



Composición nutricional y perfil de ácidos grasos en queso de búfalas a pastoreo suplementadas con una mezcla de aceites de girasol y de pescado

Villordo, G.I.*; Catuogno, M.S.; Lértora, W.J.

Cátedra Patología General y Sistemática. Facultad de Ciencias Veterinarias, UNNE, Sargento Cabral 2139, Corrientes (3400), Argentina. Tel: +54-0379-4425753. ✉ gabriela.villordo@vet.unne.edu.ar

Resumen

Se evaluó la composición nutricional de la leche, del queso y el perfil de ácidos grasos del queso de búfalas con dieta a base de pastizal nativo suplementadas con 300 ml día⁻¹ de una mezcla de aceites de girasol (210 ml día⁻¹) y pescado (90 ml día⁻¹). Se tomaron muestras individuales apareadas de leche y queso en los días 0 (control) y 60 (tratado) de la suplementación. El contenido de grasa en la leche fue de 5,5% y se redujo ($p=0,0210$) a 4% con la suplementación. Las proteínas en la leche fueron de 3,2% y se incrementaron ($p=0,0309$) a 3,5% con la suplementación. La lactosa registro valores de 4,7% que se incrementaron ($p=0,0372$) a 5,2% con la suplementación. En el día 0, se elaboraron quesos de pasta dura (32,59% de humedad) con 27,66% de grasas; 26,45% de proteínas; 10,52% de carbohidratos y 2,79% de cenizas. Luego de la suplementación, los quesos registraron menor contenido de grasas (21,52%; $p=0,0047$), mayor contenido de cenizas (3,20%; $p=0,0002$) y no se modificaron ($p>0,05$) las proteínas y carbohidratos. Con la suplementación, la fracción hipercolesterolemica de la grasa se redujo para 12:0 (14,12 a 8,53 mg g⁻¹ de grasa; $p=0,0019$), para 14:0 (89,24 a 52,77 mg g⁻¹ de grasa; $p=0,0023$) y no se modificó para 16:0 ($p=0,1764$). El ácido vaccénico se incrementó ($p=0,0002$) de 44,58 a 199,07 mg g⁻¹ de grasa con la suplementación. El ácido ruménico aumentó ($p=0,0008$) de 8,56 a 20,67 mg g⁻¹ de grasa; y el ácido α -linolénico incrementó ($p=0,0035$) de 15,62 a 21,31 mg g⁻¹ de grasa después de la suplementación. Estos resultados indican una mejora significativa en el valor nutricional de la grasa del queso de búfalas con dieta a base de pasto nativo suplementadas con 300 ml día⁻¹ con una mezcla (70:30) de aceites de girasol y de pescado.

Palabras clave: *Bubalus bubalis*, pastizal nativo, ácidos grasos insaturados, alimento saludable.

Nutritional composition and fatty acid profile in grass-fed buffalo cheese supplemented with sunflower and fish oils

Abstract. The nutritional composition of milk, cheese, and the fatty acid profile of cheese from buffaloes fed a diet based on native grassland supplemented with 300 ml day⁻¹ of a mixture of sunflower oil (210 ml day⁻¹) and fish oil (90 ml day⁻¹) were evaluated. Individual paired samples of milk and cheese were taken on days 0 (control) and 60 (treated) of supplementation. The fat content in milk was 5.5% and was reduced ($p=0.0210$) to 4% with supplementation. Protein content in milk was 3.2% and increased ($p=0.0309$) to 3.5% with supplementation. Lactose levels were 4.7% and increased ($p=0.0372$) to 5.2% with supplementation. On day 0, hard cheeses (32.59% moisture) were produced with 27.66% fat; 26.45% protein; 10.52% carbohydrates, and 2.79% ash. After supplementation, the cheeses presented lower fat content (21.52%; $p=0.0047$), higher ash content (3.20%; $p=0.0002$) and no significant changes in protein and carbohydrate levels ($p>0.05$). With supplementation, the hypercholesterolemic fraction of fat was reduced for 12:0 (14.12 to 8.53 mg g⁻¹ of fat, $p=0.0019$), and for 14:0 (89.24 to 52.77 mg g⁻¹ of fat, $p=0.0023$), while no changes were observed for 16:0 ($p=0.1764$). Vaccenic acid increased ($p=0.0002$) from 44.58 to 199.07 mg g⁻¹ fat with supplementation. Rumenic acid increased ($p=0.0008$) from 8.56 to 20.67 g⁻¹ fat, and α -linolenic acid increased ($p=0.0035$) from 15.62 to 21.31 mg g⁻¹ fat after supplementation. These results indicate a significant improvement in the nutritional value of cheese fat from buffaloes fed a native grass-based diet supplemented with 300 ml day⁻¹ of a sunflower and fish oil mixture (70:30).

Key words: *Bubalus bubalis*, native grassland, unsaturated fatty acids, healthy food.

INTRODUCCIÓN

La tendencia mundial de alimentarse de un modo más saludable ha llevado al desarrollo de alimentos mejorados, fortificados o enriquecidos que proveen beneficios a la salud más allá de la nutrición básica; es decir, producen un impacto saludable clínicamente probado (Villamil et al. 2020). La leche es un alimento complejo con varios nutrientes esenciales que pueden promover un efecto positivo en la salud de las personas (Haug et al. 2007). Entre ellos se encuentran los ácidos grasos insaturados *trans-11* C18:1 (vaccénico), *cis-9,trans-11* C18:2 (ruménico) y *cis-9,cis-12,cis-15* 18:3 (α -linolénico) que han demostrado poseer varios efectos promotores de la salud (Jacome-Sosa et al. 2014, den Hartigh 2019, Zhu et al. 2024). Estos lípidos bioactivos pueden incrementarse en la leche mediante la suplementación de la dieta del rumiante con aceites vegetales que aporten ácidos grasos oleico, linoleico y α -linolénico; los cuales sirven de sustrato para la síntesis ruminal, mediante isomerización e hidrogenación bacteriana, de ácidos ruménico y vaccénico (Shingfield et al. 2013).

Estas modificaciones en el perfil de ácidos grasos y en la composición nutricional de la leche fueron exploradas en búfalas suplementadas con aceite de soja (Oliveira et al. 2009, Hassan et al. 2020, Kholif et al. 2020), con aceite de lino (Bruna et al. 2020, Hassan et al. 2020, Kholif et al. 2020) y con una mezcla de aceites de soja más lino (Gagliostro et al. 2015, Hassan et al. 2020, Kholif et al. 2020).

Agregar aceite de pescado a la dieta del rumiante estimuló un mayor incremento de ácidos vaccénico, ruménico y α -linolénico en la leche; por transferencia a la leche y porque los ácidos grasos poliinsaturados ω 3 de cadena muy larga inhiben la subsecuente reducción ruminal de los ácidos ruménico y vaccénico a ácido esteárico (Whitlock et al. 2002, Shingfield et al. 2013). Patiño et al. (2012) replicó dichas modificaciones en el perfil de ácidos grasos en la leche de búfalas, empleando aceite de pescado solo o en combinación con aceite de girasol (Patiño et al. 2017); aunque no reportó los efectos de dichas suplementaciones sobre la composición nutricional de la leche.

Son escasos los trabajos sobre modificaciones en la composición nutricional y el perfil de ácidos grasos del queso de búfalas con dietas suplementadas con aceites. Se informó la composición de un queso mozzarella de búfalas suplementadas con aceite de soja (Oliveira et al. 2009), de un queso blando de búfalas suplementadas con aceites de soja, lino, soja más lino (Hassan et al. 2020) y, hasta donde sabemos, no hay reportes de los efectos sobre la composición nutricional y el perfil de ácidos grasos del queso de búfalas a pastoreo suplementadas con una mezcla de aceites de girasol y de pescado. El objetivo del trabajo fue evaluar los efectos de suplementar la dieta de búfalas lactantes a base de pastizales nativos con 274 g día⁻¹ de una mezcla (70:30 peso/peso) de aceites de girasol y de pescado sobre la composición nutricional de la leche, del queso y el perfil de ácidos grasos del queso.

MATERIAL Y MÉTODOS

Lugar geográfico, animales y suplementos dietarios. Todos los procedimientos del experimento

fueron aprobados por el Comité de Ética y Bioseguridad de la Facultad de Ciencias Veterinarias-UNNE (Protocolo 060/2014). La experiencia se realizó entre los meses de abril y junio de 2014, en un establecimiento de producción extensiva de búfalos, con dieta a base de pastizal nativo, ubicado en el Municipio de Santa Ana de los Guácaras, Provincia de Corrientes, Argentina. Se utilizaron 8 búfalas de raza Mediterránea, de 2^a a 7^a lactancia, alimentadas con pastura nativa y suplementadas durante 60 días con 300 ml día⁻¹ (274 g día⁻¹) de una mezcla de aceites de girasol (210 ml) y de pescado (90 ml), vehiculizada en 2 kg de maíz molido, administrado en comederos individuales durante el ordeño. Los aceites se mezclaban manualmente con el maíz y era consumido completamente durante el ordeño por la mañana. Después del ordeño, los animales se liberaban para que pastoreen hasta el día siguiente. La dosis diaria de aceites se basó en los resultados de otro investigador (Gagliostro et al. 2015) y representó alrededor del 2,11% del consumo total de materia seca (MS) si se supone un consumo máximo de MS de 12,98 kg día⁻¹ por búfala (Kathirvelan y Tyagi 2009). La Tabla 1 registra el perfil de ácidos grasos de los aceites de girasol y de pescado utilizados para la suplementación. En cada una de las búfalas, se tomaron muestras apareadas de leche en los días 0 y 60 de la suplementación para determinar sólidos totales, grasas, proteínas y lactosa utilizando MilkoTester.

Elaboración de quesos. En los días 0 y 60 de la suplementación, se elaboró un queso de pasta dura de cada una de las búfalas. Para la elaboración de los quesos se pasteurizó la leche, se adicionó cloruro de calcio (2 gramos cada 10 litros), posteriormente se incluyó el cuajo, se mezcló con agitación suave por 1 a 2 minutos y luego se dejó la leche en reposo, sin movimiento, para asegurar una buena coagulación. Luego de 20 a 30 minutos, se cortó la cuajada, se desueró, el cuajo desuerado fue moldeado, prensado durante 24 horas y madurado durante 4 días. En cada periodo (día 0 y día 60) de suplementación, 100 g de cada queso fue refrigerado (4 °C) para la determinación de humedad, cenizas, materia grasa, proteínas totales, carbohidratos, valor energético y sodio. Mientras que 100 g de cada queso fue congelado (-20 °C) hasta la determinación del perfil de ácidos grasos mediante cromatografía gaseosa.

Perfil de ácidos grasos del queso. Se determinaron los ácidos grasos saturados e insaturados oleico (*cis-9* C18:1), vaccénico (*trans-11* C18:1), ruménico (*cis-9,trans-11* C18:2), α -linolénico (*cis-9,cis-12,cis-15* C18:3) y linoléico (*cis-9,cis-12* C18:2). Para extraer los lípidos totales se utilizó una mezcla de cloroformo y metanol manteniendo atmósfera de nitrógeno. La conversión de los AG en metilésteres se llevó a cabo con NaOH y BF₃ metanólico al 14% a ebullición durante 7 minutos. Los metilésteres se extrajeron con hexano y se analizaron con un cromatógrafo gaseoso. Se utilizaron estándares de metilésteres de AG de 99% de pureza (Lipid Standard 189-19 Sigma-Aldrich). La composición de ácidos grasos se obtuvo en un cromatógrafo gaseoso de la firma Agilent equipado con una columna capilar de 60 m de largo y 0,25 mm de diámetro interno (Supelco 2340) y un detector de ionización de llama. El método de cromatografía gaseosa utilizado (GC-FID) se adecuó a la norma ISO 15304.

Tabla 1. Perfil de ácidos grasos (mg g⁻¹ de grasa) de los aceites de girasol y de pescado.

Ácidos grasos	Aceite de pescado	Aceite de girasol
Saturados		
14:0 (mirístico)	31,38	0
15:0 (pentadecílico)	4,08	0
16:0 (palmítico)	140,37	51,31
17:0 (margarico)	6,84	0
18:0 (esteárico)	18,77	25,75
20:0 (araquídico)	0	6,83
22:0 (behénico)	8,16	0
23:0 (tricosílico)	11,81	0
24:0 (lignocérico)	153,80	3,72
Monoinsaturados		
<i>cis</i> -9 16:1 (palmitoléico)	55,85	0
<i>cis</i> -10 17:1 (margaroleico)	6,11	0
<i>cis</i> -15 24:1 (nervónico)	2,81	0
<i>cis</i> -9 18:1 (oleico)	150,35	250,85
Poliinsaturados		
<i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12 18:2 (linoleico)	13,24	425,78
<i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15 18:3 (α -linolénico)	74,16	4,35
<i>cis</i> -10, <i>cis</i> -12 18:2 (<i>c</i> -10, <i>c</i> -12 18:2)	27,18	0
<i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14 20:3 (dihomo- γ -linolénico)	0	14,85
<i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14 20:4 (araquidónico)	5,02	0
<i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17 20:5 (eicosapentaenoico)	2,40	0
<i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16, <i>cis</i> -19 22:5 (docosapentaenoico)	10,12	0
<i>cis</i> -4, <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16, <i>cis</i> -19 22:6 (docosahexaenoico)	171,14	0
Σ Saturados	375,23	87,62
Σ Monoinsaturados	215,14	250,85
Σ Poliinsaturados ω 6	45,45	440,63
Σ Poliinsaturados ω 3	257,82	4,35
Σ Trans	0	0

Análisis estadístico. Las estadísticas descriptivas incluyeron media aritmética y desvío estándar. Los datos inferenciales fueron obtenidos con la prueba T de Student para muestras apareadas utilizando el software Infostat®. El nivel de riesgo alfa se fijó en 5%, por debajo del cual se rechazó la hipótesis nula de igualdad.

RESULTADOS

Composición fisicoquímica de la leche. La suplementación lipídica indujo una significativa reducción

del 27,27% en los valores basales de la grasa y un incremento significativo en los valores basales de los sólidos no grasos (+9,15%), las proteínas (+9,37%) y la lactosa de la leche (+10,63%) (Tabla 2).

Composición fisicoquímica del queso. Luego de la suplementación se registró una reducción (-22,19%) en los valores de materia grasa de los quesos. Además, se registraron incrementos (+14,69%) en los valores basales de cenizas; mientras que, no se modificaron los valores de proteínas y carbohidratos (Tabla 3).

Tabla 2. Efectos de la suplementación con aceite de girasol y de pescado sobre la composición fisicoquímica de la leche de búfalas en sistema pastoril.

Composición	Día 0 (basal)	Día 60	p valor
Grasa (%)	5,5 \pm 1,53	4,0 \pm 0,46	0,0210
Sólidos no grasos (%)	8,74 \pm 0,47	9,54 \pm 0,69	0,0439
Proteínas (%)	3,2 \pm 0,18	3,5 \pm 0,26	0,0309
Lactosa (%)	4,7 \pm 0,26	5,2 \pm 0,39	0,0372
Sales (%)	0,6 \pm 0,05	0,7 \pm 0,07	<0,0001
Densidad (kg/m ³)	1029 \pm 1,20	1033 \pm 2,90	0,0108
Punto de congelación (°C)	-0,570 \pm 0,042	-0,650 \pm 0,052	0,0188

Tabla 3. Efectos de la suplementación con aceite de girasol y de pescado sobre la composición fisicoquímica del queso de búfalas en sistema pastoril.

Composición proximal	Día 0 (basal)	Día 60	p valor
Humedad (%)	32,59 ± 11,50	39,77 ± 7,94	0,0288
Cenizas (%)	2,79 ± 0,38	3,20 ± 0,20	0,0002
Grasa (%)	27,66 ± 8,25	21,52 ± 0,51	0,0047
Proteínas totales (%)	26,45 ± 4,39	25,91 ± 4,73	0,7083
Carbohidratos (%)	10,52 ± 5,30	9,61 ± 4,92	0,5769
Valor Energético (Kcal/30 g)	178,98 ± 111,59	156,8 ± 109,46	0,5306

Perfil de ácidos grasos del queso. Luego de la suplementación lipídica, el queso registró una significativa reducción de los valores basales de los ácidos grasos saturados de cadenas corta, media, 14:0 y 17:0. Además,

fueron significativos los incrementos en las concentraciones basales de los ácidos vaccénico (+346,54%), ruménico (+141,47%), α -linolénico (+36,42%) y linoleico (+10,96%) (Tabla 4).

Tabla 4. Efectos de la suplementación con aceite de girasol y de pescado sobre el perfil de ácidos grasos (mg g⁻¹ de grasa) en quesos de búfalas en sistema pastoril.

Ácidos grasos	Día 0 (basal)	Día 60	p valor
4:0 (butírico)	41,12 ± 7,46	25,38 ± 6,41	0,0113
6:0 (caproico)	9,57 ± 1,43	4,56 ± 1,23	0,0002
8:0 (caprílico)	4,20 ± 0,65	1,62 ± 0,29	<0,0001
10:0 (cáprico)	8,04 ± 1,52	3,23 ± 0,79	0,0001
12:0 (láurico)	13,13 ± 2,66	6,82 ± 1,55	0,0019
14:0 (mirístico)	82,99 ± 19,91	42,18 ± 8,53	0,0023
15:0 (pentadecanóico)	16,88 ± 4,85	11,93 ± 1,88	0,1199
16:0 (palmítico)	279,02 ± 76,43	202,99 ± 36,40	0,1764
17:0 (heptadecanóico)	16,06 ± 5,28	9,89 ± 1,60	0,0464
18:0 (esteárico)	196,71 ± 59,25	173,69 ± 22,07	0,8406
20:0 (araquídico)	13,32 ± 4,19	19,86 ± 3,46	0,0018
<i>cis</i> -9 16:1 (palmitoleico)	9,49 ± 3,87	11,00 ± 4,65	0,0942
<i>trans</i> -11 18:1 (vaccénico)	44,58 ± 13,40	199,07 ± 80,80	0,0002
<i>cis</i> -9 18:1 (oleico)	226,03 ± 66,37	229,52 ± 43,32	0,1191
<i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12 18:2 (linoleico)	14,68 ± 4,67	16,29 ± 2,95	0,0389
<i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 18:2 (ruménico)	8,56 ± 3,63	20,67 ± 7,91	0,0008
<i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15 18:3 (α -linolénico)	15,62 ± 5,46	21,31 ± 3,89	0,0035
∑ Saturados	681,05 ± 168,24	502,14 ± 68,08	0,1984
∑ Monoinsaturados	280,09 ± 80,97	439,59 ± 99,67	0,0008
∑ Poliinsaturados	38,86 ± 13,21	58,27 ± 14,15	0,0016

DISCUSIÓN

La suplementación con aceite de girasol y de pescado redujo el contenido de grasa en la leche de las búfalas hasta un 27,27% (Tabla 2). La reducción de la grasa láctea ocurre, comúnmente, cuando se suplementa la dieta de las búfalas con aceite libre (Kathirvelan y Tyagi 2009, Gagliostro et al. 2015, Bruna et al. 2020). Gagliostro et al. (2015) reportaron una reducción del 1,64% en el contenido de grasa en leche de búfalas suplementadas con 276 g día⁻¹ de una mezcla aceite de soja y de lino (70:30, peso/peso) en la dieta. Bruna et al. (2020) también reportaron una reducción de 0,56 g de grasa cada 100 g de leche de búfalas luego de ser suplementadas con 25 g de aceite de lino kg⁻¹ MS, mientras que Kathirvelan y Tyagi (2009), registraron

una caída de 0,42 mg de grasa cada 100 g de leche en búfalas alimentadas con 39% de torta de mostaza más 2% de aceite de mostaza de la ingesta total de MS. El menor contenido de grasa podría explicarse por una reducción en la síntesis *de novo* de ácidos grasos en la glándula mamaria, por inhibición y/o por disminución de sus precursores. Bruna et al. (2020) asoció la reducción de grasa láctea de las búfalas suplementadas con aceite con la disminución de la digestibilidad ruminal de las fibras y, por lo tanto, una menor disponibilidad de precursores para la síntesis *de novo* de ácidos grasos. El aporte dietético de aceites sirve de sustrato para la síntesis ruminal de ácidos grasos *trans* C18:1 y *trans* C18:2; los cuales tienen un efecto inhibitorio de la síntesis *de novo* de ácidos grasos saturados en la glándula mamaria (Shingfield et al. 2010). Nuestra experiencia

registró incrementos significativos de trans-11 18:1 (ácido vaccénico), que explicarían la reducción de la grasa en la leche y las concentraciones más bajas de ácidos grasos de cadena corta y media registradas en la grasa del queso (Tabla 4). A diferencia de nuestros hallazgos, el contenido de grasa en la leche aumentó significativamente (0,74 g de grasa cada 100 g de leche) mediante la suplementación con aceite de soja a razón del 2,21% de la ingesta total de MS (Oliveira et al. 2009) y aumentó (4,7 g de grasa cada 100 g de leche) luego de la suplementación con 17 g de semillas de lino molida kg^{-1} de MS (Kholif et al. 2011). Mientras que el contenido de grasa no fue modificado al emplear aceite de lino, soja o lino más soja adicionada al alimento a razón de 2% de MS (Hassan et al. 2020, Kholif et al. 2020).

Después del consumo de aceites, la leche registró un significativo aumento de 10,63% en los niveles basales de lactosa y de 9,37% en los niveles basales de proteínas (Tabla 2). Gagliostro et al. (2015) reportaron un efecto similar, pero de mayor magnitud, con incrementos de 69,4% en los valores basales de las proteínas e incrementos de 22,7% en los niveles basales de sólidos en la leche, luego de suplementar la dieta de las búfalas con una mezcla de aceites de soja más lino. El aporte adicional de energía pudo haber mejorado el estado energético de las búfalas y potenciado la síntesis de proteínas en la leche (Gagliostro et al. 2015). Otros estudios han reportado que la suplementación con distintos tipos de aceite (2 a 2,21% de la ingesta total de MS) no modificaron los niveles de proteínas o de lactosa en la leche de búfalas (Kathirvelan y Tyagi 2009, Oliveira et al. 2009, Bruna et al. 2020, Hassan et al. 2020, Kholif et al. 2020).

Se elaboró un queso con una humedad entre 32 y 39%, clasificado como duro (Abd ElSalam y El-Shibiny 2014). Los quesos registraron mayor contenido de proteínas y menor contenido de grasa, en comparación con los valores reportado de proteínas (entre 20,6% y 22,6%) y grasas (entre 37,4% y 39,4%) para quesos comerciales semiduros de búfalas (Martini et al. 2016). En el queso elaborado el día 0 (sin suplementación), predominaron los ácidos grasos saturados con 68,1%, mientras que los monoinsaturados representaron el 28% y la proporción de ácidos grasos poliinsaturados fue del 3,88%. Los principales ácidos grasos que se encontraron en el queso, en orden descendente, fueron palmítico, oleico, esteárico y mirístico (Tabla 4). Similar constitución de ácidos grasos fueron reportados en un queso blando (saturados: 65,6%, monoinsaturados: 31,8% y poliinsaturados: 2,6%) de búfalas alimentadas con pastura natural (Van Nieuwenhove et al. 2007); en un queso mozzarella (saturados: 71,65%, monoinsaturados: 25,45% y poliinsaturados: 2,9%) de búfalas alimentadas a corral (silo de maíz: 70%, granos de maíz: 15,94%, harina de soja: 12,03% y minerales: 2,03%) (Oliveira et al. 2009) y en cuatro quesos comerciales obtenidos mediante diferentes procesos de fabricación de la misma leche de búfalas (saturados: ~71%, monoinsaturados: ~24% y poliinsaturados: ~4%) (Martini et al. 2016). Los valores basales de los ácidos vaccénico y ruménico (día 0, Tabla 4) fueron superiores a los reportados (vaccénico: $38,6 \pm 3,4 \text{ mg g}^{-1}$ de grasa; ruménico: $4,8 \pm 0,2 \text{ mg g}^{-1}$ de grasa) para un queso artesanal de búfala alimentadas con pastura natural del noreste de Argentina (Van Nieuwenhove et al. 2007).

La suplementación dietética con aceites redujo el contenido de grasas de los quesos (Tabla 3) debido, probablemente, al efecto inhibitorio de las grasas trans producidas en el rumen, sobre la síntesis *de novo* de ácidos grasos en la glándula mamaria. A diferencia de nuestros hallazgos, el tipo de dieta y los niveles de aceite no permitieron la aparición de cambios importantes en la biohidrogenación ruminal y, en consecuencia, no hubo una caída de la grasa en un queso mozzarella luego de suplementar búfalas con aceite de soja (Oliveira et al. 2009) y en un queso blando de búfalas suplementadas con aceite de lino, soja o lino más soja (Hassan et al. 2020).

La suplementación redujo 14,21% los valores basales de ácidos grasos saturados del queso; se redujeron significativamente los valores basales de los ácidos grasos de cadena corta, de cadena media, 14:0 y 17:0. Resultados similares (-10,5% de ácidos grasos saturados) fueron reportados en un queso mozzarella de búfalas suplementadas con aceite de soja (Oliveira et al. 2009). Al considerar solo los ácidos grasos láurico, mirístico y palmítico, capaces de elevar los niveles séricos de colesterol-LDL en las personas (Ohlsson 2010), la mezcla de aceites redujo sus concentraciones a $315,24 \text{ mg g}^{-1}$ de ácidos grasos. Dicha concentración de ácidos grasos hipercolesterolemicos fue inferior a los valores de $406,30 \text{ mg g}^{-1}$ de ácidos grasos informados por Oliveira et al. (2009) para un queso de búfalas suplementadas con aceite de soja. La concentración de ácidos grasos saturados de cadena corta y media también se redujeron en la leche de búfalas suplementadas con semillas molidas de lino (Kholif 2011), con una mezcla de aceites de soja más lino (Gagliostro et al. 2015), con aceite de lino (Bruna et al. 2020, Hassan et al. 2020), con aceite de soja y con una mezcla de aceite de lino más soja (Hassan et al. 2020).

Los niveles basales de ácido vaccénico en el queso se incrementó 346,54% y fue superior hasta en un 150% de incremento a lo reportado por Oliveira et al. (2009) en un queso mozzarella de búfalas suplementadas con aceite de soja. Esta mayor respuesta, quizás se debió al empleo del aceite de pescado; ya que los ácidos grasos $\omega 3$ de cadena muy larga inhiben la reducción del ácido vaccénico a esteárico (Shingfield et al. 2010). Incrementar el ácido vaccénico en los lácteos puede ser beneficioso para la salud del consumidor; ya que se reportaron efectos anticancerígenos (Song et al. 2019) y reductor de la esteatosis hepática (Wang et al. 2009, Jacome-Sosa et al. 2010). Además, el ácido vaccénico es precursor del ácido ruménico en los tejidos mediante la Δ -9 desaturasa (Jutzeler van Wijlen y Colombani 2010).

La principal limitación de este trabajo fue el incompleto perfil de ácidos grasos que no permitió evaluar los cambios en la cantidad de grasas trans y la distribución de sus isómeros en el queso. Suplementar la dieta de los rumiantes con aceites causa incremento en los niveles de los ácidos grasos trans-6 al trans-15 18:1 (Shingfield et al. 2013). Comprender los cambios en la abundancia de grasa trans y la distribución de sus isómeros provocada por manipulación de la dieta de los rumiantes es una importante prioridad de investigación; a fin de conocer el impacto de estos ácidos grasos trans de origen rumiante en el desarrollo de las enfermedades crónicas del humano.

Por ejemplo, se ha demostrado que un sustancial consumo de grasas trans de origen rumiante (3,3% o 3,7% de la ingesta calórica diaria aportada por grasas trans rumiante) causó hipercolesterolemia e incrementó las subfracciones aterogénicas de las lipoproteínas en personas (Gebauer et al. 2015).

Los niveles basales del ácido ruménico se incrementaron 141,47% con la suplementación lipídica; resultado que concuerda con lo reportado para un queso mozzarella de búfalas suplementadas con aceite de soja (175% de incremento en el contenido basal de ácido ruménico) (Oliveira et al. 2009). En nuestra experiencia, 100 g de queso de búfalas a pastura suplementadas con aceite aportaría alrededor de 21,52 g de grasa, estimándose una ingesta aproximada de 556,24 mg de ácido ruménico y 5.356,85 mg de ácido vaccénico. Al considerar que el 20% del ácido vaccénico ingerido se transforma a ácido ruménico en los tejidos de las personas (Jutzeler van Wijlen y Colombani 2010), esto daría un contenido de 1,62 g de ácido ruménico cada 100 g de queso. Mientras que este contenido se estimó en 0,25 g de ácido ruménico cada 100 g de queso de búfalas a pastura sin suplementación. Incrementar los niveles de ácido ruménico mejora la calidad nutricional de la grasa, ya que el consumo de ácido ruménico está relacionado con varios efectos saludables en el consumidor (den Hartigh 2019).

La suplementación lipídica incrementó 10,96% los niveles basales del ácido linoleico. A pesar de la disponibilidad de este ácido graso (425,78 mg g⁻¹ de grasa) aportado con la suplementación (Tabla 1), su incorporación al queso fue menor a la reportada por Oliveira et al. (2009). Probablemente, esto se debió a su extensa biohidrogenación ruminal a ácido vaccénico y ruménico. Mantener los niveles de este ácido graso puede ser considerado beneficioso para la calidad nutricional de la grasa; ya que dietas con alta ingesta de ácido linoleico han sido asociadas a mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes, obesidad y demencia (Mercola y D'Adamo 2023).

Las concentraciones basales del ácido α -linolénico se incrementaron 36,42% luego de la suplementación. Este resultado concuerda con el obtenido por Oliveira et al. (2009), quienes reportaron un incremento del 61,9% de ácido α -linolénico en un queso mozzarella de búfalas suplementadas con aceite de soja. El potencial de enriquecer la leche con ácido α -linolénico es limitado (respuesta media de 1 a 9 mg g⁻¹ de ácidos grasos) incluso cuando se usan aceites ricos en ácido α -linolénico. Esto se debe a su biohidrogenación ruminal y a una eficacia media del 49% de transferencia desde el intestino delgado hacia la grasa láctea (Shingfield et al. 2013). El incremento del ácido α -linolénico es considerado favorable; ya que es un ácido graso esencial con numerosos efectos beneficiosos para la salud, entre ellos la protección del sistema cardiovascular, propiedades antiinflamatorias, efectos anticancerígenos (Zhu et al. 2024) y puede reducir las consecuencias para el hígado (esteatosis y esteatohepatitis) del síndrome metabólico (Hodson et al. 2020).

En las condiciones de producción extensiva del presente trabajo basada en una dieta de pastizal nativo, el queso de búfala representó una buena fuente de ácidos vaccénico y ruménico. La suplementación con una mezcla de aceites de girasol y de pescado redujo la concentración

de grasa de la leche, aumentó el contenido de sólidos no grasos de la leche y permitió elaborar un queso reducido en grasa con cambios profundos en el perfil de ácidos grasos. Las concentraciones de ácidos grasos con potencial de incrementar el colesterol sérico para el hombre se atenuaron, mientras que las concentraciones de ácidos grasos vaccénico, ruménico y α -linolénico con potenciales efectos saludables para el consumidor aumentaron marcadamente en el queso. Este hecho debería contribuir a mejorar la calidad nutricional de la leche y del queso de búfala y su imagen percibida por el consumidor.

ORCID

Villordo, G.I. [ID https://orcid.org/0009-0006-3166-6712](https://orcid.org/0009-0006-3166-6712)
 Catuogno, M.S. [ID https://orcid.org/0009-0009-9442-9062](https://orcid.org/0009-0009-9442-9062)
 Lértora, W.J. [ID https://orcid.org/0000-0003-2920-6291](https://orcid.org/0000-0003-2920-6291)

REFERENCIAS

1. Abd-El-Salam MH, El-Shibiny S. Conjugated linoleic acid and vaccenic acid contents in cheeses: An overview from the literature. *J. Food Compos. Anal.* 2014; 33: 117-126.
2. Bruna CA, Zeoula LM, Santos NW, Machado E, Yoshimura EH, Ribas JCR, Bragatto JM, Stemposki MR, dos Santos VY, Faciola AP. Effects of flaxseed oil and vitamin E supplementation on digestibility and milk fatty composition and antioxidant capacity in water buffaloes. *Animals* 2020; 10: 1294-1307.
3. den Hartigh LJ. Conjugated Linoleic Acid Effects on Cancer, Obesity, and Atherosclerosis: A Review of Pre-Clinical and Human Trials with Current Perspectives. *Nutrients* 2019; 11: 370-399.
4. Gagliostro GA, Patiño EM, Sánchez Negrette M, Sager G, Castelli L, Antonacci LE, Raco F, Gallelo L, Rodriguez MA, Cañameras C, Zampatti ML, Bernal C. Milk fatty acid profile from grazing buffaloes fed a blend of soybean and linseed oils. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2015; 67: 927-934.
5. Gebauer SK, Destailats F, Dionisi F, Krauss RM, Baer DJ. Vaccenic acid and trans fatty acid isomers from partially hydrogenated oil both adversely affect LDL cholesterol: double-blind, randomized controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 2015; 102: 1339-1346.
6. Hassan LK, Behdal-Shazly A, Kholif AM, Sayed AF, El-Aziz MA. Effect of flaxseed (*Linum usitatissimum*) and soybean (*Glycine max*) oils in Egyptian lactating buffalo and cow diets on the milk and soft cheese quality. *Acta Scientiarum. Animal Sciences.* 2020; 42: p. e47200.
7. Haug A, Hostmark AT, Harstad OM. Bovine milk in human nutrition: a review. *Lipids Health Dis.* 2007; 6: 25.
8. Hodson L, Rosqvist F, Parry SA. The influence of dietary fatty acids on liver fat content and metabolism. *Proc. Nutr. Soc.* 2020; 79: 30-41.
9. Jacome-Sosa MM, Lu J, Wang Y, Ruth MR, Wright DC, Reaney MJ, Shen J, Field CJ, Vine DF, Proctor SD. Increased hypolipidemic benefits of cis-9, trans-11

- conjugated linoleic acid in combination with trans-11 vaccenic acid in a rodent model of the metabolic syndrome, the JCR:LA-cp rat. *Nutr. Metab.* 2010; 7: 60.
10. Jacome-Sosa MM, Borthwick F, Mangat R, Uwiera R, Reaney MJ, Shen J, Quiroga AD, Jacobs RL, Lehner R, Proctor SD. Diets enriched in trans-11 vaccenic acid alleviate ectopic lipid accumulation in rat model of NAFLD and metabolic syndrome. *J. Nutr. Biochem.* 2014; 25: 692-701.
 11. Jutzeler-van Wijlen RP, Colombani PC. Grass-based ruminant production methods and human bioconversion of vaccenic acid with estimations of maximal dietary intake of conjugated linoleic acids. *Int. Dairy J.* 2010; 20: 433-448.
 12. Kathirvelan C, Tyagi AK. Conjugated linoleic acid content of milk from buffaloes fed a mustard oil-based diet. *Int. J. Dairy Technol.* 2009; 62: 141-292.
 13. Kholif SM, Morsy TA, Abedo AA, El-Bordeny N, Abdo MM. Milk production and composition, milk fatty acid profile, nutrients digestibility and blood composition of dairy buffaloes fed crushed flaxseed in early lactation. *Egypt. J. Nutr. Feeds* 2011; 14: 385-394.
 14. Kholif AM, Sayed AF, Abd El Aziz M, Gouda G, Alzahr H. Effect of feeding buffaloes on diets containing vegetable oils rich in unsaturated fatty acids on its productive performance and milk quality. *Egypt. J. Nutr. Feeds* 2020; 23: 197-205
 15. Martini M, Altomonte I, Da Silva Sant'Ana AA, Salari F. Nutritional composition of four commercial cheeses made with buffalo milk. *J. Food Nutr. Res.* 2016; 55: 256-262.
 16. Mercola J, D'Adamo CR. Linoleic Acid: A Narrative Review of the Effects of Increased Intake in the Standard American Diet and Associations with Chronic Disease. *Nutrients* 2023; 15(14):3129.
 17. Ohlsson L. Dairy products and plasma cholesterol levels. *Food Nutr. Res.* 2010; 54: 5124.
 18. Oliveira RL, Ladeira MM, Barbosa MA, Matsushita M, Santos GT, Bagaldo AR. Composição química e perfil de ácidos graxos do leite e muçarela de búfalas alimentadas com diferentes fontes de lipídeos. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2009; 61: 736-744.
 19. Patiño EM, Judis MA, Sanchez Negrette M, Pochon DO, Cedres JF, Rebak G, Romero AM, Doval MM, Crudeli GA. Influence of fish oil in the concentration of conjugated linoleic acid and omega 6 and 3 in buffalo milk. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2012; 64: 427-433.
 20. Patiño EM, Lértora WJ, Villordo GI, Valenzuela KM, Sánchez Negrette M. Perfil de ácidos grasos en leche de búfalas alimentadas con pastura natural y suplementadas con aceites de girasol y pescado. *Rev. Vet.* 2017; 28:19-26.
 21. Shingfield KJ, Berbard L, Leroux C, Chillard Y. Role of trans fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. *Animal* 2010; 4: 1140-1166.
 22. Shingfield K J, Bonnet M, Scollan ND. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. *Animal* 2013; 7: 132-162.
 23. Song J, Wang Y, Fan X, Wu H, Han J, Yang M, Lu L, Nie G. Trans-vaccenic acid inhibits proliferation and induces apoptosis of human nasopharyngeal carcinoma cells via a mitochondrial-mediated apoptosis pathway. *Lipids Health Dis.* 2019; 18: 46-55.
 24. Van Nieuwenhove C, Gauffin Cano P, Pérez Chaia A, González S. Chemical composition and fatty acid content of buffalo cheese from northwest Argentina: Effect on lipid composition of mice tissues. *J. Food Lipids* 2007; 14: 232-243.
 25. Villamil RA, Robelto GE, Mendoza MC, Guzmán MP, Cortés LY, Méndez CA. Desarrollo de productos lácteos funcionales y sus implicaciones en la salud: Una revisión de literatura. *Rev. Chil. Nutr.* 2020; 47: 1018-1028.
 26. Wang Y, Jacome-Sosa MM, Ruth MR, Goruk SD, Reaney MJ, Glimm DR, Wright DC, Vine DF, Field CJ, Proctor SD. Trans-11 Vaccenic Acid Reduces Hepatic Lipogenesis and Chylomicron Secretion in JCR:LA-cp Rats. *J. Nutr.* 2009; 139: 2049-2054.
 27. Whitlock LA, Schingoethe DJ, Hippen AR, Kalscheur KF, Baer RJ, Ramaswamy N, Kasperson KM. Fish oil and extruded soybeans fed in combination increase conjugated linoleic acids in milk of dairy cows more than when fed separately. *J. Dairy Sc.* 2002; 85:234:243.
 28. Zhu P, Fan L, Yan X, Li J. Advances of α -linolenic acid: Sources, extraction, biological activity and its Carrier. *Trends Food Sci. Technol.* 2024; 152:104676.