

A. Sterk , B. E. O. Johansson , H. Z. H. Taweel , M. Murphy , A. M. van Vuuren , W. H. Hendriks and J. Dijkstra. 2011. **Effects of forage type, forage to concentrate ratio, and crushed linseed supplementation on milk fatty acid profile in lactating dairy cows.** J. Dairy Sci. 94: 6078–6091.

Resumen

Introducción

La manipulación del perfil de los AG de la leche ha sido objeto de una extensa investigación en los últimos años. El perfil de los AG de la leche depende, en gran medida, de la ingestión de AG y de su metabolismo en el rumen, de la movilización de lípidos corporales y del metabolismo de AG en la glándula mamaria.

El problema está en que los AGI son ampliamente metabolizados e hidrogenados en el rumen, produciendo productos intermedios no precisamente saludables para el consumidor. El factor principal en la variación de la biohidrogenación es la relación forraje: concentrado en la dieta.

El **objetivo** de este estudio fue evaluar los efectos en producción de leche, en cantidad y perfil de los AG, de la complementación con lino triturado, en raciones con diferente proporción de dos forrajes (ensilado de hierba y ensilado de maíz) y con diferentes proporciones entre el contenido forrajero y concentrado (F:C).

Material y métodos

Lino triturado (diversas proporciones: 1, 3 i 5% s/MS)

93,2% MS; PB 19,8%; cenizas 4,2%; NDF 29,3%; EE 43,3% (33,56% AG: 0,00 C12:0, 0,02 C14:0, 1,99 C16:0, 0,75 C18:0, 5,39 cis-9-C18:1, 5,01 cis-9, cis-12-C18:2, 20,36 cis-9, cis-12, cis-15-C18:3)

Ensilado de hierba y ensilado de maíz (20:80; 50:50; 80:20 s/MS)

E. hierba: 25,2% MS; PB 18,4%; cenizas 8,9%; NDF 48,6%; EE 3,6% (1,8% AG: 0,01 C12:0, 0,01 C14:0, 0,38 C16:0, 0,03 C18:0, 0,04 cis-9-C18:1, 0,33 cis-9, cis-12-C18:2, 0,96 cis-9, cis-12, cis-15-C18:3).

E. maíz: 27,1% MS; PB 8,6%; cenizas 3,8%; NDF 48,3%; almidón 21,0%; EE 1,9% (1,32% AG: 0,00 C12:0, 0,01 C14:0, 0,34 C16:0, 0,03 C18:0, 0,23 cis-9-C18:1, 0,63 cis-9, cis-12-C18:2, 0,06 cis-9, cis-12, cis-15-C18:3).

F:C (diversas proporciones: 35:65; 50:50; 65:35)

Vacas de alta producción (Holstein y vacas rojas suecas). Cuatro bloques de 9 vacas cada uno según: raza, paridad y producción de leche.

Interacciones con: perfil AG leche

Alimentación por grupo (3 factores con 3 niveles cada uno). Para cada grupo de vacas había cuatro períodos de 21 días cada uno. Se formularon 13 raciones. Durante los cuatro períodos experimentales se suministraron todas las raciones, incluyendo una repetición por cada período la (50:50; 50:50; 3%). Las raciones fueron las siguientes:

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| E. hierba | 20% | 20% | 20% | 20% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 80% | 80% | 80% | 80% |
| E. maíz | 80% | 80% | 80% | 80% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 20% | 20% | 20% | 20% |
| Lino triturado | 3% | 1% | 5% | 3% | 1% | 5% | 3% | 1% | 5% | 3% | 1% | 5% | 3% |
| F:C | 35:65 | 50:50 | 50:50 | 65:35 | 35:65 | 35:65 | 50:50 | 65:35 | 65:35 | 35:65 | 50:50 | 50:50 | 65:35 |

El resto de ingredientes fueron concentrados y minerales: harina de trigo, harina de avena, harina – torta - de colza tratada térmicamente, harina –torta- de soja, harina – torta - de soja tratada térmicamente, pulpa de remolacha, torta de colza, colza triturada, salvado de trigo, salvado de avena, harina de triticale, palma torta presión, DDGS, y minerales y vitaminas.

El alojamiento permitió la automatización de los controles, y las vacas se ordeñaron tres veces al día. La ingestión de MS, la producción de leche se registraron diariamente, y la recogida y almacenamiento de las muestras de leche se hicieron de manera adecuada para su análisis posterior (grasa, proteína, lactosa, y MUN (mg/dl) nitrógeno urea en leche)).

Resultados

Consumo y Rendimiento

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| E. hierba | 20% | 20% | 20% | 20% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 80% | 80% | 80% | 80% |
| E. maíz | 80% | 80% | 80% | 80% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 20% | 20% | 20% | 20% |
| Lino triturado | 3% | 1% | 5% | 3% | 1% | 5% | 3% | 1% | 5% | 3% | 1% | 5% | 3% |
| F:C | 35:65 | 50:50 | 50:50 | 65:35 | 35:65 | 35:65 | 50:50 | 65:35 | 65:35 | 35:65 | 50:50 | 50:50 | 65:35 |
| Kg MSI | 26,5 | 24,2 | 24,8 | 23,0 | 24,8 | 25,7 | 22,7 | 20,1 | 21,2 | 24,9 | 22,5 | 22,3 | 17,8 |
| Ingestión AG, g/día | | | | | | | | | | | | | |
| C16:0 | 339 | 252 | 252 | 187 | 368 | 331 | 250 | 171 | 202 | 326 | 297 | 248 | 157 |
| C18:0 | 80 | 55 | 56 | 38 | 51 | 79 | 59 | 43 | 36 | 78 | 49 | 79 | 44 |
| cis-9-C18:1 | 128 | 194 | 239 | 161 | 294 | 294 | 203 | 117 | 176 | 265 | 207 | 200 | 113 |
| cis-9,cis-12-C18:2 | 302 | 225 | 263 | 203 | 255 | 298 | 215 | 154 | 198 | 262 | 196 | 216 | 139 |
| cis-9,cis-12,cis-15-C18:3 | 209 | 94 | 279 | 191 | 117 | 308 | 210 | 120 | 296 | 228 | 152 | 331 | 212 |
| Kg leche estándar | 42,1 | 40,7 | 41,4 | 38,9 | 40,1 | 39,5 | 40,7 | 36,7 | 36,5 | 42,7 | 38,4 | 38,6 | 35,1 |
| tg % | 3,35 | 3,81 | 3,54 | 3,90 | 3,70 | 3,18 | 3,95 | 4,12 | 4,02 | 3,18 | 3,06 | 4,18 | 4,18 |
| tp % | 3,21 | 3,16 | 3,29 | 3,26 | 3,38 | 3,13 | 3,13 | 2,92 | 3,06 | 3,10 | 3,22 | 2,99 | 2,96 |
| MUN, mg/dl | 14,1 | 14,5 | 14,9 | 15,7 | 15,4 | 12,0 | 15,5 | 14,7 | 17,2 | 14,6 | 16,5 | 14,3 | 14,4 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| E. hierba | 20% | 20% | 20% | 20% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 80% | 80% | 80% | 80% |
| E. maíz | 80% | 80% | 80% | 80% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 20% | 20% | 20% | 20% |
| Lino triturado | 3% | 1% | 5% | 3% | 1% | 5% | 3% | 1% | 5% | 3% | 1% | 5% | 3% |
| F:C | 35:65 | 50:50 | 50:50 | 65:35 | 35:65 | 35:65 | 50:50 | 65:35 | 65:35 | 35:65 | 50:50 | 50:50 | 65:35 |
| Perfil AG en la leche, g/100g AG | | | | | | | | | | | | | |
| Total trans-C18:1 | 6,46 | 4,46 | 5,84 | 4,91 | 4,59 | 8,06 | 5,36 | 3,93 | 6,2 | 7,1 | 4,4 | 5,29 | 4,71 |
| Total cis-C18:1 | 22,58 | 19,55 | 19,32 | 21,61 | 20,5 | 20,61 | 20,81 | 22,23 | 21,76 | 18,98 | 20,08 | 22,63 | 22,74 |
| Total no conjugados | 3,67 | 2,7 | 2,86 | 2,91 | 3,01 | 3,79 | 2,94 | 2,63 | 2,93 | 3,5 | 2,64 | 2,86 | 2,72 |
| Total conjugados | 0,57 | 0,53 | 0,69 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,62 | 0,54 | 0,69 | 0,74 | 0,57 | 0,59 | 0,63 |
| AG ≥ C:20 | 0,47 | 0,45 | 0,47 | 0,51 | 0,41 | 0,46 | 0,47 | 0,52 | 0,43 | 0,45 | 0,43 | 0,5 | 0,46 |
| Total indeterminados | 0,59 | 0,59 | 0,72 | 0,68 | 0,69 | 0,64 | 0,68 | 0,64 | 0,79 | 0,68 | 0,68 | 0,72 | 0,66 |
| AG saturados, total | 60,03 | 66,39 | 64,64 | 63,26 | 64,18 | 60,48 | 63,8 | 63,56 | 62,09 | 62,99 | 65,58 | 62,07 | 62,38 |
| C4-C14, saturados | 20,99 | 24,84 | 25,79 | 23,43 | 23,49 | 21,79 | 23,26 | 22,75 | 22,62 | 23,84 | 24,18 | 21,78 | 21,72 |
| AG C impar y ramificada | 2,11 | 2,31 | 2,27 | 2,32 | 0,35 | 2,15 | 2,21 | 2,55 | 2,23 | 2,24 | 2,42 | 2,11 | 2,43 |
| AG <i>mono insaturados</i> | 31,92 | 26,7 | 27,77 | 29,17 | 28,25 | 31,11 | 28,67 | 29,02 | 30,14 | 28,7 | 27,12 | 30,36 | 30 |
| AG <i>poli insaturados</i> | 5,3 | 3,97 | 4,57 | 4,51 | 4,48 | 5,59 | 4,59 | 4,17 | 4,7 | 5,35 | 4,15 | 4,68 | 4,46 |
| AGI total | 37,22 | 30,67 | 32,34 | 33,68 | 32,73 | 36,7 | 33,26 | 33,19 | 34,84 | 34,05 | 31,27 | 35,04 | 34,4 |

Hay múltiples mecanismos que regulan la ingestión de MS en los rumiantes, en general baja con el aumento de NDF en la ración. En el estudio, para los tres grupos, la MSI pasa de 26,5 a 23 kg/vaca y día en el primero, de 24,8 a 21,2 en el segundo, y de 24,9 a 17,8 en el tercero, al pasar de 35:65 a 65:35 la proporción F:C.

La substitución de ensilado de hierba por el de maíz hace que aumente la ingestión. En promedio las raciones **80% hierba:20% maíz** tienen una ingestión de 21,87 kg MS/vaca y día y

las de **20% hierba:80% maíz** aumentan hasta 24,63, pasando por 22,9 para las de **50% hierba:50% maíz**.

La complementación con lino triturado no afecta la ingestión de MS. Para el nivel del 1% la ingestión fue de 22,9 kg MS/vaca y día, de promedio, de 22,98 para el nivel 3% y de 23,5 para el del 5%.

Por otra parte, en cuanto a la ingestión de AG, la ingestión de C18:2 n-6 y C18:3 n-3 se ven afectados por el tipo de forraje, de manera que se ingiere mayor proporción de C18:3 n-3 cuando el ensilado de hierba predomina, y, en cambio, la mayor proporción de C18:2 n-6 se da cuando predomina el ensilado de maíz. Igualmente, si aumenta la proporción de concentrado la ingestión de C18:2 n-6 se incrementa, mientras que la ingestión de C18:3 n-3 aumentó cuando la dieta contenía una mayor proporción de lino triturado.

En relación a la producción de leche se vio que tanto el tipo de forraje como la relación F:C tenían influencia. Si el forraje predominante era el ensilado de hierba la producción de leche estándar era de 38,7 kg/vaca y día, y si predominaba el ensilado de maíz pasaba a 40,77 kg, en ambos casos de promedio. También, en promedio, para F:C 65:35 la producción era de 36,8 kg y para la relación 35:65 era de 41,4 kg. No afectó el nivel de complementación en lino triturado. Para la tasa de grasa, la influencia se dio a la inversa, disminuía cuando la dieta contenía más ensilado de maíz y cuando mayor era la proporción de concentrado

Las respuestas en el perfil de la leche de la complementación lipídica en gran parte dependerá de las características de los lípidos (fuente, la forma física, y la tasa de inclusión) y de las características de la dieta (tipo de forraje y F:C). Si en la dieta entran **C18:2 n-6** y **C18:3 n-3** a sus expensas y por biohidrogenación ruminal se forman compuestos intermedios (**trans-C18:1**, **cis-C18:1**, y **no conjugado y conjugado C18:2 y C18:3 isómeros**).

Veamos a partir de los datos del artículo algunos resultados. Aunque hay muchas interacciones lo resumimos así.

| Perfil AG en la leche, g/100g AG | EH:EM | | F:C | | Lino | |
|----------------------------------|----------------|-----------------|---------------|------------------|----------------|------------------|
| | 80:20 | 20:80 | 35:65 | 65:35 | 1% | 5% |
| Total trans-C18:1 | 5,4175 | -0,0425 ↓ | 6,5525 | -1,615 ↓ | 4,345 | 2,0025 ↑ |
| Total cis-C18:1 | 20,765 | 0,3425 ↑ | 20,6675 | 1,4175 ↑ | 20,59 | 0,49 ↑ |
| Total no conjugados C18:2 | 3,035 | -0,105 ↓ | 3,4925 | -0,695 ↓ | 2,745 | 0,365 ↑ |
| Total conjugados C18:2 | 0,5975 | 0,035 ↑ | 0,6275 | -0,0125 ↓ | 0,56 | 0,0825 ↑ |
| AG ≥ C:20 | 0,475 | -0,015 ↓ | 0,4475 | 0,0325 ↑ | 0,4525 | 0,0125 ↑ |
| Total indeterminados | 0,645 | 0,04 ↑ | 0,65 | 0,0425 ↑ | 0,65 | 0,0675 ↑ |
| AG saturados, total | 63,58 | -0,325 ↓ | 61,92 | 0,9025 ↑ | 64,9275 | -2,6075 ↓ |
| C4-C14, saturados | 23,7625 | -0,8825 ↓ | 22,5275 | 0,1025 ↑ | 23,815 | -0,82 ↓ |
| AG C impar y ramificada | 2,2525 | 0,0475 ↑ | 1,7125 | 0,67 ↑ | 1,9075 | 0,2825 ↑ |
| AG mono insaturados | 28,89 | 0,155 ↑ | 29,995 | -0,4125 ↓ | 27,7725 | 2,0725 ↑ |
| AG poli insaturados | 4,5875 | 0,0725 ↑ | 5,18 | -0,72 ↓ | 4,1925 | 0,6925 ↑ |
| AGI total | 33,4775 | 0,2125 ↑ | 35,175 | -1,1475 ↓ | 31,965 | 2,765 ↑ |

EH:EM (ensilado hierba:ensilado de maíz, porcentajes en MS)

F:C (MS forraje:MS concentrado, porcentajes en la ración)

Lino (contenido lino triturado en la ración, porcentaje MS)

Los ácidos grasos insaturados aumentan, en promedio, cuando las raciones tienen más ensilado de maíz, y retroceden mucho cuando aumentan la presencia de MS concentrada en la

ración. Aumentan considerablemente cuando la ración contiene el 5% de lino respecto de la que solo contiene el 1%.

En cuanto a los AG saturados, también en promedio, al aumentar la presencia del ensilado de maíz bajan. Si el porcentaje de forrajes es alto aumentan los AGS y si el contenido en lino es del 5% bajan considerablemente.

En definitiva, en este estudio si se aumenta la proporción de lino en la ración (1%, 3% y 5%), juntamente con la variación en el tipo de forraje (ensilado de hierba 20% y ensilado de maíz 80%, 50% y 50%, 20% y 80%), y la variación del contenido de MS forrajera (del 65% al 35%), se afecta la ingestión, la producción y el perfil de los AG en la leche.

Hay interacciones entre la proporción de lino y la relación F:C para la producción de C18:3n-3 y varios compuestos intermediarios en la grasa de la leche, de manera que se alcanzan los niveles superiores para el contenido del 5% (lino) y la relación 35:65.

Se podría decir que los efectos de la complementación en lino, para las condiciones del estudio, sobre la producción de C18:2 n-6 y C18:3 n-3 en la grasa de la leche producida dependerán significativamente de la proporción F:C y del tipo de forraje en la dieta base.