

Fanego, N.¹; Pouzo, L.B.^{2,3}; Dezalco, A.⁴; Santini, F.J.^{3,5}; Pavan, E.⁵

¹ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires; ² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas; ³ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata; ⁴ Instituto de Tecnología de Alimentos, INTA; ⁵ EEA INTA Balcarce

Efecto de la suplementación con lino sobre parámetros productivos y de calidad de carne, en animales en pastoreo

INTRODUCCIÓN

En la actualidad Argentina necesita incrementar su producción de carne vacuna de forma tal que le permita lograr adecuados saldos exportables que se traduzcan en un mayor ingreso de divisas al sector. Los saldos de carne exportable en nuestro país son pocos como consecuencia del elevado consumo *per capita* (59 kg/hab. año⁻¹, CICCRA, 2012) y de la caída en producción que se observó en los últimos años consecuencia de la convergencia de diversos factores. Entre estos factores se destaca el impacto que tuvo una gran sequía (2008-2009) que afectó a los sistemas ganaderos del país que se encontraban al límite de su capacidad de carga. Esto último como consecuencia de la presión que la agricultura generó sobre los sistemas ganaderos.

Es así que en la búsqueda de una mayor sustentabilidad los sistemas ganaderos se encuentran en un proceso de intensificación, que se da principalmente por un incremento en el uso de suplementaciones estratégicas, llegando incluso a encierres totales en determinados momentos del año. Estos cambios en los sistemas de producción, impactan sobre diversos aspectos que hacen a la calidad del producto final, la carne. Una de las características de la carne que es alterada por modificaciones de la dieta es la composición de ácidos grasos. Estos cambios que se producen por modificaciones en la dieta adquieren especial relevancia porque impactan directamente sobre la salud del consumidor y porque entre los consu-

midores existe una creciente preocupación al respecto (Schor et al, 2007).

Entre los lineamientos que la Organización Mundial para la Salud (OMS, 2003) dió en su informe sobre el consumo de grasas, con el objetivo de reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares se destaca: (a) la necesidad de reducir el consumo total de grasas, en especial las saturadas, (b) incrementar el consumo de grasas poliinsaturadas (AGPI), (c) mantener la relación de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) *n-6:n-3* por debajo de 4. En base a estos lineamientos y los perfiles de ácidos grasos observados en carne vacuna proveniente de distintos sistemas de alimentación (Daley, 2010; Duckett et al., 2009^a) la carne proveniente de sistemas pastoriles podría considerarse como un producto más saludable. A su vez, la carne de animales terminados a pasto presentaría una mayor proporción entre sus ácidos grasos del isómero *cis-9, trans-11* del ácido linolenico conjugado (CLA) y de su precursor, el *trans-11* ácido vaccenico (TVA); dos ácidos grasos con potencial anticancerígeno y con propiedades antiaterogénicas (Bhattacharya et al., 2006; Lee et al., 2005; Tricon et al., 2005).

En general, las alteraciones en el perfil de ácidos grasos que se generan con las estrategias de suplementación de terminación se tienden a reducir las proporciones de los ácidos grasos beneficiosos (TVA, CLA, y AGPI *n-3*) e incrementar la relación AGPI *n-6: n-3*. (Chicatún et al., 2006; Depetris et al., 2006a; Garcia et al., 2008; Pavan, 2006; Schor et al., 2008). Se hipotetiza que la adi-

ción de una fuente de aceites ricos en AGPI *n-3* al grano de maíz suplementado a animales en pastoreo puede contrarrestar los efectos adversos de la suplementación con grano sobre el perfil de ácidos grasos. Es así que en el presente trabajo se evalúa el efecto de la adición de semilla de lino como fuente de AGPI *n-3* al grano de maíz de novillos terminados en condiciones pastoriles a dos pesos de faena.

Por otra parte, dado que la suplementación con aceites puede afectar negativamente los procesos de fermentación ruminal (Jenkins, 1993) y la digestibilidad total in vivo de la fibra de animales en pastoreo (Pavan et al, 2006 y Pavan y Duckett, 2007) se evalúa el efecto de la adición de semilla de lino al grano de maíz suplementado sobre la respuesta productiva de los animales y las características de la carcasa.

Finalmente, dado que con la adición de semilla de lino se busca incrementar la proporción de AGPI *n-3* en los lípidos de la carne y que este tipo de ácidos grasos tiene una menor estabilidad oxidativa que ácidos grasos con un menor grado de insaturación se evalúa también el impacto de la adición de semilla de lino al grano de maíz suplementado sobre la oxidativa lipídica de la carne luego de distintos períodos de maduración de la misma en condiciones anaeróbicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La aplicación de los tratamientos (suplementación) a las unidades experimentales (animales) se realizó en la Reserva Experimental n°7 de la EEA INTA Balcarce desde 03 de agosto y hasta el 19 de diciembre. Durante éste periodo los animales en suplementación pastorearon raigrás anual sembrado el 12 de mayo del 2011, con una densidad de 30 kg/ha y fertilizado a la siembra con PDA, y con 100 kg/ha de urea en octubre. Se utilizaron 48 novillos Angus de aproximadamente dos años de edad que fueron asignados al azar a una de las ocho combinaciones de tratamientos definidas por cuatro niveles de suplementación y dos pesos de inicio de la suplementación. Tres niveles de suplementación se definieron en base al nivel de lino tal cual, adicionada al 0,7% de grano de maíz suplementado: LINO-0, LINO-1 y LINO-2, sin adición de semilla de lino y con 0,125 y 0,25% PV de semilla de lino, respectivamente. El cuarto nivel

de suplementación correspondió a un control negativo (CNTRL) cuyos animales no fueron suplementados con grano ni con semilla de lino. Los pesos de inicio de la suplementación fueron 350 (P350) y 450 kg PV (P450).

Al inicio y fin de cada período de suplementación (70d) se determinó el peso vacío, con 14 horas de desbaste. A su vez, los animales se pesaron cada 21 d con el fin de ajustar los niveles de suplementación. Durante este periodo (70d), los animales pastorearon en conjunto bajo un sistema rotativo de franjas fijas (días de permanencia variable según disponibilidad) y la suplementación individual y diaria de los animales se realizó utilizando puertas de control de acceso al comedero. Además de la suplementación definida por los tratamientos todos los animales recibieron diariamente 0,5 g de afrechillo de trigo.

Durante la faena se registró el peso de la res caliente y al finalizar la misma se determinó en el frigorífico el pH y la temperatura de músculo *longissimus* (LM) entre la 12da y 13ma costillas, procedimiento que se repitió a las 24 h posmortem. Luego se extrajo la sección de bifes contando entre la 8va y 9na vertebra dorsal y la 3ra y 4ta lumbar de cada media res izquierda. Las secciones se llevaron refrigeradas al laboratorio de calidad de carnes de la EEA INTA Balcarce, donde cada sección se dividió en dos cortando entre la 12da y 13era vertebra dorsal y sobre la cara a craneal de dicho corte se determinó el espesor de grasa dorsal (EGD), el área de ojo de bife (AOB) y color de la grasa subcutánea y del LM. Hasta las 48 h posmortem las secciones se mantuvieron refrigeradas (0-2°C) para luego ser deshuesadas; el LM se cortó en bifes de 2,5 cm de espesor, que fueron envasados al vacío y asignados para la evaluación de distintos parámetros de calidad de la carne. El bife correspondiente a la 12da costilla se conservó inmediatamente a -20°C para la evaluación del contenido y perfil de ácidos grasos.

Seis (6) bifes de P450 fueron asignados al azar a 3 periodos de maduración en condiciones anaeróbicas 3, 14 y 56 d (2 bifes por período). Al finalizar cada período de maduración un bife se congeló y conservó hasta su posterior análisis a -20°C; el otro bife se lo colocó en una bandeja recubriéndolo con un film de policloruro de vinilo (PVC) permeable al oxígeno y se lo expuso a condiciones aeróbicas durante 5 d, después de lo cual se

envase al vacío se conservó a -20°C hasta su posterior análisis de TBARS (...). De esta forma se generaron dos tratamientos de exposición aeróbica (EA, od y 5d).

Para la determinación del análisis proximal, de cada muestra se tomó una sub muestra y se determinó el contenido acuoso por secado en estufa. Mediante la utilización de un equipo soxhlet se determinó el contenido de lípidos intramusculares totales en muestras previamente liofilizadas y pulverizadas. Los ácidos grasos de los lípidos totales fueron *trans*-metilados directamente a partir de las muestras liofilizadas siguiendo el procedimiento de Park y Goins (1994). El análisis del contenido total y de la composición de ácidos grasos se realizó por cromatografía gaseosa (Cromatógrafo Clarus 500, Perkin Elmer), utilizando una columna capilar CP-Sil 88 de 100 m x 0.25 mm (Varian, USA), ejecutando dos corridas con diferente Split, con el fin de lograr por un lado una adecuada separación de los ácidos grasos que se encuentran en mayor concentración y por otro detectar aquellos que se encuentran en bajas concentraciones. Los distintos ácidos grasos de interés fueron identificados comparando los tiempos de retención obtenidos con los de los correspondientes estándares

Las variables productivas, de características de carcasa y composición de ácidos grasos se

analizaron bajo un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2 pesos x 4 tratamientos dietarios, considerando al animal como unidad experimental. En tanto que para la evaluación de la estabilidad oxidativa se consideró un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial, 4 tratamientos dietarios x 3 períodos de maduración x 2 exposiciones aeróbicas. En los modelos estadísticos además de los factores principales como efectos fijos se incluyó a las posibles interacciones. La evaluación del modelo se realizó utilizando procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS. Las medias mínimas cuadradas (Lsmeans) de los distintos tratamientos se separaron utilizando la opción pdiff de la sentencia Lsmeans, a excepción de las medias mínimas cuadradas de los tratamientos dietarios que fueron separadas utilizando los siguientes contrastes preplaneados: (1) CNTRL versus SUPLE (LINO-0 + LINO-1 + LINO-2), (2) Efecto lineal de adición de lino, y (3) efecto cuadrático de la adición de lino.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período de engorde se observó una mayor ($P < 0.001$) ganancia diaria de peso en P350 que en P450 (1.423 y 0.746 kg, respectivamente) y una tendencia ($P = 0.062$) a una mayor ganancia diaria de peso vivo en SUPLE que en CNTRL (1.108

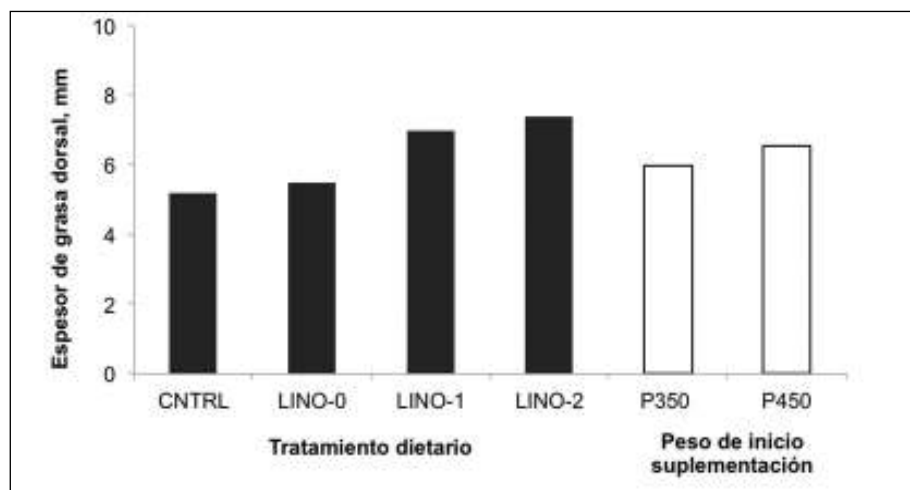


Figura 1. Espesor de grasa dorsal (mm) de novillos en pastoreo de raigrás anual no suplementados (CNTRL) o suplementados con 0,7% del peso vivo (PV) de grano de maíz y niveles crecientes de semilla de lino (LINO-0, LINO-1 y LINO-2, 0, 0,125 y 0,250% PV de semilla de lino, respectivamente) en dos pesos de inicio de la suplementación (P350: 350 kg y P450: 450 kg). Interacción Tratamiento dietario x PESO, $P = 0,992$; PESO, $P = 0,352$; Contrastes pre-planeados de los tratamientos dietarios: (1) CNTRL vs suplementados, $P = 0,042$, (2) efecto lineal, $P = 0,033$, (3) efecto cuadrático, $P = 0,468$. Error estándar = 4,127.

y 1.086 kg). El peso vivo a la faena y el peso de carcasa fueron $33 \pm 11,9$ kg y $20 \pm 7,0$ kg mayores en P450 que en P350 ($P < 0,01$), en tanto que ninguna de estas dos variables fue afectada por el tratamiento dietario ($P > 0,50$). Ninguno de los factores principales evaluados, ni su interacción afectó el rendimiento de la res ($P > 0,34$) que en promedio fue de 55,2% del peso vivo a la faena.

El espesor de grasa dorsal no fue afectado por el peso al inicio de la suplementación ($P = 0,352$; Figura 1). En cambio se observó que aumentó con el agregado de grano ($P = 0,042$) y que la adición de semilla de lino generó un efecto lineal ($P = 0,033$) del EGD: por cada incremento en el nivel de semilla de lino el espesor de grasa dorsal aumentó $0,94 \pm 0,42$ mm. En cambio el efecto de los tratamientos dietarios sobre el contenido de lípidos totales en el músculo, si fue afectado por el peso de inicio de la suplementación ($P = 0,025$; Figura 2). En ninguno de los dos grupos de suplementación se observó un efecto de la suplementación respecto al tratamiento no suplementado (CNTRL; $P > 0,42$); en P350 tampoco se observó efecto del nivel de lino adicionado al grano de maíz suplementado, pero en P450 se observó que el contenido de lípidos en el músculo *longissimus* disminuyó a razón de $0,75 \pm 0,32$ unidades porcentuales por cada nivel de semilla de lino adicio-

nada. A su vez, el contenido de lípidos totales fue mayor en P450 que en P350 (4,7 y 2,5 mg/100 mg de tejido fresco).

A pesar de las diferencias observadas en el peso vivo final y de carcasa asociado al peso de inicio de la suplementación, no se observaron diferencias en el área de ojo de bife debidas a este factor ($P = 0,750$), como así tampoco debidas a la suplementación ($P = 0,242$) o nivel de semilla de lino ($P > 0,290$). Esto evidenciaría que el mayor peso de la res en P450 que en P350 no estuvo asociado a un incremento de la cantidad de tejido magro.

En cuanto a la composición de ácidos grasos de los lípidos del músculo *longissimus* no se observaron efectos ($P > 0,10$) de los dos factores principales evaluados ni de su interacción para los ácidos grasos saturados (AGS) totales. Estos ácidos grasos representaron el $40,7 \pm 0,27\%$ de los ácidos grasos totales en el músculo *longissimus*. La proporción de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) no fue afectada por el peso al inicio de la suplementación ($P = 0,175$), tampoco se observaron diferencias entre los tratamientos de suplementación y CNTRL ($P = 0,822$), pero si un efecto cuadrático de la adición de semilla de lino ($P = 0,047$). La proporción de AGMI fue superior en LINO-1 (42,1%) que en LINO-0 y LINO 2 (41,3 y

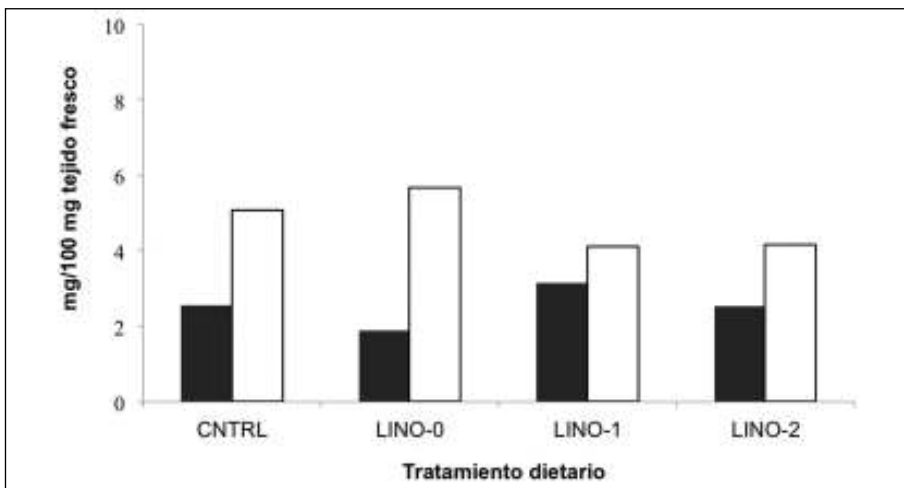


Figura 2. Contenido de lípidos totales en el músculo *longissimus* de novillos en pastoreo de raigrás anual no suplementados (CNTRL) o suplementados con 0,7% del peso vivo (PV) de grano de maíz y niveles crecientes de semilla de lino (LINO-0, LINO-1 y LINO-2, 0, 0,125 y 0,250% PV de semilla de lino, respectivamente) en dos pesos de inicio de la suplementación (P350: 350 kg, barras negras y P450: 450 kg, barras blancas). Interacción Tratamiento dietario x PESO, $P = 0,025$; PESO, $P < 0,001$; Contrastes pre-planeados de los tratamientos dietarios para cada PESO: P350, (1) CNTRL vs suplementados, $P = 0,941$, (2) efecto lineal, $P = 0,349$, (3) efecto cuadrático, $P = 0,106$; P450, (1) $P = 0,428$, (2) $P = 0,027$, (3) $P = 0,167$. Error estándar = 1, 277.

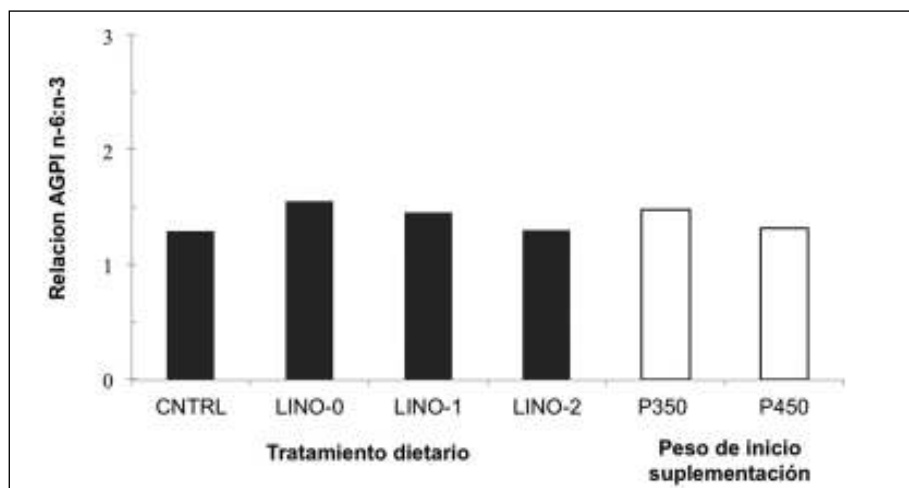


Figura 3. Relación de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) *n*-6: *n*-3 de novillos en pastoreo de raigrás anual no suplementados (CNTRL) o suplementados con 0,7% del peso vivo (PV) de grano de maíz y niveles crecientes de semilla de lino (LINO-0, LINO-1 y LINO-2, 0, 0,125 y 0,250% PV de semilla de lino, respectivamente) en dos pesos de inicio de la suplementación (P350: 350 kg y P450: 450 kg). Interacción Tratamiento dietario x PESO, $P = 0,102$; PESO, $P < 0,001$; Contrastes pre-planeados de los tratamientos dietarios: (1) CNTRL vs suplementados, $P = 0,006$, (2) efecto lineal, $P < 0,001$, (3) efecto cuadrático, $P = 0,628$. Error estándar = 0,026.

40,6%). Asociado con su mayor contenido de lípidos totales en el músculo *longissimus*, P450 presentó menores proporciones de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) que P350 (4,9 y 7,0; $P < 0,001$). A su vez, la proporción de AGPI en el músculo *longissimus* de animales sin suplementar (CNTRL) fue inferior a la de los suplementados (5,2 y 6,2; $P = 0,054$), no observándose efecto de la adición de semilla de lino ($P > 0,40$). La relación de AGPI *n*-6: *n*-3 fue menor en P450 que en P350 (1,32 y 1,48; $P < 0,001$). Tal como se esperaba la suplementación incrementó dicha relación respecto a CNTRL (1,43 y 1,29; $P = 0,006$) y la adición de semilla de lino al grano de maíz disminuyó linealmente ($P < 0,001$) dicha relación a razón de 0.13 unidades por incremento de semilla de lino, alcanzando con la máxima adición de semilla de lino (1,30) niveles similares a CNTRL. Es de destacar que las diferencias observadas para la relación AGPI *n*-6: *n*-3 son en general de poca magnitud, posiblemente por elevada proporción de AGPI *n*-3 en el forraje consumido por los animales no solo durante el período de suplementación evaluado sino también en su etapa de crecimiento anterior. De todas maneras los efectos observados en el presente trabajo permiten presuponer que los efectos observados se magnificarían de realizar un período de suplementación más pro-

longado. La suplementación disminuyó la proporción de CLA *cis*-9, *trans*-11 respecto de CNTRL ($P = 0,006$), pero no la de TVA ($P = 0,150$); las proporciones de estos dos ácidos grasos no fueron afectadas por la adición de semilla de lino al grano de maíz suplementado ($P > 0,10$) ni por el peso vivo de los animales al inicio de la suplementación.

La oxidación lipídica del músculo *longissimus* de los animales de P450 dependió del periodo de maduración, de la exposición aeróbica considerada y del tratamiento dietario ($P = 0,0142$; Figura 4). Cuando no hubo exposición aeróbica (AE od) no hubo efecto de la extensión del período de maduración al vacío ni del tratamiento dietario ($P > 0,05$); en cambio, después de 5d de exposición aeróbica el nivel de oxidación lipídica incrementó con la extensión del período de maduración en distintas magnitudes dependiendo del tratamiento dietario. Así de los bifes madurados al vacío por 3d, LINO-1 y LINO-0 tuvieron los menores ($P < 0,05$) niveles de oxidación lipídica, en tanto que CNTRL, LINO-0 y LINO-2 no se diferenciaron entre sí ($P > 0,05$), ni de CNTRL con 14 d de maduración. El grado de oxidación de LINO-0 y LINO-1 con 14 d de maduración no se diferenció del grado de oxidación de CNTRL y LINO-2 con 3 d de maduración, ni de CNTRL y LINO-2 con 14d o

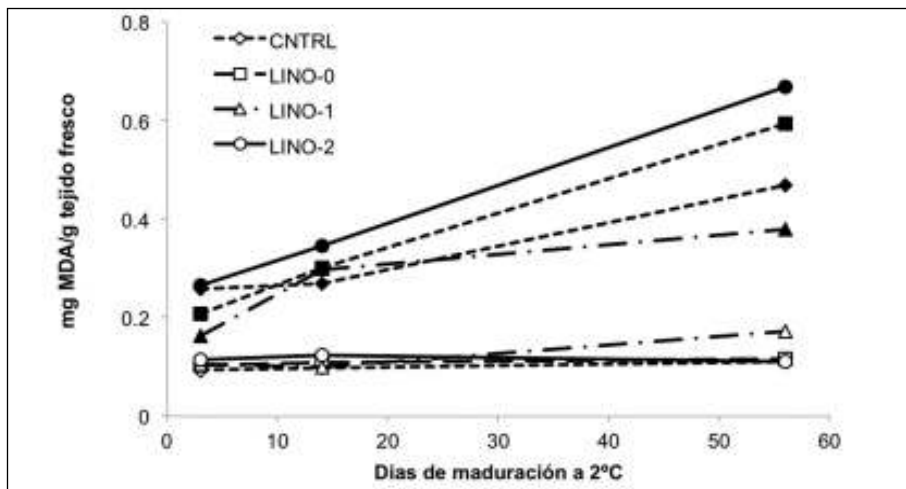


Figura 4. Efecto del período de maduración al vacío y posterior exposición aeróbica sobre la estabilidad oxidativa del músculo longissimus de novillos de 450 kg en pastoreo de raigrás anual no suplementados (CNTRL) o suplementados con 0,7% del peso vivo (PV) de grano de maíz y niveles crecientes de semilla de lino (LINO-0, LINO-1 y LINO-2, 0, 0,125 y 0,250% PV de semilla de lino, respectivamente). Símbolos vacíos corresponden a 0 d de exposición aeróbica y los símbolos llenos a 5 d de exposición aeróbica.

LINO-1 con 56 d; los niveles de oxidación de estas dos últimas combinaciones fueron similares al de CNTRL con 56 d de maduración; en tanto que los máximos valores de oxidación se observaron en bifés de LINO-0 y LINO-2 madurados durante 56 d. La exposición aeróbica por 5 d luego de 56 d de maduración al vacío generó un 48% más de oxidación lipídica en LINO-0 y LINO-2 que en CNTRL y LINO-1 y un 400% más que las muestras no expuestas a condiciones aeróbicas (0 d).

CONCLUSIONES

La adición de semilla de lino al grano de maíz suplementado permite mantener la relación de AGPI $n-6:n-3$, sin generar efectos negativos sobre la respuesta productiva (GDPV y espesor de grasa dorsal). Dependiendo del peso vivo del animal (grado de madurez) o de las características de la pastura, la adición de semilla de lino disminuye el contenido de lípidos totales en el músculo *longissimus*. El tipo de suplementación que se realice durante los últimos 70 d del engorde modifica el nivel de oxidación lipídica de la carne ante su exposición aeróbica. La magnitud de este efecto se incrementa con el periodo de maduración.

BIBLIOGRAFÍA

- Bhattacharya A., J. Banu, M. Rahman, J. Causay, and G. Fernandes, 2006; Bio-logical effects of conjugated linoleic ac-ids in health and disease. J. Nutr. Bio-chem. "In Press"
- Chicatún A., F. J. Santini, G. J. Depetris, E. L. Vilarreal, and C. Faverin, 2006. Calidad de la carne de novillos producidos bajo distintas estrategias de suplementación. Rev. Arg. Prod. Anim. 26 (Supl. 1): 409-410.
- CICCRA, 2012. Informe de anual del mercado de carne argentino.
- Daley CA, Abbott A, Doyle PS, Nader GA, Larson S. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef., differences in nutritional quality between grass-fed and grain-fed cattle. Nutr J. 2010 Mar 10;9:10.
- Depetris G. J., E. Pavan, F. J. Santini, and T. P. Garcia, 2006^aEffect of the type of pasture and time of supplementation on meat quality traits of grazing beef heifers. J. Anim. Sci. 84 (Supl 1): 35.
- Duckett S. K. ;J. P. S. Neel, J. P. Fontenot, and W. M. Clapham, 2009^a Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: li. Ninth tenth eleventh-rib composition, muscle color and palatability. J. Animal Sci. 85:2891-2698.
- García P. T., N. A. Pensel, A. M. Sancho, N. J. Latimori, A. M. Kloster, M. A. Amigone, and J. J. Casal, 2008. Beef lipids in relation to animal breed and nutrition in Argentina. Meat

Sci. 66:259.

- Jenkins, T. C, 1993. Lipid metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 76: 3851-3863.
- Lee K.K., H. J. Lee, H. Y. Cho, and Y J. Kim, 2005. Role of the conjugated linoleic acid in the prevention of cancer. *Critical reviews in Food Science and Nutrition* 45: 135-144.
- OMS 2003, Diet nutrition and the prevention of chronic diseases. 916, Who Technical Report Series Geneva.
- Pavan E. 2006, Enhancing beef conjugated linoleic acid content through oil supplementation to grazing steers. Dissertation, University of Georgia, Athens, GA. USA.
- Pavan E. and S. K. Duckett 2006. Corn oil or corn grain supplementation to farage finished steers.: Effects on longissimus pH, tenderness, and flavor. *J. Anim. Sci.* 84 (supl 1): 388
- Pavan E. and S. K. Duckett, 2007. Corn oil supplementation

to steers grazing endo-phyte-free tall fescue. Effects on longissimus muscle and subcutaneous adipose fatty acid composition and stearoyl-coa desaturase activity and expression. *J. An. Sci.* 85:1731-1740.

- Schor A., M. E. Cossu, A. Picallo, J. Martinez Ferrer, J. J. Grigera Naon, D. Colombatto, 2007. Nutritional and eating quality of Argentinean Beef: A review. *Meat Sci.* "In Press"
 - Schor A., M. E. Cossu, A. Picallo, J. M. Ferrer, J. J. G. Naón, and D. Colombatto., 2008. Nutritional and eating quality of argentinian beef; A review *Meat Science* 79:408.
 - Tricon, S. G., C. Burdge, C. M. Williams, P. C. Calder, and P. Yaqoob, 2005. The effects of conjugated linoleic acid on human health-related outcomes. *Proceedings of the Nutrition Society* 64: 171-182.
-