida de suavidad, mayor elasticidad y granulosis son característicos en los quesos reducidos en grasa (Mistry, 2001; O'Connor y O'Brien, 2011), lo cual afecta su aceptación por parte de los consumidores (Fox y Guinee, 2013); además, tienden a reducir su calidad pocos meses después de su almacenamiento (Johnson y Chen, 1995). Así mismo, las propiedades funcionales (capacidad de fusión, cremado, capacidad de rallado grueso y apariencia) de los quesos Mozzarella bajos en grasa tampoco son adecuadas (Mistry, 2001). Por esta razón, se han desarrollado diversas investigaciones con el objetivo de contribuir a la mejora de la calidad de los quesos bajos en grasa para obtener características similares a los quesos elaborados con leche entera (Mohamed, 2015).

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS QUESOS BAJOS EN GRASA

El contenido de grasa de los quesos bajos en grasa está determinado por el tenor graso de la leche que oscila entre <0.5 y 1.8% de grasa. Estas leches presentan contenidos ligeramente superiores de proteína y de relación caseína/grasa, pero con menor conteni-

do de sólidos totales en comparación a la leche entera (Mistry, 2001). La grasa es el componente principal de la mayoría de las variedades de quesos y su modificación produce cambios concomitantes en los niveles de humedad, proteína y rendimiento (Guinee y McSweeney, 2006).

Se ha investigado el efecto del tenor graso de la leche en la composición de varios tipos de quesos reducidos en grasa, tales como el queso Cheddar (Bryant *et al.*, 1995; Ustunol *et al.*, 1995; Drake *et al.*, 1996; Fenelon y Guinee, 1999), queso Mozzarella (Tunick *et al.*, 1991, 1993; Rudan *et al.*, 1999), Feta (Katsiari y Voutsinas, 1994) y queso fresco Kashar (Koca y Metin, 2004). En general, en estudios donde las condiciones de fabricación de quesos se mantienen constantes, la reducción del contenido de grasa en los quesos produce incrementos en el contenido de humedad y proteína (Cuadro 1). Estos incrementos pueden atribuirse, según Sundar y Upadhyay (1990), a la mayor relación de caseína/grasa presente en las leches estandarizadas, lo cual se manifiesta en los quesos reducidos en grasa. Por otro lado, el incremento de proteína contribuiría al incremento de la humedad, debido a la capacidad de retención de agua que presenta (Katsiari y Voutsinas, 1994).

La reducción del contenido de grasa de los quesos también produce incrementos en el pH y disminuciones de humedad en sustancia no grasa (MNFS, por sus siglas en inglés) y de grasa expresada en materia seca (FDM, por sus siglas en inglés) (Cuadro 1). El incremento del pH de los quesos a medida que se reduce el contenido de grasa puede atribuirse a la disminución de los niveles de MNFS y la relación lactato/proteína (Fenelon y Guinee, 2000). Fenelon y Guinee (1999) observaron disminuciones de 0.2 g MNFS/g de grasa y 1.5 g FDM/g al reducir el contenido de grasa de 33 a 6% en quesos Cheddar.

Se ha descrito que el rendimiento queso está influenciado por el contenido de grasa de la leche. El rendimiento total (kilo-

gramos de queso por 100 kg leche) de los quesos bajos en grasa son menores que los quesos enteros, debido a que la cantidad de grasa extraída no es igual a la cantidad de humedad añadida (Mistry, 2001). Fenelon y Guinee (1999) evaluaron el efecto del tenor graso de la leche en el rendimiento de quesos Cheddar, reportando rendimientos de 6.37, 7.49, 8.09 y 9.50% para leches con contenido de grasa de 0.54, 1.5, 2.0 y 3.3%, respectivamente, atribuido al incremento de la humedad asociada a la proteína del queso, y a la correlación positiva entre la grasa de la leche y la MNFS del queso. Rudan *et al.* (1999) también reportaron rendimientos de 6.59, 7.13, 8.03 y 9.20% en quesos Mozzarella elaborados a partir de leche estandarizada con 0.4, 0.8, 1.6 y 3.2% de grasa, respectivamente.

La grasa distribuida uniformemente dentro de la matriz de caseína proporciona una textura típica en un queso elaborado con leche entera (Johnson y Chen, 1995). Sin embargo, a medida que el contenido de grasa disminuye, aumenta la concentración de proteínas, se modifica la textura y se obtienen quesos más firmes, duros, secos y granulados (Banks y Weimer, 2007). Para contrarrestar los defectos de textura de los quesos bajos en grasa, la MNFS debe ser igual o similar al del queso entero (Mistry, 2001).

Otra característica de los quesos bajos en grasa es el amargor que presentan por la excesiva acumulación de péptidos hidrofóbicos (Rodríguez, 1998), como resultado de la sobreproducción o degradación inadecuada de las proteínas por las peptidasas microbianas (McSweeney, 2007). Los compuestos tales como los aminoácidos, aminos, amidas, amidas substituidas, cetonas de cadena larga y algunos monoglicéridos, entre otros, contribuyen asimismo con el amargor de los quesos (McSweeney, 1997). Este sabor puede ser particularmente problemático en los quesos bajos en grasa, presumiblemente como resultado de la partición reducida de los péptidos hidrofóbicos en la fase grasa. Aunque estos péptidos amargos pue-

Cuadro 1. Composición de algunas variedades de quesos (Guinee y McSweeney, 2006)

Queso	Grasa (%)	Humedad (%)	Proteína (%)	MNFS ¹ (%)	C		pH
					P		
					(mg/100 g)		
Cheddar							
Bajo en grasa	7.2	46.1	38.5	49.6	1097	839	5.52
Reducido en grasa	21.9	40.9	31.0	52.4	872	639	5.37
Entero	30.4	37.8	26.4	57.0	742	533	5.25
Mozzarella							
Bajo en grasa	5.0	62.5	30.4	64.5	Nd	Nd	Nd
Reducido en grasa	12.3	48.5	32.8	55.3	Nd	Nd	Nd
Entero	21.2	47.0	25.5	59.9	Nd	Nd	Nd
Feta							
	6.5	66.8	20.1	71.4	Nd	Nd	4.68
	21.9	56.4	15.9	72.2	Nd	Nd	4.57
Kefalograviera							
	9.8	48.4	33.4	53.6	Nd	Nd	5.40
	30.6	37.8	26.1	54.4	Nd	Nd	5.49

Nd. No detectado

¹ Humedad en sustancia no grasa

den originarse a partir de las caseínas $\alpha 1$ o β , es la acción de la quimosina y de la proteinasa de la envoltura celular de los lactococos sobre la región c-terminal hidrofóbica de la β -caseína la que se asocia principalmente con la producción de péptidos amargos (McSweeney, 1997).

COMO MEJORAR LA CALIDAD DE LOS QUESOS BAJOS EN GRASA

Cultivos Adjuntos

Los cultivos adjuntos pueden definirse como cepas seleccionadas de microorganismos que se añaden a la leche para mejorar la calidad sensorial del queso (El Soda *et al.*, 2000). El cultivo adjunto más comúnmente utilizado es el *Lactobacillus* spp. Los lactobacilos primarios más utilizados son los mesofílicos (*Lactobacillus casei*) y los

termofílicos (*Lactobacillus helveticus* y *L. delbrueckii* subsp *bulgaricus*) (Drake y Swanson, 1995).

El uso de cultivos adjuntos permite mejorar la funcionalidad y el sabor de los quesos reducidos y bajos en grasa mediante el incremento de la proteólisis, específicamente de la actividad amino-peptidasa, que reduce el amargor e incrementa las concentraciones deseables de péptidos y precursores del sabor [*flavour*] (Drake y Swanson, 1995; Mistry, 2001).

Es deseable contar con cultivos de baja actividad proteolítica, pero de alta actividad peptidolítica (Mistry, 2001); por lo tanto, la selección apropiada de cultivos adjuntos es un aspecto importante en la producción exitosa del queso reducido en grasa (Tarakci y Tuncturk, 2008). Tungjaroenchai *et al.* (2001) observaron mayor actividad

aminopeptidasa con *Lactococcus lactis* subsp *diacetylactis* que con *L. helveticus*, *L. reuteri* y *Brevibacterium linens* en quesos Edam reducidos en grasa. Asimismo, la adición de *L. helveticus* y *Lactococcus lactis* subsp *diacetylactis* como cultivos adjuntos produjo un incremento de la proteólisis. El Soda *et al.* (2000) observaron mejoras de la calidad sensorial de quesos Cheddar reducidos en grasa elaborados con cultivos adjuntos de *L. casei*, *L. helveticus*, *Lc. lactis* subsp *lactis* biovar *diaceylactis* y *Br. linens*. Johnson y Chen (1995) también reportaron una mayor preferencia por los quesos Cheddar reducidos en grasa y elaborados con *L. helveticus* CNRZ 32. Por otro lado, la actividad proteolítica del *L. casei* subsp *casei* fue útil en el desarrollo de propiedades funcionales del queso Mozzarella bajo en grasa (Mistry, 2001).

Sustitutos de Grasa

Una estrategia para mejorar el sabor [*flavour*] y textura de los quesos bajos en grasa es el uso de sustitutos y/o miméticos de grasa (Johnson y Chen, 1995). Los sustitutos de grasa son materiales que poseen propiedades físicas y funcionales similares que la grasa natural, pero que reducen el contenido de calorías del alimento (Rodríguez, 1998). Los miméticos de grasa son materiales microparticulados a base de carbohidratos o proteínas del suero, que imitan las propiedades de la grasa natural y pueden mejorar las características de los quesos bajos en grasa, mediante la retención de agua y mejora de la textura y rendimiento (Banks, 2004; Farkye y Guinee, 2017).

Se han utilizado diversos miméticos de grasa de base proteína de suero (Simplese® y Dayri Lo®) para elaborar quesos Mozzarella y Cheddar bajos en grasa (Lucey y Gorry, 1993; McMahon *et al.*, 1996; Fenelon y Guinee, 1997; Aryana y Haque, 2001). Estos quesos con añadidos de miméticos de grasa presentan altos niveles de agua y MNFS, pero con textura suave

(Lucey y Gorry, 1993; Fenelon y Guinee, 1997; Aryana y Haque, 2001) y con mayor capacidad de fusión (McMahon *et al.*, 1996).

El caseinato de sodio también es un mimético de grasa de base proteína que ha sido utilizado en la fabricación de diferentes tipos de quesos (Lobato-Calleros *et al.*, 2000; Nateghi *et al.*, 2012). Los caseinatos son productos desecados por pulverización, solubles en agua y sin sabor (Walstra *et al.*, 2006). La composición típica del caseinato de sodio es: humedad 3.8%, proteína (N 6.38) 91.4%, grasa 1.1%, lactosa 0.1%, ceniza 3.6%, sodio 1.2-1.4%, calcio 0.1% y pH 6.5-6.9 (Bylund, 1995). Una de sus propiedades funcionales es la alta capacidad de retención de agua en la matriz proteica de los quesos (Lobato-Calleros *et al.*, 2000; Nateghi *et al.*, 2012).

Otro mimético a base de moléculas de triacilglicéridos de cadena corta y larga es el Salatrim®. Rudan *et al.* (1998) obtuvieron quesos Mozzarella reducidos en grasa a partir de nata ligera homogenizada con adición de Salatrim®. Este mimético produjo menores pérdidas de grasa en el lactosuero e incrementó el rendimiento; sin embargo, fue señalado como el principal responsable de la pérdida del color amarillo de los quesos en comparación a los quesos sin adición de mimético. Otros miméticos de base de carbohidratos utilizados en la fabricación de quesos Mozzarella y Cheddar bajos en grasa han sido Stellar™ y NovageI™ (McMahon *et al.*, 1996; Aryana y Haque, 2001). El uso de Stellar™ produjo una mayor capacidad de fusión, mientras que el NovageI™ produjo una estructura abierta en los quesos Mozzarella bajos en grasa en comparación a los quesos sin adición de miméticos (McMahon *et al.*, 1996).

Técnicas de Procesado

Los procesos de membrana como la ultrafiltración (UF) y microfiltración (MF) de la leche también han sido utilizados para la mejora del rendimiento de los quesos bajos

en grasa (St-Gelais *et al.*, 1998; Goudéranche *et al.*, 2000). La UF de leche baja en grasa destinada a quesería puede mejorar el sabor [*flavour*] y textura de los quesos mediante la disminución de la cantidad de lactosa disponible en la leche y controlando la velocidad de acidificación, así como mediante el incremento del contenido de proteína del queso, produciendo una retención adicional de humedad (Drake y Swanson, 1995). La MF de la leche permite una separación selectiva de los glóbulos de grasa de acuerdo con su tamaño y sin dañar su membrana superficial. La separación se logra mediante el uso de membranas cerámicas de MF con poros de 2-5 μm de tamaño (Mistry, 2001). Rodríguez *et al.* (1999) encontraron una mejora de la textura y preferencia de los quesos elaborados con leche tratada por MF en comparación a los elaborados con UF.

La suplementación de la leche con proteínas del suero microparticulada (MPW, por sus siglas en inglés) ha sido ampliamente utilizada en la elaboración de quesos bajos en grasa (Masotti *et al.*, 2017). Sin embargo, la adición excesiva de MPW interfiere en la formación de la cuajada y afecta negativamente la calidad del queso (Guinee *et al.*, 1998). Por ello, Schreiber *et al.* (1998) sugirieron el uso de concentraciones menores de 0.5% de este tipo de producto. En general, la adición de MPW a la leche de fabricación quesera produce aumentos en la capacidad de retención de agua en los quesos. Lo y Bastian (1998) observaron un alto contenido de humedad en quesos tipo Havarti reducidos en grasa elaborados a partir de leche suplementada con MPW y tratada por UF en comparación a los quesos tradicionales. Por otro lado, Di Cagno *et al.* (2014) reportaron incrementos en el rendimiento de quesos tipo Caciotta bajos en grasa elaborado con MPW y atribuido al incremento del contenido de humedad. Stankey *et al.* (2017) también observaron incrementos significativos en el rendimiento de quesos Cheddar bajos en grasa elaborados a partir de leche suplementada con

0.5% de MPW en comparación con quesos elaborados con leche sin adición de MPW, atribuyendo al mayor contenido de humedad en los quesos.

La adición directa de suero de mantequilla a la leche también ayuda a retener mejor la humedad en quesos bajos en grasa. Sin embargo, este procedimiento requiere de grandes volúmenes de suero de mantequilla (por encima de 30%). Frente a ello, la concentración por UF del suero de mantequilla vendría a ser una alternativa para su utilización en la fabricación de quesos. Este enfoque también fue aplicado en la fabricación de quesos Cheddar bajos en grasa (Mistry *et al.*, 1996), quesos Mozzarella bajos en grasa (Poduval y Mistry, 1999) y quesos procesados bajos en grasa (Raval y Mistry, 1999). Utilizando concentraciones inferiores a 5% de suero de mantequilla UF se logró una mayor retención de la humedad y se obtuvo quesos Cheddar reducidos en grasa con mejor cuerpo y textura (Mistry *et al.*, 1996).

En la fabricación de quesos reducidos en grasa también se han utilizado procesos de estandarización de leches reducidas en grasa en términos de caseína/grasa. Generalmente, la estandarización se realiza mediante la adición de leche desnatada en polvo (Johnson y Chen, 1995). A medida que incrementa el valor de la relación caseína/grasa de la leche se disminuye el contenido de FDM y el rendimiento (Sundar y Upadhyay, 1990). Se recomiendan relaciones de caseína/grasa de 1.58 y 2.4 en la leche para la elaboración de quesos Cheddar con 33% de grasa reducida y quesos Mozzarella con 50% de grasa reducida, respectivamente (Mistry, 2001). Sundar y Upadhyay (1990) evaluaron el efecto de varias relaciones de caseína/grasa en leche de búfala utilizada en la fabricación de quesos Mozzarella, encontrando incrementos en el rendimiento de queso de 13.8 a 16.5%, a medida que disminuyeron las relaciones de caseína/grasa de 0.9 a 0.5, respectivamente.

Se han desarrollado procesos de homogenización de la leche con el propósito de mejorar el cuerpo y textura de los quesos bajos en grasa (Mistry, 2001); sin embargo, los quesos resultantes presentan modificaciones de la red proteica, alterando negativamente su estructura básica (Nair *et al.*, 2000) e incrementando su firmeza (Coutouly *et al.*, 2014). Asimismo, estos tratamientos evitan la formación de fuerzas interfaciales entre la nueva superficie de los glóbulos grasos creada debido al tratamiento de homogenización y las micelas de caseína, produciéndose roturas de la cuajada y pérdida del rendimiento (Mistry, 2001). En general, no se recomienda la homogeneización de la leche para la fabricación del queso, debido a los efectos nocivos en el sabor y textura del queso madurado (Jana y Upadhyay, 1992). Estos resultados han llevado al concepto de homogeneización selectiva en donde se homogeneiza solamente la fracción grasa (nata) separada de la parte proteica principal (Karaman y Akalýn, 2013).

Se han realizado estudios de homogeneización de la nata como una herramienta de proceso para la mejora de quesos Cheddar (Metzger y Mistry, 1994, 1995), Mozzarella (Rudan *et al.*, 1998; Poduval y Mistry, 1999), queso blanco iraní (Madadlou *et al.*, 2007) y Turco (Karaman y Akalýn, 2013) reducidos y bajos en grasa. Aunque las pérdidas de proteína fueron mayores (Karaman *et al.*, 2012), esta tecnología ha sido utilizada principalmente para incrementar la humedad (Mistry, 2001), reducir las pérdidas de grasa en el lactosuero (Metzger y Mistry, 1994; Rudan *et al.*, 1998; Nair *et al.*, 2000; Karaman y Akalýn, 2013), incrementar la velocidad de hidrólisis de los lípidos e incrementar el rendimiento (Rudan *et al.*, 1998; Madadlou *et al.*, 2007). Por otro lado, Metzger y Mistry (1994) reportaron mayores rendimientos (~3%) en quesos Cheddar reducidos en grasa y elaborados con nata homogeneizada (~17 MPa, 2 etapas), en comparación a las muestras de leche sin ningún tratamiento y atribuida principalmente a una menor pérdida de grasa y proteína en el suero. Nair *et al.* (2000) encontraron que el rendi-

miento de los quesos Cheddar mejoró de 1.42 a 3.85% a medida que se incrementaba las presiones de homogenización de 3.5 a 10.4 MPa debido a una mejor recuperación de grasa y proteína de los quesos.

En los últimos años se han realizado procesos de ultra alta presión por homogeneización (UHPH) en la leche de fabricación quesera como un tratamiento alternativo para la elaboración de quesos frescos (Escobar *et al.*, 2011; Zamora *et al.*, 2011, 2012). Esta tecnología resultó útil en el incremento de la humedad y del rendimiento de los quesos, así como en la mejora de las propiedades sensoriales (Escobar *et al.*, 2011), reduciendo la sinéresis durante el almacenamiento y mejorando la calidad microbiológica de los quesos (Zamora *et al.*, 2011, 2012).

LITERATURA CITADA

1. **Aryana KJ, Haque ZU. 2001.** Effect of commercial fat replacers on the microstructure of low-fat Cheddar cheese. *Int J Food Sci Tech* 36:169-177. doi: 10.1046/j.1365-2621.2001.00446.x
2. **Banks JM. 2004.** The technology of low-fat cheese manufacture. *Int J Dairy Technol* 57: 199-207. doi: 10.1111/j.1471-0307.2004.00136.x
3. **Banks J, Weimer B. 2007.** Producing low fat cheese. In: Weimer B (ed). *Improving the flavour of cheese*. England: Woodhead Publishing. p 520-536.
4. **Bryant A, Ustunol Z, Steffe J. 1995.** Texture of cheddar cheese as influenced by fat reduction. *J Food Sci* 60: 1216-1219. doi: 10.1111/j.1365-2621.1995.tb04559.x
5. **Bylund G. 1995.** *Dairy processing handbook*. Lund, Sweden: Tetra Pak Processing Systems. 452 p.
6. **Childs JL, Drake M. 2009.** Consumer perception of fat reduction in cheese. *J Sens Stud* 24: 902-921. doi: 10.1111/j.1745-459X.2009.00243.x

7. **Coutouly A, Riaublanc A, Axelos M, Gaucher I. 2014.** Effect of heat treatment, final pH of acidification, and homogenization pressure on the texture properties of cream cheese. *Dairy Sci Technol* 94: 125-144. doi: 10.1007/s13594-013-0148-z
8. **Di Cagno R, De Pasquale I, De Angelis M, Buchin S, Rizzello CG, Gobbetti M. 2014.** Use of microparticulated whey protein concentrate, exopolysaccharide-producing *Streptococcus thermophilus*, and adjunct cultures for making low-fat Italian Caciotta-type cheese. *J Dairy Sci* 97: 72-84. doi: 10.3168/jds.2013-7078
9. **Drake MA, Boylston TD, Swanson BG. 1996.** Fat mimetics in low-fat cheddar cheese. *J Food Sci* 61: 1267-1271. doi: 10.1111/j.1365-2621.1996.tb10976.x
10. **Drake MA, Swanson BG. 1995.** Reduced- and low-fat cheese technology: a review. *Trends Food Sci Tech* 6: 366-369. doi: 10.1016/S0924-2244(00)-89192-X
11. **El Soda M, Madkor SA, Tong PS. 2000.** Adjunct cultures: recent developments and potential significance to the cheese industry. *J Dairy Sci* 83: 609-619. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)74920-4
12. **Escobar D, Clark S, Ganesan V, Repiso L, Waller J, Harte F. 2011.** High-pressure homogenization of raw and pasteurized milk modifies the yield, composition, and texture of queso fresco cheese. *J Dairy Sci* 94: 1201-1210. doi: 10.3168/jds.2010-3870
13. **[FAO/WHO] Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization. 2011.** Codex Group Standard for unripened cheese including fresh cheese. Codex Standard 221-2001. 2nd. ed. Rome, Italy. [Internet]. Available in: http://www.fao.org/input/download/standards/363/CXS_221e.pdf+&cd=-1&hl=es&ct=clnk&gl=pe
14. **Farkye NY, Guinee TP. 2017.** Low-fat and low-sodium cheeses. In: Cheese.- 4th ed. McSweeney PLH, Fox PF, Cotter PD, Everett DW (eds). San Diego: Academic Press. p 699-714.
15. **[FDA] Food and Drug Administration. 1993.** Food labeling: nutrient content claims, general principles, petitions, definition of terms; definitions of nutrient content claims for the fat, fatty acid, and cholesterol of food. Food and Drug Administration (FDA). [Internet]. Available in: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=101.13>
16. **Fenelon MA, Guinee TP. 1997.** The compositional, textural and maturation characteristics of reduced-fat Cheddar made from milk containing added Dairy LoT. *Milchwissenschaft* 52: 385-389.
17. **Fenelon MA, Guinee TP. 1999.** The effect of milk fat on cheddar cheese yield and its prediction, using modifications of the Van Slyke cheese yield formula. *J Dairy Sci* 82: 2287-2299. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75477-9
18. **Fenelon MA, Guinee TP. 2000.** Primary proteolysis and textural changes during ripening in Cheddar cheeses manufactured to different fat contents. *Int Dairy J* 10: 151-158. doi: 10.1016/S0958-6946(00)00040-6
19. **Fox PF, Guinee TP. 2013.** Cheese science and technology. In: Park YW, Haenlein GFW (eds). *Milk and dairy products in human nutrition: production, composition and health*. USA: John Wiley & Sons. p 357-389.
20. **Goudédranche H, Fauquant J, Maubois JL. 2000.** Fractionation of globular milk fat by membrane microfiltration. *Lait* 80: 93-98. doi:10.1051/lait:2000110.
21. **Guinee TP, Fenelon MA, Mulholland E, O'Kennedy BT, O'Brien N, Reville WJ. 1998.** The influence of milk pasteurization temperature and pH at curd milling on the composition, texture and maturation of reduced fat cheddar cheese. *Int J Dairy Technol* 51: 1-10. doi: 10.1111/j.1471-0307.1998.tb02631.x

22. **Guinee TP, McSweeney PLH. 2006.** Significance of milk fat in cheese. In: Fox PF, McSweeney PLH (eds). *Advanced dairy chemistry*. Boston, MA: Springer. p 377-440.
23. **Higurashi S, Kunieda Y, Matsuyama H, Kawakami H. 2007.** Effect of cheese consumption on the accumulation of abdominal adipose and decrease in serum adiponectin levels in rats fed a calorie dense diet. *Int Dairy J* 17: 1224-1231. doi: 10.1016/j.idairyj.2007.03.012
24. **Holsinger VH. 1995.** Nutritional aspects of reduced-fat cheese. In: Malin EL, Tunick MH (eds). *Chemistry of structure function relationships in cheese*. Boston, MA: Springer. p 339-344.
25. **Høstmark AT, Sissel AH, Thelle D, Mosdøl A. 2009.** Serum HDL cholesterol was positively associated with cheese intake in the oslo health study. *J Food Lipids* 16: 89-102. doi: 10.1111/j.1745-4522.2009.01134.x
26. **Jana AH, Upadhyay KG. 1992.** Effects of homogenization conditions on the quality and yield of buffalo milk mozzarella cheese. *Indian J Anim Sci* 62: 681-685.
27. **Johnson ME, Chen CM. 1995.** Technology of manufacturing reduced-fat cheddar cheese. In: Malin EL, Tunick MH (eds). *Chemistry of structure-function relationships in cheese*. Boston, MA: Springer. p 331-337.
28. **Karaman AD, Akalın AS. 2013.** Improving quality characteristics of reduced and low fat Turkish white cheeses using homogenized cream. *Lebensm-Wiss Technol* 50: 503-510. doi: 10.1016/j.lwt.2012.08.017
29. **Karaman AD, Benli M, Akalin AS. 2012.** Microstructure of industrially produced reduced and low fat Turkish white cheese as influenced by the homogenization of cream. *Grasas Aceites* 63: 267-273. doi: 10.3989/gya.106611
30. **Katsiari MC, Voutsinas LP, Kondyli E. 2002.** Improvement of sensory quality of low-fat Kefalograviera-type cheese with commercial adjunct cultures. *Int Dairy J* 12: 757-764. doi: 10.1016/S0958-6946(02)00066-3
31. **Katsiari MC, Voutsinas LP. 1994.** Manufacture of low-fat Feta cheese. *Food Chem* 49: 53-60. doi: 10.1016/0308-8146(94)90232-1
32. **Koca N, Metin M. 2004.** Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh Kashar cheeses produced by using fat replacers. *Int Dairy J* 14: 365-373. doi: 10.1016/j.idairyj.2003.08.006
33. **Komorowski ES. 2011.** Saturated fat reduction in milk and dairy products. In: Talbot G (ed). *Reducing saturated fats in foods*. USA: Woodhead Publishing. p 179-194.
34. **Lo CG, Bastian ED. 1998.** Incorporation of native and denatured whey proteins into cheese curd for manufacture of reduced fat, havarti-type cheese. *J Dairy Sci* 81: 16-24. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(98)75545-6
35. **Lobato-Calleros C, Aguirre-Mandujano E, Vernon-Carter EJ, Sanchez-Garcia J. 2000.** Viscoelastic properties of white fresh cheese filled with sodium caseinate. *J Texture Stud* 31: 379-390. doi: 10.1111/j.1745-4603.2000.tb00297.x
36. **Lordan R, Tsoupras A, Mitra B, Zabetakis I. 2018.** Dairy fats and cardiovascular disease: do we really need to be concerned? *Foods* 7: E29. doi:10.3390/foods7030029
37. **Lucey JA, Gorry C. 1994.** Cheese yield and factors affecting its control: In: *Effect of Simplese® 100 on the manufacture of low fat Cheddar cheese*. Brussels, Belgium: International Dairy Federation. p 439-447.
38. **Madadlou A, Mousavi ME, Khosrows-hahi A, Emam-Djome Z, Zargaran M. 2007.** Effect of cream homogenization on textural characteristics of low-fat Iranian White cheese. *Int Dairy J* 17: 547-554. doi: 10.1016/j.idairyj.2006.-07.006
39. **Masotti F, Cattaneo S, Stuknytė M, De Noni I. 2017.** Technological tools to include whey proteins in cheese: current

- status and perspectives. *Trends Food Sci Tech* 64: 102-114. doi: 10.1016/J.TIFS.2017.04.007
40. **McCarthy AL, O'Connor TP, O'Brien NM. 2013.** Cheese in the context of diet and nutrition. In: Preedy VR, Watson RR, Patel VB (eds). *Handbook of cheese in health*. Human Health Handbooks. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers. p 13-26.
 41. **McMahon DJ, Alleyne MC, Fife RL, Oberg CJ. 1996.** Use of fat replacers in low fat Mozzarella cheese. *J Dairy Sci* 79: 1911-1921. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(96)76560-8
 42. **McSweeney PL. 1997.** The flavour of milk and dairy products: III. Cheese: taste. *Int J Dairy Technol* 50: 123-128. doi: 10.1111/j.1471-0307.1997.tb01752.x
 43. **McSweeney PLH. 2007.** Cheese manufacture and ripening and their influence on cheese flavour. In: Weimer BC (ed). *Improving the flavour of cheese*. Utah, USA: Woodhead Publishing. p 1-25.
 44. **Meisel H. 1998.** Overview on milk protein-derived peptides. *Int Dairy J* 8: 363-373. doi: 10.1016/S0958-6946(98)-00059-4
 45. **Metzger LE, Mistry VV. 1994.** A new approach using homogenization of cream in the manufacture of reduced fat cheddar cheese. 1. Manufacture, composition, and yield. *J Dairy Sci* 77: 3506-3515. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(94)-77292-1
 46. **Metzger LE, Mistry VV. 1995.** A new approach using homogenization of cream in the manufacture of reduced fat cheddar cheese. 2. Microstructure, fat globule distribution, and free oil. *J Dairy Sci* 78: 1883-1895. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(95)76813-8
 47. **Mistry VV, Metzger LE, Maubois JL. 1996.** Use of ultrafiltered sweet buttermilk in the manufacture of reduced fat Cheddar cheese. *J Dairy Sci* 79: 1137-1145. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(96)-76467-6
 48. **Mistry VV. 2001.** Low fat cheese technology. *Int Dairy J* 11: 413-422. doi: 10.1016/S0958-6946(01)00077-2
 49. **Mohamed AG. 2015.** Low-fat cheese: a modern demand. *Int J Dairy Sci* 10: 249-265. doi: 10.3923/ijds.2015.249.265
 50. **Mulero J, Zafrilla P, Martínez-Cachá A, Leal M, Abellán J. 2011.** Péptidos bioactivos. *Clin Inv Arterioscler* 23: 219-227. doi: 10.1016/j.arteri.2011.04.004
 51. **Nair MG, Mistry VV, Oommen BS. 2000.** Yield and functionality of Cheddar cheese as influenced by homogenization of cream. *Int Dairy J* 10: 647-657. doi: 10.1016/S0958-6946(00)00090-X
 52. **Nateghi L, Roohinejad S, Totousaus A, Rahmani A, Tajabadi N, Meimandipour A, Rasti B, et al. 2012.** Physicochemical and textural properties of reduced fat Cheddar cheese formulated with xanthan gum and/or sodium caseinate as fat replacers. *J Food Agric Environ* 10: 59-63. doi: 10.1234/4.2012.2882
 53. **O'Brien NM, O'Connor TP. 2004.** Nutritional aspects of cheese. In: Fox PF, McSweeney PLH, Cogan TM, Guinee TP (ed). *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. Vol 1. 3rd ed. London, UK: Elsevier. p 573-581.
 54. **O'Connor TP, O'Brien NM. 2011.** Butter and other milk fat products. Fat replacers. In: Fuquay JW, Fox PF, McSweeney PLH (eds). *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2nd ed. Oxford, UK: Elsevier. p 528-532.
 55. **Parodi PW. 2004.** Milk fat in human nutrition. *Aust J Dairy Technol* 59: 3-59.
 56. **Parodi PW. 2009.** Milk fat nutrition. In: Tamime AY (ed). *Dairy fats and related products*. UK: Blackwell Publishing. p 28-51.
 57. **Poduval VS, Mistry VV. 1999.** Manufacture of reduced fat Mozzarella cheese using ultrafiltered sweet buttermilk and homogenized cream. *J Dairy Sci* 82 :1-9. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(99)-75202-1

58. **Raval DM, Mistry VV. 1999.** Application of ultrafiltered sweet buttermilk in the manufacture of reduced fat process cheese. *J Dairy Sci* 82: 2334-2343. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(99)-75483-4
59. **Reglamento CE 1924. 2006.** Reglamento (CE) N.º 1924/2006 del Parlamento Europeo del 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y propiedades saludables en los alimentos. Diario Oficial de la Unión Europea. [Internet]. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2006/404/L00009-00025.pdf>
60. **Rodríguez J, Requena T, Fontecha J, Gouédranche H, Juárez M. 1999.** Effect of different membrane separation technologies (ultrafiltration and microfiltration) on the texture and microstructure of semihard low-fat cheeses. *J Agric Food Chem* 47: 558-565. doi: 10.1021/jf9805597
61. **Rodríguez J. 1998.** Recent advances in the development of low-fat cheeses. *Trends Food Sci Tech* 9: 249-254. doi: 10.1016/S0924-2244(98)00046-6
62. **Rudan MA, Barbano DM, Guo MR, Kindstedt PS. 1998.** Effect of the modification of fat particle size by homogenization on composition, proteolysis, functionality, and appearance of reduced fat mozzarella cheese. *J Dairy Sci* 81: 2065-2076. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(98)75781-9
63. **Rudan MA, Barbano DM, Yun JJ, Kindstedt PS. 1999.** Effect of fat reduction on chemical composition, proteolysis, functionality, and yield of mozzarella cheese. *J Dairy Sci* 82: 661-672. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(99)-75282-3
64. **Saito T, Nakamura T, Kitazawa H, Kawai Y, Itoh T. 2000.** Isolation and structural analysis of antihypertensive peptides that exist naturally in Gouda cheese. *J Dairy Sci* 83: 1434-1440. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75013-2
65. **Schreiber R, Neuhauser S, Schindler S, Kessler HG. 1998.** Incorporation of whey protein aggregates in semi-hard cheese. Part 1: Optimizing processing parameters. *Dtsch Milchwirtschaft* 49: 958-962.
66. **Stankey JA, Lu Y, Abdalla A, Govindasamy-Lucey S, Jaeggi JJ, Mikkelsen BØ, Pedersen KT, et al. 2017.** Low-fat Cheddar cheese made using microparticulated whey proteins: effect on yield and cheese quality. *Int J Dairy Technol* 70: 481491. doi: 10.1111/1471-0307.12413
67. **St-Gelais D, Roy D, Audet P. 1998.** Manufacture and composition of low fat Cheddar cheese from milk enriched with different protein concentrate powders. *Food Res Int* 31: 137-145. doi: 10.1016/S0963-9969(98)00073-8
68. **Sundar R, Upadhyay KG. 1990.** Effects of standardization of buffalo milk for casein/fat ratio on Mozzarella cheese composition and cheese making efficiency. *Indian J Dairy Sci* 43: 588-597.
69. **Tarakci Z, Tuncturk Y. 2008.** The effect of adjunct cultures on some chemical and biochemical properties of white-brined cheese. *J Food Biochem* 32: 490-505. doi: 10.1111/j.1745-4514.2008.00179.x
70. **Tungjaroenchai W, Drake MA, White CH. 2001.** Influence of adjunct cultures on ripening of reduced fat Edam cheeses. *J Dairy Sci* 84: 2117-24. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74656-5
71. **Tunick MH, Mackey KL, Shieh JJ, Smith PW, Cooke P, Malin EL. 1993.** Rheology and microstructure of low-fat Mozzarella cheese. *Int Dairy J* 3: 649-662. doi: 10.1016/0958-6946(93)90106-A
72. **Tunick MH, Mackey KL, Smith PW, Holsinger VH. 1991.** Effects of composition and storage on the texture of Mozzarella cheese. *Neth Milk Dairy J* 45: 117-125.
73. **Ustunol Z, Kawachi K, Steffe J. 1995.** Rheological properties of Cheddar cheese as influenced by fat reduction and

- ripening time. *J Food Sci* 60: 1208-1210. doi: 10.1111/j.1365-2621.1995.tb04557.x
74. **Walstra P, Wouters JTM, Geurts TJ. 2006.** Dairy science and technology. 2nd ed. Boca Raton, USA: CRC Press. 808 p.
75. **Walther B, Schmid A, Sieber R, Wehrmüller K. 2008.** Cheese in nutrition and health. *Dairy Sci Technol* 88: 389-405. doi: 10.1051/dst:2008012
76. **Zamora A, Ferragut V, Juan B, Guamis B, Trujillo AJ. 2011.** Effect of ultra-high pressure homogenisation of milk on the texture and water-typology of a starter-free fresh cheese. *Innov Food Sci Emerg* 12: 484-490. doi: 10.1016/j.ifset.2011.-06.002
77. **Zamora A, Ferragut V, Quevedo JM, Guamis B, Trujillo AJ. 2012.** Ultra-high pressure homogenisation of milk: technological aspects of cheese-making and microbial shelf life of a starter-free fresh cheese. *J Dairy Res* 79: 168-175. doi: 10.1017/S0022029912000052