

EMPLEO DE PULPA DE REMOLACHA EN TERNEROS DE CARNE DURANTE LA TRANSICIÓN AL CEBO

Las raciones que se emplean en el cebo intensivo de terneros incorporan un elevado porcentaje de cereales de rápida fermentación en el rumen, lo que puede provocar acidosis ruminal y, por tanto, una disminución de los rendimientos productivos a medio y largo plazo. Este problema puede ser especialmente importante durante el período de transición de los terneros a las dietas de cebo intensivo, ya que habitualmente estos animales se destetan de forma abrupta e inmediatamente entran a cebadero. Una transición gradual, o el reemplazo de los cereales por otros ingredientes, son estrategias nutricionales que pueden resultar en una mejor salud ruminal. En este sentido, la pulpa de remolacha contiene un alto nivel de fibra soluble y pectinas, y posee una alta capacidad tampón que puede ayudar a aliviar la acidificación del rumen. En este trabajo se muestran los efectos sobre los rendimientos productivos y la fermentación ruminal, a corto y largo plazo, de la inclusión de diferentes niveles de pulpa de remolacha durante el período de transición a dietas de engorde en terneros pasteros.

Yuste, S., Amanzougarene, Z., Fondevila, M. y de Vega, A.
Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Instituto
Agroalimentario de Aragón (IA2), Universidad de Zaragoza-CITA, Miguel Servet 177, 50013
Zaragoza; avega@unizar.es

INTRODUCCIÓN

La forma de producción mayoritaria de carne de vacuno en España se basa en el cebo intensivo de terneros. Si nos limitamos a los animales de razas cárnicas, las crías suelen estar con sus madres en condiciones de pastoreo, mamando libremente, durante un periodo de 5-7 meses. Tras el destete, los terneros suelen verse sometidos a un cambio brusco de alimentación, pasando a recibir una ración de alta concentración energética basada en cereales. En condiciones de granja, el periodo de transición se suele alargar durante 14-21 días tras la llegada de los animales al cebadero, periodo durante el cual reciben un pienso de adaptación con alto contenido en granos de cereales que busca estimular el desarrollo de las papilas del rumen y la adaptación a la dieta de crecimiento (de Blas y col., 2008). Los piensos de adaptación contienen elevadas cantidades de almidón rápidamente fermentable, lo que resulta en la rápida producción de grandes cantidades de ácidos grasos volátiles (AGV) y/o ácido láctico en el rumen, que contribuyen a incrementar el riesgo de acidosis aguda o subaguda (Nagaraja y Titgemeyer, 2007). La transición gradual (Bevans y col., 2005), el empleo de alimentos con un menor ritmo de fermentación del almidón, o la sustitución total o parcial de los cereales por subproductos con alto contenido energético, han sido propuestos como estrategias viables para reducir la incidencia de acidosis (González y col., 2012) durante este periodo, que puede afectar a la salud y productividad de los animales durante la totalidad del cebo (Brown y col., 2006). El maíz presenta una fermentación ruminal más lenta que la cebada (Herrera-Saldana y col., 1990), aunque los estudios sobre el efecto de la sustitución de cebada por maíz sobre la fermentación ruminal han dado resultados inconsistentes (Khorasani y col., 2001; Gimeno y col., 2015). Por otra parte, la pulpa de remolacha (PR) es rica en fibra y en sustancias pécticas (25% de la materia seca; FEDNA, 2010), y su estructura química le confiere una gran capacidad tampón, que puede aliviar la sobre acidificación del rumen. La fermentación de las pectinas, aunque es rápida y extensa, produce muy poco o nada de ácido láctico, y proporciona una relación acetato/propionato superior a la del almidón (Van Soest y col., 1991), lo que favorecería una menor acidificación del contenido ruminal. Sin embargo, es muy poco lo que se conoce acerca del efecto de la sustitución parcial de cebada por maíz y PR en las dietas de adaptación al cebo en terneros de razas cárnicas, práctica que podría aumentar y estabilizar el pH ruminal durante el periodo de transición. La hipótesis de partida de este trabajo fue, por tanto, que la sustitución parcial de cebada por maíz y PR puede atenuar la fermentación que tiene lugar en el rumen y, por tanto, reducir el riesgo de acidosis en terneros de razas cárnicas en transición de una dieta de leche/pasto a otra con altas proporciones de cereales. Las variables

estudiadas fueron la ingestión, ganancia de peso diaria y fermentación ruminal, todas ellas relacionadas con el riesgo de acidosis.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este ensayo se emplearon 39 terneros pasteros cruce con Limousin ($258 \pm 22,7$ kg), de siete meses de edad, que pasaron de un régimen de leche y pasto a una ración con alto porcentaje de concentrado. Se formularon tres dietas con el fin de variar la fuente de almidón y la cantidad de fibra: una dieta de crecimiento a base de cebada (C; ingredientes principales en gr/kg: cebada, 590; maíz, 151; soja, 172; gluten feed, 57); y dos dietas en las que la cebada fue parcialmente reemplazada por maíz y 10% (PR10; cebada, 200; maíz, 466; PR, 102; soja, 164; gluten feed, 54) o 22% (PR22; cebada, 150; maíz, 333; PR, 220; soja, 162; gluten feed, 92) de PR. Se aplicaron tres protocolos de adaptación a la dieta de cebo: en el Protocolo 1, los animales ($n=13$) se cambiaron bruscamente a la dieta C, mientras que los terneros en los Protocolos 2 y 3 ($n=13$ animales en cada uno de ellos) se adaptaron gradualmente y recibieron las dietas PR10 y PR22, respectivamente, durante 10 días; a partir de entonces, recibieron una mezcla 50:50 de su dieta y la dieta C hasta el día 14, y finalmente, a partir del día 14, los terneros recibieron la dieta C hasta el sacrificio, con un peso de aproximadamente 500 kg. El experimento tuvo tres fases (F): F1 (días 0 a 10), F2 (días 11 a 14) y F3 (día 15 a sacrificio), y el período de transición comprendió del día 0 al 14. Cuatro animales de cada grupo fueron canulados en rumen para poder extraer las muestras para caracterizar la fermentación ruminal.

El pienso y paja de trigo se administraron diariamente (9:00 h) *ad libitum*, y se registró el consumo del primero diariamente, y de la segunda semanalmente, aunque esta última solo durante la transición (F1 y F2). Los terneros se pesaron semanalmente y se calculó su ganancia media diaria (GMD) por regresión. La velocidad de ingestión de los alimentos se registró durante un día de cada fase (día 9 en Fase 1, día 14 en Fase 2 y día 20 en Fase 3). Asimismo, al final de las primeras dos fases (días 10 y 14) y en los días 21, 35 y 42 en la F3, se tomaron muestras de líquido ruminal a las 0, 3, 6 y 9 h tras la oferta del alimento para determinar pH, ácidos grasos volátiles (AGV), ácido láctico, amoníaco y población microbiana (protozoos y bacterias). El día 20 del experimento se sacrificaron cuatro animales no canulados por tratamiento, y se tomaron muestras de epitelio ruminal para su análisis histopatológico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es deseable que las dietas de adaptación posean una baja capacidad acidogénica, y ello se puede conseguir disminuyendo el ritmo de fermentación de los almidones (González y col., 2012) o con una relación almidón:fibra neutro detergente (FND) inferior a 2:1 (Bacha, 2002). La dieta C del presente ensayo presentó la mayor capacidad acidogénica, ya que el ritmo de fermentación del almidón de la cebada es superior al del almidón del maíz (Herrera-Saldana y col., 1990), y esta dieta presentó una relación almidón:FND de 3:1. Aunque la dieta PR10 presentó la misma relación almidón:FND, su capacidad acidogénica fue inferior debido a la menor proporción de cebada en la fórmula, y a la propia presencia de PR. Por otra parte, la PR posee una elevada capacidad tampon debido en parte a la presencia de ácido galacturónico en su composición, y a su elevado contenido en fibra (Jasaitis y col., 1987; Van Soest y col., 1991). Es necesario indicar que las dietas C y PR22 también incluyeron aceite de palma (9,3 and 29,5 g/kg, respectivamente), lo que pudo haber ayudado a disminuir el riesgo de acidosis ruminal en los animales que las consumían. El gluten feed de maíz también participó en las formulas (57, 54 y 92 g/kg para las dietas C, BP10 y BP22, respectivamente), y el mayor nivel en PR22 pudo haber tenido también su efecto sobre la fermentación ruminal.

La ingestión de concentrado y la proporción de paja en la dieta se vieron afectadas por la interacción entre el protocolo de adaptación y la fase experimental, de manera que para F1 y F3 no hubo diferencias entre protocolos, mientras que en F2 se presentaron los valores más bajos de ingestión de concentrado, y los más altos de proporción de paja (Tabla 1), lo que llevó a una menor ingestión de energía metabolizable durante la transición (días 0 a 14). Estos resultados se podrían considerar un mecanismo de autorregulación en respuesta a la capacidad acidogénica de la dieta (González y col., 2012). La velocidad de ingestión del concentrado no se vio afectada por

el protocolo de adaptación, y los animales consumieron, de media, el 31% del concentrado diario en las cuatro primeras horas tras la administración de la comida. Por lo que se refiere a la paja, la mayor ingestión se produjo entre las 12 y las 24 horas tras la administración del alimento, intervalo en el que se consumió el 34% de la paja diaria. Tampoco el protocolo de adaptación fue significativo en este caso. La mayor ingestión de ración (incluyendo concentrado y paja) se produjo en las cuatro primeras tras la administración de la misma (30% del total diario), disminuyendo a un 19% en las siguientes cuatro horas. La GMD, el peso vivo al final de cada fase, el rendimiento canal ($59\pm 0.4\%$, de media) y la ingestión total de concentrado a lo largo de todo el experimento (995 ± 21.3 kg de materia seca, de media) fueron similares entre los diferentes protocolos de adaptación a la dieta de cebo.

Dado que los menores valores de pH ruminal, y los mayores de concentración de AGV, se produjeron siempre a las nueve horas tras la administración del alimento, se utilizaron estos datos para definir el efecto de los protocolos de adaptación a la dieta de cebo de los terneros sobre la fermentación en el rumen. Ni el pH del rumen ni la concentración de amoníaco se vieron afectados por el protocolo o por el día de muestreo, mientras que la concentración de lactato se vio afectada solamente por el día (con los menores valores para el día 35) pero no por el protocolo (Tabla 2). La concentración total de AGV, y las proporciones de los principales AGV, no se vieron afectadas por el protocolo de adaptación, pero sí por el día de muestreo (excepto en el caso del butirato; Tabla 3). A diferencia de los resultados encontrados en este experimento, otros estudios en los que se sustituyó parcialmente la cebada por PR en terneros (Mojtahedi y Danesh Mesgaran, 2011) y corderos (Bodas y col., 2007) sí observaron un aumento del pH ruminal y de la relación acético:propiónico, que redundan en una mejor salud ruminal. La concentración de AGV disminuyó a lo largo de los días de muestreo indicando un posible desarrollo en la capacidad de absorción del epitelio ruminal. El examen histopatológico no reveló hallazgos relevantes ni diferencias entre protocolos.

La concentración ruminal de protozoos no se vio afectada ni por el protocolo de adaptación ni por el día de muestreo, y es de resaltar que al final de la transición (día 14) todos los animales poseían una población estable a pesar del cambio brusco de dieta. Sorprendentemente, no se encontró ninguna correlación significativa entre la concentración de protozoos en el rumen y las variables de fermentación ruminal. Por lo que se refiere a la población bacteriana, el protocolo de adaptación a la dieta de cebo tampoco tuvo ningún efecto ni sobre la abundancia ni sobre la diversidad, aunque sí lo tuvo el día de muestreo, lo que indicó un cambio relacionado con la inclusión de concentrados en la ración.

Tabla 1 Efecto del protocolo de adaptación a la dieta de cebo¹ de terneros de carne sobre la ingestión de concentrado y paja, la ganancia media diaria (GMD) y el peso vivo (PV) durante los periodos de transición y engorde. d = día

		Fase 1	Fase 2	Fase 3	EEM	P		
		(0-10 d)	(11-14 d)	(15 d-Final)		Protocolo	Fase	ProtocoloxFase
Ingestión de concentrado (kg materia seca/d)	Protocolo 1	4,72	4,91 ^a	6,75	0,262	0,53	<0,001	<0,01
	Protocolo 2	4,92	5,39 ^a	6,57	0,386			
	Protocolo 3	4,72	3,95 ^b	7,01	0,232			
Ingestión de paja ² (% de materia seca total ingerida/d)	Protocolo 1	24	15 ^b	-	0,3	0,15	<0,001	<0,001
	Protocolo 2	24	14 ^b	-	0,30			
	Protocolo 3	22	24 ^a	-	-			
GMD (kg/d)	Protocolo 1	0,63	0,75	1,78	0,100	0,64	<0,001	0,36
	Protocolo 2	0,66	0,74	1,43	0,100			
	Protocolo 3	0,66	0,69	1,49	0,101			
PV al final de cada fase (kg)	Protocolo 1	268	279	507	5,8	0,29	<0,001	0,70
	Protocolo 2	270	278	499	5,9			
	Protocolo 3	268	274	488	5,8			

¹ En la Fase 1 los terneros recibieron las dietas C (Protocolo 1), PR10 (Protocolo 2) o PR22 (Protocolo 3) desde el día 0 al 10; en la Fase 2, los animales de los grupos PR10 y PR22 recibieron una mezcla 50:50 (en peso) de la dieta C y de la que les correspondía (PR10 o PR22) desde el día 11 hasta el 14; la Fase 3 comprendió desde el día 15 hasta el sacrificio (a un peso aproximado de 500 kg), y durante la misma todos los animales recibieron la dieta C. ²La ingestión de paja solo se registró durante las Fases 1 y 2. ^{a, b} Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias entre protocolos de adaptación para P<0,05. EEM = Error estándar de la media del análisis de varianza

Tabla 2 pH, y concentraciones de lactato (mmol/litro) y amoniaco (mg/litro), nueve horas tras la administración del alimento, en el rumen de terneros de carne sometidos a diferentes protocolos de adaptación a la dieta de cebo¹ durante el periodo de transición (días 0 a 14) y las tres primeras semanas del periodo de engorde. d = día

	Día	Protocolo ¹			Media	EEM ²	EEM ³	P		
		1	2	3				Protocolo (P)	Día (d)	P*d
pH	d 10	6,12	5,91	6,30	6,11	0,186	0,107	0,50	0,82	0,84
	d 14	6,11	5,86	6,20	6,05	0,178	0,102			
	d 21	6,42	6,22	6,07	6,24	0,251	0,145			
	d 35	6,20	5,96	6,09	6,08	0,192	0,111			
	d 42	5,98	6,21	6,30	6,16	0,214	0,123			
Lactato	d 10	1,06	1,28	1,31	1,22 ^a	0,305	0,176	0,69	<0,001	0,19
	d 14	1,31	0,99	1,31	1,20 ^a	0,292	0,152			
	d 21	0,84	1,26	0,67	0,92 ^{ab}	0,387	0,202			
	d 35	0,52	0,30	0,61	0,48 ^b	0,145	0,084			
	d 42	1,21	1,67	0,95	1,28 ^a	0,176	0,101			
Amoniaco	d 10	117	49	101	89	17,2	9,9	0,21	0,59	0,052
	d 14	63	105	100	89	9,7	5,6			
	d 21	60	102	56	72	15,9	9,2			
	d 35	59	103	113	92	9,5	5,5			
	d 42	86	80	89	85	18,9	10,9			

¹ Ver Tabla 1.

² Error estándar de la media para comparaciones entre protocolos dentro de cada día.

³ Error estándar de la media para comparaciones entre días dentro de cada protocolo.

^{a, b} Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias entre días de muestreo para P<0,05.

Tabla 3 Concentraciones totales de ácidos grasos volátiles (mmol/litro; AGV) y de los principales AGV (mol/100 mol), nueve horas tras la administración del alimento, en el rumen de terneros de carne sometidos a diferentes protocolos de adaptación a la dieta de cebo¹ durante el periodo de transición (días 0 a 14) y las tres primeras semanas del periodo de engorde. d = día

	Día	Protocolo ¹			Media	EEM ²	EEM ³	P-value		
		1	2	3				Protocolo (P)	Día (d)	Pxd
AGV	d 10	116	113	99	109 ^a	5,8	10,2	0,54	<0,01	0,42
	d 14	124	105	135	121 ^a	14,9	25,9			
	d 21	91	92	145	109 ^a	10,9	19,0			
	d 30	85	82	79	82 ^b	8,2	14,4			
	d 42	92	67	64	74 ^b	7,9	13,7			
Acetato	d 10	61,4	59,3	58,4	59,7 ^a	2,06	3,57	0,13	<0,001	0,27
	d 14	59,6	56,3	68,5	61,5 ^a	3,42	5,94			
	d 21	57,5	57,4	73,2	62,7 ^a	3,01	5,22			
	d 30	51,1	55,9	53,4	53,5 ^b	1,50	2,61			
	d 42	51,8	44,9	46,6	47,8 ^c	1,64	2,85			
Propionato	d 10	16,4	17,2	13,1	18,9 ^b	1,14	0,66	0,47	0,001	0,30
	d 14	18,9	16,8	16	17,2 ^{bc}	2,97	1,71			
	d 21	15,5	16,8	11,3	14,5 ^c	1,57	0,91			
	d 30	29,3	22,1	17,6	23,1 ^a	2,95	1,7			
	d 42	24,6	22,7	26,2	24,5 ^a	3,10	1,79			
Butirato	d 10	14,6	18,0	14,7	15,7	2,94	1,70	0,36	0,45	0,25
	d 14	15,1	19,4	12,0	15,5	4,83	2,79			
	d 21	21,5	18,8	11,4	17,2	3,53	2,04			
	d 30	14,1	16,4	22,7	17,7	2,75	1,59			
	d 42	18,1	24,2	19,2	20,5	3,09	1,79			
Valerato	d 10	1,71	1,21	1,32	1,41 ^c	0,204	0,124	0,53	<0,01	0,77
	d 14	2,04	2,16	1,15	1,78 ^{bc}	0,589	0,349			
	d 21	2,37	2,05	0,94	1,79 ^{bc}	0,510	0,295			
	d 30	3,09	2,42	2,45	2,65 ^a	0,712	0,412			
	d 42	3,32	3,56	4,03	3,64 ^a	0,833	0,483			

¹ Ver Tabla 1.

² Error estándar de la media para comparaciones entre protocolos dentro de cada día.

³ Error estándar de la media para comparaciones entre días dentro de cada protocolo.

^{a, b a, b} Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias entre días de muestreo para P<0,05.

CONCLUSIONES

En conclusión, la aplicación de los diferentes protocolos de adaptación no tuvo efecto en ninguna de las variables estudiadas. Ni el rendimiento animal ni la fermentación ruminal se vieron afectados por la abrupta transición a la dieta de cebo, lo que sugiere que los terneros podrían hacer frente a esas condiciones de alimentación probablemente variando su comportamiento

alimentario (mayor consumo de paja), y mediante la adaptación de la población microbiana al nuevo ambiente ruminal. El uso de cebada o maíz como cereal predominante, o la inclusión de pulpa de remolacha, no tienen ningún efecto sobre la fermentación ruminal o las poblaciones microbianas en los terneros de engorde, y su uso dependerá del precio o la disponibilidad en el mercado de estos ingredientes.

REFERENCIAS

- Bacha, F., 2005. Nutrición, patología digestiva y salud intestinal en rumiantes de cebo. Aspectos prácticos. XVIII Curso de Especialización FEDNA, Barcelona. pp. 143-153.
- Bevans, D.W., Beauchemin, K.S., Schwartzkopf-Genswein, K.S., McKinnon, J.J., McAllister, T.A., 2005. Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 83, 1116-1132.
- Bodas, R., Giráldez, F.J., López, S., Rodríguez, A.B., Mantecón, A.R., 2007. Inclusion of sugar beet pulp in cereal-based diets for fattening lambs. *Small Ruminant Research* 71, 250-254.
- Brown, M.S., Ponce, C.H., Pulikanti, R., 2006. Adaptation of beef cattle to high-concentrate diets: performance and ruminal metabolism. *Journal of Animal Science*, 84 (E. Suppl.), E25-E33.
- de Blas, C., García-Rebollar, P., Cambra-López, M., Torres, A.G., 2008. El cebo de terneros en España, una actividad respetuosa con el medio ambiente. In. Estudio de la repercusión de la producción de vacuno de carne en la emisión de gases de efecto invernadero, ASOPROVAC, Asociación Española de Productores de Vacuno de Carne, España. 40pp.
- FEDNA. 2010. Tablas de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos; de Blas C, Mateos GG, García-Rebollar P (eds.). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 3rd ed., Madrid.
- Gimeno, A., Al Alami, A., Abecia, L., de Vega, A., Fondevila, M., Castrillo, C., 2015. Effect of type (barley vs. maize) and processing (grinding vs. dry rolling) of cereal on ruminal fermentation and microbiota of beef calves during the early fattening period. *Animal Feed Science and Technology* 199, 113-126.
- González, L.A., Manteca, X., Calsamiglia, S., Schwartzkopf-Genswein, K.S., Ferret, A., 2012. Ruminal acidosis in feedlot cattle: Interplay between feed ingredients, rumen function and feeding behavior (a review). *Animal Feed Science and Technology* 172, 66-79.
- Herrera-Saldana, R.E., Huber, J.T., Poore, M.H., 1990. Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereal grains. *Journal of Dairy Science* 73, 2386-2393.
- Jasaitis, D.K., Wohlt, J.E., Evans, J.L., 1987. Influence of feed ion content on buffering capacity of ruminant feedstuffs *in vitro*. *Journal of Dairy Science* 70, 1391-1403.
- Khorasani, G.R., Okine, E.K., Kennelly, J.J., 2001. Effects of substituting barley grain with corn on ruminal fermentation characteristics, milk yield, and milk composition of Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 84, 2760-2769.
- Mojtahedi, M., Danesh Mesgaran, M., 2011. Effects of the inclusion of dried molassed sugar beet pulp in a low-forage diet on the digestive process and blood biochemical parameters of Holstein steers. *Livestock Science* 141, 95-103.
- Nagaraja, T.G., Titgemeyer, E.C., 2007. Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook. *Journal of Dairy Science* 90 (Suppl. 1), E17-E38.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74, 3583-3597.