

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON SELENIO ORGÁNICO A
VAQUILLONAS, TERMINADAS EN CONFINAMIENTO SOBRE LA CALIDAD
DE LA CARNE Y VIDA MEDIA EN GÓNDOLA**

por

**Agustín COSTANZO ACUÑA
Gonzalo RAVECCA QUEIJO**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2017**

Tesis aprobada por:

Director: -----

Dr. Juan Franco

Ing. Agr. Álvaro Simeone

Ing. Agr. Virginia Beretta

Fecha: 27 de diciembre del 2017

Autores: -----

Agustín Costanzo Acuña

Gonzalo Ravecca Queijo

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y novias por el apoyo constante a lo largo de nuestra carrera.

A los directores de tesis Juan Franco, Álvaro Simeone y Virginia Beretta por su colaboración y disposición en la elaboración del trabajo.

A Carolina Realini, Javier Caorsi y Stefania Pancini por su apoyo en las tareas de campo y laboratorio.

A Diego Mosqueira por su gran aporte en las tareas de campo.

A los funcionarios de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni por su gran ayuda durante toda la fase experimental.

A nuestros amigos Antonio Rodríguez y Marcelo Valor por su compañerismo y colaboración con el trabajo de campo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 IMPORTANCIA Y TIPOS DE ANTIOXIDANTES EN CALIDAD DE CARNE.....	3
2.2 IMPORTANCIA DEL SELENIO EN LA DIETA.....	5
2.3 DIFERENCIAS ENTRE SELENIO ORGÁNICO E INORGÁNICO.....	6
2.4 SELENIO COMO ANTIOXIDANTE.....	9
2.5 VIDA ÚTIL DE LA CARNE.....	13
2.6 HIPÓTESIS.....	26
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	27
3.1 LOCALIZACIÓN.....	27
3.2 CLIMA.....	27
3.3 PERÍODO EXPERIMENTAL.....	27
3.4 ANIMALES.....	27
3.5 INFRAESTRUCTURA.....	28
3.6 ALIMENTOS.....	28
3.7 TRATAMIENTOS.....	29
3.8 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	29
3.8.1 <u>Etapa pre-experimental de acostumbramiento</u>	29
3.8.2 <u>Etapa experimental</u>	30
3.8.2.1 Etapa de confinamiento.....	30
3.8.2.2 Manejo sanitario.....	31

3.9 DETERMINACIONES REALIZADAS.....	31
3.9.1 <u>Etapa de confinamiento</u>	31
3.9.1.1 Peso vivo.....	31
3.9.1.2 Muestreo de sangre	31
3.9.2 <u>Etapa de faena y post faena</u>	31
3.9.2.1 Etapa post faena en planta frigorífica y laboratorio	32
3.9.2.2 Color instrumental	33
3.9.2.3 Capacidad de retención de agua	33
3.9.2.4 Terneza instrumental.....	33
3.9.2.5 Vida comercial en vitrina refrigerada.....	34
3.9.2.6 Oxidación de lípidos.....	34
3.9.2.7 Oxidación de proteínas	35
3.9.2.8 Análisis sensorial calificado.....	35
3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	36
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	38
4.1 ACTIVIDAD DE LA GLUTATIÓN PEROXIDASA EN SANGRE.....	38
4.2 CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE.....	40
4.3 VIDA COMERCIAL EN VITRINA REFRIGERADA	45
4.4 OXIDACIÓN DE LÍPIDOS Y PROTEÍNAS.....	50
4.5 ANÁLISIS SENSORIAL CALIFICADO.....	54
5. <u>CONCLUSIONES</u>	59
6. <u>RESUMEN</u>	60
7. <u>SUMMARY</u>	62
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	63

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Efecto de las diferentes fuentes de suplementación sobre características de canal y carne	8
2. Características de carcasa y concentración de Se en músculo	9
3. Las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (Tbars) medidas a 10 días <i>post mortem</i> en <i>Longissimus dorsi</i>	11
4. Mínimos cuadrados para el efecto de la fuente de Se durante la fase de terminación en rendimiento y contenido de Se en músculo	16
5. Medias de mínimos cuadrados para el efecto de la fuente de Se durante la fase de acabado sobre el color, el olor, la humedad superficial y la puntuación de apariencia general durante 8 días de almacenamiento	18
6. Efecto de la suplementación con antioxidantes en la calidad de carne bovina.....	21
7. Efecto de la suplementación con antioxidantes en la calidad de carne ovina.....	23
8. Temperatura media y precipitaciones acumuladas en el período experimental para el departamento de Paysandú	27
9. Composición química de la ración comercial	28
10. Composición química de heno de moha	29
11. Dieta del periodo pre-experimental	30
12. Valores de referencia empleados para la interpretación de la actividad sanguínea de GSH-Px	39
13. Efecto del tratamiento con Se (Selplex) sobre las características de calidad de la canal y carne	42
14. Efecto de la edad a la faena las características de calidad de la canal y de la carne.....	42
15. Efecto de la suplementación con Se y de la edad a la faena sobre la estabilidad del color de la carne envasada con film permeable y en exposición en vitrina refrigerada durante 12 días.....	46
16. Efecto del tratamiento con Se (Selplex) sobre los niveles de malonaldehído (Tbars) y carbonilos (oxidación proteica)	51
17. Evaluación de terneza mediante análisis sensorial calificado	54
18. Evaluación de sabor rancio mediante análisis sensorial calificado	56
19. Evaluación de sabor extraño mediante análisis sensorial calificado	58

Figura No.

1. Niveles de GSH-Px en sangre (unidades/ml de glóbulos rojos) de bovinos suplementados con diferentes concentraciones y fuentes de Se.....	12
2. Concentración de Se en músculo (mg/kg MS) <i>Longissimus dorsi</i> en bovinos suplementados con diferentes concentraciones y fuentes de Se.....	19
3. Procedimiento de muestreo	32
4. Efecto de la suplementación con Se orgánico y edad de las vaquillonas sobre el nivel de la enzima GSH-Px en sangre, al inicio (GSH-Px I) y al final (GSH-Px F) del periodo de alimentación a corral ..	38
5. Valores de fuerza de corte en los días 0 y 7 de maduración <i>post mortem</i> según tratamientos.....	44
6. Estabilidad del color de la carne envasada con film permeable y en exposición en vitrina refrigerada durante 12 días.....	50
7. Efecto de la suplementación con Se sobre la oxidación de lípidos	53
8. Efecto de la suplementación con Se sobre la oxidación proteica.....	54
9. Interacción tratamiento por edad en panel sensorial sobre sabor rancio	57

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el crecimiento demográfico mundial trae aparejado la necesidad de un incremento en la producción de alimentos proteicos. Las exigencias del mercado mundial asociados al modelo de consumo marcan una línea con determinados cambios en la demanda y preferencias del consumidor, las cuales se basan cada vez más en el bienestar animal, el cuidado del medio ambiente y la calidad del producto.

Las mejores características organolépticas de la carne, se obtienen de los sistemas de engorde a corral. Múltiples trabajos de investigación han demostrado que una dieta más concentrada aumenta la cantidad de glucógeno muscular modificando la tasa de descenso y pH final de la carne luego de la faena. El menor pH está altamente correlacionado con el color, principalmente con la luminosidad (L^*), generando carne más brillante. Por otro lado, debido a la ausencia de pigmentos provenientes de la pastura como el beta caroteno, da como resultado una grasa de cobertura más blanca, disminuyendo la tonalidad amarillenta, propia de la alimentación pastoril. La menor edad de faena, una mayor deposición de colágeno soluble y un mayor veteado de la carne determinan una mejor terneza y jugosidad de la misma en animales en confinamiento.

La presencia de antioxidantes en la carne también influye sobre el color y sabor ya que protegen las membranas de las fibras musculares impidiendo la peroxidación de lípidos durante el almacenamiento. Estos antioxidantes disminuyen con la utilización de granos en dietas de confinamiento, debido a la menor concentración de vitamina E, produciendo una menor estabilidad del tejido muscular acortando la vida útil en la góndola (Realini et al. 2004, Descalzo y Sancho 2008).

La vida útil de los alimentos, tal como los cortes vacunos frescos, puede definirse como el tiempo máximo en el que los mismos mantienen sus cualidades nutricionales, sensoriales, microbiológicas y de seguridad alimentaria por encima de un nivel considerado como aceptable para los consumidores. Los productos cárnicos presentan condiciones para el desarrollo de microorganismos por su calidad de nutrientes y escasez de barreras naturales para controlar la propagación microbiana. La temperatura de refrigeración es fundamental ya que tiene un efecto directo en la velocidad de crecimiento microbiano el cual es acumulativo en el tiempo. La oxidación de los lípidos es la principal causa del deterioro de la calidad de la carne. Las reacciones de oxidación en la carne son el factor que más influye en la calidad.

Estas reacciones afectan el color, sabor, textura y valor nutricional de la carne (Mehdi y Dufranse, 2016).

Como forma de prolongar y mejorar la calidad y vida útil de la carne se han hecho varios estudios con suplementación de diversas fuentes de antioxidantes. En el tejido muscular, las funciones antioxidantes del Se (en adelante Se) y de la vitamina E persisten después del sacrificio y retrasan la aparición de reacciones de oxidación en la carne y los productos cárnicos.

La importancia del Se como antioxidante y nutriente esencial para la salud humana, hacen necesario estudiar el efecto de la suplementación con Se orgánico en animales en estabulación. En base a estos antecedentes, se ha desarrollado en la UPIC una línea de investigación cuyo objetivo es evaluar la suplementación de Se orgánico sobre la calidad de canal y de la carne en vaquillonas en régimen de estabulación.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPORTANCIA Y TIPOS DE ANTIOXIDANTES EN CALIDAD DE CARNE

El potencial antioxidante en los alimentos está determinado por la composición y las propiedades antioxidantes de sus constituyentes. Por definición, la actividad antioxidante (AOA) es la capacidad de un compuesto para inhibir la degradación oxidativa (Descalzo y Sancho, 2008).

Dentro de los diferentes tipos de antioxidantes, los naturales se producen en las células vivas para mantener un delicado equilibrio de oxidación-reducción en el proceso de metabolismo de los nutrientes y la función inmune. Ante el estrés oxidativo, los mismos reaccionan con especies radicales y no radicales para iniciar mecanismos de defensa para la protección tanto de los componentes intracelulares como extracelulares. Algunos minerales y vitaminas funcionan como co-factores de las enzimas antioxidantes, por lo tanto, también se consideran antioxidantes naturales. Está bien establecido el papel en la protección celular y del tejido muscular mediado por radicales, por esta razón, las vitaminas y minerales antioxidantes se han utilizado como aditivos nutricionales y funcionales en la alimentación animal. Múltiples estudios indican un efecto protector de las vitaminas antioxidantes, como la vitamina A (β -caroteno como precursor), la vitamina C (ácido ascórbico), vitamina E (α -tocoferol), y minerales, especialmente Se y zinc, para la salud cardiovascular y la prevención del cáncer (Jiang y Xiong, 2016).

La carne es una fuente altamente nutritiva de alimentos que proporciona proteínas de alta calidad, minerales, vitaminas y muchos otros micronutrientes. El consumo de carne, particularmente la carne roja, se remonta a la antigüedad y sigue siendo un estilo de vida dominante y usualmente una forma de vida nutricionalmente indispensable en la sociedad moderna (Jiang y Xiong, 2016).

El alto grado de susceptibilidad de la grasa animal a la oxidación se debe a una variedad de factores: la proporción relativamente alta de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) como constituyentes de fosfolípidos de membrana y la deficiencia de antioxidantes endógenos, tales como los tocoferoles. Las proteínas musculares son también susceptibles a radicales y especies reactivas de oxígeno (ROS), y en algunos casos, incluso más lábiles que los PUFA. En general, se ha encontrado que los mismos oxidantes que inician la oxidación de lípidos causan y propagan la oxidación de las proteínas, siendo la formación de carbonilo una vía de reacción común encontrada en el proceso de oxidación (Jiang y Xiong, 2016).

Como la carne es una matriz compleja, se han desarrollado diferentes modelos para estudiar el equilibrio y la interacción entre las sustancias anti y pro-oxidantes. Las defensas antioxidantes están constituidas por compuestos no enzimáticos solubles en agua y lípidos como vitamina E, vitamina C, carotenoides, ubiquinoles, polifenoles, tioles celulares y enzimas como: superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y glutatión peroxidasa (en adelante GSH-Px). Juntos, los sistemas enzimáticos y no enzimáticos operan para contrarrestar la acción de los pro-oxidantes en los tejidos musculares. Los antioxidantes se incorporan dentro de las membranas celulares y protegen los tejidos contra la oxidación de especies reactivas de oxígeno (ROS), esto mantiene la calidad general de la carne y productos secundarios. Las enzimas antioxidantes constituyen una barrera intracelular contra los radicales libres. Su actividad in vivo está modulada por diversos factores como lesión celular, estrés, cáncer y reacciones inflamatorias entre otros. En los músculos esqueléticos las más importantes son catalasa, superóxido dismutasa y GSH-Px (Descalzo y Sancho, 2008).

Los antioxidantes se pueden incorporar en el músculo a través de la entrega dietética. Entre las estrategias nutricionales, la suplementación de vitamina E ha demostrado ser eficaz para reducir la oxidación de los lípidos, mejorar el color de la carne y la consecuente obtención de productos cárnicos con vida útil prolongada. Es capaz de extinguir los radicales libres y por lo tanto proteger los fosfolípidos y el colesterol contra la oxidación. La carne derivada de la alimentación a pasto, se asocia con un alto nivel de antioxidante, estas tienen niveles más altos de α -tocoferol, β -caroteno, ácido ascórbico y GSH-Px que las muestras de feedlot independientemente de su suplementación con vitamina E. Estos compuestos retardan la oxidación de lípidos y proteínas en la carne fresca y almacenada y preservan la calidad del color y el olor de la carne. La importancia de las enzimas antioxidantes es variable, ya que su comportamiento depende del estado redox individual antes del sacrificio. Por lo tanto, la dieta de pasturas aporta antioxidantes naturales en cantidades suficientes y es una manera eficiente de prevenir la oxidación de lípidos en la carne fresca. Las enzimas antioxidantes mostraron ligeras diferencias entre las muestras, lo que indica que los antioxidantes no enzimáticos contribuyeron preferentemente a diferenciar la carne producida a pasto o a grano (Descalzo y Sancho, 2008).

Los antioxidantes incorporados dentro de las membranas celulares son más eficientes que los añadidos *post mortem* para preservar la carne del daño oxidativo. Los lípidos no saturados son propensos a la oxidación de lípidos. Especialmente, la fracción polar de fosfolípidos contiene la mayor proporción de PUFA que exhibe una alta susceptibilidad a la oxidación. Por lo tanto, los antioxidantes liposolubles incorporados en el interior y exterior de las

membranas lipídicas son capaces de extinguir los radicales libres producidos por el procesamiento post-mortem y el almacenamiento de carne (Descalzo y Sancho, 2008).

La adición de antioxidantes como suplementos nutricionales en dietas de animales es una práctica común para mejorar el rendimiento animal, la salud y el bienestar. Para los animales de carne, los antioxidantes naturales añadidos a los alimentos no sólo pueden mejorar la estabilidad oxidativa y las propiedades organolépticas de la carne sino que también pueden mejorar el valor nutricional y el beneficio para la salud de los productos cárnicos. El α -tocoferol (vitamina E) como el aditivo alimentario más tradicional podría mantener el enrojecimiento de la carne fresca en exhibición minorista y este efecto protector se ejerce a través de la oxidación retardada de la oximioglobina y la inhibición de oxidación PUFA (Jiang y Xiong, 2016).

2.2 IMPORTANCIA DEL SELENIO EN LA DIETA

El Se está implicado en varias funciones biológicas y su suplementación es necesaria para los animales. Se puede proporcionar en fuentes orgánicas o inorgánicas (Sgoifo Rossi et al., 2015).

La ingesta insuficiente o excesiva de Se puede tener consecuencias dramáticas por lo que este elemento se describe a menudo como una "espada de dos filos". La deficiencia de Se es generalmente causada por concentraciones bajas en el alimento, mientras que los problemas de toxicidad generalmente resultan de la acumulación en los tejidos corporales y de la biomagnificación en la cadena alimentaria. La concentración de Se en los alimentos debe cumplir los requisitos mínimos del ganado, del orden de 0,05 - 0,1 mg/kg de materia seca (MS). Se pueden esperar efectos tóxicos en la ingesta crónica de alimentos que superen aproximadamente 1 mg/kg de MS (Hartikainen, 2005).

El Se, en forma de selenocisteína, está presente en el sitio activo de GSH-Px, tioredoxina reductasa, yodotironina deiodinasa, selenofosfato sintetasa 2, selenoproteína P y diferentes tipos de selenoproteínas y, por lo tanto, participa en la reducción de los antioxidantes oxidados, de las especies reactivas del oxígeno del barrido, de la síntesis de las hormonas tiroideas, de la protección del ADN y de las proteínas contra la oxidación, las señales redox y las respuestas inmunes. Gracias a estos papeles biológicos, la suplementación con Se mejora la respuesta inmunitaria de los rumiantes, la actividad de los neutrófilos y los linfocitos y la resistencia a las enfermedades (Sgoifo Rossi et al., 2015).

Las enzimas GSH-Px que contienen Se catalizan la reducción de lípidos y peróxidos de hidrógeno a productos menos dañinos que proporcionan una defensa contra el estrés oxidativo. Por lo tanto, se necesita una provisión de Se adecuada para disminuir el riesgo de inmunodeficiencia, miopatía, enfermedades cardiovasculares y otros síndromes de deficiencia de Se (Cozzi et al., 2011).

2.3 DIFERENCIAS ENTRE SELENIO ORGÁNICO E INORGÁNICO

El Se es un oligoelemento esencial para los seres humanos y animales porque, en forma de selenocisteína, es un componente estructural central de varias enzimas específicas (Cozzi et al., 2011).

La mayoría del Se encontrado en animales está asociado en cierto aspecto con tejido proteínico. Sin embargo, la cantidad de Se absorbida y cómo es empleada por el cuerpo depende de si el Se dietético es de una fuente inorgánica u orgánica (Clyburn, 2002).

El Se inorgánico, selenito o selenato, puede ser eficaz en la producción de GSH-Px, pero el elemento oxidado absorbido debe reducirse inicialmente a la forma de seleniuro antes de que se sintetizen las selenoproteínas de serina. Puede ser excretado a través del riñón o unido al tejido muscular generalmente de una manera no específica. Sin embargo, la extensión de la retención de tejido de una fuente de Se inorgánica parece ser limitada (Clyburn, 2002).

El Se orgánico encontrado en forrajes y granos está compuesto de varias formas orgánicas, con selenometionina que representa aproximadamente el 50% del Se encontrado en los ingredientes del alimento. El Se de la selenometionina debe ser inicialmente liberado del aminoácido y el Se convertido en seleniuro, al igual que el Se inorgánico, antes de la síntesis de la selenocisteína (Clyburn, 2002).

La absorción de Se se produce en el intestino delgado y se ve afectada si el animal es un rumiante o no rumiante y por la forma química de Se en la dieta. El Se inorgánico, en forma de selenita o selenato, se absorbe pasivamente desde el intestino, mientras que las selenoproteínas, Se orgánico, se absorben activamente a través de mecanismos específicos de transporte de aminoácidos (Clyburn, 2002).

El Se inorgánico tiene una biodisponibilidad disminuida en los ruminantes debido a las condiciones anaeróbicas en el rumen y la actividad microbiana ruminal. Los valores de absorción del Se inorgánico se encuentran en el rango de 77 a más de 90% para los no ruminantes y sólo 29 a 35% para los ruminantes. Aunque parte de la forma inorgánica de Se se reduce a la forma selenida que

no se absorbe en el rumen o intestino delgado, parte del Se inorgánico que se consume es utilizado por los microbios del rumen para su metabolismo. La proteína microbiana formada a partir de Se pasará al tracto intestinal y servirá como fuente de Se dietético para rumiantes, sin embargo, la biodisponibilidad general del Se inorgánico para rumiantes es relativamente pobre. Los glóbulos rojos absorben el Se inorgánico absorbido y luego lo devuelven al plasma en el estado de selenuro reducido, con lo que se une a las proteínas plasmáticas y es transportado al hígado para involucrarse en la producción de selenoproteínas (Clyburn, 2002).

En contraste con la forma inorgánica de Se, la selenometionina ya está en estado reducido y está menos afectada por los microbios del rumen y, consecuentemente, la absorción del intestino delgado es mucho mayor. El Se orgánico o escapa del rumen inalterado o se incorpora a la proteína microbiana del rumen y luego se libera cuando la proteína ruminal se digiere y absorbe en el tracto intestinal. La selenometionina en la sangre utiliza mecanismos de transporte de aminoácidos y puede ser transferida al hígado para ser incorporada en selenoproteínas o transferida directamente a tejidos para ser incorporada en proteína de tejido. Las investigaciones sugieren que el Se en plasma es menor en animales suplementados con Se inorgánico comparado con Se orgánico (Clyburn, 2002).

La concentración de Se en el tejido es generalmente mayor en riñones y el hígado y menor para el músculo esquelético. El aumento de las cantidades de Se dietético natural resulta en mayores concentraciones de tejido, especialmente en el músculo esquelético. Además, se observó un aumento del Se en músculo con la inclusión de Se en la dieta (Clyburn, 2002).

En el ganado vacuno, se encontró que la biodisponibilidad (definida como las concentraciones de Se en sangre y tejidos) de Se fue mayor con Se orgánico (aproximadamente 200%) que la de Se inorgánico, al igual que la biopotencia en la actividad sanguínea de la GSH-Px (Liao et al., 2010).

En cuanto a las respuestas de producción de Se orgánico dietético versus Se inorgánico, la mayoría de los estudios no detectaron ninguna diferencia entre ambas fuentes de suplementación en las mediciones de rendimiento de producción de carne, como en la actividad de GSH-Px (Liao et al., 2010). Sin embargo Van Ryssen et al., Gunter et al., citados por Cozzi et al. (2011), constataron un mejor estado de los animales que recibían Se orgánico por los valores más altos del estado antioxidante del suero (TAS) en la parte final del proceso de acabado. Este parámetro integrado, que considera la acción acumulativa de todos los antioxidantes presentes en el plasma, es más sensible y confiable que la medida de un solo antioxidante y puede ser un indicador útil para evaluar el bienestar animal.

En un estudio realizado por Cozzi et al. (2011) donde se utilizaron 84 toros Charolais con una edad promedio 382 ± 52 días y peso promedio de $434,2 \pm 31,9$ kg, suplementados con 0,3 mg/kg de MS de alimento durante 210 días, se evaluaron diferentes fuentes de Se sobre características de canal y carne.

Cuadro 1. Efecto de las diferentes fuentes de suplementación sobre características de canal y carne

	Tratamientos			Significancia	
	NaSe	Se-Y	switch	1	2
Características generales					
Observaciones (n)	28	28	28		
Peso vivo inicial (kg)	432,6	435,6	436,5	ns	ns
Peso vivo final (kg)	718,8	721,4	719,9	ns	ns
Ganancia media diaria (kg/día)	1,350	1,353	1,346	ns	ns
Peso de la canal (kg)	430,7	440,5	428,2	ns	ns
Rendimiento %	59,9	60,9	59,4	ns	ns
Composición química de la carne					
Observaciones (n)	16	16	16		
Se (mg/kg MS)	0,47b	0,85a	0,58ab	**	ns

Tratamientos: NaSe= selenita de sodio 210 días; Se-Y= levadura de Se 210 días; switch= selenita de sodio 140 días + levadura de Se 70 días.
Significancia: 1 – NaSe vs. Se-Y y switch. 2 – Se-Y vs. switch. **ns** $p \geq 0,05$, ****** $p < 0,01$.
a, b: medias con diferentes letras entre filas son significativamente distintas con $p < 0,05$.
Fuente: adaptado de Cozzi et al. (2011).

En el frigorífico no hubo diferencias entre los tratamientos de Se en el peso de la canal y en el porcentaje de rendimiento. Se observó un mayor contenido de Se en el músculo en muestras de Se-Y en comparación con NaSe (0,85 vs. 0,47 mg/kg de MS). Los resultados del estudio sugieren que la provisión de levadura de Se durante todo el período de acabado es una estrategia para aumentar los beneficios de la sustitución de selenito de sodio con Se orgánico en ganado vacuno (Cozzi et al., 2011).

Coincidiendo con los resultados obtenidos anteriormente por Cozzi et al. (2011) en un estudio realizado por Sretenovic et al. (2012) donde se evaluaron 30 animales de engorde de la raza Simmental los cuales fueron suplementados con 0,3 mg Se/kg de MS de alimento (utilizando Sel-plex como fuente de Se orgánico con una concentración de Se de 2000 mg/kg y una fuente de Se inorgánico como selenito de sodio) durante 60 días de experimento, demostraron que no hubo diferencias en inclusión de Se orgánico en las dietas para el ganado de carne en comparación con la forma inorgánica.

No afectó el peso corporal final de los novillos (577,0 y 581,5 kg), el rendimiento de carcasa caliente y fría sin grasa renal (56,31 y 57,53%) y (55,25 y 56,47%) respectivamente.

Cuadro 2. Características de carcasa y concentración de Se en músculo

	Tratamientos		SEM	P- valor
	T	C		
Concentración de Se en músculo	125,03	78,65	0,11	p<0,01
Peso vivo final kg	577	581,5	4,07	0,63
Peso carcasa caliente kg	325	334,62	3,06	0,16
Rendimiento caliente %	56,31	57,53	0,28	0,06
Peso carcasa fría kg	318,8	328,21	3,07	0,17
Rendimiento frío %	55,25	56,47	0,3	0,06
p≤0,05				

Tratamientos: C – fuente inorgánica; T – fuente orgánica. **SEM:** error estándar de la media. p≤0,05

Fuente: adaptado de Sretenovie et al. (2012).

Considerando el mayor almacenamiento de Se orgánico en la carne y los órganos internos del ganado de engorde con respecto a la forma inorgánica, se concluyó que el suministro de Se en forma orgánica tiene una mejor biodisponibilidad (Sretenovie et al., 2012).

En términos de calidad de la carne vacuna y estabilidad oxidativa, aunque la suplementación orgánica generalmente aumentó el contenido en carne en comparación con los suplementos inorgánicos a la misma dosis, se han reportado incoherencias en los efectos sobre la calidad de la carne (Sgoifo Rossi et al., 2015).

Según Cozzi et al. (2011) independientemente del tratamiento con Se (orgánico vs. inorgánico), el prolongado tiempo de maduración de las muestras de carne en una atmósfera de vacío condujo a una disminución de la fuerza de cizallamiento.

Contrariamente Sgoifo Rossi et al. (2015) afirman que la sustitución de Se inorgánico por Se orgánico tiende a reducir la fuerza de cizallamiento en muestras cocidas.

2.4 SELENIO COMO ANTIOXIDANTE

El Se es un oligoelemento esencial para la salud humana y animal que participa en un número de reacciones que son vitales para las células vivas.

Está presente en el cuerpo en pequeñas cantidades, donde las cantidades más grandes de Se se encuentran en el hígado y eritrocitos (Sretenovie et al., 2012).

El mecanismo biológico de su importancia como parte estructural de las selenoenzimas recién comenzó a entenderse hasta 1973, con el descubrimiento de la GSH-Px y su papel en la regulación de los procesos oxidativos celulares y la protección de los sistemas membranales. La carencia del elemento impide la síntesis y función de la GSH-Px y los peróxidos generados en el metabolismo intermediario de las células, oxidan y dañan las grasas y proteínas de las membranas, en particular las mitocondriales y las celulares (Hefnawy y Tórtora Pérez, 2008).

El Se está implicado en la creación de tocoferoles (vitamina E), que desempeña un papel importante en las reacciones redox, y actúan sinérgicamente con éste (Sretenovie et al., 2012). Tanto el Se como la vitamina E funcionan para proteger las membranas biológicas de la degeneración oxidativa. Son una parte integral del sistema antioxidante presente en todas las células. Ambos son importantes para la función celular óptima porque ayudan a mantener bajas concentraciones celulares y tisulares de moléculas reactivas de oxígeno e hidroperóxidos lipídicos. El resultado más importante de la deficiencia de Se y vitamina E es la degeneración tisular (McDowell et al., 1996).

En el tejido muscular, las funciones antioxidantes del Se y vitamina E persisten después del sacrificio y retrasan la aparición de reacciones de oxidación en la carne y los productos cárnicos. Estas funciones antioxidantes son importantes porque la oxidación de los lípidos musculares después del sacrificio puede afectar adversamente el sabor y el valor nutritivo de la carne y productos cárnicos frescos, congelados y cocidos, limitando su aceptabilidad (Sretenovie et al., 2012). La oxidación afecta a los lípidos, pigmentos, carbohidratos, proteínas y vitaminas. También causa decoloración, pérdidas por goteo, desarrollo de sabor, pérdida de valor nutritivo y producción de productos tóxicos o potencialmente tóxicos. La susceptibilidad de la carne y los productos cárnicos a la oxidación depende de varios factores, incluyendo el nivel de ácidos grasos poliinsaturados presentes en los tejidos cárnicos, la presencia de metales de bajo peso molecular y proteínas hemo que contienen hierro (Gomez-Basauri, 2004).

En un ensayo realizado por Juniper et al. (2008) donde se evaluaron 32 novillos de 20 meses de edad de la raza Limousin x Holstein con un peso promedio inicial de $489 \pm 42,9$ kg, donde fueron separados en 4 tratamientos en los cuales se les suplemento con diferentes fuentes y dosis de Se: T1= control (sin suplementación de Se), T2= 0,3 mg/kg MS de selenita de sodio (Se inorgánico), T3= 0,3 mg/kg MS de Selplex (Se orgánico) y T4= 0,5 mg/kg MS de Selplex, alimentados *ad libitum* durante 112 días.

No se evidenciaron diferencias estadísticas en los valores de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (Tbars) para *Longissimus dorsi* entre los tratamientos (cuadro 3). Sin embargo, hubo un efecto de dosis cuadrática ($P = 0,01$) a la adición graduada de Se orgánico a la dieta, posiblemente una consecuencia de mayores valores de Tbars en T3 que los tratamientos T1 y T4. A pesar de este efecto, la diferencia entre tratamientos individuales tiene poca importancia biológica. Cabe aclarar que las muestras utilizadas para este estudio fueron almacenadas en atmosfera modificada. Otros autores (Skřivanová et al., 2007) también han reportado una falta de efecto de la suplementación de Se orgánico en la estabilidad oxidativa (Tbars) del *Longissimus dorsi* en terneros, en comparación con las fuentes inorgánicas de Se. Taylor et al. (2008) informaron que las carnes de vacuno suplementado con Se tuvieron atributos de vida útil similares a los de los animales no suplementados a pesar de tener mayores contenidos de Se (Juniper et al., 2008).

Cuadro 3. Las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (Tbars) medidas a 10 días *post mortem* en *Longissimus dorsi*

Tbars 10 días <i>post mortem</i> mg MDA*/kg	Tratamientos				SEM	P-valor 1		
	T1	T2	T3	T4		Trat.	Lineal	Cuadrática
	0.407	0.568	0.604	0.389	0.087	0.23	0.66	0.01

1. Los contrastes lineales y cuadráticos excluyen el tratamiento T2 (selenita, 0,3 mg/kg de Se total). *MDA: malonaldehído. SEM: error estándar de la media.

Fuente: Juniper et al. (2008).

En el mismo estudio realizado por Juniper et al. (2008) observaron que hubo diferencias notables en la actividad de la GSH-Px entre las distintas fuentes de Se (orgánico vs. inorgánico), siendo los mayores valores en los animales que recibieron Se orgánico en comparación con los que recibieron una dosis comparable de Se inorgánico (figura 1). A pesar de la mayor actividad de GSH-Px en el tejido muscular de animales que consumieron dietas que contenían Se, no parecía producir ningún efecto apreciable sobre la estabilidad oxidativa. Por lo tanto, es probable que los aumentos en el contenido de Se de productos cárnicos de animales suplementados con Se, en lugar de resultar en cualquier beneficio con respecto a la vida útil del producto, puedan mejorar el estado Se de los seres humanos que consumen dichos productos en áreas deficientes en Se.

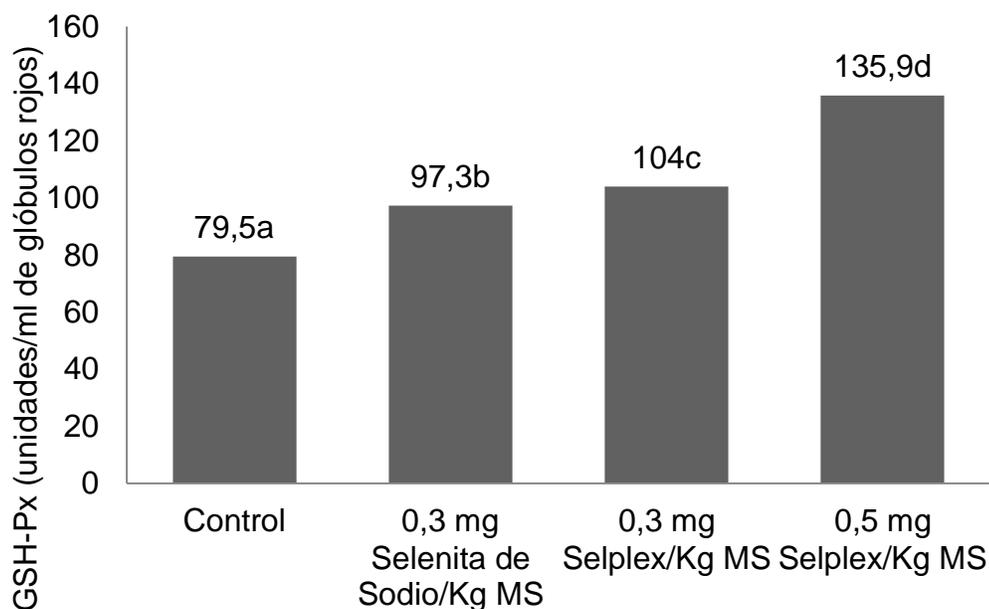


Figura 1. Niveles de GSH-Px en sangre (unidades/ml de glóbulos rojos) de bovinos suplementados con diferentes concentraciones y fuentes de Se

Fuente: adaptado de Juniper et al. (2008).

Los suplementos de Se están en dos formas, las sales minerales inorgánicas, tales como el selenito de sodio o el selenato, o formas orgánicas, en la que la selenometionina es la forma predominante. La selenometionina se retiene en las proteínas tisulares en mayor medida que selenocisteína y las formas inorgánicas de Se. Además, se demostró que la selenita de sodio puede actuar como un pro-oxidante y es tóxico a concentraciones dietéticas aumentadas, mientras que la selenometionina no lo es (Juniper et al., 2008).

La mayoría de los compuestos de Se ingeridos se absorben en el duodeno, con cantidades menores en el yeyuno e íleon. La forma química del Se tiene gran impacto en la absorción total. La absorción de selenita es a través de la difusión pasiva a través de las membranas de borde de cepillo. Por el contrario, el selenato se absorbe a través de un sistema de co-transporte de sodio que también es utilizado por sulfato. El Se, en forma de selenoaminoácidos, selenometionina y selenocisteína, se absorbe a través de mecanismos activos de transporte de aminoácidos y es más biodisponible que el selenito o el selenato. Las formas orgánicas de Se están mejor absorbidas que las formas inorgánicas. En rumiantes, la absorción relativa oscila entre el 29 y el 50%. La disminución de la absorción en los rumiantes se debe a la reducción microbiana de las formas de Se en el rumen a Se elemental que no

es biodisponible. La distribución de los tejidos depende de la forma química del Se absorbido. El Se se utiliza generalmente para la síntesis de selenoproteínas, incorporado en proteínas de tejido, o eliminado (Davis y Hall, 2011).

Además, el Se desempeña varios papeles en la función inmune normal, la función reproductiva, las reacciones de biotransformación hepática, la renovación del neurotransmisor y las funciones anticancerígenas (Davis y Hall, 2011).

El Se se excreta principalmente en la orina y las heces, pero la forma y la extensión de la eliminación por diferentes rutas dependen de la dosis y la especie. Sin embargo, una pequeña cantidad de los excesos de Se metabolizados se excretan en la bilis (Davis y Hall, 2011).

La toxicidad aguda relativa de los compuestos que contienen Se depende de su solubilidad, siendo los selenuros poco solubles y el Se elemental mucho menos tóxicos que los selenatos solubles, los selenitos y el Se orgánico. Los signos clínicos que se presentan son: dificultad respiratoria, inquietud o letargo, cabeza baja, oídos caídos, anorexia, apariencia delgados, salivación, diarrea acuosa, fiebre, sudoración, taquicardia, molido de los dientes, zancadas, espasmos titánicos y/o muerte. Los signos clínicos tienden a progresar rápidamente después de observarse por primera vez. Las lesiones macroscópicas e histológicas incluyen congestión sistémica, edema pulmonar y hemorragias petequiales en y sobre el miocardio. Muchas especies de animales han reducido las tasas de concepción cuando se exponen a altas concentraciones de Se. Se observó una disminución de los índices de concepción y aumento de las tasas de reabsorción fetal en bovinos, ovinos y equinos cuando se alimentaron con dietas naturales que contenían 20-50 mg de Se/kg de dieta (Davis y Hall, 2011).

2.5 VIDA ÚTIL DE LA CARNE

La vida útil de los alimentos, tal como los cortes vacunos frescos, puede definirse como el tiempo máximo en el que los mismos mantienen sus cualidades nutricionales, sensoriales, microbiológicas y de seguridad alimentaria por encima de un nivel considerado como aceptable por los consumidores. El conocimiento de los mecanismos que producen la pérdida de la aceptabilidad permite plantear estrategias para extender la vida útil que no menoscaben las características nutricionales y sensoriales del alimento. (Masana et al., 2002).

En el caso de las carnes vacunas frescas es sabido que las causas microbiológicas son especialmente preponderantes dadas sus condiciones óptimas en nutrientes y las pocas barreras naturales que las mismas poseen

para el desarrollo de una gran variedad de microorganismos. En forma general los cortes vacunos son rechazados por los consumidores cuando su carga microbiana supera un umbral de 10^7 UFC/g de bacterias ácido lácticas, debido a los productos que el metabolismo bacteriano genera. De esta forma se entiende que haya una relación directa entre la vida útil y el número y tipo de microorganismos presentes en el momento inicial de la producción del corte vacuno. Distintos instrumentos de gestión de la calidad sanitaria como las buenas prácticas de manufactura y la aplicación del análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP), aplicados tanto en la playa de faena como en el despostado y la preparación de los cortes, pueden minimizar dicha carga inicial, aunque no eliminarla. Otro parámetro fundamental para asegurar la vida útil de los cortes frescos es la temperatura de refrigeración ya que tiene un efecto directo en la velocidad de crecimiento microbiano el cual es acumulativo en el tiempo. Sin embargo, el control estricto de ambos parámetros (carga microbiana y temperatura) no es suficiente para alcanzar sino un período limitado de comercialización (Masana et al., 2002).

Por lo tanto y desde hace un tiempo, han surgido distintas alternativas para la extensión de la vida útil de los cortes frescos vacunos, sin producir cambios sensoriales notables en el producto a través de variantes de su envasado; por ejemplo: a través del envasado al vacío y de la aplicación de atmósferas modificadas (Masana et al., 2002).

La vida útil por envasado al vacío. Esta práctica en cortes vacunos frescos, es el método de extensión de la vida útil más difundido en la industria frigorífica, especialmente en aquella dedicada a la exportación. Luego del envasado, el contenido de CO_2 en los envases aumenta durante la conservación hasta un 10-20%, mientras que el O_2 residual es consumido por la respiración del tejido, lo que desfavorecerá el desarrollo microbiano aeróbico. Una aparente desventaja de esta tecnología, desde el punto de vista de su venta minorista y la aceptación del consumidor, es la alteración del color normal de la carne rojo brillante hacia un tono más oscuro por formación de deoximioglobina. Sin bien la reacción es reversible, al exponerse el corte nuevamente al aire, el consumidor no siempre está bien informado de este hecho (Masana et al., 2002).

La vida útil por atmósfera modificada. La aplicación de atmósferas modificadas en cortes vacunos frescos consiste en la incorporación en el envase de una mezcla de gases, preponderantemente N_2 , O_2 y especialmente CO_2 . Este último tiene un marcado efecto al aumentar la fase de latencia de las bacterias, significativamente cuando se aplica en concentraciones superiores a las encontradas en el envasado al vacío. Para el envasado de carnes vacunas,

los niveles de CO₂ pueden oscilar entre el 20% y el 100%, dependiendo de las necesidades de la comercialización (Masana et al., 2002).

Es fundamental, para alcanzar una extensión significativa de la vida útil, el control estricto de la temperatura en toda la cadena de comercialización. Descuidar este factor, aunque sea en forma mínima, puede provocar hasta un 75% de pérdida de la vida útil potencial (Masana et al., 2002).

La carne es una fuente dietética importante de muchos macronutrientes como la proteína ("alta proteína" y "baja en carbohidratos" son las palabras clave para los consumidores). La carne es también una excelente fuente de micronutrientes como zinc, hierro, Se y cobre, así como las vitaminas ácido fólico y B12 (Gomez-Basauri, 2004).

La oxidación de los lípidos es la principal causa del deterioro de la calidad de la carne. Las reacciones de oxidación en la carne son el factor que más influye en la calidad. Estas reacciones afectan el color, sabor, textura y valor nutricional de la carne (Mehdi y Dufrasne, 2016).

El color es un componente extremadamente importante de la apariencia de la carne roja fresca y tiene una gran influencia en las decisiones de compra. Los consumidores han aprendido a través de la experiencia que el color deseable de la carne fresca es de color rojo cereza brillante y cualquier desviación de esto se percibe como inaceptable. Extender el período de tiempo que un producto de carne vacuna mantiene el color deseable debe mejorar la capacidad de venta al por menor (Clyburn, 2002).

El pigmento primario asociado con el color de la carne roja es la mioglobina, que puede oxidarse a metamioglobina, dando lugar al desarrollo de un color indeseable del músculo. La decoloración de la carne es una función combinada de oxidación del pigmento muscular (oximioglobina a metamioglobina) y oxidación lipídica que ocurre en la grasa intramuscular, grasa intermuscular y/o fosfolípidos de la membrana. Prolongar el tiempo que la carne conserva su apariencia de rojo cereza brillante se puede lograr mediante la prevención o el retraso de la oxidación del pigmento (minimizando la formación de metamioglobina). El estado del color de la carne del músculo entero se ve afectado por la temperatura, la fuente de luz, el crecimiento microbiano así como la permeabilidad al oxígeno de la película de envasado (Clyburn, 2002).

Como forma de prolongar y mejorar la calidad y vida útil de la carne se han hecho varios estudios con suplementación de varias fuentes de antioxidantes. Basado en el papel que juega el Se como parte de GSH-Px, se ha sugerido que la fuente de Se utilizada puede tener un impacto en la calidad

de la carne. Diferentes investigaciones han evaluado los efectos sobre la pérdida por goteo, el color, la fuerza de cizallamiento, oxidación de lípidos y concentración de Se en músculo (Gomez-Basauri, 2004).

Edens et al., citados por Gomez-Basauri (2004), afirman sobre el papel de la levadura de Se (Se orgánico) en influir positivamente en la calidad de la carne y el rendimiento. Encontraron una mayor reducción en la pérdida de goteo cuando se utilizó levadura de Se en comparación con el selenito de sodio (Se inorgánico). Se especuló que el Se orgánico redujo la pérdida por goteo al mantener la integridad de la membrana celular, aumentando así la capacidad de retención de agua del músculo.

Contrariamente Sgoifo Rossi et al. (2015) en un estudio durante 60 días, realizado en 162 vaquillonas Charolais, de edad promedio 517 ± 61 días, las cuales fueron suplementadas a razón de 0,2 mg Se/kg de MS de alimento divididas en dos tratamientos (Se-Y: Se orgánico vs. SS: Se inorgánico) afirman que la fuente de Se no afectó el rendimiento de crecimiento, la composición centesimal de carne, pérdidas de descongelación, pérdidas por cocción o goteo y pH durante 8 días de almacenamiento aeróbico. La suplementación de Se orgánico mejoró el contenido de Se en carne ($P < 0,001$) y tendió a reducir la fuerza de corte ($P = 0,076$) a las 48 h *post mortem*. Luminosidad (L^*) ($P < 0,01$) y amarillamiento (b^*) ($P < 0,01$) disminuyeron con la duración del almacenamiento y fueron mayor con Se orgánico comparado con Se inorgánico durante 8 días de almacenamiento.

Cuadro 4. Mínimos cuadrados para el efecto de la fuente de Se durante la fase de terminación en rendimiento y contenido de Se en músculo

	Tratamientos		SEM	P
	SS	Se-Y		
Peso inicial promedio (kg)	450,4	454,6	4,28	0,48
Peso final promedio (kg)	529,5	535,3	4,94	0,40
Ganancia media diaria (kg/día)	1,39	1,42	0,03	0,53
Peso carcasa fría	318,1	319,3	2,85	0,77
Rendimiento %	55,08	54,95	8,03	0,42
Humedad %	72,87	72,7	5,23	0,24
Contenido de Se en músculo (mg/kg MS)	0,425	0,791	0,07	<0,001

SS: selenita de sodio (Se inorgánico); Se-Y: levadura de Se (Se orgánico); SEM: error estándar de la media. $P \leq 0,05$.

Fuente: adaptado de Sgoifo Rossi et al. (2015).

Teniendo en cuenta la tendencia decreciente de luminosidad y enrojecimiento, las muestras de animales alimentados con levadura de Se (Se orgánico) mostraron una mayor estabilidad durante los primeros días de almacenamiento. La vida útil de la carne también se vio afectada por el tratamiento y el tiempo de almacenamiento (cuadro 5). Como se esperaba, el color, el olor, la humedad superficial y las puntuaciones de apariencia general disminuyeron durante el almacenamiento ($P < 0,001$) y la fuente de Se afectó positivamente a todos estos parámetros visuales. La puntuación de color fue mayor en el grupo Se-Y ($P < 0,01$) a partir del cuarto día, la puntuación de olor fue mayor ($P < 0,05$) en los dos últimos días, mientras que la humedad superficial fue mayor ($P < 0,05$) en el quinto día de almacenamiento. La apariencia general se benefició de estos efectos mejoradores y su puntuación se incrementó mediante la administración de Se orgánico ($P < 0,01$) a partir del cuarto día de almacenamiento (Sgoifo Rossi et al., 2015).

Cuadro 5. Medias de mínimos cuadrados para el efecto de la fuente de Se durante la fase de acabado sobre el color, el olor, la humedad superficial y la puntuación de apariencia general durante 8 días de almacenamiento

Días de almacenamiento	Color			Olor			Humedad superficial			Apariencia general		
	SS	Se-Y	SEM	SS	Se-Y	SEM	SS	Se-Y	SEM	SS	Se-Y	SEM
1	7,43	7,71	0,193	7,02	7,11	0,201	6,71	6,83	0,184	7,61	7,80	0,184
2	6,86	7,29	0,226	6,42	6,71	0,330	5,81	6,14	0,274	6,85	7,14	0,261
3	6,06	6,57	0,303	5,57	6,14	0,387	5,28	5,69	0,286	5,58	6,28	0,247
4	5,03a	5,86b	0,240	4,14	4,71	0,350	4,29	4,57	0,193	4,46a	5,15b	0,241
5	4,43a	5,11b	0,210	2,71	2,86	0,165	4,02a	4,31b	0,143	3,71a	4,28b	0,286
6	3,57A	4,43B	0,202	1,43	1,71	0,193	3,15a	3,65b	0,136	2,42a	3,21b	0,193
7	2,75A	3,95B	0,233	1,00a	1,45b	0,143	2,12A	2,97B	0,150	1,57A	2,42B	0,202
8	2,14A	3,29B	0,274	1,00a	1,29b	0,130	1,56A	1,98B	0,183	1,14A	1,86B	0,143
P(s)	<0,01			<0,05			<0,05			<0,01		
P(t)	<0,001			<0,001			<0,001			<0,001		
P(s x t)	0,68			0,84			0,76			0,49		

SS: selenita de sodio (Se inorgánico); **Se-Y:** levadura de Se (Se orgánico); **SEM:** error estándar de la media.

P(s): fuente de Se; **P (t):** tiempo de almacenamiento; **P(s x t):** fuente de Se x tiempo de almacenamiento.

AB y **ab:** medias con diferentes letras entre filas son significativamente distintas con $p \leq 0,01$ o $p \leq 0,05$ respectivamente.

Color: 8 – brillante rojo cereza, 1 – marrón extremadamente oscuro; **olor:** 7 – olor de carne fresca, 5 – sin olor, 3 – ligero desarrollo de olor, pero aceptable, 2 – olor indeterminado indicativo de carne estropeada, 1 – olor desagradable muy fuerte asociado con la carne estropeada; **humedad superficial:** 7 – húmedo y brillante, 4 – seco; **apariciencia general:** 8 – extremadamente deseable, 1 – extremadamente indeseable.

Fuente: Sgoifo Rossi et al. (2015).

El aumento de la concentración de Se muscular alcanzada mediante la suplementación de levadura de Se con respecto a selenita de sodio es consistente con los hallazgos de Juniper et al. (2008), Cozzi et al. (2011), donde hubo respuestas de dosis lineales ($P < 0,001$) en músculo esquelético a la adición graduada a la dieta. Además, hubo diferencias notables ($P < 0,05$) entre las fuentes de Se, con valores mayores en los animales que habían recibido SY en comparación con aquellos que habían recibido dosis similares de SS (Juniper et al., 2008). La mayor biodisponibilidad puede permitir producir carne enriquecida con Se con un consiguiente mayor valor añadido. Un aumento en la terneza de la carne también ha sido reportado por Cozzi et al. (2011).

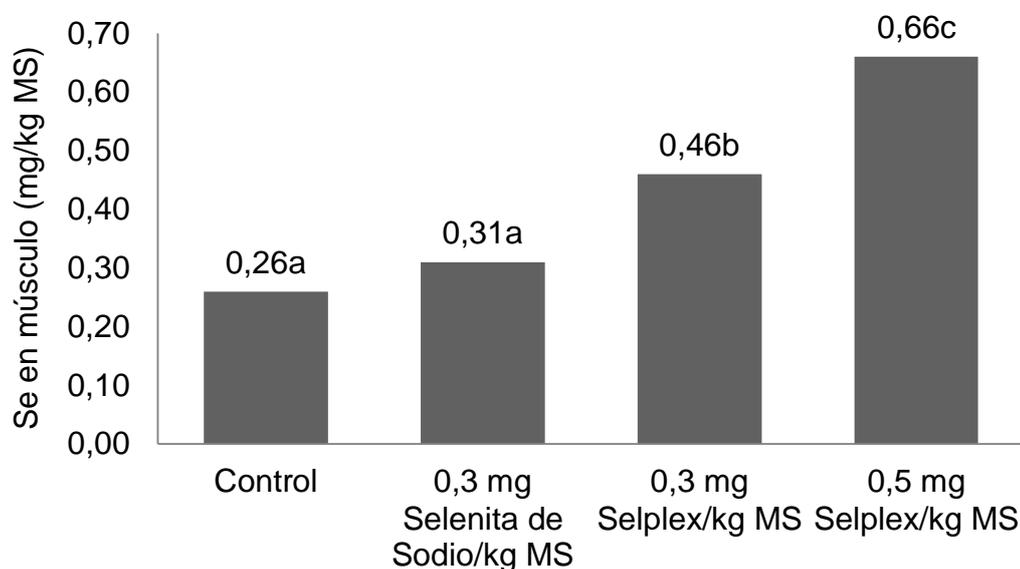


Figura 2. Concentración de Se en músculo (mg/kg MS) *Longissimus dorsi* en bovinos suplementados con diferentes concentraciones y fuentes de Se

Fuente: adaptado de Juniper et al. (2008).

Sgoifo Rossi et al. (2015) encontraron una reducción de la fuerza de corte a las 48 h *post mortem* y, teniendo en cuenta la relación positiva entre el contenido de Se encontrado en la carne y GSH-Px, esto puede explicarse por la menor oxidación de calpaína debido a la mayor actividad de GSH-Px en el grupo de Se orgánico. En este escenario, es posible plantear la hipótesis de que el aumento de la actividad antioxidante muscular, debido al mayor contenido de Se podría haber reducido la extensión de la oxidación enzimática y de proteína miofibrilar. Esta hipótesis está apoyada por los resultados de Rowe et al., citados por Sgoifo Rossi et al. (2015), que indicaron de que la suplementación con antioxidantes de la dieta en la carne de vacuno (vitamina E) reduce la oxidación de proteínas, promoviendo positivamente la proteólisis *post mortem* y, en consecuencia, suavidad de la carne.

Coincidiendo con los resultados obtenidos por Cozzi et al. (2011), Sgoifo Rossi et al. (2015), afirman que la administración de una cepa de levadura enriquecida con Se ha demostrado ser una alternativa interesante para el Se inorgánico en la suplementación del oligoelemento para la terminación en ganado vacuno. En comparación con la selenita de sodio, la suplementación con levadura de Se en todo el acabado no modificó el crecimiento del ganado, pero fue una manera de enriquecer el contenido de Se en el tejido muscular. Este resultado, junto con aún más los efectos positivos inducidos por este tratamiento en la calidad de la carne, tales como el aumento de la luminosidad del color, la pérdida por goteo y la disminución de la fuerza de corte.

Investigaciones recientes han demostrado que el Se tiene un efecto de preservar las características sensoriales de la carne y su textura entre los animales domésticos. Se encontró que el uso de cereales enriquecidos con Se es una manera interesante de suplementar el Se de animales en engorde. Este tipo de suplementación no tuvo efecto significativo sobre el color, el pH, la pérdida de agua, la terneza y la rancidez oxidativa de la carne. Además, este tipo de suplementación indujo una disminución en el contenido de grasa de la carne. En el estudio de Netto et al., citados por Mehdi y Dufrasne (2016) se informó una reducción del contenido de colesterol en la carne durante una suplementación con Se mineral. Además, éste puede desempeñar un papel en la alteración del metabolismo de los lípidos. El colesterol es un compuesto biológicamente importante que está presente en los productos de origen animal. El contenido de colesterol en la carne y los productos cárnicos es variable, generalmente es inferior a 70 mg/100g de carne. Una disminución del contenido de colesterol en la carne al agregar Se sería un efecto beneficioso de la suplementación con Se. La carne sería dietética y saludable. De hecho, la oxidación del colesterol (COP) genera compuestos que resultaron ser citotóxicos, mutagénicos y carcinógenos (Mehdi y Dufrasne, 2016).

Durante la suplementación de Se en bovinos, la suma de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados para la carne puede ser influenciada por la fuente de Se (selenito de sodio o levaduras selenizadas). Los diferentes resultados reportados en la literatura sobre la composición de la carne se pueden atribuir, a diferentes tasas de incorporación de Se, fuentes de Se, tipo de Se y las vías de administración (Mehdi y Dufrasne, 2016).

En los cuadros 6 y 7 se presenta una breve síntesis de los trabajos revisados en bovinos y ovinos respectivamente.

Cuadro 6. Efecto de la suplementación con antioxidantes en la calidad de carne bovina

DATOS DE LOS TRABAJOS				PRINCIPALES RESULTADOS							
Ref.	Animales (Peso Inicial / Final kg)	Días de Evaluación	Tratamientos	Rendimiento	AOB	EGS	WB	Color	Actividad GSH-Px	Oxidación Lípidos	Drip loss
1	162 vaquillonas Charolais, de 17,2 ± 2 meses (452,5 / 532,4)	60 Días	SS: Selenita de sodio; SY: Levadura de Se. Ambos a razón de 0,2 mg Se/kg MS	NS	-	-	SY < SS. p= 0,076	SY > SS. L*: p<0,01; a*: NS; b*: p<0,01	-	-	NS
2	84 toros Charolais, de 12,7 ± 1,7 meses (434,9 / 720)	210 Días	NaSe: Selenita de Na; Se-Y: Levadura de Se; Switch: 140 días NaSe y 70 días finales Se-Y. En todos a razón de 0,3 mg Se/kg MS	NS	-	-	Se-Y y Switch < NaSe. p<0,01	Se-Y > NaSe L*: p<0,01 a,b*: NS	NS entre trat. Efecto tiempo P<0,001	-	Se-Y < NaSe. p<0,05
3	30 novillos Simental (Peso Final 579,25)	60 Días	Control: Selenita de Sodio; Tratamiento: Selplex 2000. Ambos a razón de 0,3 mg Se/kg MS	NS	NS	-	NS	-	-	-	-
4	32 Novillos Limousin x Holstein de 20 meses (Peso Inicial 489 ± 42,9)	112 Días	T1: Control (s/supl Se); T2: 0,3 mg Se/kg MS NaSe; T3: 0,3 mg Se/kg MS Selplex; T4: 0,5 mg Se/kg MS Selplex	-	-	-	-	-	T4 > T3 > T2 > T1. p<0,001	NS	-
5	96 novillos Angus cruza (374,8 / 545,4)	103 Días	T1: S/Vit. E o Se supl; T2: 3,0 mg Se/animal/día Selplex + 250 UI de Vit. E; T3: 3,0 mg Se/animal/día NaSe + 250 UI de Vit. E; T4: 3,0 mg Se/animal/día Selplex + 125 UI Vit. E; T5: 3,0 mg Se/animal/día NaSe + 500 UI de Vit. E; T6: 3,0 mg Se/animal/día Selplex + 500 UI de Vit. E.	NS	Org. < Inorg. p< 0,1	NS	NS	T1 > Resto L*: p<0,01. T1 < Resto: a*: p<0,05; b*: p<0,1; C*: p<0,05. H*: NS.	-	-	NS
6	28 novillos (9 Charolais, 10 Simental y 9 Limousin) (390 ± 31 / 471 ± 27)	55 Días	Control: 20 UI Vit. E/kg + 0,1 mg Se/kg de Se Inorg.; E: 300 UI Vit. E/kg; Se: 0,3 mg Se/kg de Se org.; E+Se: 300 UI Vit. E/kg + 0,3 mg Se/kg de Se org.	-	-	-	-	-	*Para contenido en musculo: NS	Se NS. Vit. E p<0,05	-
7	18 Terneros Holstein (48,2 - 166,0)	105 Días	Control: S/supl; Se: 0,5 mg Se/kg alimento Selplex; Se + Vit. E: 0,5 mg Se + 100 mg Vit. E/kg alimento.	-	-	-	-	L*, a*, b*: NS	*Para contenido en musculo: Se = Se + Vit. E > Control. p<0,05	Se + Vit. E > Control. p<0,05. Se vs. Se + E y Se vs. Control NS	NS

(Cont. cuadro 6) Efecto de la suplementación con antioxidantes en la calidad de carne bovina

DATOS DE LOS TRABAJOS				PRINCIPALES RESULTADOS							
Ref.	Animales (Peso Inicial / Final kg)	Días de Evaluación	Tratamientos	Rendimiento	AOB	EGS	WB	Color	Actividad GSH-Px	Oxidación Lípidos	Drip loss
8	20 Novillos Hanwoo de 20 meses (536 ± 23,4 / 633,8 ± 39,33)	112 Días	Control: S/supl; Se-SMC: 0,9 mg Se/kg MS de compost de hongos enriquecido con Se; Se-Y: 0,9 mg Se/kg MS Selplex; SS: 0,9 mg Se/kg MS NaSe.	NS	NS	NS	-	-	> actividad Se-SMC y Se Y. p<0,05	-	-
9	20 Novillos (Peso inicial 351 ± 24)	120 Días	Se Adecuado: 0,0091 mg Se/kg PV; Se Supranutricional: 0,0681 mg Se/kg PV	-	-	-	-	L*, a*, b*: NS	Se Supr. > Se Adec. p<0,01	-	NS
10	43 Novillos Cruza (351 ± 24 / 565 ± 11)	126 Días	CON: 0,00908 mg Se/kg PV; SEO: 0,06759 mg Se/kg PV NaSe; HAY: 0,06656 mg Se/kg PV Heno de alfalfa; WHT: 0,06805 mg Se/kg PV Trigo.	NS	NS	NS	-	-	-	-	-
11	24 Novillos Cruza de 13 meses (Peso inicial 348 ± 12)	90 Días	CON: S/supl Se; T1: 2,5 mg Se/animal/día NaSe; T2: 2,5 mg Se/animal/día Selplex	-	-	-	-	-	T1 = T2 > CON. p<0,01	-	-

Referencias: 1. Sgoifo Rossi et al. (2015), 2. Cozzi et al. (2011), 3. Sretenovic et al. (2012), 4. Juniper et al. (2008), 5. Clyburn (2002), 6. O'Grady et al. (2001), 7. Skřivanová et al. (2007), 8. Lee et al. (2007) 9. Taylor et al. (2008), 10. Lawler et al. (2004), 11. Arthington (2008). **AOB-** Área ojo de bife. **EGS-** Espesor de grasa subcutánea. **WB-** Fuerza de corte (Warner Bratzler). **NS-** No significativo.

Cuadro 7. Efecto de la suplementación con antioxidantes en la calidad de carne ovina

DATOS DE LOS TRABAJOS				PRINCIPALES RESULTADOS				
Ref.	Animales (Peso Inicial / Final kg)	Días de Evaluación	Tratamientos	Rendimiento	CRA	Color	Actividad GSH-Px	Oxidación Lípidos
1	48 Corderos de 12 meses (36 / 42)	56 Días	T1: Alta GSH s/supl Se; T2: Alta GSH c/supl Se (2,5 mg Se/kg alimento de NaSe); T3: Baja GSH s/supl Se; T4: Baja GSH c/supl Se (2,5 mg Se/kg alimento de NaSe)	NS	-	NS	NS	-
2	64 Corderos (19,2 ± 0,96 / 27,3 ± 1,45)	33 Días	C: 10 mg Vit E/kg Alimento; V: 500 mg Vit E/kg Alimento; VS: 500 mg Vit E + 0,3 mg NaSe/kg Alimento; S: 0,3 mg NaSe/kg Alimento	NS	-	L* Días p<0,01. L* Vit E. p<0,001. L* 7 Días: S, C, VS > V p<0,05	-	Tbars Vit E x Se: VS = V < C < Se. p<0,05
3	50 Corderos de 4 meses (Peso inicial 29,5 ± 0,46)	112 Días	T1: Control (s/supl Se); T2: 0,3 mg Se/kg MS Selplex; T3: 0,4 mg Se/kg MS Selplex; T4: 0,5 mg Se/kg MS Selplex; T5: 0,3 mg Se/kg MS NaSe	-	-	-	T1 < Resto p=0,114	NS
4	8 Corderos (Peso inicial 30,5 ± 2,09)	35 Días	T1: Sin suplementación; T2: 0,93 mg/animal/día Selplex	-	-	-	NS	-
5	18 Ovejas Pelibuey (27,75 ± 3,37 / 39,5 ± 4,41)	60 Días	T1: Sin suplementación; T2: 0,35 mg Se/kg MS Seleyeast 3000; T3: 0,60 mg Se/kg MS Seleyeast 3000	-	T2 > T1 = T3. p<0,05	L*, a*, b*: NS. p<0,05	-	NS
6	48 corderos de 1 mes (12,78 ± 0,94 / 23,26 ± 2,41)	63 Días	Con: Sin suplementación; T1: 0,3 mg Se/kg MS NaSe; T2: 0,3 mg Se/kg MS Se-Y; T3: 0,45 mg Se/kg MS Se-Y.	NS	NS	NS	* Para actividad en musculo NS. p>0,05	NS

Referencias: 1. Liu et al. (2011), 2. Ripoll et al. (2011), 3. Juniper et al. (2009), 4. López Gutiérrez et al. (2012), 5. Velázquez Garduño (2015), 6. Vignola et al. (2009).
CRA- Capacidad de retención de agua. **NS-** No significativo.

Resumiendo la información que se presenta en el cuadro 6, se observa que en la mayoría de los trabajos realizados, la categoría animal utilizada correspondió a novillos, a excepción de Skřivanová et al. (2007), que utilizaron terneros, Cozzi et al. (2011) toros, Sgoifo Rossi et al. (2015) vaquillonas.

El periodo de evaluación experimental vario entre 55 (O'Grady et al., 2001) y 210 (Cozzi et al., 2011) días, resultando también variable el número de animales utilizados en los estudios, con un mínimo de 18 (Skřivanová et al., 2007) y un máximo de 162 (Sgoifo Rossi et al., 2015).

En los presentes trabajos se utilizaron una amplia variedad de tratamientos en los cuales se alternaron diferentes fuentes de Se (Se orgánico y Se inorgánico) y vitamina E, con distintas dosis.

En cuanto a los principales resultados obtenidos en los trabajos analizados tanto en rendimiento como en espesor de grasa subcutánea, no se observaron diferencias entre los tratamientos. En área de ojo de bife sucede lo mismo a excepción de Clyburn (2002) en el cual se observó una diferencia entre la utilización de Se orgánico vs. Se inorgánico ($p=0,1$).

En los ensayos donde fue realizado el estudio de fuerza de corte se observó una tendencia ($p=0,076$) a la reducción de la misma en los tratamientos donde se utilizaba una fuente de Se orgánico (Sgoifo Rossi et al., 2015). Cozzi et al. (2011) obtuvieron como resultado una diferencia significativa ($p<0,01$) reflejando en una menor fuerza de corte para los animales del tratamiento que tenía Se orgánico como fuente de Se.

Para la evaluación de color instrumental, en los ensayos donde fue analizada esta variable, el parámetro luminosidad (L^*) fue el más relevante, donde los tratamientos en los cuales se suplementaba con Se en su forma orgánica tuvo un efecto significativo frente a los otros tratamientos.

En relación a la actividad de la GSH-Px en sangre la mayoría de los autores concuerdan que la suplementación con Se, independientemente de su fuente (orgánica o inorgánica), produjo aumentos en la actividad de esta enzima, reportándose al mismo tiempo que la fuente orgánica tiene un mayor efecto.

En cuanto a la oxidación de lípidos analizado mediante el test de Tbars, se pudo observar que el Se no tuvo impacto, donde la vitamina E si logro un efecto significativo.

Si bien en este ensayo se realizó la prueba de capacidad de retención de agua (CRA), en los trabajos estudiados se evaluaron las perdidas por goteo, "drip loss", la cual se define como la cantidad de líquido exudado en la

superficie de la carne, sin la aplicación de una fuerza mecánica externa, utilizando únicamente la gravedad. Las pérdidas se calculan como la diferencia entre el peso previo al almacenamiento y al final del periodo de envejecimiento. La medición de las pérdidas por goteo se ve afectada por el tiempo que dure la medición, por lo que el tiempo siempre se debe estandarizar y reportar (Braña Varela et al., 2011). Cozzi et al. (2011) obtuvieron resultados significativos en este parámetro cuando las muestras fueron almacenadas durante 11 días, donde el tratamiento con Se orgánico obtuvo menores pérdidas que el resto ($p < 0,05$). Por otro lado, Clyburn (2002) evaluando durante 7 días, Skřivanová et al. (2007) 24 horas, Taylor et al. (2008) 12 días, Sgoifo Rossi et al. (2015) 8 días no encontraron diferencias estadísticas entre sus tratamientos.

Sintetizando la información del cuadro 7, se observa que en la mayoría de los trabajos realizados, la categoría animal utilizada correspondió a corderos, a excepción de Velázquez Garduño (2015) que utilizó ovejas.

El periodo de evaluación experimental se extendió desde 33 (Ripoll et al., 2011) a 112 (Juniper et al., 2009) días, donde también fue variable el número de animales utilizados, con un mínimo de 8 (López Gutiérrez et al., 2012) y un máximo de 64 (Ripoll et al., 2011).

Al igual que en los trabajos en bovinos también se utilizaron una amplia variedad de tratamientos en los cuales se alternaron diferentes fuentes de Se (Se orgánico e inorgánico) y vitamina E, con distintas dosis.

En cuanto a los principales resultados obtenidos en los trabajos analizados tanto en rendimiento como en la actividad de la GSH-Px en sangre, no se observaron diferencias entre los tratamientos.

Para la evaluación de color instrumental, en la mayoría de los artículos analizados no se evidenciaron diferencias significativas, a excepción de Ripoll et al. (2011) en donde se encontraron diferencias estadísticas en el parámetro luminosidad (L^*) siendo este afectado por la suplementación con vitamina E y también por el paso de los días.

En cuanto a la oxidación de lípidos analizado mediante el test de Tbars, se pudo observar que el Se como única fuente de suplementación no tuvo impacto, mientras que suplementado junto a la vitamina E sí logró un efecto significativo.

Respecto al CRA los trabajos no coincidieron en sus resultados, Velázquez Garduño (2015) encontró que la suplementación con Se fue positiva en el CRA para valores de 0,35 mg Se/kg MS pero no así para valores más

elevados. Contrario a estos resultados, Vignola et al. (2009) no encontraron diferencias entre tratamientos.

2.6 HIPÓTESIS

La suplementación con Se orgánico podría mejorar la vida útil de la carne manteniendo un mejor color y disminuyendo la oxidación de lípidos y proteínas en vitrina refrigerada. Esta respuesta podría sin embargo variar dependiendo de la edad del animal, asociado a diferencias en el nivel de engrasamiento de la canal y carne.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

El experimento fue realizado en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), Facultad de Agronomía (UdelaR), Ubicada en el litoral norte de Uruguay en el departamento de Paysandú; a 32°20'9" de latitud sur y 58°2'9" de longitud oeste, a 61 metros sobre el nivel del mar.

3.2 CLIMA

El departamento de Paysandú cuenta con un régimen de precipitaciones de 1218 milímetros anuales, una humedad relativa de 73% y una temperatura media anual de 17,9°C, variando entre un máximo promedio de 23,8°C y un mínimo promedio de 12,2°C (MDN. DNM, s.f.). Las temperaturas medias y precipitaciones acumuladas en el periodo experimental para los meses de mayo, junio y julio se muestran en el cuadro 8.

Cuadro 8. Temperatura media y precipitaciones acumuladas en el período experimental para el departamento de Paysandú

	Temperatura (°C)	Precipitaciones (mm)
Mayo	12,1	25,1
Junio	9,8	66,3
Julio	10,9	162,8

Los registros de precipitaciones y temperatura para el período experimental se recolectaron diariamente de la estación meteorológica de la EEMAC.

3.3 PERÍODO EXPERIMENTAL

El período experimental de confinamiento de los animales tuvo una duración de 62 días, comprendido entre el 31 de mayo y el 31 de julio de 2016, con un período previo de acostumbamiento de 18 días (13/05/2016 al 30/05/2016).

3.4 ANIMALES

Fueron utilizadas 30 vaquillonas de la raza Hereford, 14 de 20 meses de edad con un peso promedio al inicio del experimento de $323 \pm 26,27$ Kg y 16 de 36 meses y un peso promedio de $405 \pm 30,52$ Kg. Todos los animales provienen del rodeo experimental de la EEMAC.

3.5 INFRAESTRUCTURA

Se utilizaron 30 corrales individuales a cielo abierto con un área promedio de 25,2 m² (2,8 m x 9 m) cada uno, separados por tres hilos eléctricos y la periferia delimitada por tres hebras de alambre fijo eléctrico.

Cada corral contaba con un bebedero de 0,45 m de altura y un diámetro de 0,6 m y un comedero de 0,9 m de largo, 0,6 m de ancho y 0,3 m de alto; ambos de material plástico.

El terreno donde se encontraban los corrales presentaba una pendiente de 2,5% con una orientación sur-norte.

3.6 ALIMENTOS

Se utilizó una ración totalmente mezclada (RTM, 15% voluminoso / 85% concentrado). El voluminoso utilizado fue heno de moha (*Setaria itálica*), el concentrado una ración comercial para engorde y la fuente de Se orgánico Selplex® 2000. Los componentes del concentrado según la etiqueta comercial son los siguientes: sorgo, maíz, cebada, avena, afrechillo de arroz, afrechillo de trigo, harina soja, torta de soja extrusada, torta de soja (expeller), harina de lino, harina de girasol, raicilla, brotes de cebada, pellets de citrus (pulpa), melaza, carbonato de calcio y fosfato bicálcico. En el cuadro 9 se muestra la composición química de la ración utilizada.

Al momento de suministrar el alimento a cada animal se mezcló previamente el voluminoso y el concentrado formando la RTM anteriormente mencionada.

Cuadro 9. Composición química de la ración comercial

MS (%)	86,6
FC (%)	10
MT (%)	10
Cl Na (%)	2
CENIZAS (%)	2
DON (ppm)	5
PROT (NxF) (%)	12
EE (%)	2,5
LMM (%)	0,1

Materia seca (**MS**), fibra cruda (**FC**), minerales totales (**MT**), cloruro de sodio (**ClNa**), nitrógeno orgánico disuelto (**DON**), proteína (**PROT NxF**), extracto etéreo (**EE**), laser milk mineral (**LMM**)

Cuadro 10. Composición química de heno de moha

Heno de moha	
MS (%)	92,73
C (%)	8,88
PC (%)	9,4
aFDNmo (%)	63,85
FDAmo (%)	35,31

Materia seca (**MS**), cenizas (**C**), proteína cruda (**PC**), fibra detergente neutro con amilasa y corregida por cenizas (**aFDNmo**), fibra detergente ácido corregida por cenizas (**FDAmo**).

Composición Selplex[®] 2000:

Análisis químico: Se 2000 ppm.

Ingredientes: Se levadura y levadura de cerveza seca.

3.7 TRATAMIENTOS

Las vaquillonas fueron estratificadas por edad y condición corporal, y asignadas al azar a una de las dos dietas experimentales, quedando agrupadas en dos tratamientos:

1. Lote control: RTM
2. Lote suplementado: RTM + Selplex

Las dietas fueron ofrecidas *ad libitum*. En el lote suplementado se utilizó una fuente de Se orgánico (Selplex[®] 2000), a razón de 9 mg Se/animal/día.

3.8 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La ejecución del trabajo fue dividido en dos etapas: pre-experimental de acostumbramiento y experimental. Esta última comprendida por la alimentación de confinamiento y la fase de faena y post faena.

3.8.1 Etapa pre-experimental de acostumbramiento

El período pre-experimental (acostumbramiento) tuvo una duración de 18 días (13/05 al 30/05/2016), comenzando a manejarse los animales grupalmente. A partir del día 5 se comienzan a apartar por tratamientos quedando en el día 9 en corrales individuales. También a partir del 5º día se

comienza a suministrar la dieta en dos turnos (mañana y tarde), anteriormente solo se suministraba en un único turno (mañana). A continuación se detalla en el cuadro 11 la dieta de este periodo:

Cuadro 11. Dieta del periodo pre-experimental

Día	Fardo (Kg MS/animal)	DDGS (Kg MS/animal)	Ración comercial (Kg MS/animal)
1	2	0	0
2	2	0,5	0
3	2	1	0
4	2	1,5	0
5	3	2,5	0
6	3	3,5	0
7	3	4,5	0
8	3	4,5	0
9	3	4,5	0
10	3	4,5	0
11	3	4,5	0
12	3	4,5	0
13	3	4,5	1
14	3	3,5	2
15	3	2,5	3
16	3	1,5	4
17	3	0,5	5
18	3	0	6

Materia seca (**MS**), granos secos de destilería con solubles (**DDGS Sorgo**).

3.8.2 Etapa experimental

3.8.2.1 Etapa de confinamiento

Una vez estabilizada la dieta en el período de acostumbramiento, se inició la etapa experimental, donde el alimento fue ofrecido *ad libitum*. Esto se logró en base a una lectura diaria de comedero con el objetivo de que hubiera siempre un sobrante de alimento del día anterior (5% de lo suministrado). La dieta fue distribuida en tres comidas diarias, ofreciéndose en la mañana (8:00 hs) el 20% de la misma junto con la suplementación de Selplex, en los animales que tenían ese tratamiento, asegurando la ingesta completa del suplemento. El 80% restante de la dieta fue suministrado en partes iguales en el medio día (12:00 hs) y tarde (17:00 hs).

Los animales contaban con agua a voluntad la cual se reponía diariamente y se realizaban limpieza de bebederos semanalmente asegurando la calidad de la misma y evitando posibles efectos negativos sobre la performance animal.

3.8.2.2 Manejo sanitario

Al inicio de la etapa de acostumbramiento se inmunizo contra: carbunco bacteriano (Carbunco[®]), clostridiosis (Sintoxan[®] 9TH), leptospirosis (Spirovac[®] L5) y afecciones respiratorias (Neumosan[®] V4J5). Como antihelmínticos se dosifico con ricobendazol (Ricovert[®]) para gastrointestinales y closantel (Faskiver[®] 10) como saguaypicida.

Posteriormente en la etapa experimental se repitió la vacunación con Neumosan V4J5[®] y Spirovac L5[®].

3.9 DETERMINACIONES REALIZADAS

3.9.1 Etapa de confinamiento

3.9.1.1 Peso vivo

El peso vivo fue registrado a inicio del experimento y luego cada 14 días. Las pesadas se realizaron con balanza electrónica (con capacidad y precisión de 2000 ± 0,5 Kg) en las instalaciones de la EEMAC, sin ayuno previo y antes de la primer comida.

3.9.1.2 Muestreo de sangre

A inicio y fin del período de alimentación a corral, se tomaron muestras de sangre a cada animal, para la posterior determinación de la GSH-Px como indicador del nivel de Se. La actividad sanguínea de GSH-Px se analizó mediante un reactivo comercial basado en una técnica cinética compuesta NADPH-dependiente (Paglia y Valentine, 1967).

3.9.2 Etapa de faena y post faena

Las vaquillonas fueron faenadas en un frigorífico comercial al finalizar el experimento.

Fueron pesadas individualmente en planta frigorífica previo a la faena, luego de 24 horas de ayuno, siendo este el peso en primera balanza.

3.9.2.1 Etapa post faena en planta frigorífica y laboratorio

Posterior a la faena se obtuvo el peso en 4ta balanza (peso de canal caliente).

El rendimiento de los animales se calculó como la relación del peso canal caliente y el peso vivo a la faena, expresado como porcentaje.

Luego de la faena las reses permanecieron en cámaras de frío durante 48 horas. Al finalizar este proceso, se obtuvieron los siguientes registros sobre la media res de cada una de las canales: peso de canal fría, pH, espesor de grasa subcutánea y área de ojo de bife. El peso de canal fría fue registrado a la salida de la cámara de frío previo al cuarteado. Después de realizar el cuarteo a nivel de la 10^a - 11^a costilla se midió el pH del músculo *Longissimus dorsi* a ese nivel utilizando un peachímetro calibrado (peachímetro Hanna). El espesor de grasa subcutánea se realizó con una regla milimetrada, cuidando de medir hasta la aponeurosis del músculo *Longissimus dorsi* y de no incluir parte de la grasa intermuscular. Se midió mediante el trazado de una bisectriz a nivel de la 10^a - 11^a costilla, a lo largo del área de ojo de bife, en $\frac{3}{4}$ de la misma, donde se traza una perpendicular y a esa altura se obtiene el resultado de espesor (Feed, 2009). El área de ojo de bife fue determinada mediante el calco a través de un acetato, el cual posteriormente se utilizó junto con una hoja cuadriculada (0,5 x 0,5 cm) para la determinación del área.

Se tomaron muestras de *Longissimus dorsi* de cada canal que fueron trasladadas al laboratorio de calidad de carne de la EEMAC para determinaciones de calidad instrumental y análisis sensorial según el siguiente protocolo:

Se tomaron muestras de 2,5 cm a partir de la 10^a costilla hasta el extremo caudal del músculo *Longissimus dorsi*, posteriormente fueron envasadas al vacío para las evaluaciones a realizar. El procedimiento de muestreo se resume en la figura 3.

10 ^a Costilla	Sens. Día 0	Sens. Día 7	WBSF Día 0	WBSF Día 7	WHC/Se	V. Útil Día 0	V. Útil Día 3	V. Útil Día 6	V. Útil Día 9	V. Útil Día 12
-----------------------------	----------------	----------------	---------------	---------------	--------	------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------

Sensorial (**Sens.**), terneza instrumental (**WBSF**), capacidad de retención de agua (**WHC**), Se en músculo (**Se**), Vida comercial (**V. Útil**).

Figura 3. Procedimiento de muestreo

3.9.2.2 Color instrumental

El color instrumental fue determinado mediante un colorímetro portátil Minolta CR – 400 (Osaka, Japón) obteniendo los valores de L^* , a^* y b^* en el espacio CIELAB, L^* es el valor de claridad o luminosidad (Lightness), variando entre 0 (negro) y 100 (blanco); a^* refiere al índice de rojo, con valores positivos rojo y valores negativos verde; b^* corresponde al índice de amarillo, siendo amarillo con valor positivo y azul con valores negativos. El color fue determinado a nivel del músculo *Longissimus dorsi*, luego de un período mínimo de 30 minutos de exposición al oxígeno (blooming). Se tomaron tres lecturas al azar, promediándose posteriormente (Alberti y Ripoll, 2009).

3.9.2.3 Capacidad de retención de agua

Para determinar la capacidad de retención de agua se utilizó el método de Grau y Hamm. Dicho método, fue modificado por Sañudo et al., citados por Feed (2009). La medición se realizó 48 hs *post mortem*. Se tomaron 20 g de la muestra extraída (músculo *Longissimus dorsi*) y se molieron. Luego se tomó de la anterior molienda 0,3 (\pm 0,05) g y se colocó sobre un papel de filtro previamente pesado (con balanza de precisión \pm 0,05 g) y todo ello se sometió a compresión entre dos placas de vidrio (cajas de Petri). Se aplicó una presión de 2,25 Kg durante 5 minutos. Tras la compresión se separó cuidadosamente la carne del papel húmedo y éste se pesó. El incremento de peso que corresponde al jugo liberado, se expresa como porcentaje del peso inicial de la carne. Este procedimiento se realizó por duplicado con muestras provenientes de cada animal.

3.9.2.4 Terneza instrumental

Esta medición se realizó a las 48 horas (WBSF 0) *post mortem* y después de 7 días de maduración al vacío y en condiciones de refrigeración (WBSF 7).

Para determinar la dureza instrumental se utilizó el método de Warner-Bratzler. Este método mide la fuerza de corte de la carne por medio de una cizalla utilizando un texturometro Instron 3342 expresando el resultado en kg fuerza.

Las muestras para esta evaluación fueron obtenidas a partir de un filete de 2,5 cm de espesor.

Los filetes se cocinaron a baño María termostático y el tiempo de cocción fue estandarizado para que en el centro térmico del bife se llegue a 70 °C.

Luego de cocido el filete se extrajo del baño María y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Posteriormente se extrajeron con un sacabocado 8 cilindros de 1,27 cm de diámetro de cada filete cocido, realizando movimientos circulares de vaivén en la misma dirección de las fibras musculares y ejerciendo una suave presión hasta concluir el corte. Finalmente, cada cilindro fue sometido a un corte de cizalla Warner-Bratzler de forma perpendicular a la dirección de las fibras musculares. Cuanto mayor es la fuerza de corte, más dura es la carne (Feed, 2009).

3.9.2.5 Vida comercial en vitrina refrigerada

Los filetes de carne fueron envasados individualmente en bandejas de plástico usando un film permeable al oxígeno y se almacenaron a una temperatura de 2 – 4°C en una vitrina refrigerada simulando una exposición comercial. La vida comercial de la carne fue evaluada a través de la determinación de estabilidad del color y de los lípidos de la carne. El color instrumental y visual y la oxidación de lípidos se determinaron a los 0 (48 h *post mortem*), 3, 6, 9 y 12 días de almacenamiento. El color instrumental fue medido utilizando un colorímetro Minolta CR-400 (Osaka, Japón).

El color visual se determinó por un panel entrenado evaluando los cambios de color de la carne (brillo y predominio de color amarronado), utilizando dos escalas diferentes de acuerdo a las pautas de medición de la evaluación del color de la carne indicadas por AMSA (2012).

3.9.2.6 Oxidación de lípidos

Se siguió el método de Lynch y Frei, descrito por Gatellier et al., citados por Terevinto (2010). Se homogeneizaron 5 g aproximadamente de cada muestra de músculo con 100 ml de un buffer de extracción (KCl 0,15 M, EDTA 0,02 M, BHT 0,30 M) durante 1 minuto a 12.000 rpm en un Virtis 45. Se extrajeron 8 ml del homogeneizado de cada muestra que se congelaron, para la determinación, al día siguiente, del nivel de oxidación proteica. Para el test de Tbars de medición de la oxidación lipídica, se extrajeron 5 ml de cada homogeneizado, se centrifugaron a 2000g durante 10 minutos y luego se extrajo 1 ml del sobrenadante al cual se le agregó 1 ml de la mezcla TBA – TCA (TBA 35 mM, TCA 10 % en HCl 125 mM). Se preparó un blanco con el buffer de extracción y se sometió al mismo procedimiento que las muestras. Las muestras y el blanco se colocaron en ebullición durante 30 minutos, luego en hielo durante 5 minutos para frenar la reacción y a temperatura ambiente durante 45 minutos. Se agregaron 2 ml de n-butanol, se centrifugaron a 3000 g durante 10 minutos y se midió la absorbancia del sobrenadante en un espectrofotómetro (Genesys-6) a 535 nm de longitud de onda. Se calculó la concentración del MDA de las muestras utilizando su coeficiente de extinción

molar (156.000 M⁻¹ cm⁻¹) y los resultados se expresaron en mg de MDA/kg músculo.

3.9.2.7 Oxidación de proteínas

Se siguió el método descrito por Mercier et al., citados por Terevinto (2010). Primero se descongelaron las muestras homogeneizadas el día anterior y se extrajeron 2 ml para el blanco y 2 ml de cada muestra. Se centrifugaron a 2000 g por 10 minutos, se agregaron 2 ml de HCl 2 M al blanco y 2 ml de DNPH 20 mM disuelto en HCl 2 M a las muestras. Se incubaron a temperatura ambiente durante 1 hora vortexeando cada 10 minutos. Se agregaron 2 ml de TCA 20 %, y se dejaron reposar durante 15 minutos vortexeando cada 5 minutos. Luego se centrifugaron a 2000 g por 10 minutos y se eliminó el sobrenadante. Se lavó el pellet 3 veces con 4 ml de etanol: acetato de etilo (1:1) centrifugando luego de cada lavado para eliminar trazas de DNPH. Luego se disolvió el pellet con 6 ml de guanidina en KH₂PO₄ 20 mM y se incubaron a temperatura ambiente durante 15 minutos vortexeando cada 5 minutos. Luego se centrifugaron a 2400 g por 10 minutos y se midió la absorbancia en un espectrofotómetro (Genesys-6) a 370 nm de longitud de onda. La concentración de DNPH de las muestras se calculó utilizando su coeficiente de extinción molar (22.000 M⁻¹ cm⁻¹) y los resultados se expresaron en nmoles de DNPH/mg proteína.

3.9.2.8 Análisis sensorial calificado

Se realizó en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni mediante 10 panelistas calificados previamente reclutados y entrenados.

Este análisis fue realizado durante 3 sesiones consecutivas, el cual consistió en la degustación de 8 muestras de carne, las cuales fueron previamente cocinadas. El procedimiento para la cocción de los bifes (músculo *Longissimus dorsi*) para obtener las muestras, comenzó envolviendo cada uno de ellos en papel aluminio y cocinados en un grill de doble plancha, donde mediante una termocupla insertada en el centro de cada bife aseguraba una cocción uniforme a una temperatura de 70°C. Luego de la cocción se subdividían los bifes, envolviéndolos nuevamente en papel aluminio obteniendo así cada muestra a utilizar luego en el panel, donde cada una de ellas fue etiquetada previamente.

Cada panelista contaba con una planilla para la correspondiente evaluación, la cual consistía en evaluar terneza, sabor rancio y sabor extraño, usando una escala del 1 al 9 en forma creciente, siendo 1 nada y 9 muy intenso. Cada uno degustó 8 muestras por día, las cuales fueron repartidas en dos tandas de 4.

3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de las variables de canal y calidad instrumental de la carne se utilizó un diseño de parcelas al azar con arreglo factorial de tratamientos, considerando al animal como unidad experimental, utilizando un modelo general incluyendo el efecto de la media general y de tratamiento.

$$Y_{ij} = \mu + S_i + E_j + (S \cdot E)_{ij} + b_1 x_1 + e_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ij} = variables de respuesta

μ = media general

S_i = efecto del i-ésimo nivel de suplementación con Se (i= 0,1)

E_j = efecto de la j-ésima edad del animal (j=20, 36 meses)

x_1 = peso vivo al inicio

e_{ijk} = error experimental

Se realizó un análisis de varianza mediante el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS versión 9.1 (SAS, 2002).

Se considera que un efecto es estadísticamente significativo cuando la probabilidad de error tipo I sea menor al 5%.

Para analizar el efecto de los tratamientos, orden de degustación, sesión de degustación y jueces sobre los puntajes de terneza, sabor rancio y sabor extraño, se ajustó un modelo lineal generalizado asumiendo una distribución multinomial ordinal de la variable de respuesta. Se compararon los perfiles de probabilidades acumulativas de los distintos niveles de los factores estudiados, mediante contrastes simples. Luego se estimaron las probabilidades de cada punto de la escala y se obtuvo una medida estimada del puntaje de degustación como forma de resumen.

La función nexa fue logit acumulativa. El modelo tuvo la siguiente forma general:

$$\ln(p_{ijklmno}/(1-p_{ijklmno})) = T_i + SE_j + E_k + (TxSE)_{ij} + (TxE)_{ik} (SE \cdot E)_{jk} + (TxSE \cdot E)_{ijk} + O_l + S_m + J_n(S_m)$$

Dónde:

$P_{ijklmno}$ – es el parámetro de interés que es la probabilidad acumulativa de los puntajes asignados, y el subíndice o indica el puntaje.

T_i – es el efecto del i-ésimo tiempo de maduración

SE_j – es el efecto del j-ésimo nivel de selenio

E_k – es el efecto de la k-ésima edad del animal
 O_l – es el efecto del l-ésimo orden de degustación
 S_m – es el efecto de la m-ésima sesión de degustación
 $J_n(S_m)$ – es el efecto del n-ésimo juez dentro de cada sesión

El resto de los componentes son las interacciones
A su vez:

$$P_{ijklmno} = y_{ijklmno} - E_{ijklmno}$$

Dónde:

$y_{ijklmno}$ – es la variable medida

$E_{ijklmno}$ – es el error que en este caso es multinomial

Se usó el procedimiento glimmix del paquete estadístico SAS versión académica 9.4 (SAS, 2012).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ACTIVIDAD DE LA GLUTATIÓN PEROXIDASA EN SANGRE

La suplementación con Se determinó un aumento de la actividad de GSH-Px en sangre, ($p < 0,0001$), esto se debe a que el Se en forma de selenocisteína está presente en el sitio activo de la GSH-Px (Sgoifo Rossi et al., 2015). Observándose también una mayor actividad en las vaquillonas de 20 meses de edad con relación a las de 36 meses ($p = 0,0157$) (figura 4).

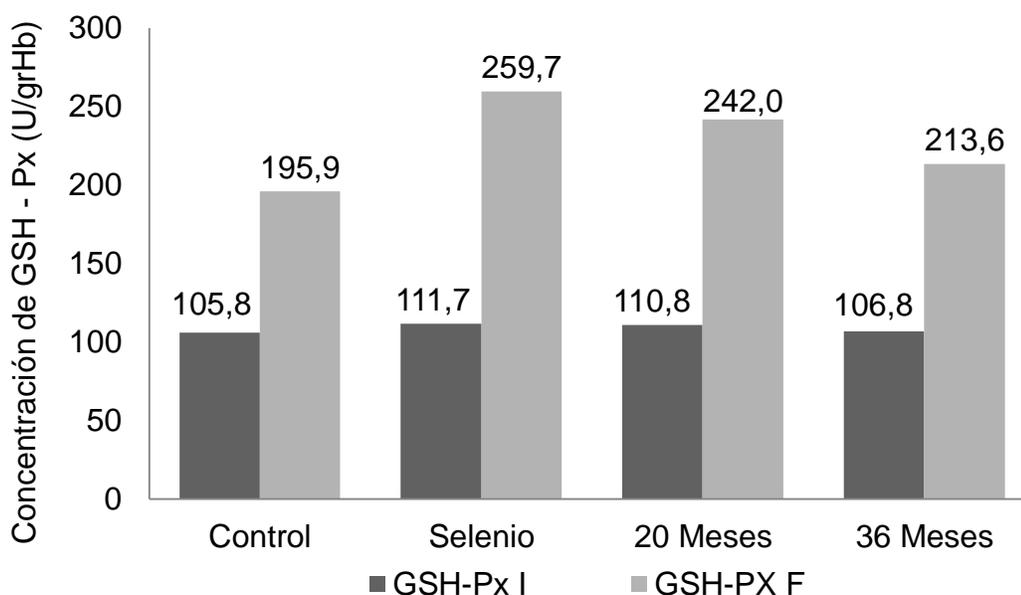


Figura 4. Efecto de la suplementación con Se orgánico y edad de las vaquillonas sobre el nivel de la enzima GSH-Px en sangre, al inicio (GSH-Px I) y al final (GSH-Px F) del periodo de alimentación a corral

En el cuadro 12 se presentan los valores de referencia empleados para la interpretación de la actividad sanguínea de GSH-Px, donde se observó que inicialmente la actividad de esta enzima se encontraba dentro del rango marginal (Wittwer et al., 2002), se puede interpretar que los animales no contaban con la cantidad necesaria de Se en su dieta. En el final del ensayo los valores se ubicaron dentro de los niveles adecuados para la actividad de esta enzima, sin importar el tratamiento, por lo que se puede interpretar que si bien la suplementación con Se tuvo un efecto positivo en la actividad de esta enzima, la utilización de la dieta de este ensayo también tuvo influencia en el aumento de la actividad de esta enzima debido a los componentes de la misma.

Cuadro 12. Valores de referencia empleados para la interpretación de la actividad sanguínea de GSH-Px

GSH-Px (U/grHb)	
Deficiente	< 60
Bajo	61 - 100
Marginal	101 - 130
Adecuado	> 130

Fuente: Wittwer et al. (2002).

Coincidiendo con estos resultados los trabajos analizados también obtuvieron aumentos en la actividad de la GSH-Px independientemente de la fuente de Se utilizada, aunque los mayores aumentos fueron reportados en animales que consumían fuentes orgánicas. Lee et al. (2007), Juniper et al. (2008), reportaron una mayor actividad en los animales que recibían Se orgánico en comparación a los que se les suplementaba con Se inorgánico (NaSe). Cabe mencionar que únicamente las dosis de Se utilizadas por Lee et al. (2007) son comparables a las del presente ensayo (9 mg de Se/animal/día). Por otro lado Arthington (2008) no encontró diferencias entre las diferentes fuentes de Se suplementadas, pero observó mayores concentración de Se plasmático ($p \leq 0,01$) y mayor actividad de la GSH-Px en plasma ($p \leq 0,01$) en comparación con los controles en los días 60 y 90. Cozzi et al. (2011) no encontraron diferencias entre tratamientos, pero sí se mostró un efecto significativo cuando observo la interacción con el tiempo de suplementación. También encontraron que la concentración plasmática de Se alcanzaría un estado estable después de aproximadamente 150 días de tratamiento, pero el valor asintótico obtenido con la provisión de la fuente orgánica fue significativamente mayor que en la fuente inorgánica, encontrando una correlación general entre el Se plasmático y la actividad de la GSH-Px de $r=50,63$ ($p=0,001$). O'Grady et al. (2001) no registraron diferencias significativas en la actividad muscular de la GSH-Px sin importar fuentes ni dosis utilizadas, medida en el músculo *Longissimus dorsi*, mediante el método de DeVore y Greene (1982).

En los trabajos revisados en ovinos, Juniper et al. (2009) encontraron que la actividad de la GSH-Px fue mayor ($P = 0,114$) en aquellos tratamientos que habían sido suplementados con Se en comparación con el control (sin suplementación), aunque no hubo efecto significativo de la fuente de Se. En el resto de los trabajos donde se analizó esta variable, Liu et al. (2011), López Gutiérrez et al. (2012) no registraron diferencias significativas en la actividad de esta enzima. Vignola et al. (2009) analizando la actividad muscular de la GSH-Px tampoco registraron diferencias.

La carencia de Se impide la síntesis y función de la GSH-Px, y los peróxidos generados en el metabolismo intermediario de las células, oxidan y dañan las grasas y proteínas de las membranas, en particular las mitocondriales y las celulares (Hefnawy y Tórtora Pérez, 2008). Las enzimas GSH-Px que contienen Se catalizan la reducción de lípidos y peróxidos de hidrógeno a productos menos dañinos que proporcionan una defensa contra el estrés oxidativo (Cozzi et al., 2011).

4.2 CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE

En cuanto a las características de la canal y carne no se observaron efectos en la suplementación de Se (cuadro 13). Estos resultados son coincidentes con los reportados en la literatura en donde la suplementación con Se se ha utilizado principalmente con el objetivo de mejorar la vida útil de la carne, disminuir las pérdidas por goteo y aumentar la concentración de Se en músculo, pero no con el objetivo de mejorar la calidad de la canal y la carne.

Con respecto al rendimiento canal Clyburn (2002), Lawler et al. (2004), Lee et al. (2007), Cozzi et al. (2011), Sretenovie et al. (2012), Sgoifo Rossi et al. (2015), son coincidentes con los resultados del presente trabajo donde no se encontraron diferencias significativas con la suplementación de Se en bovinos. En ovinos Vignola et al. (2009), Liu et al. (2011), Ripoll et al. (2011), tampoco obtuvieron diferencias respecto a la suplementación con Se.

En la variable de espesor de grasa subcutánea (EGS) analizada por Clyburn (2002), Lawler et al. (2004), Lee et al. (2007), no encontraron diferencias significativas por la suplementación de este micronutriente, esto coincide con los datos presentados en este trabajo.

En lo que respecta al área de ojo de bife (AOB) en trabajos realizados en bovinos, Lawler et al. (2004), Lee et al. (2007), Sretenovie et al. (2012), no observaron diferencias estadísticas en la suplementación o no de Se, coincidiendo con los resultados de este trabajo. Sin embargo Clyburn (2002) determino en su ensayo una mayor AOB para los animales suplementados con Se inorgánico.

En el total de los animales evaluados se registraron los valores de pH 48 horas *post mortem* en el frigorífico, resultando un único animal con valores por encima de 6, lo cual genero un corte oscuro (DFD). En base a estos resultados se puede concluir que la suplementación con Se no tuvo efecto sobre el pH de la carne, ya que esta variable es dependiente de factores externos tales como sexo, edad, raza, alimentación previa a la faena, duración y condiciones de transporte, manejo en planta de faena, entre otros. Coincidiendo con estos resultados, O'Grady et al. (2001), Skřivanová et al. (2007), Cozzi et

al. (2011), Sretenovic et al. (2012), Sgoifo Rossi et al. (2015), no reportaron diferencias en el pH entre tratamientos, concluyendo que la adición de Se en la dieta no influyó en este parámetro.

Se ha demostrado que el Se reduce las pérdidas por goteo, esto se debe a la disminución de la oxidación de la membrana celular (Dunshea et al., 2005), explicada por la acción de la enzima GSH-Px que cataliza la reducción de lípidos y peróxidos de hidrogeno a productos menos dañinos que proporcionan una defensa contra el estrés oxidativo (Cozzi et al., 2011). Sin embargo analizando la capacidad de retención de agua (CRA) en el presente ensayo no se obtuvieron efectos significativos entre tratamientos (control vs. Se). Si bien no se encontraron artículos en bovinos en los cuales se haya analizado la CRA, si se encontraron ensayos donde se realizaron las evaluaciones de las pérdidas por goteo ("drip loss"). Cozzi et al. (2011) reportaron diferencias significativas en este parámetro a favor del Se orgánico, el cual permitió disminuir las pérdidas por goteo en muestras que fueron almacenadas durante 11 días. De manera contraria a los resultados anteriormente mencionados, Clyburn (2002), Skřivanová et al. (2007), Taylor et al. (2008), Sgoifo Rossi et al. (2015), no hallaron diferencias entre fuentes y dosis de suplementación tanto con Se cómo con vitamina E.

Vignola et al. (2009) trabajando en ovinos tampoco reportaron diferencias en el CRA cuando evaluaron diferentes dosis y fuentes de suplementación. Contrariamente Velázquez Garduño (2015), también en ovinos, demostró que la suplementación con Se orgánico si tuvo efecto en el CRA, destacando el tratamiento que era suplementado a razón de 0,35 mg Se/kg MS como Se orgánico frente al resto de los tratamientos.

Cuadro 13. Efecto del tratamiento con Se (Selplex) sobre las características de calidad de la canal y carne

	Tratamiento		Prob.
	Control	Se	
Peso vivo campo (kg)	445,7	458,9	Ns
Peso vivo frigorífico (kg)	425,3	434,6	Ns
Peso canal (kg)	217,3	225,4	Ns
Rendimiento (%)	51,9	51,9	Ns
Merma %	1,3	1,3	Ns
Espesor de grasa (mm)	11,1	11,2	Ns
Área ojo de bife (cm²)	49,0	52,2	Ns
pH	5,5	5,6	Ns
Capacidad de retención de agua (%)	30,5	28,3	Ns
Fuerza de corte	3,0	2,7	Ns

ns. Diferencias estadísticas no significativas $P>0,05$.

Como era de esperar las vaquillonas de 36 meses presentaron mayor peso de faena y canal. En el rendimiento canal se observó una superioridad de 1,3% de las vaquillonas de 20 meses. Esta superioridad puede estar correlacionada con la tendencia ($p=0,096$) a una menor merma (diferencia de peso entre peso de la canal caliente y fría) y una mayor CRA ($p=0,081$, cuadro 14).

Cuadro 14. Efecto de la edad a la faena las características de calidad de la canal y de la carne

	Edad a la faena de las vaquillonas		Prob.
	20 Meses	36 Meses	
Peso vivo campo (kg)	405,1	499,5	<0,0001
Peso vivo frigorífico (kg)	387,3	472,6	<0,0001
Peso canal (kg)	201,9	240,8	<0,0001
Rendimiento (%)	52,6	51,3	0,047
Merma %	1,08	1,48	0,096
Espesor de grasa (mm)	10,3	12,0	Ns
Área ojo de bife (cm²)	48,7	52,5	Ns
pH	5,6	5,5	Ns
Capacidad de retención de agua (%)	28,2	30,5	0,081
Fuerza de corte (kg)	2,7	2,9	Ns

ns. Diferencias estadísticas no significativas $P>0,05$.

La terneza es una característica de gran importancia económica, debido a que incide en la reiteración de compra de la carne por parte de los consumidores. Varios estudios internacionales demuestran que los consumidores distinguen una carne tierna de una dura, cuando la fuerza de corte es menor a 4,5 kg y que los grados de satisfacción por el producto cárnico incrementan cuando esta fuerza es menor a 3,6 kg (Brito, 2010), Shackelford et al. (1995) también afirman que valores de fuerza de corte por encima de 4,5 kg no son considerados aceptables.

Es muy difícil homogeneizar esta característica, es decir poder garantizarle al consumidor un mismo nivel de terneza, debido principalmente a que esta característica depende de muchos factores que actúan en forma aislada y/o combinada, lo que la hace altamente variable (Brito, 2010).

Las vaquillonas de menor edad (20 meses) obtuvieron una menor fuerza de corte, aunque esta diferencia no fue significativa, puede ser atribuida a que a medida que aumenta la edad del animal disminuye la terneza, explicada en parte por una menor solubilidad del colágeno, proteína que forma parte del tejido conjuntivo que envuelve las fibras musculares (Peluffo y Monteiro, 2002).

Si bien no se observan diferencias entre tratamientos (control vs. Se, 20 meses vs. 36 meses) se obtuvieron diferencias cuando el tratamiento (control vs. Se) interactuó con los días de maduración (0 vs. 7 días), dando como resultado una menor fuerza de corte para los animales suplementados con Se respecto a los no suplementados, con 7 días de maduración, con valores de 2,68 y 3,22 respectivamente ($p=0,0495$) (figura 5). Independientemente de los tratamientos e interacciones y teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente respecto a los valores aceptables de carnes tiernas ($<4,5$ kg), se puede decir que los resultados obtenidos en este ensayo se encuentran dentro de los valores deseados, indicando cortes tiernos.

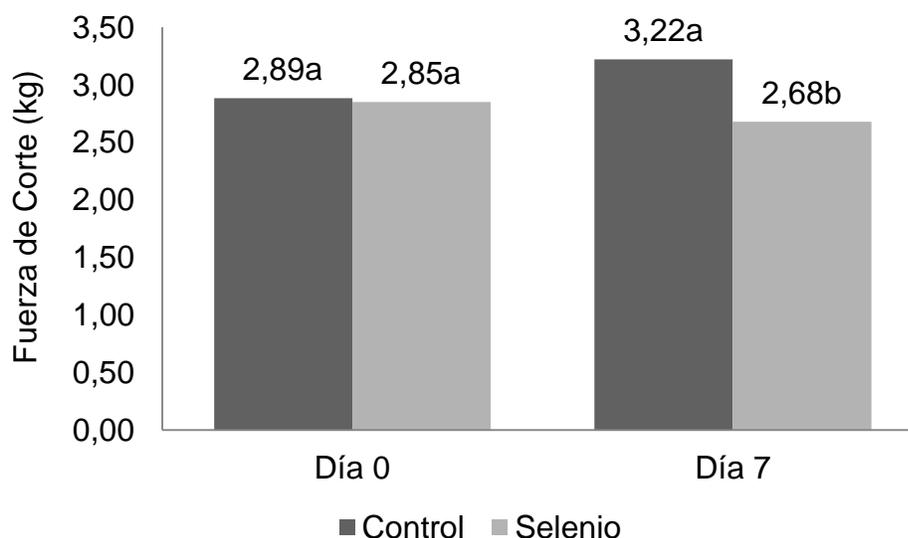


Figura 5. Valores de fuerza de corte en los días 0 y 7 de maduración *post mortem* según tratamientos

Cozzi et al. (2011) demostraron que los toros suplementados con Se orgánico presentaron menor fuerza de corte (Se-Y y switch). El tratamiento que fue únicamente suplementado con Se orgánico (Se-Y), presentó los menores valores, seguido del tratamiento combinado (switch: 140 días NaSe y 70 días finales Se-Y) con respecto al tratamiento suplementado con Se inorgánico (NaSe). También reportaron que independientemente del tratamiento con Se (orgánico vs. inorgánico), el prolongado tiempo de maduración (6 y 11 días) de las muestras condujo a una disminución de la fuerza de cizallamiento. Sgoifo Rossi et al. (2015) reportan una tendencia a una menor fuerza de corte para los animales suplementados con Se orgánico ($p=0,076$) en comparación con la fuente inorgánica.

Durante el proceso de maduración *post mortem* las proteínas musculares sufren una oxidación marcada que podría poner en peligro la ternura de la carne por la disminución de la actividad de la proteasa y la inducción de la proteína miofibrilar de reticulación. Al mismo tiempo, la reticulación de proteínas miofibrilares reduce su susceptibilidad a la degradación y mejora la resistencia de la estructura miofibrilar, el aumento de dureza de la carne. En este escenario, es posible plantear la hipótesis de que el aumento de la actividad antioxidante muscular, debido al mayor contenido de Se podría haber reducido la extensión de la oxidación enzimática y de proteína miofibrilar (Sgoifo Rossi et al., 2015). Esta hipótesis está apoyada por los resultados de Rowe et al., citados por Sgoifo Rossi et al. (2015) que informaron que la suplementación con antioxidantes en la dieta (vitamina E) reduce la

oxidación de proteínas, promoviendo positivamente la proteólisis post-mortem y, en consecuencia, la ternura de la carne.

4.3 VIDA COMERCIAL EN VITRINA REFRIGERADA

El color es un componente extremadamente importante de la apariencia de la carne roja fresca y tiene una gran influencia en las decisiones de compra. Los consumidores han aprendido a través de la experiencia que el color deseable de la carne fresca es de color rojo cereza brillante y cualquier desviación de esto se percibe como inaceptable. Extender el período de tiempo que un producto de carne vacuna mantiene el color deseable debe mejorar la capacidad de venta al por menor (Clyburn, 2002).

No obstante, durante el almacenamiento ocurren cambios visibles en la superficie del músculo que influyen en la aceptación por el consumidor. La apariencia del color de la carne es determinada por el estado de la mioglobina, determinando el rechazo por los consumidores de aquellos cortes que no tengan una apariencia de carne fresca (Franco, 2009).

Los factores que contribuyen a la estabilidad del color reaccionan diferentes según el tipo de músculo. Estas diferencias se atribuyen, entre otros factores a: el contenido de mioglobina, NADH, NAD, la actividad mitocondrial, los niveles de vitamina E, la capacidad de reducción de metamioglobina, el tipo de fibra, etc (Franco, 2009).

Page et al. (2001) señalan que el índice de rojo (a^*) es más útil que el índice de amarillo (b^*) cuando se analiza la estabilidad del color (formación de metamioglobina en superficie) a lo largo del tiempo, porque a^* mide la variación entre rojo y verde y la formación de metamioglobina provoca variación entre esta gama de colores. Los descensos en los valores de a^* se deben a un aumento de la oxidación de mioglobina.

La intensidad de color (C^*) también ha sido descrito como un buen indicador que caracteriza el cambio de color, porque desciende a medida que aparece el color amarronado (indicador de formación de metamioglobina). Por otra parte el tono (H^*) ha sido definido como el atributo de la sensación visual según la cual el estímulo aparece similar a uno de los colores percibidos: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, violeta o púrpura o cualquier combinación de ellos (Franco, 2009).

Page et al. (2001) observaron que la madurez está más altamente asociada con L^* , mientras que el pH del músculo está más altamente asociado con a^* y b^* (tono, H^*). De acuerdo con los valores del colorímetro, un mayor pH muscular se asocia con carne más verde y más azul, mientras que el pH

muscular más bajo se asocia a carne más roja y más amarilla. En su estudio, los valores de L*, a* y b* se correlacionaron negativamente con el pH muscular, lo que demuestra que a medida que aumenta el pH muscular, los valores del color disminuyeron. Las correlaciones negativas entre los valores del colorímetro y el pH del músculo pueden explicarse, ya que ese color en el tejido muscular se basa en la reflectancia de la luz en el agua libre y en la oxigenación de la mioglobina. Con un mayor pH muscular, las proteínas pueden unirse más fuertemente con el agua, lo que permite menos agua libre. Cuando las proteínas unen más agua, las fibras musculares están hinchadas, dejando menos espacio entre las fibras musculares. Por lo tanto, la carne que tiene un pH más alto será de color más oscuro porque hay menos agua libre para reflejar la luz. Además, a un mayor pH muscular, las enzimas que usan oxígeno son más activas, lo que resulta en una menor oxigenación de la mioglobina superficial y un color más oscuro.

En el cuadro 15 se presentan los resultados de la suplementación con Se y la edad a la faena sobre la estabilidad del color de la carne envasada con film permeable y en exposición en vitrina refrigerada durante 12 días.

Cuadro 15. Efecto de la suplementación con Se y de la edad a la faena sobre la estabilidad del color de la carne envasada con film permeable y en exposición en vitrina refrigerada durante 12 días

Parámetros de color¹					
	L*	a*	b*	C*	H*
Efecto de la suplementación					
Control	43,7	19,7	11,5	22,8	30,3
Se	42,8	19,6	11,2	22,6	29,8
Prob.	ns	ns	ns	ns	ns
Efecto de la edad animal					
20 Meses	43,4	18,9	11,0	21,9	30,4
36 Meses	43,1	20,4	11,6	23,5	29,8
Prob.	ns	<0,0001	0,0121	<0,0001	ns

¹ L*=luminosidad, a*=índice de rojo, b*=índice de amarillo, C*=intensidad de color, H*=tono. ns. Diferencias estadísticas no significativas P>0,05.

En cuanto a la suplementación con Se, no se obtuvieron resultados significativos para ningún parámetro de color. En relación a la edad del animal, en el índice de rojo (a*), de amarillo (b*) e intensidad de color (C*) se observaron diferencias, siendo estos valores mayores para los animales de 36 meses, esto puede deberse a que los animales de 36 meses presentan mayores concentraciones de mioglobina la cual afecta a los parámetros a* y C*.

La luminosidad de la carne no está relacionada con los cambios en el estado químico de la mioglobina, pero está estrechamente relacionada con las estructuras moleculares y de proteínas (Cozzi et al., 2011).

Las concentraciones de mioglobina difieren de acuerdo al tipo de músculo, incluso en algunas áreas dentro del mismo, así mismo la diferencia en la concentración de mioglobina se da por efecto de la especie, raza y edad. La carne de animales más viejos es más roja porque la concentración de mioglobina aumenta a medida que aumenta la edad. La actividad del músculo también es importante para determinar la cantidad de mioglobina presente en él. El ejercicio estimula la formación de mioglobina que se traduce en más color rojo. Por ejemplo: El músculo extensor *carpi radialis*, cuya función es de movimiento tiene un contenido de mioglobina de 12 mg/g, mientras que el músculo *Longissimus dorsi* tiene un contenido de 6 mg/g. Además de la edad, especie animal y función muscular, la alimentación es un factor importante en la determinación del color de la carne, ya que a medida que aumenta la cantidad de Fe^{+} en la dieta de 10 a 100 microgramos en ración aumenta el color rojo. También el contenido de proteína se correlaciona positivamente con la cantidad de mioglobina (Chamorro, 2013).

En los trabajos analizados fueron evaluadas las diferentes fuentes y dosis de Se con distintos métodos y días de almacenamiento, dónde se obtuvieron distintos resultados. Sgoifo Rossi et al. (2015) observaron diferencias significativas para los parámetros de luminosidad (L^{*}) y amarillamiento (b^{*}), siendo estos mayores en los tratamientos con Se orgánico ($p < 0,01$), donde las muestras evaluadas fueron almacenadas en bandejas plásticas envueltas con film de polietileno y mantenidas entre 0 y 4°C en una habitación oscura, siendo la evaluación diariamente durante 8 días.

Cozzi et al. (2011) en su ensayo, donde las muestras fueron almacenadas al vacío durante 6 y 11 días a 4°C, retirándose las muestras de su envase una hora antes de realizar la prueba, obtuvieron diferencias únicamente en el parámetro de L^{*} en el día 6, para los tratamientos que contenían Se orgánico en la dieta ($p < 0,01$). Clyburn (2002) obtuvo diferencias significativas en los parámetros L^{*} , a^{*} , b^{*} y C^{*} cuando la evaluación fue realizada en el frigorífico 48 horas *post mortem* entre la 12ª y 13ª costilla. Para L^{*} obtuvo un resultado que es contradictorio a lo antes mencionado en los otros ensayos, ya que los valores más altos fueron observados en el tratamiento control sin suplementación, para el resto de los parámetros que obtuvo diferencias (a^{*} , b^{*} y C^{*}) independientemente del tratamiento, es decir, fuentes de Se y/o dosis de vitamina E fueron superiores que el tratamiento control. Por otro lado Taylor et al. (2008) evaluando diariamente muestras almacenadas en bandejas de polietileno envueltas en film permeable y refrigeradas durante 12 días, con una

iluminación fluorescente de 150 lx y Skřivanová et al. (2007) no reportaron diferencias significativas para ninguno de los parámetros de color analizados (L^* , a^* y b^*) ($p < 0,05$).

Ripoll et al. (2011) trabajando en corderos evaluando muestras almacenadas en atmosfera modificada (40% O_2 , 30% CO_2 y 30% Ar), durante 7, 9, 11 y 13 días a 4°C en oscuridad, donde las bandejas selladas 10 horas previas a la prueba fueron colocadas bajo iluminación ($242 \pm 22,5$ lx) encontraron que la vitamina E afectó significativamente el parámetro L^* , mejorándolo, sin importar si eran o no suplementados con Se. Liu et al. (2011) evaluando muestras almacenadas sobre una bandeja de espuma y envueltas en film durante 5 días en vitrina refrigerada a 4°C, bajo una iluminación fluorescente (100 – 1500 lx), Velázquez Garduño (2015) evaluó muestras almacenadas en bandejas plásticas cubiertas por film a 4°C durante 24 horas y Vignola et al. (2009) evaluaron muestras durante 3, 6 y 9 días de exposición simulada con 16 horas de luz y 8 de oscuridad en vitrina refrigerada también en ovinos no reportaron diferencias significativas para ninguno de los parámetros de color analizados (L^* , a^* y b^*) ($p < 0,05$).

Por otro lado algunos autores midieron la formación de metamioglobina pero no por la evolución de color. Sretenovie et al. (2012) midiendo la cantidad de pigmentos totales (mg/kg) en el músculo *Longissimus dorsi* con un espectrofotómetro usando el método de Horsney, no obtuvieron diferencias significativas entre sus tratamientos ($p \leq 0,05$).

O'Grady et al. (2001) determino la oxidación de la oximioglobina de muestras de músculo *Longissimus dorsi* almacenadas en atmosfera modificada (80% O_2 , 20% CO_2), utilizando un espectrofotómetro siguiendo el método de Krzywicki (1982). La oxidación de oximioglobina fue menor en los animales alimentados con dietas suplementadas con vitamina E en comparación con los animales alimentados con la dieta de control. Las diferencias en el porcentaje de los valores de la oximioglobina entre el control y los dos grupos suplementados con vitamina E fueron significativos ($P < 0.05$) después de 14 días a 4°C. El efecto del α -tocoferol sobre la eficacia en la inhibición de la oxidación de la oximioglobina puede atribuirse a su función en la protección de la oximioglobina de los efectos de los lípidos oxidantes. No hubo un efecto significativo del Se dietético sobre la estabilidad oxidativa del músculo, y no se obtuvo ningún beneficio adicional sobre el que se puede obtener al alimentar con un suplemento de vitamina E solamente o alimentando el suplemento orgánico de Se en combinación con el suplemento de vitamina E. Está bien establecido que la tasa de oxidación de mioglobina en el músculo se ve afectada por el pH muscular. El pH definitivo del músculo *post mortem*

normalmente está en el rango de 5,4 a 5,8 y, en general, los valores de pH bajo favorecen la oxidación de mioglobina.

Ripoll et al. (2011) en ovinos predijeron la oxidación de mioglobina a partir de la relación de reflectancia de la luz a 630 y 580 nm (Strange et al., AMSA, citados por Ripoll et al., 2011), y la proporción relativa de metamioglobina se calculó de acuerdo con Krzywicki (1979), tomando la absorción acromática de la carne de cordero a 690 nm en lugar de 730 nm.

La metamioglobina se correlacionó significativamente con el enrojecimiento y el ángulo de tono (-0,85 y 0,72, respectivamente; $P < 0.001$). Estas correlaciones fueron negativas para el enrojecimiento y positivas para el tono debido a la conversión de desoximioglobina (rojo púrpura) a metamioglobina (marrón).

La carne de vitamina E y vitamina E más los tratamientos de selenita de sodio mantuvieron un ángulo de tono aceptable y valores de metamioglobina hasta 11 días. La relación 630/580 nm del tratamiento con vitamina E fue aceptable en comparación con el tratamiento control a los 7 días. El suplemento de Se no tuvo efecto sobre el ángulo de color, metamioglobina 630/580.

En la figura 6, se presenta la evolución de los parámetros de color, Luminosidad (L^*), índice de rojo (a^*), de amarillo (b^*), intensidad de color (C^*) y tono (H^*), durante 12 días en exposición en vitrina refrigerada. Se observó que del día 0 al día 3 se produce un aumento de los valores para permanecer constantes hasta el día 6, donde luego estos valores comienzan a descender. Esto es explicado debido a que el pigmento primario (mioglobina) asociado al color rojo de la carne es oxidado a metamioglobina dando lugar a un color indeseable del músculo. Esta decoloración es una función combinada de la oxidación del pigmento muscular oximioglobina a metamioglobina y oxidación lipídica que ocurre en la grasa intramuscular, intermuscular y/o fosfolípidos de la membrana. Prolongar el tiempo que la carne conserva su apariencia de rojo cereza brillante se puede lograr mediante la prevención o retraso de la oxidación del pigmento, minimizando la formación de metamioglobina (Clyburn, 2002). Este comportamiento presentado en la evolución de color de la carne en fresco demuestra la ausencia de respuesta a la suplementación con Se.

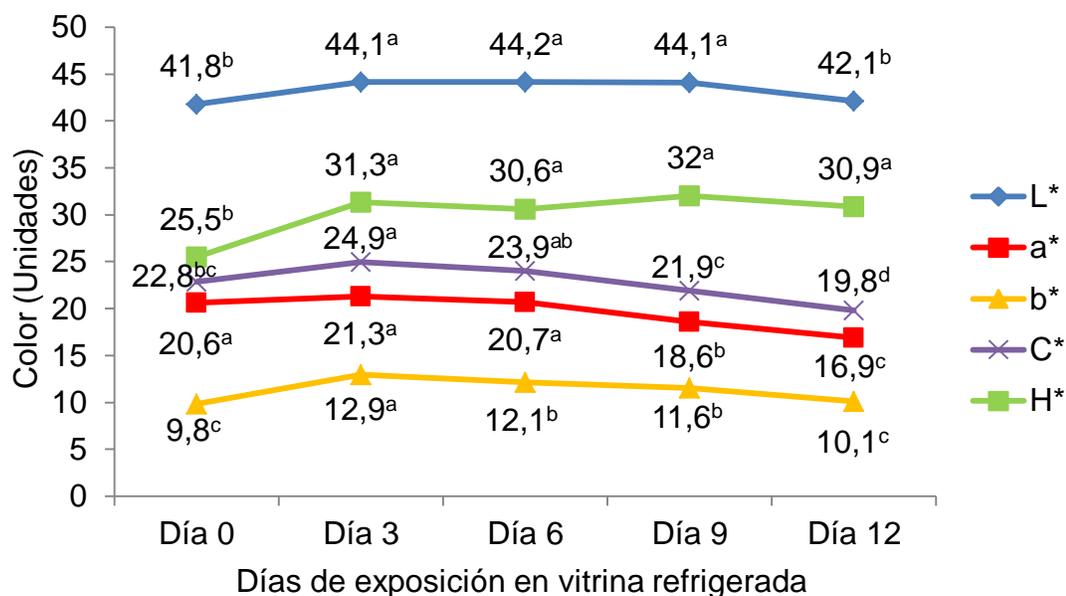


Figura 6. Estabilidad del color de la carne envasada con film permeable y en exposición en vitrina refrigerada durante 12 días

4.4 OXIDACIÓN DE LÍPIDOS Y PROTEÍNAS

El alto grado de susceptibilidad de la grasa animal a la oxidación se debe a una variedad de factores: la proporción relativamente alta de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) como constituyentes de fosfolípidos de membrana y la deficiencia de antioxidantes endógenos, tales como los tocoferoles. Las proteínas musculares son también susceptibles a radicales y especies reactivas de oxígeno (ROS), y en algunos casos, incluso más lábiles que los PUFA. En general, se ha encontrado que los mismos oxidantes que inician la oxidación de lípidos causan y propagan la oxidación de la proteína, y la formación de carbonilo es una vía de reacción común encontrada en el proceso de oxidación (Jiang y Xiong, 2016).

La suplementación con Se tuvo un efecto significativo sobre la oxidación de lípidos, expresado en los menores niveles de malonaldehído (MDA, indicador de oxidación de lípidos) en los animales suplementados, sin embargo la concentración de malonaldehído siempre permaneció por debajo del límite de aceptación (1 a 2 mg malonaldehído/kg de muestra, González et al., 2014).

Sin embargo no se evidenciaron mejoras en la oxidación de proteínas como consecuencia de la suplementación con Se. Por otra parte, independientemente del tratamiento con Se, a medida que transcurren los días

de exposición al oxígeno en vitrina refrigerada, se observan aumentos significativos de la oxidación tanto de lípidos como de proteínas al día 6 y 12 (cuadro 16).

Cuadro 16. Efecto del tratamiento con Se (Selplex) sobre los niveles de malonaldehído (Tbars) y carbonilos (oxidación proteica)

	Tratamientos		
	Control	Se	Prob.
Tbars (mg de MDA¹/kg)	0,65	0,57	0,048
Días de exposición			<0,0001
0		0,52 ^a	
6		0,61 ^b	
12		0,70 ^c	
Carbonilos (nmoles/mg)	0,31	0,35	Ns
Días de exposición			0,0021
0		0,27 ^a	
6		0,33 ^b	
12		0,39 ^c	

¹**MDA:** malonaldehído. **ns.** Diferencias estadísticas no significativas $P > 0,05$. Letras distintas en la columna indican diferencias significativas con $P > 0,05$.

En cuanto a la oxidación de lípidos (Tbars) O'Grady et al. (2001) encontraron que la suplementación con Se no tuvo efectos, y no se obtuvo ningún beneficio adicional más que el que se obtiene de la suplementación con vitamina E, cuando se suplementa el Se orgánico junto con la vitamina E. Por otra parte Skřivanová et al. (2007) obtuvieron efectos de la suplementación en conjunto de Se + vit. E frente al tratamiento control ($p < 0,05$), pero no encontraron diferencias entre el tratamiento Se + vit. E frente al tratamiento solo con Se, y entre el control y el tratamiento solo con Se ($p < 0,05$). La suplementación de vitamina E ha demostrado ser eficaz para reducir la oxidación de los lípidos, mejorar el color de la carne y la consecuente obtención de productos cárnicos con vida útil prolongada. Es capaz de extinguir los radicales libres y por lo tanto proteger los fosfolípidos y el colesterol contra la oxidación (Descalzo y Sancho, 2008). Juniper et al. (2008) no hallaron diferencias estadísticas en la oxidación de lípidos entre los tratamientos que contenían diferentes fuentes y dosis de Se. Cabe destacar que la alta dosis utilizada en este trabajo pudo ser la causa por la cual, a diferencia de la bibliografía consultada, se obtuvieron resultados positivos en cuanto a la oxidación de lípidos (Tbars).

Ripoll et al. (2011) trabajando en corderos donde utilizaron tanto Se cómo vitamina E en sus tratamientos, concluyeron, que ambos tratamientos con vitamina E (V y VS), se mantuvieron constantes con valores bajos (0,1 – 0,23 mg MDA/kg) mientras que los tratamientos sin vitamina E (C y S) tuvieron valores por encima de 1,0 y alcanzaron valores mayores de 1,5. Además, hubo una interacción significativa entre el Se y la vitamina E ($P < 0.01$) porque SV tenía los mismos valores que V, pero S tenía valores mayores que C. Por lo tanto, el selenito de sodio puede actuar como un oxidante favorable. En el resto de los trabajos analizados en ovinos, no se evidencio o detecto efecto de la suplementación.

Por otro lado Liu et al. (2011) trabajando en corderos, midieron la concentración de ácidos grasos en músculo. Observando los resultados podemos resaltar que la concentración de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) fue significativamente superior en los tratamientos que presentaban alta GSH-Px independientemente de la adición o no de Se ($p < 0,05$). Con estos resultados se podría plantear la hipótesis de que estos tratamientos podrían sufrir una mayor oxidación lipídica, debido a que la fase de iniciación (primera fase de la oxidación lipídica, seguida por propagación y terminación) se ve favorecida si aumenta el número de dobles enlaces del ácido graso, por ello los PUFA son más susceptibles a la oxidación (Terevinto, 2010).

En la figura 7 se observa el efecto de la suplementación con Se sobre la evolución de la oxidación de lípidos (Tbars) en los días 0, 6 y 12. Como se puede observar los Tbars van en aumento a medida que transcurren los días, sin embargo el tratamiento que contenía Se mantuvo un nivel inferior de oxidación respecto al control, por lo que se podría concluir que la adición de Se tuvo un efecto benéfico sobre la oxidación de lípidos y la estabilidad de la carne en el tiempo ($p = 0,048$).

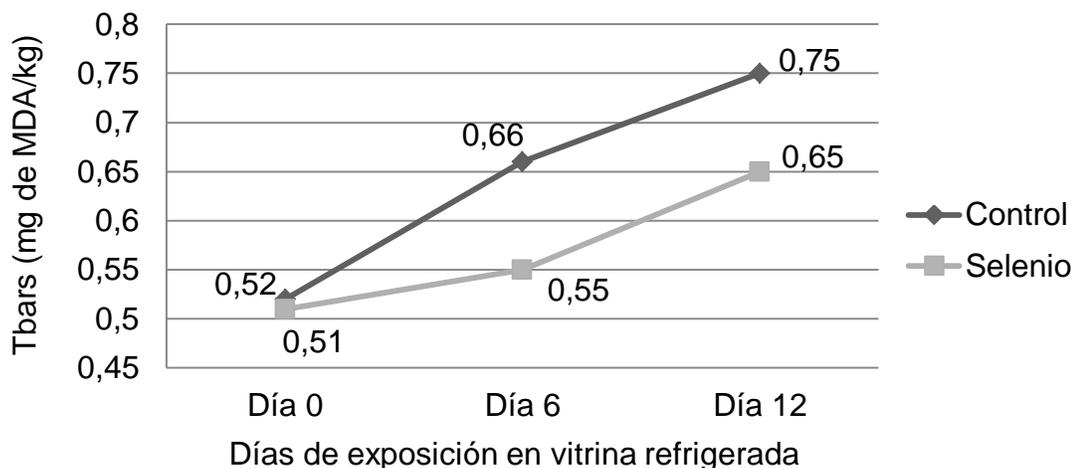


Figura 7. Efecto de la suplementación con Se sobre la oxidación de lípidos

Los antioxidantes incorporados dentro de las membranas celulares son más eficientes que los añadidos *post mortem* para preservar la carne del daño oxidativo, preservando los tejidos contra la oxidación de especies reactivas de oxígeno (ROS), esto mantiene la calidad general de la carne y productos secundarios (Descalzo y Sancho, 2008).

En relación al efecto de la suplementación con Se sobre la oxidación proteica (carbonilos) en los días 0, 6 y 12 (figura 8), se observa que la suplementación no tuvo ningún efecto, viéndose esto reflejado en valores inferiores para el tratamiento control, aunque no se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$). Estaría asociado a la pobre correlación existente entre la oxidación de proteínas y lípidos. Esto podría deberse a los diferentes patrones de desarrollo de oxidación de lípidos y proteínas. Mientras que la oxidación de lípidos es un proceso irreversible y geométrico que conduce a la acumulación de productos oxidados, el nivel de proteínas oxidadas refleja el equilibrio entre la tasa de oxidación de proteínas y la tasa de degradación de proteínas oxidadas (estado estacionario). Este equilibrio es una función compleja de numerosos factores que conducen a la generación de ROS o a la modulación de las proteasas que degradan las proteínas dañadas. Los antioxidantes que interactúan con los productos de oxidación de lípidos y proteínas se consumen y se pierden durante las reacciones oxidativas (Insani et al., 2008).

En los artículos revisados no se encontraron análisis en relación a la oxidación proteica tanto para bovinos como para ovinos.

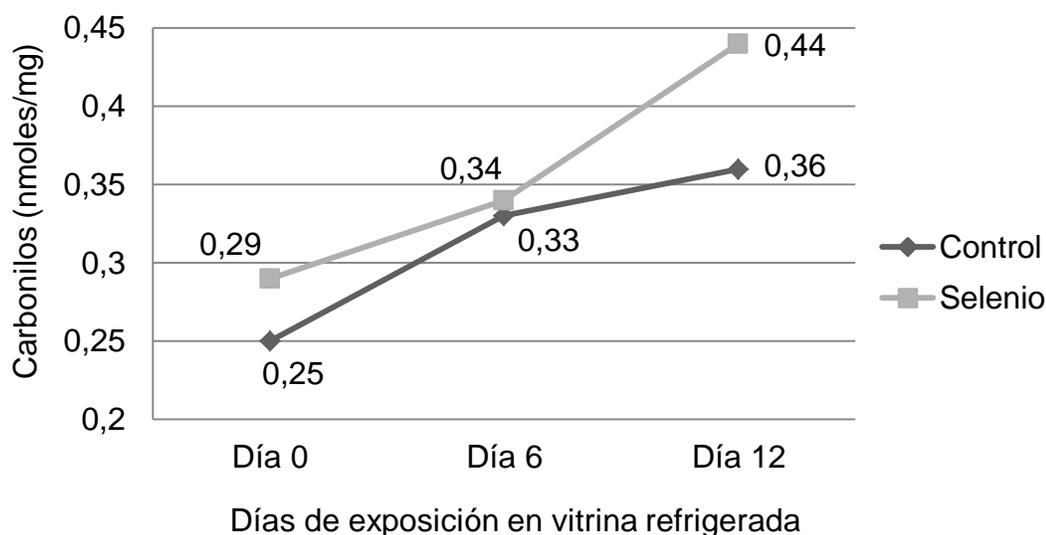


Figura 8. Efecto de la suplementación con Se sobre la oxidación proteica

4.5 ANÁLISIS SENSORIAL CALIFICADO

Se realizó un análisis sensorial calificado en el cual los participantes evaluaron muestras de carne al azar, donde se evaluaba terneza, sabor rancio y sabor extraño.

En el cuadro 17 se encuentran sintetizados los resultados de la evaluación de terneza donde se puede ver que el tiempo de maduración tuvo un efecto significativo sobre los participantes, siendo las muestras maduras 7 días las que obtuvieron una menor puntuación.

Cuadro 17. Evaluación de terneza mediante análisis sensorial calificado

Variables analizadas	Media estándar	Prob. 1
Tiempo maduración	0	6,33
	7	5,96
Tratamiento	S/Se	6,39
	C/Se	5,90
Edad	20	6,29
	36	6,00
		ns

ns. Diferencias estadísticas no significativas $P > 0,05$. **Prob.: 1***- efecto del tratamiento.

Estos resultados no eran esperables dado que en general la maduración mejora la terneza. Peluffo y Monteiro (2002), Franco et al. (2008), Oliván et al. (2013), coinciden en que el proceso de maduración incrementa el

nivel de ternura atribuido a la acción del complejo de enzimas e inhibidores (calpainas-calpastaina). Sin embargo, esta diferencia es poco relevante (0,37) para la evaluación del panel sensorial. En cuanto al efecto de la suplementación con Se y a la edad de las vaquillonas no se encontraron efectos significativos, lo cual se corresponde con los valores de fuerza obtenidos en la valoración instrumental de la carne.

Las correlaciones de Warner-Bratzler con la evaluación sensorial de la ternura de la carne son variables, con valores de r que van desde 0.32 a 0.94. Esta variabilidad depende de muchos factores, como el tipo de músculo, la preparación de la muestra, el método de cocción, el aparato de corte, el procedimiento de medición y el tipo de panel (Destefanis et al., 2008).

Miller et al., citados por Destefanis et al. (2008) encontraron que el consumidor puede detectar una diferencia de alrededor de 1 kg, si la degustación de carne ocurre en un restaurante, mientras que es alrededor de 0.5 kg si la degustación ocurre en casa. Por otro lado Huffman et al., citados por Destefanis et al. (2008) determinaron que es necesario un cambio de 1 kg o más para encontrar una diferencia notable entre las muestras. Así mismo Destefanis et al. (2008) concluyeron que una diferencia de solo 1 kg fue probablemente demasiado restrictiva para la capacidad selectiva del panel.

Por lo mencionado anteriormente, es poco probable que los panelistas puedan identificar la interacción en la fuerza de corte entre maduración y suplementación con Se.

En el cuadro 18 se presentan los resultados en referencia al sabor rancio de la carne, donde con el tiempo de maduración se encontraron diferencias significativas, resultando las muestras con 7 días de maduración en un mayor sabor rancio. Esto puede deberse a que el daño oxidativo es el principal factor no microbiano responsable de la pérdida de calidad de la carne. El estado de oxidación de la carne está indicado por su estabilidad del color y su susceptibilidad a la rancidez (Velázquez Garduño, 2015).

Cuadro 18. Evaluación de sabor rancio mediante análisis sensorial calificado

Variables analizadas		Media estándar	Prob. 1	Prob. 2
Tiempo maduración	0	2,82		
	7	3,57	p<0,05	
Tratamiento	S/Se	3,25		
	C/Se	3,10	ns	
Edad	20	2,99		p<0,05
	36	3,38	0,085	

ns. Diferencias estadísticas no significativas $P>0,05$. **Prob.:** 1*- efecto del tratamiento, 2*- interacción entre antioxidante y edad.

Independientemente de si las muestras eran o no de animales que consumieron Se no se registraron diferencias sobre el sabor rancio (control 0,65 y Se 0,57 mg de MDA/kg). Greene y Cumuze (1982) mencionan que los panelistas son capaces de detectar diferencias en rancidez en valores superiores a 2 mg de MDA/kg de carne.

Analizando la variable edad, los animales de mayor edad (36 meses) tendieron a presentar un sabor rancio mayor que los animales de menor edad (20 meses).

Cuando se observaron los resultados de la interacción del tratamiento por edad (figura 9), las muestras de vaquillonas más jóvenes y que fueron suplementadas con Se, resultaron en un menor sabor rancio. Estos resultados, producto de que este grupo de animales fue el que logró mayor actividad de la GSH-Px en sangre, enzima que proporciona una defensa contra el estrés oxidativo. Cabe destacar el efecto que tuvo el Se a través del aumento de la actividad de la GSH-Px ya que a medida que aumenta la edad del animal, la composición de ácidos grasos varía, disminuyendo el contenido de ácidos grasos poliinsaturados, debido a que la edad tiende a saturar las grasas haciéndolas menos susceptibles al daño oxidativo (Montossi y Sañudo, 2007).

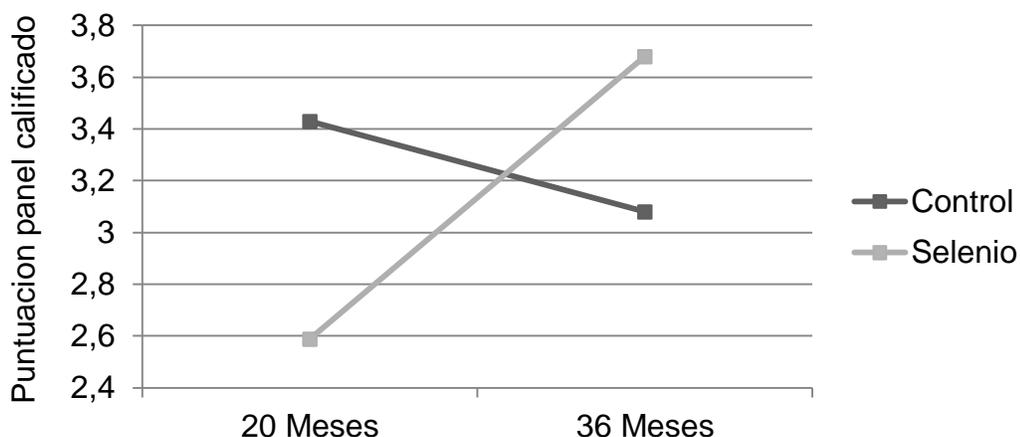


Figura 9. Interacción tratamiento por edad en panel sensorial sobre sabor rancio

La edad de faena es el principal factor que modifica el flavor (suma de impresiones olfatorias y gustativas durante el consumo de la carne). La carne de un animal joven no tiene flavor intenso en comparación con la de un animal adulto, esto es atribuido a un aumento en la tasa de grasa intramuscular. El contenido de lípidos en el músculo es uno de los responsables del desarrollo del flavor de la especie. Cierta cantidad de lípidos es necesaria para que la carne presente un flavor satisfactorio, pero a un nivel no muy alto: 3-4% es suficiente. El tipo de fibras musculares también tiene un rol en el desarrollo del flavor. Los músculos rojos tienen un flavor más intenso que los blancos. Después de la faena, la carne queda sujeta a numerosas reacciones químicas y enzimáticas que favorecen el flavor. Por otro lado hay oxidación de lípidos y más en carnes con mucha grasa y conservada largo tiempo, esta degradación llega a formar el flavor rancio (Depetris 2000, Garriz 2001).

El tiempo de maduración es un componente fundamental en el desarrollo de los precursores del flavor, a partir de los compuestos de base (lípidos y proteínas). Un mayor tiempo de maduración puede causar un aumento en los niveles de oxidación lipídica en la carne (Terevinto, 2010).

En relación al último parámetro evaluado por el panel, sabor extraño (cuadro 19), el objetivo es si encontraba sabor metálico, entre otras cosas debido a los niveles mayores de Se utilizados. Se obtuvo que ni el tiempo de maduración ni el tratamiento influyeron en este parámetro. No así la edad de las vaquillonas, donde se obtuvieron diferencias entre ambos grupos, destacándose las muestras de vaquillonas jóvenes las cuales presentaron un menor valor en este parámetro. Es importante resaltar que independientemente de las diferencias estadísticas halladas no se evidenciaron muestras con sabor extraño (metálico), esto es de gran importancia debido a los altos niveles de Se

utilizados en el ensayo (0,9 ppm) en comparación con la mayoría de los trabajos revisados (0,3 ppm).

Es de destacar estos resultados ya que no hay antecedentes en esta evaluación sensorial y de nada serviría una carne que el consumidor final rechace.

Cuadro 19. Evaluación de sabor extraño mediante análisis sensorial calificado

VARIABLES ANALIZADAS		Media estándar	Prob. 1
Tiempo maduración	0	2,81	ns
	7	2,73	
Tratamiento	S/Se	2,97	ns
	C/Se	2,60	
Edad	20	2,51	p<0,05
	36	3,06	

ns. Diferencias estadísticas no significativas $P > 0,05$. **Prob.: 1***- efecto del tratamiento.

Clyburn (2002) realizó un panel sensorial en el cual evaluó la jugosidad (inicial y sostenida), la ternura (inicial y sostenida), la intensidad del sabor, el sabor de la carne y la sensación en la boca. La jugosidad inicial, la jugosidad sostenida y la sensación en la boca no se vieron afectados ($p > 0,10$) por la fuente de Se o el nivel de vitamina E durante el almacenamiento (empaquetados al vacío a 2°C) de 7, 14, 21 y 35 días. Hubo una tendencia a la preferencia de sabor, como se indica por el sabor de la carne y la intensidad del sabor, a ser mejorada por el Se orgánico y niveles más bajos de vitamina E con respecto a los diferentes tratamientos de maduración.

5. CONCLUSIONES

La suplementación con Se orgánico en vaquillonas en terminación a corral logro un aumento en los niveles de la enzima GSH-Px en sangre. Estos mayores niveles permitieron una disminución de la oxidación de lípidos, lo que aumentaría la vida media de los cortes durante su exposición en vitrina refrigerada, también pueden mejorar el valor nutricional y el beneficio para la salud de los productos cárnicos. Esto podría adicionar un valor a la carne proveniente de animales sometidos a este tipo de estrategias de alimentación, lo que debería ser analizado desde una óptica de integración campo-industria-expendio. Por otro lado cabe destacar que en la evaluación sensorial no se detectaron sabores extraños, es decir sabor metálico, teniendo en cuenta los altos niveles de Se incluidos en la dieta.

Sin embargo no hubo respuestas en la oxidación de proteínas, lo cual explica la ausencia de respuesta de la suplementación con Se en la curva de evolución de color en fresco.

Más información debe ser generada en esta línea de investigación de tal forma de encontrar protocolos de trabajo en la fase de alimentación a corral integrando el uso del Se orgánico que permitiría agregar valor a la carne proveniente de este tipo de sistemas intensivos de producción.

6. RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la suplementación con selenio (Se) orgánico a vaquillonas, terminadas en confinamiento, sobre la calidad de la carne y vida media en góndola. Se utilizó una ración totalmente mezclada (RTM, 15% voluminoso / 85% concentrado) elaborada en base a fardo de moha picado y ración comercial para engorde. Las vaquillonas fueron estratificadas por edad y condición corporal, asignadas al azar a una de las dos dietas experimentales, quedando agrupadas en dos tratamientos: lote control: RTM y el lote suplementado: RTM + una fuente de Se orgánica (Selplex[®] 2000), a razón de 9 mg Se/animal/día. Dicho trabajo fue realizado en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”, Facultad de Agronomía, ubicada en el departamento de Paysandú en el Km 363 de la Ruta 3. El mismo tuvo una duración de 80 días, iniciando el periodo de encierre de animales el 13/05/2016 con un periodo de acostumbramiento de 18 días, finalizando el 31/07/2016 con la faena de los mismos. Se utilizaron 30 vaquillonas Hereford, 14 de 20 meses de edad con un peso promedio al inicio del experimento de $323 \pm 26,27$ Kg y 16 de 36 meses y un peso promedio de $405 \pm 30,52$ Kg, provenientes del rodeo experimental de la EEMAC. Las variables analizadas en la etapa de confinamiento fueron peso vivo y muestreo de sangre para posterior evaluación de actividad de GSH-Px. Por otra parte en el frigorífico se evaluaron variables relacionadas a calidad de canal y carne, como peso de canal caliente y fría, rendimiento canal, pH, espesor de grasa subcutánea y área de ojo de bife. Posteriormente en el laboratorio de carne de la EEMAC se realizaron determinaciones de color instrumental, capacidad de retención de agua (CRA), terneza instrumental (WB), vida comercial en vitrina refrigerada, oxidación de lípidos (Tbars), oxidación de proteínas y análisis sensorial calificado. No existieron diferencias significativas entre tratamientos para el peso vivo al final del experimento ($p > 0,05$). En cuanto a la actividad de la GSH-Px se observó una mayor actividad en las vaquillonas que fueron suplementadas con Se, y dentro de estas las de 20 meses presentaron mayor actividad ($p = 0,0157$). En cuanto a las características de la canal y carne no se observaron efectos en los animales que fueron suplementados con Se ($p > 0,05$). En los parámetros de evolución de color, no se obtuvieron resultados significativos entre tratamientos durante los 12 días de conservación ($p > 0,05$). En oxidación de lípidos las vaquillonas suplementadas con Se, obtuvieron una menor oxidación ($p = 0,048$), no así para la oxidación de proteínas donde no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). La evaluación sensorial determinó una tendencia a una mayor terneza en los animales sin suplementación ($p = 0,0895$), mientras que la suplementación con Se impidió la rancidez de la carne de las vaquillonas de 20 meses en relación a las de 36 meses de edad ($p < 0,05$). A partir de este ensayo se puede concluir que la suplementación con

Se no afecta las variables de calidad de carne y canal, pero si podría mejorar la vida media de los cortes en exposición, como también el valor nutricional y el beneficio para la salud de los productos cárnicos.

Palabras clave: Selenio; Vaquillonas; Calidad de carne; Confinamiento.

7. SUMMARY

The objective of this work is to evaluate the effect of organic selenium (Se) supplementation to heifers, finished in confinement on the quality of the meat and shelf life. A totally mixed ration was used (TMR, 15% voluminous / 85% concentrated), elaborated on the basis of chopped moha bale and fattening commercial ration. The heifers were stratified by age and body condition and assigned at random to one of the two experimental diets, being grouped into two treatments: control batch: RTM and the supplemented batch: RTM + a source of organic Se (Selplex® 2000), ratio of 9 mg Se/animal/dia. This work was carried out in the Unit of Intensive Meat Production (UPIIC) of the Experimental Station "Dr. Mario A. Cassinoni", Faculty of Agronomy, in the department of Paysandú in the Km. 363 of the Route 3. The study lasted 80 days, beginning the animals enclosure period on 05/13/2016 with a period of 18 days of habituation, ending on 07/31/2016 with the slaughter. Thirty Hereford heifers were used, 14 were 20 months old with an average weight at the beginning of 323 ± 26.27 Kg and 16 were 36 months old with an average weight of 405 ± 30.52 Kg, from EEMAC'S experimental rodeo. The analyzed variables in the confinement stage were live weight and blood sampling for further evaluation of the GSH-Px activity. The variables related to the quality of the carcass and meat, the weight of the hot and cold carcass, the yield of the carcass, the pH, the thickness of the subcutaneous fat and the ribeye area were evaluated in the slaughterhouse. Subsequently, in the EEMAC'S meat quality laboratory, instrumental color, water retention capacity (CRA), instrumental tenderness (WB), shelf life, lipid oxidation (Tbars), protein oxidation and qualified sensory analysis determinations were made. There were no significant differences between treatments for live weight at the end of the cycle ($p > 0.05$). Regarding the activity of GSH-Px, greater activity was observed in heifers that were supplemented with Se, presenting higher activity the 20 months old ($p = 0.0157$). Regarding carcass and meat characteristics, no effects were observed in the animals with Se supplementation ($p > 0.05$). In color evolution parameters, no significant results were obtained between treatments during the 12 days of storage ($p > 0.05$). In lipid oxidation, Se supplemented heifers obtained less oxidation ($p = 0.048$), but in the case of protein oxidation no significant differences were found between the treatments ($p > 0.05$). The sensory evaluation determined a tendency to greater tenderness in the animals without supplementation ($p = 0.0895$), while Se supplementation prevented rancidity of 20 months heifers meat in relation to those of 36 months of age ($p < 0.05$). From this trial it can be concluded that Se supplementation does not affect the quality of the meat and carcass, but it can improve meat shelf life, as well as its nutritional value and health benefit.

Keywords: Selenium; Heifers; Meat quality; Confinement.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Albertí, P.; Ripoll, G. 2009. Los pigmentos de la carne y factores que afectan su color, métodos instrumentales de medida del color por técnicas de reflexión. In: Bianchi, G.; Feed, O. D. eds. Introducción a la ciencia de la carne. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 115 - 128.
2. Arthington, J. D. 2008. Effects of supplement type and selenium source on measures of growth and selenium status in yearling beef steers. *Journal of Animal Science*. 86: 1472 - 1477.
3. Braña Varela, D.; Ramírez Rodríguez, E.; Rubio Lozano, M. S.; Sánchez Escalante A.; Torrescano Urrutia, G.; Arenas de Moreno, M. L.; Partida de la Peña, J. A.; Ponce Alquicira, E.; Ríos Rincón, F. G. 2011. Manual de análisis de calidad en muestras de carne; parámetros de calidad en la carne. Querétaro, Vivir Mejor. 89 p. (Folleto Técnico no. 11).
4. Brito, G. 2010. La terneza de la carne; ¿importa comercialmente? *Revista INIA*. no. 23: 8 - 11.
5. Chamorro Ramírez, F. H. 2013. Mioglobina factor principal del cual depende el color de la carne. *Los Porcicultores y su Entorno*. 94: 33 - 48.
6. Clyburn, B. S. 2002. Effects of sel-plex (organic selenium) and vitamin e on performance, immune response, and beef cut shelf life of feedlot steers. Thesis PhD. Texas, USA. Texas Tech University. 110 p.
7. Cozzi, G.; Prevedello, P.; Stefani, A. L.; Piron A.; Contiero B.; Lante A.; Gottardo F.; Chevaux E. 2011. Effect of dietary supplementation with different sources of selenium on growth response, selenium blood levels and meat quality of intensively finished Charolais young bulls. *Animal*. 5 (10): 1531 - 1538.
8. Davis, Z. T.; Hall, J. O. 2011. Metals, selenium. In: Gupta, R. C. ed. Reproductive and developmental toxicology. San Diego, Academic Press. pp. 461 - 468.
9. Depetris, J. 2000. Calidad de la carne vacuna. *Marca Líquida*. 199: 17 - 21.

10. Descalzo, A. M.; Sancho, A. M. 2008. A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Science*. 79: 423 - 436.
11. Destefanis, G.; Brugiapaglia, A.; Barge, M. T.; Dal Molin, E. 2008. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner–Bratzler shear force. *Meat Science*. 78: 153 - 156.
12. DeVore, V. R.; Greene, B. E. 1982. Glutathione peroxidase in post rigor bovine semitendinosus muscle. *Journal of Food Science*. 47: 1406 - 1409.
13. Dunshea, F. R.; D`Souza, D. N.; Pethick, D. W.; Harper, G.S.; Warner, R.D. 2005. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. *Meat Science*. 71: 8 - 38.
14. Feed, O. 2009. Metodología para la evaluación de las características cualitativas de la canal y de la carne, calidad de la canal bovina. In: Bianchi, G.; Feed, O. D. eds. *Introducción a la ciencia de la carne*. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 181 - 214.
15. _____. 2009. Metodología para la evaluación de las características cualitativas de la canal y de la carne, calidad instrumental de la carne. In: Bianchi, G.; Feed, O. D. eds. *Introducción a la ciencia de la carne*. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 181 - 214.
16. Franco, J.; Feed, O.; Garibotto, G.; Ballesteros, F.; Forichi, E.; Bentancur, O.; Bianchi, G. 2008. Efecto de la maduración sobre la textura y calidad sensorial de la carne de vaquillonas Hereford. *Revista Argentina de Producción Animal*. 28 (1): 39 - 44.
17. _____. 2009. Importancia de los factores productivos, tecnológicos y de manejo en la calidad de la canal y la carne vacuna, alternativas tecnológicas para mejorar la terneza de la carne vacuna. In: Bianchi, G.; Feed, O. D. eds. *Introducción a la ciencia de la carne*. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 303 - 352.
18. Garriz, C. A. 2001. Calidad organoléptica de la carne vacuna, influencia de factores biológicos y tecnológicos. In: *Jornada de Ganadería Vacuna (2001, Río Cuarto, Córdoba, AR)*. Memorias. s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. p. irr.
19. Gomez-Basauri, J. 2004. Impact of dietary selenium on meat quality. In: *American Meat Science Association Reciprocal Meat Conference*

- (57th., 2004, Lexington, Kentucky). Proceedings. Champaign, Illinois, American Meat Science Society. pp 19 - 23.
20. González, M. I.; Mesa, C. A.; Quintero, O. A. 2014. Estimación de la vida útil de almacenamiento de carne de res y de cerdo con diferente contenido graso. *Vitae*. 21 (3): 201 - 210.
 21. Greene, B. E.; Cumuze, T. H. 1982. Relationship between tba numbers and inexperience panellists assessments of oxidized flavour in cooked beef. *Journal of Food Science*. 47: 52 - 54.
 22. Grompone, M. A. 2009. Composición química de los tejidos: lípidos, los lípidos de la carne bovina. In: Bianchi, G.; Feed, O. D. eds. *Introducción a la ciencia de la carne*. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 75 - 113.
 23. Hartikainen, H. 2005. Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 18: 309 - 318.
 24. Hefnawy A. E.; Tórtora Pérez, J. 2008. Se y salud animal, importancia, deficiencia, suplementación y toxicidad. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*. 11 (2): 153 - 165.
 25. Insani, E. M.; Eyherabide, A.; Grigioni, G.; Sancho, A. M.; Pensel, N. A.; Descalzo, A. M. 2008. Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated retail display of beef produced in Argentina. *Meat Science*. 79: 444 - 452.
 26. Jiang, J.; Xiong, Y. L. 2016. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: a review. *Meat Science*. 120: 107 - 117.
 27. Juniper, D. T.; Phipps R. H.; Ramos-Morales, E.; Bertin, G. 2008. Effect of dietary supplementation with selenium-enriched yeast or sodium selenite on selenium tissue distribution and meat quality in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 86: 3100 - 3109.
 28. _____.; _____.; _____.; _____. 2009. Effects of dietary supplementation with selenium enriched yeast or sodium selenite on selenium tissue distribution and meat quality in lambs. *Animal Feed Science and Technology*. 149: 228 - 239.

29. Krzywicki, K. 1979. Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of beef. *Meat Science* 3: 1 - 10.
30. _____. 1982. The determination of haem pigments in meat. *Meat Science*. 7 (1): 29 - 36.
31. Lawler, T. L.; Taylor, J. B.; Finley, J. W.; Caton, J. S. 2004. Effect of supranutritional and organically bound selenium on performance, carcass characteristics, and selenium distribution in finishing beef steers. *Journal of Animal Science*. 82: 1488 - 1493.
32. Lee, S. H.; Park, B. Y.; Yeo, J. M.; Lee, S. S.; Lee, J. H.; Ha, J. K.; Kim, W. Y. 2007. Effects of different selenium sources on performance, carcass characteristics, plasma glutathione peroxidase activity and selenium deposition in finishing Hanwoo steers. *Journal of Animal Science*. 20 (2): 229 - 236.
33. Liao, S. F.; Brown, K. R.; Stromberg, A. J.; Burris, W. R.; Boling, J. A.; Matthews, J. C. 2010. Dietary supplementation of selenium in inorganic and organic forms differentially and commonly alters blood and liver selenium concentrations and liver gene expression profiles of growing beef heifers. *Biological Trace Element Research*. 140 (2): 151 - 169.
34. Liu, S. M.; Sun, H. X.; Jose, C.; Murray, A.; Sun, Z. H.; Briegel, J. R.; Jacob R.; Tan, Z. L. 2011. Phenotypic blood glutathione concentration and selenium supplementation interactions on meat colour stability and fatty acid concentrations in merino lambs. *Meat Science*. 87: 130 - 139.
35. López-Gutiérrez, A. G.; Ramírez-Bribiesca, J. E.; López-Arellano, R.; Revilla-Vázquez, A.; Tórtora-Pérez, J.; Bárcena-Gama, J.R. 2012. Balance de Se en corderos suplementados con Se orgánico. *Universidad y Ciencia*. 28 (2): 173 - 180.
36. McDowell, L. R.; Williams, S. N.; Hidiroglou, N.; Njeru, C. A.; Hill, G. M.; Ochoa, L.; Wilkinson, N. S. 1996. Vitamin E supplementation for the ruminant. *Animal Feed Science Technology*. 60: 273 - 296.
37. Masana, M. O.; Meichtri, L. H.; Rordriguez, R. H. 2002. Determinación de la vida útil en cortes de bovinos, mayor calidad por más tiempo. *Revista IDIA XXI*. 2 (2): 157 - 162.

38. Mehdi, Y.; Dufrasne, I. 2016. Selenium in cattle; a review. *Molecules*. 21(4): 545. 1 - 14.
39. Montossi, F.; Sañudo, C. 2007. Cooperación hispano-uruguaya; evolución y promoción de la calidad de la carne bovina y ovina del Uruguay en el mercado europeo. Montevideo, INIA. 54 p. (Serie Técnica no. 166)
40. O'Grady, M. N.; Monahan, F. J.; Fallon, R. J.; Allen, P. 2001. Effects of dietary supplementation with vitamin E and organic selenium on the oxidative stability of beef. *Journal of Animal Science*. 79: 2827 - 2834.
41. Oliván García, M.; Sierra Sánchez, V.; García Espina, P. 2013. Efecto del tiempo de maduración sobre la calidad organoléptica de la carne de vacuno. *Tecnología Agroalimentaria*. no. 12: 45 - 52.
42. Page, J. K.; Wulf, D. M.; Schwotzer, T. R. 2001. A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science*. 79: 678 - 687.
43. Paglia, D. E.; Valentine, W. N. 1967. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*. 70 (1):158 - 69.
44. Peluffo Frisch, M.; Monteiro Rodríguez, M. 2002. Terneza: una característica a tener en cuenta. *Revista Plan Agropecuario*. no. 103: 18 - 21.
45. Realini, C. E.; Duckett, S.K.; Brito, G.W.; Dalla Rizza, M.; De Mattos, D. 2004. Effect of pasture vs. concéntrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*. 66 (3): 567 - 577.
46. Ripoll, G.; Joy, M.; Muñoz, F. 2011. Use of dietary vitamin E and selenium (Se) to increase the shelf life of modified atmosphere packaged light lamb meat. *Meat Science*. 87 (1): 88 - 93.
47. SAS Institute. 2002. SAS/STAT user's guide; SAS software (release 9.1). Cary, NC, USA. s.p.
48. _____. 2012. SAS/STAT user's guide; SAS software (release 9.4). Cary, NC, USA. s.p.
49. Sgoifo Rossi, C. A.; Compiani, R.; Baldi, G.; Bernardi, C. E .M.; Muraro, M.; Marden, J. P.; Dell'Orto, V. 2015. The effect of different

- selenium sources during the finishing phase on beef quality. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 24: 93 - 99.
50. Shackelford, S. D.; Wheeler, T. L.; Koohmaraie, M. 1995. Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *bos indicus* and *bos taurus* cattle. *Journal of Animal Science*. 73: 3333 - 3340.
51. Skřivanová, E.; Marounek, M.; De Smet, S.; Raes, K. 2007. Influence of dietary selenium and vitamin E on quality of veal. *Meat Science*. 76: 495 - 500.
52. Sretenovic, L.; Novakovic, Z.; Petrovic, M. M.; Todorovic, M.; Panteliev, V.; Aleksiev, S.; Petriciev, M. 2012. Producing of beef meat enriched with organically bound selenium. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 28 (2): 219 - 229.
53. Taylor, J. B.; Marchello, M. J.; Finley, J. W.; Neville, T. L.; Combs, G. F.; Caton J. S. 2008. Nutritive value and display-life attributes of selenium-enriched beef-muscle foods. *Journal of Food Composition and Analysis*. 21: 183 - 186.
54. Terevinto Herrera, A. 2010. Oxidación lipídica y proteica, capacidad antioxidativa y actividad de las enzimas catalasa, superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa en la carne fresca y madurada de novillos Hereford y Braford. Tesis MSc. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 59 p.
55. Velázquez Garduño, G. 2015. Efecto de la adición de Se orgánico en la dieta de ovinos en finalización sobre las características fisicoquímicas, bioquímicas y microbiológicas de la carne. Tesis PhD. Toluca, México. Universidad Autónoma del Estado de México. 120 p.
56. Vignola, G.; Lambertini, L.; Mazzone, G.; Giammarco, M.; Tassinari, M.; Martelli, G.; Bertin, G. 2009. Effects of selenium source and level of supplementation on the performance and meat quality of lambs. *Meat Science*. 81: 678 - 685.
57. Wittwer, F.; Araneda, P.; Ceballos, A.; Contreras, P. A.; Andaur, M.; Böhmwald H. 2002. Actividad de glutatión peroxidasa (GSH-Px) en sangre de bovinos a pastoreo de la IX Región, Chile y su relación con la concentración de Se en el forraje. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 34 (1): 49 - 57.