

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS



**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE UNA LEVADURA HIDROLIZADA
ENZIMÁTICAMENTE ENRIQUECIDA CON CROMO A DIETAS DE
FINALIZACIÓN SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO,
EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA DIETA Y CARACTERÍSTICAS DE LA
CANAL DE BOVINOS BAJO PERIODOS DE ALTA TEMPERATURA
AMBIENTAL**

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS VETERINARIAS

PRESENTA

M.V.Z ALBERTO MANUEL MONTELONGO TERRIQUEZ

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Alejandro Plascencia Jorquera

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

NOVIEMBRE 2014

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE UNA LEVADURA HIDROLIZADA ENZIMÁTICAMENTE ENRIQUECIDA CON CROMO A DIETAS DE FINALIZACIÓN SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA DIETA Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE BOVINOS BAJO PERIODOS DE ALTA TEMPERATURA AMBIENTAL. Tesis presentada por **Alberto Manuel Montelongo Terriguez**, 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 de Tesis

Dr. José Fernando Calderón Cortés

Co-director

Dr. Alberto Barreras serrano

Asesor

Dr. Richard A. Zinn

Asesor

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS.....	i
LISTA DE FIGURAS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	v
JUSTIFICACIÓN	vii
HIPÓTESIS	ix
OBJETIVO.....	x
REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
Fuente biótica.....	11
Levaduras hidrolizadas enzimáticamente	14
Cultivos microbianos	15
Efectos de las levaduras sobre fermentación y producción de AGV	15
Digestión ruminal.	18
Fuentes no bióticas	19
Clasificación de cromo	21
Fuentes de cromo	24
Aire.....	25
Agua.....	25
Plantas	26
Alimentos	26
Otras fuentes.....	27
Metabolismo del Cromo.....	27
Absorción	27
Transporte.....	29
Funciones	30
Excreción	31
Uso de cromo en rumiantes	32

Ganado de carne	34
Ganado lechero.....	41
CONCLUSIÓN	44
LITERATURA CITADA	45
Experiment I	50
Abstract	51
Introduction.....	52
Materials and methods	53
Results and discussion.....	57
References	61

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Uso de picolinato de cromo (PiCr) en distintas especies.....	21
2	Propiedades físicas y químicas del cromo.....	22
3	Fuentes de cromo y concentraciones.....	25
4	Perfil serológico de novillos suplementados con cromo durante el periodo de crecimiento.....	33
5	Crecimiento y finalización suplementando cromo.....	35
6	Consumo de materia seca y ganancia diaria de peso.....	37
7	Características de la canal.....	37
8	Efecto del propionato de cromo en novillos y rendimiento durante el periodo de recepción.....	38
9	Toretos suplementados con levadura enriquecida con cromo.....	39
10	Toretos suplementados con Cr metionina.....	41
11	Suplementación de cromo en dietas para vacas en periodo de lactación.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Mecanismo de absorción del cromo.....	28
2	Mecanismo de acción del cromo.....	30

RESUMEN

Cuarenta novillos cruzados (245 ± 0.95 kg) fueron utilizados en un trabajo experimental de 222-d para medir los efectos de la suplementación de cromo quelado más extracto de levaduras hidrolizadas enzimáticamente (Cr-EHY) para evaluar crecimiento, energía en la dieta y características de la canal en ganado en etapa de finalización durante periodos de alta temperatura ambiental. Los tratamientos consistieron en una dieta de finalización a base de maíz rolado suplementado con 0 y 0.4 g/kg de Cr-EHY (0.3 g/kg de Celmanax® más 0.1 g/kg de cromo quelado). Los novillos fueron bloqueados por peso y asignados en 8 corrales al azar (5 novillos/corral). En ambos fue medido el consumo de materia seca (CMS) y las variables climáticas fueron evaluadas semanalmente junto con el índice de temperatura y humedad (THI). Diariamente el THI excedió los valores de 72 THI donde alcanzo 213 días de un total de 222 del último estudio (promedio THI=75.24). El consumo diario de Cr-EHY promedio 2.56 g y representa un consumo diario de 4.25 mg de Cr/cabeza. Durante el periodo inicial 112-d, la suplementación de Cr-EHY incrementó la ganancia diaria de peso (6.8%, $P=0.03$) con una tendencia ($P=0.07$) a incrementar el consumo de materia seca. La suplementación de Cr-EHY, no mostro ventajas ($P \geq 0.70$) en la ganancia, eficiencia y energía de la dieta. En general la suplementación de Cr-EHY no afecto el crecimiento (222-d del periodo de alimentación). Mas sin embargo, la suplementación de Cr-EHY incremento el área longissimus maximus (6.8%, $P<0.01$) y tendió a incrementar

el rendimiento de la canal (1.6%, $P=0.07$), con una tendencia a la disminución de cobertura de grasa de la canal (10%, $P=0.09$). Estos resultados indican que la suplementación de cromo tiene efecto modulador en la calidad de la canal, mejorando el CMS y la ganancia diaria de peso durante periodos de alta temperatura ambiental.

ABSTRACT

Forty crossbred steers (245 ±0.95 kg) were used in a 222-d feeding trial to assess the effects of a supplementation of chelated chromium enhanced extract of enzymatically hydrolyzed yeast (Cr-EHY) on growth performance, dietary energetics and carcass characteristics in feedlot cattle finishing during high ambient temperatures. Treatments consisted of a steam-flaked corn-based diets supplemented with 0 or 0.4 g/kg of diet with Cr-EHY (0.3 g/kg of CelManax® plus 0.1 g/kg of chelated Cr). Both dry matter intake (DMI) and climatic variables were measured weekly and the temperature humidity index (THI) was estimated. Daily maximal THI that exceeding a THI value of 72 were reached in 213 of the 222-d study (avg. THI=75.24). During the initial 112-d period (including the receiving and diet transition phases), Cr-EHY increased ADG (7%, P = 0.03). This effect was due to a tendency (P=0.07) for increased DMI. There were no treatment effects on gain efficiency and dietary NE. Overall, however, there were no treatment effects on growth performance or dietary NE. Nevertheless, Cr-EHY supplementation had a modulating effect on carcass quality, decreasing carcass fat thickness (10%, P=0.09, and increasing LM area (7%, P < 0.01) and retail yield of boneless closely trimmed primal cuts (2%, P=0.07). Results indicate that supplementation with a chelated chromium enhanced extract of enzymatically hydrolyzed yeast can have beneficial effects on feed intake and daily weight gain, particularly during

the initial receiving growing phase. It also appears to have a modulating effect on carcass quality, enhancing muscularity and reducing external fat.

These results indicate that Cr supplementation has a modulating effect on carcass quality, and may enhance DMI and corresponding ADG of feedlot cattle during periods of high ambient temperature.

JUSTIFICACIÓN

Uno de los principales objetivos en la industria de la engorda de ganado es incrementar la eficiencia en la ganancia de peso, particularmente durante la etapa de finalización en la cual el costo de la ganancia es el más elevado. Por lo tanto, el uso de moduladores del crecimiento (implantes hormonales y beta-agonista, etc.) en algunos países está muy extendido. Aunque los dispositivos de seguridad de estos aditivos han sido verificados por medio de evaluaciones exhaustivas, sigue existiendo cierta preocupación entre los consumidores y por lo tanto hay un considerable esfuerzo para avanzar en el uso de alternativas como son los productos "orgánicos." En este último caso, se ha promovido el interés por la búsqueda de alternativas generalmente reconocidos como seguros. Entre éstos, los minerales quelados y levaduras han demostrado resultados prometedores. Cromo (Cr) es un nutriente esencial en la alimentación animal que potencia la acción de la insulina y sus receptores en los tejidos. Aunque, el cromo inorgánico es pobremente absorbido en los animales y los seres humanos (rangos desde 0.4 a 3% o menores), Independientemente de la dosis y el estado de Cr en la dieta, la absorción del Cr se incrementa cuando es suplementado en la forma de quelato (O'Quinn et al., 1998; Shelton et al., 2003). La suplementación con Cr quelado en becerros durante el transporte y el periodo de engorda mostro resultados positivos en la reducción de cortisol plasmático, aumentando las tasas de ganancia, la eficiencia alimenticia, la respuesta inmune humoral y la reducción de la

morbilidad en comparación con los becerros control que no fueron suplementados (Burton, 1995). Recientemente, se ha encontrado que el uso de cromo quelado (como la levadura enriquecida con cromo) puede ser suplementado para modular la composición de la ganancia en los rumiantes en etapa de finalización. El uso de extractos de levadura comprende los componentes solubles en agua de la célula de levadura y derivados de la pared celular como glucanos y manosas. Algunos aditivos alimenticios para el ganado han ganado popularidad en los últimos tiempos. La alimentación con derivados de la pared celular de las levaduras, se sabe que influye en la composición y la actividad metabólica de la microflora intestinal y ha demostrado tener efectos benéficos en la mejora de la respuesta de salud de los animales, se observaron efectos positivos en el rendimiento a corto plazo y la salud del ganado estresado (recepción) cuando fueron suplementados con 14 g diarios de levadura hidrolizada enzimáticamente. Se les atribuye una respuesta positiva a los efectos de los extractos de levadura en la flora microbiana ruminal y en la salud de epitelio intestinal. Por lo tanto, pueden ser esperados efectos positivos en el ganado en etapa de finalización bajo condiciones de estrés calórico con el uso de cromo enriquecido con extracto de levadura hidrolizada enzimáticamente. Sin embargo, existe poca información sobre las respuestas a la suplementación de ganado con levadura enriquecida con cromo en ambientes calurosos.

HIPÓTESIS

La adición de una levadura hidrolizada enzimáticamente enriquecida con cromo pueda contribuir a favorecer el crecimiento de tejido magro y el comportamiento productivo de rumiantes en periodo de finalización sometidos a altas temperaturas.

OBJETIVO

Evaluar los efectos de la adición de una levadura hidrolizada enzimáticamente enriquecida con cromo a dietas de finalización para rumiantes sometidos a altas temperaturas ambientales sobre el comportamiento productivo, energética de la dieta y características de la canal.

REVISIÓN DE LITERATURA

Fuente biótica

Como fuentes bióticas tenemos las levaduras, que es un nombre genérico que agrupa a una variedad de organismos unicelulares, que suelen medir de 5 a 10 micras. Las levaduras poseen numerosas aplicaciones en la biotecnología tradicional y moderna. Participan en procesos de producción de alimentos, proteínas de organismos unicelulares, productos con valor añadido y en las últimas décadas se han incorporado a la industria biotecnológica como hospederos para la producción de proteínas de eucariontes. A pesar de las ventajas que poseen, algunos géneros son causantes de micosis y en algunos casos, son patógenos oportunistas asociados a enfermedades, causantes del deterioro de alimentos frescos elaborados para el consumo. Por estas razones es imprescindible la identificación exacta y rápida de las levaduras de interés industrial, clínico y ambiental. La taxonomía de levaduras ha estado soportada en técnicas convencionales, basadas en la descripción morfológica y fisiológica de especies y géneros. Las cuales incluyen especies patógenas para plantas y animales, y especies no solamente inocuas sino de gran utilidad (González y Valenzuela, 2003). Las especies difieren entre si al origen donde se encuentran, morfología, y a la manera como metabolizan los diversos substratos y a la forma en la que se reproducen. Las levaduras son facultativos anaerobios lo cual significa que pueden sobrevivir con o sin oxígeno. La propagación de las levaduras es un proceso aerobio mediante el cual la levadura convierte al oxígeno y el azúcar, mediante el metabolismo oxidativo,

en bióxido de carbono y energía libre utilizable para el crecimiento celular eficiente de la levadura.

La suplementación de la dieta con aditivos para formulas destinadas a la mejora de la salud y la producción de ganado se ha estudiado durante muchos años. En este sentido los aditivos utilizados con fines zootécnicos, para influir en la productividad de los animales sanos o en el medio ambiente y conjunto con los diversos grupos funcionales, como los digestivos, los estabilizadores de la flora intestinal y sustancias que actúan de forma positiva en el medio ambiente ruminal. Los comúnmente utilizados son algunas fuentes bióticas como levaduras hidrolizadas enzimáticamente (*Saccharomyces cerevisiae*). Es una levadura que constituye el grupo de microorganismos inocuos. Su nombre deriva del vocablo *Saccharo* (azúcar), *myces* (hongo) y *cerevisiae* (cerveza). Las cuales han sido indicadas para mejorar la actividad de los microbios en el tracto gastrointestinal e incrementar la digestibilidad de los nutrientes y el potencial de producción de los animales (Newbold et al., 1995). Garantizando la competitividad de la exclusión de microorganismos indeseables en el intestino, por lo tanto, favorece la salud de los animales.

Sin embargo hay mucha variación en el desempeño de los mismos animales alimentados con diferentes especies de fuentes bióticas. Las cuales al entrar en contacto con el tracto gastrointestinal tienen que hacer frente a determinadas limitaciones del medio ambiente, y las diferentes cepas que difieren en su sensibilidad hacia ellos. Estos productos al ser suministrados

directamente a los animales mejoran su metabolismo, salud y producción. Entre las fuentes bióticas las levaduras inducen efectos positivos en términos de desempeño productivo en especies monogástricas, pero no pueden colonizar el tracto digestivo. En monogástricos, los principales efectos de la suplementación con levaduras y sus derivados (mánanos) tienden a la estimulación de las disacaridasas de las microvellosidades con efecto antiadhesivo frente a patógenos, la estimulación de la inmunidad no específica, la inhibición de la acción tóxica y el efecto antagonista frente a microorganismos patógenos. Por otra parte, las enzimas, minerales, vitaminas y otros nutrientes o factores de crecimiento que producen las levaduras inducen respuestas benéficas en la producción animal. Es por esto que las fuentes bióticas, ofrecen la posibilidad de mantener el crecimiento de animales alimentados con dietas sin antibióticos y bajo condiciones de estrés (Castro y Rodríguez, 2005).

Algunas investigaciones han demostrado el aumento de las ganancias de peso, la producción de leche, y la digestibilidad total del tracto. En otros estudios relacionados (Williams et al., 1991; Lila et al., 2004) observaron que el consumo de levaduras aumentó el número de bacterias en el rumen y estimuló la producción de algunos productos finales de la fermentación. Esto sugiere que ciertos cultivos de levaduras pueden ser factores de crecimiento para la población de los microbios ruminales. Sin embargo, otros investigadores han informado de ausencia de efecto sobre la digestión *in vitro* de la fibra cuando se incluyó levadura. Por otro lado, se ha postulado que las enzimas proteolíticas y amilolíticas que residen en *Aspergillus oryzae* puede

tener efecto sobre la digestión de nutrientes. Del mismo modo, se informó que un aumento en la digestibilidad de la materia seca, estaba estrechamente relacionada con las enzimas liberadas por las levaduras.

Levaduras hidrolizadas enzimáticamente

Cada día se buscan alimentos menos dañinos a la salud humana y animal, los nuevos compuestos con efectos hipocolesterolémicos, dentro de ellos los probióticos y las cremas de levadura *Saccharomyces cerevisiae* hidrolizadas enzimáticamente juegan un papel muy importante en la salud y el bienestar animal. Entre las cepas más utilizadas en la producción de probióticos se destacan las bacterias ácido-lácticas y las levaduras, fundamentalmente especies del género *Saccharomyces*, ya sean vivas o muertas, o componentes de la pared celular como son oligosacáridos de glucanos y de mananos. Los glucanos, mananos y sus oligosacáridos son productos térmicamente estables, que estimulan el sistema inmunológico por lo que influyen en la prevención de enfermedades infecciosas. El efecto de los probióticos en la microflora intestinal permiten la eubiosis de los microorganismos y la obtención de mayores niveles de ácido láctico y ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y totales (acético, propiónico y butírico) que son productos de la fermentación. Los AGCC influyen en la disminución de los niveles de colesterol por que provocan inhibición de la enzima HMG-CoA reductasa. Asimismo, se ha planteado que pueden provocar un aumento en la proporción de sales biliares no conjugadas, que son menos solubles en agua y

se excretan más fácil en las heces fecales, por lo tanto disminuyen el retorno al hígado y se incrementa la conversión de colesterol a sales biliares.

Cultivos microbianos

Son productos formados por una mezcla de microorganismos (hongos unicelulares y levaduras), enzimas, vitaminas, medios de cultivo y factores no identificados relacionados con la levadura, que tienen efectos benéficos en la fermentación ruminal. Sin embargo, a través de estudios se ha observado que los efectos de agregar cultivo de levadura en la alimentación de los rumiantes no son constantes, lo cual puede deberse a la combinación de distintos factores inherentes a las levaduras (nucleótidos, aminoácidos y vitaminas), que son proporcionados a los microorganismos simbióticos del rumen por medio del proceso de lisis bacteriana (Newbold, 1990). Los cultivos de levadura presentan varias características importantes: 1) No son patógenos, ni tóxicos, 2) No se absorben en el tracto digestivo, 3) No dejan residuos en los tejidos animales, 4) Se utilizan en pequeñas cantidades, 5) Proliferan *in vivo* e *in vitro*, 6) Promueven el crecimiento de bacterias celulolíticas, 7) Son estables a temperaturas elevadas y 8) No causan mutación (Hubert, 1987).

Efectos de las levaduras sobre fermentación y producción de AGV

La fermentación en el ambiente ruminal, está influenciada por la interacción entre dieta, población microbiana y metabolismo propio del animal. Dos aspectos importantes en el rumen para la fermentación son: 1) las

condiciones para una eficiente actividad celulolítica y 2) la disposición de sustratos para una síntesis óptima de proteína microbial. Sin embargo, la importancia relativa de estos procesos varía de acuerdo con las características del alimento y los sistemas de producción animal.

La producción de ácidos grasos volátiles (AGV) se relaciona con la producción de metano en el rumen y debe mantenerse el balance fermentativo en todo momento debido a que el metano y el propionato sirven como captadores del exceso de equivalentes reductores que se producen a nivel ruminal. Investigaciones realizadas por (Wiedmeier et al., 1987; Harrison et al., 1987) mostraron cambios en la concentración de ácidos grasos volátiles por una mayor actividad microbiana; por otra parte, en los estudios realizados por Chademana y Offer (1990) y por Arcos et al. (2000) no registraron cambios en ácidos grasos volátiles en su proporción molar. Aunque se ha informado que *S.cerevisiae* incrementa la concentración (mmol) de AGV totales en fluido ruminal (Lila et al., 2004). En el caso de dietas con alto contenido de forraje, el patrón de AGV en la fermentación ruminal fluctúa entre 65:25:10 a 70:20:10 (acetato: propionato: butirato, en porcentaje molar). Por otra parte cuando la cantidad de concentrado en la ración se eleva por encima de 70%, las proporciones de AGV varían entre 45:40:15 a 50:40:10. Dietas compuestas únicamente de forrajes dan una mezcla en proporción molar de 65-74% acético, 15-20% propiónico y 8-16% butírico (Thomas y Rook, 1977).

S. cerevisiae no modifica la fermentación ruminal por efecto de la adición de levadura en la dieta de los animales. En este sentido Desnoyers et al., (2009) realizaron meta análisis cuantitativo a 110 artículos, 157 experimentos y 376 tratamientos los cuales tratan con suplementos de levadura en rumiantes; el objetivo fue demostrar los principales efectos cuantitativos de los suplementos de levadura viva en el consumo, la fermentación ruminal y la producción de leche, y además identificar las principales diferencias en cuanto a experimentación, condiciones entre estudios los cuales podrían afectar la respuesta al tratamiento. Se observó que el suplementar con levadura aumentó el pH (0.03 en promedio) y la concentración de ácidos grasos volátiles (2.17 Mm en promedio), tendió a disminuir la concentración de ácido láctico ruminal (-0.9 mmo), y no tuvieron ninguna influencia en la proporción de acetato a propionato. También se observó un aumento de consumo de materia seca (0.44 g / kg de peso corporal), aumentando la producción de leche (1.2 g / kg de peso corporal), y tendió a aumentar el contenido de grasa de la leche (0.05%), pero no influyó en el contenido de proteína de la leche. Los efectos de los suplementos de levadura, en dosis expresada como $\log^{10} [1 + (\text{ufc} / 100 \text{ kg de PV}^{-1})]$, confirmó los efectos cualitativos observados en el primer análisis. La inclusión de cultivo de levadura en la dieta, ha demostrado mejorar en el consumo de materia seca y la producción de leche en la lactancia temprana de la vaca lechera. Aunque estas respuestas han sido mencionadas, el modo específico de acción sigue siendo difícil de alcanzar.

Digestión ruminal.

La digestión de un ingrediente depende de los siguientes factores importantes: 1) La cantidad del ingrediente, 2) Las propiedades intrínsecas del mismo y 3) La interacción entre los ingredientes. Las dietas a base de grandes cantidades de forraje en este caso paja, más del 60% de la digestión se lleva a cabo en el rumen. Los protozoarios tienen mayor efecto sobre la digestión de la hemicelulosa en comparación con la celulosa (+53% para hemicelulosa vs. +23 % para celulosa). La cantidad de fibra detergente neutro (FDN) en el forraje no está directamente relacionada al contenido de FDN degradable en rumen, los factores físicos y químicos que limitan la digestión de la pared celular de los forrajes pueden ser diferentes a los asociados con los granos. Los resultados de investigaciones en dietas que incluyeron *S. cerevisiae* utilizando forrajes, observaron incrementos en el consumo de alimento, en la digestibilidad de la materia seca, de la fibra detergente neutra y de la proteína cruda cuando se añadieron a forrajes de baja calidad (Roa et al., 1997); en otros estudios a cargo de Drennan y Moloney (1993) no encontraron efecto sobre el consumo de alimento pero se observó un incremento en la producción de leche.

Con el uso de levaduras en algunos experimentos indican que no existe respuesta sobre la fermentación y digestibilidad ruminal debido a que algunos estudios no han observado efectos sobre el pH ruminal, N-NH, tasa de fracción de flujo, volumen ruminal, concentración de ácidos grasos totales y la digestibilidad total aparente de la materia seca, fibra detergente ácida y fibra detergente neutro. Más sin embargo se han registrado resultados diversos en

relación a la digestibilidad del alimento (Mir y Mir, 1994). Por lo tanto, un incremento en el número total de bacterias y un incremento en el número de bacterias celulolíticas que pueden ser recuperadas del rumen, podría parecer como una de las respuesta más consistentes a la adición de levadura, mientras el incremento en bacterias totales, en muchos estudios, puede no alcanzar significancia estadística; los estudios en los que la levadura no estimula el número total de bacterias son raros. En un estudio donde se suplementó levadura en vacas lecheras tres semanas antes de parto y en los primeros 100 días de lactación se observó una evidente disminución, aunque estadísticamente no significativa, en el recuento de células somáticas en la leche de vacas la cual se adicionó con levadura de cerveza seca *Sacharomyces cerevisiae* en comparación con el grupo control. Además de influir significativamente en el nivel proteína total y magnesio en la sangre, y el contenido de urea, albúminas, globulinas y magnesio después del parto (Kuczaj et al., 2010).

Fuentes no bióticas

Durante las últimas 4 décadas el cromo ha sido considerado por muchos nutricionistas un nutriente esencial para humanos y animales (Anderson, 1987). El cromo, descubierto por Vaughlin en 1797, existe en la naturaleza frecuentemente en su forma trivalente (Cr+3) (Tezuka et al., 1991). Es considerado esencial para la activación de ciertas enzimas y como estabilizador de proteínas y ácidos nucleicos, (Borel and Anderson, 1984). Tiene un papel importante en el metabolismo, potencializa la acción de la

insulina con la presencia de la molécula organometálica llamada factor de tolerancia a la glucosa (GTF) (Schwarz and Mertz, 1959). Evidencias de la importancia del cromo han sido obtenidas principalmente de investigaciones clínicas en humanos y animales de laboratorio. Personas que han recibido alimentación parenteral, padeciendo diabetes tipo II responden favorablemente con la suplementación de cromo, (Jeejeebhoy et al, 1977). Algunas investigaciones demuestran que la suplementación de cromo en la dieta de humanos y animales de laboratorio bajo varios factores de estrés es benéfica. Investigaciones con animales han confirmado que el cromo contenido en complejos orgánicos de la dieta, tales como el picolinato de cromo (Pic-Cr) y levaduras enriquecidas con cromo, se absorbe más eficientemente que el cloruro de cromo (CrCl_3) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Uso de picolinato de cromo (PiCr), en distintas especies.

Especie	variable	Control	200ppm Pic Cr	Autor
Ovinos	GDP	2.750	2.700	
	CDA	1.960	1.880	Kitchalong et al., 1996
Porcinos	GDP	0.929	0.979	
	CDA	2.940	3.060	
	CDA/GDP	3.190	3.130	Mooney and Cromwell, 1993
Porcinos	GDP	0.807	0.870	
	CDA	2.790	2.850	
	CDA/GDP	0.291	0.307	Page et al., 1993

Clasificación de cromo

El cromo es un elemento químico de número atómico 24 y es el elemento número 21 en cuanto a abundancia sobre la corteza terrestre, su contenido promedio en el suelo es de alrededor de 100 mg/kg. Aunque éste existe en varios estados de oxidación, el cero, el trivalente y el hexavalente son los estados más importantes en el medio ambiente y los productos comerciales. Casi todo el cromo presente en la naturaleza está en la forma trivalente como Cr^{3+} y se le encuentra en la mayoría de los materiales

biológicos, asociado fuertemente con proteínas, ácidos nucleicos y en una variedad de ligaduras de baja masa molar (se han encontrado concentraciones muy altas en fracciones de nucleoproteínas). Las principales características del cromo se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Propiedades físicas y químicas del Cromo.

Número atómico	24
Valencia	2,3,4,5,6
Estado de oxidación	3
Electronegatividad	1,6
Radio covalente (Å)	1,27
Radio iónico (Å)	0,69
Radio atómico (Å)	1,27
Configuración electrónica	[Ar]3d ⁵ 4s ¹
Primer potencial de ionización (eV)	6,80
Masa atómica (g/mol)	51,996
Densidad (g/ml)	7,19
Punto de ebullición (°C)	2665
Punto de fusión (°C)	1875

Chamberland, (1997)

El cromo es un contaminante ampliamente difundido en el ambiente proveniente de industrias metalúrgicas, de cromado y químicas principalmente. El Cr(VI) se encuentra generalmente bajo la forma de aniones cromatos o dicromatos solubles los cuales son muy tóxicos debido a su alto poder oxidante; por otra parte el Cr(III) forma complejos altamente estables con gran cantidad de sustancias y puede ser encontrado tanto bajo la forma catiónica $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{+3}$, $\text{Cr}(\text{OH})^{-2}$, $\text{Cr}(\text{OH})_2^-$ como aniónica (CrCl_6^{-3} , $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$). A diferencia del Cr (VI), el Cr(III) no es oxidante y por ello presenta menor toxicidad (Stasinakis et al., 2003).

El cromo en su estado de oxidación $3^+[\text{Cr}(\text{III})]^4$ fue propuesto como un elemento traza esencial (Merts, 1993), que funciona como un regulador de la insulina y a su vez mejora la regulación de la glucosa, proteínas y metabolismo de las grasas. El cromo $6^+\text{Cr}(\text{VI})$ se encuentra en la naturaleza y es clasificado como carcinogénico en humanos y animales (Conett and Wetterhahn, 1983; Cohen et al., 1993), bajo condiciones fisiológicas el Cr(IV) puede ser reducido por ácido ascórbico (vitamina C), glutatión y otros muchos sistemas enzimáticos (Connett and Wetterham, 1983; De Flora and Wetterham, 1989) para producir reacciones intermediarias y en última instancia Cr(III). Algunas formas de daño en el DNA pueden ser producidos a través del metabolismo del Cr(VI) (De Flora and Wetterham, 1989) el mecanismo exacto por el cual el cromo induce cáncer, es desconocido, (Cohen et al., 1993). Fuertes evidencias relacionan que el Cr(VI) daña al DNA, en presencia de activos intermediarios, Cr(V), Cr(IV) y radicales libres (Connett and Wetterhahn, 1983; Stearns et al.,

1995) numerosos estudios han mostrado que el cromo Cr(III) en su forma de cloruro hexahidrato ($\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) puede ser genotóxico bajo ciertas condiciones (Cohen et al., 1993; Cupo and Wetterhahn, 1985; Bridgewater et al., 1994); sin embargo ($\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ha mostrado ser menos activo que el cromo Cr(VI) en vivo. Esta falta de reactividad se le ha atribuido a su pobre absorción de cromo tipo Cr(III) (Connett and Wetterhahn, 1983; Cohen et al., 1993). Por ejemplo para el Cr(III) combinado con ácido picolínico (2-carboxipiridina) (Gargas et al., 1994) y ácido nicótico (3-carboxipiridina) (Mertz, 1995), picolinato y cromo niacina CrNic, ambos están disponibles para su consumo en suplementos nutricionales (Evans, 1982 y Jensen, 1989).

Fuentes de cromo

Entre los alimentos con alto contenido en cromo destacan las setas, la levadura de cerveza y la pimienta negra. Las carnes, las frutas y las verduras tienen menores concentraciones de dicho metal (Gómez et al., 2004).

El cromo es un metal ampliamente distribuido en el suelo como cromato en concentración de 250 $\mu\text{g}/\text{kg}$, entre 100 a 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en plantas y de 20 a 590 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en alimentos y al igual que otros minerales trazas, estas concentraciones se describen en el cuadro 3. El cromo está presente en estados de oxidación de -2 a +6 (Jeejeebhoy, 1999) donde la forma hexavalente (VI) es reconocida como tóxica y se encuentra principalmente en sustancias provenientes de procesos industriales (Hunt y Stoecker, 1996).

Cuadro 3. Fuentes de cromo y concentraciones.

Fuente de cromo	Concentración
Suelo	250 µg/kg,
Plantas	100 a 500 µg/kg
Alimentos	20 a 590 µg/kg
Minerales trazas	-
Contenido corporal Humanos	6mg
Tejidos	dependiente de variaciones geográficas
Hígado- riñón	Variables

Jeejeebhoy, (1999)

Aire

Usualmente, los niveles de concentración de cromo en aire son bajos. Por ejemplo, la concentración de cromo total, suma de cromo (III) y cromo (IV) en el aire en zonas no industriales, generalmente es menor de 0.1 mg/m³. Sin embargo, las emisiones de plantas de industria química que usan o producen compuestos de cromo, los incineradores, la gestión inadecuada de los desechos peligrosos y el polvo de cemento pueden aumentar estos valores y constituir un riesgo para las poblaciones cercanas (Amdur et al., 1995).

Agua

Normalmente, las concentraciones de cromo total en el agua de bebida son inferiores a 2 µg/L (2ppb). Sin embargo, el agua de pozos puede tener

concentraciones mayores si está contaminada con cromo (VI) de fuentes industriales o si la zona tiene depósitos importantes de minerales de cromo (Amdur et al., 1995).

Plantas

No se sabe si el cromo es un nutriente esencial para las plantas, pero todas lo contienen en concentraciones que se pueden detectar por los métodos modernos de análisis (Amdur et al., 1995).

Las plantas que han crecido en suelos no contaminados contienen cromo en concentraciones que fluctúan entre no detectables y 0.2 mg/kg. En suelos con depósitos importantes de cromo, estas concentraciones pueden llegar hasta alrededor de 0.5%. Sin embargo, el cromo de origen vegetal por lo común tiene una actividad biológica relativamente baja (Amdur et al., 1995).

Alimentos

El cromo (III) se encuentra de manera natural en muchos vegetales frescos, frutas, levaduras, granos y carne. Por esta causa, la ingestión de alimento es, usualmente, la principal vía de exposición al metal para la población general. Algunos métodos de procesar, almacenar y preparar los alimentos pueden modificar su contenido de cromo, por ejemplo, los alimentos ácidos que entran en contacto con latas o utensilios de acero inoxidable pueden llegar a tener cantidades elevadas de cromo, debido a que se puede

disolver y pasar al alimento. En contraste los procesos de refinación para la harina de trigo y el azúcar pueden reducir su contenido de cromo (Amdur et al., 1995).

Otras fuentes

Aunque de menor importancia, también pueden ser fuentes de exposición ambiental al cromo, el polvo de cemento, el tratamiento de protección de madera a base de sales de cobre, cromo y arsénico, el polvo de los caminos, si estos están contaminados por las emisiones del desgaste de los convertidores catalíticos a base de cromo o de las balatas de asbesto de los frenos de los automóviles (Amdur et al., 1995).

Metabolismo del Cromo

Absorción

El cromo puede entrar al organismo por inhalación, ingestión y en mucho menor medida, por absorción a través de la piel. La absorción del cromo por vía digestiva ocurre como resultado de la ingestión de alimentos o agua que contenga derivados del metal. En el tracto gastrointestinal de los humanos y los animales, se absorbe menos del 1% del cromo (III) y alrededor de 10% del cromo (VI). La forma química, la solubilidad en agua del compuesto y el tiempo de permanencia en el tracto gastrointestinal modifican la velocidad de absorción. El cromo (III) que se encuentra en los alimentos puede unirse a

otros compuestos que facilitan su absorción a partir del estómago y los intestinos. El mecanismo de absorción del cromo se describe en la figura 1. En cuanto al cromo (VI), un vez que es absorbido, se transforma rápidamente en cromo (III) (Amdur et al., 1995).

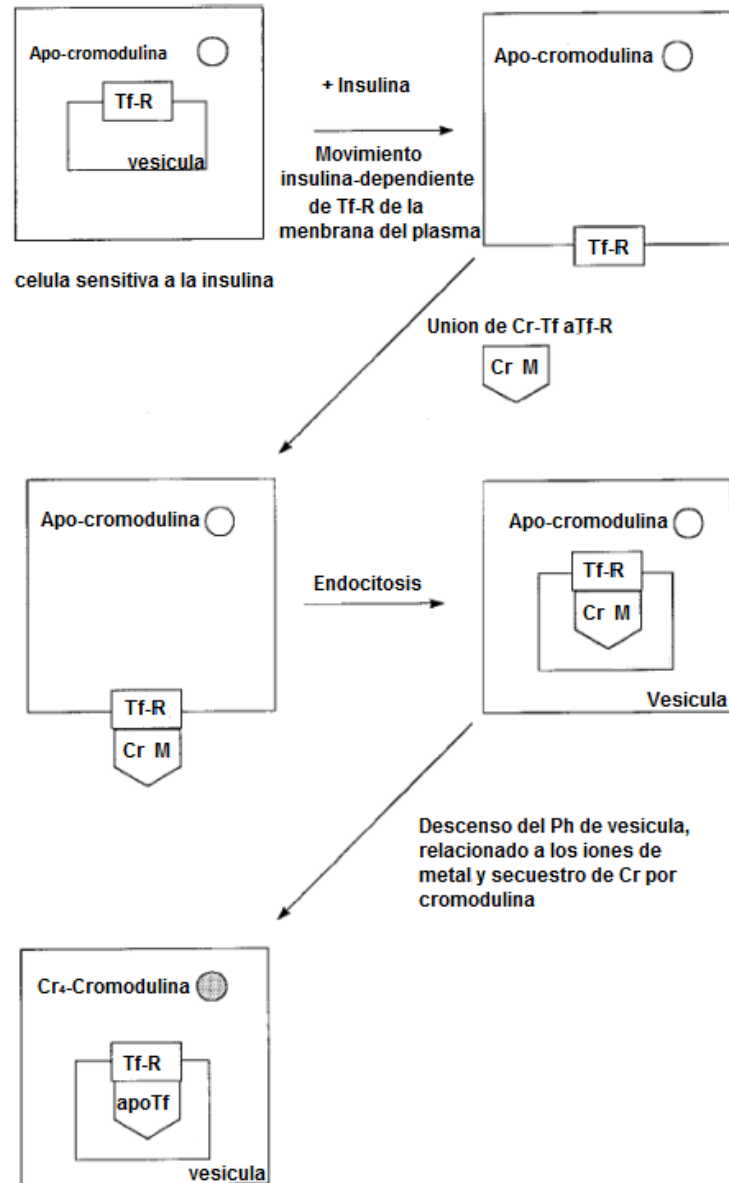


Figura 1. Mecanismo de absorción del cromo.

La pequeña fracción de cromo que se absorbe en el intestino pasa a la sangre, de donde se distribuye a los diferentes órganos. Una vez que ha sido absorbido, el cromo (III) no pasa fácilmente a las membranas, si no que se une a la transferina, una proteína del plasma, que transporta fierro, en contraste, después de la absorción, el cromo (VI) pasa rápidamente a los eritrocitos en donde se convierte en cromo (III). Independientemente de su origen, esto es, si se absorbió como tal, o es producto de la reducción del cromo (VI), en el cromo (III) está ampliamente distribuido en el organismo y representa la mayor parte del cromo en el plasma y los tejidos (Amdur et al., 1995).

Transporte

Se lleva a cabo mediante la proteína transferina como respuesta a incrementos en las concentraciones de insulina plasmática. La acción primaria del cromo como complejo cromo-cromodulina es mediante un sistema de autoamplificación de la señal de la insulina por la activación de la región tirosinacinasasa en la subunidad beta del receptor de insulina, la cual modifica la captura de la glucosa y el metabolismo de los lípidos (Gómez et al., 2004).

En la figura 2, se muestra la activación de la región tirosinacinasasa en el receptor de insulina (IR) como respuesta a la insulina, comienza con la unión de la insulina a su receptor (I) que permite la entrada del cromo existente en la sangre a las células dependientes de insulina; dentro de la célula, el cromo se une a la apocromodulina (apoLMWCr forma inactiva de la cromodulina porque

no tiene iones cromo) y se convierte en cromodulina, la cual se une al receptor de insulina y activa la cascada de las cinasas. Cuando la concentración de insulina disminuye, la cromodulina se libera del receptor y se revierten sus efectos.

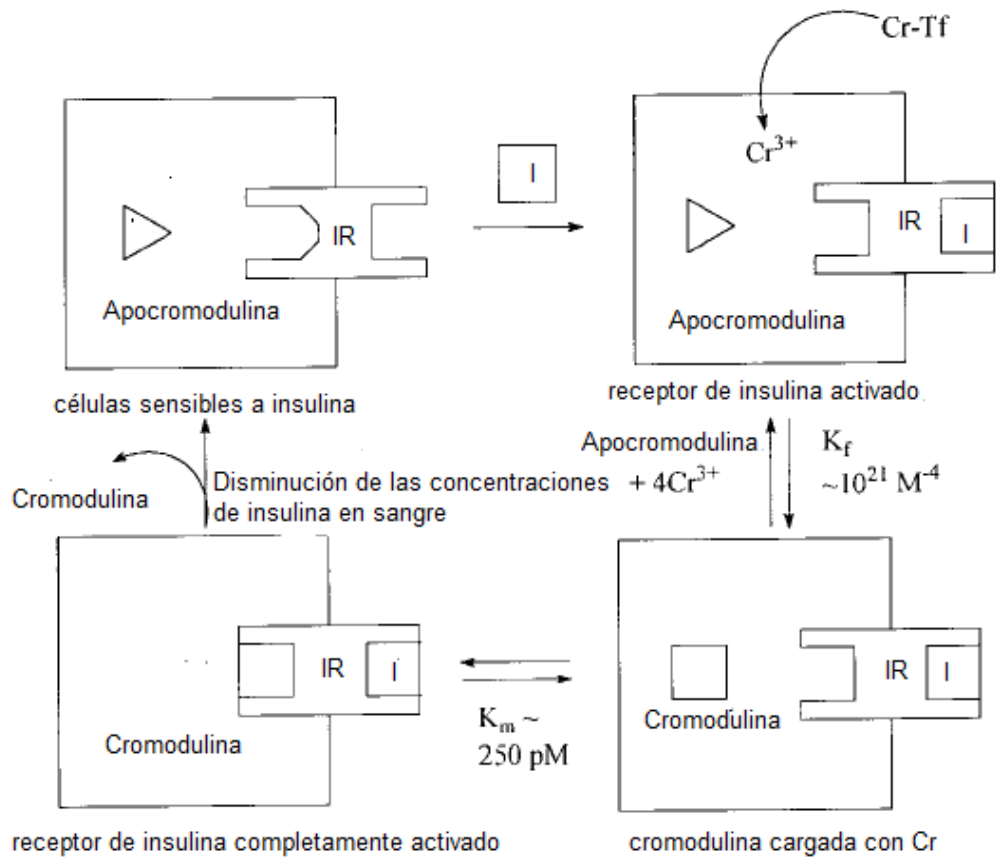


Figura 2. Mecanismos de acción del cromo.

Funciones

El Cromo tiene acción sobre la actividad de la lipoproteína lipasa y existen reportes de su acción en el metabolismo del colesterol, en este sentido

también participa en el metabolismo de los glúcidos y ácidos nucleicos (Soengas et al., 1997).

La función más conocida del cromo se relaciona con la prevención de la intolerancia a la glucosa, la acción biológica del cromo se debe a la unión de éste en un complejo con el ácido nicotínico y los aminoácidos, el factor de tolerancia a la glucosa (Fleming, 1989). Al optimizar la tolerancia de la glucosa se puede beneficiar su utilización y mejorar la eficiencia de crecimiento a largo plazo (Guan et al., 2000), en este sentido recientemente se ha encontrado la existencia de relación entre la ingestión de derivados crómicos y el desarrollo de insuficiencia renal (Wasser et al., 1997).

Excreción

La excreción de cromo ocurre principalmente a través de la orina y no hay una retención importante en los órganos. En los seres humanos el riñón excreta aproximadamente el 60% del cromo (VI) que se haya absorbido, en las 8 horas siguientes a la absorción, en forma de cromo (III). Alrededor del 10% de la dosis de cromo absorbida se elimina mediante excreción biliar y cantidades menores se eliminan en el pelo, pesuñas, leche y secreciones. En cuanto al cromo que fue ingerido en el agua y los alimentos, la mayor parte nunca se absorbe y se elimina con las heces después de unos días (Vincent, 1999).

Uso de cromo en rumiantes

La indisponibilidad del cromo contenido en los suplementos alimenticios comerciales para rumiantes se desconoce, existe una gama de cromo incluyendo los suplementos con cromo quelado y levaduras enriquecidas con cromo. Han sido utilizados en estudios de rumiantes, pero son pocos los estudios comparativos que se han llevado a cabo y por lo tanto, poco se sabe acerca de la indisponibilidad relativa de estas fuentes para rumiantes (NRC, 1997).

La literatura no sustenta su uso como recomendación general para la adición de cromo en las dietas comerciales para rumiantes. Sin embargo los esfuerzos en la investigación, tienen identificadas dos situaciones en la que su suplementación comercial puede tener efectos benéficos a la recepción de ganado destinado para engorda y ganado lechero a la primera lactancia durante su periodo de transición (NRC, 1997).

En tres de ocho estudios realizados con ganado de engorda recién llegados a corrales y sometidos a estrés de transporte, mezcla y manejo demostraron una respuesta positiva y evolución en las primeras semanas después de la llegada (Chang and Mowat, 1992). Con una reducción en la morbilidad y las concentraciones plasmáticas de cortisol debido a la suplementación con cromo, sin embargo, las respuestas no han sido consistentes (Yang, 1996). Los esfuerzos para establecer mejor inmunidad en respuesta a la vacunación o a las proteínas extrañas no han mostrado resultados consistentes, si bien la blastogénesis en la sangre periférica y

células mononucleares cultivadas con mitógenos de linfocitos T fue mayor en ganado alimentado con suplemento de cromo en comparación a los animales sin suplementar (Mowat et al., 1993), esto se ve indicado en el cuadro 4.

Cuadro 4. Perfil serológico de novillos suplementados con cromo durante el periodo de crecimiento.

Variables	Urea-maíz		Harina de soya		SD
	(-)Cr	(+) Cr	(-)Cr	(+)Cr	
No. de Novillos	8	8	8	8	
Glucosa, mmol/L	5.31	5.01	4.88	4.72	0.49
Insulina U/L	34.83	35.21	30.35	38.51	11.05
Cortisol, nmol/L	89.38	64.38	60.63	46.88	20.67
Colesterol, mmol/L	2.79	2.67	2.26	2.3	0.39
Urea, mmol/L	3.51	4.17	3.64	4.3	0.51
Proteínas, g/L	66.5	68.75	65.31	70.81	2.96
Ca, mg/L	109.02	111.42	114.63	109.82	5.92
K, mg/L	188.07	183.38	182.99	182.21	10.55
Mg, mg/L	24.31	23.58	31.84	24.79	4.37
Ácidos grasos volátiles mEq/L	0.33	0.33	0.35	0.33	0.06
Fosfatasa alcalina, U/L	208.75	218.38	173	212.56	54.17
Creatina, μ mol/L	136.31	140.88	143.19	129.44	14.72

SD = Desviación estándar

Chang y Mowat,(1992)

Ganado de carne

Los primeros resultados de los beneficios del uso del cromo suplementado en la dieta para ganado fueron reportados por (Chang y Mowat, 1992). En 108 becerros cruzados, raza Charoláis, transportados bajo condiciones de estrés, a los cuales se les evaluó su ganancia diaria de peso (GDP) y (GDP/CMS) eficiencia, adicionando levaduras enriquecidas con cromo 0.4 mg. Cr/kg en base seca, los cuales mejoraron un 30 y 27%, respectivamente, durante los primeros 28 días después de su recepción a los corrales de engorda, comparado con animales bajo mismas condiciones de estrés, que no recibieron suplementación de cromo en la dieta.

Estos beneficios de la suplementación de cromo en la dieta no fueron observados en becerros que fueron tratados con antibióticos de larga acción a las 48 horas de su llegada a los corrales de engorda (Chang y Mowat, 1992).

En otro estudio fueron seleccionados 96 novillos de un grupo de 108 becerros, (Chang et al., 1992) alimentados con levaduras enriquecidas con cromo, las dietas contenían de 0 a 0.2 mg. Cr/kg MS. Durante su periodo de crecimiento, seguidos posteriormente con dietas que contenían de 0 a 1.87 mg Cr/kg MS, durante el periodo de finalización. La suplementación de cromo no mostró diferencia en el rendimiento en cada uno de los periodos. Con el uso del cromo se vio una reducción en los niveles de cortisol sanguíneo, incremento de IgM y de inmunoglobulinas totales, en becerros alimentados con ensilaje de maíz y harina de soya. La respuesta inmunológica no fue evidente para becerros alimentados con maíz-urea. Las características de las canales

no fueron alteradas, por la suplementación de cromo, durante la fase de crecimiento y finalización como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5. Crecimiento y finalización suplementando cromo.

Referencias	Concentración de Cr en la dieta por Kg MS	Peso vivo al inicio del experimento y duración del experimento	Mejoramiento de la tasa de rendimiento	Mejoramiento de la eficiencia alimenticia
Chang y Mowat (1992)	Dieta basal maíz con urea = 12.03 mg; Harina de soya = 12.09 mg; Cr en la dieta = maíz + urea-basal + .2 mg Harina de soya enriquecida con levadura .2 mg	96 novillos - 280 kg 70 días de experimento	No mostró efecto	No mostró efecto
Kegley et al., (1997)	Dieta basal = desconocida; Cr en la dieta basal = .4 mg (CrNic).	48 novillos - 263 kg 56 - días de experimento	↑ ($P < 0.10$)	No mostró efecto
Chang et al., (1996)	Dieta basal = 1.45; Cr en la dieta = 2.20 mg (levaduras enriquecidas con cromo)	54 novillos - 236 kg Transportados bajo estrés mezclados/transp ortados Estresados	ND	ND
Mowat et al., (1993)	Dieta basal = 0.16 mg Cr en la dieta = 1.16 mg (cromo-quelatado)	12 novillos - 260 kg 56 días de experimento	No mostró efecto	No mostró efecto

En novillos pre acondicionados se ofreció suplemento de cromo 1 mg Cr/kg MS en su presentación de cromo quelado, sin presentar mejoras en la GDP, CMS, o eficiencia alimenticia, pero se vio como disminuyó la glucosa sanguínea y cortisol durante los primeros 56 días del experimento (Mowat et al., 1993).

Mathison y Engstrom (1995); Hong et al., (2002); Pollard and Richardson, (1999); evaluaron los efectos de la suplementación de cromo, eficiencia de la ganancia diaria de peso y calidad de la canal en becerros castrados, durante los primeros 28 días de recepción en corral de engorda, aplicando buenas prácticas de manejo sin estrés (Cuadro 6 y 7).

Suplementando cromo quelado, con un consumo que va desde 0.1 a 0.3, mg/kg MS respectivamente, para ganado manejado en condiciones de estrés y sin estrés durante los primeros 56 días del experimento. El uso de cromo no afectó ninguno de los criterios evaluados en este experimento. En el cuadro 8 se pueden observar resultados de la inclusión de cromo en el periodo de recepción.

Cuadro 6. Consumo de materia seca y ganancia diaria de peso.

Animales	Fuentes de cromo	% de incremento	Referencias
Novillo	Cr-Met 400 ppb dieta baja en forrajes	GDP 11.4% ↑ CMS 1.0% ↑ Ganancia/Consumo 9.3% ↑	Hong et al., 2002
Novillo Crecimiento	Quelado Cr 3 mg (6 days)+1.5 mg(21days)/kg Cr: control = 58.5:58.4 concentraciones	GDP 3.3% ↑ CMS 1.7% ↓	Mathison and Engstrom, 1995
Vaquilla estresada	Cr quelado 1 ppm	GDP 12.9% ↑ CMS 9.4% ↑ Ganancia /consumo 6.8% ↑	Mowat et al., 1993

Cuadro 7. Características de la canal.

Animales	Fuentes de cromo	Parámetros de calidad	Referencias
Novillo	Cr-Met 400 ppb	Marmoleo Cr: control = 4.7:4.2 grado prime Cr: control = 72:66	Hong et al., 2002
Novillo	Cr Quelado 3 mg (6 days)+1.5 mg(21days)/kg	Porcentaje de músculo magro (%) Cr: control = 58.5:58.4	Mathison y Engstrom, 1995
Vaquilla	Cr levadura 400 ppb	Área del ojo de la costilla (cm ²)	Pollard and Richardson, 1999
ND			

Cuadro 8. Efecto del propionato de cromo en novillos y rendimiento durante el periodo de recepción.

Variables	Inclusión de cromo, mg/kg. MS				CME
	0	0.1	0.2	0.3	
PV, Kg					
d 0	231	230	230	230	6
d 56	319	321	234	327	7
GDP, kg					
d 0 al 14	0.95	0.76	1.03	1.12	0.127
d 0 al 28	1.51 ^y	1.43	1.53	1.70 ^z	0.077
d 0 al 42	1.56 ^y	1.55	1.62	1.74 ^z	0.074
d 28 al 56	1.62	1.79	1.83	1.77	0.07
d 0 al 56	1.57 ^a	1.61	1.68	1.74 ^b	0.059
CMS					
d 0 al 14	4.48	4.49	4.74	4.74	0.228
d 0 al 28	5.67 ^y	5.75	5.9	6.08 ^z	0.238
d 0 al 42	6.35	6.42	6.54	6.66	0.234
d 28 al 56	7.68	7.84	7.91	7.98	0.234
d 0 al 56	6.67	6.79	6.91	7.04	0.227
Eficiencia					
d 0 al 14	0.215	0.169	0.216	0.233	0.0254
d 0 al 28	0.267	0.249	0.259	0.279	0.011
d 0 al 42	0.245	0.241	0.248	0.262	0.0089
d 28 al 56	0.213	0.228	0.232	0.222	0.007
d 0 al 56	0.237 ^y	0.237	0.244	0.247 ^z	0.0062

a,b diferentes de $P < 0.05$

Bernhard et al., (2012)

y,z diferentes de $P \leq 0.10$

Pechová et al., (2002) observaron los efectos de la suplementación de cromo sobre la velocidad de crecimiento e indicadores metabólicos incluyendo la interacción con elementos trazas (zinc, cobre) en toretes de 8 meses de edad, divididos dos grupos, el grupo experimental (E, $n=8$) y un grupo control (C, $n = 9$). Los grupos tenían un peso promedio de 284 ± 33.9 y 279.6 ± 27.0 kg, respectivamente. El grupo experimental fue alimentado con una dieta suplementada con levaduras enriquecidas con cromo (Co-Factor III levadura con cromo, Alltech, 0.1% Cr³⁺) a una dosis de 5 mg de Cr por animal por día, en la primera fase (hasta el día 136) y 8 mg por animal por día en la segunda fase (del día 136 al 220) del periodo de engorda. Los toretes fueron pesados y se les tomo una muestra sangre los días 1, 136 y 220 del periodo experimental. En el cuadro 9, se observa que los efectos de la suplementación de cromo mostraron un incremento en la ganancia de peso durante la primera fase de engorda (1.04 ± 0.12 vs. 0.82 ± 0.12 kg; $p \leq 0.01$). La diferencia entre los dos grupos fue significativa y se vio una disminución en la segunda fase del periodo de engorda (0.82 ± 0.12 vs. 0.74 ± 0.14 kg).

Cuadro 9. Toretos suplementados con levadura enriquecida Cromo

Días	1-136	137-220	1-220
Cromo kg-día ⁻¹	0.82 ± 0.12	0.74 ± 0.14	0.79 ± 0.11
Levadura kg-día ⁻¹	1.04 ± 0.12 **	0.82 ± 0.12	0.95 ± 0.11 **

Cr = Cromo

Pechová et al., (2002)

E= Levadura Enriquecida

Barajas et al., (2008) en un estudio para determinar la influencia que tiene la metionina de cromo en los bovinos durante el periodo de engorda, como son rendimiento y características de la canal, durante las temporadas de verano húmedo, utilizando 48 toros cruzados con Brahman de un peso promedio de 210.93 kg, durante los meses del 1 de mayo al 1 de diciembre del 2007. Los animales fueron distribuidos al azar en grupos de cuatro para determinar los animales que recibirían Cr y los que no recibirían Cr. La suplementación de Cr en la dieta fue equivalente a 0.30 mg de Cr/kg de M/S. En este experimento se observó un incremento con la suplementación de Cr de ($P < 0.05$) a la llegada de su peso final (490 vs. 508 kg), con una ganancia diaria promedio de (1.30 vs. 1.39 kg/d) (Cuadro 10) sin verse afectado el consumo de materia seca ($P = .69$) por tratamientos.

El peso de la canal caliente incremento ($P < .10$) en un 2.29% con cromo (310 vs. 318). Con estos datos se llega a la conclusión de que la suplementación con metionina de cromo mejora la ganancia de peso y el peso de la canal en los toros en corrales de engorda, en la temporada de calor y clima húmedo en el Noroeste de México.

Cuadro 10. Toros suplementados con Cr metionina.

Variables	Tratamiento		EE
	Control	Cromo	
Animales, <i>n</i>	24	24	
Corrales, repeticiones, <i>n</i>	6	6	
Dias del experimento	214.67	214.67	1.48
Peso al inicio, kg.	210.98	210.87	1.48
Peso final, kg.	490.17	508.32	5.56
Ganancia de peso en todo el experimento	279.19	297.45	5.32
Promedio de ganancia de peso kg/d.	1.299	1.385	0.03
Consumo de materia seca kg/d.	8.106	7.99	0.2
Eficiencia kg/kg.	6.271	5.772	0.28

**** $p \leq 0.01$ (diferencia entre grupos) Barajas et al., (2008)**

Ganado lechero

El período de transición, incluida la lactancia final, el parto y la lactancia temprana, se sabe que causan estrés metabólico en las vacas lecheras. Hay pruebas de suplementos de cromo durante este período de transición que pueden mejorar el rendimiento de las vacas durante su primera lactancia. Esta respuesta no fue observada en las vacas multíparas ofreciéndoles niveles similares de cromo suplementario (McClary et al., 1988).

La mejora del rendimiento puede ser asociado con un cambio en el metabolismo de cuerpos cetónicos, por bajar en circulación las

concentraciones de cuerpos cetónicos en vacas que consumen dietas suplementadas con cromo, como se ve en el cuadro 11. Como era observado en animales de engorda recién llegados bajo condiciones de estrés, la respuesta blastogénica y sus células mononucleares de la sangre periférica se mejoró con el cromo (NRC, 1997).

Cuadro 11. Suplementación de cromo en dietas para vacas lactación.

	Concentración de Cr en la Dieta por kg MS	Etapas de Lactación y Duración del Experimento	CA	Rendimiento de Leche
Burton et al., 1993	Dieta Basal=desconocida; Cr en la dieta = basal + 5.5 mg(Cr quelado).	20 Vacas Holstein 6 semanas pre-parto a 16 semanas post-parto	ND	ND
Burton et al., 1996	Dieta Basal = desconocida Cr en la dieta basal preparto = +5.5 Cr en la dieta basal postparto = Desconocida Cr en la dieta basal postparto = + 10 mg (Cr quelado).	19 Vacas Holstein 6 semanas pre-parto a 16 semanas post-parto	ND	ND
Yang et al., 1996	Dieta Basal Preparto = 0.79 mg; Cr en la Dieta Preparto = 1.29 mg; Dieta Basal Postparto = 1.01 mg; Cr en la Dieta Postparto = 1.51 mg (Cr amino-acido quelado)	12 Primíparas y 22 Multíparas 6 semanas pre-parto a 16 semanas post-parto	No se mostró Efecto Total, en las vacas primíparas Alimentadas Con Cr. Incrementando un 15 % su CMS en las primeras 4 semanas de lactación	Vacas Primíparas Incrementaron 13.2% P=0.06; las Vacas Multíparas No Tuvo Efecto
Yang et al., 1996	Dieta basal preparto= 1.23 mg; Cr en la dieta preparto = 1.93 mg Dieta basal postparto = 1.60 mg; Cr en la Dieta Postparto = 2.10 mg (Cr amino-acido quelado)	40 vacas Holstein 18 primíparas y 22 multíparas 6 semanas pre-parto a 16 semanas post-parto	No se mostró Efecto Total, las vacas Primíparas Alimentadas con Cr tuvieron tendencias de incremento en su CMS durante las primeras 8 semanas de lactación P= 0.08	Vacas Primíparas Incrementaron 7%. No se mostró efectos En vacas multíparas.

CONCLUSIÓN

El consumo del mineral cromo (Cr) es su forma trivalente ha demostrado que disminuye los niveles de cortisol sanguíneo y que modifica el metabolismo de la glucosa y el transporte intracelular de aminoácidos al actuar como componente del factor de tolerancia a la glucosa. Sin embargo, el nivel de respuesta está supeditado principalmente a la forma química, en la cual el Cr es ingerido. Las respuestas al uso de cromo como aditivo en dietas para ganado bovino se han traducido en la disminución de la morbilidad a la recepción de ganado promoviendo una pronta recuperación de merma y una reducción en los días de enfermedad. Mientras que el uso de cromo durante el periodo de engorda, ha resultado, en algunos experimentos, en mejora de la ganancia diaria y/o la eficiencia alimenticia con incremento en la masa muscular. Sin embargo, los resultados en fase de finalización son contradictorios ya que en un número considerable de experimentos no ha mostrado efectos benéficos. Esto demuestra que no se han definido plenamente los requerimientos de Cr para esta especie en esta fase productiva; por lo anterior, es necesario llevar a cabo una serie de estudios para evaluar el efecto del nivel de inclusión y la fuente de Cr utilizado.

LITERATURA CITADA

- Anderson, R. A. 1987. Chromium. In: W. Mertz (Ed.) Trace Elements in Human and Animal Nutrition (5th Ed.). p 225. Academic Press, San Diego, CA.
- Arcos, G., J. L. Castrejón, F. A. Mendoza and E. P. Perez. 2000. Effect of two commercial yeast cultures with *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation and digestion in sheep fed sugar cane tops. *Livest. Sci.* 63:155-157.
- Barajas, R., B.J Cervantes, E.A. Velazquez, J.A. Romo, F. Juarez, P.J. Rojas and F.R. Peña. 2008. Chromium methionine supplementation on feedlot performance and carcass characteristics of bulls: II. Results including trough hot and humidity season in the Northwest of Mexico. *Proc. Anim. Sci.* 59:374-375.
- Bernhard, B. C., N.C. Burdick, W. Rounds, R. J. Rathmann, J.A Carrol, D.N Finck, M. A. Jennings, T. R. Young and B. J. Johnson 2012. Chromium supplementation alters the performance and health of feedlot cattle during the reciving period and enhances their metabolic response to lipopolysaccharide challenge. *J. Anim. Sci.* 90: 3879-3888.
- Borel, J. S. and R. A. Anderson. 1984. Chromium. In: Frieden, (Ed.) *Biochemistry of the Essential Ultratrace Elements.* p. 175–199. New York.
- Burton, J. L., B. A. Mallard, and D. N. Mowat. 1993. Effects of supplemental chromium on immune responses of periparturient and early lactation dairy cows. *J. Anim. Sci.* 71:1532-1539.
- Castro, M. and F. Rodriquez. 2005. Levaduras: prebióticos y prebióticos que mejoran la producción animal. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria.* V.6(1)p.26-38.
- Chademana, I. and N. W. Offer. 1990. The effect of dietary inclusion of yeast culture on digestion in the sheep. *Anim. Sci.* 50:483-489.
- Chamberlan, B. L. 1997. Chromium. In: Storrs, (Ed.) *The CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF Cr₂ AND TETRAVALENT CHROMIUM OXIDE DERIVATIVES.* (7th Ed.). University of Connecticut Department of Chemistry. p. 78-95. Connecticut.
- Chang, X. and D. N. Mowat. 1992. Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. *J. Anim. Sci.* 70:559–565.

- Chang, X., D. N. Mowat y G. A. Spiers. 1992. Carcass characteristics and tissue-mineral contents of steers fed supplemental chromium. *Can. J. Anim. Sci.* 72:663–669.
- Cohen, P. 1993. Dissection of the protein phosphorylation cascades involved in insulin and growth factor action. *Biochem. Soc. Trans.* 21:555–567.
- DeFlora, S. and K. E. Wetterhahn. 1989. Mechanisms of chromium metabolism and genotoxicity. *Life Chem. Rep.* 7:169-175.
- Desnoyers, M., S. Giger-Reverdin, G. Bertin, C. Duvaux-Ponter, C and, D. Sauvart. 2009. Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *J. Dairy Sci.* 92:1620–1632
- Drennan, M. J., and A. P. Moloney. 1993. Effect of yeast culture on growth of beef cattle fed on grass silage plus barley- based concentrates. *Irish J. Agr. Food. Res.* 32:125-132(Abstr.).
- Evans, G. W. and L. Meyer. 1992. Chromium picolinate increases longevity. *Age. J. Inorg. Biochem.* 15:134-135.
- Evans, G. W. y T. D. Bowman. 1992. Chromium picolinate increases membrane fluidity and rate of insulin internalization. *J. Inorg. Biochem.* 46:243-244.
- Gonzales, A. and I. Valenzuela. 2003. La levadura *Saccharomyces cerevisiae* un modelo de estudio desde hace más de cien años. Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, UNAM. Cuerna vaca, Mor.
- Guan, X., J. J. Matte, P. K. Ku, J. L. Snow, J. L. Burton, and N. L. Trottier. 2000. High chromium yeast supplementation improves glucose tolerance in pigs by decreasing hepatic extraction of insulin. *J. Nutr.* 130:1274–1279.
- Harrison, G. A., R. W. Hemkem, K. A. Dawson, R. J. Harmon, K. E. Newman, and M. C. Moorehead. 1987. Yeast culture supplements in diets of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 70:218-222.
- Harrison, G. A., R. W. Hemkem, K. A. Dawson, R. J. Harmon, K. E. Newman, and M. C. Moorehead. 1987. Yeast culture supplements in diets of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 70:218-222.
- Hong, S. M., K. I. Sung, S. J. Ohh, J. S. Shin, C. H. Kim and H. S. Kim. 2002. Effect of chromium methionine supplementation to castrated fattening steers on carcass quality and blood metabolites. *Proc. Ann. Congress Kor. Soc. Anim. Sci. Tech.* p. 196.

- Hubert, J.T. 1987. Fungal additives for lactating cows. Department of animal SCI. University of Arizona, USA.
- Hunt, C. D. and B. J. Stoecker. 1996. Deliberations and evaluations of the approaches, endpoints, and paradigms for boron, chromium, and fluoride dietary recommendations. *J. Nutr.* 126:2441–2451.
- Jeejeebhoy, K. N., R. C. Chu, E. B. Marliss, G. R. Greenberg, and A. Bruce-Robertson. 1977. Chromium deficiency, glucose intolerance, and neuropathy reversed by chromium supplementation, in a patient receiving long-term total parenteral nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.* 30:531–538.
- Jensen, P. and B. Receñ. 1989 When to wean observations from free-ranging domestic pigs. *App. Anim. Behav. Sci.* 23:49–60.
- Kegley, E. B., J. W. Spears and T. T. Brown. 2000. Effect of shipping and chromium supplementation on performance, immune response, and disease resistance of steers. *J. Anim. Sci.* 75:1956-1964.
- Kuczaj, M., A. Dobicki, A. Zachwieja and W. Jakus. 2010. La influencia de la levadura seca *saccharomyces cerevisiae* además de antes y después del parto en rendimiento y composición química y bioquímica de los índices de leche de sangre en los primeros 100 días de la lactancia, *EJPAU.* 13: 12-20.
- Lila, Z.A., N. Mohammed, T. Yasui, Y. Kurokawa, S. Kanda, and H. Itabashi. Effects of a twin strain of *Saccharomyces cerevisiae* live cells on mixed ruminal microorganism fermentation in vitro. *J. Anim. Sci.* 882:1847-1854.
- Lindemann, M. D., A. F. Harper and E. T. Kornegay. 1995. Further assessment of the effects of supplementation of chromium from chromium picolinate on fecundity in swine. *J. Anim. Sci.* 73:185 (Abstr.).
- Lindemann, M. D., C. M. Wood, A. F. Harper, E. T. Kornegay and R. A. Anderson. 1995. Dietary chromium picolinate additions improve gain feed and carcass characteristics in growing finishing pigs and increase litter size in reproducing sows. *J. Anim. Sci.* 73:457–465.
- Mathison, G. W. and D. F. Engstrom. 1995. Chromium and protein supplements for growing finishing beef steers fed barley based diets. *Can. J. Anim. Sci.* 75:549-552.
- McClary, D. G., J. L. Sartin, R. J. Kempainen and J. C. Williams. 1988. Insulin and growth hormone responses to glucose infusion in mature and first lactation dairy cows. *Am. J. Vet. Res.* 49:1702–1704.

- Mertz, W. 1993. Chromium in human nutrition a review. *J. Nutr.* 123:626–633.
- Mertz, W. 1993. Essential trace metals new definitions based on new paradigms. *Nutr. Rev.* 51:287–295
- 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 Gain Diets and on Feed Digestibility and In Situ Degradability. *J. Anim. Sci.* 72:537-545.
- Mowat, D. N., X. Chang and W. Z. Yang. 1993. Chelated chromium for stressed feeder calves. *Can. J. Anim. Sci.* 73:49–55.
- Newbold, C. J., R. J. Wallace, X. B. Chen and F. M. McIntosh. 1995. Different strains of *Saccharomyces cerevisiae* differ in their effects on ruminal bacterial numbers in vitro and in sheep. *J. Anim. Sci.* 73:1811-1818.
- Newbold, C.J. 1990. Probiotics as feed additives in ruminants diets. *Memories. Nutrition Conference. Minnesota USA.*
- O'Quinn, P. R., Smith II, J.W. Nelssen, J.L. Tokach, M.D. Goodband, R.D. Owen. 1998. Effects of source and level of added chromium on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 76 (Abstr.).
- Page, T.G., L.L. Southern, T. L. Ward and D. L. Thompson. 1993. Effect of Chromium Picolinate on Growth and serum and Carcass Traits of Growing-Finishing Pigs. *J. Anim. Sci.* 71:656-662.
- Pechová, A., J. Illek, M. Indela and L. Pavlata. 2002. Effects of chromium supplementation on growth rate and metabolism in fattening bulls. *Acta Veterinaria Brno.* 71:535-541.
- Pollard, G. V. and C. R. Richardson. 1999. Effects of organic chromium (Bio-Chrome) on growth, efficiency and carcass characteristics of feedlot steers. In: *Biotechnology in the Feed Industry. Proc. Alltech's 15th Annu. Symp. Nottingham University Press.* p. 103-109. Nottingham, UK.
- Roa, M. L., J. R. Barcena-Gama, M. S. Gonzalez, G. M. Mendoza, M. E. Ortega and C. B. Garcia. 1997. Effect of fiber source and yeast cultura(Sc^{1026}) on digestion and the environment in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 64:327-336.
- Schwarz, K. and W. Mertz. 1959. Chromium (III) and the glucose tolerance factor. *Arch. Biochem. Biophys.* 85:292-298.

- Shelton, J. L., R.L. Payne, S.L. Johnson, T.D. Bidner, L.L. Southern and R.L. Odgaard. 2003. Effect of chromium propionate on growth, carcass traits, pork quality, and plasma metabolites in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 81:2515–2524.
- Stearns, D.M., J.J. Belbruno, K.E. Weterhahn. 1995. A prediction of chromium(III) accumulation in humans from chromium dietary supplements. *J. ASEB.* 9:1650–1657,
- Tezuka, M., K. Momiyama, T. Edano and S. Okada. 1991. Protective effect of chromium (III) on acute lethal toxicity of carbon tetrachloride in rats and mice. *J. Inorg. Biochem.* 42:1–8.
- Thomas, P.C., and J. A. Rook. 1977. Manipulation of rumen fermentation In: H. William (Ed.). *Recent Advances in Animal Nutrition.* p. 88. Washington, D.C.
- Wiedmeir, R. M., J. Alambel and J. L. Walters. 1987. Effect of yeast culture and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on ruminal characteristic and nutrient digestibility. *J. Dairy Sci.* 70: 2063 -2068.
- Williams, P.E., C. A. Tait, G. M. Innes and N. Newbold. 1991. Effects of the inclusion of yeast culture *Saccharomyces cerevisiae* plus growth medium in the diet of dairy cows on milk yields and forage degradation and fermentation patterns in the rumen of steers. *J. Anim. Sci.* 69:3016-3026.
- Yang, W. Z., D. N. Mowat, A. Subiyatno and R. M. Liptrap. 1996. Effects of chromium supplementation on early lactation performance of Holstein cows. *Can. J. Anim. Sci.* 76:221-227.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

Experiment I

Heading title: chromium and yeast on growth performance in feedlot cattle

Influence of feeding chromium-enriched enzymatically hydrolyzed yeast on growth performance, dietary energetics and carcass characteristics in feedlot cattle under conditions of high ambient temperature

B. Sánchez-Mendoza¹, A. Montelongo-Terriquez¹, A. Plascencia¹, N. Torrentera¹, R.A.

Ware², R.A. Zinn³

¹Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, BC, México

²Varied Industries Corporation, Mason City, IA, USA

³University of California, Davis, CA, USA

Artículo aceptado con revisiones menores en el Journal of Applied Animal Research (estatus actual: en 2da revisión)

¹ Corresponding author email: razinn@ucdavis.edu

23

Abstract

24 Forty crossbred steers (245 ± 0.95 kg) were used in a 222-d feeding trial to assess the
25 effects of a supplementation of chelated chromium enhanced extract of enzymatically
26 hydrolyzed yeast (Cr-EHY) on growth performance, dietary energetics and carcass
27 characteristics in feedlot cattle finishing during high ambient temperatures. Treatments
28 consisted of a steam-flaked corn-based diets supplemented with 0 or 0.4 g/kg of diet
29 with Cr-EHY (0.3 g/kg of TruMax plus 0.1 g/kg of chelated Cr). Both dry matter intake
30 (DMI) and climatic variables were measured weekly and the temperature humidity
31 index (THI) was estimated. Daily maximal THI that exceeding a THI value of 72 were
32 reached in 213 of the 222-d study (avg. THI=75.24). During the initial 112-d period
33 (including the receiving and diet transition phases), Cr-EHY increased ADG (7%, $P =$
34 0.03). This effect was due to a tendency ($P=0.07$) for increased DMI. There were no
35 treatment effects on gain efficiency and dietary NE. Overall, however, there were no
36 treatment effects on growth performance or dietary NE. Nevertheless, Cr-EHY
37 supplementation had a modulating effect on carcass quality, decreasing carcass fat
38 thickness (10%, $P=0.09$, and increasing LM area (7%, $P < 0.01$) and retail yield of
39 boneless closely trimmed primal cuts (2%, $P=0.07$). Results indicate that
40 supplementation with a chelated chromium enhanced extract of enzymatically
41 hydrolyzed yeast can have beneficial effects on feed intake and daily weight gain,
42 particularly during the initial receiving growing phase. It also appears to have a
43 modulating effect on carcass quality, enhancing muscularity and reducing external fat.

44 These results indicate that Cr supplementation has a modulating effect on carcass
45 quality, and may enhance DMI and corresponding ADG of feedlot cattle during periods
46 of high ambient temperature.

47 **Keywords:** chromium; hydrolyzed yeast; feedlot; cattle; performance.

48 **1. Introduction**

49 One of the main goals of the feedlot industry is to increase gain efficiency, particularly
50 during the late finishing phase when cost of gain is highest. Thus, use of growth
51 modulators (hormonal implants, supplemental beta-agonist, etc.) in some countries is
52 widespread. Although the safety of these additives has been verified through exhaustive
53 evaluations, there remains some concern among consumers, and hence considerable
54 effort is underway to advance the use of more “organic” alternatives. The latter
55 perception has generated interest in the search for generally-recognized-as-safe
56 alternatives. Among these, the chelated minerals and yeast have shown promising
57 results.

58 Chromium (Cr) is an essential nutrient in animal nutrition that potentiates
59 binding of insulin to receptor sites (Kegley et al 2000). Inorganic chromium is poorly
60 absorbed in animals and humans (ranging from 0.4 to 3; Anderson et al. 1983,1989).
61 However, absorption of supplemental Cr is enhanced when fed as a chelate (O’Quinn et
62 al. 1998; Shelton et al. 2003). Chelated Cr supplementation of market and transit
63 stressed feedlot calves has reduced plasma cortisol, enhanced rates of weight gain, feed
64 efficiency, and humoral immune responses, and reduced morbidity compared to non-
65 supplemented control calves (Burton 1995). More recently, the use of chelated
66 chromium (as chromium-enriched yeast) supplementation modulated composition of

67 weight gain in finishing ruminants (Valdés-García et al. 2011; Estrada-Angulo et al.
68 2013).

69 The use of yeast extracts (comprised of the water-soluble components of the
70 yeast cell and derivatives of cell wall as glucans and mannans) as food additives for
71 livestock has gained popularity. Feeding derivatives of the yeast cell wall influences the
72 composition and metabolic activity of the intestinal microflora and has been shown to
73 have beneficial effects on animal health response (Nocek et al. 2011). In recent study,
74 Ponce et al. (2012) observed positive effects on performance and health of stressed
75 calves when they were supplemented with 14 g per day of enzymatically hydrolyzed
76 yeast. Responses were ascribed to positive effects that the yeast extracts have on
77 ruminal microbial flora and health of intestinal epithelium. The objective of this trial
78 was to evaluate the growth modulating effects of a source of chelated chromium
79 (chromium in combination with enzymatically hydrolyzed yeast) in feedlot cattle
80 finishing under conditions of high ambient temperature.

81 **2. Materials and methods**

82 All animal care and handling followed protocols approved by the University of
83 California, Davis, Animal Use and Care Committee.

84 ***2.1 Experimental location***

85 This trial was conducted at the Desert Research Center of the University of
86 California Davis, during the period of April through October 2012 (222-d feeding trial).
87 The Desert Research Center is located in the Imperial Valley, California (32° 47' 31" N
88 and 115° 33' 47" W). It is about 16 m below sea level, and under Sonoran desert

89 conditions (*BWh* classification according to Köppen). This region is characterized as
90 dry and arid with extreme temperatures in summer ($\geq 42^{\circ}\text{C}$), and an average annual
91 precipitation of 85 mm.

92 ***2.2 Weather measurement and THI estimation***

93 Climatic variables (ambient temperature, relative humidity, solar radiation,
94 black globe temperature, and wind speed) were obtained every 30 min from an on-site
95 weather station (UC Agriculture Field station) throughout the experimental period. The
96 temperature humidity index was calculated using the following formula: $\text{THI} = 0.81 \times T$
97 $+ \text{RH} (T - 14.40) + 46.40$ (Hahn 1999).

98 ***2.3 Animal management***

99 Forty crossbreed steers (live weight average 245 ± 1 kg) approximately 20% Zebú
100 breeding with the remainder represented by Hereford, Angus, and Charolais breeds in
101 various proportions, were used in a 222-d feeding trial to assess the treatments effects
102 on characteristics of growth-performance, dietary energetic, and carcass characteristics.
103 Steers were purchased in Raymondville, Texas and transported to the Desert Research
104 and Experimental Center at El Centro, California, (approximately 2,230 km) and were
105 in transit for approximately 23 h. Upon arrival steers were implanted with Revalor-IS
106 (Merck Animal Health, Summit, NJ), vaccinated for IBR, BVD (Types 1 and 2), PI3,
107 BRSV, leptospirosis (Cattle Master Gold FP 5 L5; Pfizer Animal Health, New York,
108 NY), and treated for internal and external parasites (Dectomax, Pfizer, New York, NY).
109 Steers were injected with 500,000 IU vitamin A (Vital E-AD, Stuart Products, Bedford,
110 TX) and 8 mL Excede (Pfizer, New York, NY). Steers were weighed and assigned to 8

111 pens (5 steers/pen). Pens were 43 m², with 22 m² of overhead shade, automatic
112 waterers, and 2.4 m long fence-line feed bunks. On d 112 steers were reimplanted with
113 Revalor-S (Merck Animal Health, Summit, NJ) and injected with 500, 000 IU vitamin
114 A (Vital E-AD Stuart Products, Bedford, TX).

115 ***2.4 Treatments***

116 Dietary treatments consisted of a steam-flaked corn-based finishing diet
117 supplemented with 0 or 0.4 g/kg of diet (air dry basis) with TruMax-Cr™ (Vi-COR[®],
118 Mason City, IA, USA), consisting of TruMax (Vi-COR[®], Mason City, IA, USA), a
119 combination of yeast culture and enzymatically-liberated functional carbohydrates
120 derived from the yeast cell wall, in particular, mannan oligosaccharides and beta-
121 glucans, enriched to provide 0.5 mg/kg of dietary dry matter as chelated Cr. The
122 characteristics of the TruMax product has been described previously (Nocek et al.
123 2011). Feeding program and composition of experimental diets is shown in Table 1.
124 Steers were allowed free access to dietary treatments. Fresh feed was provided twice
125 daily.

126 ***2.5 Estimations of performance and dietary energy***

127 The estimations of dietary energetics were performed based on measures of initial
128 and final shrunk body weight (SBW), assuming that SBW is 96% of full weight (NRC
129 1996). Average daily gains (ADG) were computed by subtracting the initial LW from
130 the final LW at day 112 and at day 222 of feeding and dividing the result by the number
131 of days on feed. The efficiency of BW gain was computed by dividing ADG by the
132 daily DMI. The estimation of dietary NE was performed by means of the quadratic
133 formula: $x = (-b \pm (b^2 - 4ac)^{0.5})/2c$, where $x = NE_m$, $a = -0.41EM$, $b = 0.877 EM + 0.41$

134 DMI + EG, and $c = -0.877 \text{ DMI}$ (Zinn and Shen 1998), where EM (energy required for
135 maintenance, Mcal/day) = $0.077W^{0.75}$, DMI = observed average dry matter intake
136 (kg/d), $EG = ADG^{1.097} \times 0.0557W^{0.75}$ (NRC 1984). The dietary NE_g was derived from
137 NE_m by the equation: $NE_g = 0.877 NE_m - 0.41$ (Zinn et al. 2008).

138 **2.6 Carcass data**

139 All steers were harvested on the same day. Hot carcass weights (HCW) were
140 obtained from all steers at the time of slaughter. After carcasses were chilled for 48 h,
141 the following measurements were obtained: 1) LM area, taken by direct grid reading of
142 the muscle at the 12th rib; 2) subcutaneous fat over the eye muscle at the 12th rib taken
143 at a location 3/4 the lateral length from the chine bone end (adjusted by eye for unusual
144 fat distribution); 3) kidney, pelvic and heart fat (KPH) as a percentage of carcass weight
145 and 4) marbling score (USDA 1997).

146 **2.7 Statistical analyses**

147 Performance (gain, gain efficiency, and dietary energetics) and carcass data were
148 analysed as a randomized complete block design. The experimental unit was the pen.
149 The MIXED procedure of SAS (SAS Institute 2004) was used to analyze variables. The
150 fixed effect consisted of treatment, and pen as the random component. Feed additive
151 effects were tested using F test statistic. Contrasts were considered significant when the
152 P -value was ≤ 0.05 , and tendencies were identified when the P -value was > 0.05 and \leq
153 0.10.

3. Results and discussion

154

155 Ambient weather conditions during the course of the study are shown in Table 2.
156 Minimum and maximum estimated THI were 55.4 and 99.2, respectively. Daily
157 maximal THI exceeded the threshold THI value of 72 (Igono et al., 1992) for 213 of the
158 222-d study. Average daily THI was 75.2.

159 Treatment effects on growth performance are shown in Table 3. Daily Cr-EHY
160 intake averaged 3.41 g/d (3.40 and 3.42 g/d during the first 112 d and second 110 d
161 periods, respectively), corresponding to average daily supplemental EHY and Cr intakes
162 of 7.0 and 0.01 mg/kg of LW, respectively.

163 During the initial 112-d period (including the receiving and diet transition
164 phases), Cr-EHY increased ADG (6.8%, $P = 0.03$). This effect was due to a tendency
165 ($P=0.07$) for increased dry matter intake (DMI), as there were no treatment effects
166 ($P\geq 0.70$) on gain efficiency and dietary NE. Thereafter, there were treatment effects
167 ($P\geq 0.70$) on growth performance or dietary NE. Ponce et al. (2012) observed positive
168 effects on initial performance and health on stressed (newly received) calves when they
169 were supplemented with 14 g per day of enzymatically hydrolyzed yeast. They ascribe
170 these responses to the positive effects that the yeast extracts have on ruminal microbial
171 flora and on the health of intestinal epithelium. Previously (Chang and Mowat 1992;
172 Cole et al. 1992; Zinn et al. 1999) non-enriched yeast culture supplementation of
173 shipping stressed cattle reduced sick days and/or enhanced feed intake during the initial
174 receiving period (<35 days). However, subsequent effects on growth performance have
175 been small or non-appreciable. In studies where a greater weight gain is observed as
176 result of yeast supplementation differences could be explained by increased energy

177 intake rather than by increases in energy efficiency. Harrison et al. (1988) revealed that
178 yeast supplementation resulted in less variation in ruminal ammonia concentrations and
179 increased cellulolytic bacteria concentrations, leading to more stable ruminal
180 fermentation. Under certain conditions, yeast supplementation has been show to favor
181 the stabilization of feed intake (i.e. decrease day to day feed intake fluctuations,
182 Beauchemin et al. 2006). Fluctuations in intake of high-concentrate diets may be a
183 causative factor in the incidence of subacute acidosis (Stock et al. 1995). Galyean et al.
184 (1992) observed that, compared to a constant rate of feeding, a 10% of fluctuation in
185 feed allowance depressed both ADG (6.5%) and gain to feed (7%). However, it appears
186 that cattle can adjust to the feed intake fluctuations in short term, so that in the long-
187 term, no adverse effects on gain or gain to feed are observed (Zinn 1994; Soto-Navarro
188 et al. 2000). The latter could partially explain the short-term benefits commonly
189 observed for the supplemented cattle with yeast.

190 Likewise, previous reports summarized by Burton (1995), have shown benefits
191 of Cr supplementation in cattle receiving studies (initial few months following arrival
192 of calves into the feedlot), reducing plasma cortisol, and morbidity, and increasing
193 weight gain, feed efficiency, and humoral immune responses. During a 56-d receiving
194 period following arrival of shipping stressed calves into the feedlot, Bernhard et al.
195 (2012) observed linearly increased ADG and gain efficiency in response to
196 supplementation with 0.1, 0.2 or 0.3 mg Cr/ kg of dietary DM. However, performance
197 responses to Cr supplementation in long-term growing-finishing studies are
198 inconsistent. Consistent with the present study, Swanson et al. (2000) did not observe
199 and overall effect of Cr- enriched yeast supplementation on ADG or gain efficiency in

200 steers fed a corn silage-based diet. In contrast, other studies have shown benefits to
201 both ADG and dietary energetics with chelated Cr supplementation (alone or
202 combined with yeast) on overall feedlot growth-performance of finishing cattle
203 (Barajas et al. 2008; Valdés-García et al. 2011). It is possible that the efficacy of Cr
204 supplementation on long-term finishing diets depends mainly on the level of
205 administration (Valdés-García et al. 2011). In studies involving pigs (Page et al. 1993;
206 Lindemann et al. 1995) supplementation with 250 to 500 mg/kg dietary DM
207 (approximately 0.01 to 0.02 mg Cr/kg LW/day) as Cr propionate or Cr picolinate,
208 increased daily weight gain, gain efficiency, and carcass muscle. However,
209 supplemental Cr requirements for ruminants have not been established (Pallauf and
210 Muller 2006), and there is limited information available on the effect of level of Cr
211 supplementation the growth performance and carcass characteristics in feedlot cattle
212 (Besong et al. 2001; Romero et al. 2009). Pechová et al. (2002) observed greater
213 (26.8%) ADG in finishing bulls supplemented with 0.024 mg Cr/kg LW/day (2.4
214 times the Cr concentration used in the present experiment) from Cr enriched yeast
215 cells during the initial 136 days of a finishing experiment. With higher concentrations
216 of chromium, greater responses were obtained. For example, linear responses in gain,
217 gain efficiency and apparent dietary energy were observed in finishing heifers
218 supplemented with chelated chromium at levels of 5, 10 or 15 mg/head/d (equivalent
219 to 0.012, 0.024 and 0.036 mg Cr/kg LW/day; Valdés-García et al. 2011). Comparable
220 improvements were also observed in finishing lambs fed 0.4, 0.8 or 1.2 mg Cr/head/d
221 (equivalent to 0.009, 0.018 and 0.027 mg Cr/kg LW/day; Estrada-Angulo et al. 2013).

222 Accordingly, maximal responses in growth performance were observed when animals
223 were fed at three-fold the level applied in the present study.

224 Treatments effects on carcass characteristics are shown in Table 4. There were
225 no treatment effects ($P \geq 0.11$) on carcass weight, dressing percentage, and internal fat
226 (KPH), and marbling score. However, supplemental Cr-EHY tended to reduce external
227 fat thickness (9%, $P = 0.09$) and percentage yield of boneless closely trimmed primal cuts
228 (2%, $P = 0.07$), and increased LM area (7%, $P < 0.01$). The basis for these enhancements
229 is not certain. In previous studies (Beauchemin et al. 2006; Zerby et al. 2011), feedlot
230 cattle supplementation with hydrolyzed yeast cell wall components did not affect
231 carcass characteristics. Barajas et al. (2008) observed lower internal fat in feedlot bulls
232 supplemented with chelated chromium (0.34 mg/kg diet dry matter). Likewise, Valdés
233 et al. (2011) observed linear decrease in internal fat and fat thickness in feedlot heifers
234 fed 0.012, 0.024 and 0.036 mg Cr/kg LW/day). Estrada-Angulo et al. (2013) observed
235 linear increase in LM area of lambs fed 0.009 or 0.18 mg Cr/kg/LW. In contrast, Chang
236 et al. (1992) did not observed an effect of supplemental Cr (0.20 mg Cr/kg diet DM) on
237 carcass characteristics of steers in a 138-d finishing trial. They attributed the lack of
238 effect on the low level of Cr supplementation (equivalent to 0.004 mg/kg LW). Cr may
239 potentiate insulin action by enhancing its binding to target cell receptors, and also by
240 improving its post-receptor signaling, contributing to enhanced lean tissue growth
241 (Debski et al. 2004; Pechová and Pavlata 2007). However, ruminants are more resistant
242 to insulin than nonruminants (Chang et al. 1992) which could explain the absence of
243 effects on growth performance and carcass in some studies.

244 **4. Conclusion**

245 It is concluded that supplementation with a chelated chromium enhanced extract
246 of enzymatically hydrolyzed yeast has beneficial effects on feed intake and daily
247 weight gain, particularly during the initial receiving growing phase. It also appears to
248 have a modulating effect on carcass quality, enhancing muscularity and reducing
249 external fat.

250 5. References

- 251 Anderson RA, Polanski MM, Bryden NA, Roginski EE, Mertz W, Glinsmann W. 1983.
252 Chromium supplementation of human subjects: Effects on glucose, insulin and
253 lipid variables. *Metabolism*. 32:894–899.
- 254 Anderson RA, Bryden NA, Planski MM, Richards MP. 1989. Chromium
255 supplementation of turkeys: Effects on tissue chromium. *J. Agric. Food Chem.*
256 37:131–134.
- 257 AOAC (Association Official Analytical Chemists). 2000. Official methods of analysis.
258 17th ed. Gaithersburg, MD.
- 259 Barajas R, Cervantes BJ, Velazquez EA, Romo JA, Juarez F, Rojas PJ, Peña FR. 2008.
260 Chromium methionine supplementation on feedlot performance and carcass
261 characteristics of bulls: II. Results including trough hot and humidity season in
262 the northwest of Mexico. *Proc. West. Sec. Am. Soc. Anim. Sci.* 59:374-377.
- 263 Beauchemin KA, Krehbiel CR, Newbold CJ. 2006. Enzymes, bacterial direct-fed
264 microbials and yeast: principles for use in ruminant nutrition. In: Mosenthin R,
265 Zentek J, Zebrowska T, editors. *Biology of Nutrition in Growing Animals*. Vol.
266 4. Elsevier. Philadelphia, PA.

267 Bernhard BC, Burdick NC, Rounds W, Rathmann RJ, Carroll JA, Finck DN, Jennings
268 MA, Young TR, Johnson BJ. 2012. Chromium supplementation alters the
269 performance and health of feedlot cattle during the receiving period and
270 enhances their metabolic response to a lipopolysaccharide challenge. *J. Anim.*
271 *Sci.* 90:3879-3888.

272 Besong S, Jackson JA, Trammell DS, Akay V. 2001. Influence of supplemental
273 chromium on concentrations of liver triglyceride, blood metabolites and rumen
274 VFA profile in steers fed a moderately high fat diet. *J. Dairy Sci.*84:1679-1685.

275 Burton JL. 1995. Supplemental chromium: its benefits to the bovine immune system.
276 *Anim. Feed. Sci. Technol.* 53:117-133.

277 Chang X, Mowat DN. 1992. Supplemental chromium for stressed and growing feeder
278 calves. *J. Anim. Sci.* 70: 559-565.

279 Chang X, Mowat DN, Spiers GA. 1992. Carcass characteristics and tissue-mineral
280 contents of steers fed supplemental chromium. *Can. J. Anim. Sci.* 72:663.

281 Cole NA, Purdy CW, Hutcheson DP. 1992. Influence of yeast culture on feeder calves
282 and lambs. *J. Anim. Sci.*70: 1682-1690.

283 Debski B, Zalewski W, Gralak MA, Kosla T. 2004. Chromium-yeast supplementation of
284 chicken broilers in an industrial farming system. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 18:
285 47–51.

286 Estrada-Angulo A, Valdés YS, Carrillo-Muro O, Castro-Pérez BI, Barreras A, López-
287 Soto MA, Plascencia A, Dávila-Ramos H, Ríos FG, Zinn RA. 2013. Effects of
288 feeding different levels of chromium-enriched live yeast in hairy lambs fed a

289 corn-based diet: Effects on growth performance, dietary energetics, carcass traits
290 and visceral organ mass. *Anim. Prod. Sci.* 53: 308-315.

291 Galyean ML, Malcom KJ, García DR, Pulsipher GD. 1992. Effects of varying the
292 pattern of feed consumption on performance by programmed-fed steers. New
293 Mexico State University. Research Agricultural Experimental Station. PR. 78.

294 Hahn GL. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Dairy Sci.* 82
295 (Suppl. 2): 10–20.

296 Igono MO, Bjotvedt G, Sanford-Crane HT. 1992. Environmental profile and critical
297 temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *Int.*
298 *J. Biometeorol.* 36: 77–87.

299 Kegley EB, Galloway DL, Fakler TM. 2000. Effect of dietary chromium-L-methionine
300 on glucose metabolism of beef steers. *J. Anim. Sci.* 78:3177–3183.

301 Lindemann MD, Wood CM, Harper AF, Kornegay ET, Anderson RA. 1995. Dietary
302 chromium picolinate additions improve gain:feed and carcass characteristics in
303 growing-finishing pigs and increase litter size in reproducing sows. *J. Anim. Sci.*
304 73: 457–465.

305 National Research Council. 1984. Nutrient Requirement of Beef Cattle. National
306 Academy Press, Washington, DC.

307 National Research Council. 1996. Nutrient Requirement of Beef Cattle (7th ed.).
308 National Academy Press, Washington, DC.

- 309 Nocek JE, Holt MG, Oppy J. 2011. Effects of supplementation with yeast culture and
310 enzymatically hydrolyzed yeast on performance of early lactation dairy cattle. *J.*
311 *Dairy Sci.*94:4046-4056.
- 312 O'Quinn PR, Smith II JW, Nelssen JL, Tokach MD, Goodband RD, Owen Q. 1998.
313 Effects of source and level of added chromium on growth performance and
314 carcass characteristics of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 76(Suppl. 2): 56
315 (Abstr.).
- 316 Page TG, Southern LL, Ward TL, Thompson DL Jr. 1993. Effect of chromium
317 picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. *J.*
318 *Anim. Sci.* 71: 656–662.
- 319 Pallauf J, Muller AS. 2006. Inorganic feed additives. In: Mosenthin R, Zentek J,
320 Zebrowska T, editors. *Biology of Nutrition in Growing Animals*. Vol. 4.
321 Elsevier. Philadelphia, PA.
- 322 Pechová A, Illek J, Indela M, Pavlata L. 2002. Effects of chromium supplementation on
323 growth rate and metabolism in fattening bulls. *Acta Vet. Brno.* 71: 535-541.
- 324 Pechová A, Pavlata L. 2007. Chromium as an essential nutrient: a review. *Veterinarni*
325 *Medicina.* 52: 1–18.
- 326 Ponce CH, Schutz JS, Elrod CC, Anele UY, Galyean ML. 2012. Effects of dietary
327 supplementation of a yeast product on performance and morbidity of newly
328 received beef heifers. *Prof. Anim. Sci.* 28:618-622.
- 329 Romero M, Pinos-Rodríguez JM, Herrera JG, García JC, Salem AZM, Bárcena R,
330 Alvarez G. 2009. Influence of zilpaterol and mineral-yeast mixture on ruminal

331 fermentation and growth performance in finishing steers. *J. Appl. Anim. Res.*
332 35:77-81.

333 SAS Institute Inc. 2004. *SAS/STAT User's Guide: Version 9.1*. SAS Institute Inc.,
334 Cary, North Carolina.

335 Shelton JL, Payne RL, Johnson SL, Bidner TD, Southern LL, Odgaard RL. 2003. Effect
336 of chromium propionate on growth, carcass traits, pork quality, and plasma
337 metabolites in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 81: 2515–2524.

338 Soto-Navarro SA, Krehbiel CR, Duff GC, Galyean ML, Brown MS, Steiner RL. 2000.
339 Influence of feed intake fluctuation and frequency of feeding on nutrient
340 digestion, digesta kinetics, and ruminal fermentation profiles in limit-fed steers.
341 *J. Anim. Sci.* 78: 2215-2222.

342 Stock R, Klopfenstein T, Shain D. 1995. Feed intake variation. In: *Symposium; Feed*
343 *Intake by Feedlot Cattle*. Oklahoma Agriculture Experimental Station. P-942,
344 56-59.

345 Swanson KC, Harmon DL, Jacques KA, Larson BT, Richards CJ, Bohnert DW, Paton
346 SJ. 2000. Efficacy of chromium-yeast supplementation for growing beef steers.
347 *Anim. Feed Sci. Technol.* 86: 95–105.

348 USDA. 1997. *Official United States standards for grades of carcass beef*. United States
349 Department of Agriculture.

350 Valdés-García YS, Aguilera-Soto JI, Barreras A, Estrada-Angulo A, Gómez-Vázquez
351 A, Plascencia A, Ríos FG, Reyes JJ, Stuart J, Torrentera N. 2012. Growth
352 performance and carcass characteristics in finishing feedlot heifers fed different

353 levels of chromium-enriched live yeast or fed zilpaterol hydrochloride. Cuban J.
354 Agric. Sci. 4:361-368.

355 Zerby HN, Bard JL, Loerch SC, Kuber PS, Radunz AE, Fluharty FL. 2011. Effects of
356 diet and *Aspergillus oryzae* extract or *Saccharomyces cerevisiae* on growth and
357 carcass characteristics of lambs and steers fed to meet requirements of natural
358 markets. J. Anim. Sci. 89: 2257-2264.

359 Zinn RA. 1988. Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for
360 feedlot steers supplemented with and without monensin. J. Anim. Sci. 66:213-
361 227.

362 Zinn RA. 1994. Influence of fluctuating feed intake on feedlot cattle growth-
363 performance and digestive function. In: Southwest Nutrition Management
364 Conference, Univ. Arizona, Tucson. pp. 77- 83.

365 Zinn RA, Alvarez EG, Rodriguez S, Salinas J. 1999. Influence of yeast culture on
366 health, performance and digestive function of feedlot steers. Proc. West. Sect.
367 Soc. Am. Anim. Sci. 50: 335-337.

368 Zinn RA, Barreras A, Owens FN, Plascencia A. 2008. Performance by feedlot steers
369 and heifers: ADG, mature weight, DMI and dietary energetics. J. Anim. Sci.
370 86:1-10.

371 Zinn RA, Shen Y. 1998. An evaluation of ruminally degradable intake protein and
372 metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. J. Anim. Sci. 76:1280.

373
374
375

376 Table 1. Diet formulations (diets were supplemented with 0 or 4 g of EHY-Cr which
 377 represents 3 g of EHY and 500 ppb of chromium^a) of program feeding (222 d of
 378 feeding).

Item	1	2	3	4
	28-d	7-d	7-d	Last 180-d of trial
Ingredient (% DMB)				
Steam-flaked corn	36.72	46.05	52.66	58.15
DDGS	20.00	20.00	20.00	20.00
Alfalfa hay	20.00	10.00	5.00	0.00
Sudangrass hay	12.00	12.00	12.00	12.00
Tallow	2.00	2.00	2.00	2.30
Molasses	8.00	8.00	6.00	5.00
Urea	0.45	0.65	0.75	0.85
Limestone	0.73	1.20	1.49	1.60
Magnesium oxide	0.10	0.10	0.10	0.10
Nutrient composition (DM basis) ^b				
NE of maintenance, Mcal/kg	1.97	2.06	2.12	2.18
NE of gain, Mcal/kg	1.32	1.40	1.46	1.52
Crude protein, %	16.12	15.57	15.37	15.11
NDF, %	23.68	20.59	19.22	17.75
Ether extract, %	6.19	6.31	6.45	6.83
Calcium, %	0.79	0.81	0.82	0.78
Phosphorous, %	0.48	0.49	0.50	0.50

379 ^aTruMax-Cr, Vi-COR, Mason City, Iowa.

380 ^bBased on tabular values for individual feed ingredients (NRC, 1996) with the exception of supplemental
 381 fat, which was assigned NE_m and NE_g values of 6.03 and 4.79, respectively (Zinn, 1988).
 382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393 **Table 2.** Ambient temperature (Ta), mean relative humidity (RH) and mean temperature-
 394 humidity index (THI),

395 registered during experiment.

Period ^b	Mean T _a , °C	Max T _a , °C	Min T _a , °C	Mean RH, %	Max RH, %	Min RH, %	Mean THI ^a	Max THI	Min THI	Days with maximal of THI > 72
1	21.4	30.2	11.8	42	66	23	66.46	80.99	55.42	24
2	34.4	36.4	16	43.7	61	18	71.71	88.94	59.48	28
3	30.3	39.8	19.7	30	52	17	75.41	91.44	63.01	30
4	32.3	40.2	24	41	64	26	79.58	95.07	68.09	30
5	33.8	41	27.1	51	75	33	83.33	99.15	72.27	30
6	31.7	39.7	24	45	69	28	79.55	95.62	68.29	30
7	24.5	33.5	23.6	46	73	14.1	70.65	87.14	66.58	31

396

397 ^a THI = 0.81 × ambient temperature + [(relative humidity × (ambient temperature- 14.4)] + 46.4.

398 ^b Each period represent 32 days with except of the last period which represents 30 days.

399 Table 3. Effect of enzymatically hydrolyzed yeast with 500 ppb chromium (EHY-Cr)

400 on performance and dietary energetics of feedlot beef steers under high ambient

401 temperature.

Item	EHY-Cr level ^a , g/head/d		SEM	P value
	0	3(500 ppb)		
Pen replicates	4	4		
Body weight, kg ^b				
Initial	243.7	245.9	0.47	0.97
112 d	428.9	444.5	1.95	0.02
Final	559.9	576.4	12.61	0.42
ADG, kg/d				
1-112 d	1.65	1.77	0.02	0.03
112-222 d	1.19	1.20	0.10	0.96
1-222 d	1.42	1.49	0.06	0.49
DMI, kg/d				
1-112 d	8.00	8.50	0.13	0.07
112-222 d	8.40	8.54	0.20	0.65
1-222 d	8.20	8.52	0.13	0.17
Gain to feed (kg/kg)				
1-112 d	0.207	0.209	0.003	0.70
112-222 d	0.142	0.140	0.009	0.91

1-222 d	0.174	0.175	0.004	0.88
Dietary NE, Mcal/Kg				
1-112 d NE _m	2.04	2.04	0.02	0.97
1-112 d NE _g	1.38	1.38	0.02	0.97
112-222 d NE _m	2.16	2.18	0.06	0.84
112-222 d NE _g	1.48	1.50	0.06	0.84
1-222 d NE _m	2.09	2.10	0.03	0.91
1-222 d NE _g	1.42	1.43	0.03	0.91

402 ^aTruMax-Cr, Vi-COR, Mason City, Iowa.

403 ^b Initial and final weights were reduced 4% to account for digestive tract fill.

404 Table 4. Effect of enzymatically hydrolyzed yeast and 500 ppb chromium (EHY-Cr) on carcass
405 characteristics.

Item	EHY-Cr, level ^a , g/head/d		SEM	P-value
	0	3 (500 ppb)		
Carcass Weight, kg	369.5	375.7	6.38	0.54
Dressing Percentage, %	65.6	65.2	0.60	0.45
KPH, %	2.55	2.69	0.04	0.11
Fat Thickness, cm	1.4	1.26	0.04	0.09
Rib eye area, cm ²	78.2	83.9	0.68	<0.01
Marbling score ^b	5.21	5.49	0.43	0.69
Retail Yield, %	48.4	49.2	0.20	0.07

406 ^aTruMax-Cr, Vi-COR, Mason City, Iowa.

407 ^b Coded: minimum slight = 3, minimum small = 4, etc.