

NIVEL DE PROTEÍNA, FIBRA Y CULTIVO DE LEVADURA *Saccharomyces cerevisiae* EN DIETAS A BASE DE TRIGO PARA CERDOS

LEVELS OF PROTEIN, FIBER, AND YEAST *Saccharomyces cerevisiae* IN WHEAT-BASED DIETS FOR PIGS

Ezequiel Reynoso-González¹, Miguel Cervantes-Ramírez², J. Luis Figueroa-Velasco¹,
Adriana Morales-Trejo², Alfonso Araiza-Piña², Jorge Yáñez-Hernández^{2,1}

¹Ganadería. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. ²Instituto de Ciencias Agrícolas. UABC. Mexicali, Baja California, México. Avenida Benizar # 3643, Sevilla Res. Mexicali, BC. (miguel_cervantes@uabc.mx)

RESUMEN

La reducción en el contenido de proteína y la inclusión de salvado de trigo en la dieta mejora el perfil de aminoácidos (AA) pero incrementa el contenido de fibra. Al respecto, los cultivos de levadura pueden aumentar la digestión de la fibra. Por tanto, se realizaron tres experimentos para evaluar el efecto de cultivos de levaduras (CL) en dietas con un nivel de proteína cruda estándar (DEPC) o bajo (DBPC), sin o con AA libres, para cerdos (Landrace-Hampshire-Durc) en crecimiento-finalización. En los tres experimentos el diseño fue de bloques completos al azar y los datos se analizaron con el procedimiento GLM de SAS. En el experimento 1 se usaron 28 cerdos en crecimiento (25.2 ± 4.7 kg), con un arreglo factorial 2 (PC, 11.0 y 18.8 %) \times 2 (CL, 0 y 0.75 %) de tratamientos. El CL no cambió ($p > 0.33$) la respuesta productiva; el nivel de PC no influyó en la ganancia ni consumo ($p > 0.14$), pero la conversión (CA) fue mejor ($p = 0.01$) con DEPC. El experimento 2 se realizó con 40 cerdos en finalización (60.2 ± 8.3 kg) y los tratamientos (T) fueron: T1) dieta base, trigo-pasta de soya-salvado de trigo; T2) T1 + 0.75 % de CL; T3) T1 + 1.5 % de CL; T4) dieta testigo trigo-pasta de soya; y T5) dieta baja en PC + AA libres. El CL no cambió el comportamiento ($p > 0.34$) ni las características de la canal; cuando se comparó con la DBPC, el área del músculo *longissimus dorsi* ($p = 0.08$) y la grasa dorsal ($p = 0.02$) fueron mejores en cerdos que recibieron CL, pero el rendimiento ($p = 0.02$), la GDP ($p = 0.04$) y el CDA ($p = 0.05$) fueron mayores en la DBPC. El experimento 3 se realizó con 32 cerdos en finalización (67.1 ± 10.3 kg); y hubo un arreglo factorial 2 (PC, 13.0 y 16.0 %) \times 2 (CL, 0 y 0.75 %) de tratamientos. El CL ($p > 0.70$) y el nivel de PC ($p \geq 0.43$) no cambiaron la

ABSTRACT

The reduction in protein content and inclusion of wheat bran in the diet improves the amino-acids (AA) profile, but increases the fiber content. To this respect, yeasts can increase the digestion of fiber. Three experiments were carried out to evaluate the effect of yeast culture (YC) on diets with a standard (SCPD) or low level of crude protein (LCPD), with or without free AA, for growing-finishing pigs (Landrace-Hampshire-Duroc). In the three experiments the design was randomized complete blocks and data were analyzed with GLM procedure of SAS. In experiment 1, 28 growing pigs (25.2 ± 4.7 kg) were used and there was a factorial arrangement 2 (CP, 11.0 and 18.8 %) \times 2 (YC, 0 and 0.75 %) of treatments. The YC did not change ($p > 0.33$) the productive response; the CP level did not influence weight gain (ADG) nor feed intake (FI; $p > 0.14$), but the conversion (CA) was better ($p = 0.01$) with SCPD. Experiment 2 was conducted with 40 finishing pigs (60.2 ± 8.3 kg) and the treatments (T) were: T1) base diet, wheat-soybean-wheat-bran meal; T2) T1 + 0.75 % of YC; T3) T1 + 1.5 % of YC; T4) control diet wheat-soybean meal; and T5) diet low in CP + free AA. The YC did not change the performance nor the characteristics of the carcass; when it was compared with the LCPD, the area of the *longissimus dorsi* muscle ($p = 0.08$) and the back fat ($p = 0.02$) were better in pigs fed diets with YC CL, but yield ($p = 0.02$), ADG ($p = 0.04$) and FI ($p = 0.05$) were higher in the LCPD. Experiment 3 was conducted with 32 finishing pigs (67.1 ± 10.3 kg); and there was a factorial arrangement 2 (PC, 13.0 and 16.0%) \times 2 (YC, 0 and 0.75 %) of treatments. The YC ($p > 0.70$) and the CP level ($p \geq 0.43$) did not affect the response of the pigs. It can be concluded that the inclusion of YC in wheat-based diets does not influence the productive response of growing to finishing pigs.

* Autor responsable \diamond Author for correspondence.

Recibido: Octubre, 2009. Aprobado: Junio, 2010.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 44: 753-762. 2010.

Key words: amino acids, pigs, yeasts, protein.

respuesta de los cerdos. Se puede concluir que la inclusión de CL en dietas con base a trigo no influye en la respuesta productiva de cerdos en crecimiento- finalización.

Palabras claves: aminoácidos, cerdos, levaduras, proteína.

INTRODUCCIÓN

Los cultivos de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (CL) contienen pequeñas cantidades de células vivas y son ricos en enzimas, vitaminas del complejo B, minerales y aminoácidos (AA) (van der Peet-Schwering *et al.*, 2007). Además, contienen manano-oligosacáridos que evitan la proliferación de microorganismos patógenos intestinales (Spring *et al.*, 2000), promueven el crecimiento de bacterias benéficas y pueden sustituir a los antibióticos promotores del crecimiento en la dieta de lechones (van der Peet-Schwering *et al.*, 2007). El uso de antibióticos en las dietas está prohibido en varios países debido a la resistencia que algunos patógenos generan a los mismos. Hipotéticamente, los CL pueden mejorar la utilización de los nutrientes y reducir la incidencia de enfermedades.

Sin embargo, la respuesta a CL y células vivas en las dietas no es consistente. Según van Heugten *et al.* (2003), en lechones hay una respuesta positiva a levaduras vivas en dietas que contenían antibióticos. En contraste, Kornegay *et al.* (1995) y White *et al.* (2002) señalan que no hay efecto de CL en el comportamiento y la digestibilidad de nutrientes de cerdos post-destete. En los estudios para evaluar el CL se usaron cerdos recién destetados y sólo Bowman y Vewm (1973) indican que no hay efecto del CL en el comportamiento de cerdos en finalización, los cuales comparados con los recién destetados, poseen una mayor población microbiana intestinal y capacidad fermentativa (Kass *et al.*, 1980).

El uso de AA libres en dietas bajas en PC mejora el perfil de AA y reduce la excreción de N; se puede reducir la PC hasta en 4 % en la dieta sin cambiar el comportamiento de los cerdos (Cervantes *et al.*, 1997; Mavromichalis *et al.*, 1998). En estas dietas la pasta de soya (PS) se sustituye por cereales o subproductos agroindustriales de menor costo. La sustitución de PS por salvado de trigo (ST) mejora el perfil de AA de la dieta, pero aumenta el contenido de fibra. Los CL elevan la población de bacterias celulolíticas en rumiantes y la digestibilidad de la fibra

INTRODUCTION

The yeast cultures (YC) of *Saccharomyces cerevisiae* contain small amounts of live cells and are rich in enzymes, B complex vitamins, minerals and amino acids (AA) (van der Peet-Schwering *et al.*, 2007). Furthermore, they contain mannan-oligosaccharides that prevent the proliferation of pathogenic intestinal microorganisms (Spring *et al.*, 2000), promote the growth of beneficial bacteria and can substitute growth promoting antibiotics in the diet of nursery pigs (van der Peet-Schwering *et al.*, 2007). The use of antibiotics in diets is prohibited in various countries due to the resistance that is generated by some pathogens. Hypothetically, the YC can improve the utilization of nutrients and reduce the incidence of diseases.

However, the response to YC and live cells in the diets is not consistent. According to van Heugten *et al.* (2003), there is a positive response to live yeasts in nursery pigs fed diets that contain antibiotics. In contrast, Kornegay *et al.* (1995) and White *et al.* (2002) indicate that there is no effect of YC on performance and digestibility of nutrients of weanling pigs. In the studies to evaluate YC, early weaned pigs were used, and only Bowman and Vewm (1973) indicate that there is no effect of YC on the performance of finishing pigs, which compared to recently weaned pigs, have a higher intestinal microbial population and fermentative capacity (Kass *et al.*, 1980).

The use of free AA in diets low in CP improves the profile of AA and reduces the excretion of N; the CP can be reduced by as much as 4 % in the diet without affecting the performance of pigs (Cervantes *et al.*, 1997; Mavromichalis *et al.*, 1998). In these diets, soybean meal (SBM) is substituted by cereals or low cost agro-industrial byproducts. The substitution of SBM by wheat bran (WB) improves the profile of AA in the diet, but increases the fiber content. The YC raise the population of cellulolytic bacteria in ruminants and the digestibility of the dietary fiber (Dawson *et al.*, 1990); this could also occur in the cecum and the large intestine of the pig.

This study was carried to evaluate the effect of YC in wheat-based diets with different levels of CP, fiber and free AA on the performance and characteristics of the pig carcass.

del alimento (Dawson *et al.*, 1990); esto podría ocurrir también en el ciego e intestino grueso del cerdo.

Este estudio se realizó para evaluar el efecto de CL en dietas a base de trigo con diferente nivel de PC, fibra y AA libres en el comportamiento y características de la canal de cerdos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los tres experimentos se realizaron con cerdos cruzados (Landrace-Hampshire-Duroc); uno en crecimiento y dos en finalización. Al iniciar cada experimento se pesaron cerdos suficientes para obtener grupos homogéneos con base en edad, peso, sexo y camada. Los cerdos en crecimiento se alojaron en corraletas individuales (0.6 × 1.2 m) con piso elevado de malla de hierro, y provistas con comedero de tolva y bebedero tipo chupón. Los cerdos en finalización se alojaron por pares, en corraletas (1.2 × 2.0 m) con piso de cemento.

En las dietas se usó una fuente única de trigo y un mismo lote de PS; la premezcla de vitaminas y minerales adicionada cubrió o excedió los requerimientos en cada etapa de evaluación (NRC, 1998). En los experimentos 1 y 3 se utilizó Diamond V XP, mientras que en el experimento 2 se utilizó Yeast Culture DV (Diamond V Mills, Inc.). De acuerdo con el fabricante, Diamond V XP es más concentrado que Yeast Culture DV (Product Profile Sheet). El alimento y el agua se ofrecieron a libre acceso. La limpieza y recolección de alimento desperdiciado se realizó una vez por día. En los tres experimentos, los cerdos se pesaron al inicio y al final. En los tres experimentos el diseño experimental fue de bloques completos al azar y el análisis estadístico de los datos se realizó con el procedimiento GLM de SAS (1996).

Experimento 1

El objetivo fue evaluar el efecto del nivel de PC y CL en dietas adicionadas con AA libres en el comportamiento de cerdos. Se usaron 28 cerdos (20 machos y 8 hembras; peso promedio inicial, 25.2 ± 4.7 kg), y cuatro tratamientos con siete repeticiones (5 machos, 2 hembras), con un arreglo factorial 2 (PC; 11.0 y 18.8 %) × 2 (CL; 0.0 y 0.75%). Los tratamientos (T) fueron: T1) dieta trigo baja en PC (DBPC); T2) T1+ 0.75% CL; T3) dieta trigo-PS, estándar en PC (DEPC); y T4) T3 + 0.75% CL. Las dietas se formularon para cubrir los requerimientos de AA digestibles para cerdos de 20-50 kg de peso (NRC, 1998; Cuadro 1). El experimento duró cuatro semanas. Se probó la significancia estadística de los niveles de PC, CL y su interacción.

Experimento 2

El objetivo fue evaluar el efecto de la adición de CL a dietas altas en fibra y compararlo con el de DBPC y DEPC, en

MATERIALS AND METHODS

Three experiments were conducted with crossbred pigs (Landrace-Hampshire-Duroc); one with growing and two with finishing pigs. At the start of each experiment, enough pigs were weighed to obtain homogenous groups based on age, weight, sex and litter. The growing pigs were placed in individual pens (0.6 × 1.2 m) with raised iron mesh floor, and provided with self-feeder and a nipple waterer. The finishing pigs were housed by pairs, in pens (1.2 × 2.0 m) with cement floor.

A single source of wheat was used in the diets, and the same lot of SBM; the added premix of vitamins and minerals met or exceeded the requirements in each stage of evaluation (NRC, 1998). In experiments 1 and 3 Diamond V XP was used, while in experiment 2 Yeast Culture DV (Diamond V Mills Inc.) was applied. According to the supplier, Diamond VXP is more concentrated than Yeast Culture DV (Product Profile Sheet). The feed and water were offered freely. The cleaning and collection of waste feed was carried out once a day. In the three experiments, pigs were weighed at the start and at the end. A randomized complete block design was used in the three experiments, and

Cuadro 1. Composición (%) de las dietas del experimento 1.
Table 1. Composition (%) of the diets of experiment 1.

Nivel de PC Cultivo de levaduras, %	Bajo		Estándar	
	0	0.75	0	0.75
Ingrediente				
Trigo	95.88	95.88	75.85	75.85
Pasta de soya	--	--	21.00	21.00
Cultivo de levadura	--	0.75	--	0.75
Almidón	0.75	--	0.75	--
Lisina	0.74	0.74	--	--
Treonina	0.23	0.23	--	--
Carbonato de calcio	1.35	1.35	1.35	1.35
Ortofosfato	0.40	0.40	0.40	0.40
Sal iodada	0.35	0.35	0.35	0.35
Premezcla vit-min [†]	0.20	0.20	0.20	0.20
Antibiótico [‡]	0.10	0.10	0.10	0.10
Análisis calculado				
PC	11.03	11.03	18.80	18.80
Lisina	0.85	0.85	0.85	0.85
Treonina	0.60	0.60	0.62	0.62

[†]Cada kg de la dieta proporcionó: vitamina A, 4800 UI; D₃, 800 UI; E, 4.8 UI; K₃, 1.6 mg; B₂, 4 mg; ácido pantoténico, 9.2 mg; niacina, 16 mg; B₁₂, 14.8 µg; Zn, 80 mg; Fe, 80 mg; Cu, 4 mg; Mn, 4 mg; I, 0.14 mg; Se, 0.30 mg ♦ Each kg of diet supplied: vitamin A, 4800 IU; D₃, 800 IU; E, 4.8 UI; K₃, 1.6 mg; B₂, 4 mg; pantothenic acid, 9.2 mg; niacin, 16 mg; B₁₂, 14.8 µg; Zn, 80 mg; Fe, 80 mg; Cu 4 mg; Mn, 4 mg; I, 0.14 mg; Se, 0.30 mg.

[‡]Oxitetraciclina, 200 g kg⁻¹ alimento ♦ Oxytetracycline, 200 g kg⁻¹ feed.

comportamiento y calidad de canal de cerdos en finalización. Se usaron 40 cerdos (20 machos y 20 hembras) con peso promedio inicial de 60.2 ± 8.3 kg, y cinco tratamientos con ocho repeticiones. Los tratamientos fueron: T1) dieta base trigo-PS, con 20 % ST; T2) T1 + 0.75 % CL; T3) T1 + 1.5 % CL; T4) DEPC, trigo-PS; y T5) DBPC + AA libres (Cuadro 2). Las dietas se formularon para cubrir los requerimientos de AA digestibles de cerdos de 50 a 80 kg de peso (NRC, 1998); la dieta del T5 se adicionó con lisina y treonina libres.

Se sacrificaron cuatro cerdos de cada tratamiento (dos machos y dos hembras) cuando alcanzaron un peso aproximado de 100 kg para medir el rendimiento en canal (RC), espesor de grasa dorsal (EGD) y área del músculo *longissimus* (AML). Las canales se almacenaron 24 h a -2 °C antes de realizar las mediciones. El RC se calculó al dividir el peso de la canal 24 h después del sacrificio entre el peso del animal al momento del sacrificio, multiplicado por 100. El EGD se midió con regla metálica especial (NASCO, Fort Atkinson, WI). El AML se midió con cuadrículas diseñadas por la Universidad de Iowa (Cooperative Extensión Service, 1991. AS 235). El EGD y el AML se midieron entre las costillas 5-6, 9-10 y 11-12. Las variables se analizaron de acuerdo con el diseño indicado. Se formularon cuatro contrastes para comparar los efectos siguientes: C_1 , nivel de CL (T1, T2 y T3); C_2 , Dietas CL vs. DEPC; C_3 , Dietas CL vs. DBPC; C_4 , DEPC vs. DBPC.

the statistical analysis of the data was carried out with the GLM procedure of SAS (1996).

Experiment 1

The objective was to evaluate the effect of CP and YC levels in diets added with free AA on the performance of pigs. Twenty-eight pigs were used (20 males, 2 females), with a factorial arrangement 2 (CP; 11.0 and 18.8 %) \times 2 (YC; 0.0 and 0.75 %). The treatments (T) were: T1) wheat diet low in CP (LCPD); T2) T1 + 0.75 % YC; T3) wheat-SBM diet, standard in CP (SCPD); and T4) T3 + 0.75% YC. The diets were formulated to meet the requirements of digestible AA for 20-50 kg pigs (NRC, 1998; Table 1). The experiment lasted four weeks. The statistical significance was tested for the CP and YC levels, and their interaction.

Experiment 2

The objective was to evaluate the effect of YC addition to high fiber diets and to compare it with that of LCPD and SCPD, in performance and carcass quality of finishing pigs. Forty pigs were used (20 males and 20 females) with average initial weight of 60.2 ± 8.3 kg, and five treatments with eight replicates. The

Cuadro 2. Composición (%) de las dietas del experimento 2.
Table 2. Composition (%) of the diets of experiment 2.

Ingrediente	Base + CL (%)			PC	
	0	0.75	1.50	Estándar	Baja
Trigo	67.07	67.07	67.07	86.91	97.34
Pasta de soya	9.30	9.30	9.30	10.89	--
Salvado de trigo	20.0	20.0	20.0	--	--
Cultivo de levadura	--	0.75	1.50	--	--
Almidón	1.5	0.75	--	--	--
Lisina	--	--	--	--	0.37
Treonina	--	--	--	--	0.16
Carbonato de calcio	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
Ortofosfato	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Sal iodada	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Premezcla vit-min [†]	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Antibiótico [‡]	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Análisis calculado					
PC	15.8	15.9	16.0	16.0	12.6
Lisina	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
Treonina	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54

[†] Cada kg de dieta proporcionó: vitamina A, 4800 UI; D3, 800 UI; E, 4.8 UI; K₃, 1.6 mg; B₂, 4 mg; ácido pantoténico, 9.2 mg; niacina, 16 mg; B₁₂, 14.8 µg; Zn, 80 mg; Fe, 80 mg; Cu, 4 mg; Mn, 4 mg; I, 0.14 mg; Se, 0.30 mg. [‡] Each kg of diet supplied: vitamin A, 4800 IU; D3, 800 IU; K₃, 1.6 mg; B₂, 4 mg; pantothenic acid, 9.2 mg; niacin, 16 mg; B₁₂, 14.8 µg; Zn, 80 mg; Cu, 4 mg; Mn, 4 mg; I, 0.14 mg; Se, 0.30 mg.

[‡] Oxitetraciclina, 200 g kg⁻¹ alimento. [♦] Oxytetracycline, 200 g kg⁻¹ feed.

Experimento 3

El experimento 3 se realizó para determinar si existía interacción entre CL y nivel de PC en dietas altas en fibra. Se utilizaron 32 cerdos (12 machos y 20 hembras) con peso inicial de 67.1 ± 10.3 kg, y un arreglo factorial 2 (DBPC, 13.0 y DEPC, 16.0 %) \times 2 (CL; 0 %, 0.75 %). Hubo cuatro repeticiones de dos cerdos (un macho y una hembra en tres repeticiones; dos hembras en la cuarta repetición) por tratamiento: T1) dieta trigo-PS-salvado de trigo, 16 % PC; T2) T1+ 0.75 % de CL; T3) trigo-salvado de trigo + lisina y treonina libres, 13 % PC; y T4) T3 + 0.75 % de CL (Cuadro 3). Se realizó análisis de varianza de acuerdo con el diseño indicado y se probaron los efectos de CL, PC y la interacción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1

No se observó interacción ($p > 0.28$) entre nivel de PC y CL en la dieta para ganancia de peso (GDP),

Cuadro 3. Composición (%) de las dietas del experimento 3.
Table 3. Composition (%) of the diets of experiment 3.

Nivel de PC Cultivo de levaduras, %	Bajo		Estándar	
	0	0.75	0	0.75
Ingrediente				
Trigo	67.07	67.82	77.43	76.67
Pasta de soya	9.30	9.30	--	--
Salvado de trigo	20.0	20.0	20.0	20.0
Cultivo de levadura	--	0.75	--	0.75
Almidón	1.50	--	--	--
Lisina	--	--	0.30	0.31
Treonina	--	--	0.14	0.14
Carbonato de calcio	1.28	1.28	1.28	1.28
Ortofosfato	0.20	0.20	0.20	0.20
Sal iodada	0.35	0.35	0.35	0.35
Premezcla vit-min [†]	0.20	0.20	0.20	0.20
Antibiótico [‡]	0.10	0.10	0.10	0.10
Análisis calculado				
PC	15.8	16.0	13.0	13.0
Lisina	0.66	0.67	0.66	0.66
Treonina	0.54	0.54	0.54	0.54

[†] Cada kg de dieta proporcionó: vitamina A, 4800 UI; D₃, 800 UI; E, 4.8 UI; K₃, 1.6 mg; B₂, 4 mg; ácido pantoténico, 9.2 mg; niacina, 16 mg; B₁₂, 14.8 μg; Zn, 80 mg; Fe, 80 mg; Cu, 4 mg; Mn, 4 mg; I, 0.14 mg; Se, 0.30 mg ♦ Each kg of diet supplied: vitamin A, 4800 IU; D₃, 800 IU; E, 4.8 UI; K₃, 1.6 mg; B₂, 4 mg; pantothenic acid, 9.2 mg; niacin, 16 mg; B₁₂, 14.8 μg; Zn, 80 mg; Cu, 4 mg; Mn, 4 mg; I, 0.14 mg; Se, 0.30 mg.

[‡] Oxitetraciclina, 200 g kg⁻¹ alimento ♦ Oxytetracycline, 200 g kg⁻¹ feed.

treatments were: T1) base diet wheat-SBM, with 20 % WB; T2) T1 + 0.75 % YC; T3) T1 + 1.5 % YC; T4) SCPD, wheat- SBM; and T5) LCPD + free AA (Table 2). The diets were formulated to meet the requirements of digestible AA of pigs from 50 to 80 kg of weight (NRC, 1998); the diet of T5 was added with free threonine and lysine.

Four pigs from each treatment were sacrificed (two males and two females) when they reached a weight of approximately 100 kg to measure the carcass yield (CY), back fat thickness (BF) and area of the *longissimus* muscle (LEA). The carcasses were stored for 24 h at -2 °C before the measurements were taken. The CY was calculated by dividing the carcass weight 24 h after slaughter by the weight of the animal at the moment of slaughter, multiplied by 100. The BF was measured with a special metallic rule (NASCO, Fort Atkinson, WI). The LEA was measured with grids designed by the University of Iowa (Cooperative Extension Service, 1991. AS 235). The BF and the LEA were measured between ribs 5-6, 9-10 and 11-12. The variables were analyzed according to the design indicated. Four contrasts were formulated to compare the following effects: C₁, level of YC (T1, T2 and T3); C₂, Diets YC vs. SCPD; C₃, Diets YC vs. LCPD; C₄, SCPD vs. LCPD.

Experiment 3

Experiment 3 was conducted to determine if there was interaction between YC and CP level in high fiber diets. Thirty-two pigs were used (12 males and 20 females) with initial weight of 67.1 ± 10.3 kg and a factorial arrangement 2 (LCPD, 13.0 and SCPD, 16.0 %) \times 2 (YC; 0 %, 0.75 %). There were four replicates of two pigs (one male and one female in three replicates; two females in the fourth replicate) per treatment: T1) wheat- SBM-wheat bran diet, 16 % PC; T2) T1 + 0.75 % YC; T3) wheat-wheat bran + free lysine and threonine, 13 % PC; and T4) T3 + 0.75% YC (Table 3). Analysis of variance was performed according to the design indicated and the effects of YC, CP and their interaction were tested.

RESULTS AND DISCUSSION

Experiment 1

No interaction was observed ($p > 0.28$) between the level of CP and YC in the diet for weight gain (ADG), feed intake (FI) nor feed conversion (FG). The addition of YC did not improve ($p > 0.05$) ADG, FI nor FG of the pigs (Table 4). The level of CP in the diet did not either affect ($p > 0.05$) ADG nor FI, but FG was 8.3 % better ($p = 0.01$) in the pigs that consumed the DEPC.

consumo de alimento (CDA) ni conversión alimenticia (CA). La adición de CL no mejoró ($p>0.05$) GDP, CDA ni CA de los cerdos (Cuadro 4). El nivel de PC en la dieta tampoco cambió ($p>0.05$) la GDP ni el CDA, pero la CA fue 8.3 % mejor ($p=0.01$) en los cerdos que consumieron las DEPC.

Experimento 2

Los resultados de este experimento se presentan en el Cuadro 5. La inclusión del CL a la dieta trigo-PS-ST no cambió ($p>0.05$) GDP, CDA ni CA de

Experiment 2

The results of this experiment are shown in Table 5. The inclusion of YC to the wheat-SBM-WB diet did not affect ($p>0.05$) ADG, FI nor FG of finishing pigs. There was no difference ($p>0.05$) in ADG, FI nor FG among the pigs that consumed the diets with WB (T1, T2, T3) and SCPD (T4).

The AGD and FI of the pigs with the LCPD plus free lysine and threonine were 17.7 ($p=0.04$) and 12.2 % ($p=0.05$) higher than in pigs with the diets with WB and YC. There was no difference ($p>0.05$)

Cuadro 4. Ganancia de peso (GDP), consumo de alimento (CDA) y conversión alimenticia (CA) de cerdos en crecimiento alimentados con dietas bajas (DBPC) o estándar en proteína (DEPC) con o sin cultivo de levaduras (CL; experimento 1)†.

Table 4. Weight gain (ADG), feed intake (FI) and feed conversion (FG) of growing pigs fed with low protein (LCPD) or standard protein diets (SCPD) with or without yeast culture (YC; experiment 1)†.

Nivel de PC	DBPC				DEPC	EE PC	P =	
	0	0.75	0	0.75			CL	PC×CL
Nivel de CL, %								
GDP, kg d ⁻¹	0.76	0.69	0.74	0.74	0.03	0.67	0.33	0.28
CDA, kg d ⁻¹	2.06	1.93	1.86	1.87	0.07	0.14	0.49	0.45
CA	2.70	2.79	2.54	2.53	0.05	0.01	0.43	0.34

† Dietas trigo y pasta de soya: DBPC (dieta baja en PC), 11.0 % PC; DEPC (dieta estándar en PC), 18.0 % PC ♦ Wheat and soybean meal diets: LCPD (diet low in CP), 11.0 % CP; SCPD (standard CP diet), 18.0 % CP.

Cuadro 5. Ganancia de peso (GDP), consumo de alimento (CDA), conversión alimenticia (CA), rendimiento en canal (RC), área del músculo longissimus (AML) y espesor grasa dorsal (EGD) de cerdos en finalización alimentados con dieta estándar (DEPC), baja en proteína (DBPC) y cultivo de levadura (CL; experimento 2)†.

Table 5. Weight gain (ADG), feed intake (FI), feed conversion (FG), carcass yield (CY), area of longissimus muscle (LEA) and back fat thickness (BF) of finisher pigs with standard diet (SCPD), low protein diet (LCPD) and yeast (YC; experiment 2)†.

Variables	Dietas†					EE	Contrastes ¹ , P =			
	Base + CL			DBPC	DEPC		A	B	C	D
	0	0.75	1.50							
GDP, kg d ⁻¹	0.86	0.80	0.83	0.94	0.89	0.04	0.52	0.25	0.04	0.43
CDA, kg d ⁻¹	2.86	2.74	2.87	3.07	2.94	0.10	0.34	0.31	0.05	0.38
CA	3.35	3.44	3.46	3.29	3.34	0.11	0.65	0.53	0.31	0.75
RC, %	70.1	68.5	70.1	72.2	71.7	0.63	0.89	0.05	0.02	0.71
AML, cm ²	33.5	32.7	35.8	30.5	30.8	0.25	0.97	0.11	0.08	0.90
EGD, cm	1.86	1.63	1.50	2.35	1.77	0.08	0.97	0.34	0.02	0.17

Dietas: Base, trigo-PS-salvado de trigo, 15.8 % PC; DBPC (dieta baja en PC), Trigo, 11.8 % PC DEPC (dieta estándar en PC), PS, 16.0 % PC ♦ Diets: Base, wheat-SBM-wheat bran, 15.8 % CP; LCPD (diet low in CP), Wheat, 11.8 % CP; SCPD (standard CP diet), PS, 16.0 % CP.

† Contrastes: A, Nivel de CL; B, Dietas CL vs DEPC; C, Dietas CL vs DBPC; D, DEPC vs DBPC ♦ Contrasts: A, YC level; B, Diets YC vs SCPD; C, Diets YC vs LCPD; D, SCPD vs LCPD.

cerdos en finalización. No hubo diferencia ($p>0.05$) en GDP, CDA ni CA entre los cerdos que consumieron las dietas con ST (T1, T2, T3) y la DEPC (T4).

La GDP y el CDA de los cerdos con la DBPC más lisina y treonina libres fueron 17.7 ($p=0.04$) y 12.2 % ($p=0.05$) mayores que en cerdos con las dietas con ST y CL. No hubo diferencia ($p>0.05$) en GDP, CDA y CA entre los cerdos con la DEPC y los de la DBPC adicionada con AA libres (T5). La mayor GDP y CDA fue de los cerdos con la DBPC adicionada con los AA libres.

La adición de CL a las dietas provocó resultados diversos en las características de la canal (Cuadro 5). El CL en la dieta trigo-PS-ST no influyó ($p>0.05$) en el RC, el cual fue inferior al de los cerdos alimentados con la DEPC ($p=0.05$) o la DBPC adicionada con AA ($p=0.02$). El RC de los cerdos con la DEPC fue similar al de aquellos con la DBPC más AA. El AML y el EGD tampoco cambiaron ($p>0.05$) por la adición de CL. Los cerdos que consumieron las dietas con ST sin (T1) o con (T2 y T3) CL tuvieron mayor ($p=0.08$) AML y menor ($p=0.02$) EGD, en comparación con el grupo que recibió la DBPC más AA (T5). No se encontró diferencia ($p>0.05$) en AML y EGD entre los cerdos que consumieron la DEPC y la DBPC.

Experimento 3

Los resultados de este experimento se presentan en el Cuadro 6. Como en el experimento 2, la inclusión de CL en las dietas no cambió ($p>0.05$) la GDP ni el CDA y se observó una interacción ($p=0.06$) en la CA entre nivel de PC y la adición del CL. Tampoco hubo efecto ($p>0.05$) del CL en RC, AML y EGD.

in ADG, FI and FG among the pigs with the SCPD and those of the LCPD added with free AA (T5). The highest ADG and FI were observed in pigs with the LCPD added with free AA.

The addition of YC to the diets elicited diverse results in carcass characteristics (Table 5). The YC in the wheat-SBM-WB diet did not influence ($p>0.05$) the CY, which was lower than that of pigs fed the SCPD ($p=0.02$). The CY of pigs with the SCPD was similar to that of pigs with the LCPD plus AA. The LEA and the BF did not change either ($p>0.05$) by the addition of YC. The pigs that consumed the diets with WB without (T1) or with (T2 and T3) YC had larger ($p=0.08$) LEA and lower ($p=0.02$) BF, compared with the group that received the LCPD plus AA (T5). No difference ($p>0.05$) was found in LEA and BF among the pigs that consumed the SCPD and the LCPD.

Experiment 3

The results of this experiment are shown in Table 6. As in experiment 2, dietary inclusion of YC did not affect ($p>0.05$) the ADG nor FI, and an interaction ($p=0.06$) was observed in FG between CP level and the addition of YC. There was also no effect ($p>0.05$) of YC in CY, LEA and BF.

The CP level had no effect ($p>0.05$) on ADG, FI, FG, CY, LEA and BF. The addition of YC, within each CP level, did not affect the productive variables or carcass characteristics. Furthermore, the CP level in the diet, compared within each level of addition of CL, did not influence the productive variables or carcass characteristics.

Cuadro 6. Ganancia de peso (GDP), consumo de alimento (CDA), conversión alimenticia (CA), rendimiento en canal (RC), área del músculo *longissimus* (AML) y espesor grasa dorsal (EGD) de cerdos en finalización alimentados con diferente nivel de proteína cruda (PC) y cultivo de levadura (CL; experimento 3).

Table 6. Weight gain (ADG), feed intake (FI), feed conversion (FG), carcass yield (CY), area of longissimus muscle (LEA) and back fat thickness (BF) of finishing pigs fed with different level of crude protein (CP) and yeast (YC; experiment 3).

Nivel de PC	Bajo (11 %)		Estándar (18 %)		EE	P =		
	0	0.75	0	0.75		CL	PC	CL×PC
Nivel de CL, %	0	0.75	0	0.75				
Variable								
GDP, kg d ⁻¹	0.84	0.88	0.90	0.88	0.047	0.84	0.57	0.60
CDA, kg d ⁻¹	2.71	2.71	2.78	2.89	0.085	0.70	0.43	0.73
CA	3.23	3.08	3.09	3.29	0.104	0.80	0.68	0.06
RC, %	69.25	70.0	69.8	69.27	0.940	0.72	0.97	0.32
AML, cm ²	29.22	29.47	29.16	29.07	0.246	0.87	0.96	0.94
EGD, cm	1.98	1.77	1.75	1.89	0.088	0.98	0.98	0.31

El nivel de PC no tuvo efecto ($p>0.05$) en la GDP, CDA, CA, RC, AML y EGD. La adición del CL, dentro de cada nivel de PC, no cambió las variables productivas ni las características de la canal. Además, el nivel de PC en la dieta, comparado dentro de cada nivel de adición de CL, no afectó las variables productivas ni las características de la canal.

El análisis de los resultados de estos experimentos muestra que la adición del CL a dietas con base a trigo no cambia la respuesta productiva de cerdos en crecimiento y finalización. Estos datos coinciden con los de Bowman y Veum (1973) y Kornegay *et al.* (1995), quienes no reportan una respuesta positiva en lechones de destete al CL, aunque en cerdos en crecimiento la adición de CL a dietas maíz-PS aumentó la GDP. Pero en un estudio de van der Peet-Schwering *et al.* (2007) se mejoró la GDP y CA de lechones al adicionar CL o CL más componentes de la pared celular de levaduras (mannano-oligosacáridos) a dietas trigo-cebada-PS; esa mejora fue comparable a la de lechones que recibieron la misma dieta más antibiótico. Esos autores sugieren que el CL puede sustituir a los antibióticos a niveles sub-terapéuticos en dietas de lechones. La respuesta a CL es muy variable y no está claro su modo de acción en la promoción de la respuesta positiva. Se especula que el CL estimula el sistema inmune, mantiene un ambiente intestinal sano y mejora la inmunidad intestinal (Jurgens *et al.*, 1997).

El nivel de PC no tuvo efecto en el comportamiento de los cerdos en crecimiento y finalización. Al respecto, con dietas maíz-PS (Russell *et al.*, 1983) o sorgo-PS (Cervantes *et al.*, 1997) más lisina y treonina libres, se puede reducir el nivel de PC hasta en 4 % sin cambiar el comportamiento de cerdos en crecimiento y finalización. Además, en dietas elaboradas con trigo más lisina y treonina libres, se puede eliminar toda la PS sin afectar la GDP ni la CA (Cervantes *et al.*, 2001). Las dietas del presente estudio se elaboraron con trigo y la respuesta obtenida confirma los reportes mencionados. Además, dietas bajas en PC, a base de trigo más lisina y treonina libres, causan un desempeño comparable al observado cuando los cerdos se alimentan con DEPC.

La inclusión de fibra como ST no cambió la respuesta de los cerdos en finalización, comparado con los que consumieron la dieta testigo. Kornegay *et al.* (1995) reportan un resultado similar al añadir cáscara de cacahuate o cascarilla de soya a la dieta

The analysis of the results of these experiments shows that the addition of YC to wheat-based diets does not affect the productive response of growing and finishing pigs. These data coincide with those of Bowman and Veum (1973) and Kornegay *et al.* (1995), who do not report a positive response to YC in weanling pigs, although in growing pigs the addition of YC to corn-SBM diets increased the ADG. However, in a study of van der Peet-Schwering *et al.* (2007) the ADG and FG of nursery pigs was improved by adding YC or YC plus components of the cell wall of yeasts (mannan-oligosaccharides) to wheat-barley-SB, diets; this improvement was comparable to that of nursery pigs that received the same diet added with antibiotic. These authors suggest that YC can substitute the antibiotics at sub-therapeutic levels in diets for nursery pigs. The response to YC is quite variable and its way of action in the promotion of the positive response is not clear. It is speculated that YC stimulates the immune system, maintains a healthy intestinal environment, and improves intestinal immunity (Jurgens *et al.*, 1997).

The CP level had no effect on the performance of growing and finishing pigs. To this respect, in corn-SBM (Russell *et al.*, 1983) or sorghum-SBM diets (Cervantes *et al.*, 1997) added with free lysine and threonine, the CP level can be reduced by as much as 4 % without affecting the performance of growing and finishing pigs. In addition, all of the SBM can be eliminated from diets formulated with wheat plus free lysine and threonine, without affecting the ADG or the FG (Cervantes *et al.*, 2001). The diets of the present study were formulated with wheat and the response obtained confirms the abovementioned reports. Furthermore, low CP diets, based on wheat and added with free lysine and threonine, caused a performance comparable to that observed when the pigs are fed with SCPD.

The inclusion of fiber such as WB did not affect the response of finishing pigs, compared with those that consumed the control diet. Kornegay *et al.* (1995) report a similar result when peanut hulls or soybean hulls were added to the growing-finishing diet. However, the lower ADG in pigs of experiment 2 with the diets with WB, compared with those of the LCPD, is attributed to the lower FI of the former, given that the FG did not change. This lower consumption may be due to the high content of

de crecimiento-finalización. Sin embargo, la menor GDP en cerdos del experimento 2 con las dietas con ST, comparados con los de la DBPC, se atribuye al menor CDA de los primeros, puesto que la CA no cambió. Este menor consumo puede deberse al alto contenido de FDN de la dieta con ST (NRC, 1998), el cual tiene un efecto negativo en el CDA.

En el experimento 3 no se encontró efecto de CL en la GDP ni la CA, pero tampoco hubo diferencias en estas variables entre los cerdos alimentados con las DBPC o DEPC. Por tanto, estos resultados apoyan la hipótesis de que microorganismos intestinales contribuyen a utilizar con mayor eficiencia los nutrientes de los alimentos fibrosos, como el salvado de trigo (Kass *et al.*, 1980), sin necesidad de CL.

La respuesta de los cerdos al CL en la dieta, con respecto a las características de la canal, fue muy variable. En el experimento 2, los cerdos que recibieron la dieta base con CL tuvieron menor RC, coincidiendo con los resultados de Bowman y Veum (1973). Sin embargo, en el experimento 3, donde los cerdos recibieron la misma dieta base del experimento 2, no hubo efecto. Es difícil explicar esa diferencia en respuesta entre experimentos, pero se puede atribuir a que el CL usado en el experimento 2 fue menos concentrado que en el 3. El CL en las DBPC no cambió el RC, coincidiendo con los resultados de Kerr *et al.* (1995) obtenidos con dietas a base de maíz.

Los cerdos del experimento 2 que consumieron las dietas con ST tuvieron los valores más altos de AML. Esto puede atribuirse a que el ST comercial contiene niveles importantes de aleurona y germen de trigo, los cuales son ricos en lisina y treonina (Simmonds, 1989). Esta fracción se caracteriza por el grosor de sus paredes celulares y porque las proteínas están fuertemente ligadas a la matriz de celulosa, limitando el acceso de las proteasas a estas proteínas (Saunders y Kohler, 1972). Estos resultados sugieren que el CL, al cambiar la digestibilidad del ST, aumenta la disponibilidad de lisina y treonina, estimulando así el desarrollo del músculo, lo cual coincide con Kerr *et al.* (1995). Sin embargo, no hay explicación acerca de la falta de efecto en el experimento 3, pero se atribuye a que la concentración del CL usado en el experimento 2 era superior a la del 3.

Similarmente, los cerdos del experimento 2 con las dietas de ST tuvieron menor EGD que con la DBPC. Esto se atribuye a que el ST tiene menor concentración energética que el trigo. Al respecto, Kerr *et al.* (1995) y Tuitoek *et al.* (1997) muestran

NDF of the diet with WB (NRC, 1998), which has a negative effect on FI.

In experiment 3 no effect of YC was found in ADG or FG, nor were there differences in these variables among the pigs fed the LCPD or SCPD. Therefore, these results support the hypothesis that the intestinal microorganisms contribute to a more efficient utilization of nutrients of the fibrous feeds, such as wheat bran (Kass *et al.*, 1980), without the need of YC.

The response of pigs to YC in the diet, with respect to the carcass characteristics, was very variable. In experiment 2, the pigs that received the diet based on YC had lower CY, coinciding with the results of Bowman and Veum (1973). However, in experiment 3, where pigs received the same base diet of experiment 2, there was no effect. It is difficult to explain this difference in response among experiments, but it can be attributed to the YC used in experiment 2 than in experiment 3. The YC in the LCPD did not change the CY, coinciding with the results of Kerr *et al.* (1995) obtained with diets based on corn.

The pigs of experiment 2 that consumed the diets with WB had the highest LEA values. This can be attributed to the fact that commercial WB contains important levels of aleurone and wheat germ, which are rich in lysine and threonine (Simmonds, 1989). This fraction is characterized by the thickness of its cell walls and because proteins are strongly attached to the cellulose matrix, limiting the access of the proteases to these proteins (Saunders and Kohler, 1972). These results suggest that YC, as it changes the digestibility of WB, increases the availability of lysine and threonine, thus stimulating muscle development, which is in agreement with Kerr *et al.* (1995). However, there is no explanation of the lack of effect in experiment 3, although it is attributed to the fact that the concentration of YC used in experiment 2 was higher than that of experiment 3.

Similarly, the pigs of experiment 2 with the WB diets had lower BF than with the LCPD. This is attributed to the fact that WB has lower energetic concentration than wheat. To this respect, Kerr *et al.* (1995) and Tuitoek *et al.* (1997) show that pigs fed with LCPD produce fatter carcasses.

CONCLUSIONS

The addition of yeast culture to wheat-based diets does not affect the productive performance of growing

que cerdos alimentados con DBPC producen canales más grasosas.

CONCLUSIONES

La adición de cultivo de levadura a dietas con base en trigo no cambia el comportamiento productivo de cerdos en crecimiento y finalización. Cerdos en crecimiento y finalización pueden alimentarse con dietas elaboradas sólo con trigo o con trigo-salvado de trigo sin cambiar su comportamiento.

LITERATURA CITADA

- Bowman, G. L., and T. L. Veum. 1973. *Saccharomyces cervisiae* yeast culture in growing-finishing swine diets. *J. Anim. Sci.* 37: 72-74.
- Cervantes, R. M., G. L. Cromwell, and D. Knabe. 1997. Digestibilidad ileal de aminoácidos en dietas bajas en proteína, complementadas con aminoácidos en cerdos en crecimiento. *Agrociencia* 31: 149-155.
- Cervantes, M., J. González, N. Torrentera, V. González, M. Cervantes, and M. Cuca. 2001. Addition of a fungal protease to low and high protein sorghum- or wheat-soybean meal diets on ileal amino acid digestibility and performance of growing pigs. *J. Anim. Feed Sci.* 10: 457-469.
- Dawson, K. A., K. A. Newman, and J. A. Boling. 1990. Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. *J. Anim. Sci.* 68: 3392-3398.
- Jurgens, M. H., R. A. Rikabi, and D. R. Zimmerman. 1997. The effect of dietary active dry yeast supplement on performance of sows during gestation-lactation and their pigs. *J. Anim. Sci.* 75: 593-597.
- Kass, M. L., P. J. Van Soest, and W. G. Pond. 1980. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. II. Volatile fatty acid concentrations in and disappearance from the gastrointestinal tract. *J. Anim. Sci.* 50: 192-197.
- Kerr, B. J., F. K. McKeith, and R. A. Easter. 1995. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 73: 433-440.
- Kornegay, E. T., D. Rhein-Welker, M. D. Lindemann, and C. M. Wood. 1995. Performance and nutrient digestibility in weanling pigs as influenced by yeast culture additions to starter diets containing dried whey or one or two fiber sources. *J. Anim. Sci.* 73: 1381-1389.
- Mavromichalis, I., D. M. Webel, J. L. Emmert, R. L. Moser, and D. H. Baker. 1998. Limiting order of amino acids in a

and finishing pigs. Growing and finishing pigs can be fed diets made with only wheat or with wheat-wheat bran without affecting their performance.

—End of the English version—

-----*-----

- low-protein corn-soybean meal -whey based diet for nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 76: 2833-2837.
- NRC. 1998. *Nutrient Requirements of Swine*. 10th ed. National Academy Press. Washington, DC, USA. 183 p.
- Russell, L. E., G. L. Cromwell, and T. S. Stahly. 1983. Tryptophan, threonine, isoleucine and methionine supplementation of a 12% protein, lysine-supplemented, corn-soybean meal diet for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 56: 1115-1123.
- SAS (Statistical Analysis System). 1996. *SAS/STAT User's Guide* (Release 6.12.). SAS Institute Inc., Cary, N. C. 1028 p.
- Saunders, R. H., and G. O. Kohler. 1972. In vitro determination of protein digestibility in wheat millfeeds for monogastric animals. *Cereal Chem.* 49: 98-103.
- Simmonds, D. H. 1989. *Wheat and Wheat Quality in Australia*. William Brooks, Queensland, Australia. 425 p.
- Spring, P., C. Wenk, K. A. Dawson, and K. E. Newman. 2000. The effects of dietary mannan oligosaccharides on cecal parameters and the concentration of enteric bacteria in the ceca of Salmonella-challenged broiler chicks. *Poult. Sci.* 79: 205-211.
- Steel, D. R. G., J. H. Torrie, and D. A. Dickey. 1997. *Principles and Procedures of Statistics: a Biomedical Approach* (3rd ed.). McGraw-Hill Book Co., New York. 622 p.
- Tuitoek, J. K., L. G. M. Young, C. F. de Lange, and B. J. Kerr. 1997. Body composition and protein and fat accretion in various body components in growing gilts fed diets with different protein levels but estimated to contain similar levels of ideal protein. *J. Anim. Sci.* 75: 1584-1590.
- van der Peet-Schwering, C. M. C., A. J. M. Jansman, H. Smidt, and I. Yoon. 2007. Effects of yeast culture on performance, gut integrity, and blood cell composition of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 85: 3099-3109.
- van Heugten, E., D. W. Funderburke, and K. L. Dorton. 2003. Growth performance, nutrient digestibility, and fecal microflora in weanling pigs fed live yeast. *J. Anim. Sci.* 2003. 81: 1004-1012.
- White, L. A., M. C. Newman, G. L. Cromwell, and M. D. Lindemann. 2002. Brewers dried yeast as a source of mannan oligosaccharides for weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 80: 2619-2628.