

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS



**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE LA
CANAL DE BORREGOS EN FINALIZACIÓN CONSUMIENDO
DIFERENTES NIVELES DE LEVADURA ENRIQUECIDA CON CROMO**

T E S I S
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS VETERINARIAS

PRESENTA:
MVZ. OCTAVIO CARRILLO MURO

DIRECTOR DE TESIS
DR. ALEJANDRO PLASCENCIA JORQUERA

ASESORES
DR. ALFREDO ESTRADA ANGULO
DR. ALBERTO BARRERAS SERRANO
M.C. MARÍA ALEJANDRA LÓPEZ SOTO

MEXICALI, B.C., MÉXICO

AGOSTO, 2011

Comportamiento Productivo y Características de la Canal de Borregos en Finalización Consumiendo Diferentes Niveles de Levadura Enriquecida con Cromo. Tesis presentada por Octavio Carrillo Muro como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el comité particular indicado:

Dr. Alejandro Plascencia Jorquera

Director principal/

Dr. Alfredo Estrada Angulo

Asesor/

Dr. Alberto Barreras Serrano

Asesor/

M.C. María Alejandra López Soto

Asesor/

Contenido

	Pág
Lista de Cuadros	iii
Lista de Figuras	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vii
Introducción.....	1
Hipótesis.....	3
Objetivo.....	4
Revisión de Literatura.....	5
<i>Generalidades de los hongos.....</i>	5
<i>Levaduras.....</i>	5
<i>Hongos micelares o filamentosos.....</i>	5
<i>Hongos dimórficos.....</i>	5
<i>Levaduras.....</i>	7
<i>Condiciones de desarrollo de las levaduras.....</i>	8
<i>pH.....</i>	8
<i>Temperatura.....</i>	8
<i>Nutrientes, digestión y asimilación.....</i>	9
<i>Inhibición y eliminación.....</i>	10
<i>Antecedentes de la utilización de Saccharomyces cerevisiae</i>	11
<i>Fabricación industrial de levaduras completas y sus fracciones.....</i>	12
<i>Tipos de Saccharomyces cerevisiae utilizados en producción animal.....</i>	15
<i>SC activa o viva desecada.....</i>	15
<i>SC inactiva o muerta.....</i>	16
<i>SC enriquecida con minerales.....</i>	16
<i>Extracto de SC.....</i>	19
<i>Paredes celulares de SC.....</i>	19
<i>Levadura de cerveza.....</i>	20
<i>Efecto de Saccharomyces cerevisiae sobre la digestión de nutrientes y función ruminal.....</i>	21
<i>Digestión de celulosa.....</i>	21
<i>Materia Orgánica.....</i>	22
<i>Fibras Detergentes.....</i>	22
<i>Proteína aparente y Nitrógeno.....</i>	22
<i>Cambio del patrón de fermentación.....</i>	22
<i>Estabilización del pH.....</i>	25
<i>Ácidos Grasos Volátiles.....</i>	25
<i>Flujo post ruminal de nutrientes.....</i>	25

<i>Producción de amoníaco y metano.....</i>	29
<i>Liberación de metabolitos.....</i>	29
<i>Retención de minerales.....</i>	29
<i>Digestibilidad.....</i>	30
<i>Efecto de Saccharomyces cerevisiae en el comportamiento productivo de rumiantes productores de carne.....</i>	31
<i>Consumo de materia seca y ganancia diaria de peso.....</i>	31
<i>Rendimiento y características de la canal.....</i>	34
<i>Salud.....</i>	34
<i>Factores que influyen en el efecto de Saccharomyces cerevisiae....</i>	36
Conclusiones.....	40
Literatura Citada.....	42
EXPERIMENT I.....	62
<i>Abstract.....</i>	63
<i>1. Introduction.....</i>	64
<i>2. Materials and methods.....</i>	65
<i>3. Results.....</i>	68
<i>4. Discussions.....</i>	70
<i>5. Conclusions.....</i>	74
<i>6. References.....</i>	75

Lista de Cuadros

Cuadro		Pág
1	Composición nutrimental de las diferentes presentaciones de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> y sus fracciones, para bovinos.....	17
2	Efecto de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la digestión e ingesta de nutrientes, en rumiantes productores de carne.....	23
3	Efecto de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la digestión de nutrientes, en bovinos productores de carne.....	26
4	Efecto de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la producción de Ácidos Grasos Volátiles, en bovinos productores de carne.....	27
5	Efecto de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en el comportamiento productivo de rumiantes productores de carne.....	32
6	Efecto de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en la salud de bovinos productores de carne.....	35
7	Efecto con distintos niveles de inclusión de levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , en el comportamiento productivo de bovinos productores de carne.....	37
8	Efecto de diferentes concentraciones de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la digestión de nutrientes y función ruminal, en bovinos productores de carne.....	38
9	Efecto de la adición de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> a diferentes dietas, en el comportamiento productivo de bovinos productores de carne.....	39

Lista de Figuras

Figura		Pág
1	Esquema de una célula de levadura en gemación.....	6
2	Producción industrial de levaduras activas, extracto y paredes celulares de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	14

Comportamiento productivo y características de la canal de borregos en finalización consumiendo diferentes niveles de levadura enriquecida con cromo

RESUMEN: Para evaluar el efecto de la alimentación, con distintos niveles de levadura enriquecida con cromo (Cr-YC) en el rendimiento, características de la canal y la masa de los órganos viscerales, se utilizaron 40 borregos Pelibuey × Kathadin (35.5 ± 0.4 kg) en una prueba de comportamiento con duración de 56 d. La Cr-YC contuvo (por gramo) 5.5×10^9 UFC y 0.50 mg de Cr, y los borregos fueron bloqueados por peso y asignados al azar a dosis diarias de 0, 1, 2 ó 3 g/borrego/día de Cr-YC. No hubo efectos del tratamiento en el consumo de MS (CMS). Durante los primeros 28 d de experimento, no hubo efectos de suplementar Cr-YC, en el crecimiento del rendimiento o la EN de la dieta. A partir del día 28 al sacrificio, la suplementación de Cr-YC, mejoró la ganancia diaria de peso (GDP, 42%, $P=0.02$), la eficiencia alimenticia (EA, 43.7%, $P<0.01$) y la EN de la dieta (24%, $P<0.01$), y disminuyó el CMS observado/esperado el 21.4% ($P<0.01$). Las ventajas en el crecimiento por la suplementación de levaduras durante los últimos 28 d, se reflejó en una mejora de la GDP global (20.9%, $P=0.04$), EA (20.2%, $P<0.01$) y la EN de la dieta (13%, $P<0.01$) y redujo los CMS observado/esperado (12.3%, $P<0.01$). El nivel de suplementación de Cr-YC incrementó (efecto lineal, $P \leq 0.04$) la GDP, EA y la EN de la dieta y disminuyó (efecto lineal, $P<0.01$) los CMS observados/esperados en la segunda fase y en el periodo total. El tratamiento con Cr-YC no afectó PCC ($P \geq 0.28$), el rendimiento en canal o la grasa pélvica renal (GPR) pero aumento el área del ojo de la costilla (AOC, 10.0%, $P=0.03$) y tendió ($P=0.06$) a aumentar el espesor de la grasa dorsal y la GPR (efecto

lineal, $P \leq 0.03$). Cr-YC disminuyó (6.4%, $P = 0.03$) el peso de la aldilla y tendió a aumentar (3.4%, $P = 0.08$) el peso de la pierna. No se observaron efectos ($P \geq 0.19$) del tratamiento sobre el llenado del TGI. Los pesos de los órganos (g/Kg, PVV) no fueron afectados ($P \geq 0.18$) por los tratamientos, pero el peso de las vísceras llenas fue mayor (6.7%, $P = 0.04$) con Cr-YC. La suplementación de levadura enriquecida con cromo incrementa el rendimiento del crecimiento, la EN de la dieta y el AOC, con poco efecto en el resto de las características de la canal y la masa de órganos viscerales en ovinos alimentados con dietas altas en energía.

Palabras clave: Borregos en corral, canal, cromo, crecimiento del rendimiento, masa visceral, cultivo de levaduras.

Growth performance and carcass traits in finishing lambs fed different levels of chromium-enriched live yeast

ABSTRACT: To assess the effect of feeding different levels of chromium-enriched live yeast (Cr-YC) on performance, carcass traits and visceral organ mass, 40 Pelibuey×Kathadin lambs (35.5 ± 0.4 kg) were used in a 56-d feeding trial. Cr-YC contained (per gram) 5.5×10^9 CFU and 0.50 mg of Cr, and lambs were blocked by weight and randomly assigned to daily doses of 0, 1, 2 or 3 g/lamb/d of Cr-YC. There were no effects of treatment on DMI. During the first 28 d, there were no treatment effects ($P \geq 0.36$) on growth performance, dietary NE or observed/expected DMI. From day 28 to the harvest, however, supplemental Cr-YC increased (linear effect, $P < 0.01$) ADG (42%, $P = 0.02$), GF (43.7%, $P = 0.01$) and dietary NE (24%, $P = 0.01$), and decreased (linear effect, $P < 0.01$) observed/expected DMI. Overall (d1 – d56) Cr-YC supplementation increased (linear effect, $P < 0.01$) ADG, GF and dietary NE, and reduced observed/expected DMI. Cr-YC level did not affect carcass length ($P \geq 0.17$), width ($P \geq 0.30$), leg length ($P \geq 0.22$), backfat thickness ($P \geq 0.23$), KPH ($P \geq 0.08$) or body wall thickness ($P \geq 0.40$), but increased HCW (linear effect, $P = 0.02$), CCW (linear effect, $P = 0.03$), and LM area (linear effect, $P = 0.02$), and tended to increase dressing percentage (linear effect, $P = 0.06$). Generally, treatment effects on percentage yield of wholesale cuts (tissue weight as a percentage of CCW) were small ($P \geq 0.23$). However, Cr-YC supplementation decreased (linear effect, $P < 0.03$) percentage flank. Gastrointestinal fill was not affected ($P \geq 0.19$) by supplemental Cr-YC. However, Cr-YC supplementation increased (linear effect, $P \leq 0.05$) EBW, GIT fill and full viscera weight. Cr-YC

supplementation did not influence ($P \geq 0.18$) organ weights as a proportion of EBW (g/kg EBW). Chromium-enriched yeast supplementation enhances lean tissue growth, LM area, and dietary energetic efficiency in finishing feedlot lambs.

Key words: Feedlot lambs, carcass, chromium, growth performance, visceral mass, yeast culture.

Introducción

En México y los Estados Unidos el uso de beta-agonistas en bovinos en finalización se ha popularizado en los últimos años. Lo anterior, por el marcado efecto sobre la tasa de ganancia y la disminución de la grasa corporal que se refleja en mayores rendimientos de la canal (Robles-Estrada et al., 2009). Sin embargo, por diversos argumentos, su uso en Europa y en la mayoría de los países latinoamericanos es prohibido. Actualmente, a nivel mundial, existe un interés creciente en el uso de aditivos inocuos de origen no biótico y biótico que tengan resultados similares a los observados para los beta-agonistas. En ese sentido, el uso de levaduras enriquecidas como aditivo biótico en la alimentación de rumiantes se ha propuesto como una alternativa viable. Los principales productos de levaduras provienen de cultivos de *Aspergillus oryzae* y *Saccharomyces cerevisiae*. Algunos de los beneficios observados en rumiantes son el incremento en el consumo de MS, en la digestibilidad de FDN, en el flujo de N microbiano a duodeno y en el pH ruminal (Williams et al., 1991; Miller-Webster et al., 2002). Dichos cambios favorecen la producción de leche (Kung et al., 1997) o la ganancia diaria de peso (Drennan, 1990). Sin embargo, los resultados no siempre han sido consistentes (Lila et al., 2004; Beauchemin et al., 2006; Eastridge, 2006). Lo anterior, puede deberse al tipo de levadura (Newbold et al., 1995), a su presentación (levadura viva o inactivada, Oeztuerk et al., 2005), su concentración (McGinn et al., 2004), a las características de la dieta, al método de adición (Elwakeel et al., 2007) o a la dosis utilizada (Beauchemin, 2003). En la búsqueda de obtener resultados más consistentes

se han desarrollado combinaciones de otros nutrientes con las levaduras. En ese sentido, se ha demostrado que el uso de levaduras ya sea combinada con enzimas (Elwakeel et al., 2007), con vitaminas (Kellems et al., 1991) o bien con minerales, tales como el selenio, tienen resultados positivos (Kellems et al., 1990). Por otro lado, compuestos no bióticos que influyen, bajo diferentes rutas, el comportamiento productivo y composición de la ganancia se han estado probando. Tal es el caso del mineral cromo, el cual como aditivo alimenticio ha demostrado efectos benéficos sobre la fermentación y metabolismo lipídico (Besong et al., 2001), la digestión de MS (Kornegay et al., 1997) y la composición de la ganancia, produciendo mayores rendimientos en la canal en cerdos (Page et al., 1993; Mooney y Cromwell, 1995; Matthews et al., 2005), obteniendo mejores resultados cuando la presentación del cromo es en forma orgánica (vgr. Cr-propionato, Cr-picolinato) ya que esto aumenta su biodisponibilidad (Starich y Blincoe, 1983).

Una forma de transformar el cromo inorgánico a orgánico es incorporándolo a una matriz orgánica y esto se puede lograr durante el proceso de obtención de levadura, ya que esta lo agrega como un complejo de cromo-niacina. Este complejo ha demostrado alta biodisponibilidad y efectos positivos sobre el crecimiento y la composición final en pavos (Bonomia et al., 1999).

Hasta el momento existe información limitada sobre el uso de levaduras enriquecidas con minerales orgánicos, entre ellos el cromo, sobre el comportamiento productivo y las características de la canal en ovinos de pelo alimentados con dietas altas en energía.

HIPÓTESIS

La levadura viva enriquecida con cromo a diferentes niveles, en dietas de finalización de ovinos de pelo tiene efectos positivos en el comportamiento productivo y características de la canal.

OBJETIVO

Evaluar los efectos de la levadura viva enriquecida con cromo a diferentes niveles, en dietas de finalización de ovinos de pelo sobre el comportamiento productivo y características de la canal.

Revisión de Literatura

Generalidades de los hongos

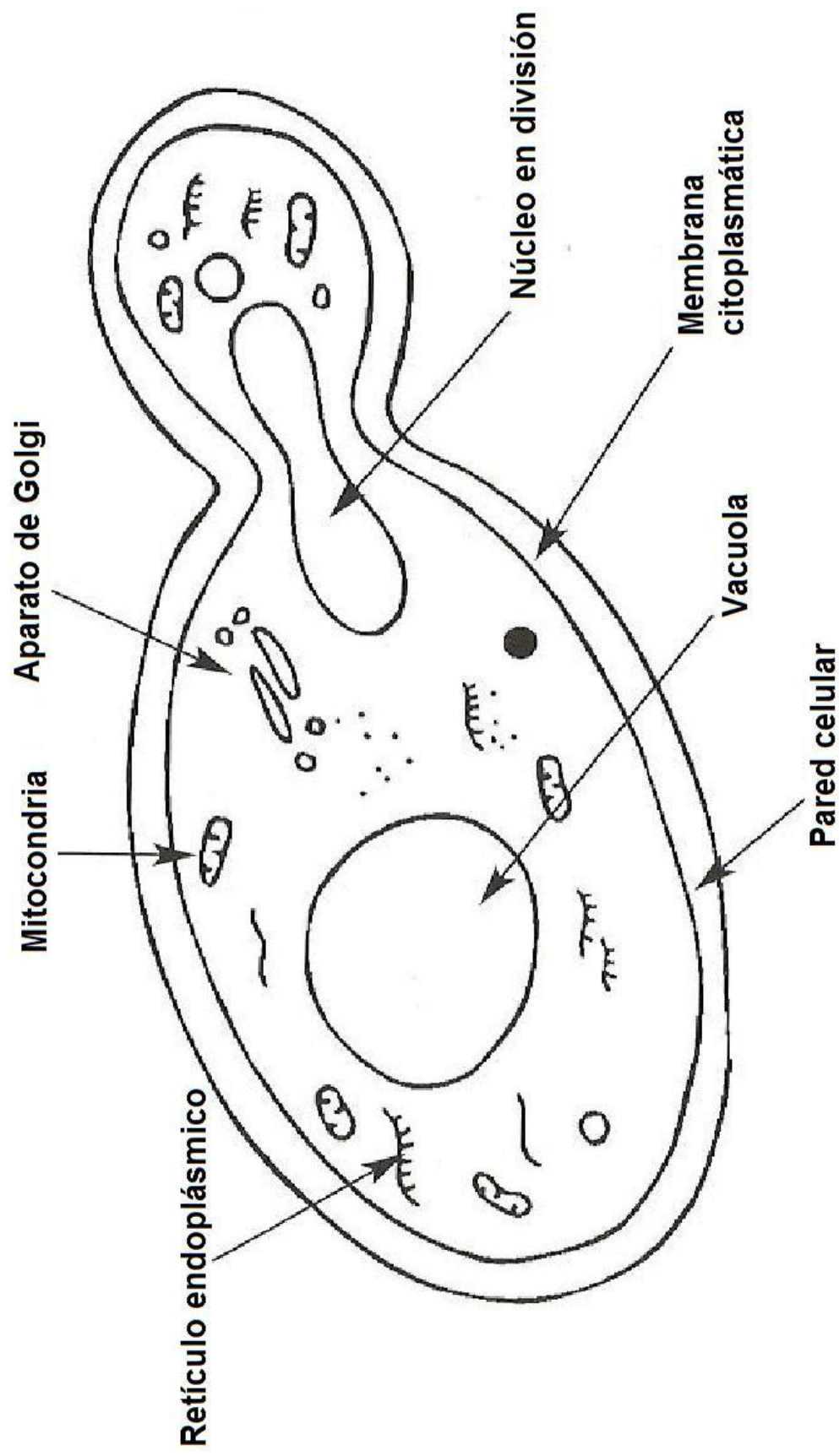
Los hongos son organismos que por sus características comunes constituyen un reino independiente: el reino Fungi. Se trata de seres que carecen de clorofila y son heterótrofos, es decir, se nutren por la absorción de compuestos simples del carbono que obtienen directamente del sustrato o previa digestión enzimática cuando el sustrato es más complejo. Estructuralmente, son microorganismos eucariontes cuyo genoma está organizado en núcleos rodeados de membrana nuclear. La división celular la realizan por meiosis o por mitosis. Tienen los organelos propios de la célula eucariota, como son: mitocondrias, ribosomas, vacuolas, cuerpos lípidicos, etc.; y externamente, poseen una pared celular rígida. Desde el punto de vista morfológico, pueden ser unicelulares, pluricelulares o dimórficos. Los hongos se reproducen por mecanismos sexuales y asexuales (Vadillo et al., 2002).

Vadillo et al. (2002) mencionan que morfológicamente, se pueden diferenciar tres tipos de hongos:

Levaduras: Son microorganismos unicelulares, de formas variadas (globosos, ovoides o alargados), de un tamaño comprendido entre 1-5 μ de ancho y 5-30 μ de largo. En una colonia de levaduras cada célula es pluripotencial y plurifuncional (Figura 1).

Hongos micelares o filamentosos: Se caracterizan por ser pluricelulares y de forma filamentosa.

Hongos dimórficos: Dependiendo de las condiciones de desarrollo



(Vadillo et al., 2002)

Figura 1. Esquema de una célula de levadura en gemación.

(sustrato y temperatura), presentan una morfología diferente (unicelular o filamentosa). Se observa principalmente en los hongos patógenos.

Levaduras

Stone (1998) señala que las especies de levaduras se diferencian entre sí, por: donde se les localiza, su morfología celular, como metabolizan diferentes sustratos y como se reproducen. Si bien hay cerca de 50.000 especies de hongos, sólo hay 60 géneros distintos de levadura, que representa cerca de 500 especies diferentes.

La palabra levadura se extiende por diferentes culturas y lenguas, en francés, la levadura se llama *levure*, basado en el término latino *levare*, que significa levantar (Kobs, 2002), refiriéndose al esponje o levante del pan cuando se agrega la levadura a la masa (González y Valenzuela, 2003). En alemán, la levadura se llama *hefe*, que se deriva del verbo *haben* que también significa levantar. En inglés "yeast" y en holandés "gist", palabras que se derivan del término griego *zestos*, que significa hervir. Todos los significados figuran a raíz de la espuma burbujeante causada por la levadura (Kobs, 2002).

Dentro del género *Saccharomyces*, la especie *cerevisiae* constituye la levadura y el microorganismo eucarionte más utilizado, tanto comercialmente, como con fines científicos (Lushchak, 2006). También es conocido como "levadura de panadería" (González y Valenzuela, 2003). Los términos *Saccharomyces cerevisiae* (SC) derivan del vocablo *Saccharo* (azúcar), *myces* (hongo) y *cerevisiae* (cerveza) (Cervantes-Contreras y Pedroza, 2008).

Otras levaduras importantes que se utilizan con fines industriales son: *Candida utilis* (levadura torula), *Kluyveromyces marxianus* (Stone, 1998), *Saccharomyces boulardii* y *Cryptococcus curvatus* (López et al., 2009).

Condiciones de desarrollo de las levaduras

Las levaduras son abundantes en todo el medio ambiente. Se pueden encontrar en los granos de cereales, subproductos de granos, ensilados, henos y también en el suelo y el agua (Stone, 1998). Y su estado fisiológico depende de éstas condiciones medioambientales (Kärenlampi et al., 1981).

pH: La mayoría toleran un rango de pH entre 3 y 10 (Carrillo, 2003), aunque su crecimiento óptimo tiene lugar a pH ácido (pH 5.0-6.0) (Serrano, 2006).

Temperatura: Generalmente son mesófilas, con una temperatura máxima de crecimiento entre 24 y 48°C. Sólo unas pocas son psicrófilas con una temperatura máxima de crecimiento por debajo de 24°C, pero mayor es el número de las levaduras que tienen la temperatura óptima de crecimiento por debajo de 20°C. Solamente unas pocas pueden desarrollarse cerca de 0°C, entre las que se encuentran *Yarrowia lipolytica*, *Debaryomyces hansenii* y *Pichia membranaefaciens*. Por otra parte, *Kluyveromyces marxianus* crece a 48°C, mientras que otras son capaces de proliferar por sobre los 40°C, entre ellas *Pichia polymorpha*, *Geotrichum capitatum*, SC y especies de *Candida* y *Debaryomyces* (Carrillo, 2003). Para SC, el crecimiento normal es a una temperatura de unos 24-30°C (Simola, 2010), aunque a 39°C que es la temperatura del ambiente ruminal, se ve afectado su crecimiento y disminución de la viabilidad a 48 horas de incubación (Dengis et al., 1995).

Nutrientes, digestión y asimilación: Crecen tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas (Lushchak, 2006), son organismos fermentadores enérgicos (Carrillo, 2003), degradan en el exterior de la célula unas pocas moléculas complejas (disacáridos, polisacáridos), mediante la liberación de enzimas citoplasmáticas a través de la pared celular. La síntesis de enzimas está regulada, es inducida por la presencia del sustrato y se inhibe por la presencia de productos finales o de otros compuestos más fácilmente utilizables (Vadillo et al., 2002). Pero el rango de compuestos que pueden asimilar es mucho más amplio incluyendo además, pentosas, alcoholes, ácidos orgánicos, aminoácidos y monosacáridos, que se absorben directamente a través de la membrana celular (Carrillo, 2003).

Por otra parte, la levadura necesita para crecer algunas vitaminas del complejo B como biotina, ácido pantoténico, inositol, tiamina, piridoxina y niacina. En el proceso de producción industrial de levadura, por hacer los costos de producción mínimos, se utilizan melazas de caña de azúcar o de remolacha que reúnen la mayor parte de las condiciones (Ertola et al., 1994).

El nitrógeno asimilable debe administrarse en forma de amoníaco, urea o sales de amonio, aunque también se pueden emplear mezclas de aminoácidos. Ni el nitrato ni el nitrito pueden ser asimilados (Ertola et al., 1994). Es decir, pueden utilizar nitrógeno orgánico e inorgánico para biosintetizar sus propias proteínas, aunque algunas requieren aminoácidos preformados. Como fuente de azufre utilizan el ion SO_4^{-2} , aunque algunos precisan el suministro de aminoácidos azufrados (Vadillo et al., 2002).

Ertola et al. (1994), señalan que aparte de carbono y nitrógeno, otros macroelementos indispensables son el fósforo que se emplea comúnmente en forma de ácido fosfórico y el magnesio como sulfato de magnesio, que también provee azufre. Finalmente son también necesarios el calcio, hierro, cobre y zinc como elementos menores.

Morales (2007) señala que las levaduras son capaces de metabolizar y transformar de forma natural minerales inorgánicos hacia formas orgánicas en un proceso similar al que realizan las plantas. Cuando un individuo consume las células de levadura, estas pueden aportarle diversos nutrientes (proteínas, péptidos y vitaminas) a parte de los minerales.

Inhibición y eliminación: SC y otras, son consideradas como levaduras “killer”, ya que: secretan polipéptidos tóxicos para otros microorganismos (Aldsworth et al., 2009), por quelación eliminan toxinas del tracto gastrointestinal o actúan sobre las enzimas microsomales, acelerando la eliminación del tóxico (Perozo Marín et al., 2003). Shen et al. (2009) observaron que en cerdos al incluir SC en la dieta se redujo significativamente el número de *Escherichia coli* en el intestino delgado. Esto debido, a que la levadura es un fuerte inhibidor y aglutinador de esta bacteria (Van Driessche y Beeckmans, 2005).

Pero también las levaduras pueden ser inhibidas, como es el caso de las levadura SC y *Kluyveromyces marxianus*, que son inhabilitadas por medio de Ácidos Grasos de 8 y 10 carbonos (Isaacs y Lampe, 2000).

Antecedentes de la utilización de *Saccharomyces cerevisiae*

Las levaduras se han utilizado a lo largo de los Siglos por civilizaciones antiguas, las cuales las usaron antes de comenzar a entender la verdadera naturaleza de su función (Kobs, 2002). Existe la evidencia de que los Babilonios alrededor del 6000 a. C. hacían 16 clases de cerveza, utilizando cebada, trigo y miel (Lee, 2009); y ya en el año 2600 a.C. el pan era conocido (Ertola et al., 1994). También a través de cereales se produjo cerveza en Egipto y vino de arroz en el Noroeste de Asia, alrededor del 4000 a. de C. (Lee, 2009). En la antigua Roma había más de 250 panaderías que hacían pan con levadura en el año 100 a.C. Actualmente, la levadura es más comúnmente utilizada en la fabricación de pan y la producción de bebidas alcohólicas (Kobs, 2002).

Aunque sus efectos beneficiosos se han observado durante Siglos, su inclusión en la dieta animal sólo se ha producido en el último Siglo (Stone, 1998). Uno de los primeros experimentos que reportan su uso en la dieta de animales fue en 1925 (Gao et al., 2008). Sin embargo, hoy en día la investigación continúa evaluando su uso y beneficios cuando se incluye en la dieta animal (Kobs, 2002).

Las levaduras y sus fracciones son consideradas como importantes productos naturales promotores del crecimiento (Gao et al., 2008), aprobados como seguros para su empleo en dietas para rumiantes y no rumiantes (Tang et al., 2008) dentro de la Unión Europea, Japón y Estados Unidos de América (Denev et al., 2007).

Por lo que se han utilizado ampliamente con fines de mejorar los parámetros productivos, obteniendo resultados positivos en: bovinos

productores de carne (Plascencia et al., 2008) y leche (Kim et al., 2006), ovinos (Cole et al., 1992), caprinos (Fadel Elseed et al., 2007), conejos (Solano et al., 2001), cerdos (Li et al., 2006), pollos (Gao et al., 2008) y últimamente en equinos (Jouany et al., 2008). Sin embargo, no solo se han utilizado con fines productivos, sino también de salud, observándose que su uso tiene efectos positivos en la respuesta inmune de: cerdos (Li et al., 2006; Shen, et al., 2009) y pollos (Perozo Marín et al., 2003). Y en camarones mejoró la supervivencia un 60 a 80% (Scholz et al., 1999).

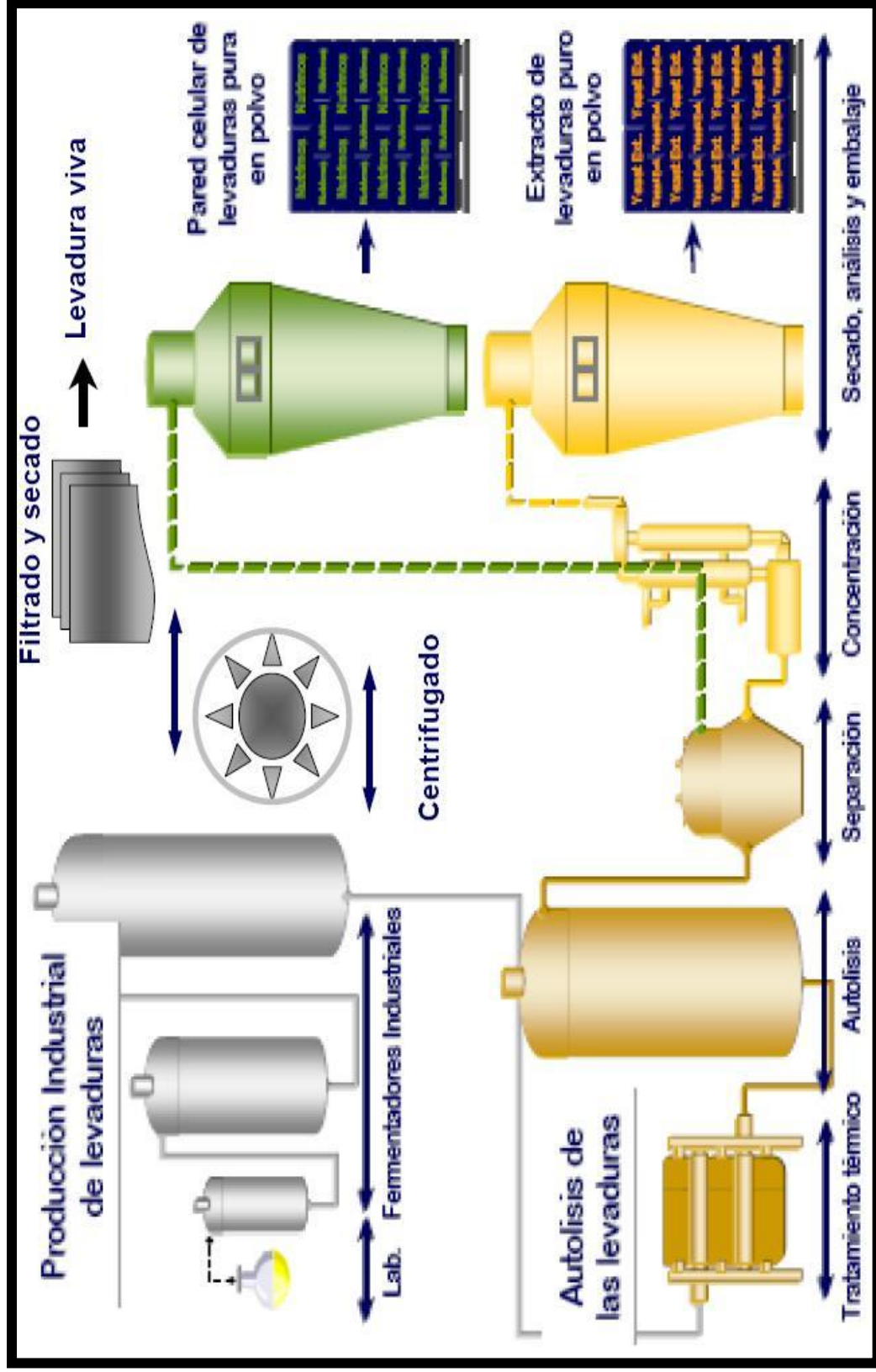
Otro uso es en biotecnología, ya que SC sirve como un excelente modelo básico en la investigación, debido a que su genoma ha sido completamente secuenciado y es relativamente fácil de manipular (Simola, 2010). Además SC representa un “puente biológico” entre bacterias y organismos superiores, ya que posee gran similitud con las células animales tanto a nivel macromolecular como de organelos (Valdivieso, 2006).

Fabricación industrial de levaduras completas y sus fracciones

La industria de la alimentación en conjunto con agencias reguladoras, han aceptado el término más genérico de “cultivos microbianos” o “cultivos microbianos proporcionados directamente” (Denev et al., 2007), que se definen como "una fuente de microorganismos vivos (viables), de origen natural" (Cromwell, 2001). Ya que originalmente a estos, se les llamó “probióticos” o productos “para la vida”. Sin embargo, el término “probiótico” implica un carácter curativo (Kobs, 2002).

Cromwell (2001) señala que 42 diferentes microorganismos se consideran como seguros y se pueden utilizar como cultivos microbianos. Incluyen hongos (*Aspergillus oryzae* y SC), bacterias Gram-positivas (*Leuconostoc mesenteroide* y especies de *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Propionibacterium*, y *Enterococcus*) y bacterias Gram-negativas (especies de *Bacteroides*). Las especies de *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Enterococcus* y SC, suelen ser microorganismos utilizados como cultivos microbianos, mientras que las especies de *Asperigillus* y *Bacillus* también se utilizan como fuente de enzimas. *Leuconostoc mesenteroides* y especies de *Pediococcus* y *Propionibacterium* se utilizan principalmente como aditivos para ensilaje.

La fabricación de cultivos microbianos de SC, incluye las siguientes fases (Figura 2): 1) selección, aislamiento y multiplicación celular de SC a nivel laboratorio; 2) propagación de la cepa en el laboratorio (de frascos de 10 mililitros a frascos de 10 litros), realizada con la finalidad de aumentar la cantidad del producto industrial; 3) propagación industrial, se emplean fermentadores o bioreactores aeróbicos en donde el objetivo es proveer los nutrientes (oxígeno, nitrógeno y carbohidratos), y las correctas condiciones de temperatura y pH al cultivo microbiano para que se multiplique (Stone, 1998; Kobs, 2002); y 4) secado y deshidratado, cuando la concentración de SC es suficiente, el caldo de levadura es centrifugado, para formar una crema, posteriormente ésta se filtra y se seca a una temperatura adecuada para destruir su capacidad fermentativa (Stone, 1998), evitando la degradación o el



(Morales, 2007)

Figura 2. Producción industrial de levaduras activas, extracto y paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae*.

deterioro causado por los agentes externos, preservando el producto (Picado et al., 2006).

La producción de extracto y pared celular de SC se realiza como un paso alternativo y posterior a la producción industrial de cultivos microbianos activos. Cuando la cantidad de SC es la adecuada dentro de los fermentadores, se realiza el procesamiento para obtener fracciones de levaduras, puede ser por medio un proceso térmico (Morales, 2007) o por acción de enzimas endógenas, estos dos tipos de procesos provocan la autólisis de la pared celular de SC y se libera el protoplasma, obteniéndose estos productos (Peralta, 2008). A partir de aquí, se lleva a cabo un proceso de centrifugación del producto autorizado que provocara la separación del extracto y pared celular de SC muerta. Posteriormente los dos productos separados son concentrados y secados (Morales, 2007).

Tipos de *Saccharomyces cerevisiae* utilizadas en producción animal

Los cultivos microbianos se utilizan frecuentemente en la industria animal como complementos en la alimentación (Kobs, 2002). Los tipos que enseguida se explican son los que se elaboran más comúnmente.

SC activa o viva desecada: Este producto está apareciendo con más frecuencia en la industria alimenticia, no como producto puro, sino en forma diluida, con una amplia gama de cuentas de viabilidad de levadura, las más comunes son de 1.0×10^8 ó 1.0×10^{10} Unidades Formadoras de Colonias (UFC), por gramo, que representa el 25% de levaduras activas desecadas. El

resto del producto se compone de diluyentes como cáscara de arroz o solubles de destilería (Stone, 1998).

La levadura viva de SC es rica en proteínas de alto valor biológico y abundante en vitaminas del complejo B, como biotina, niacina, ácido pantoténico y tiamina, entre otras (Perdomo et al., 2004; Hinton, 2007) (Cuadro 1).

SC inactiva o muerta: Contienen las células muertas junto con los residuos del medio de cultivo utilizado para su fermentación, más los metabolitos resultantes de dicha fermentación (Rico, 1998). Su principal función es proporcionar nutrientes a los microorganismos ruminales (Vite, 2008).

SC enriquecida con minerales: El contenido de UFC por gramo es alrededor de 1.0×10^4 (Vite, 2008). SC normalmente posee alrededor de 2 ppm de cromo (Cr) orgánico, es una concentración muy baja. Sin embargo, los fabricantes suelen elevar el contenido, por 2 métodos: 1) mezclar la levadura con Cr inorgánico u orgánico, para formar una mezcla de levadura de Cr (Ibrahim et al., 2010); y 2) durante la producción de SC vivas, estas son capaces de transformar el Cr inorgánico a orgánico (Pallauf y Müller, 2006), que es un Cr trivalente y componente activo del "factor de tolerancia a la glucosa"(GTF, por sus siglas en ingles). El GTF es un cofactor necesario para potenciar la insulina (Bomba et al., 2005).

El Cr inorgánico, como el Cloruro de Cr (CrCl_3) y Óxido de Cr (CrO_2) se absorben mal en los animales (de 0.4 a 3% o menos), independientemente de la dosis y la dieta (Starich y Blincoe, 1983). A pesar de esto, Besong et al.

Cuadro 1. Composición nutrimental de las diferentes presentaciones de *Saccharomyces cerevisiae* y su fracciones, para bovinos.

Nutriente	Activa o viva desechada	Inactiva o muerta	Extracto	Paredes celulares	Levadura seca de cerveza
Proteína Cruda, %	52.30	mínimo 35	70.80	21.80	46.90
Grasa Cruda, %	0.06	-----	0.17	0.93	-----
Fibra Cruda, %	1.44	3.20	0.67	1.52	-----
Cenizas, %	7.41	6.70	12.07	1.43	7.10
Extracto Etéreo, %	-----	1.00	-----	-----	0.90
Fibra Detergente Ácida, %	-----	3.70	-----	-----	4.00
Metionina, %	1.00	-----	1.20	-----	-----
Lisina, %	4.30	-----	5.60	-----	-----
Cisteína, %	0.60	-----	0.70	-----	-----
Nitrógeno No Proteico, %	1.00	-----	1.90	-----	-----
Energía Metabolizable, Mega Calorías	2.87	2.86	-----	-----	-----
Energía Neta de Ganancia, Mega Calorías	-----	1.19	-----	-----	-----
Energía Neta de Mantenimiento, Mega Calorías	-----	1.79	-----	-----	-----
Energía Neta de Lactancia, Mega Calorías	-----	1.69	-----	-----	-----
Referencia	Perdomo et al., 2004 y Hinton, 2007	Lee, 2009	Perdomo et al., 2004	Westendorf y Wohlt, 2002	

(2001) en novillos observaron efectos benéficos sobre la fermentación y metabolismo lipídico.

Hay seis fuentes conocidas de compuestos de Cr orgánicos: Cr y metionina, nicotinato de Cr, quelato de Cr, propionato de Cr, picolinato de Cr y levadura enriquecida con Cr (Myers y Spears, 2001). Investigaciones con animales han confirmado que la levadura enriquecida con Cr presenta una alta biodisponibilidad y actividad biológica, y una absorción 25-30% más que los compuestos inorgánicos (Starich y Blincoe, 1983; Studzin'ski et al., 2006).

La levadura enriquecida con Cr disminuyó el nivel de colesterol de la yema del huevo en gallinas de postura (Eseceli, 2010); en pollos de engorda: aumentó la concentración sérica de la proteína total y globulina, redujo los lípidos totales y colesterol en plasma, incrementó la proteína del pecho y muslo, así como redujo la grasa en estas piezas, a medida que se aumentó el nivel (Ibrahim et al., 2010). Y en pavos, tuvo efectos positivos en el crecimiento y la composición final (Bonomi et al., 1999). En cerdos, con picolinato de Cr se mejoró la digestión de MS (Kornegay et al., 1997) y con propionato de Cr mejoró la composición de la ganancia, produciendo mayores rendimientos (Matthews et al., 2005).

De la misma forma que transforma la levadura el Cr inorgánico a orgánico, lo hace con el selenio (Se), formándose generalmente un complejo Se-metionina o Se-cisteína (Bomba et al., 2005) que presentan una absorción aparente de 80-100% (Studzin'ski et al., 2006). Estas formas de Se orgánico y junto con las sales de Se inorgánico (selenito de sodio y selenato de sodio), son las principales fuentes de Se en la nutrición de animales (Pallau y Müller,

2006). Con las levaduras enriquecidas con Se la producción de leche es 2.5 a 3.0 veces más alta que con la selenita de sodio (Mahan, 2000). Ren et al. (2010) informan que las levaduras enriquecidas con Se incluidas en la dieta de gallinas de postura mejoran la producción y peso del huevo, así como su concentración de Se. Mahan y Parrett (1996) observaron una mayor retención de Se, cuando este se proporcionó en forma orgánica en cerdos en crecimiento. En becerros la inclusión de levadura enriquecida con Se en la dieta, aumenta: la fagocitosis de los macrófagos y la concentración y biodisponibilidad del Se en sangre. Haciendo a este complejo orgánico, beneficioso en la prevención o corrección de las deficiencias durante periodos de estrés y bajos consumos de alimento (Duff y Galyean, 2007). Por último, la inclusión de levadura enriquecida con Se en dietas de ovinos, incrementa significativamente la concentración de este mineral en sangre (Vignola et al., 2007).

Extracto de SC: Es disponible en forma de pasta o polvo, es básicamente una mezcla de aminoácidos, péptidos, vitaminas solubles en agua y carbohidratos (Ertola et al., 1994) y actúan como promotores del crecimiento de microorganismos (Stone, 1998). Además, Bedford y Partridge (2001) mencionan que presentan todos los minerales necesarios para el crecimiento, especialmente, cobre, hierro, magnesio y zinc.

Paredes celulares de SC: Los polisacáridos que las forman representan del 80-85%, cuyos componentes activos son la glucosa (glucanos) y manosa (mánanos), los cuales forman aproximadamente el 92% de los polisacáridos

constituidos en la pared y que son reconocidos como inmuno-estimulantes y colonizadores de la mucosa intestinal (Arce et al., 2005).

Los glucanos funcionan como adyuvantes incrementando las actividades de macrófagos, células T, B y NK (asesinas naturales). El péptido glucano β -1,3 incrementa la eficacia de las vacunas (Rondón, 2004). La manosa se encuentra en concentraciones relativamente altas en las paredes celulares de la levadura. Estos compuestos tienen una elevada afinidad por los sitios específicos de algunas bacterias patógenas, lo que impide su adhesión al epitelio intestinal. Dando como resultado, que los microorganismos patógenos se eliminen con el flujo del intestino, y a los benéficos (por ejemplo, los lactobacilos) se les dé la oportunidad de adherirse y colonizar (Cromwell, 2001).

Arce et al. (2008) observaron en pollos de engorda, a los que se le incluyeron paredes celulares de SC en su dieta, aumentos en: el peso corporal y área de vellosidades.

Levadura de cerveza: Con la producción de cerveza, se obtienen subproductos o desechos, conocidos como granos de cerveza y levadura de cerveza (Stone, 1998). La levadura residual del proceso de producción de cerveza es extraída y secada, para posteriormente venderla como levadura de cerveza (Westendorf y Wohlt, 2002). Tanto la levadura de cerveza o las levaduras de panadería se utilizan en la alimentación humana y animal como fuente de vitaminas, minerales y proteínas (Kobs, 2002). La levadura comercial seca de cerveza debe contener no menos de 35% de PC y la soluble

condensada no menos del 20% de PC y 70% de carbohidratos en base a MS (Westendorf y Wohlt, 2002; Blair, 2008).

Efecto de *Saccharomyces cerevisiae* sobre la digestión de nutrientes y función ruminal

SC es un microorganismo fúngico que no se encuentra normalmente en el rumen (Williams et al., 1991), se adiciona a dietas para animales con la finalidad de mejorar sus resultados productivos y sanitarios (Beauchemin et al., 2006; Krehbiel et al., 2006). La levadura no crece en el fluido ruminal (Newbold et al., 1996) y se encuentra metabólicamente activa en el solo por un máximo de 48 horas (Kung et al., 1997). Por lo cual, es incapaz de colonizar el tracto digestivo, transitando a lo largo de él pudiendo ejercer un efecto de barrera. De esta forma, su capacidad de acción estará relacionada con el uso continuo y en cantidades suficientes (Morales, 2007).

En una situación similar a la de la mayoría de los nuevos aditivos naturales, los mecanismos de acción específicos para los diferentes aditivos elaborados a partir de levadura y sus fracciones, empleados en dietas de animales no han sido claramente definidos (Macedo et al., 2009). A pesar de esto, los beneficios obtenidos en la salud y productividad de los animales por su inclusión en la dieta son bien documentados (Chaucheyras-Durand y Fonty, 2001; Oeztuerk et al., 2005).

Digestión de celulosa: Srinivas et al. (2010) observaron un aumento de peso de 6.92% en Búfalos en pastoreo, complementados con SC. De igual

manera, Hučko et al. (2009) en becerros lactantes observaron incrementos de 28.57% (Cuadro 2).

Materia Orgánica: En bovinos, la inclusión de levadura en la dieta aumentó su ingesta diaria 21.34% (Olson et al., 1994b) y entre 5.16 y 7.53% su digestión ruminal verdadera (Olson et al., 1994b; Srinivas et al., 2010). De igual manera, en ovinos incrementó significativamente la digestibilidad (Titia et al., 2007; Paryad y Rashidi, 2009).

Fibras Detergentes: En bovinos, aumento la ingesta de FDA 20.59% (Olson et al., 1994b) y su digestión 6.25%. En cuanto a FDN, su digestión se elevó 5.39% (Srinivas et al., 2010) y su ingesta 20.58% (Olson et al., 1994b). En lo que respecta a ovinos, se han observado incrementos en la digestibilidad de la FDA (Titia et al., 2007) y FDN (Paryad y Rashidi, 2009).

Proteína aparente y Nitrógeno: En bovinos, aumentó el porcentaje de digestión de la proteína aparente a nivel ruminal 68%. De igual forma, aumento la ingestión de Nitrógeno 20.33% y la disponibilidad de Nitrógeno dietario soluble 28.88% (Olson et al., 1994a y 1994b). Sin embargo, en ovinos, no hubo efectos significativos sobre la ingesta de proteína digestible y balance de nitrógeno (Titia et al., 2007), pero si en el aumento de la digestibilidad del Nitrógeno (Cole et al., 1992).

Cambio del patrón de fermentación: Los productos que contienen SC tienen que ver con la modificación de la fermentación ruminal (Rivas et al., 2008), cambio del número total de bacterias (Yoon y Stern, 1996) y bacterias celulolíticas (Dawson et al., 1990), incrementando la proporción de propionato y decreciendo la de lactato (Lila et al., 2004). Sin embargo, otros autores reportan

Cuadro 2. Efecto de *Saccharomyces cerevisiae* sobre la digestión e ingesta de nutrientes, en rumiantes productores de carne.

Parámetro	Testigo	Levadura	Tipo de animal y dieta	Referencia
% de Digestión				
<i>Materia Seca</i>	56.62 ^a	68.24 ^b	Ovinos maduros: 50% de heno de alfalfa y 50% de orujo de tomate.	Paryad y Rashidi, 2009
	69.00 ^a	70.40 ^a	Ovinos cara blanca de 26 Kg: 53.34% de forraje y 46.66% de concentrado.	Adams et al., 1981
	56.90 ^a	59.90 ^b	<i>Becerras de Búfalos Murrah de 200 Kg:</i> forraje ad libitum y 500 gramos/animal/día de concentrado.	Srinivas et al., 2010
	63.8 ^a	65.40 ^b	<i>Novillos y vaquillas de 368Kg:</i> en pastoreo de pastos nativos.	Olson et al., 1994b
<i>Celulosa</i>	57.80 ^a	62.10 ^b	<i>Becerras de Búfalos Murrah de 200 Kg:</i> forraje ad libitum y 500 gramos/animal/día de concentrado.	Srinivas et al., 2010
	0.095 ^a	0.133 ^b	<i>Becerras Holstein de 42Kg:</i> Del día 4 al día 56 de edad, fueron alimentados con leche entera de vaca y una mezcla de concentrado.	Hučko et al., 2009
<i>Ruminal de MO verdadera</i>	59.33 ^a	66.73 ^b	Ovinos maduros: 50% de heno de alfalfa y 50% de orujo de tomate.	Paryad y Rashidi, 2009
	70.20 ^a	71.60 ^a	Ovinos cara blanca de 26 Kg: 53.34% de forraje y 46.66% de concentrado.	Adams et al., 1981
	65.00 ^a	70.30 ^b	<i>Novillos y vaquillas de 368Kg:</i> en pastoreo de pastos nativos.	Olson et al., 1994b
	58.80 ^a	62.00 ^b	<i>Becerras de Búfalos Murrah de 200 Kg:</i> forraje ad libitum y 500 gramos/animal/día de concentrado.	Srinivas et al., 2010
<i>Fibra Detergente Neutra</i>	53.37 ^a	60.5 ^b	Ovinos maduros: 50% de heno de alfalfa y 50% de orujo de tomate.	Paryad y Rashidi, 2009

	56.20 ^a	59.40 ^b	<i>Becerras de Búfalos Murrah de 200 Kg: forraje ad libitum y 500 gramos/animal/día de concentrado.</i>	Srinivas et al., 2010
	49.65 ^a	54.15 ^b	Ovinos maduros: 50% de heno de alfalfa y 50% de orujo de tomate.	Paryad y Rashidi, 2009
<i>Fibra Detergente Ácida</i>	45.50 ^a	44.40 ^a	Ovinos cara blanca de 26 Kg: 53.34% de forraje y 46.66% de concentrado.	Adams et al., 1981
	52.50 ^a	56.00 ^b	<i>Becerras de Búfalos Murrah de 200 Kg: forraje ad libitum y 500 gramos/animal/día de concentrado.</i>	Srinivas et al., 2010
<i>Ruminal de proteína aparente</i>	5.20 ^a	16.30 ^b	<i>Novillos y vaquillas de 368Kg: en pastoreo de pastos nativos.</i>	Olson et al., 1994b
Ingestión, g/d				
<i>N</i>	123.00 ^a	154.40 ^b	<i>Novillos y vaquillas de 368Kg: en pastoreo de pastos nativos.</i>	Olson et al., 1994b
<i>MO</i>	5.86 ^a	7.45 ^b	<i>Novillos y vaquillas de 368Kg: en pastoreo de pastos nativos.</i>	Olson et al., 1994b
<i>FDN</i>	4.63 ^a	5.83 ^b	<i>Novillos y vaquillas de 368Kg: en pastoreo de pastos nativos.</i>	Olson et al., 1994b

a, b Literales diferentes entre columnas indican diferencia significativa (P<.05) entre tratamientos.

que en novillos productores de carne, se observaron pocos cambios en los productos de la fermentación ruminal (Martin y Nisbet, 1992; Zinn et al., 1999) (Cuadro 3).

Estabilización del pH: SC modifica el pH ruminal (Miller-Webster et al., 2002); ya que tiene que ver en la estimulación de la utilización de hidrógeno por bacterias ruminales acetogénicas (Lila et al., 2004). También optimiza la utilización de lactato por las bacterias (Newbold et al., 1996), con la reducción de este se logra una mayor estabilización del pH ruminal (Cole, 1991). En contraste, en otros trabajos con bovinos y ovinos, no se observaron cambios (Adams et al., 1981; Dawson et al., 1990; Zinn et al., 1999; Tripathi et al., 2008).

Ácidos Grasos Volátiles (AGV): Edwards (1991) señala que la concentración de estos aumenta con la adición de SC, particularmente acetato pero también propionato y valerato, y butirato no tienen cambios significativos. Sin embargo, otros autores difieren con estos resultados y mencionan que su influencia no suele ser significativa en bovinos (Dawson et al., 1990; Zinn et al., 1999) y ovinos (Tripathi et al., 2008) (Cuadro 4).

Hučko et al. (2009) en becerros lactantes observaron efectos significativos al reducir la concentración de: lactato (31.57%), butirato (27.48%) y AGV totales (24.32%). Por lo contrario aumentó la relación acetato: propionato (18%) y en cuanto al propionato no hubo diferencias significativas.

Flujo post ruminal de nutrientes: El incremento del flujo de proteína microbiana hacia el intestino delgado (Erasmus et al., 1992; Miller-Webster et al., 2002) ha sido atribuido a que SC puede servir como fuente de vitaminas sobre todo de tiamina, vitamina capaz de estimular el crecimiento de ciertos

Cuadro 3. Efecto de *Saccharomyces cerevisiae* sobre la digestión de nutrientes, en bovinos productores de carne.

Parámetro	Testigo	Levadura	Tipo de animal y dieta	Referencia
pH ruminal	6.14 ^a	6.19 ^a	<i>Novillos Hereford de 400Kg: 53.34% de forraje y 46.66% de concentrado.</i>	Adams et al., 1981
	7.04 ^a	6.97 ^a	<i>Novillos Jersey: 77.5% de forraje y 22.5% de concentrado.</i>	Dawson et al., 1990
	6.32 ^a	6.19 ^a	<i>Novillos de 252Kg: 18% de forraje y 72% de concentrado.</i>	Zinn et al., 1999
Bacterias celulolíticas, número/ml	7.29 ^a	8.20 ^b	<i>Novillos Jersey: 77.5% de forraje y 22.5% de concentrado.</i>	Dawson et al., 1990
Amoniaco ruminal, mg/100 ml	32.80 ^a	24.80 ^a	<i>Novillos Hereford de 400Kg: 53.34% de forraje y 46.66% de concentrado.</i>	Adams et al., 1981
	12.00 ^a	6.30 ^b	<i>Novillos y vaquillas de 368Kg: en pastoreo de pastos nativos.</i>	Olson et al., 1994b
Nitrógeno soluble	0.32 ^a	0.45 ^b	<i>Novillos y vaquillas Hereford X Angus de 368 Kg: en pastoreo de pastos nativos.</i>	Olson et al., 1994 ^a

a, b Literales diferentes entre columnas indican diferencia significativa (P<.05) entre tratamientos.

Cuadro 4. Efecto de *Saccharomyces cerevisiae* sobre la producción de Ácidos Grasos Volátiles, en bovinos productores de carne.

Parámetro	Testigo	Levadura	Tipo de animal y dieta	Referencia
Ácidos Grasos Volátiles Totales, mmoles/litro	101.75 ^a	92.30 ^a	<i>Novillos Hereford de 400Kg:</i> 53.34% de forraje y 46.66% de concentrado.	Adams et al., 1981
	1.11 ^a	0.84 ^b	<i>Becerras Holstein de 42Kg:</i> Del día 4 al día 56 de edad, fueron alimentados con leche entera de vaca y una mezcla de concentrado.	Hučko et al., 2009
	68.80 ^a	73.20 ^a	<i>Novillos Jersey:</i> 77.5% de forraje y 22.5% de concentrado.	Dawson et al., 1990
Acetato, moles/100 moles	62.70 ^a	61.05 ^a	<i>Novillos Hereford de 400Kg:</i> 53.34% de forraje y 46.66% de concentrado.	Adams et al., 1981
	46.38 ^a	53.11 ^b	<i>Becerras Holstein de 42Kg:</i> Del día 4 al día 56 de edad, fueron alimentados con leche entera de vaca y una mezcla de concentrado.	Hučko et al., 2009
	72.30 ^a	72.00 ^a	<i>Novillos Jersey:</i> 77.5% de forraje y 22.5% de concentrado.	Dawson et al., 1990
	57.70 ^a	58.00 ^a	<i>Novillos de 252Kg:</i> 18% de forraje y 72% de concentrado.	Zinn et al., 1999
Propionato, moles/100 moles	23.30 ^a	25.25 ^a	<i>Novillos Hereford de 400Kg:</i> 53.34% de forraje y 46.66% de concentrado.	Adams et al., 1981
	37.90 ^a	35.90 ^a	<i>Becerras Holstein de 42Kg:</i> Del día 4 al día 56 de edad, fueron alimentados con leche entera de vaca y una mezcla de concentrado.	Hučko et al., 2009

Butirato, moles/100 moles	15.20 ^a	15.10 ^a	<i>Novillos Jersey: 77.5% de Forraje y 22.5% de Concentrado.</i>	Dawson et al., 1990
	31.20 ^a	30.20 ^a	<i>Novillos de 252Kg: 18% de Forraje y 72% de Concentrado.</i>	Zinn et al., 1999
	11.50 ^a	10.95 ^a	<i>Novillos Hereford de 400Kg: 53.34% de forraje y 46.66% de concentrado.</i>	Adams et al., 1981
	15.72 ^a	11.40 ^b	<i>Becerras Holstein de 42Kg: Del día 4 al día 56 de edad, fueron alimentados con leche entera de vaca y una mezcla de concentrado.</i>	Hučko et al., 2009
	7.30 ^a	7.60 ^a	<i>Novillos Jersey: 77.5% de forraje y 22.5% de concentrado.</i>	Dawson et al., 1990
	11.10 ^a	11.70 ^a	<i>Novillos de 252Kg: 18% de forraje y 72% de concentrado.</i>	Zinn et al., 1999
Lactato, mmoles/litro	0.019 ^a	0.013 ^b	<i>Becerras Holstein de 42Kg: Del día 4 al día 56 de edad, fueron alimentados con leche entera de vaca y una mezcla de concentrado.</i>	Hučko et al., 2009
Relación acetato:propionato	1.23 ^a	1.50 ^b	<i>Becerras Holstein de 42Kg: Del día 4 al día 56 de edad, fueron alimentados con leche entera de vaca y una mezcla de concentrado.</i>	Hučko et al., 2009

a, b Literales diferentes entre columnas indican diferencia significativa (P<.05) entre tratamientos.

hongos presentes en el rumen (Morales, 2007) y a que también pueden eliminar el oxígeno en el rumen, esta condición incrementa la proliferación de microorganismos de tipo anaeróbicos (Newbold et al., 1996), es decir de bacterias celulolíticas y que utilizan lactato (Callaway y Martín, 1997).

Producción de amoníaco y metano: Se redujo la concentración de amoníaco en el líquido ruminal de bovinos un 47.5% (Olson et al., 1994b) y la producción de metano (Edwards, 1991). En contraste Rojo et al. (2000) y Adams et al. (1981), señalan que no se observaron efectos en la concentración de nitrógeno amoniacal ruminal y McGinn et al. (2004) indican que no hubo efecto significativo sobre la reducción de producción de metano. Así mismo, Tripathi et al. (2008) en ovinos no observaron efectos en la concentración de amoníaco ruminal.

Liberación de metabolitos: SC libera enzimas esenciales (Wohlt et al., 1998), como amilasas, proteasas, lipasas y celulasas (Higginbotham et al., 1994); además vitaminas y aminoácidos durante la digestión, todo lo cual tiene un efecto positivo en el rendimiento de los rumiantes. Esto puede deberse a la interacción de estos metabolitos con los microorganismos ruminales (Wohlt et al., 1998).

Retención de minerales: Cole et al. (1992) en becerros estresados observaron un incremento en la retención sérica de magnesio y fósforo, 1.67 y 9.02 miligramos/100 mililitros, respectivamente. Estos mismos autores, observaron en ovinos una retención positiva de zinc. En concordancia, Srinivas et al. (2010), reportaron en becerros de búfalos Murrah aumento de la retención

e ingestión de nitrógeno, calcio y fósforo, estos resultados indican la influencia de la levadura sobre el balance de calcio y fósforo.

Digestibilidad: Posiblemente los mecanismos de acción de SC, que aumentan la digestibilidad y mejoran el rendimiento de los rumiantes, pueden atribuirse a lo siguiente: 1) cambio en la flora bacteriana por competencia y estimulación del crecimiento, por incremento del número (de 12.9 a 18.0%) (Arambel y Kent, 1990) y actividad de las bacterias celulolíticas (Hučko et al., 2009; Srinivas et al., 2010), y alteración de la síntesis microbiana, 2) modulación del ambiente ruminal evitando fluctuaciones en el pH (Williams et al., 1991; Miller-Webster et al., 2002), 3) reducción de la actividad de las bacterias metanogénicas (Eduwards, 1991), 4) optimización de la absorción de minerales, 5) aminoácidos, vitaminas y enzimas, liberadas por las levaduras, interaccionan con los microorganismos ruminales (Cole et al., 1992), 6) incremento en metabolitos como AGV a causa de una mayor actividad bacteriana (Williams et al., 1991), 7) reducción de la concentración de amoníaco en el líquido ruminal (Olson et al., 1994b), 8) estimulación en la síntesis de proteína microbiana en el fluido ruminal (Beauchemin et al., 2006) que dará 9) un incremento del flujo de proteína microbiana hacia el intestino delgado (Erasmus et al., 1992), 10) incrementan el consumo voluntario de los animales (Adams et al., 1981), 11) estimulan el crecimiento de bacterias que utilizan lactato (Callaway y Martín, 1997), disminuyendo su concentración (Dawson et al., 1990) e 12) incrementando la degradación ruminal de la fibra (Olson et al., 1994b; Macedo et al., 2009). Con esto puede incrementar el valor nutricional de forraje de calidad pobre y dietas altas en granos (Arambel y Kent, 1990).

Efecto de *Saccharomyces cerevisiae* en el comportamiento productivo de rumiantes productores de carne

Consumo de materia seca (CMS) y Ganancia Diaria de Peso (GDP):

Ha generado resultados favorables en las etapas de recepción y finalización (Callaway y Martin, 1997). Phillips y VonTungeln (1985) señalan que los resultados de su utilización en becerros estresados son muy variables a usarla en becerros no estresados; y que bajo estrés SC parece tener efectos benéficos en la salud y rendimiento de becerros después de que fueron transportados 36 horas, aumentando el CMS y la GDP. Sin embargo, en becerros lactantes no tiene efectos significativos (Hučko et al., 2009). En ovinos, el CMS aumentó cuando se adicionó levadura a la dieta (Tripathi et al., 2008). En contraste, a lo anterior, Macedo et al. (2006) no observaron en ovinos de pelo diferencias significativas en cuanto al CMS, GDP y CA (Cuadro 5).

Plascencia et al. (2008), señalan que en bovinos de engorda a medida que se aumenta el nivel de levadura enriquecida con Cr se incrementa la GDP, eficiencia en ganancia, Conversión Alimenticia y Energía Neta observada de la dieta, observándose las mejores respuestas con dosis de 30 g/cabeza/día.

Bovinos en pastoreo y complementados con SC, manifestaron diferencias significativas de 32% en GDP, pero solo diferencias numéricas de 1% en cuanto al CMS, con respecto del grupo testigo (Combellas et al., 2002).

Aún cuando el uso de SC no ha mostrado en algunos estudios diferencias significativas con respecto del grupo testigo, diferencias numéricas de 3.7 y 11.9% en eficiencia y GDP han sido informadas en novillos alimentados con dietas de finalización (Adams et al., 1981; Herrera, 2008).

Cuadro 5. Efecto de *Saccharomyces cerevisiae* en el comportamiento productivo de rumiantes productores de carne.

Parámetro	Testigo	Levadura	Tipo de animal y dieta	Referencia
Consumo de Materia Seca, Kg/día	1.24 ^a	1.23 ^a	Ovinos de 19.84 Kg: Dieta concentrada basada en 63% de maíz quebrado.	Macedo et al., 2006
	0.77 ^a	0.70 ^a	Ovinos cara blanca de 26 Kg: 53.34% de forraje y 46.66% de concentrado.	Adams et al., 1981
	8.40 ^a	8.30 ^a	Novillos cruzados de 300 Kg: 10% de forraje y 90% de concentrado.	Zerby et al., 2011
	10.10 ^a	11.30 ^b	<i>Novillos Hereford, Brangus y cruza de Charolais de 234Kg: 53.34% de forraje y 46.66% de concentrado.</i>	Adams et al., 1981
	2.79 ^a	2.82 ^a	<i>Becerras y becerras con cruces de Brahman x Holstein de 280 kg: en pastoreo de Cynodon lempuensis y complementados con pollinaza y afrechillo de trigo.</i>	Combellas et al., 2002
	8.08 ^a	8.32 ^a	<i>Vaquillas con cruces de Cebú x Europeo de 341-375kg: 14% de forraje y 86% de concentrado.</i>	Plascencia et al., 2008
	4.55 ^a	4.53 ^a	<i>Novillos con cruces de razas inglesas de 194Kg: 34% de forraje y 66% de concentrado.</i>	Cole et al., 1992
	5.40 ^a	6.03 ^a	<i>Novillos 131-235Kg: 35.1% de forraje y 64.9% de concentrado.</i>	Phillips y VonTungeln, 1985
Ganancia Diaria de Peso, Kg	0.311 ^a	0.292 ^a	Ovinos de 19.84 Kg: Dieta concentrada basada en 63% de maíz quebrado.	Macedo et al., 2006
	1.71 ^a	1.71 ^a	Novillos cruzados de 300 Kg: 10% de forraje y 90% de concentrado.	Zerby et al., 2011

Conversión Alimenticia	0.59 ^a	0.78 ^b	<i>Becerras y becerras con cruces de Brahman x Holstein de 280 kg: en pastoreo de Cynodon lemfuensis y complementados con pollinaza y afrechillo de trigo.</i>	Combellas et al., 2002
	0.76 ^a	1.08 ^b	<i>Novillos 131-235Kg: 35.1% de forraje y 64.9% de concentrado.</i>	Phillips y VonTungeln, 1985
	1.34 ^a	1.41 ^a	<i>Novillos con cruces de razas inglesas de 194Kg: 34% de forraje y 66% de concentrado.</i>	Cole et al., 1992
	3.64 ^a	3.86 ^a	<i>Ovinos de 19.84 Kg: Dieta concentrada basada en 63% de maíz quebrado.</i>	Macedo et al., 2006
	6.42 ^a	6.32 ^a	<i>Novillos Hereford, Brangus y cruzas de Charolais de 234Kg: 53.34% de forraje y 46.66% de concentrado.</i>	Adams et al., 1981
	5.95 ^a	5.99 ^a	<i>Vaquillas con cruces de Cebú x Europeo de 341-375kg: 14% de forraje y 86% de concentrado.</i>	Plascencia et al., 2008
% de rendimiento en canal caliente	55.90 ^a	56.90 ^b	<i>Novillos Nellore de 339.5kg: 50% de forraje y 50% de concentrado.</i>	Gomes et al., 2009
	58.65 ^a	58.5 ^a	<i>Novillos Hereford, Brangus y cruzas de Charolais de 231Kg: 75% de forraje y 25% de concentrado.</i>	Mir y Mir, 1994

a, b Literales diferentes entre columnas indican diferencia significativa ($P < .05$) entre tratamientos.

Rendimiento y características de la canal: El aumentar el nivel de SC enriquecida con Cr en la dieta tendió a resultar en canales más pesadas y redujo la grasa pélvica, renal y cardiaca y no presento efectos en: área del ojo de la costilla, grasa subcutánea sobre el músculo del ojo de la costilla y grado de marmoleo (Plascencia et al., 2008) y Gomes et al. (2009) menciona que SC viva mejoro el rendimiento de la canal caliente (55.9 vs 56.9%). En contraste, Mir y Mir (1994) mencionan que en novillos, no se observa significancia, en estas variables, solo las canales fueron más pesadas.

Salud: La complementación con SC en becerros en el período de recepción reduce 48% la morbilidad (Zinn et al., 1999), de 21.5 a 44% el total de días de enfermedad (Cole et al., 1992; Zinn et al., 1999) (Cuadro 6).

En becerros alimentados con un producto de levadura viva en un sustituto de leche presentan menor cantidad de días con diarrea y una mejora en la GDP (Drackley, 2008); y cuando es incluida en el 2% del iniciador en base a MS, además aumenta el consumo de iniciador (Lesmeister et al., 2004).

Murdoch et al. (2006) dicen que la levadura enriquecida con Cr puede mejorar la respuesta humoral del sistema inmune de becerros estresados durante la venta y transporte, ya que mejora la eficacia de las vacunas antígeno dependientes.

El timpanismo espumoso en bovinos es causado por el atrapamiento de gas en el fluido ruminal. Sin embargo, SC reduce significativamente la fuerza de la espuma del líquido ruminal, sugiriendo que tiene un efecto potencial en la reducción del riesgo de timpanismo (Moya et al., 2009).

Cuadro 6. Efecto de *Saccharomyces cerevisiae* en salud de bovinos productores de carne.

Parámetro	Testigo	Levadura	Tipo de animal y dieta	Referencia
Días de enfermedad	11.15 ^a	4.90 ^b	Novillos cruzados en recepción de 190Kg: 18% de forraje y 72% de concentrado.	Zinn et al., 1999
% de morbilidad	63.00 ^a	60.00 ^a	Novillos con cruces de razas inglesas de 194Kg: 34% de forraje y 66% de concentrado.	Cole et al., 1992
	75.00 ^a	37.50 ^b	Novillos cruzados en recepción de 190Kg: 18% de forraje y 72% de concentrado.	Zinn et al., 1999

a, b Literales diferentes entre columnas indican diferencia significativa ($P < .05$) entre tratamientos.

Factores que influyen en el efecto de *Saccharomyces cerevisiae*

La respuesta de los rumiantes a los cultivos microbianos de SC ha sido inconsistente (Beauchemin et al., 2006; Eastridge, 2006). La falta de resultados sólidos puede estar asociada directamente con el tipo de levadura (Dawson et al., 1990), el nivel de inclusión (Plascencia et al., 2008) (Cuadro 7), su presentación (levadura activa o inactiva), método de adición (Elwakeel et al., 2007), concentración (McGinn et al., 2004) (Cuadro 8) o también a la interacción de la calidad de fibra y el nivel dietario y sus efectos en la digestibilidad (Mir y Mir, 1994) (Cuadro 9). Otro aspecto que no ha sido considerado, es que la respuesta al cultivo puede estar en función de las condiciones de salud de los animales (Zaragoza et al., 2001).

En la búsqueda de obtener resultados más sólidos, se han desarrollado combinaciones de cultivos microbianos con otros nutrientes, que presentaron resultados positivos, como: con enzimas (Elwakeel et al., 2007), con vitaminas (Kellems et al., 1991) o bien con minerales, tales como el Se (Kellems et al., 1990) y Cr (Bonomi et al., 1999; Eseceli, 2010; Ibrahim et al., 2010).

Cuadro 7. Efecto con distintos niveles de inclusión de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, en el comportamiento productivo de bovinos productores de carne.

Parámetro	Nivel de levadura, g/cabeza/día		
	10	20	30
Consumo de materia seca, Kg/día	7.88 ^a	8.44 ^a	8.64 ^a
Ganancia Diaria de Peso, Kg	1.22 ^a	1.45 ^b	1.56 ^c
Conversión Alimenticia	6.47 ^a	5.92 ^b	5.59 ^c
% de rendimiento en canal	62.18 ^a	62.34 ^a	62.58 ^b

(Plascencia et al., 2008)

a, b, c Literales diferentes entre columnas indican diferencia significativa ($P < .05$) entre tratamientos.

Cuadro 8. Efecto de diferentes concentración de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de levadura *Saccharomyces cerevisiae* sobre la digestión de nutrientes y función ruminal, en bovinos productores de carne.

Parámetro	Testigo	1.5×10^{10} UFC/g	2×10^{10} UFC/g
Consumo de materia seca, Kg/día	7.38 ^a	7.51 ^b	6.71 ^c
pH ruminal	6.92 ^a	6.97 ^a	6.99 ^a
Ácidos Grasos Volátiles Totales, mmoles/litro	73.36 ^a	69.10 ^a	72.40 ^a
Acetato, moles/100 moles	67.90 ^a	66.80 ^a	67.10 ^a
Propionato, moles/100 moles	18.90 ^a	19.40 ^a	19.30 ^a
Butirato, moles/100 moles	9.30 ^a	9.70 ^a	9.70 ^a
Coefficiente de Digestibilidad de la Materia Seca	63.90 ^a	64.60 ^a	64.60 ^a

(McGinn et al., 2004)

a, b, c Literales diferentes entre columnas indican diferencia significativa ($P < .05$) entre tratamientos.

Cuadro 9. Efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* a diferentes dietas, en el comportamiento productivo de bovinos productores de carne.

Parámetro	Testigo	Levadura
Ensilado de Alfalfa		
Coefficiente de Digestibilidad de la Materia Seca	71.23 ^a	71.50 ^a
Consumo de Materia Seca, Kg/día	6.75 ^a	7.00 ^a
Ganancia Diaria de Peso, Kg/día	1.10 ^a	1.20 ^a
Conversión Alimenticia	6.05 ^a	5.95 ^a
Ensilado de Maíz		
Coefficiente de Digestibilidad de la Materia Seca	70.65 ^a	70.45 ^a
Consumo de Materia Seca, Kg/día	7.10 ^a	7.40 ^b
Ganancia Diaria de Peso, Kg/día	1.15 ^a	1.10 ^a
Conversión Alimenticia	6.30 ^a	6.80 ^b
Grano rolado de cebada		
Coefficiente de Digestibilidad de la Materia Seca	63.30 ^a	69.65 ^b
Consumo de Materia Seca, Kg/día	9.70 ^a	9.85 ^a
Ganancia Diaria de Peso, Kg/día	1.20 ^a	1.20 ^a
Conversión Alimenticia	8.550 ^a	8.50 ^a

(Mir y Mir, 1994)

a, b Literales diferentes entre columnas indican diferencia significativa ($P < .05$) entre tratamientos.

Conclusiones

De acuerdo a la revisión de literatura realizada, los cultivos de levaduras SC, vivas o enriquecidas con diversos minerales, son aditivos bióticos, inocuos, de origen natural y aprobados como seguros en todo el mundo. Sin embargo, sus resultados son muy inconsistentes, ya que algunos autores reportan efectos positivos y otros no observaron diferencias significativas. En los parámetros, que no coinciden los reportes, son en lo referente a: el consumo de MS y la GDP, las respuestas en canal así como variables digestivas tales como la concentración ruminal de AGV totales, concentración ruminal de acetato y butirato.

Por otra parte, la mayoría coinciden en que tiene efectos positivos, en cuanto: digestión de celulosa, ingesta y digestión de materia orgánica, ingesta y digestión de FDN, digestión de FDA, ingestión de N, digestión de MS, número de bacterias celulolíticas, concentración de amoníaco ruminal y N soluble, concentración ruminal de lactato y la relación acetato: propionato, días de enfermedad y morbilidad.

Toda esta inconsistencia y falta de solidez en los resultados puede deberse principalmente a el nivel de inclusión de levadura y tipo de levadura, así como el efecto sinérgico de las levaduras enriquecidas con minerales tales como el Se y el Cr. Adicionalmente existen variables dietéticas y de salud como son la concentración e interacción de la calidad de fibra, las condiciones de salud de los animales.

En la búsqueda de obtener resultados más uniformes, se han desarrollado combinaciones de cultivos microbianos con otros nutrientes, observándose resultados positivos, con: enzimas, vitaminas o bien con minerales, como el Se y Cr.

Literatura Citada

- Adams, D.C., M.L. Galyean, H.E. Kiesling, J.D. Wallace and M.D Finker. 1981. Influence of viable yeast culture, sodium bicarbonate and monensin on liquid dilution rate, rumen fermentation and feedlot performance of growing steers and digestibility in lambs. *J. Anim. Sci.* 53(3):780-789.
- Aldsworth, T., C.E.R. Dodd and W. Waites [book on CD-ROM]. 2009. Food microbiology. In *Food Science and Technology*. Campbell-Platt, G. Ed. Wiley-Blackwell. p. 165.
- Arambel, M. J. and B. A. Kent. 1990. Effect of Yeast Culture on Nutrient Digestibility and Milk Yield Response in Early- to Midlactation Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 73:1560-1563.
- Arce, M. J., E.G. Ávila, C.C. López, A.E. García y G.F. García. 2005. Efecto de paredes celulares (*Saccharomyces cerevisiae*) en el alimento de pollo de engorda sobre parámetros productivos. *Téc. Pecu. Méx.* 43 (2): 155-162.
- Arce, M.J., E.G. Ávila y C.C. López. 2008. Comportamiento productivo y cambios morfológicos en vellosidades intestinales del pollo de engorda a 21 días de edad con el uso de paredes celulares del *Saccharomyces cerevisiae*. *Vet. Méx.* 39 (2).
- Beauchemin, K.A., C.R. Krehbiel and C.J. Newbold [book on CD-ROM]. 2006. Enzymes, bacterial direct-fed microbials and yeast: Principles for use in

ruminant nutrition. p. 251-284 in *Biology of Nutrition in Growing Animals*. R. Mosenthin, J. Zentek, and T. Zebrowska, ed. Elsevier Limited, Amsterdam, the Netherlands.

Beauchemin, K.A., D. Colombatto, D.P. Morgavi and W.Z. Yang. 2003. Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. *Journal of Animal Science*. 81: (Suppl.2): E 37-E 47.

Bedford, M.R. and G.G. Partridge. 2001. *Enzymes in farm animal nutrition*. Published by CAB International. p 341.

Besong, S., J.A. Jackson, D.S. Trammell and V. Akay. 2001. Influence of supplemental chromium on concentrations of liver triglyceride, blood metabolites and rumen VFA profile in steers fed moderately high fat diet. *J. Dairy Sci.*, 84 (7): 1679-1685.

Blair, R [book on CD-ROM]. 2008. *Nutrition and feeding of organic poultry*. Published by CAB International. p 79-87.

Bomba, A., R. Nemcová and D. Mudronova [book on CD-ROM]. 2005. Enhancement of the efficacy of probiotic microorganisms in nutrition and prevention of diseases of the young animal. p. 465 in: *Microbial Ecology in Growing Animals*. W.H. Holzapfel and P.J. Naughton. ed. Elsevier Limited, Amsterdam, the Netherlands.

- Bonomi, A., B.M. Bonomi e A. Quarantelli.1999. Il cromo organico nell'alimentazione del tacchino da carne. La Rivista di scienza dell'alimentazione. 28: 63-74.
- Callaway E.S. and S.A. Martin. 1997. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. J. Dairy Sci. 80:2035-2044.
- Carrillo, L. 2003 [book on CD-ROM]. Los hongos de los alimentos y forrajes. Universidad Nacional de Salta. p. 91-98.
- Cervantes-Contreras, M. y A.M. Pedroza. 2008. Caracterización microbiológica del pulque y cuantificación de su contenido de etanol mediante espectroscopia Raman. Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales. Superficies y Vacío. 20 (3), 1-5.
- Chaucheyras-Durand, F. and G. Fonty. 2001. Establishment of cellulolytic bacteria and development of fermentative activities in the rumen of gnotobiotically-reared lambs receiving the microbial additive *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077. Reprod. Nutr. Dev. 41, 57-68.
- Cole, D.J.A.1991. The Role of the Nutritionist in Designing Feeds for the Future. Proceedings of Alltech's Seventh Annual Sympsoium. In: T. P. Lyons Eds. Biotechnology in the Feed Industry. Alltech's Technical Publications, Nicholasville, KY, USA. p. 11.

- Cole, N. A., C.W. Purdy and D.P. Hutcheson.1992. Influence of yeast culture on feeder calves and lambs. *J. Anim. Sci.* 70:1682-1690.
- Combellas, J., S. Jacqueline, M. Tesorero y L. Gabaldón. 2002. Respuesta productiva de mautes a la adición de un cultivo de levaduras a una dieta de pasto, cama de pollos y afrechillo de trigo. *Zootecnia Tropical.* 20(3):373-381.
- Cromwell, G. L. 2001 [book on CD-ROM]. Antimicrobial and Promicrobial Agents. In: A. J. Lewis and L. L. Southern (ed.) *Swine Nutrition*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Dawson, K.A., K.E. Newman and J.A. Boling. 1990. Effect of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. *J. Anim. Sci.* 68: 3392-3398.
- Denev, S. A., Tz. Peeva, P. Radulova, P. Stancheva, G. Staykova, G. Beev, P. Todorova and S. Tchobanova. 2007. Yeast cultures in ruminant nutrition. *Bulg. J. Agric. Sci.* 13: 357-374.
- Dengis, P.D., L.R. Nelissen and P.G. Rouxhet. 1995. Mechanisms of yeast flocculation comparison of top-and bottom-fermenting strains. *Appl. Env. Microbiol.* 61:718-728.
- Drackley, J.K. 2008. Calf Nutrition from Birth to Breeding. *Vet. Clin. Food Anim.* 24 55–86.

- Drennan, M. 1990. Effect of Yea Sacc1026 on feed intake and performance of finishing bulls. Page 495 in Supplement to the Proceedings of Alltech's 6th Annual Symposium. Alltech Technical Publications, Nicholasville, KY.
- Duff, G. C. and M. L. Galyean. 2007. Board-Invited Review: Recent advances in management of highly stressed, newly received feedlot cattle. J. Anim. Sci. 85:823-840.
- Eastridge, M.L. 2006. Major advances in applied dairy cattle nutrition. J. Dairy. Sci. 89:1311-1323.
- Edwards, I.E.1991. Practical Uses of Yeast Culture in Beef Production: Insight into its Mode of Action. Proceedings of Alltech's Seventh Annual Symposium. In: T. P. Lyons Eds. Biotechnology in the Feed Industry. Alltech's Technical Publications, Nicholasville, KY, USA. p. 55-61.
- Elwakeel, E.A., E.C. Tigemeyer, B. J. Johonson, C. K. Armendariz and J. E. Shirley. 2007. Fibrolitic enzymes to increase the nutritive value of dairy feedstuffs. J. Dairy. Sci. 90:5226-5636.
- Erasmus, L.J., P.M. Botha and A. Kistner. 1992. Effect of yeast culture supplementation on production, rumen fermentation, and duodenal nitrogen flow in dairy cows. J. Dairy Sci. 75, 3056-3065.
- Ertola, R., O. Yantorno y C. Mignone. 1994. Microbiología Industrial. Ed. Serie Biología. OEA. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washignton, D.C., USA. p. 73-81.

- Eseceli, H. 2010. The Effect of Inclusion of Chromium Yeast (Co-Factor II, Alltech Inc.) and Folic Acid to the Rations of Laying Hens of Performance, Egg Quality, Egg Yolk Cholesterol, Folic Acid and Chromium Levels. J. Anim. Vet. Adv., 9(2): 384-391.
- Fadel Elseed, A.M.A., Rania and M.A. Abusamra. 2007. Effects of Supplemental Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) Culture on NDF Digestibility and Rumen Fermentation of Forage Sorghum Hay in Nubian Goat's Kids. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3(3): 133-137.
- Gao, J., H.J. Zhang, S.H. Yu, S.G. Wu, I. Yoon, J. Quigley, Y.P. Gao and Q.G.H. 2008. Effects of Yeast Culture in Broiler Diets on Performance and Immunomodulatory Functions. J. Sci. Poultry. 87:1377-1384.
- Gomes, R.C., P.R. Leme, S.L. Silva, M.T. Antunes e C.F. Guedes. 2009. Qualidade de carcaça de novilhos terminados com dietas contendo levedura, monensina e associação de ambos aditivos. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.61, n.3, p.648-654.
- González, A., y L. Valenzuela. 2003. La levadura *Saccharomyces cerevisiae*: un modelo de estudio desde hace más de cien años. Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, UNAM. Cuernavaca, Mor. p. 1-13.
- Herrera, S.N.C. 2008. Efecto de la levadura (Yea-Sacc® 1026) y de dos implantes anabólicos sobre la ganancia de peso en el engorde en

estabulación de toretes enteros o elastrados. Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. p. 3-9.

Higginbotham, G. E., C. A. Collar, M. S. Aseltine and D. L. Bath. 1994. Effect of Yeast Culture and *Apergyllus oryzae* Extract on Milk Yield In a Commercial Dairy Herd. J. Dairy Sci. 77:343-348.

Hinton, D.G. 2007. Supplementary feeding of sheep and beef cattle. Second Edition, Land Links. p 40.

Hučko, B., V.A. Bampidis, A. Kodeš, V. Christodoulou, Z. Mudřík, K. Poláková and V. Plachý. 2009. Rumen fermentation characteristics in pre-weaning calves receiving yeast culture supplements. Czech J. Anim. Sci., 54 (10): 435-442

Ibrahim, D. K., Essa H. Al-Mashhadani and Luma K. Al-Bandr. 2010. Effect of Supplementing Different Levels of Chromium Yeast to Diet on Broiler Chickens on Some Physiological Traits. Pak. J. Nutr., 9 (10): 942-949.

Isaacs, C.E. and M.F. Lampe [book on CD-ROM]. 2000. Lactolipids. In Natural Food Antimicrobial Systems, Naidu, A.S. Ed. CRC Press. p 184.

Jouany, J.P., J. Gobert, B. Medina, G. Bertin and V. Julliand. 2008. Effect of live yeast culture supplementation on apparent digestibility and rate of passage in horses fed a high-fiber or high-starch diet. J. Anim. Sci. 86:339-347.

- Kärenlampi, S. O., E. Marin and O.O.P. Hänninen. 1981. Effect of carbon source on the accumulation of cytochrome P-450 in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochem. J.* 194, 407-413.
- Kellems, R.O., A. Lagerstedt and M.V. Wallentine. 1990. Effect of Feeding *Aspergillus oryzae* Fermentation Extract or *Aspergillus oryzae* plus Yeast Culture plus Mineral and Vitamin Supplement on Performance of Holstein Cows during a Complete Lactation. *J. Dairy Sci.* 73:2922-2928.
- Kellems, R.O., R. Jones, D. Andreus and M.V. Wallentine. 1991. Effect of moisture in total mixed rations on feed consumption and milk production and composition in Holsteins cows. *J. Dairy Sci.* 74:929-932.
- Kim, H.S., B.S. Ahn, S.G. Chung, Y.H. Moon, J.K. Ha, I.J. Seo, B.H. Ahn and S.S Lee. 2006. Effect of yeast culture, fungal fermentation extract and non-ionic surfactant on performance of Holstein cows during transition period. *Animal Feed Science and Technology* 126 23-29.
- Kobs, D.J.C. 2002. The effect of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) culture in a free-choice mineral mix on intake, digestibility, and milk production for beef cattle on Fescue-based pasture. Presented Partial Fulfillment of the requirements for the Degree Master of Science in the Graduate School of The Ohio State University.
- Kornegay, E.T., Z. Wang, C.M. Wood and M.D. Lindemann. 1997. Supplemental chromium picolinate influences nitrogen balance, dry matter digestibility, and carcass traits in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 75:1319-1323.

- Krehbiel, R.C., J.N. Carter and C.J. Richards. 2006. Feed Additives in Beef Cow Nutrition. Tennessee Nutrition Conference. Department of Animal Science and UT Extension, The University of Tennessee.
- Kung, L.J.R., E.M. Kreck, R.S. Tung, A.O. Hession. A.C. Sheperd, M.A. Cohen, H.E. Swain and J.A.Z. Leedle. 1997. Effects of live yeast culture and enzymes on in vitro ruminal fermentattion and milk production of dairy cows. J. Dairy Sci., 80: 2045-2051.
- Lee, C. L. [book on CD-ROM]. 2009. Animal Nutrition Handbook. Second Revision. Ed. Lee L. Chiba. p 510-522.
- Lesmeister, K.E., A.J. Heinrichs and M.T. Gabler. 2004. Effects of supplemental yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) culture on rumen development, growth characteristics, and blood parameters in neonatal dairy calves. J. Dairy Sci; 87:1832-9.
- Li, J., D.F. Li, J.J. Xing, Z.B. Cheng and C.H. Lai. 2006. Effects of β -glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, and immunological and somatotropic responses of pigs challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. J. Anim. Sci. 84:2374-2381.
- Lila, Z. A., N. Mohammed, T. Yasui, Y. Kurokawa, S. Kanda and H. Itabashi. 2004. Effects of a twin strain of *Saccharomyces cerevisiae* live cells on mixed ruminal microorganism fermentation in vitro. J. Anim. Sci. 82:1847-1854.

- López, H.N., G.T. Afanador y C.J.N Ariza. 2009. Evaluación de tres levaduras provenientes de ecosistemas colombianos en la alimentación de pollos de engorde. *Revista Corpoica–Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 10(1), 102-114.
- Lushchak, V.I. 2006. Budding yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a model to study oxidative modification of proteins in eukaryotes. *Acta Biochimica Polonica*. Vol. 53 No. 4. 679-684.
- Macedo, B. R., R. V. Arredondo, R. R. Rodríguez, S. J. A. Rosales y G. A. Larios. 2009. Efecto de la adición de un cultivo de levaduras y de la ración sobre la degradación in vitro y productividad de corderos Pelibuey. *Téc. Pecu. Méx.* 47 (1): 41-53.
- Macedo, R., V. Arredondo y J. Beauregard. 2006. Influence of Yeast Culture on Productive Performance of Intensively Fattened Pelibuey Lambs in Colima, México. *Rev. AIA*. 10 (03): 59-67.
- Mahan, D.C., and N.A. Parrett. 1996. Evaluating the efficacy of Se-enriched yeast and inorganic selenite on tissue Se retention and serum glutathione peroxidase activity in grower and finisher swine. *J. Anim. Sci.* 74:2967.
- Mahan, D.C., 2000. Effect of organic and inorganic selenium sources and levels on sow colostrum and milk selenium content. *J. Anim. Sci.* 78, 100–105.
- Martin, S.A. and D.J. Nisbet. 1992. Symposium: Direct-Fed Microbials and rumen fermentation. *J. Dairy Sci.* 75:1736-1744.

- Matthews, J.O., A.C. Guzik, F.M. LeMieux, L.L. Southern and T.D. Bidner. 2005. Effects of chromium propionate on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 83:858–862.
- McGinn, S.M., K.A. Beauchemin, T. Coates and D. Colombatto. 2004. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. *J. Anim. Sci.* 82:3346-3356.
- Miller-Webster, T., W.H. Hoover, M. Holt and J.E. Nocek. 2002. Influence of yeast culture on ruminal microbial metabolism in continuous culture. *J. Anim. Sci.* 85: 2009-2014.
- Mir, Z. and P.S. Mir. 1994. Effect of the addition of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth and carcass quality of steers fed high-forage or high-grain diets and on feed digestibility and in vitro degradability. *J. Anim. Sci.* 72:537-545.
- Mooney, K. W. and G.L. Cromwell. 1995. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on growth, carcass characteristics, and accretion rates of carcass tissues in growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 73, 3351–3357.
- Morales, L.R. 2007. Las paredes celulares de levadura *Saccharomyces cerevisiae*: un aditivo natural capaz de mejorar la productividad y salud del pollo de engorde. Memoria para acceder el grado de Doctor. Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos, Universidad Autónoma de Barcelona. p. 78-86.

- Moya, D., S. Calsamiglia, A. Ferret, M. Blanch, J. I. Fandiño, L. Castillejos and I. Yoon. 2009. Effects of dietary changes and yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on rumen microbial fermentation of Holstein heifers. J. Anim. Sci. 87:2874-2881.
- Murdoch, G.K., E.K. Okine and R.J. Christopherson [book on CD-ROM]. 2006. Metabolic modifiers in animal nutrition: potential benefits and risks. p. 155 in Biology of Nutrition in Growing Animals. R. Mosenthin, J. Zentek, and T. Zebrowska, Ed. Elsevier Limited, Amsterdam, the Netherlands.
- Myers H.G. and J.W. Spears [book on CD-ROM]. 2001. Trace and Ultratrace Elements in Swine Nutrition. In Swine Nutrition, Lewis, A. J. and L. L. Southern. Second Edition. Ed. CRC Press.
- Newbold, C. J., R. J. Wallace and F. M. McIntosh. 1996. Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive for ruminants. British Journal of Nutrition. 76: 249-261.
- Newbold, C.J., R.J. Wallage, X.B. Chen and F.M. Mctintosh. 1995. Different strains of *Sacchromyces cerevisiae* differ in their effects on ruminal bacterial numbers in vitro and in sheep. J. Anim. Sci., 73: 1811-1818.
- Oeztuerk, H., B. Schroeder, M. Beyerbach and G. Breves. 2005. Influence of living and autoclaved yeast of *Saccharomyces boulardii* on vitro ruminal microbial metabolism. J. Dairy Sci. 88. 2594-2600.

- Olson, K. C., J. S. Caton, D. R. Kirby and P. L. Norton. 1994a. Influence of yeast culture supplementation and advancing season on steers grazing mixed-grass prairie in the northern Great Plains: I. Dietary composition, intake, and in situ nutrient disappearance. *J. Anim. Sci.* 72:2149-2157.
- Olson, K.C., J.S. Caton, D.R. Kirby and P.L. Norton. 1994b. Influence of yeast culture supplementation and advancing season on steers grazing mixed-grass prairie in the northern Great Plains: II. Ruminal fermentation, site of digestion, and microbial efficiency. *J. Anim. Sci.* 72:2158-2170.
- Page, T. G., L.L. Southern, T.L. Ward and D.L. Thompson Jr. 1993. Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 71, 656–662.
- Pallauf, J. and A.S. Müller. 2006. Inorganic feed additives. p. 210 in *Biology of Nutrition in Growing Animals*. R. Mosenthin, J. Zentek, and T. Zebrowska, Ed. Elsevier Limited, Amsterdam, the Netherlands.
- Paryad, A. and M. Rashidi. 2009. Effect of Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on Apparent Digestibility and Nitrogen Retention of Tomato Pomace in Sheep. *Pakistan Journal of Nutrition* 8 (3): 273-278.
- Peralta, M.F., R.D. Miazzo, y A. Nilson. 2008. Levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) en la alimentación de pollos de carne. Unidad de Investigación Aviar, Depto.de Producción Animal, Fac. de Agr. y Vet. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Vol. IX, Nº 10.

Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101008.html>

Accesado: Septiembre, 2009.

Perdomo, M. C., R. E. Vargas y J. Campos. 2004. Valor nutritivo de la levadura de cervecera (*Saccharomyces cerevisiae*) y de sus derivados, extracto y pared celular, en la alimentación aviar. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 12(3): 89-65

Perozo Marín, F., S. Rivera, G. Finol y Y. Mavárez. 2003. Aflatoxina B₁, Selenio y *Saccharomyces cerevisiae* en la respuesta inmune de pollos de engorde en el Estado Zulia, Venezuela. Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XIII, Nº 5, 360-370.

Phillips, W. A. and D.L. VonTungeln. 1985. The effect of yeast culture on the poststress performance of feeder calves. Nutr. Rep. Int. 32:287.

Picado, A., R. Mendieta y J. Martínez. 2006. Cinética de secado de la levadura cervecera (*Saccharomyces cerevisiae*). Revista Científica Nexo. Vol. 19, No. 01, pp. 49-56.

Plascencia, J. A, D. Alvarado-Fabela, J. Serrano-Ponce, J. Robles-Estrada, Y. Valdés-García, S. M. A. López y N. O. Torrentera. 2008. Influencia de la combinación de dos fuentes de levadura (levadura viva y levadura enriquecida con minerales orgánicos) sobre el comportamiento productivo de vaquillas de engorda alimentadas con dietas altas en energía. Congreso Internacional de Biotecnología. Agro-Biotecnología:

Nuevos Enfoques Ante Grandes Retos. La Habana Cuba, 30 de noviembre a 5 de diciembre.

Ren, Y., J. Wu and R. Renema [book on CD-ROM]. 2010. Nutritional and Health Attributes of Eggs. In Handbook of Poultry Science and Technology. I. Guerrero-Legarreta, Y.H. Hui, A.D. Alarcón-Rojo, C. Alvarado, A.S. Bawa, F. Guerrero-Avendaño, J. Lunden, L. McKee, Y. Mine, C.M. Owens, J.A. Pérez-Álvarez, J.M. Regenstein, M.R. Rosmini, J. Soriano-Santos and J. Eddie Wu. John Wiley & Sons, Inc., Publication. Volume 1: Primary Processing.

Rico, G. J. A. 1998. Utilización de aditivos en piensos para rumiantes: minerales forma orgánica, levaduras, enzimas, ionóforos y otros. Grupo Leche Pascual. XIV Curso de Especialización, Avances en Nutrición y Alimentación Animal. FEDNA. p. 47-66.

Rivas, J., T. Díaz, M. Hahn y P. Bastidas. 2008. Efecto de la suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* sobre la producción de leche al inicio de la lactancia en vacas lecheras. Zootecnia Trop. 26 (4): 421-428.

Robles-Estrada, J. C., A. Barreras-Serrano, G. Contreras, A. Estrada-Angulo, J. F. Obregón, F. G. Ríos and A. Plascencia. 2009. Effect of two β -adrenergic on finishing performance and carcass characteristics in lambs fed all-concentrate diets. J. Appl. Anim. Res. 36:33-36.

Rojo, R. R., M.G.D. Mendoza, C.M.B. García, G.J.R. Bárcena y I.E.M. Aranda. 2000. Consumo y digestibilidad de pastos tropicales en toretes con

suplementación nitrogenada y *Saccharomyces cerevisiae*. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 17: 358-370.

Rondón, B. I. 2004. Inmunoestimulantes en Medicina Veterinaria. Orinoquia, año/vol.8, número 002. Universidades de los Llanos, Villacencio, Colombia. p. 56-75.

Scholz, U., G. Garcia, D. Ricque, L.E. Cruz Suarez, F. Vargas Albores, J. Latchford. 1999. Enhancement of vibriosis resistance in juvenile *Penaeus vannamei* by supplementation of diets with different yeast products. Aquaculture 176, 271-283.

Serrano, C. R. 2006. Mecanismos de adaptación de *Saccharomyces cerevisiae* a la alcalinización ambiental. Memoria para acceder el grado de Doctor. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Universidad Autónoma de Barcelona. p. 8.

Shen, Y. B., X. S. Piao, S. W. Kim, L. Wang, P. Liu, I. Yoon and Y. G. Zhen. 2009. Effects of yeast culture supplementation on growth performance, intestinal health, and immune response of nursery pigs. J. Anim. Sci. 87:2614-2624.

Simola, M. 2010. Recovery of Yeast *Saccharomyces cerevisiae* after Thermal Insult. Institute of Biotechnology and Department of Biosciences. Division of Biochemistry. Faculty of Biological and Environmental Sciences and Helsinki Graduate School in Biotechnology and Molecular Biology. University of Helsinki.

- Solano, S. G., R.T. Sánchez y R. Ramírez. 2001. *Saccharomyces cerevisiae* con bagacillo de caña en dietas para conejos en ceba. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov, Bayamo, Granma. Rev. prod. anim. Vol 13 No.1.
- Srinivas K. D., P.J. Rama, R.E. Raghava and R.K. Sarjan. 2010. Effect of yeast culture supplementation on nutrient utilization in Graded Murrah buffalo bull calves. Livestock Research for Rural Development. Volume 22, Article #125. Retrieved.
- Starich G.H. and C. Blincoe.1983. Dietary chromium-forms and availabilities. Sci. Total Environ. 28, 443-454.
- Stone, C.W. 1998. Yeast Products in the feed industry. Diamond V Mills Cedar Rapids, IA.
- Studzin'ski, T., J. Matras, E.R. Grela, J.L. Valverde Piedra, J. Truchlin'ski and M.R. Tatara [book on CD-ROM]. 2006. Minerals: functions, requirements, excessive intake and toxicity. p. 476 in Biology of Nutrition in Growing Animals. R. Mosenthin, J. Zentek, and T. Zebrowska, Ed. Elsevier Limited, Amsterdam, the Netherlands.
- Tang, S. X., G. O. Tayo, Z. L. Tan, Z. H. Sun, L. X. Shen, C. S. Zhou, W. J. Xiao, G. P. Ren, X. F. Han and S. B. Shen. 2008. Effects of yeast culture and fibrolytic enzyme supplementation on in vitro fermentation characteristics of low-quality cereal straws. J. Anim. Sci.86:1164-1172.

- Titia, H.H., R.O. Dmour and A.Y. Abdullah. 2008. Growth performance and carcass characteristics of Awassi lambs and Shami goat kids fed yeast culture in their finishing diet. *Anim. Feed Sci. Technol.* 142, 33-43.
- Tripathi, M. K., S.A. Karim, O.H. Chaturvedi and D.L. Verma. 2008. Effect of different liquid cultures of live yeast strains on performance, ruminal fermentation and microbial protein synthesis in lambs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 92, 631-639.
- Vadillo, S., S. Píriz y E. Mateos. 2002. *Manual de Microbiología Veterinaria*. Primera edición. Editorial MacGraw Hill-Interamericana. p. 161-171.
- Valdivieso, U.M. 2006. Obtención y caracterización de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* superproductoras de glutatión. Memoria para aspirar al grado de Doctor en Química. Editorial de la Universidad de Granada.
- Van Driessche, E. and S. Beeckmans [book on CD-ROM]. 2005. Strategies for the prevention of *E. coli* infection in the young animal. p. 474 in: *Microbial Ecology in Growing Animals*. W.H. Holzapfel and P.J. Naughton. Ed. Elsevier Limited, Amsterdam, the Netherlands.
- Vignola, G., L. Lambertini, M. Giammarco, P. Pezzi and G. Mazzone. 2007. Effects of Se supplementation on growth rate and blood parameters in lambs. *Ital. J. Anim. Sci.* Vol. 6 (SUPPL. 1), 383-385.

- Vite, A.A. 2008. Biotecnología aplicada en la engorda de becerros en corral. Memorias del Simposium Nacional sobre Nutrición y Alimentación Animal CAPPs. Facultad de Agrobiología, Universidad Autónoma de Tlaxcala. p. 89-101.
- Westendorf, L.M. and J.E. Wohlt. 2002. Brewing by-products: their use as animal feeds. *Vet. Clin. Food Anim.* 18 233-252.
- Williams, P.E.V., C.A.G. Tait, G.M. Innes and C.J. Newbold. 1991. Effects of the inclusion of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae* plus growth medium) in the diet of dairy cows on milk yield and forage degradation and fermentation patterns in the rumen of steers. *J. Anim. Sci.* 69: 3016–3026.
- Wohlt, J. E., T. T. Corcione and P. K. Zajac. 1998. Effect of Yeast on Feed Intake and Performance of Cows Fed Diets Based on Corn Silage During Early Lactation. *J. Dairy Sci.* 81:1345-1352.
- Yoon, I.K. and M.D. Stern. 1996. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* cultures on ruminal fermentation in dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 79:411-417.
- Zaragoza, H. C., O. J. Ayala y M.G.D. Mendoza. 2001. Uso de *Saccharomyces cerevisiae* y monensina sódica en raciones con distinto nivel de proteína para vaquillas Holstein. *Técnica Pecuaria*, septiembre-diciembre, año/vol. 39, número 003. Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, México. p. 207-214.

Zerby, H.N., J.L. Bard, S.C. Loerch, P.S. Kuber, A.E. Radunz and F.L. Fluharty.

2011. Effects of diet and *Aspergillus oryzae* extract or *Saccharomyces cerevisiae* on growth and carcass characteristics of lambs and steers fed to meet requirements of natural markets. J. Anim. Sci. doi, 10.2527/jas.2010-3308.

Zinn, R.A., E.G. Álvarez, S. Rodríguez and J. Salinas. 1999. Influence of yeast culture on health, performance and digestive function of feedlot steers. Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci. 50:335-337.

Running Header: Chromium-enriched live yeast and growth performance in
drylot lambs.

**Growth performance, dietary energetics, carcass traits and visceral organ
mass in finishing lambs fed different levels of chromium-enriched live
yeast**

A. Estrada-Angulo^a, Y.S. Valdés^b, O. Carrillo-Muro^b, A. Barreras^b, A.
Plascencia^{b1}, F.G. Rios^a and R.A. Zinn^c

^a*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán
1084, Sinaloa, México*

^b*Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja
California. Mexicali 21100, Baja California, México*

^c*Department of Animal Science University of California Davis. 95616, USA*

¹ Corresponding author at: Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Av. Vista del Monte
#1750. Fracc. residencial Vistahermosa CP 21240, Mexicali, B.C. México.
E-mail address: alejandro.plascencia@uabc.edu.mx (A. Plascencia).

23 **Abstract**

24 Forty Pelibuey×Kathadin lambs (35.5 ± 0.4 kg) were used in a 56-d
25 feeding trial to assess the effects of feeding different levels of chromium-
26 enriched live yeast (Cr-YC) on growth performance, dietary energetics, carcass
27 traits and visceral organ mass. Cr-YC contained 5.5×10^9 CFU and 0.50 mg of
28 Cr per gram. Treatments consisted of a dry rolled corn-based finishing diet
29 supplemented with 0, 1, 2 or 3 g Cr-YC/lamb/d. During the first 28 d, there were
30 no treatment effects ($P \geq 0.36$) on growth performance, dietary NE or observed
31 expected DMI. From day 28 to the harvest, however, supplemental Cr-YC
32 increased (linear effect, $P < 0.01$) ADG, GF and dietary NE, and decreased
33 (linear effect, $P < 0.01$) observed/expected DMI. Overall (d1 – d56) Cr-YC
34 supplementation increased (linear effect, $P < 0.01$) ADG, GF and dietary NE, and
35 reduced observed/expected DMI. Cr-YC level did not affect carcass length ($P \geq$
36 0.17), width ($P \geq 0.30$), leg length ($P \geq 0.22$), backfat thickness ($P \geq 0.23$), KPH
37 ($P \geq 0.08$) or body wall thickness ($P \geq 0.40$), but increased HCW (linear effect, P
38 = 0.02), CCW (linear effect, $P = 0.03$), and LM area (linear effect, $P = 0.02$), and
39 tended to increase dressing percentage (linear effect, $P = 0.06$). Generally,
40 treatment effects on percentage yield of wholesale cuts (tissue weight as a
41 percentage of CCW) were small ($P \geq 0.23$; Table 3). However, Cr-YC
42 supplementation decreased (linear effect, $P < 0.03$) percentage flank.
43 Gastrointestinal fill was not affected ($P \geq 0.19$) by supplemental Cr-YC.
44 However, Cr-YC supplementation increased (linear effect, $P \leq 0.05$) EBW, GIT
45 fill and full viscera weight. Cr-YC supplementation did not influence ($P \geq 0.18$)

organ weights as a proportion of EBW (g/kg EBW). Chromium-enriched yeast supplementation enhances lean tissue growth, LM area, and dietary energetic efficiency in finishing feedlot lambs.

KEY WORDS: Feedlot lambs, carcass, chromium, growth performance, visceral mass, yeast culture.

1. Introduction

Concern over use of regulated growth enhancing drugs in feed formulations for livestock has furthered interest the search for generally-recognized-as-safe (GRAS) alternatives. Among these, direct-fed microbials, such as yeasts cultures (YC), have shown promise; although, responses have not been consistent. In some cases YC supplementation enhanced nutrient digestion and/or growth performance of ruminants (Dawson et al., 1990; Cole et al., 1992; Krehbiel et al., 2003). Whereas in others, no beneficial effects of YC supplementation were observed (Zinn et al., 1999; Romero et al., 2010). Efficacy of YC supplementation may depend on level of administration (Domínguez-Vara et al., 2009) and the type of YC utilized (alone or combines with minerals such Se; Kellems et al, 1990). In swine, chromium (Cr) supplementation enhanced ADG, gain efficiency, carcass leanness and LM area (Page et al., 1993; Mooney and Cromwell, 1995). Absorption of supplemental Cr is enhanced when fed as a chelate (O'Quinn et al., 1998; Shelton et al., 2003). Microorganisms are natural chelators, incorporating metal cations into

68 intracellular proteins, polysaccharides, and polynucleic acids. Addition of
69 inorganic chromium to batch YC fermentors enriches concentrations of
70 chromium chelates (Underwood and Suttle, 1999). The objective of the present
71 study was evaluate the influence of level of Cr-enriched live yeast
72 supplementation on growth performance, carcass characteristics and visceral
73 organ mass in feedlot lambs.

74

75 **2. Material and methods**

76 This trial was conducted at Universidad Autónoma de Sinaloa Feedlot
77 Lamb Research Unit, located in the Culiacán, México (24° 46' 13" N and 107°
78 21' 14"W). Culiacán is about 55 m above sea level, and has a tropical climate.
79 All animal management procedures were conducted within the guidelines of
80 local approved techniques for animal use and care.

81 Forty Pelibuey×Kathadin lambs (initial BW 35.5± 0.1 kg) were used in a
82 56-d feeding trial to evaluate the influence of levels of chromium-enriched live
83 yeast (Cr-YC) supplementation on growth performance, carcass traits and
84 visceral organ mass. The yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae* N. strain
85 7907; Biotecap®, Guadalajara, México) contained 5.5×10^9 CFU and 0.50 mg
86 chromium/g (air-dry basis). Nine weeks before initiation of the experiment, lambs
87 were, treated for parasites (Tasasel 5%®, Fort Dodge, Animal Health, México)
88 and injected with 1×10^6 IU vitamin A (Synt-ADE®, Fort Dodge, Animal Health,
89 México). Three weeks before initiation of the trial all lambs were fed the basal

90 finishing diet, containing (DM basis): wheat straw, 60; sudangrass hay, 80;
 91 soybean meal, 75; dry rolled corn, 620; tallow, 35; cane molasses, 97; urea, 8;
 92 mineral supplement 25. Calculated nutrient composition of the diet (DM basis;
 93 NRC, 2007) was: CP, 135 g/kg; NDF, 178 g/kg; NE_m , 2.00 Mcal/kg; NE_g , 1.34
 94 Mcal/kg; ether extract, 64 g/kg; calcium, 71 g/kg and phosphorus, 37 g/kg).
 95 Upon initiation of the trial lambs were weighed, and assigned within 5 weight
 96 groupings to 20 pens, 2 lambs/pen. Pens were 6 m² with overhead shade,
 97 automatic waterers and 1 m fence-line feed bunks. Dietary treatments consisted of
 98 the basal diet plus 0 (control), 1, 2 or 3 g Cr-YC/lamb/d. Dietary treatments were
 99 randomly assigned to pens within blocks. Lambs were reweighed on d 28 and
 100 56 (harvest). Lambs were fed twice daily at 0800 and 1400 h. Feed bunks were
 101 visually assessed between 0740 and 0750h each morning to determine the
 102 quantity of feed remaining from the previous day. Daily feed allotments to each
 103 pen were adjusted to allow minimal (< 5%) feed accumulation in the feed bunk.
 104 Adjustments (increase or decrease) in daily feed delivery were allotted to the
 105 afternoon feeding. Feed samples were collected daily for DM analysis (forced-air
 106 oven; AOAC, 1984).

107 Assuming that, DMI intake is related to energy requirements and dietary
 108 NE_m , expected DMI can be estimate from average ADG and LW according to
 109 the following equation: $DMI, \text{ kg/d} = (EM/NE_m) + (EG/NE_g)$, where EM (energy
 110 required for maintenance, Mcal/d) = $0.056 \cdot SBW^{0.75}$ (NRC, 1985), EG (energy
 111 gain, Mcal/d) = $0.276 \cdot ADG \cdot SBW^{0.75}$ (NRC, 1985), and NE_m and NE_g are 2.00
 112 and 1.34 Mcal/kg, respectively (derived from tabular values based on ingredient

113 composition of the experimental diet; NRC, 1985). The coefficient 0.276 was
114 estimated assuming a mature weight for Pelibuey × Katahdin male lambs of 113
115 kg (Canton, 2007). Dietary NE were estimated by means of the quadratic

116 formula: $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2c}$, where $x = NE_m$, $a = -0.41EM$, $b = 0.877 EM + 0.41$
117 $DMI + EG$, and $c = -0.877 DMI$ (Zinn et al., 2008).

118 Hot carcass weights (HCW) were obtained from all lambs at time of
119 slaughter. Because feed and water were not withdrawn for 12 h before weighing
120 and slaughtering, initial and final weights were reduced (pencil shrink) 4% to
121 account for digestive tract fill (Cannas et al., 2004). After carcasses were chilled
122 for 48 h the following measurements were obtained: 1) Fat thickness
123 perpendicular to the *Longissimus dorsi*, 2) LM area, 3) kidney-pelvic fat was
124 removed from the carcass, weighed and reported as a percentage of cold
125 carcass weight (USDA, 1982). Each carcass was split in half. The right side was
126 merchandised, whereas the left side was fabricated into wholesale cuts, without
127 trimming, according to North American Meat Processors Association guidelines
128 (NAMP, 1997), and weights of each cut were subsequently recorded.

129 All tissue weights are reported on a fresh tissue basis (previous data
130 suggests very little variation among fresh and dry weights for visceral organs;
131 Neville et al., 2008). Organ mass was expressed as grams of fresh tissue per
132 kilogram of final empty BW. Final empty BW (EBW) represents final BW (non-
133 carcass adjusted) minus total digesta weight. Full viscera mass was calculated
134 by the summation of all viscera components (stomach complex + small intestine

135 + large intestine + liver + lungs + heart), including digesta. Stomach complex
136 was calculated as the digesta-free sum of weights of the rumen, reticulum,
137 omasum and abomasum.

138 Performance and carcass data were analyzed using the MIXED
139 procedure of SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC) for a randomized complete block
140 design. Fixed effect consisted of treatment, and random effects consisted of
141 steer and period. Whole cuts data were analyzed using the MIXED model
142 procedures (SAS Inst. Inc., Cary, NC) including the fixed main effect
143 of treatment and random effect of individual carcass with final HCW as
144 covariate. The effects of treatments on visceral organ mass data were evaluated
145 utilizing a one-way classification model with final EBW as covariate. Treatment
146 effects were tested for linear, quadratic and cubic component of Cr-YC
147 supplementation level. Contrasts were considered significant when the P-value
148 was ≤ 0.05 , when tendencies identified when P-value was >0.05 and ≤ 0.10 .

149

150 **3. Results**

151 Treatment effects on growth performance and dietary energetics are
152 shown in Table 1. Dry matter intake was similar ($P > 0.50$) from d 1 to 28 and d
153 28 to harvest. Across the entire 56-d period, DMI averaged 1.18 kg/d. Observed
154 DMI of control (non-supplemented) lambs was 98% of expected based on
155 tabular (NRC, 2007) estimates of diet energy density and observed SBW and
156 ADG (Table 1), supporting the practicality of the prediction equations proposed

157 by the NRC (1985) for estimation of DMI in relation of SBW and ADG in feedlot
158 lambs. During the first 28 d, there were no treatment effects ($P \geq 0.36$) on
159 growth performance, dietary NE or observed expected DMI. From day 28 to the
160 harvest, supplemental Cr-YC increased (linear effect, $P < 0.01$) ADG, GF and
161 dietary NE, and decreased (linear effect, $P < 0.01$) observed/expected DMI.
162 Overall (d1 – d56) Cr-YC supplementation increased (linear effect, $P < 0.01$)
163 ADG, GF and dietary NE, and reduced observed/expected DMI.

164 Treatment effects on dressing percentage and carcass characteristics are
165 shown in Table 2. Cr-YC level did not affect carcass length ($P \geq 0.17$), width ($P \geq$
166 0.30), leg length ($P \geq 0.22$), backfat thickness ($P \geq 0.23$), KPH ($P \geq 0.08$) or body
167 wall thickness ($P \geq 0.40$), but increased HCW (linear effect, $P = 0.02$), CCW
168 (linear effect, $P = 0.03$), and LM area (linear effect, $P = 0.02$), and tended to
169 increase dressing percentage (linear effect, $P = 0.06$). Generally, treatment
170 effects on percentage yield of wholesale cuts (tissue weight as a percentage of
171 CCW) were small ($P \geq 0.23$; Table 3). However, Cr-YC supplementation
172 decreased (linear effect, $P < 0.03$) percentage flank.

173 Treatment effects on empty body and viscera weights is shown in Table
174 4. Gastrointestinal fill averaged 7.63% of final EBW (7.08% of non-adjusted final
175 SBW), and was not affected ($P \geq 0.19$) by supplemental Cr-YC. However, Cr-YC
176 supplementation increased (linear effect, $P \leq 0.05$) EBW, GIT fill and full viscera
177 weight. Cr-YC supplementation did not influence ($P \geq 0.18$) organ weights as a
178 proportion of EBW (g/kg EBW).

179

180 4. Discussions

181 Consistent with the present study, YC supplementation of finishing diets
182 for lambs and cattle has had a small or non-appreciable effect. *Saccharomyces*
183 *cerevisiae* supplementation (3 g/d) did not affect DMI in lambs fed a high
184 energy-finishing diet (74-d trial; Haddad and Goussous, 2005). Likewise, Adams
185 et al. (1981), reported no differences on DMI in lambs fed a 50% concentrate:
186 50% forage diet supplemented with 2.5% of live yeast (targeted 20 g/lamb/day
187 of *Saccharomyces cerevisiae*). Supplemental *Aspergillus oryzae* (1 g/d) did not
188 affect DMI of lambs fed a high energy-finishing diet (Zerby et al., 2011). In
189 steers, supplementation with 10 g/d YC did not affect DMI of steers fed a 74%
190 barley-based finishing diet (Mir and Mir, 1994). Likewise, Hinman et al. (1998)
191 observed that YC supplementation did not affect DMI in yearling steers fed a
192 barley- and potato processing residue-based finishing diet. In their study, the
193 feeding rate for live YC was 85 g/d for 28 d and 28 g/d from day 29 to 115
194 (harvest). In contrast, Phillips and VonTungeln (1985) reported greater DMI in
195 post-stressed feeder calves fed corn-based diet supplemented with 1 or 2%
196 non-mineral-enriched YC (62 and 124 g/d, respectively).

197 The effects of YC supplementation on growth performance and gain
198 efficiency has been inconsistent. In agreement with the present study, lambs fed
199 an 80% concentrate diet supplemented with 0.5 g/d YC had greater ADG
200 (13.1%) and gain efficiency (7.3%) than non-supplemented lambs (Ding et al.,
201 2008). Likewise, Haddad and Goussous (2005) observed that supplementation
202 with 3 g/d YC increased increased ADG (25.4%) and gain efficiency (16%) in

203 fattening lambs fed an 80% concentrate diet. These improvements were
204 associated with increased digestibilities of DM, OM, N, and NDF. Payandeh and
205 Kafilzadeh (2007) observed increased ADG, but no effects on gain efficiency
206 due to YC supplementation of finishing lambs fed a high-energy bet pulp-based
207 diet. Likewise, Williams (1988) noted increased ADG without effect on gain
208 efficiency in finishing steers supplemented with 0.375 or 0.75% YC during the
209 first 56 d of a 105-d feeding period. In contrast, numerous studies have reported
210 no effect of YC supplementation on ADG and gain efficiency of either light-
211 (Kawas et al., 2007; Tripathi et al., 2008) or heavy-weight finishing lambs
212 (Rosuzbehan et al., 1994; Romero et al., 2008; Titia et al., 2008), or feedlot
213 steers (Zinn et al., 1999; Bauman et al., 2004).

214 The basis for inconsistencies in growth performance responses to YC
215 supplementation is not certain. Previous reports (Phillips and VonTungeln, 1985;
216 Cole et al., 1992; Zinn et al., 1999) have been observed that YC
217 supplementation of stressed cattle may reduce sick days and enhance feed
218 intakes during the initial receiving period. Other researchers reported that the
219 efficacy of YC supplementation may depends, in part, on level of administration
220 (Domínguez-Vara et al., 2009) and type of YC utilized (alone or combines with
221 minerals such Se or Cr; Kellems et al, 1990; Cheng and Mowat, 1992;
222 Domínguez-Vara et al., 2009). With respect to the latter, chromium
223 supplementation in swine has enhanced ADG, feed efficiency, and carcass
224 characteristics (Lindemann et al., 1995; Mooney and Cromwell, 1995). By
225 adding inorganic chromium to the fermentor, yeast can combine the chromium

226 into the intracellular proteins or polysaccharides during growth in the form Cr-
227 chelates (ie. chromium nicotinate); improving bioavailability (Underwood and
228 Suttle, 1999). Chang and Mowat (1992) reported a marked increase in ADG and
229 gain efficiency calves supplemented with 0.015 mg/kg BW/d of chromium from
230 chromium enriched YC during the first 28 d after their arrival at the feedlot.
231 Pechová et al. (2002) reported greater (26.8%) ADG in finishing bulls
232 supplemented with 0.013 mg of chromium/kg BW/d from chromium enriched YC
233 during the initial first 136 days of a finishing trial. Barajas et al. (2008) reported
234 increased overall (215 d) ADG, and decreased KPH in steers fed corn-based
235 finishing diet supplemented with chromium-methionine (0.34 mg Kg⁻¹ of feed). In
236 contrast, Domínguez-Vara et al. (2009) observed that supplementation of feedlot
237 lambs 0, 0.25, or 0.35 mg Cr/hd/d from chromium enriched YC did not affect
238 ADG or gain efficiency. Likewise, Swanson et al. (2000) reported no effect on
239 ADG and gain efficiency in steers fed a corn silage-based diet supplemented
240 with 0.10, 0.20, or 0.40 mg chromium from chromium enriched YC per kg of
241 dietary DM. The maximum daily supplemental chromium intakes (mg Cr/kg BW)
242 in the latter studies (Domínguez-Vara et al., 2009 and Swanson et al., 2000)
243 were low (0.009 and 0.010 mg, respectively). Previous studies (Petersen et al.,
244 1987; Cole et al., 1992) demonstrate YC supplementation may reduce urinary
245 mineral excretion and increased total daily metabolizable mineral and retention.
246 Nevertheless, bioavailability of even chelated chromium may be low. Holland
247 (1982) observed that in rats fed chromium enriched yeast, 55% of the ingested
248 Cr was excreted, and of the remaining 45%, only the half could be detected in

249 the body tissues. In the present study, the average consumption of
250 supplemental Cr per kg of BW was 0.012, 0.023 and 0.034 mg, respectively.

251 In contrast with the present study, Titia et al. (2008) observed decreased
252 dressing percentage in YC supplemented lambs, due to increased full and
253 empty viscera weight. More generally, however, YC supplementation has not
254 affected carcass characteristics of feedlot lambs (Jones et al., 1997; Kavas et
255 al., 2007; Payandeh and Kafilzadeh, 2007; Zerby et al., 2011).

256 The effect of chromium enriched YC supplementation on lamb carcass
257 characteristics and yield of whole cuts has not been reported. Chromium
258 potentiates insulin action by enhancing its binding to target cell receptors, and
259 also by improving its post-receptor signaling. Insulin, in turn, increases protein
260 synthesis, efficiency of amino acid transport, reduces protein degradation rate,
261 and increases carbohydrate and lipid utilization (Debski et al., 2004; Pechová
262 and Pavlata, 2007). Thus, it is expected that Cr supplementation may contribute
263 to enhanced lean tissue growth. In accordance with this principle, increased
264 carcass leanness and LM area have been a consistent response to chromium
265 supplementation in pigs (Page et al., 1993; Mooney and Cromwell, 1995).
266 Likewise, chromium supplementation has been shown to increase glucose
267 uptake enhance protein synthesis in feedlot cattle fed conventional finishing
268 diets (Pollard et al, 2001). Romero et al. (2009) observed that supplementation
269 of feedlot steers with 0.18 mg/kg chromium from chromium enriched yeast
270 increased carcass dressing percentage, but did not affect measures of LM area,
271 and external and internal fat deposition. Barajas et al. (2008) observed

272 increased carcass weight and backfat thickness, and reduced KPH in feedlot
273 bulls supplemented with 0.34 mg/kg chromium methionine. Addition of 0.2
274 mg/kg Cr as chromium nicotinate increased head, liver, and kidney weights, and
275 decreased internal fat weight in fat-tailed lambs (Mostafa-Tehrani et al., 2006).
276 Gentry et al. (2009) observed greater kidney weight, but reduced liver weight in
277 lambs supplemented with Cr tripicolinate in higher protein diets (12.9% CP).
278 However, they did not observe effects on chromium supplementation on carcass
279 characteristics with chromium supplementation of lower protein diets (9.0% CP).
280 Domínguez-Vara et al. (2009) observed increased HCW weight, LM area and
281 carcass protein, and decreased carcass fat in finishing lambs supplemented with
282 0.25 mg/kg chromium plus 0.3 mg/kg selenium from chromium and selenium
283 enriched yeast. However, supplementation with chromium, alone did not affect
284 carcass characteristics. In the present study the basal diet contained 13.5% CP
285 (Table 1) and the Cr-YC supplement provided (concentration of 0.30 mg Se/g of
286 yeast) 0, 0.27, 0.53 and 0.80 mg Se/kg of diet DM for 0, 1, 2 and 3 g/d of
287 supplementation, respectively. Consistent with the present study, Kitchalong et
288 al. (1995) observed that supplementation with 0.25 mg/kg chromium tripicolinate
289 did not affect heart, liver, kidney or pelvic fat weight of feedlot lambs.

290

291 **5. Conclusions**

292 Chromium-enriched yeast supplementation enhances growth
293 performance, dietary NE, HCW and LM area in finishing feedlot lambs. Maximal

294 response was observed when Cr-YC was supplemented at the rate of 3 g/d
295 (1.65×10^{10} CFU and 1.50 mg of Cr).

296

297 **6. References**

298 Adams, D.C., Galyean, M.L., Kiesling, H.E., Wallace, J.D., Finkner, M.D., 1981.
299 Monensin on liquid dilution rate, rumen fermentation and feedlot
300 performance of growing steers and digestibility in lambs. J. Anim. Sci. 53,
301 780-789.

302 AOAC, 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical
303 Chemists. Washington, D.C.

304 Barajas, R., Cervantes, B.J., Velazquez, E. A., Romo, J.A., Juarez, F., Rojas,
305 P.J., Peña, F.R., 2008. Chromium methionine supplementation on feedlot
306 performance and carcass characteristics of bulls: II. Results including
307 trough hot and humidity season in the Northwest of Mexico. Proc. West.
308 Amer. Soc. Anim. Sci.59, 374-37.

309 Baumann, T.A., Radunz, A. E., Lardy, G.P., Anderson, V.L., Caton, J.S., Bauer,
310 M.L., 2004. Effects of tempering and a yeast-enzyme mixture on intake,
311 ruminal fermentation, *in situ* disappearance, performance, and carcass
312 traits in steers fed barley-based diets. Prof. Anim. Sci. 20, 178-184.

313 Cannas, A., Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Pell A.N., and Van Soest, P.J., 2004. A
314 mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed

- 315 biological values for sheep. J. Anim. Sci. 82,149-169.
- 316 Canton, J.G., and Quintal, J.A., 2007. Evaluation of growth and carcass
317 characteristics of pure Pelibuey sheep and their cross with Dorper and
318 Katahdin breeds. J. Anim. Sci. 85(Suppl. 1), 581 (Abstr.).
- 319 Chang, X., Mowat, D.N., 1992. Supplemental chromium for stressed and
320 growing feeder calves. J. Anim. Sci. 70, 559-565.
- 321 Cole, N.A., Purdy, C.W., Hutcheson, D.P., 1992. Influence of yeast culture on
322 feeder calves and lambs. J. Anim. Sci. 70, 1682-1690.
- 323 Dawson, K.A., Newman, K.E., Boling, J.A., 1990. Effects of microbial
324 supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal
325 microbial activities. J. Anim. Sci. 68, 3392-3398.
- 326 Debski, B., Zalewski, W., Gralak, M.A., Kosla, T., 2004. Chromium-yeast
327 supplementation of chicken broilers in an industrial farming system. J.
328 Trace Elem. Med. Biol. 18, 47–51.
- 329 Ding, J., Zhou, Z.M., Ren, L.P., Meng, Q.X., 2008. Effect of monensin and live
330 yeast supplementation on growth performance, nutrient digestibility,
331 carcass characteristics and ruminal fermentation parameters in lambs fed
332 steam-flaked corn-based diets. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 21, 547-554.
- 333 Domínguez-Vara, I.A., González-Muñoz, S.S., Pinos-Rodríguez, J.M., Bórquez-
334 Gastelum, J.R., Bárcena-Gama, R., Mendoza-Martínez, G., Zapata, L.E.,
335 Landois-Palencia, L.L., 2009. Effects of feeding selenium-yeast and

336 chromium-yeast to finishing lambs on growth, carcass characteristics,
 337 and blood hormones and metabolites. Anim. Feed Sci. Technol. 152,
 338 42:49.

339 Gentry, L. R., Fernandez, J. M., Ward, T. L., White, T. W., Southern, L. L.,
 340 Bidner, T. D., Thompson, Jr., L., Horohov, D. W., Chapa, A.M., Sahlul, T.,
 341 1999. Dietary protein and chromium tripicolinate in Suffolk wether lambs:
 342 Effects on production characteristics, metabolic and hormonal responses,
 343 and immune status. J. Anim. Sci. 77, 1284-1294.

344 Haddad, S. G., Goussous, S.N., 2005. Effect of yeast culture supplementation
 345 on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs.
 346 Anim. Feed Sci. Technol. 118, 343-348.

347 Hinman, D.D., Sorensen, S.J., Momont, P.A., 1998. Effect of Yeast Culture on
 348 Steer Performance, apparent diet digestibility, and carcass
 349 measurements when used in a barley and potato finishing diet. Prof.
 350 Anim. Sci.14, 173-177.

351 Holland, P.N., 1982. Absorption and tissue deposition of chromium and
 352 selenium from brewer's yeast in the mouse. MS thesis. Texas Tech Univ.,
 353 Lubbock.

354 Jones, B. A., Neary, M. K., Hancock, D.L., Berg, E.P., Huffman, J., Flanders,
 355 J.R., 1997. Effect of zeranol implantation and yeast supplementation on
 356 performance and carcass traits of finishing wether lambs. Sheep and Goat
 357 Research J. 13, 15-19.

- 358 Kawas, J. R., Garcia-Castillo, R., Garza-Cazares, F., Fimbres-Durazo, H.,
359 Olivares-Saenz, E., Hernandez-Vidal, G., Lu, C.D., 2007. Effects of
360 sodium bicarbonate and yeast on productive performance and carcass
361 characteristics of light-weight lambs fed finishing diets. Small. Rumin.
362 Res. 67, 157-163.
- 363 Kellems, R. O., Lagerstedt, A., Wallentine M.V., 1990. Effect of Feeding
364 *Aspergillus oryzae* Fermentation extract or *Aspergillus oryzae* plus yeast
365 culture plus mineral and vitamin supplement on performance of holstein
366 cows during a complete lactation. J. Dairy Sci. 73, 2922-2928.
- 367 Kitchalong, L., Fernandez, J.M., Bunting, L. D., Southern, L. L., Bidner T.D.,
368 1995. Influence of chromium tripicolinate on glucose metabolism and
369 nutrient partitioning in growing lambs. J. Anim. Sci. 73, 2694-2705.
- 370 Krehbiel, C. R., Rust, S.R., Zhang, G., Gilliland, S.E., 2003. Bacterial direct-fed
371 microbials in ruminant diets: Performance response and mode of action.
372 J. Anim. Sci. 81, E120–E132.
- 373 Lindemann, M. D., Wood, C.M., Harper, A.F., Kornegay, E.T., Anderson, R.A.,
374 1995. Dietary chromium picolinate additions improve gain:feed and
375 carcass characteristics in growing-finishing pigs and increase litter size in
376 reproducing sows. J. Anim. Sci. 73, 457–465.
- 377 Mir, Z., Mir, P.S., 1994. Degradability quality of steers fed high-forage or high-
378 grain diets and on feed digestibility and *in situ* Effect of the addition of live

379 yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth and carcass. J. Anim. Sci.
380 72,537-545.

381 Mooney, K. W., Cromwell, G.L., 1995. Effects of dietary chromium picolinate
382 supplementation on growth, carcass characteristics, and accretion rates
383 of carcass tissues in growing-finishing swine. J. Anim. Sci. 73, 3351–
384 3357.

385 Mostafa-Tehrani, A., Ghorbani, G., Zarre-Shahneh, A., Mirhadi, S. A., 2006.
386 Noncarcass components and wholesale cuts of Iranian fat-tailed lambs
387 fed chromium nicotinate or chromium chloride. Small Rum. Res. 63, 12–
388 19.

389 NAMP, 1997. The Meat Buyers Guide. N. Am. Meat Proc. Assoc., Weimar, TX.

390 Neville, T.L., Ward, M.A., Reed, J.J., Soto-Navarro, S.A., Julius, S.L., Borowicz,
391 P.P., Taylor, J.B., Redmer, D.A., Reynolds, L.P., Caton, J.S., 2008.
392 Effects of level and source of dietary selenium on maternal and fetal body
393 weight, visceral organ mass, cellularity estimates, and jejunal vascularity
394 in pregnant ewe lambs. J. of Anim. Sci. 86, 890-901.

395 NRC, 1985. Nutrient Requirement of Sheep. (6th Rev. Ed.). National Academy
396 Press, Washington, DC.

397 NRC, 1997. The Role of Chromium in Animal Nutrition. National. Academy
398 Press, Washington, DC.

399 O’Quinn, P. R., Smith II, J.W., Nelssen, J.L., Tokach, M.D., Goodband, R.D.,

- 400 Owen, Q., 1998. Effects of source and level of added chromium on
401 growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs.
402 J. Anim. Sci. 76(Suppl. 2), 56. (Abstr.)
- 403 Page, T. G., Southern, L.L., Ward, T.L., Thompson, D.L., Jr., 1993. Effect of
404 chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-
405 finishing pigs. J. Anim. Sci. 71, 656–662.
- 406 Payandeh, S., Kafilzadeh, F., 2007. The effect of yeast (*Saccharomyces*
407 *cerevisiae*) on nutrient intake, digestibility and finishing performance of
408 lambs fed a diet based on dried molasses sugar beet-pulp. Pak. J. Biol.
409 Sci. 10, 4426-4431.
- 410 Pechová, A., Illek, J., Indela, M., Pavlata, L., 2002. Effects of chromium
411 supplementation on growth rate and metabolism in fattening bulls. Acta
412 Vet. Brno. 71, 535-541.
- 413 Pechová, A., Pavlata, L., 2007. Chromium as an essential nutrient: a review.
414 Veterinarni Medicina, 52, 1–18.
- 415 Petersen, M. K., Streeter, C. M., Clark, C.K., 1987. Mineral availability with
416 lambs fed yeast culture. Nutr. Rep. Int. 36, 521-526.
- 417 Phillips, W. A., VonTungeln, D.L., 1985. The effect of yeast culture on the post-
418 stress performance of feeder calves. Nutr. Rep. Int. 32, 287-294.

419 Pollard, G. V., J. L. Montgomery, T. C. Bramble, K. J. Morrow, Jr., C. R.
 420 Richardson, S. P. Jackson, and J. R. Blanton, Jr. 2001. Prof. Anim. Sci.
 421 17:261-266.

422 Romero, M., Pinos-Rodríguez, J.M., Herrera, J.G. García, J.C., Salem, A. Z. M.,
 423 Bárcena, R., Alvarez, G., 2009. Influence of zilpaterol and mineral-yeast
 424 mixture on ruminal fermentation and growth performance in finishing
 425 steers. J. Appl. Anim. Res, 35:77-81.

426 Rouzbehan, Y., Galbraith, H., Rooke, J.A., Parrot, J.G., 1994. A note on the
 427 effects of dietary inclusion of yeast culture on growth and ruminal
 428 metabolism of lambs given diets containing unground pelleted molasses,
 429 dried sugarbeet pulp and barley in various proportions. Anim. Prod. 59,
 430 147-150.

431 Shelton, J. L., Payne, R.L., Johnson, S.L., Bidner, T.D., Southern, L.L.,
 432 Odgaard, R.L., 2003. Effect of chromium propionate on growth, carcass
 433 traits, pork quality, and plasma metabolites in growing-finishing pigs. J.
 434 Anim. Sci. 81, 2515–2524.

435 Swanson, K.C., Harmon, D.L., Jacques, K.A., Larson, B.T., Richards, C.J.,
 436 Bohnert, D.W., Paton, S.J., 2000. Efficacy of chromium-yeast
 437 supplementation for growing beef steers. Anim. Feed Sci. Technol. 86,
 438 95–105.

- 439 Titia, H.H., Dmour, R.O., Abdullah, A.Y., 2008. Growth performance and carcass
440 characteristics of Awassi lambs and Shami goat kids fed yeast culture in
441 their finishing diet. *Anim. Feed Sci. Technol.* 142, 33-43.
- 442 Tripathi, M. K., Karim, S. A., Chaturvedi, O. H., Verma, D. L., 2008. Effect of
443 different liquid cultures of live yeast strains on performance, ruminal
444 fermentation and microbial protein synthesis in lambs. *J. Anim. Physiol.*
445 *Anim. Nutr.* 92, 631–639.
- 446 Underwood, E.J., Suttle, N.F., 1999. *The Mineral Nutrition of Livestock*. Third ed.
447 CABI Publishing, New York.
- 448 USDA, 1982. *Official United States Standards for Grades of Carcass Lambs,*
449 *Yearling Mutton and Mutton Carcasses*. Agric. Marketing Serv., USDA,
450 Washington, DC.
- 451 Williams, J. E., 1988. Effect of yeast culture on starting cattle on high
452 concentrate diets. Yeast Culture Beef Research Report, Diamond V Mills,
453 Cedar Rapids, IA.
- 454 Zerby, H.N., Bard, J.L., Loerch, S.C., Kuber, P.S., Radunz, A.E., Fluharty, F.L.,
455 2011. Effects of diet and *Aspergillus oryzae* extract or *Saccharomyces*
456 *cervisiae* on growth and carcass characteristics of lambs and steers fed
457 to meet requirements of natural markets. *J. Anim. Sci.* doi,
458 10.2527/jas.2010-3308.

- 459 Zinn, R.A., Alvarez, E.G., Rodriguez, S., Salinas, J., 1999. Influence of yeast
460 culture on health, performance and digestive function of feedlot steers.
461 Proc. West. Sect. Soc. Amer. Anim. Sci.50, 335:337.
- 462 Zinn, R.A., Barreras, A., Owens, F.N., Plascencia, A., 2008. Performance by
463 feedlot steers and heifers: Daily gain, mature body weight, dry matter
464 intake, and dietary energetics. J. Anim. Sci. 86, 2680-2689.

Table 1

Treatment effects on performance and dietary energy.

Item	Cr-enriched yeast level g hd ⁻¹ 1 _d -1 _a				SEM	Contrast <i>P</i> -value ^b		
	Control	1	2	3		Linear	Quadratic	Cubic
Days on test	56	56	56	56				
Pen replicates	5	5	5	5				
Live weight, Kg ^c								
Initial	35.6	35.5	35.5	35.5	0.13			
1 st 28 days	42.3	42.1	42.6	42.8	0.58	0.46	0.73	0.59
Final	48.2	48.6	49.8	51.5	0.91	<0.01	0.75	0.91
ADG, kg								
1 to 28 d	0.246	0.234	0.252	0.260	0.020	0.88	0.74	0.72
28 to 56 d	0.203	0.234	0.257	0.310	0.025	<0.01	0.89	0.63
1 to 56 d	0.225	0.234	0.254	0.285	0.017	<0.01	0.76	0.88
DML, g/d								
1 to 28 d	1.128	1.075	1.155	1.144	0.042	0.51	0.63	0.26
28 to 56 d	1.243	1.189	1.239	1.263	0.057	0.66	0.51	0.62
1 to 56 d	1.185	1.132	1.197	1.204	0.049	0.59	0.55	0.43
G:F, kg/kg								
1 to 28 d	0.218	0.217	0.220	0.227	0.012	0.39	0.89	0.94

28 to 56 d	0.151	0.199	0.206	0.246	0.015	<0.01	0.77	0.29
1 to 56 d	0.185	0.204	0.215	0.230	0.006	<0.01	0.46	0.50
Dietary NE, Mcal/kg								
Maintenance								
1 to 28 d	2.13	2.15	2.13	2.17	0.06	0.36	0.73	0.59
28 to 56 d	1.95	2.20	2.24	2.48	0.09	<0.01	0.61	0.21
1 to 56 d	2.04	2.14	2.19	2.28	0.03	<0.01	0.10	0.15
Gain								
1 to 28 d	1.46	1.48	1.46	1.49	0.05	0.36	0.73	0.59
28 to 56 d	1.29	1.52	1.55	1.77	0.08	<0.01	0.61	0.21
1 to 56 d	1.38	1.47	1.51	1.59	0.02	<0.01	0.10	0.15
Observe to expected dietary NE ratio ^d								
Maintenance								
1 to 28 d	1.04	1.08	1.07	1.08	0.04	0.36	0.73	0.59
28 to 56 d	0.97	1.10	1.12	1.24	0.04	<0.01	0.61	0.21
1 to 56 d	1.00	1.07	1.10	1.14	0.01	<0.01	0.10	0.15
Gain								
1 to 28 d	1.05	1.10	1.09	1.11	0.04	0.36	0.73	0.59
28 to 56 d	0.96	1.13	1.15	1.32	0.06	<0.01	0.61	0.21
1 to 56 d	1.00	1.09	1.12	1.18	0.02	<0.01	0.10	0.15
Observe to expected daily DM intake								

1 to 28 d	0.92	0.90	0.90	0.91	0.03	0.51	0.59	0.66
28 to 56 d	1.03	0.89	0.87	0.76	0.05	<0.01	0.38	0.22
1 to 56 d	0.98	0.91	0.88	0.84	0.01	<0.01	0.06	0.15

^a Basal diet supplemented to provide 1, 2, or 3 g chromium-enriched live yeast culture (Cr-YC) $\text{hd}^{-1} \text{d}^{-1}$.

^b P = Observed significance level linear, quadratic and cubic effect of level of Cr-YC supplementation.

^c Initial and final weight reduced 4% to account for fill.

^d Expected diet NE based on tabular values for individual dietary ingredients (NRC, 2007).

^e Expected DMI was computed as follows: $\text{DMI, kg/d} = (\text{EM}/\text{NE}_m) + (\text{EG}/\text{NE}_g)$, where EM= maintenance coefficient of $0.056 \text{ Mcal/ BW}^{0.75}$ (NRC, 1985) and EG is the daily energy deposited (Mcal/d) estimated by equation: $\text{EG} = ((0.276 \cdot \text{ADG}) \cdot \text{SBW}^{0.75})$, NRC, 1985). The divisor NE_m and NE_g are the NE of diet (calculated from tables of composition of feed (NRC, 1985)).

Table 2

Treatment effects on dressing percentage and carcass characteristics.

Item	Cr-enriched yeast level g hd ⁻¹ d ^a					Contrast <i>P</i> -value ^b		
	Control	1	2	3	SEM	Linear	Quadratic	Cubic
No. of lambs	10	10	10	10				
HCW, kg	27.42	27.92	28.82	29.76	0.59	0.02	0.75	0.90
CCW, kg	26.50	26.99	27.73	28.62	0.55	0.03	0.76	0.97
Dressing percent ^c	56.83	57.38	57.92	57.93	0.21	0.06	0.56	0.81
CCW, kg	26.50	26.99	27.73	28.62	0.55	0.03	0.76	0.97
LM area, cm ²	13.86	14.56	15.55	15.66	0.30	0.02	0.36	0.32
Carcass length, cm	67.9	66.3	66.4	66.1	0.59	0.17	0.82	0.51
Carcass width, cm	30.4	28.6	29.7	30.1	1.03	0.30	0.40	0.73
Leg length, cm	42.5	43.0	43.1	42.2	0.47	0.60	0.22	0.42
KPH, %	2.83	2.48	2.62	3.07	0.12	0.99	0.19	0.08
Backfat thickness, mm ^d	2.85	2.93	2.31	3.05	0.19	0.23	0.27	0.78
Body wall thickness, mm	14.21	14.59	13.80	14.70	0.37	0.84	0.73	0.40

^a Basal diet supplemented to provide 1, 2, or 3 g chromium-enriched live yeast culture (Cr-YC) hd⁻¹ d⁻¹.^b *P* = Observed significance level linear, quadratic and cubic effect of level of Cr-YC supplementation.^c Computed as follows: Dressing percentage = (HCW/Final BW*0.96)*100.^d Fat thickness over the center of the LM between of 12th and 13th ribs.

Table 3

Treatment effects on yield of wholesale cuts.

Item	Cr-enriched yeast level g hd ⁻¹ d ⁻¹ 1a				SEM	Contrast <i>P</i> -value ^b		
	Control	1	2	3		Linear	Quadratic	Cubic
No. of lambs	10	10	10	10				
Carcass and wholesale cuts weight, kg								
Forequarter, kg	6.3	6.1	6.2	5.7	0.18	0.14	0.16	0.20
Hindquarter, kg	5.71	6.21	5.99	6.11	0.17	0.20	0.37	0.49
Neck wt, kg	1.00	1.01	1.09	1.11	0.04	0.07	0.93	0.51
Shoulder, kg	2.23	2.21	2.21	2.18	0.03	0.34	0.53	0.61
Shoulder IMPS206	1.35	1.31	1.27	1.25	0.05	0.15	0.34	0.94
Leg IMPS233, kg	3.70	3.82	3.88	3.79	0.06	0.08	0.75	0.30
Loin IMPS231, kg	1.11	1.12	1.08	1.11	0.02	0.66	0.78	0.12
Rack IMPS204, kg	1.28	1.25	1.24	1.23	0.02	0.15	0.72	0.88
Flank IMPS232, kg	1.03	0.97	0.99	0.93	0.03	0.03	0.31	0.21
Breast IMPS209 wt, kg	0.39	0.32	0.37	0.34	0.03	0.11	0.50	0.12
Whole cuts, as percentage of CCW								
Forequarter, %	22.08	21.29	21.64	20.10	0.60	0.13	0.16	0.20
Hindquarter, %	20.20	22.07	20.80	20.99	0.76	0.23	0.44	0.33
Neck, %	3.60	3.55	3.82	3.80	0.14	0.47	0.23	0.42

Shoulder, %	7.81	7.74	7.72	7.62	0.12	0.39	0.47	0.36
Shoulder IMPS206, %	4.69	4.55	4.41	4.34	0.15	0.15	0.34	0.84
Leg IMPS233, %	12.94	13.37	13.55	13.24	0.21	0.28	0.09	0.79
Loin IMPS231, %	3.88	3.90	3.81	3.87	0.08	0.58	0.80	0.18
Rack IMPS204, %	4.44	4.34	4.30	4.30	0.08	0.17	0.74	0.81
Flank, %	3.59	3.37	3.43	3.24	0.09	0.03	0.99	0.13
Breast IMPS209, %	1.33	1.10	1.30	1.18	0.08	0.14	0.51	0.11

^a Basal diet supplemented to provide 1, 2, or 3 g chromium-enriched live yeast culture (Cr-YC) $\text{hd}^{-1} \text{d}^{-1}$.

^b P = Observed significance level linear, quadratic and cubic effect of level of Cr-YC supplementation.

Table 4

Treatment effects on visceral organ weight.

Item	Cr-enriched yeast level g hd ⁻¹ d ⁻¹ 1a					Contrast <i>P</i> -value ^b		
	Control	1	2	3	SEM	Linear	Quadratic	Cubic
Full final weight, kg	49.36	50.66	51.85	53.60	1.04	0.01	0.75	0.91
GIT fill, kg	3.51	4.13	4.54	4.75	0.15	0.05	0.14	0.71
Empty body weight, kg	46.35	47.03	48.22	49.70	0.98	0.03	0.63	0.93
Empty body weight, % of full weight	93.04	92.82	92.99	92.72	0.15	0.19	0.50	0.24
Full viscera, kg ^c	9.91	10.73	10.76	11.20	0.22	0.04	0.90	0.66
Organs , g/kg EBW								
Stomach complex ^d	31.52	32.83	31.17	33.27	1.32	0.56	0.81	0.26
Intestines ^e	43.00	44.38	44.36	45.64	1.16	0.19	0.45	0.65
Liver	18.59	18.66	19.03	19.95	0.73	0.18	0.56	0.94
Kidney	2.64	2.70	2.69	2.56	0.03	0.75	0.15	0.92
Heart/lungs	23.62	22.64	21.68	22.79	0.97	0.27	0.91	0.39
visceral fat	35.15	36.30	33.69	34.56	2.73	0.62	0.25	0.27

^a Basal diet supplemented to provide 1, 2, or 3 g chromium-enriched live yeast culture (Cr-YC) hd⁻¹d⁻¹.^b *P* = Observed significance level for linear, quadratic and cubic effect of level of Cr-YC supplementation.^c Full viscera= full viscera mass = (stomach complex + small intestine + large intestine + liver + lungs + heart) including digesta and mesenteric fat.^d Stomach complex = (rumen + reticulum + omasum + abomasums), without digesta.^e Small and large intestine without digesta.