

Caracterización de la maduración de quesos caprinos argentinos

*Oliszewski R¹; Wolf I.V²; Perotti M.C²; Bergamini C.V²; Zalazar C.A²

¹CERELA-CONICET. Tucumán, Argentina

²Instituto de Lactología Industrial - UNL-CONICET. Santa Fe, Argentina

*rubenoli@cerela.org.ar



Resumen

En el presente trabajo se evaluaron distintos fermentos lácticos adjuntos con el fin de caracterizar aspectos físico-químicos y microbiológicos de la maduración de quesos de cabra. Se elaboraron quesos con fermento iniciador comercial (quesos control) y se los comparó con quesos adicionados de fermentos adjuntos autóctonos de *L. plantarum*, *L. rhamnosus* y *E. faecium*. Los ensayos microbiológicos mostraron en general mayor desarrollo de bacterias lácticas en los quesos con fermentos adjuntos y menor crecimiento de microorganismos indeseables. Los análisis de perfiles peptídicos, de ácidos grasos libres y de compuestos de volátiles mostraron algunas diferencias entre los quesos con fermentos adjuntos evaluados y con respecto a los quesos control. Particularmente, los quesos adicionados con *E. faecium* presentaron un perfil peptídico, de ácidos grasos libres y sensorial diferente de los otros adjuntos. Importantes diferencias en las réplicas de elaboración indicaron la influencia de la composición de las diferentes leches utilizadas.

Palabras clave: fermentos lácticos autóctonos caprinos; maduración de quesos de cabra regionales.

Introducción

En la Argentina existen unos 4 millones de caprinos (SAGPyA, 2002), lo que representa un 0,5% del stock mundial (FAO, 2008), aunque por el alto grado de infor-

malidad de la actividad se estima que existe un número superior (Vaccarezza et al., 2008). En el Noroeste Argentino (NOA) se concentra la mayor parte de ellos (31,6%), que se destinan a carne, leche y fibras. Además, en esa región se produce el 70% de la leche caprina nacional. A pesar de ser considerada una actividad de subsistencia para el productor, su importancia radica en que abastece de proteína animal de alta calidad alimenticia al segmento más pobre del sector rural argentino. Por otro lado, existen empresas productoras de quesos que ingresaron al sector en los últimos años con fines comerciales, siendo el NOA la región que más produce, con un 63% del total a nivel nacional (Vaccarezza et al., 2008). El importante desarrollo que tuvo la quesería caprina a nivel nacional en los últimos 20 años careció de un desarrollo acorde en la investigación de fermentos lácticos. En general se emplearon los mismos fermentos usados en la industria quesera bovina, sin tener en cuenta las particularidades de composición de la leche de cabra, que son responsables de los atributos sensoriales típicos de estos quesos. Existen pocos grupos de trabajo que realizaron estudios a nivel nacional para aislar y caracterizar bacterias lácticas autóctonas (Oliszewski, 2006; Oliszewski et al., 2006, 2007; Barcatt et al., 2009), ensayando su utilización en la fabricación de quesos caprinos experimentales (Oliszewski et al., 2008, 2010) y estudiando la maduración de los quesos en condiciones reales de fabricación (Oliszewski et al., 2009a, 2009b). El objetivo de este trabajo fue la caracterización físico-química y microbiológica de la maduración de quesos caprinos semiduros elaborados con fermentos adjuntos autóctonos.

Materiales y métodos

Leche: la leche utilizada en las fabricaciones provino del INTA Catamarca, EEA Santa Cruz. Se emplearon 40 litros de leche de cabra raza Saanen en cada lote de fabricación. **Fermentos lácticos:** se fabricaron tres lotes de quesos semiduros. En cada lote se obtuvieron cuatro quesos experimentales (E) y cuatro quesos testigos (T). Los quesos experimentales de cada lote se elaboraron utilizando como fermento primario un producto comercial (Chr Hansen) inoculado al 1%, compuesto por *St. thermophilus* (60%), *Lb. bulgaricus* (20%) y *Lb. helveticus* (20%), más el agregado de una de las siguientes cepas adjuntas: *Lb. plantarum* ETC17 (EP), *Lb. rhamnosus* ETC14 (ER),

y *Enterococcus faecium* ETC3 (colección CRL) (EF), inoculadas al 0,25%. Los quesos testigos obtenidos en cada lote (TP, TR y TF) se elaboraron utilizando sólo el fermento primario. El fermento primario (tipo DVS) se agregó directamente a tina. Los fermentos adjuntos autóctonos se activaron por tres pases sucesivos en caldo MRS y finalmente se multiplicaron en leche. Las concentraciones de los fermentos adjuntos al momento de agregar en tina variaron entre 8,1 y 8,5 log ufc/ml. Cada uno de los lotes se fabricó por duplicado en diferentes días (réplicas 1 y 2), teniendo un total de seis lotes o elaboraciones.

Protocolo de fabricación: la leche se pasteurizó a 65°C por 20 min. A 39°C se adicionó cloruro de calcio (0,14 g por litro de leche) y se inoculó los lotes con los cultivos starter y adjuntos. Se agregó cuajo Maxiren 150 (0,014 g.Lt⁻¹ de leche), produciéndose la coagulación en 25 min. La cuajada se lizó en granos pequeños y se cocinó a 47°C. Luego los quesos se moldearon y prensaron por 12 h a 25°C. Una vez que alcanzaron un valor de pH de 5,2 se salaron en salmuera (20%, 12°C, 12 h.Kg⁻¹ de queso). Los quesos se maduraron a 12°C y 85% de humedad relativa por 60 días.

Análisis microbiológicos: se llevaron a cabo recuentos de microorganismos indeseables y bacterias lácticas por plaqueo con los siguientes medios de cultivo: Hongos y levaduras: Hongos y levaduras agar, 5 días a 30°C. Coliformes totales: VRBA, 24 a 48 hs a 30°C. Enterobacterias: Mc Conkey agar, 24 a 48 hs a 37°C. Lactobacilos mesófilos: MRS agar, 72 hs a 30°C. Lactobacilos termófilos: MRS agar, 72 hs a 42°C. Lactococos mesófilos: Laptg agar, 72 hs a 30°C. Lactococos termófilos: Laptg agar, 72 hs a 42°C. Enterococos: KF agar, 72 hs a 42°C. Los análisis se efectuaron durante el transcurso de la maduración (3, 30 y 60 días). Los resultados de los recuentos de los quesos testigo se promediaron para los seis lotes de elaboración (TP1, TP2, TR1, TR2, TF1 y TF2). En el caso de los quesos experimentales se promediaron los valores de las dos réplicas (1 y 2) ensayadas para cada fermento adjunto (EP, ER, EF).

Análisis físico-químicos: en el curso de la maduración (3, 30 y 60 días) se determinó la composición global de los quesos: materia grasa por Van Gulik (Casado Cimiano, 1987); extracto seco por el método de desecación en estufa hasta peso constante (IDF, 1982); pH (método potenciométrico); nitrógeno por método de Kjeldahl (IDF, 1993). Los valores de las distintas determinaciones se promediaron para los seis lotes de elaboración en los quesos testigos (TP1, TP2, TR1, TR2, TF1 y TF2). En el caso de los quesos experimentales, se promediaron los valores de las dos réplicas (1 y 2) ensayadas para cada fermento adjunto (EP, ER, EF).

Los restantes parámetros de maduración se evaluaron al final de la misma (60 días) con las siguientes metodologías: perfiles peptídicos por HPLC (Bergamini et al., 2009); lipólisis mediante extracción de la grasa, aislamiento de los AGL, derivatización a ésteres etílicos y análisis por GC-FID (Perotti et al., 2005); aislamiento de compuestos de aroma por microextracción en fase sólida (SPME), y análisis e identificación por GC-FID/MS (Wolf et al., 2010).

Análisis sensoriales: los análisis sensoriales se realizaron al final de la maduración (60 días) mediante la prueba de diferencia del triángulo (Meilgaard et al., 2007). Se seleccionaron 12 panelistas que degustaron dos series de quesos cada uno (24 respuestas) realizando una comparación entre los quesos experimentales (EP, ER, EF) y sus correspondientes testigos (TP, TR, TF). Cada panelista recibió tres porciones de queso (dos iguales y una diferente) aleatoriamente numeradas y debió indicar la muestra diferente de acuerdo a la percepción sensorial global. Para detectar diferencias significativas se utilizó la tabla de significancia del test (Meilgaard et al., 2007), en la cual para 24 respuestas y con un nivel de significancia $p < 0,05$ se requieren 13 respuestas correctas para obtener diferencias significativas.



Respuesta integral para la fortificación
de alimentos, brindada por
personal altamente capacitado
y de amplia experiencia en el rubro.

- ✓ FORTIFICACION DE ALIMENTOS: Fórmulas de vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales, aminoácidos y otros nutrientes especiales
- ✓ ANTIOXIDANTES NUTRAX® naturales y sintéticos
- ✓ SUPLEMENTOS DIETARIOS Y NUTRICIONALES
- ✓ FORMULACIONES A MEDIDA

Av. Facundo Zuviria 6513, CP 53004LSM Santa Fe, Argentina
Tel. Fax: 54 342 484 1204
e-mail: info@nutralia.net www.nutralia.net

Análisis estadístico: los resultados microbiológicos y la composición global de los quesos se analizaron a través de ANOVA de una vía (Minitab® Release 14.1 Statistical Software) para detectar diferencias en el curso de la maduración y entre los distintos lotes (testigos y experimentales). Se utilizó el test de comparación múltiple de Tuckey cuando se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en los valores medios.

Resultados y discusión

Análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos mostraron un desarrollo de bacterias lácticas en todos los lotes de entre 6 y 9 log ufc.g⁻¹. Se notó en general mayor desarrollo de bacterias lácticas en los quesos con fermento adjunto agregado que en aquellos que sólo contenían el fermento primario. En los quesos EF el grupo enterococos mostró un conteo significativamente ($p < 0,05$) mayor que los otros

Tabla 1 - Recuento de microorganismos en quesos T (Testigos), EP (Lb. plantarum ETC17), ER (Lb. rhamnosus ETC14) y EF (Enterococcus faecium ETC3) durante la maduración de quesos de cabra

Día de maduración		Enterobacterias	Coliformes	Hongos y levaduras	Enterococos	Mesófilos totales	Lactobacilos mesófilos	Lactobacilos termófilos	Cocos mesófilos	Cocos termófilos
3	Testigo ¹	3,60±1,21	3,80±1,16	3,04±1,54	4,03±1,50 ^a	7,48±1,33	6,51±0,73 ^a	6,72±0,52 ^{ac}	8,40±0,59	8,17±0,63
	EP ²	2,75±0,87	3,01±0,33	2,86±1,05	2,79±0,35 ^b	8,57±0,31	8,23±0,11 ^b	8,05±0,19 ^{bc}	8,48±0,14	8,51±0,21
	ER ²	2,98±0,54	2,86±1,00	2,31±0,37	3,63±1,88 ^b	8,78±0,88	8,67±0,79 ^b	8,49±0,90 ^b	8,85±0,78	8,95±0,73
	EF ²	3,09±1,26	2,86±1,00	2,53±0,76	6,65±0,55 ^b	8,59±0,74	7,74±0,49 ^b	7,00±0,43 ^c	8,32±0,89	8,20±0,82
30	Testigo ¹	2,99±0,88	2,57±0,75	3,80±1,25	3,58±1,43	7,39±0,60 ^a	6,86±0,59 ^a	6,01±0,88 ^{ac}	7,67±0,81	7,72±0,80 ^a
	EP ²	3,57±0,35	2,73±0,87	3,07±1,24	2,82±0,79	9,13±0,16 ^{ab}	8,34±0,79 ^b	8,06±0,54 ^b	8,82±0,42	9,12±0,03 ^b
	ER ²	ND	ND	ND	ND	8,00±0,00 ^b	7,93±0,02 ^{ab}	6,35±0,32 ^{abc}	8,23±0,21	8,79±0,16 ^{ab}
	EF ²	2,29±0,36	2,35±0,41	2,50±1,00	6,78±2,08	8,99±0,65 ^b	8,33±0,39 ^b	6,47±0,75 ^c	8,73±0,79	9,44±0,02 ^b
60	Testigo ¹	2,80±0,72	2,75±0,90	3,28±1,26	4,62±1,48 ^{ab}	7,34±1,80	6,92±1,50	6,00±1,30	7,40±1,67	7,24±1,63
	EP ²	2,61±0,70	2,60±0,70	2,89±0,80	3,62±1,87 ^{ab}	8,18±1,32	7,90±1,28	7,24±1,93	8,21±1,11	8,11±1,16
	ER ²	ND	ND	2,15±0,20	3,32±1,53 ^a	8,52±0,21	8,43±0,29	7,85±0,11	8,59±0,21	8,54±0,19
	EF ²	ND	ND	3,18±1,36	6,25±0,62 ^b	8,62±1,00	8,09±0,48	5,89±2,18	9,15±0,74	9,01±0,82

ND: no detectado. Letras diferentes en las superíndices de igual grupo de microorganismo de un mismo tiempo de maduración indica diferencia significativa ($p < 0,05$).

(1) Valores medios de los seis lotes de elaboración (TP1, TP2, TR1, TR2, TF1 y TF2)

(2) Valores promedio de las dos réplicas ensayadas para cada fermento adjunto (EP, ER, EF)

Tabla 2 - Composición global de quesos de cabra

	Días de maduración	Testigo ¹	EP ²	ER ²	EF ²
Extracto seco	3	52,24±2,13 ^a	49,27±2,63 ^a	52,50±1,84 ^a	53,56±2,01 ^a
	30	58,28±3,37 ^{ab}	54,97±6,81 ^{ab}	57,20±0,72 ^b	60,99±3,11 ^b
	60	61,81±0,93 ^b	61,42±6,61 ^b	62,20±0,31 ^c	63,96±2,54 ^b
Materia grasa	3	20,75±3,30	21,00±1,45 ^a	21,50±3,01	22,00±1,65 ^a
	30	23,15±2,96	23,43±2,14 ^{ab}	23,43±2,43	25,05±2,34 ^{ab}
	60	24,55±3,95	26,18±0,75 ^b	25,48±0,89	26,27±0,97 ^b
Proteína [N x 6,38]	3	31,10±0,81	28,40±2,45	35,23±4,10	28,96±3,12
	30	33,54±2,48	29,35±1,33	33,53±2,95	31,35±2,50
	60	32,33±1,76	29,89±2,45	37,86±4,01	33,66±1,03
pH	3	4,92±0,37	4,92±0,35	4,76±0,52	5,22±0,45
	30	5,06±0,35	4,90±0,58	5,15±0,32	5,39±0,32
	60	5,11±0,37	4,84±0,57	5,12±0,26	5,54±0,27

Letras diferentes en las superíndices de igual columna para un mismo queso indica diferencia significativa ($p < 0,05$).

(1) Valores medios de los seis lotes de elaboración (TP1, TP2, TR1, TR2, TF1 y TF2)

(2) Valores promedio de las dos réplicas ensayadas para cada fermento adjunto (EP, ER, EF)

lotes al inicio de la maduración, tendencia que se mantuvo hasta los 60 días. Los lactobacilos mesófilos en los quesos experimentales (EP, ER y EF) tuvieron en general conteos significativamente mayores que en los quesos testigos (T) al inicio y al día 30 de maduración. Para el grupo de los cocos no se detectaron diferencias entre los distintos quesos analizados durante la maduración. Enterobacterias, coliformes, hongos y levaduras evidenciaron bajo desarrollo durante la maduración (menor a $3,8 \log \text{ufc.g}^{-1}$) y una mayor inhibición en los quesos que contenían los fermentos adjuntos. Los resultados se muestran en la tabla 1.

Análisis físico-químicos

Composición global: los distintos parámetros de composición global no mostraron diferencias significativas entre quesos testigos y experimentales para pH, proteína, materia seca y materia grasa en un mismo tiempo de maduración (Tabla 2). El extracto seco tuvo un aumento significativo ($p < 0,05$) entre el inicio y el final de la maduración para los quesos T, EP y ER. En los quesos EF se observó un aumento significativo entre el día 3 y 30 de maduración. La materia grasa aumentó significativamente en los quesos EP y EF, principalmente por un efecto de desecación de los quesos durante la maduración. La composición química de los quesos fue similar a la de otros quesos de cabra de pasta cocida (Caridi et al., 2003; Peláez Puerto et al., 2004).

Perfiles peptídicos: los perfiles peptídicos de los quesos de cada lote de fabricación fueron comparados visualmente. El análisis de los cromatogramas de los quesos testigos (TP, TR, TF) y de los correspondientes quesos experimentales (EP, ER, EF) resultaron muy similares si se comparan los mismos para cada una de las réplicas de elaboración (1 y 2) (Figuras 1A, 1B y 1C). Sin embargo, una importante variabilidad se pudo observar en las dos réplicas de elaboración para cada adjunto evaluado, las cuales se llevaron a cabo en diferentes días y con distinta leche. De esta manera, se observó una influencia marcada de la composición de la leche de elaboración en los perfiles peptídicos. Es importante señalar que en el caso de los perfiles peptídicos de los quesos adicionados con *E. faecium* (EF1 y EF2), se encontraron algunas diferencias respecto a los correspondientes quesos testigos (TF1 y TF2)

Figura 1 - Perfiles peptídicos de quesos testigo y experimental de cada lote. A) Experiencia con la adición de un fermento adjunto de *Lb. plantarum*: quesos experimentales (EP1 y EP2) y quesos testigos respectivos (TP1 y TP2). B) Experiencia con la adición de un fermento adjunto de *Lb. rhamnosus*: quesos experimentales (ER1 y ER2) y quesos testigos respectivos (TR1 y TR2). C) Experiencia con la adición de un fermento adjunto de *E. faecium*: quesos experimentales (EF1 y EF2) y quesos testigos respectivos (TF1 y TF2). El cromatograma inferior corresponde a tirosina. La zona del cromatograma que presentó diferencias está marcada con un óvalo.

Figura 1A

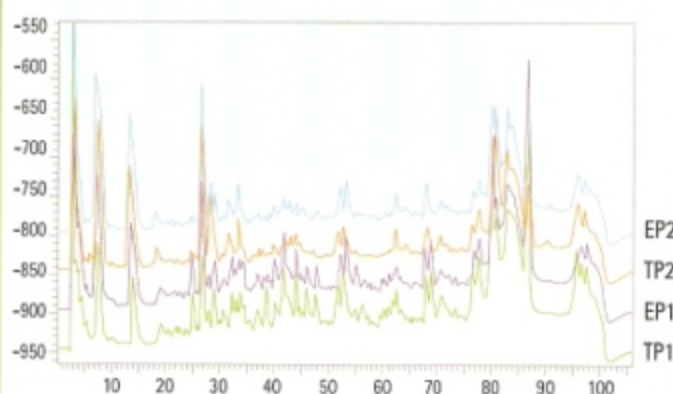


Figura 1B

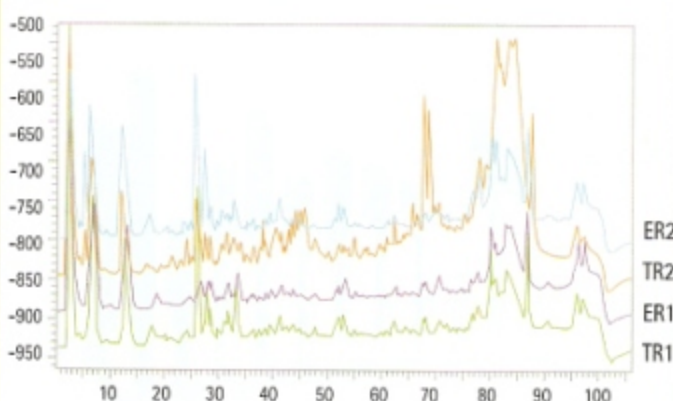


Figura 1C

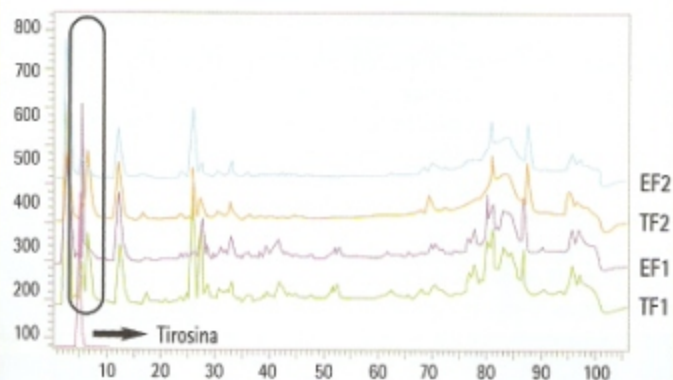


Figura 2 - Valores de ácidos grasos libres totales (AGLT) (en mg/Kg de queso) correspondientes a quesos testigos (TP, TR, TF) y experimentales (EP, ER, EF) en las dos réplicas de elaboración (1 y 2).

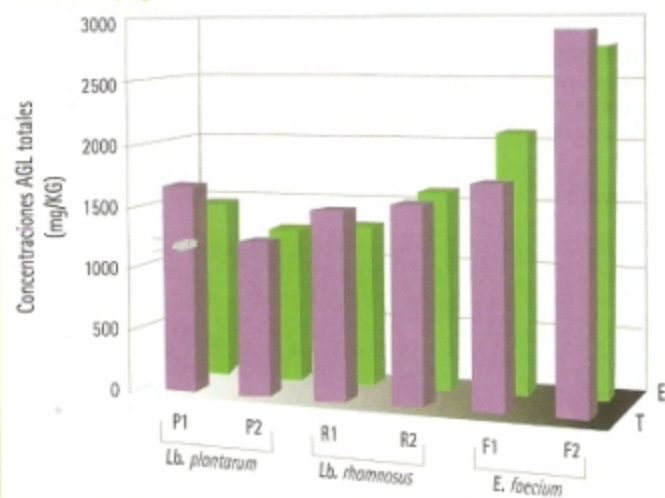
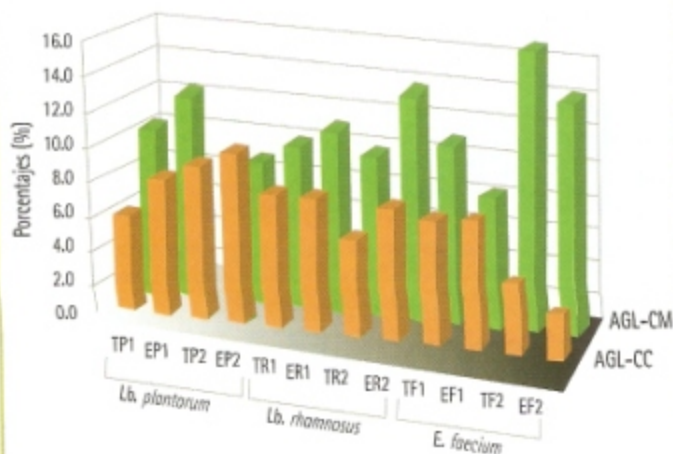


Figura 3 - Valores porcentuales correspondientes a los ácidos grasos libres de cadena corta (AGL-CC: C4:0 a C8:0) y ácidos grasos libres de cadena media (AGL-CM: C10:0-C12:0) correspondientes a quesos testigos (TP, TR, TF) y experimentales (EP, ER, EF) en las dos réplicas de elaboración (1 y 2)



en la parte inicial del cromatograma. En particular, un pico de tiempo de retención aproximado de 7,5 minutos fue menor que en los quesos testigos, mientras que otro, cuyo tiempo de retención corresponde con el aminoácido tirosina (~ 6 minutos) fue mayor. De esta manera, este cultivo adjunto mostró una influencia en la liberación de este aminoácido aromático. Por otra parte, el queso TR2 (testigo de la réplica 2 donde se estudió la influencia de *Lb. rhamnosus*) mostró un perfil muy diferente con respecto a los otros quesos, lo que sugiere la influencia en esta elaboración de un factor no controlado.

Es generalmente aceptado que los lactobacilos mesófilos tienen un sistema proteolítico más limitado que las especies termófilas, ya que -a diferencia de éstos- crecen bien en leche solamente cuando es suplementada con aminoácidos y péptidos (Upadhyay y col., 2004). Gilbert *et al.* (1997) demostraron una menor actividad caseinolítica y peptidolítica de una cepa de *Lb. casei* con respecto a tres cepas de lactobacilos termófilos. Por su parte, Madkor *et al.* (2000) observaron un mayor incremento del nivel de aminoácidos libres totales en queso Cheddar reducido en materia grasa por la adición de cepas atenuadas de *Lb. helveticus* en comparación con la influencia de cepas atenuadas de *Lb. casei*. En nuestro trabajo, los lactobacilos mesófilos adjuntos de *Lb. rhamnosus* y *Lb. plantarum* no demostraron ningún efecto sobre los perfiles peptídicos de los quesos de cabra. Sin embargo, su influencia pudo haber sido enmascarada por la alta proteólisis de base de los quesos, originada por la actividad de los lactobacilos termófilos del fermento.

Por otra parte, la adición de *E. faecium* PR88 como fermento adjunto en un queso Cheddar elaborado con un fermento primario de *Lactococcus lactis* produjo un incremento en la proteólisis secundaria determinada por el incremento de la mayoría de los aminoácidos libres (Gardiner *et al.*, 1999). En los perfiles peptídicos de la fracción soluble en agua obtenidos por RP-HPLC en nuestro estudio, además de los péptidos es posible observar los aminoácidos aromáticos: fenilalanina, triptófano y tirosina (Hynes *et al.*, 2003). De esta manera, si bien no se analizaron los aminoácidos libres, se pudo comprobar un incremento de la tirosina en los quesos con *E. faecium*. En base a este resultado, sería interesante el estudio de la influencia de esta cepa sobre otros aminoácidos libres.

Lipólisis: se cuantificaron los ácidos grasos libres (AGL), desde C4:0 a C18:2 en los quesos elaborados con la adición de cultivos adjuntos y sus correspondientes testigos. El estudio del perfil de

los AGL indicó que en la mayoría de los quesos analizados los ácidos grasos libres mayoritarios en orden decreciente de concentraciones fueron el ácido oleico (C18:1), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0) y mirístico (C14:0). Un perfil similar se ha informado en quesos de cabra de distintos orígenes (Fontecha *et al.*, 1990; Franco *et al.*, 2003; Poveda Et Cabezas, 2006; Sheehan *et al.*, 2009). Particularmente se observó en los quesos TR2 y ER2 (adicionado de *Lb. rhamnosus*) un perfil algo diferente, con el ácido palmítico en mayores proporciones que el oleico.

En la figura 2 se muestran los valores totales de los AGL (expresados en mg/Kg de queso) en los distintos quesos. Una importante variabilidad en los valores de lipólisis globales se observó en las réplicas de elaboraciones (1 y 2) de los quesos elaborados con *E. faecium* (EF1, EF2) y sus correspondientes testigos (TF1, TF2). Los niveles de lipólisis de los quesos adicionados con adjuntos y sus correspondientes testigos fueron similares, encontrándose en un rango entre 1200 y 3000 mg/Kg. Sólo se observó una incidencia del adjunto en una de las elaboraciones con *E. faecium* (EF1), con un incremento del 16% en los valores de lipólisis respecto al testigo (TF1).

La variabilidad en los perfiles de lipólisis entre las diferentes réplicas de elaboración podría estar asociada con las diferencias en las características de la leche. Algunos autores han señalado a las modificaciones en la composición de la interfase grasa/proteína y/o la accesibilidad de la grasa por parte de las enzimas lipolíticas, como algunas de las fuentes de esta variación (Sheehan *et al.*, 2009).

En la literatura se encuentran reportados valores de lipólisis en quesos de cabra que varían en un amplio rango, dependiendo del tipo de leche (cruda o pasteurizada), tipo de starter primario o adjunto, tecnología, tiempo de maduración, etc. En general, los valores promedios se encuentran entre 700 y 24.000 mg/Kg (Fontecha *et al.*, 1990; Franco *et al.*, 2003; Poveda & Cabezas, 2006; Sheehan *et al.*, 2009; Atasoy & Türkoglu, 2009).

Para analizar si la adición de los distintos cultivos adjuntos produjo una liberación preferencial de los ácidos grasos, en la figura 3 se muestran los porcentajes de ácidos grasos de cadena corta (C4:0-C8:0) (AGL-CC) y de cadena media (C10:0-C12:0) (AGL-CM), calculados respecto al total de ácidos, debido a que estos grupos de ácidos tienen un mayor impacto en el flavor de los quesos.

En general, tanto en los quesos testigos como en los experimentales, la fracción de los AGL-CM se encontró en un rango entre el 7% y el 16%, resultando mayor que la de los AGL-CC (rango entre el 2 y el 10%),

excepto en una de las elaboraciones con *Lb. plantarum* (TP2 y EP2), donde los AGL-CC resultaron ligeramente mayores. Las diferencias en porcentajes entre estos dos grupos de ácidos estuvo en el orden del 2 al 4%, salvo en el caso de una de las elaboraciones con *E. faecium* (TF2 y EF2) donde la diferencia resultó superior al 10%. Las diferencias en las proporciones de los AGL-CC y AGL-CM se asocia a las diferentes especificidades de las enzimas lipasas/esterasas de la microflora que desarrolla en los quesos.

En general, en quesos de cabra elaborados con leche pasteurizada se ha informado una prevalencia de los AGL-CM sobre los AGL-CC (Franco *et al.*, 2003; Sheehan *et al.*, 2009; Atasoy & Türkoglu, 2009), aunque Poveda & Cabezas (2006) detectaron en algunas muestras de quesos Majorero mayores porcentajes de AGL-CC respecto a los AGL-CM.

Compuestos volátiles: un total de 39 compuestos volátiles se identificaron en los quesos, los cuales correspondieron a las familias químicas de las cetonas (7), alcoholes (12), ésteres (4), aldehídos (3), ácidos (9) y otros compuestos (4). La presencia de los compuestos detectados en las muestras analizadas se encuentran informados en quesos de cabra de distintos orígenes (Carunchia *et al.*, 2003; Castillo *et al.*, 2007; Poveda *et al.*, 2008; Sheehan *et al.*, 2009; Attaie, 2009).

Se observó una amplia variabilidad en los perfiles de compuestos volátiles de los quesos tanto testigos como experimentales en las réplicas de elaboración, lo que imposibilitó cualquier tratamiento estadístico de los resultados. Las diferencias en los perfiles de lipólisis y de compuestos volátiles de los quesos testigos muestra claramente la incidencia de las características de la leche de elaboración en las actividades enzimáticas de los microorganismos. Por esta razón, sólo se discutirán algunas generalidades observadas. Para facilitar la interpretación de los resultados, en las figuras 4 a 6 se muestran las áreas de los principales compuestos volátiles identificados en los quesos analizados.



¿Buscás el mejor ingrediente para tu producto?
CREATIVIDAD E INNOVACIÓN
HIS provee soluciones a la industria láctea:

- Antioxidantes naturales - Controx T-35
- Conservantes biológicos - Natamicina y Nisina
- Estabilizantes para yogurt, crema, dulce de leche, otros
- Vitaminas y complejos de minerales






Presente en Colombia, Perú, Chile, Costa Rica, Brasil, Uruguay a través de nuestra red de distribuidores

Oficinas y planta: Cnel. Pagola 3852 C1437IXF - Tel/Fax: (+5411) 4116-2501 - Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina
info@harmony-ingredients.com - www.harmony-ingredients.com

Figura 4a - Áreas de los principales compuestos volátiles de la familia de las cetonas y ácidos identificados en quesos testigos (TP1 y TP2) y elaborados con *Lb. plantarum* como adjunto (EP1 y EP2).

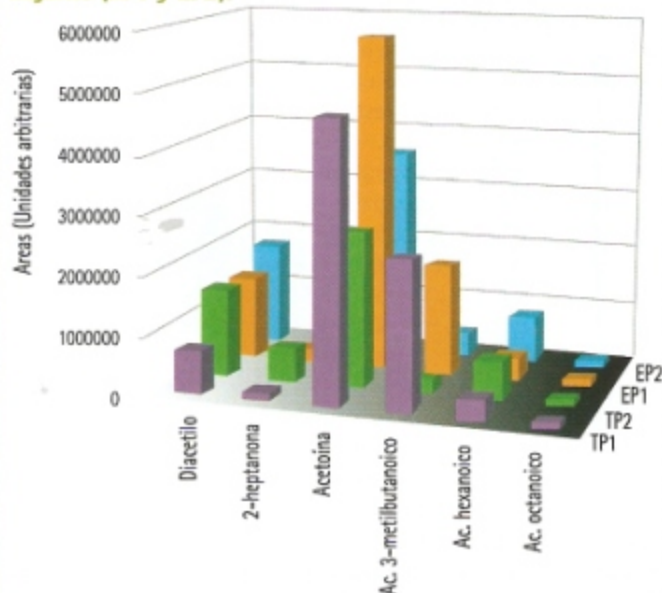
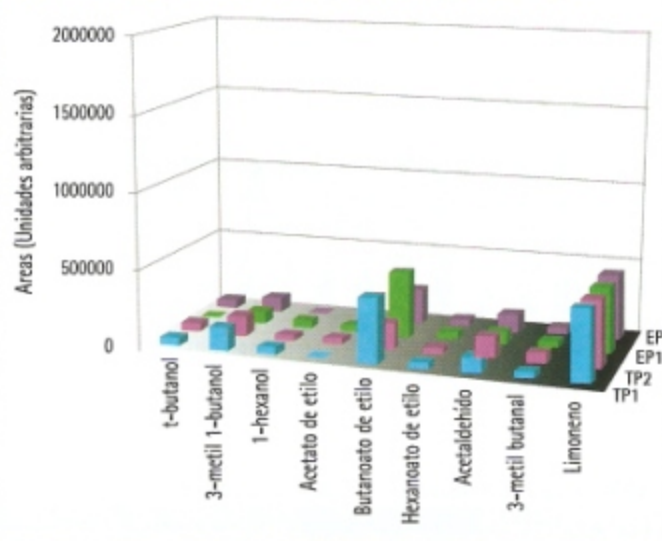


Figura 4b - Áreas de los principales compuestos volátiles de la familia de los alcoholes, ésteres, aldehídos y otros compuestos identificados en quesos testigos (TP1 y TP2) y elaborados con *Lb. plantarum* como adjunto (EP1 y EP2).



Cetonas: dentro del grupo de las cetonas se detectaron principalmente metilcetonas (C3 a C9), diacetilo y acetoina. La 2-propanona, 2-heptanona, el diacetilo y su producto de reducción (acetoina) tuvieron en general los más altos valores de áreas en las muestras analizadas. Estos compuestos se han encontrado también en altas concentraciones en quesos de cabra, y su rol en el aroma de estos quesos se considera muy importante (Carunchia *et al.*, 2003; Castillo *et al.*, 2007; Poveda *et al.*, 2008; Attaie, 2009). La producción de diacetilo y acetoina se asocia al

metabolismo del piruvato, lactosa o citrato por parte de algunas bacterias lácticas del starter, especialmente *Lc. lactis* ssp. *lactis* y *Leuconostoc* ssp. (Izco & Torre, 2000; McSweeney, 2004). La 2-heptanona, al igual que otras metilcetonas, procede del catabolismo de los ácidos grasos y debido a su bajo umbral de percepción aporta notas frutales, florales y a hongos en distintas variedades de quesos (Curioni & Bosset, 2002). Por su parte, la 2-propanona se forma usualmente por la oxidación del ácido butírico, aunque también se piensa que puede ser sintetizada en la glándula mamaria y de allí pasar a la leche (Castillo *et al.*, 2007). Los quesos adicionados con *E. faecium* (EF1 y EF2) presentaron áreas similares o inferiores comparados con sus testigos para las distintas cetonas identificadas, con excepción de la 2-propanona. En el caso de los quesos elaborados con *Lb. plantarum* (EP1 y EP2), las cetonas que presentaron el mismo comportamiento en las dos réplicas de elaboración fueron el diacetilo y la acetoina, las cuales tuvieron mayores valores de áreas respecto de sus testigos. Por su parte, se encontraron diferencias en los niveles de las distintas cetonas en las dos réplicas de elaboración de los quesos testigos y adicionados con *Lb. rhamnosus* (ER1 y ER2), no pudiéndose establecer claramente la incidencia de este adjunto en la biosíntesis de cetonas.

Alcoholes: se detectaron alcoholes lineales primarios (etanol, 1-butanol, 1-hexanol), alcoholes lineales secundarios (2-propanol, 2-butanol, pentanol, 2-heptanol, 2-nonanol), alcoholes primarios ramificados (2-metil 1-propanol y 3-metil 1-butanol) y el 2,3-butanodiol. Los más altos valores de áreas lo presentaron el etanol, 1-butanol, 3-metil 1-butanol, 1-hexanol y 2,3-butanodiol. La presencia mayoritaria del etanol, dentro del grupo de los alcoholes, se encuentra documentada en algunos quesos de cabra y de oveja (Izco & Torre, 2000; Bintsis & Robinson, 2004; Irigoyen *et al.*, 2007; Attaie, 2009). Por su parte, el 1-hexanol (Poveda *et al.*, 2008), el 2-pentanol (Carunchia *et al.*, 2003) y el 2-heptanol (Carunchia *et al.*, 2003; Poveda *et al.*, 2008) se han señalado como importantes contribuyentes al olor de los quesos de cabra, sin embargo de acuerdo a otros autores, los alcoholes no contribuyen significativamente al flavor de este tipo de quesos (Attaie, 2009).

Los niveles de etanol resultaron ligeramente superiores en los quesos elaborados con *Lb. plantarum* y *E. faecium* respecto a los quesos testigos, mientras que los quesos adicionados con *Lb. rhamnosus* presentaron áreas

similares o inferiores en comparación con sus testigos. En quesos de oveja elaborados con *Lb. plantarum* como adjunto, Irigoyen *et al.* (2007) informaron mayores niveles de etanol que en los quesos testigos. Este alcohol primario se forma a partir del metabolismo de la lactosa y del citrato o del catabolismo de la alanina por degradación de Strecker (Castillo *et al.*, 2007). Aunque no se considera un compuesto de aroma, debido a su alto umbral de percepción, su importancia reside en el hecho que participa de la biosíntesis de ésteres etílicos.

En general, independientemente de la cepa adicionada, los quesos testigos presentaron áreas similares (TF) o superiores (TP y TR) para el 3-metil butanol y 1-butanol, con respecto a los quesos experimentales (EF, EP, ER). En los casos del 1-hexanol y del 2,3-butanodiol se observaron comportamientos diferentes de estos compuestos en las elaboraciones réplicas de los quesos testigos y experimentales. Particularmente, el perfil de alcoholes del queso TR2 fue notoriamente diferente respecto a los otros quesos, tanto testigos como experimentales, coincidiendo con un comportamiento diferente observado en los perfiles peptídicos.

El 3-metil butanol proviene de la reducción del 3-metil butanal, el cual se forma a partir catabolismo de la leucina (Urbach, 1995), y aporta delicadas notas a queso fresco. Los alcoholes primarios tales como el 1-butanol y 1-hexanol provienen de la reducción de los correspondientes aldehídos producidos a partir de los ácidos grasos o aminoácidos (Barbieri *et al.*, 1994).

Ésteres: cuatro ésteres se identificaron en los quesos analizados: acetato de etilo, butanoato de etilo, hexanoato de etilo y butanoato de isoamilo. El butanoato de etilo resultó cuantitativamente el más importante. La presencia mayoritaria y la contribución de los ésteres etílicos en el aroma de muchas variedades de quesos, incluyendo los quesos de cabra, ha sido reportado por distintos autores (Irigoyen *et al.*, 2007; Castillo *et al.*, 2007; Di Cagno *et al.*, 2007; Sheehan *et al.*, 2009). Los ésteres con pocos átomos de carbono tienen bajos umbrales de percepción y aportan notas frutales y florales (Curioni Et Bosset, 2002). Los ésteres etílicos se forman a través de reacciones de esterificación o alcoholisis de las cuales participan los ácidos grasos y el etanol. La biodisponibilidad del etanol se considera el factor limitante de estas reacciones (Liu *et al.* 2004). Los quesos elaborados con *E. faecium* presentaron mayores niveles de butanoato de etilo respecto a los testigos.

Figura 5a: Áreas de los principales compuestos volátiles de la familia de las cetonas y ácidos identificados en quesos testigos (TR1 y TR2) y elaborados con *Lb. rhamnosus* como adjunto (ER1 y ER2).

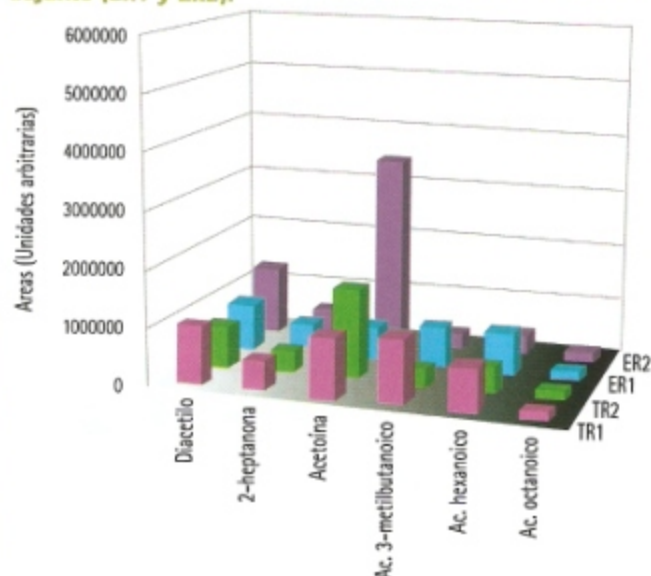
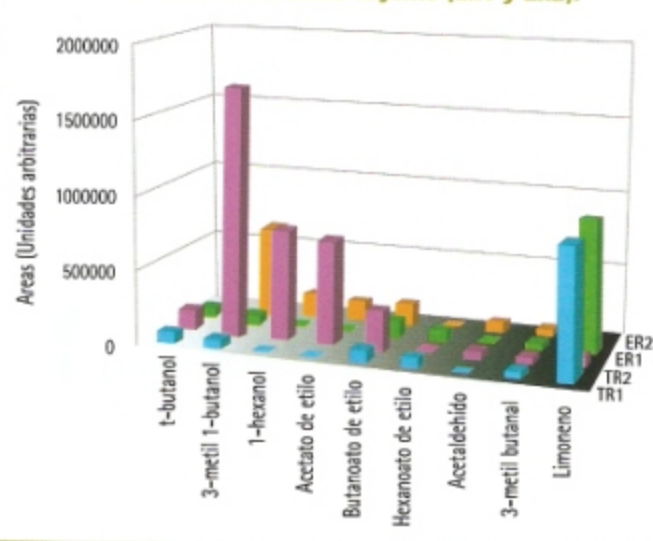


Figura 5b: Áreas de los principales compuestos volátiles de la familia de los alcoholes, ésteres, aldehídos y otros compuestos identificados en quesos testigos (TR1 y TR2) y elaborados con *Lb. rhamnosus* como adjunto (ER1 y ER2).



De igual modo, los quesos elaborados con *Lb. plantarum* tuvieron valores de áreas similares o superiores para el acetato y butanoato de etilo. Concordantemente, estos quesos fueron los que presentaron mayores niveles de etanol necesarios para la esterificación. En general, las áreas del hexanoato de etilo y butanoato de isoamilo fueron similares en los quesos testigos y experimentales elaborados con los distintos adjuntos.

El acetato, butanoato y hexanoato de etilo se han señalado como los ésteres cuantitativamente más importantes en quesos Majorero (Castillo *et al.*, 2007), con

Figura 6a: Áreas de los principales compuestos volátiles de la familia de las cetonas y ácidos identificados en quesos testigos (TF1, TF2) y elaborados con *E. faecium* como adjunto (EF1 y EF2).

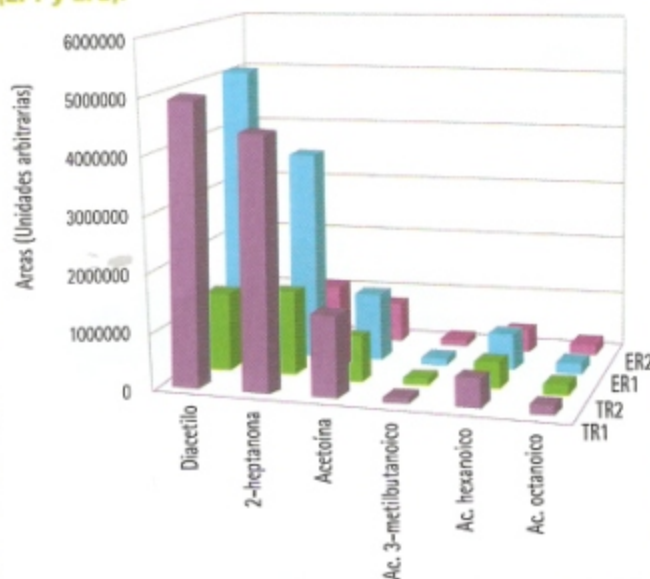
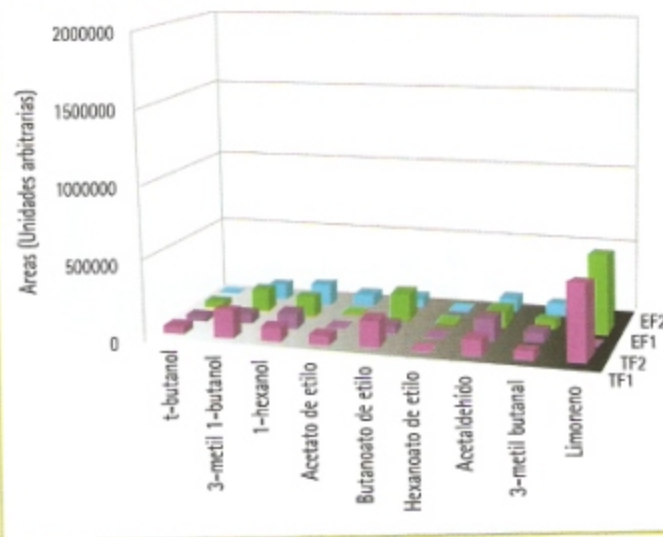


Figura 6b: Áreas de los principales compuestos volátiles de la familia de los alcoholes, ésteres, aldehídos y otros compuestos identificados en quesos testigos (TF1 y TF2) y elaborados con *E. faecium* como adjunto (EF1 y EF2).



una particular contribución del acetato de etilo. Otros autores han señalado un rol clave del hexanoato de etilo en el flavor de los quesos de cabra (Poveda *et al.*, 2008).

Aldehídos: se identificaron tres aldehídos en las muestras analizadas: acetaldehído, 2-metil butanal y 3-metil butanal. Las áreas de los aldehídos resultaron similares en los quesos testigos y adicionados con *Lb. plantarum*. Por su parte, los quesos adicionados con *Lb. rhamnosus* y *E. faecium* en general presentaron mayores niveles respecto a

los testigos. Los aldehídos se consideran que juegan un rol clave en el desarrollo de flavor de los quesos de cabra (Carunchia *et al.*, 2003; Attaie, 2009). Particularmente el 3-metil butanal se ha reportado como el principal aldehído en quesos Majorero (Castillo *et al.*, 2007) y en quesos de oveja (Izco & Torre, 2000). Los aldehídos son compuestos transitorios en los quesos, dado que son metabolizados en el curso de la maduración a los respectivos alcoholes o ácidos (Curioni & Bosset, 2002). El acetaldehído se forma a partir del metabolismo de la lactosa y del citrato (Marilley & Casey, 2004). En el caso de los aldehídos ramificados tales como el 2 y 3-metil butanal se forman principalmente por degradación de los aminoácidos isoleucina y leucina, respectivamente (Yvon, 2006). El 3-metil butanal presenta un olor a malta verde, y a bajas concentraciones el olor llega a ser frutal y agradable (Curioni & Bosset, 2002).

Ácidos: se identificaron principalmente ácidos de cadena lineal y número impar de átomos de carbono (C2:0 a C12:0) y ácidos de cadena ramificada: 2-metil butanoico y 3-metil butanoico (isovalérico). Resultaron cuantitativamente importantes el ácido acético, butírico, isovalérico y hexanoico. Una gran variabilidad en los valores de áreas de los distintos ácidos se encontró en las dos réplicas de elaboración. En general pudo observarse que en los quesos adicionados con *Lb. plantarum*, los ácidos butanoico y hexanoico presentaron mayores valores de áreas respecto a los testigos. Por su parte, en los quesos adicionados con *Lb. rhamnosus* presentaron áreas ligeramente menores para la mayoría de los ácidos (acético, butanoico, hexanoico, octanoico e isovalérico). En los quesos elaborados con *E. faecium* no se pudo establecer una incidencia clara de este adjunto en el perfil de ácidos por las importantes diferencias observadas en las réplicas de elaboración. Sólo el ácido acético y hexanoico tuvieron el comportamiento más claro, con menores valores de áreas respecto de los testigos. Además, pudo establecerse que en el queso EF1

que presentó un mayor valor de lipólisis global respecto a su testigo, los ácidos butanoico, hexanoico, octanoico y decanoico, que derivan del proceso lipolítico, tuvieron mayores valores de áreas con respecto al testigo.

Los ácidos de cadena lineal y número par de átomos de carbono desde C4:0 se forman principalmente a partir de la lipólisis y particularmente los cadena corta, aun en bajas cantidades, juegan un rol clave en el flavor de los quesos de cabra y de oveja (Carunchia *et al.*, 2003;

Barron et al., 2005; Attaie, 2009). En el caso del ácido acético, éste se forma en distintos procesos que incluyen el metabolismo de la lactosa y del citrato y el catabolismo de algunos aminoácidos (Yvon, 2006). Por su parte, los ácidos de cadena ramificada 2 y 3-metil butanoico proceden del catabolismo de los aminoácidos isoleucina y leucina, respectivamente. Tanto el ácido acético como el 3-metil butanoico se han señalado como importantes constituyentes de los quesos Majorero (Castillo et al., 2007). Este último también juega un rol clave en el flavor de los quesos de cabra elaborados en distintas regiones de España (Poveda et al., 2008).

Otros compuestos: dentro de este grupo se identificaron dos hidrocarburos (p-xileno y m-xileno) y dos terpenos (D-limoneno y β -miricene). El D-limoneno resultó cuantitativamente importante en muchos de los quesos analizados y es común que se encuentre en altos niveles en quesos de cabra y de oveja (Sheehan et al., 2009; Carunchia et al., 2003), asociados a las pasturas que consumen los animales (Barron et al., 2007).

Análisis sensoriales

No se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en los quesos fabricados con los fermentos adjuntos de *Lb. plantarum* (EP) y *Lb. rhamnosus* (ER) al compararlos con sus quesos testigos. En el caso de los quesos EF, donde se utilizó *E. faecium* como fermento adjunto, se detectó diferencia significativa al ser comparado con sus correspondientes testigos ($p < 0,05$).

Conclusión

Los análisis físico-químicos de los quesos no mostraron diferencias significativas entre tratamientos para igual tiempo de maduración, aunque de acuerdo a los valores de desviación estándar se observó una cierta variabilidad en algunos parámetros entre fabricaciones diferentes.

En general se notó mayor desarrollo de bacterias lácticas en los quesos con fermento adjunto agregado que en aquellos que sólo contenían el fermento primario. Los quesos EF mostraron un desarrollo significativamente mayor de enterococos durante toda la maduración.

Una importante variabilidad en los perfiles peptídicos, de ácidos grasos libres y de compuestos volátiles se pudo observar en las réplicas de elaboración de los quesos testigos y adicionados con los adjuntos. Estos resultados revelan que la composición de la leche -determinada por diversos factores como la etapa de lactación, la época del año, la alimentación de las cabras, etc.- fue una importante fuente de variación.

Globalmente se pudo establecer que los adjuntos de *Lb. plantarum* y *Lb. rhamnosus* tuvieron una incidencia menor en los perfiles peptídicos y de ácidos grasos libres. En el caso de los quesos adicionados con *E. faecium*, se observaron algunas diferencias en los valores globales de lipólisis, selectividad por los ácidos grasos libres de cadena media y la presencia particular de un aminoácido aromático, lo cual reflejaría una actividad enzimática diferente respecto de los otros adjuntos.

En el caso de los compuestos volátiles, el análisis de los perfiles indicó alguna acción enzimática particular de los distintos adjuntos en la generación de compuestos de aroma de importancia en el flavor global de los quesos de cabra. No obstante, el análisis sensorial indicó que sólo los quesos adicionados con *E. faecium* fueron estadísticamente diferentes a los correspondientes testigos, aunque el estudio de los perfiles de volátiles no reveló importantes diferencias en los valores de áreas de los distintos compuestos de aroma cuando se adicionó esta cepa. Este hecho podría atribuirse a la presencia de compuestos no detectados con la técnica de aislamiento utilizada.

Se alcanzó con el presente trabajo el objetivo de aportar información sobre el proceso de maduración de los quesos de cabra argentinos, datos inexistentes hasta el presente. Para una próxima etapa está previsto realizar estudios utilizando fermentos primarios y secundarios autóctonos a fin de lograr un mayor carácter regional de estos productos artesanales.

Referencias bibliográficas

- Atasoy A.F. Et Türkoglu H. (2009). Lipolysis in Urfa cheese produced from raw and pasteurized goats' and cows' milk with mesophilic or thermophilic cultures during ripening. Food Chemistry, 115, 71-78.
Attaie R. (2009). Quantification of volatile compounds in goat milk Jack cheese using static headspace gas chromatography. Journal of Dairy Science, 92 (6), 2435-2443.

UNA EMPRESA JOVEN PROVEEDORA DE LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS DEL PAIS



Envolvedora de Pallets. La gama más completa del país (manuales, automáticas, de brazo rotante)



Cintas transportadoras especiales



Pegadoras de cintas adhesivas. De acero inoxidable o chapa común

INDUSTRIAS
D&G
FABRICA DE MAQUINAS PARA EMBALAJES

Excelente servicio post venta

Industria Argentina

Bolivar 124 (2322) Sunchales - Santa Fe - Argentina - Tel/Fax: (54 3493) 421741/423441 - ventas@danielgenta.com - www.danielgenta.com

- Barbieri G.; Bolzoni L.; Careri M.; Mangia A.; Parolari G.; Spagnoli S.; Virgili, R. (1994). Study of the Volatile Fraction of Parmesan Cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 1170-1176.
- Barcatt A.; Mauro B.; González S.N.; Oliszewski R. (2009). Aislamiento y caracterización de bacterias lácticas autóctonas con potencial para queso caprina. *Jornadas Nacionales de Estudiantes de Biología de la Univ. Nac. de Río Cuarto, Córdoba, Argentina*.
- Barron L.; Redondo Y.; Flanagan C.; Pérez-Elortondo F.; Albisu M.; Nájera A.; de Renobales M.; Fernández-García E. (2005). Comparison of the volatile composition and sensory characteristics of Spanish PDO cheeses manufactured from ewes' raw milk and animal rennet. *International Dairy Journal*, 15, 371-382.
- Barron L.; Redondo Y.; Aramburu M.; Gil P.; Pérez-Elortondo F.; Albisu M.; Nájera A.; de Renobales M.; Fernández-García E. (2007). Volatile composition and sensory properties of industrially produced Idiazabal cheese. *International Dairy Journal*, 17 (12), 1401-1414.
- Bergamini C.V.; Hynes E.R.; Palma S.B.; Sabbag N.; Zalazar C.A. (2009). Proteolytic activity of three probiotic strains in semi-hard cheese as single and mixed cultures: *L. acidophilus*, *L. paracasei* and *B. lactis*. *International Dairy Journal*, 19, 467-475.
- Bintsis T. & Robinson R. (2004). A study of the effect of adjunct cultures on the aroma compounds of Feta-type cheese. *Food Chemistry*, 88, 435-441.
- Caridi A.; Micari P.; Fotib F.; Ramondino D.; Sarullo V. (2003). Ripening and seasonal changes in microbiological and chemical parameters of the artisanal cheese Caprino d'Aspromonte produced from raw or thermized goat's milk. *Food Microbiology*, 20, 201-209.
- Carunchia Whetstone M.E.; Karagul-Yüceer Y.; Avsar Y.K.; Drake M.A. (2003). Identification and quantification of character aroma components in fresh Chevre-style goat cheese. *Journal of Food Science*, 68 (8), 2441-2447.
- Casado Cimiano P. (1987) *Métodos de Análisis de la Leche y Productos Lácteos*, Industrias Lácteas Españolas, Madrid, pp 701.
- Castillo I.; Calvo M.; Alonso L.; Juárez M.; Fontecha J. (2007). Changes in lipolysis and volatile fraction of a goat cheese manufactured employing a hygienized rennet paste and a defined strain starter. *Food Chemistry*, 100, 590-598.
- Curioni P. & Bosset J. (2002). Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry (Review). *International Dairy Journal*, 12, 959-984.
- Di Cagno R.; Mirale R.E.; De Angelis M.; Minervini F.; Rizzello G.C.; Drake M.A.; Fox P.F.; Gobbetti M. (2007). Compositional, microbiological, biochemical, volatile profile and sensory characterization of four Italian semi-hard goats' cheeses. *Journal of Dairy Research*, 74, 468-477.
- FAO. En <http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573#> ancor. Fecha de acceso: 08/03/2010.
- Fontecha J.; Peláez C.; Juárez M.; Requena T.; Gómez R.; Ramos M. (1990). Biochemical and microbiological characteristics of artisanal hard goat's cheese. *Journal of Dairy Science*, 73, 1150-1157.
- Franco I.; Prieto B.; Bernardo A.; González Prieto J.; Carballo J. (2003). Biochemical changes throughout the ripening of a traditional Spanish goat cheese variety (Babia-Laciana). *International Dairy Journal*, 13, 221-230.
- Gardiner G.E.; Ross R.P.; Wallace J.M.; Scanlan F.P.; Jägers P.P.; Fitzgerald G.F.; Collins J.K.; Stanton C. (1999). Influence of a probiotic adjunct culture of *Enterococcus faecium* on the quality of Cheddar cheese. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 47 (12), 4907-4916.
- Gilbert C.; Blanc B.; Frot-Coutaz J.; Portalier R.; Atlan D. (1997). Comparison of cell surface proteinase activities within the *Lactobacillus* genus. *Journal of Dairy Research*, 64, 561-571.
- Hynes E.R.; Bergamini C.V.; Suárez V.B.; Zalazar C.A. (2003). Proteolysis on Reggiano Argentine cheeses manufactured with natural whey cultures and selected strains of *Lactobacillus helveticus*. *Journal of Dairy Science*, 86, 3831-3840.
- IDF. 1982. Cheese and processed cheese. Determination of the total solids content (Reference Method). Standard 4A. International Dairy Federation. Brussels, Belgium.
- IDF. 1993. Determination of nitrogen content. Standard 20B. International Dairy Federation. Brussels, Belgium.
- Irigoyen A.; Ortigosa M.; Juansaras J.; Oneca M.; Torre P. (2007). Influence of an adjunct culture of *Lactobacillus* on the free amino acids and volatile compounds in a Roncal-type ewe's-milk cheese. *Food Chemistry*, 100, 71-80.
- Izco J. & Torre P. (2000). Characterisation of volatile flavour compounds in Roncal cheese extracted by the purge and trap method and analysed by GC-MS. *Food Chemistry*, 70, 409-417.
- Liu S.-Q.; Holland R.; Crow V.L. (2004). Esters and their biosynthesis in fermented dairy products: a review. *International Dairy Journal*, 14, 923-945.
- Madkor S.A.; Tong P.S.; El Soda M. (2000a). Evaluation of commercial adjuncts for use in cheese ripening: 5- Effect of added freeze-shocked adjunct lactobacilli on proteolysis and sensory quality of reduced fat Cheddar cheese. *Milchwissenschaft*, 55 (7), 382-386.
- Marilley L. & Casey M.G. (2004). Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains (Review). *International Journal of Food Microbiology*, 90, 139-159.
- McSweeney P. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57 (2-3), 127-144.
- Meilgaard M.C.; Vance Cville G.; Thomas Carr B. (2007). Sensory evaluation techniques. Fourth edition. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Oliszewski R. (2006). Leche de cabra: su calidad y evaluación de starters lácticos regionales en la manufactura de productos fermentados (Tesis de Doctorado). Tucumán, Argentina, UNT, 238 h.
- Oliszewski R.; Van Nieuwenhove C.; González S.N.; Pérez Chaia A.B. (2006). Identificación y caracterización tecnológica de bacterias ácido lácticas aisladas de leche de cabra y quesos artesanales del noroeste argentino. *Revista Argentina de Lactología*, 24, 47-58.
- Oliszewski R.; Medina R.; González S.N.; Pérez Chaia A.B. (2007). Esterase activities of indigenous lactic acid bacteria from Argentinean goat's milk and cheeses. *Food Chemistry*, 101, 1463-1467.
- Oliszewski R.; Van Nieuwenhove C.; González S.; Pérez Chaia A. (2008). Influence of autochthonous Argentine goat lactobacilli in ripening of slurry cheese models. *International Journal of Dairy Technology*, 61 (3), 256-264.
- Oliszewski R.; Mercanti D.J.; Candiotti M.; Herrera V.; González M.F.; González S.N.; Zalazar C.A. (2009a). Estudio de interacciones entre fermentos comerciales y adjuntos autóctonos de origen caprino durante la maduración de quesos semi-duros. XII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Concordia, Argentina.
- Oliszewski R.; Candiotti M.; Wolf V.; Perotti C.; Bergamini C.; Herrera V.; González S.; Zalazar C. (2009b). Evaluation of autochthonous adjunct cultures in the ripening of goat cheeses. III Simposio Internacional de Bacterias Lácticas. II Encuentro de la Red Argentina de Bacterias Lácticas. San Miguel de Tucumán, Argentina.
- Oliszewski R.; Van Nieuwenhove C.; González S.; Pérez Chaia A. (2010). Incidence of autochthonous Argentinean mixed starter cultures in ripening of slurry cheese models. *International Journal of Dairy Technology*. In press.
- Peláez Puerto P.; Fresno Baquero M.; Rodríguez E.M.; Darías Martín J.; Díaz Romero C. (2004). Chemometric studies of fresh and semi-hard goats' cheeses produced in Tenerife (Canary Islands). *Food Chemistry*, 88, 361-366.
- Perotti M.C.; Bernal S.; Meinardi C.; Zalazar C. (2005). Free fatty acids profiles of Reggiano Argentine cheese produced with different starters. *International Dairy Journal*, 15, 1150-1155.
- Poveda J.M. & Cabezas L. (2006). Free fatty acid composition of regionally-produced Spanish goat cheese and relationship with sensory characteristics. *Food Chemistry*, 95, 307-311.
- Poveda J.M.; Sánchez-Palomo E.; Pérez-Coello M.S.; Cabezas L. (2008). Volatile composition, olfactometry profile and sensory evaluation of semi-hard Spanish goat cheeses. *Dairy Sci. Technol.*, 88, 355-367.
- SAGPyA. Censo Nacional Agropecuario. 2002.
- Sheehan J.J.; Patel A.D.; Drake M.A.; McSweeney P.L. (2009). Effect of partial or total substitution of bovine for caprine milk on the compositional, volatile, non volatile and sensory characteristics of semi-hard cheeses. *International Dairy Journal*, 19, 498-509.
- Upadhyay V.K.; McSweeney P.L.H.; Magboul A.A.; Fox, P.F. (2004). Proteolysis in cheese during ripening. En: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Vol.1 (Ed.: Fox P.F.; McSweeney P.; Cogan T.; Guinee T.J.). Academic Press. Estados Unidos, pag. 391-433.
- Urbach G. (1995). Contribution of Lactic Acid Bacteria to Flavour Compound Formation in Dairy Products. *International Dairy Journal*, 5, 877-903.
- Vaccarezza L.; Mosca A.; Lizziero M. (2008). Síntesis de la cadena láctea caprina en la República Argentina. Expo Suipacha 2008. Síntesis del material de las charlas técnicas, 26-41.
- Wolf I.V.; Perotti M.C.; Bernal S.M.; Zalazar C.A. (2010). Study of the chemical composition, proteolysis, lipolysis and volatile compounds profile of commercial Reggiano Argentine cheese. *Food Research International*. In Press.
- Yvon M. (2006). Key enzymes for flavour formation by lactic acid bacteria. *The Australian Journal of Dairy Technology* 61, 16-24.