



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

ACTIVIDAD INHIBIDORA DE LA ENZIMA CONVERTIDORA DE ANGIOTENSINA EN HIDROLIZADOS PROTEICOS DE CARNE DE CABRITO COMPLEMENTADOS CON DOS FUENTES DE SELENIO

SILVIA CINTHIA PEREZ RAMIREZ

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2021

La presente tesis titulada: **Actividad inhibidora de la enzima convertidora de angiotensina en hidrolizados proteicos de carne de cabrito complementados con dos fuentes de selenio**, realizada por la alumna: **Silvia Cinthia Perez Ramirez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. JACINTO EFRÉN RAMÍREZ BRIBIESCA

ASESOR



DR. DAVID HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

ASESORA



DRA. ROSY GABRIELA CRUZ MONTERROSA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, noviembre de 2021

ACTIVIDAD INHIBIDORA DE LA ENZIMA CONVERTIDORA DE ANGIOTENSINA EN HIDROLIZADOS PROTEÍNICOS DE CARNE DE CABRITO COMPLEMENTADOS CON DOS FUENTES DE SELENIO

Silvia Cinthia Perez Ramirez, M.C.
Colegio de postgraduados, 2021

RESUMEN

El estudio evaluó la actividad inhibidora de la enzima convertidora de angiotensina (ECA) en hidrolizados proteicos de carne de cabrito lechal y la composición química de la carne e hígado de cabritos complementados con dos fuentes de selenio (Se). Se utilizaron 45 cabritos raza Pastoreña neonatos con un peso vivo promedio inicial de 4.6 ± 1.14 kg, a los 30 días de edad. Fueron alimentados exclusivamente con leche de cabra. Los animales fueron divididos y distribuidos aleatoriamente en los siguientes tratamientos: Grupo Testigo GC: Cabritos sin Se; Grupo con Selenito de sodio GSS: Cabritos con 0.25 mg de Selenito de sodio/ kg de peso vivo del animal, y Grupo con Selenometionina GSM: Cabritos con una dosis oral de Selenometionina a dosis de 0.3 mg/kg de peso vivo del animal. Los cabritos fueron sacrificados a los 7, 14 y 21 días de iniciar el experimento, se extrajo una muestra del músculo *bíceps femoris* e hígado. En las muestras de carne se determinó la composición química; asimismo, se produjeron hidrolizados de carne con pepsina y se determinaron grado de hidrólisis, concentración de proteína, electroforesis SDS-PAGE y actividad inhibidora de la ECA. Las muestras de hígado fueron utilizadas para determinar la composición nutricional. Se usó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 3, los datos se analizaron con PROC MIXED de SAS 9.0 y las medias de tratamientos fueron comparadas con la prueba de Tukey. El contenido de humedad no fue diferente por efecto del tratamiento ni del tiempo de muestreo ($P > 0.05$). En cuanto al contenido de proteína, en 21d mejoró en un 29.7% sólo en GSM ($P \leq 0.05$). El contenido de grasa, en el 21d mejoró en un 37.64% en los grupos GSS y GSM a diferencia del GC ($P \leq 0.05$). El contenido de cenizas, en los 14 y 21d incrementó 0.9 y 15.3%, respectivamente, en los tratamientos diferentes al GC ($P \leq 0.05$), existiendo una interacción ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos. La composición nutricional del hígado de cabrito tuvo diferencias significativas por efecto del tratamiento y del tiempo de muestreo ($P \leq 0.05$). El grado de hidrólisis promedio fue de 10.34%. A través de electroforesis SDS-PAGE, todos los hidrolizados mostraron bandas electroforéticas con peso molecular en el rango de 37.1 a 213.7 kDa, antes de la hidrólisis. Pero después de la hidrólisis con pepsina, se observó mayor intensidad en bandas entre 23.44 y 27.5 kDa. El hidrolizado de carne de cabrito presentó actividad inhibidora de la ECA en todos los tratamientos comparados a los 7, 14 y 21d ($P \leq 0.05$). En conclusión, el complementar con fuentes de Se a cabritos lechales, ofrece beneficios en la composición química de la carne al mejorar el contenido de proteína y grasa. La carne de cabrito se puede considerar un alimento funcional al presentar actividad inhibidora de la ECA.

Palabras clave: Cabrito lechal, Selenio, hidrolizados, Enzima convertidora de angiotensina.

INHIBITING ACTIVITY OF THE ANGIOTENSIN CONVERTER ENZYME IN HYDROLYZED KIDS-GOAT MEAT PROTEINS COMPLEMENTED WITH TWO SOURCES OF SELENIUM

Silvia Cinthia Perez Ramirez, M.C.
Colegio de postgraduados, 2021

ABSTRACT

The study evaluated the inhibitory activity of angiotensin converting enzyme (ACE) in protein hydrolysates and the chemical composition of meat and liver of kids-goat supplemented with two sources of selenium (Se). Forty-five suckling kids-goat of Patoreña breed were used. The animals were divided and randomly distributed in the following treatments: Control Group CG: Kids-goat without Se; Group with Sodium Selenite GSS: Kids-goat with 0.25 mg of Sodium Selenite injected subcutaneously and Group with Selenomethionine GSM: Kids-goat with an oral dose of Selenomethionine at a dose of 0.3 mg/kg. The kids were sacrificed 7, 14 and 21 days after starting the experiment, a sample of the left biceps femoris muscle and liver was extracted. Moisture, protein, fat, ashes were determined in the meat samples; Likewise, meat hydrolysates with pepsin were produced and the degree of hydrolysis, protein concentration, SDS-PAGE electrophoresis and ACE inhibitory activity were determined. Liver samples were used to determine moisture, protein, fat and collagen content. A 3 x 3 factorial arrangement design was used and the data were analyzed with PROC MIXED of SAS 9.0 and the means were evaluated using the Tukey test. The moisture content was not different due to the effect of the treatment or the sampling time ($P > 0.05$). Regarding the protein content, in 21d it improved by 29.7% only in GSM ($P \leq 0.05$) and increased 2.9 percentage units throughout the sampling days. The fat content in the 21d improved by 37.64% in the GSS and GSM groups in contrast to the CG ($P \leq 0.05$). The ash content, in the 14 and 21d increased 0.9 and 15.3%, respectively, in the treatments other than the CG ($P \leq 0.05$), there being an interaction ($P \leq 0.05$) between the treatments. The moisture, protein, fat and collagen of the kid-goat liver samples showed significant differences due to the treatment effect and the sampling time ($P \leq 0.05$). Degree of hydrolysis mean was 10.34%. Protein concentration mean was 1.95 mg / mL before the hydrolysis reaction and 0.12 mg/mL after 2 hours of hydrolysis reaction. Through SDS-PAGE electrophoresis, all hydrolysates showed electrophoretic bands with molecular weight in the range of 37.1 to 213.7 kDa, before hydrolysis. But after hydrolysis with pepsin, protein bands in the range of 23.4 to 186.2 kDa were observed in lanes A-I. The highest intensity in bands with low molecular weight was between 23.44 and 27.5 kDa. The kid-goat meat hydrolyzate has ACE inhibitory activity in all groups at 7, 14 and 21d ($P \leq 0.05$) and increased up to 4, 6 and 5 times, respectively. In conclusion, supplementing suckling kid-goats with Se sources offers benefits in the chemical composition of the meat by improving the protein and fat content. Kid-goat meat also be considered a functional food as it has ACE inhibitory activity.

Key words: Suckling kid, Selenium, hydrolyzates, Angiotensin converting enzyme.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Olodumare, por darme la vida. A Eggun, Elegua, Oggun, Ochosi, Orula, Osun, Yemaya y Ochun, por sus grandes bendiciones, por la dicha de seguir avanzando y concluir la maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico para realizar mis estudios de Maestría.

Al Colegio de Postgraduados campus Montecillo por darme un lugar y facilitarme el uso de sus instalaciones para poder llevar acabo mi investigación.

Al Programa de Recursos Genéticos y Productividad- Ganadería por el aporo brindado para la realización de esta investigación.

Al Dr. J. Efrén Ramírez Bribiesca, por el interés, confianza, apoyo incondicional, asesoramiento y tiempo para la culminación de este proyecto de investigación.

A la Dra. Rosy Gabriela Cruz Monterrosa, por su asesoramiento, confianza, apoyo y disponibilidad de tiempo para la revisión en la presente Tesis.

Al Dr. David Hernández Sánchez, por su amistad, apoyo y su valiosa aportación al trabajo de investigación.

A la Dra. María Magdalena Crosby Galván y a la Ing. Elsa Margarita Crosby Galván, por todo el apoyo, paciencia y valiosas aportaciones acertadas durante la fase del laboratorio.

Al Dr. Gilberto Aranda Osorio, por su apoyo y las facilidades para acceder al laboratorio de la Universidad Autónoma Chapingo.

Al M.C. Guillermo Resendiz Gonzáles, por su apoyo, amistad y consejos durante la realización de esta tesis.

A la Dra. Mayra Díaz Ramírez y a la Dra. Erika Berenice León Espinosa por el apoyo brindado en la fase de laboratorio en la UAM-Lerma.

Al Dr. José Luis Zaragoza Ramírez por su valiosa amistad, el apoyo incondicional, paciencia, y aportaciones durante el análisis de resultados de esta investigación.

A los académicos Dr. Omar Hernández Mendo, Dra. María Esther Ortega Cerrilla, Dr. Arturo Pro Martínez, por sus consejos, amistad y por compartir su valioso conocimiento durante la Maestría.

DEDICATORIAS

Dedico esta tesis con un gran y enorme amor a mi única y hermosa hija Isis Quetzally, eres el motor de mi vida, el impulso que me da día con día para seguir echándole ganas, ojala siempre me recuerdes como una madre que se esforzó para darte lo mejor, todo el sacrificio que pasamos y los días sin jugar, pero al final la vida es bella gracias a ti. Te amo mucho.

A mis queridos padres Silverio y Rocio, gracias por todo el apoyo incondicional que me han brindado en esta etapa de mi vida, por el cariño que me han dado, los consejos, los regaños, y por la gran enseñanza de que no hay que renunciar a nuestros sueños, gracias por todo, los amo.

A mi esposo Yosimar, muchas gracias por tu apoyo, ayuda y consejos en esta etapa de mi vida, gracias por ser mi compañero y mi amigo, Te amo.

A mis hermanos Silverio y Omar, su verdadero apoyo, gracias por su amistad, los quiero mucho.

A mis abuelos Francisca, Victoria, Juan y Julio, aunque físicamente no estén pero siempre vivirán en mi corazón, muchas gracias por su ayuda y aquellos momentos de alegría, mil gracias, los extraño.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIAS	vii
LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	3
2.1 General	3
2.2 Específicos	3
2.3 Hipótesis	3
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1 Selenio y antioxidantes	5
4.2 Composición de carne de cabrito	8
4.3 Importancia de la carne de cabrito	9
4.4 Péptidos bioactivos	10
4.5 Hidrólisis enzimática	11
4.6 Hipertensión arterial y la enzima convertidora de angiotensina (ECA)	11
4.7 Estudios realizados en carne con propiedad inhibidora de la ECA	14
V. MATERIALES Y MÉTODOS	15
5.1 Lugar de estudio	15
5.2 Distribución de los tratamientos	15
5.3 Obtención de las muestras de carne de cabrito	16
5.4 Análisis químico de la carne	16
5.5 Análisis químico del hígado de cabrito	16
5.6 Obtención del concentrado proteínico de la carne de cabrito	17
5.7 Preparación de los hidrolizados de carne de cabrito	17
5.8 Determinación de grado de hidrólisis por medio del método pH-Stat	17
5.9 Cuantificación de proteína de los hidrolizados de carne de cabrito	19

5.10 Electroforesis Tricina-SDS-PAGE.....	19
5.11 Actividad inhibidora de la ECA.....	20
5.12 Análisis estadístico.....	21
VI. RESULTADOS	22
6.1 Composición química de la carne de cabrito	22
6.2 Composición química del hígado de cabrito	24
6.3 Grado de hidrólisis	27
6.4 Concentración de proteína.....	28
6.6 Actividad inhibidora de la ECA del hidrolizado proteínico de carne de cabrito	31
VII. DISCUSIÓN	33
7.1 Composición química de la carne e hígado de cabrito	33
7.2 Grado de hidrólisis	34
7.3 Concentración de proteína.....	34
7.4 Electroforesis SDS-PAGE	35
7.5 Actividad inhibidora de la ECA.....	35
VIII. CONCLUSIONES	37
IX. LITERATURA CITADA	38

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Principales selenoproteínas y su función	6
Cuadro 2. Composición química de la carne de cabrito lechal en función del peso de la canal caliente.	9
Cuadro 3. Clasificación de los niveles de presión arterial según la Sociedad Latinoamericana de Hipertensión.	12
Cuadro 4. Composición química de la carne del músculo Biceps femoris del cabrito (media \pm EE).	24
Cuadro 5. Composición química del hígado de cabrito (media \pm E.E).	26
Cuadro 6. Porcentaje de grado de hidrólisis de los concentrados proteínicos de carne de cabrito (media \pm E.E).	27
Cuadro 7. Concentración de proteína (mg/mL) en los hidrolizados proteínicos de carne de cabrito (media \pm E.E).	29
Cuadro 8. Porcentaje de inhibición de la ECA (media \pm E.E) de los hidrolizados proteínicos de carne de cabrito obtenidos con pepsina.	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Análisis SDS-PAGE de proteínas de la carne de cabrito antes de la hidrólisis con pepsina.....	30
Figura 2. Análisis SDS-PAGE de proteínas de la carne de cabrito después de la hidrólisis con pepsina.....	30

I. INTRODUCCIÓN

El selenio (Se) es un oligoelemento esencial para la actividad del sistema antioxidante endógeno y se requiere en pequeñas cantidades para mantener una buena salud, tanto en animales como en humanos (Santhosh Kumar y Priyadarsini, 2014). Además, el Se tiene efecto antitrombótico, activa el sistema inmunológico, previene la inflamación, ayuda a la fertilidad, puede reparar el ADN, apoya al crecimiento y desarrollo muscular, y en particular en pequeños rumiantes previene la distrofia muscular nutricional o enfermedad del músculo blanco (Santhosh Kumar y Priyadarsini, 2014; Chauhan et al., 2014; Jenkins et al., 2020; Shalihath *et al.*, 2021). El suplemento de Se en su forma orgánica e inorgánica, es el método comúnmente utilizado para enriquecer la carne de cerdos, pollos, bovinos y corderos (Tóth y Csapó, 2018). Además, hay evidencia de que el Se eleva la actividad de la glutatión peroxidasa en el músculo e induce hipertrofia en las fibras tipo I del músculo esquelético y por ende, puede incrementar el contenido de proteína en la carne (Skřivan *et al.*, 2012; Samo *et al.*, 2018). La carne de cabrito es considerada como una carne roja con alto valor nutricional (Quaresma *et al.*, 2016), pues es baja en grasa comparada con la de cordero y principalmente aporta proteínas y agua. Aunado a esto, la composición química de la carne de cabrito depende de varios factores como la raza, edad, sexo, peso y el alimento como la leche de cabra (Webb *et al.*, 2005; Todaro *et al.*, 2006). Asimismo, las proteínas de la carne de cabra contienen abundantes aminoácidos, principalmente glicina, alanina, glutamina, arginina y ácido glutámico, entre otros (Madruga y Bressan, 2011). Por otro lado, los péptidos bioactivos son pequeños fragmentos de las proteínas de la carne que contienen de 2 a 20 aminoácidos y ejercen efectos benéficos para la salud humana, como la inhibición de la enzima convertidora de angiotensina (ECA) y la actividad antihipertensiva (Lee y Hur, 2017b). Es importante mencionar que estos péptidos están inactivos dentro de la proteína original y se pueden liberar durante la digestión, por fermentación o por hidrólisis enzimática, utilizando enzimas proteasas de origen animal, vegetal o bacteriano (Hernández-Ledesma *et al.*, 2011; Martínez-Medina *et al.*, 2019). La ECA es una enzima clave en el sistema renina angiotensina (RAS) que se encarga de la regulación de la presión arterial, esta enzima convierte el decapeptido angiotensina I inactivo al cortar el dipéptido del extremo C-terminal, en el octapéptido angiotensina II activo, que es un potente vasoconstrictor y

aumenta la presión arterial (Ghassem *et al.*, 2014). Se estima que cerca de 1.13 mil millones de personas tienen hipertensión en todo el mundo, esta afección es una de las principales causas para el desarrollo de las enfermedades cardiovasculares (ECV), por consiguiente la hipertensión es un problema de salud pública mundial y principal causa de muerte prematura (WHO, 2021b). Además, se sabe que el captopril y otros inhibidores sintéticos de la ECA producen efectos secundarios como tos, alteraciones del gusto y erupciones cutáneas, por lo que se ha buscado una forma natural de inhibir la ECA. Los péptidos inhibidores de la ECA reducen la hipertensión y se cree que pueden prevenir enfermedades cardiovasculares (Möller *et al.*, 2008; Ryan *et al.*, 2011). Por lo que este estudio se enfocó en evaluar la actividad inhibidora de ECA en hidrolizados proteicos de carne de cabrito lechal con pepsina y analizar la composición química de la carne e hígado de cabritos suplementados con dos fuentes de Se.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 General

Evaluar la composición nutricional de la carne e hígado de cabritos suplementados con dos fuentes de selenio y medir la actividad inhibidora de la enzima convertidora de angiotensina (ECA) en hidrolizados proteicos de carne de cabrito lechal.

2.2 Específicos

1. Analizar la composición química de la carne e hígado de cabritos suplementados con dos fuentes de selenio.
2. Obtener hidrolizados proteicos a partir de la carne de cabrito suplementados con dos fuentes de selenio, usando la enzima pepsina.
3. Evaluar la actividad antihipertensiva *in vitro* de los hidrolizados proteicos en la carne de cabrito sin y con suplemento de selenio (selenometionina y selenito de sodio).

2.3 Hipótesis

La carne de cabrito complementada con fuentes de Selenio mejora sus propiedades nutricionales debido a la actividad antioxidante, y al hidrolizarse con pepsina genera productos con actividad inhibidora de la enzima convertidora de angiotensina (ECA).

III. JUSTIFICACIÓN

La carne es parte integral de la dieta humana, se puede considerar como principal fuentes de proteínas, grasas, agua, vitaminas y minerales (Mazhangara *et al.*, 2019). La composición química de la carne, principalmente depende de factores como la raza, sexo, alimentación, peso y edad del animal. En general, la carne es una fuente importante de aminoácidos y péptidos con actividad biológica, que de acuerdo a su modo de acción pueden ser antihipertensivos (Bhat *et al.*, 2017). Por otra parte, el selenio es un mineral que esta asociado a prevenir el cáncer en los humanos y su actividad en los miocitos es de importancia, evita el daño oxidativo celular (Tóth & Csapó, 2018). Por lo tanto, el selenio y los péptidos antihepertensivos puede participar en mejorar la salud pública de la población. De ahí, existen medicamentos como captopril para el tratamiento de la hipertensión, pero su consumo a largo plazo tiene efectos adversos para la salud, por lo que se ha buscado una forma natural para poder prevenir estas afecciones. La carne de cabra en algunas regiones es parte de la alimentación, cultura, tradiciones (Fuentes-Mascorro *et al.*, 2019). Debido a lo anterior, es necesario explorar el efecto del selenio sobre la composición nutricional de la carne y su posible asociación con la actividad antihipertensiva *in vitro* de los hidrolizados de proteínas en carne de cabritos. El propósito es generar información disponible sobre las propiedades bioactivas de estos nutrientes.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Selenio y antioxidantes

El selenio (Se) tiene un efecto antioxidante en el organismo, principalmente actúa en la cadena del estrés oxidativo, causando un desequilibrio entre las especies reactivas al oxígeno (ERO) y los sistemas antioxidantes. Algunos factores como la contaminación, medicamentos, diversas radiaciones, infecciones y la inflamación, generan alta producción de ERO, por tal motivo se induce a la peroxidación de los lípidos, dañando la estructura y la función de la membrana celular (Díaz-Sánchez *et al.*, 2019). Por lo que, el sistema antioxidante, como primera fase, previene la formación de radicales libres por la acción de las enzimas glutatión peroxidasa (GPx), superóxido dismutasa y la catalasa. El Se y la vitamina E, actúan en la segunda fase como defensa antioxidante (Zoidis *et al.*, 2018).

El Se en su forma orgánica e inorgánica se metaboliza hasta convertirse en selenuro de hidrógeno, para después transformarse en selenocisteína, cualquier proteína que contenga este selenoaminoácido en su cadena polipeptídica, se define como una selenoproteína (Zoidis *et al.*, 2018). En la actualidad se conocen aproximadamente 30 selenoproteínas en los mamíferos, dentro de las cuales tienen función antioxidante y se incluyen a la familia de Glutatión peroxidasa (GPx1, GPx2, GPx3, GPx4, GPx6, snGPx4), la familia Thioredoxin reductasa (TRx1, 2, 3; TGR) y las Selenoproteínas P, T, W, como se muestra en el Cuadro 1. Así mismo, la enzima yodotironina desyodasa ayuda en la producción y función de las hormonas T3 y tiroxina, por lo que el Se es esencial para el crecimiento y la función tiroidea normal (Tóth y Csapó, 2018).

Cuadro 1. Principales selenoproteínas y su función

Nombre	Función
Glutación peroxidasa 1 (GPX1)	Reduce el peróxido de hidrógeno
Glutación peroxidasa 2 (GPX2)	Reduce el peróxido de hidrógeno e hidroperóxidos de ácidos grasos
Glutación peroxidasa 3 (GPX3)	Reduce el peróxido de hidrógeno e hidroperóxidos de lípidos
Glutación peroxidasa 4 (GPX4)	Reduce el peróxido de hidrogeno e hidroperóxidos de fosfolípidos
Tiorredoxina reductasa 1 (TXNRD1)	Reduce el tiorredoxina citosólica
Tiorredoxina reductasa 2 (TXNRD2)	Reduce tiorredoxina y glutaredoxina mitocondriales
Tiorredoxina reductasa 3 (TXNRD3)	Tiorredoxina reductasa específica en testículo
Yodotironina desyodasa 1 (DIO1)	Involucrada en el metabolismo de la hormona tiroidea
Yodotironina desyodasa 2 (DIO2)	Involucrada en el metabolismo de la hormona tiroidea
Yodotironina desyodasa 3 (DIO3)	Desactiva la hormona tiroidea específica de tejido
Metionina-R- sulfóxido reductasa (MSRB1)	Reduce los residuos de metionina oxidada
Selenoproteína de 15 kDa (SELENOF)	Controla la calidad del plegamiento de proteínas en el retículo endoplásmico
Selenoproteína H (SELENOH)	Antioxidante
Selenoproteína I (SELENOI)	Cataliza la transferencia de fosfoetanolamina desde CDP-etanolamina a diacilglicerol para producir fosfatidiletanolamina
Selenoproteína K (SELENOK)	Chaperona en la ruta de degradación de proteínas mal plegadas
Selenoproteína M (SELENOM)	Tiene propiedad neuroprotectora
Selenoproteína N (SELENON)	Papel potencial durante el desarrollo muscular
Selenoproteína O (SELENOO)	Proteína mitocondrial con actividad redox y función quinasa
Selenoproteína P (SELENOP)	Proteína de transporte primaria de Se, extra e intracelular
Selenoproteína S (SELENOS)	Papel clave en el retículo endoplásmico asociados con la degradación y la inflamación.
Selenoproteína T (SELENOT)	Control de la homeostasis celular del Ca ⁺²
Selenoproteína W (SELENOW)	Antioxidante citosólico
Selenofosfato sintetasa 2 (SEPHS2)	Involucrada en la síntesis de selenoproteína

Fuente: Modificado de Sun *et al.* (2019)

El Se posee efecto antitrombótico, ya que previene la agregación plaquetaria, la inflamación y la oxidación de los lípidos. Por lo consiguiente tiene capacidad antioxidante en las células endoteliales, de esta forma puede reducir el riesgo asociado a las enfermedades cardiovasculares. También el Se tiene acción sobre la reparación del ADN y ayuda a la motilidad de los espermatozoides (Santhosh Kumar y Priyadarsini, 2014). El Se es esencial para el crecimiento, la selenoproteína N es clave en el desarrollo muscular; así mismo, el Se también actúa en el sistema endocrino formando parte de la yodotirosina desyodasa para tener una producción y función de hormonas como T3 y

Tiroxina (Jenkins *et al.*, 2020). De igual importancia, el Se activa el sistema inmunológico a través de la función de las células T, pues son las encargadas de destruir células tumorales, por lo que el suplemento con Se mejora la respuesta inmunológica favorable al organismo (Suchý *et al.*, 2014).

Por otro lado, recientes investigaciones se han enfocado en nuevas estrategias de exploración de suplementos de Se para la salud humana. Zhu *et al.* (2021) descubrieron péptidos enriquecidos con Se del berro amargo (*Cardamine violifolia*) mediante hidrólisis enzimática, en la cual la fracción de péptidos con un peso molecular < 1 kDa, presentó mayor aumento de la glutatión peroxidasa y superóxido dismutasa; esta fracción presentó actividad antioxidante *in vitro*. Por otra parte, Yu *et al.* (2020) suplementaron con péptidos enriquecidos con Se de *Cardamine violifolia*, a ratas envejecidas inducidas por D- galactosa, los resultados demostraron mejoramiento en el sistema de defensa antioxidante, disminuyéndose la neuroinflamación, la neurodegeneración y el estrés oxidativo, así que estos péptidos pueden proteger de envejecimiento cerebral. De igual manera, Zhang *et al.* (2021) identificaron péptidos antioxidantes a partir de semillas de soya enriquecida con Se (peso molecular <1 kDa) y demostraron protección de la células de factores inflamatorios y se revirtió el daño de las lesiones hepáticas inducidas por D-Galactosa en ratones envejecidos.

Los alimentos con alto contenido de Se son los mariscos, vísceras, la carne y algunos cereales; por lo que varias investigaciones se han enfocado en enriquecer estas fuentes de alimentos, ya que el Se se deposita en el tejido muscular, lo que produce una carne con buen nivel de Se. Por ejemplo, en aves suplementadas con Se mejoró la calidad y concentración de proteínas de la carne e incrementó la estabilidad oxidativa (Sun *et al.*, 2019).

4.2 Composición de carne de cabrito

La composición estándar de la carne de un mamífero normal adulto es aproximadamente de 75 % de agua, 19 % de proteína, 2.5 % de grasa y 0.65 % de minerales; aunque estos valores pueden variar debido a factores como la raza, edad, sexo, peso y alimentación del animal (Webb *et al.*, 2005).

En general, la carne de cabra presenta una distribución de grasa diferente a la carne de ovino. Con un peso de canal similar, se puede esperar que la canal de la cabra presente menor proporción de grasa subcutánea e intramuscular y una mayor proporción de grasa en la cavidad abdominal (Zervas y Tsiplakou, 2011), ya que, los caprinos depositan en mayor medida la grasa alrededor de las vísceras, antes que en los depósitos subcutáneos e intramuscular (Ripoll *et al.*, 2020a); de esta manera las cabras jóvenes tienen menor grasa intramuscular (Pophiwa *et al.*, 2020). La mayor parte de la grasa que contiene la canal del cabrito se encuentra en los depósitos perirrenal y subcutáneo (Bañón *et al.*, 2006). Además, el contenido de ácidos grasos de la grasa intramuscular de los cabritos está influenciado en gran medida por los ácidos grasos que contienen el alimento como la propia leche (Ripoll *et al.*, 2020b).

En cabritos alimentados con leche materna los primeros dos meses de vida y sacrificados a los 6 meses de edad, reportaron que la carne de cabritos de la raza Alpino Francés presentó valores de 74.30, 18.49, 1.72 y 1.07 %, para porcentaje de humedad, proteína, grasa y cenizas, respectivamente. Mientras que para la cruce de Alpino Francés x Boer presentaron valores de 74.32, 19.16, 2.18 y 1.07 %, para humedad, proteína, grasa y cenizas, respectivamente. Los autores no encontraron diferencias en la composición química entre la carne de cabritos proveniente de la raza Alpino Francés y la cruce (1/4 Boer x 3/4 Alpino Francés) (Urieta *et al.*, 2001). Por otro lado, cabritos alimentados exclusivamente con leche y utilizando datos del músculo *longissimus thoracis et lumborum*, se reportan datos de la composición química de la carne del cabrito lechal para canales entre 5 y 7 kg (Cuadro 2). El porcentaje de grasa varió en función del peso de la canal caliente (Ripoll *et al.* 2020a). En la literatura consultada no se encontró información sobre el cabrito lechal ligero.

Cuadro 2. Composición química de la carne de cabrito lechal en función del peso de la canal caliente.

Característica (%)	Peso de la canal caliente	
	<5 kg	≥ 5 kg
Humedad	76.66	75.70
Proteína	20.79	19.72
Grasa	1.60	2.64
Cenizas	1.04	1.14

Fuente: Ripoll *et al.*, (2020a).

4.3 Importancia de la carne de cabrito

Según Todaro *et al.* (2004) la carne de cabrito tiene características cualitativas deseables y, en base a esto, es posible considerarla carne de alta calidad. En la actualidad no existen datos publicados sobre su contenido de péptidos antihipertensivos en carne de cabrito. El caprino de corta edad es considerado como cabrito, con un peso de aproximadamente 10 kg (SADER, 2017). Aunque según Todaro *et al.* (2004) el peso de la canal puede oscilar entre los 6 y 11 kg, es preferible que los cabritos tengan una edad menor de 20 semanas y su alimentación sea únicamente a base de leche (Suiter, 1989; SADER, 2018).

La información disponible sobre el potencial nutritivo de la carne de cabra es escasa. En general, la carne de cabra tiene un bajo contenido de grasa y colesterol (Madruga y Bressan, 2011). También se caracteriza por ser baja en calorías en comparación con la carne de pollo, cerdo, res y cordero (Ribeiro *et al.*, 2018). Además, es una fuente importante de hierro, fósforo, potasio y vitamina B12. Además, la carne de cabra se caracteriza por tener concentraciones de arginina, glicina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina comparables con las de la carne de res, cerdo y cordero (Mazhangara *et al.*, 2019). También se ha encontrado que la carne de cabra tiene aminoácidos abundantes como la glicina, alanina, glutamina, arginina y ácido glutámico (Madruga y Bressan, 2011). Según Malekian *et al.* (2014) mencionan que por su alto valor nutricional y mayor proporción de ácidos grasos saturados e insaturados, la carne de cabra puede mejorar potencialmente la salud de las

poblaciones vulnerables a la desnutrición y sus enfermedades metabólicas asociadas a enfermedades cardiovasculares. La carne de cabrito es más magra que la carne de oveja, por lo que es más apreciada por quienes cuidan de su salud (Suiter, 1989; Yilmaz *et al.*, 2010).

4.4 Péptidos bioactivos

Los péptidos bioactivos son pequeños fragmentos de proteínas alimentarias que poseen beneficios fisiológicos para la salud humana más allá de sus capacidades nutricionales (Bhat *et al.*, 2019), la mayoría de los péptidos bioactivos tienen de 2 a 20 aminoácidos, aunque algunos contienen más de 20 (Zhou *et al.*, 2020). Estos pequeños fragmentos están inactivos mientras forman parte de la proteína madre (Mora *et al.*, 2019), pero pueden ser liberados durante el procesamiento de alimentos como la hidrólisis enzimática, la fermentación o durante la digestión gastrointestinal (Bhat *et al.*, 2019). El consumo de péptidos bioactivos pueden promover y mejorar la salud humana (Martínez-Medina *et al.*, 2019), ya que influyen principalmente en los sistemas corporales, como el sistema cardiovascular, inmunológico, digestivo y nervioso (Jahandideh y Wu, 2020). Una gran cantidad de péptidos liberados de diferentes proteínas alimentarias presentan diversas actividades, tales como, antihipertensiva, antimicrobiana, opioide, antitrombótico, inmunomodulador, de unión a minerales y antioxidante, por ende, los péptidos bioactivos poseen el potencial de ser utilizados como aditivos alimentarios e incorporarse en productos farmacéuticos para el tratamiento o prevención de algunas afecciones médicas y enfermedades relacionadas al estilo de vida, como la obesidad, la diabetes tipo II y la hipertensión (Sánchez y Vázquez, 2017). Las propiedades de los péptidos tales como peso molecular, hidrofobicidad o hidrofiliidad, distribución de carga, composición y secuencia de aminoácidos, son esencialmente importantes para sus actividades biológicas (Arshad *et al.*, 2019). La ECA prefiere inhibidores competitivos que contengan principalmente aminoácidos hidrófobos en las tres posiciones C-terminales (Sánchez, 2017).

4.5 Hidrólisis enzimática

La hidrólisis enzimática de proteínas de la carne es uno de los procesos más utilizados para la producción de péptidos bioactivos. Se ha demostrado que los hidrolizados de proteínas poseen actividades bioactivas con efectos antihipertensivos (Martínez-Medina *et al.*, 2019). En el proceso de hidrólisis se tienen condiciones idóneas, principalmente se controla el pH, la agitación, temperatura y tiempo (hidrólisis de proteínas). Otros factor importante que afectan la hidrólisis incluyen la relación sustrato:enzima debido a que esta también puede afectar el rendimiento y la bioactividad de los hidrolizados (Wongngam *et al.*, 2020). Las enzimas que comúnmente se utilizan en la hidrólisis, pueden ser de origen vegetal como por ejemplo la papaína, bromelina; de origen animal como por ejemplo pepsina, tripsina, quimotripsina y pancreatina; y también las de origen microbiano. Hasta ahora la fermentación microbiana de proteínas de la carne ha tenido menos éxito en la producción de hidrolizados con péptidos bioactivos (Ryan *et al.*, 2011).

4.6 Hipertensión arterial y la enzima convertidora de angiotensina (ECA)

La hipertensión es un trastorno donde los vasos sanguíneos tienen una constante tensión alta. La sangre es distribuida por el corazón a todo el cuerpo por medio de los vasos sanguíneos (arterias). La fuerza que ejerce la sangre sobre las paredes de los vasos sanguíneos genera tensión arterial (WHO, 2021b). La presión arterial alta se caracteriza por ser igual o superior a 140/90 mmHg; es decir, la presión sistólica (cuando el corazón se contrae) por encima de 140 mmHg o presión diastólica (el músculo cardíaco se relaja entre los latidos) por encima de 90 mm Hg, como se muestra en el Cuadro 3 (Arshad *et al.*, 2019).

Cuadro 3. Clasificación de los niveles de presión arterial según la Sociedad Latinoamericana de Hipertensión.

Clasificación de la presión arterial	Presión sistólica (mmHg)	Presión diastólica (mmHg)
Normal / Óptima	<120	<80
Normal / Elevada	120-129	80-84
Alto / Normal	130-139	85-89
Grado 1	140-159	90-99
Grado 2	160-179	100-109
Grado 3	≥180	≥110
Hipertensión sistólica aislada	≥140	<90

Fuente: Wyss *et al.* (2020).

La Organización Mundial de la Salud (2021) estima que cerca de 1.13 mil millones de personas tienen hipertensión en todo el mundo. Esta afección es una de las principales causas para el desarrollo de las ECV. Dentro de las ECV se encuentran la cardiopatía isquémica y el accidente cerebrovascular, que son responsables del 16 % y el 11 % del total de muertes en el mundo, respectivamente. Por lo tanto, la hipertensión es considerada como un problema de salud pública mundial y principal causa de muerte prematura (WHO, 2021a).

En México, según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018, la prevalencia de la hipertensión arterial por diagnóstico previo en la población de 20 y más años aumentó dos puntos porcentuales de la Ensanut 2012 con 16.6 % a la Ensanut 2018 con un 18.4 %, esta afección es más frecuente en hombres que en mujeres, y a mayor edad la prevalencia de hipertensión se incrementa (ENSANUT, 2018). Esta afección en su fase inicial no presenta síntomas, por lo que la mayoría de las personas no saben que son hipertensas y las complicaciones pueden ser graves si no se detecta y controla a tiempo.

El sistema renina angiotensina (RAS) es el encargado del equilibrio de los líquidos y regular la presión arterial. Dentro de este sistema, el angiotensinógeno liberado del hígado (Young *et al.*, 2013) es convertido en angiotensina I por la acción de la renina secretada por el riñón (Choe *et al.*, 2019). La enzima convertidora de angiotensina (ECA), es una metalopeptidasa Zn^{4+} y una dicarboxipeptidasa que tiene un papel clave en el RAS (Arshad *et al.*, 2019). La angiotensina I es convertida por la ECA a angiotensina II mediante la ruptura de su residuo dipéptido del extremo C-terminal. Entonces la presencia de angiotensina II desencadenará la secreción de aldosterona, lo que da como resultado un aumento de la resorción de sal y agua, así como la constricción de la arteria y consecuentemente el aumento de la presión arterial (Chen *et al.*, 2009). Además, la ECA es capaz de degradar a la Bradicinina, la cual es un potente vasodilatador, a un péptido inactivo (Margolius, 1996). El RAS puede ser regulado por medio de los inhibidores de la ECA (Choe *et al.*, 2019). Por lo que se considera que la inhibición de la ECA es un procedimiento útil en la prevención y el tratamiento de la hipertensión (Ghassem *et al.*, 2014).

Algunos inhibidores de la ECA sintéticos como captopril, enalapril, lisinopril y termocapril se utilizan para el tratamiento antihipertensivo, pero estos medicamentos producen efectos secundarios (Kim y Wijesekara, 2010). Por lo anterior, se han realizado diversos estudios sobre la búsqueda de inhibidores de la ECA naturales para reducir el efecto secundario de estos medicamentos (Winarti *et al.*, 2019). Las proteínas de la carne pueden conducir a una terapia nutracéutica que disminuya los problemas de salud o hasta puede prevenir la hipertensión. Sin embargo, el consumo excesivo de carne, más que el consumo diario regular, puede conducir a resultados no deseados que afectan los mecanismos del cuerpo humano, como el aumento de ácido úrico (Ahhmed y Muguruma, 2010).

4.7 Estudios realizados en carne con propiedad inhibidora de la ECA

Permadi *et al.* (2019) informaron que la carne de conejo hidrolizada con enzimas proteasas, obtuvieron valores de actividad inhibidora de la ECA de 40.69, 65.45 y 47.83 %, para pepsina, tripsina y pancreatina, respectivamente. También se reporta que la más alta capacidad inhibitoria de la ECA, se obtuvo en la hidrólisis con la enzima tripsina con un total de 65.45 % de inhibición de la ECA e IC₅₀ de 170 µg/mL. Por lo que, informaron que el hidrolizado de carne de conejo mostró potencial para ser un inhibidor de la ECA después de hidrolizarse con pepsina, tripsina y pancreatina. Por otro lado, Takeda *et al.* (2020) mencionaron que la carne de animales de caza es un alimento que se cree que potencialmente ofrece altas bioactividades, particularmente antihipertensivas; en este estudio se compararon las actividades inhibitorias de la ECA de carne cocida de venado y jabalí con carne cocida de res y cerdo, obteniendo mayor potencial en la carne de venado digerida con las enzimas pepsina/tripsina/pancreatina, con valores de 89.38± 5.57 % de inhibición de la ECA e IC₅₀ de 0.30± 0.09 mM. Así demostraron que la carne de venado tiene actividad inhibitoria de la ECA, y se puede describir como altamente bioactiva, con bajo contenido de grasas, colesterol y alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados. Otro estudio realizado por Winarti *et al.* (2019) registraron que al hidrolizar proteína de pato Mojosari y Magelang usando una enzima proteasa microbiana, pepsina y tripsina, aumentó la concentración de proteína soluble debido al proceso de hidrólisis, así mismo encontraron que el hidrolizado de carne de pato Magelang utilizando tripsina obtuvieron valores de la actividad inhibitoria de la ECA de 83.9 % e IC₅₀ de 22 µg/mL, por lo que este hidrolizado tuvo mejor potencial como inhibidor de la ECA.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Lugar de estudio

El estudio se realizó en el Módulo de Investigación Pecuaria y en el Laboratorio de Nutrición Animal del Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicados en Montecillo, Texcoco, Estado de México. También se tuvo el apoyo del laboratorio del Departamento de Ciencias de la Alimentación de la Universidad Autónoma Metropolitana- Unidad Lerma, Estado de México y del laboratorio del Posgrado en Producción Animal de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.

5.2 Distribución de los tratamientos

Se utilizaron cuarenta y cinco cabritos machos de la raza Pastoreña con un peso inicial de 4.6 ± 1.14 kg de 30 días de edad, provenientes de la Mixteca de Oaxaca: San Marcos Arteaga, Paso de piedra y La Reforma. Los neonatos consumieron calostro los primeros días de vida. Posteriormente arribaron a la granja experimental del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Asimismo, el manejo de los animales se llevó a cabo con base al reglamento para el uso y cuidado de animales destinados a la investigación en el Colegio de Postgraduados. El periodo de adaptación fue de siete días y fueron alimentados exclusivamente con leche de cabra proveniente del rancho el Acicate de Querétaro, Querétaro. Los tratamientos se formaron por grupos de 15 animales, asignados al azar, pertenecieron a los siguientes: a) Grupo testigo: Cabritos sin Se; b) Grupo con Selenito de sodio: Cabritos con 0.25 mg de Selenito de sodio/kg de peso vivo del animal, inyectado subcutáneamente dosis única y Grupo con Selenometionina: Cabritos con una dosis oral de 0.3 mg de Selenometionina/kg de peso vivo del animal. Los animales de cada grupo se dividieron al azar en los 3 tiempos de muestreo y fueron alojados en jaulas metabólicas de adbesto con piso de tarima de madera, con medidas de 1.2 x 1.2 m. Se colocaron lámparas infrarrojas, con el fin de mantener la temperatura en un intervalo de 12 a 20 °C. La leche se calentó a 38 °C, y se ofreció *ad libitum* en botella de plástico con biberón, incidiendo con cada uno de los animales, en los horarios de 8 am y 5 pm, proporcionando alimento a los cabritos 2 veces al día.

5.3 Obtención de las muestras de carne de cabrito

A los 7, 14 y 21 días después de iniciar el experimento con los tratamientos, 5 cabritos de cada grupo fueron sacrificados de acuerdo a la norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domesticos y silvestres. Después las canales de los cabritos se enfriaron a 4 °C por 4 h. Posteriormente se tomaron muestras de carne fresca del músculo *bíceps femoris*. Las muestras se recolectaron en bolsas de plástico transparente Ziploc® de 26.8 cm x 27.3 cm, se identificaron, sellaron y se conservaron a -18 °C, hasta su posterior análisis.

5.4 Análisis químico de la carne

El análisis químico de la carne se determinó mediante los métodos oficiales de la AOAC (2005) que comprenden: a) Humedad (método 934.01) por pérdida de peso después de secar la muestra a 100 o 110 °C por 18 h; b) Proteína total (método 2001.11) por el método de micro Kjeldahl mediante digestión de la muestra con ácido sulfúrico y enseguida una destilación con hidróxido de sodio y se utilizó 6.25 como factor de conversión de nitrógeno a proteína; c) La grasa (método 920.39) se determinó por el método de extracción continua en un sistema Goldfish utilizando éter de petróleo como disolvente, d) Cenizas (método 942.05), por incineración a 600 °C hasta la pérdida total de la materia orgánica. Las determinaciones se realizaron por duplicado para cada muestra de carne.

5.5 Análisis químico del hígado de cabrito

El contenido de proteína, grasa, humedad y colágeno de las muestras de hígado se determinaron de acuerdo con la metodología de Anderson (2007), utilizando el espectrofotómetro (FoodScan™ Lab, Suecia). Cada una de las muestras de hígado de los animales, se mezclaron para obtener una sola muestra compuesta de cada tratamiento (Control, Selenometionina, Selenito de sodio) a los tiempos (7, 14 y 21 días). Se molieron y homogeneizaron 200 g de hígado utilizando una picadora de carne eléctrica (99598, China), después la muestra se colocó en la copa de vidrio del FoodScan, enseguida se insertó dentro del soporte del equipo y se realizaron tres lecturas por muestra.

5.6 Obtención del concentrado proteínico de la carne de cabrito

Inicialmente se realizó el proceso de liofilización de las muestras de carne de cabrito usando una liofilizadora modelo LABCONCO, FreeZone 6, a una temperatura de -51 °C, a una presión de 0.120 mBar por 48 h. Al término de la liofilización las muestras se procesaron en un molino de café (Hamilton Beach®, China) durante 30 seg, y enseguida se depositaron en bolsa Ziploc® 16.5 x 14.9 cm, se almacenaron en un recipiente hermético y se congelaron a -20 °C. Posteriormente, las muestras se desgrasaron por el método de Soxhlet, se colocaron 4 g de cada muestra liofilizada en cada cartucho y se desgrasó con éter de petróleo, con reflujo constante durante 4 h. Después cada una de las muestras de cada animal fueron mezcladas obteniendo una muestra compuesta por tratamiento (Control, Selenometionina, Selenito de sodio) a los tiempos de muestreo (7, 14 y 21 d), éstas se almacenaron en una bolsa Ziploc® 16.5 x 14.9 cm, se colocaron en un recipiente hermético y se congelaron a -20 °C. Hasta su análisis.

5.7 Preparación de los hidrolizados de carne de cabrito

La hidrólisis enzimática se realizó de acuerdo con la metodología descrita por Escudero *et al.* (2010) con modificaciones. Se pesaron 4 g de muestra del concentrado proteínico de carne de cabrito y se suspendieron en 43 mL de agua destilada. Enseguida, la mezcla se ajustó a pH 2.0, el cual se mantuvo constante con la adicción de HCl 0.1 M, a temperatura de 37 °C por 30 min y con agitación constante. Se adicionó la enzima pepsina (P7000, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) con una proporción enzima:sustrato de 1:100, a dos tiempos de reacción, T0: cero horas de reacción y T1: 2 horas de reacción. Después del proceso de hidrólisis, la enzima se inactiva por calentamiento a 95 °C durante 10 min. Los hidrolizados se almacenaron a 4 °C para la cuantificación de proteína por el método de Bradford, electroforesis y actividad inhibidora de la ECA.

5.8 Determinación de grado de hidrólisis por medio del método pH-Stat

Este método se realizó simultáneamente con la hidrólisis enzimática, el método pH-Stat es el método más utilizado de grado de hidrólisis (DH) debido a su facilidad de aplicación (Fernández *et al.*, 2016). Durante la preparación de los hidrolizados de carne, las muestras se titularon con HCl 0.1 M para mantener el pH constante durante el periodo

de hidrólisis. El DH se calculó como se muestra en la ecuación 1 (Adler-Nissen, 1979; Fernandez y Kelly, 2016).

$$DH(\%) = \left[\frac{\beta \times Nb}{\alpha \times Mp \times Htot} \right] \times 100 \quad (1)$$

Dónde: β : es el volumen de la solución de ácido clorhídrico (mL) añadida durante la reacción de hidrólisis, Nb : es la molaridad de la solución del ácido clorhídrico (mol/L), Mp : es el total de proteína en la reacción (g), $Htot$: el número total de enlaces peptídicos en el sustrato (meq/g) y α : es el grado promedio de disociación de los grupos a- amino liberados durante la hidrólisis.

Los valores de las constantes $Htot= 7.6$ y $\alpha=1$ correspondientes a proteínas de la carne, fueron tomados según lo reportado por Nielsen (2001).

5.9 Cuantificación de proteína de los hidrolizados de carne de cabrito

Se cuantificó la proteína para los dos tiempos de reacción de hidrólisis empleando la metodología propuesta por Bradford (1976). El primer paso, se elaboró una curva de calibración a partir de una solución de albúmina de suero bovino (BSA) a una concentración de 1 mg/mL. Se pesaron 10 mg de albúmina de suero bovino (B4287, Sigma- Aldrich, USA) y se disolvieron en 10 mL de agua destilada y se homogenizó la solución en vórtex. A partir de esta solución se prepararon diferentes concentraciones a 0.75, 0.5, 0.25, 0.125 y 0.062 mg/mL llevándolas a un volumen final de 2 mL. Posteriormente, a 10 μ L de cada una de las concentraciones de BSA o de muestra del hidrolizado de carne de cabrito a los dos tiempos de hidrólisis, se les adicionaron 100 μ L de reactivo de Bradford (B6916, Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA) en una placa de 96 pozos. Se mantuvo en la obscuridad por 10 min a 20 °C y se midió la absorbancia a una longitud de onda de 595 nm usando un lector de microplacas (Multiskan Go, Thermo Scientific).

5.10 Electroforesis Tricina-SDS-PAGE

El perfil electroforético de las muestras se evaluó mediante el método Tricine-SDS-PAGE (Shäegger, 2006). A 10 μ L de muestra (concentrados de proteína sin hidrolizar y hidrolizados a los dos tiempos de reacción) se le adicionaron 25 μ L de solución buffer 4x (TruPAGE 4x PCG3009, Sigma Aldrich) y 65 μ L de agua destilada, se agitó en vortex hasta homogeneizar y enseguida se llevó a baño María a 70°C por 10 min y después se enfrió en agua con hielo. Se utilizaron geles prefabricados TruPAGE (PCG2012-10EA; Sigma Aldrich Co. LLC, St. Louis, MO EE. UU.), en una concentración de gel en gradiente 4-20 % con 17 pozos. En cada pozo se colocaron 10 μ L de muestra preparada como se mencionó anteriormente y se corrió a 120 V (25 mA) en una unidad de electroforesis Mighty Small II SE 250 (Hoeffer, USA.), durante 60 min. La tinción de los geles se realizó utilizando Commassie Brilliant Blue R-250 (Biorad 1610400) durante 30 min y finalmente se destiñeron con una solución de etanol al 50%.

5.11 Actividad inhibidora de la ECA

La actividad inhibidora de la enzima convertidora de angiotensina I en los hidrolizados se analizó siguiendo la metodología descrita por Hayakari *et al.* (1978). La ECA hidroliza hipuril-L-histidil-L-leucina (HHL) para producir ácido hipúrico e histidil-leucina. Este método se basa en la reacción colorimétrica del ácido hipúrico con 2, 4, 6-tricloro-s-triazina (TT). Se preparó una mezcla de amortiguadores de pH de fosfato de potasio 40 mM y de cloruro de sodio 300 mM ajustado a pH 8.3 con HCl 0.1M. De igual manera, se preparó una solución buffer de fosfato de potasio 0.2 M ajustado a pH 8.3. Así mismo, en 4 mL de mezcla de amortiguadores de pH se le adicionó 12 mg de HHL para obtener una solución de HHL al 0.3 % (p/v). También, se preparó una solución estándar de ECA Unidades de enzima/mL disolviendo la enzima en 1 mL de agua desionizada, se tomaron 100 µL de esta solución y se le adicionaron 99 µL de agua desionizada para obtener una solución de 100 mU de enzima/mL.

En seguida se determinó la actividad biológica de los hidrolizados de carne de cabrito. En un tubo Eppendorf se colocaron 40 µL de la muestra (concentrados de proteína sin hidrolizar e hidrolizados a los dos tiempos de reacción) y 20 µL de solución de ECA 100 mU de enzima/mL, se agitó en vortex y se preincubó a 37 °C por 5 min. Después se adicionaron 100 µL de la solución HHL y se incubó a 37 °C durante 45 min. La reacción finalizó añadiendo 360 µL de solución TT en dioxano y 720 µL de bufer de fosfato de potasio 0.2 M ajustado a pH 8.3. Enseguida, la mezcla de reacción se agitó en vortex y se centrifugó a 10000 g por 10 min. Posteriormente, se midió la absorbancia a una longitud de onda de 382 nm usando un lector de microplacas (Multiskan Go, Thermo Scientific). La actividad inhibidora de la ECA se calculó utilizando la ecuación 2.

$$\% \text{ Actividad inhibidora de la ECA} = \frac{(\text{AbsW} - \text{AbsB})}{(\text{AbsB} - \text{AbsS})} \times 100 \quad (2)$$

Dónde: AbsW es la absorbancia del testigo; AbsB es la absorbancia del blanco; AbsS es la absorbancia de las muestras con reactivos.

5.12 Análisis estadístico

El análisis de los datos obtenidos se realizó utilizando un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 3, considerando como factores los tratamientos con selenio (sin Se, selenometionina o selenito de sodio) y los tiempos de muestreo (7, 14 y 21 días). Los tratamientos y las medidas repetidas en el tiempo, se analizaron con el procedimiento PROC MIXED de SAS 9.0, contemplando el tratamiento y el tiempo como efectos fijos. Las diferencias entre medias fueron evaluadas mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia igual o menor al 5%. Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + t_j + (T * t)_{ij} + E_{ijk},$$

Dónde:

Y_{ijk} = variable de respuesta

μ = media general

T_i = efecto del tratamiento (Testigo, Selenometionina, Selenito de sodio)

t_j = efecto del tiempo (7, 14 y 21 días)

$(T * t)_{ij}$ = efecto de la interacción entre el tratamiento y el tiempo

E_{ijk} = error aleatorio.

VI. RESULTADOS

6.1 Composición química de la carne de cabrito

La composición química de la carne de cabrito del músculo *Biceps femoris* se muestra en el Cuadro 4. El contenido de humedad no fue diferente por efecto del tratamiento ni del tiempo de muestreo ($P > 0.05$). Sin embargo, la humedad del tratamiento Testigo incrementó 2.2 unidades porcentuales desde los 7 hasta 21 d, mientras el tratamiento con selenometionina disminuyó 5.6 unidades desde el día 7 hasta 21. El promedio general para el contenido de humedad fue de 76.85 %, existiendo una interacción entre los tratamientos, aunque estadísticamente los datos no permitan reflejar esa interacción, pero fisiológicamente el contenido de agua es mayor en un animal joven comparado con un adulto.

En el día 7 de muestreo, los tratamientos que recibieron Se mejoraron en 5.7 % el contenido de proteína a diferencia del Testigo ($P \leq 0.05$). En el día 14 el contenido de proteína no mostró diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$). Para el día 21 el contenido de proteína sólo mejoró en 29.7 % con selenometionina ($P \leq 0.05$). Sin embargo, el contenido de proteína en el tratamiento con selenometionina en los cabritos incrementó 2.9 unidades porcentuales a lo largo de los días de muestreo. En los tratamientos control y selenito de sodio el contenido de proteína no difirió ($P > 0.05$) entre los tiempos de muestreo. El promedio general para la proteína fue de 16.4 %, existiendo una interacción ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos, debido a que la selenometionina mejoró la concentración de proteína en la carne, lo cual pudo deberse a la acción antioxidante de las selenoproteínas, evitando la peroxidación de los fosfolípidos de las membranas de los miocitos, por ende hay desarrollo muscular y mejoramiento de la concentración de proteínas en la carne (Sun *et al.*, 2019).

Por otro lado, el contenido de grasa disminuyó 6.5 % con los tratamientos dosificados con Se a diferencia del Testigo ($P \leq 0.05$) en el día 7 de muestreo. También, en el día 14 la grasa disminuyó en 0.15 % en los tratamientos con dosis de Se frente al Testigo ($P \leq 0.05$). Aunque a los 21 d, el contenido de grasa mejoró en 37.64 % en los tratamientos con selenometionina y selenito de sodio a diferencia del Testigo ($P \leq 0.05$). Para el

tratamiento Testigo hubo diferencias significativas entre los tiempos de muestreo, así el contenido de grasa fue mayor a los 14 d ($P \leq 0.05$), igualmente con el tratamiento con selenito de sodio, donde el mayor contenido de grasa se presentó a los 14 días de muestreo. En el tratamiento con selenometionina la grasa incrementó 1.9 unidades desde los 7 hasta 21 días. El contenido de grasa promedio general fue de 2.83 %.

El contenido de cenizas en la carne de cabrito disminuyó 0.9% en los tratamientos con dosis de Se a diferencia del control ($P \leq 0.05$) en el 7d. En contraste, en el día 14 el contenido de cenizas incrementó 0.9 % en los tratamientos diferentes al control. En el 21 d el contenido de cenizas incrementó 15.3 % en los tratamientos con dosis de Se a diferencia del control. El tratamiento control mostró el menor contenido de ceniza en el 21 d ($P \leq 0.05$) comparado con los demás tiempos de muestreo. En el tratamiento con dosis de selenometionina en cabritos, las cenizas tuvieron un ligero aumento de 0.15 unidades desde el día 7 hasta 21d. Mientras que para el tratamiento con selenito de sodio el contenido de ceniza disminuyó 0.05 unidades desde a lo largo de los días de muestreo. El promedio general para el contenido de ceniza en la carne de cabrito fue de 1.06 %, existiendo una interacción ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos, el mayor contenido de cenizas se obtuvo con selenometionina, cuando la selenometionina no es metabolizada inmediatamente se incorpora a órganos con altas tasas de síntesis de proteínas como lo es el musculo esquelético y también en los eritrocitos. El nivel de Se incrementa en el tejido y posiblemente incremente el contenido de minerales en la carne.

Cuadro 4. Composición química de la carne del músculo Biceps femoris del cabrito (media \pm EE).

Característica (% base húmeda) / Tratamientos	Días de muestreo			Promedio
	7	14	21	
Humedad				
Testigo	77.00 \pm 0.30 ^{ax}	77.09 \pm 2.09 ^{ax}	79.20 \pm 1.15 ^{ax}	77.76 \pm 0.77 ^x
Selenometionina	78.07 \pm 0.65 ^{ax}	76.75 \pm 0.46 ^{ax}	72.48 \pm 4.42 ^{ax}	75.77 \pm 1.58 ^x
Selenito de sodio	77.42 \pm 0.02 ^{ax}	76.41 \pm 0.52 ^{ax}	77.24 \pm 0.48 ^{ax}	77.02 \pm 0.27 ^x
Promedio	77.50 \pm 0.27	76.75 \pm 0.58	76.31 \pm 1.73	
Proteína				
Testigo	14.95 \pm 0.44 ^{ax}	15.57 \pm 0.23 ^{ax}	14.26 \pm 0.10 ^{ax}	14.93 \pm 0.27 ^x
Selenometionina	16.49 \pm 0.35 ^{ay}	16.78 \pm 0.12 ^{bx}	19.43 \pm 0.28 ^{cy}	17.57 \pm 0.61 ^y
Selenito de sodio	15.12 \pm 0.13 ^{axy}	16.11 \pm 0.15 ^{ax}	15.69 \pm 0.20 ^{ax}	15.64 \pm 0.20 ^z
Promedio	15.52 \pm 0.34	16.15 \pm 0.23	16.46 \pm 0.98	
Grasa				
Testigo	2.23 \pm 0.02 ^{ax}	3.13 \pm 0.00 ^{bx}	2.59 \pm 0.04 ^{cx}	2.65 \pm 0.17 ^x
Selenometionina	1.77 \pm 0.003 ^{ay}	2.49 \pm 0.02 ^{by}	3.68 \pm 0.06 ^{cy}	2.64 \pm 0.35 ^x
Selenito de sodio	2.40 \pm 0.56 ^{ax}	3.78 \pm 0.04 ^{bz}	3.45 \pm 0.09 ^{cyz}	3.21 \pm 0.27 ^x
Promedio	2.13 \pm 0.12	3.13 \pm 0.24	3.24 \pm 0.21	
Cenizas				
Testigo	1.09 \pm 0.001 ^{axy}	1.06 \pm 0.004 ^{axy}	0.98 \pm 0.009 ^{bxy}	1.04 \pm 0.02 ^y
Selenometionina	1.10 \pm 0.005 ^{axz}	1.09 \pm 0.004 ^{axz}	1.25 \pm 0.008 ^{bz}	1.14 \pm 0.03 ^x
Selenito de sodio	1.06 \pm 0.008 ^{axy}	1.06 \pm 0.008 ^{axy}	1.01 \pm 0.004 ^{bxy}	1.04 \pm 0.01 ^y
Promedio	1.08 \pm 0.008	1.07 \pm 0.007	1.08 \pm 0.05	

a, b, c Medias con distinta literal en la misma fila indican diferencias entre los días de muestreo ($P \leq 0.05$).

x, y, z Medias con distinta literal en la misma columna indican diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$).

6.2 Composición química del hígado de cabrito

Los resultados de la humedad, proteína, grasa y colágeno de las muestras de hígado de cabrito se muestran en el Cuadro 5. En el día 7 el contenido de humedad incrementó en un 3.1 % en los tratamientos selenometionina y selenito de sodio frente a el Testigo ($P \leq 0.05$). También en el día 14 los tratamientos con dosis de Se mejoró en un 1.7 % la humedad a diferencia al Testigo. En el día 21 los tratamientos con Se incrementó un 0.04 % el contenido de humedad frente al Testigo. El contenido de humedad en el Testigo tuvo diferencias significativas entre los tiempos de muestreo, debido a que la humedad varió 2.03 unidades porcentuales desde el día 7 hasta 21 d ($P \leq 0.05$). En el hígado del tratamiento con selenometionina, los contenidos de humedad a los días 14 y 21 fueron

similares pero diferentes con 7d. En las muestras de hígado de los cabritos con dosis de selenito de sodio, el contenido de humedad varió 1.01 unidades porcentuales desde el día 7 hasta 21d. El promedio general para la humedad en el hígado de cabritos fue 66.22 %.

En el día 7 el contenido de proteína disminuyó en un 12.2 % en los tratamientos con Se a diferencia del Testigo ($P \leq 0.05$). También el contenido de proteína disminuyó un 7.51 % en los tratamientos con selenometionina y selenito de sodio frente a el Testigo. Pero en las muestras de hígado en el 21 d, el contenido de proteína mejoró en un 5.4 % con los tratamientos con Se frente a el Testigo. La proteína en las muestras de hígado de cabrito con el Testigo tuvo diferencias significativas entre los tiempos de muestreo ($P \leq 0.05$), el menor valor del contenido de proteína se presentó en el 21 d. La concentración de proteína disminuyó 1.8 unidades porcentuales con el tratamiento selenometionina desde 7 hasta 21 d. Mientras que para el tratamiento con selenito de sodio incrementó 0.76 unidades porcentuales desde los 7 hasta 21d. El promedio general para la proteína en el hígado de cabrito fue de 21.48 %.

La dosis de Se en cabritos afectó el contenido de grasa en el hígado ($P \leq 0.05$). En el día 7, la grasa disminuyó 21.47 % en los tratamientos con dosis de Se a diferencia del Testigo. Así, para el día 14 el contenido de grasa disminuyó 31.8 % con los tratamientos con Se a diferencia del Testigo. Pero en el día 21, los tratamientos con Se mejoraron en un 34.6 % el contenido de grasa a diferencia del Testigo. En el tratamiento Testigo el contenido de grasa fue menor con el día 21. Con el tratamiento selenometionina presentó el menor valor de contenido de grasa en el día 14. Mientras que el selenito de sodio incrementó en 1.19 unidades porcentuales el contenido de grasa desde los 7 hasta los 21 d. El promedio general fue de 3.5 % de contenido de grasa en las muestras de hígado de cabrito.

En el día 7, los tratamientos con Se incrementaron en un 29.6 % el contenido de colágeno a diferencia del Testigo ($P \leq 0.05$), mientras que para los demás días de muestreo el colágeno no tuvo diferencias significativas ($P > 0.05$). El promedio general del contenido de colágeno en las muestras de hígado de cabrito fue de 1.80 %.

Cuadro 5. Composición química del hígado de cabrito (media \pm E.E).

Característica (% base húmeda) / Tratamiento	Días de muestreo			Promedio
	7	14	21	
Humedad				
Testigo	64.39 \pm 0.14 ^{ax}	65.71 \pm 0.11 ^{bx}	66.42 \pm 0.07 ^{cx}	65.51 \pm 0.31 ^x
Selenometionina	65.81 \pm 0.10 ^{ay}	67.20 \pm 0.11 ^{by}	66.94 \pm 0.04 ^{by}	66.65 \pm 0.22 ^x
Selenito de sodio	66.98 \pm 0.05 ^{az}	66.53 \pm 0.13 ^{abz}	65.97 \pm 0.009 ^{bx}	66.50 \pm 0.15 ^x
Promedio	65.73 \pm 0.38	66.48 \pm 0.22	66.45 \pm 0.14	
Proteína				
Testigo	24.25 \pm 0.14 ^{ax}	22.91 \pm 0.08 ^{bx}	19.69 \pm 0.013 ^{cx}	22.28 \pm 0.68 ^x
Selenometionina	22.08 \pm 0.03 ^{ay}	21.59 \pm 0.01 ^{by}	20.26 \pm 0.03 ^{cy}	21.31 \pm 0.27 ^x
Selenito de sodio	20.51 \pm 0.01 ^{az}	20.80 \pm 0.04 ^{az}	21.27 \pm 0.17 ^{bz}	20.86 \pm 0.12 ^x
Promedio	22.28 \pm 0.54	21.77 \pm 0.30	20.41 \pm 0.24	
Grasa				
Testigo	4.38 \pm 0.02 ^{ax}	4.61 \pm 0.05 ^{bx}	2.71 \pm 0.03 ^{cx}	3.90 \pm 0.30 ^x
Selenometionina	4.03 \pm 0.05 ^{ay}	2.66 \pm 0.02 ^{by}	3.25 \pm 0.04 ^{cy}	3.31 \pm 0.20 ^x
Selenito de sodio	2.86 \pm 0.01 ^{az}	3.63 \pm 0.03 ^{bz}	4.05 \pm 0.02 ^{cz}	3.51 \pm 0.18 ^x
Promedio	3.76 \pm 0.23	3.63 \pm 0.28	3.33 \pm 0.20	
Colágeno				
Testigo	1.52 \pm 0.09 ^x	1.47 \pm 0.02	1.94 \pm 0.18	1.64 \pm 0.10 ^x
Selenometionina	1.90 \pm 0.06 ^{xy}	1.90 \pm 0.05	1.86 \pm 0.02	1.89 \pm 0.03 ^x
Selenito de sodio	2.04 \pm 0.13 ^y	1.91 \pm 0.11	1.71 \pm 0.02	1.89 \pm 0.07 ^x
Promedio	1.82 \pm 0.09	1.76 \pm 0.08	1.83 \pm 0.06	

a, b, c Medias con distinta literal en la misma fila indican diferencias entre los días al sacrificio de los cabritos ($P \leq 0.05$).

x, y, z Medias con distinta literal en la misma columna indican diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$).

6.3 Grado de hidrólisis

La hidrólisis enzimática del concentrado proteico de la carne de cabrito con la enzima pepsina se muestra en el Cuadro 6. El grado de hidrólisis se afectó por los tratamientos y los tiempos de muestreo ($P \leq 0.05$). En el día 7, los tratamientos con dosis de Se en cabritos disminuyeron 0.92 % el grado de hidrólisis frente al Testigo; de igual manera, para el día 14 los tratamientos con dosis de Se disminuyeron en un 14.24 % el grado de hidrólisis frente a el Testigo. Mientras que en el día 21 los tratamientos con dosis de Se incrementaron en 9 % el grado de hidrólisis a diferencia del Testigo. El concentrado proteico de carne de cabrito con el tratamiento Testigo presentó el mayor valor (12.22 %) de grado de hidrólisis en el día 14 ($P \leq 0.05$). Mientras que el menor valor de grado de hidrólisis se obtuvo con la selenometionina en el 7 d. El Grado de Hidrólisis promedio fue de 10.34 %.

Cuadro 6. Porcentaje de grado de hidrólisis de los concentrados proteínicos de carne de cabrito (media \pm E.E).

Tratamiento	Días de muestreo			Promedio
	7	14	21	
Testigo	9.81 \pm 0.04 ^{ax}	12.22 \pm 0.02 ^{bx}	9.66 \pm 0.01 ^{ax}	10.56 \pm 0.53 ^x
Selenometionina	9.38 \pm 0.06 ^{ay}	10.35 \pm 0.01 ^{by}	10.10 \pm 0.03 ^{cy}	9.94 \pm 0.19 ^x
Selenito de sodio	10.07 \pm 0.04 ^{az}	10.61 \pm 0.08 ^{bz}	10.96 \pm 0.04 ^{cz}	10.54 \pm 0.17 ^x
Promedio	9.75 \pm 0.13	11.06 \pm 0.37	10.24 \pm 0.24	

a, b, c Medias con distinta literal en la misma fila indican diferencias entre los días al sacrificio de los cabritos ($P \leq 0.05$); ^{x, y, z} Medias con distinta literal en la misma columna indican diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$).

6.4 Concentración de proteína

La concentración de proteína de la carne de cabrito antes y después de la hidrólisis con pepsina se muestra en el Cuadro 7. Hubo efecto significativo para el día 7 de muestreo ($P \leq 0.05$) entre tratamientos ya que la concentración de proteína incrementó 0.2 % en los tratamientos con selenometionina y selenito de sodio en comparación con el Testigo. En el día 14 la concentración de proteína mejoró 0.5 % con los tratamientos complementados con Se ($P \leq 0.05$). La concentración de proteína incrementó 18.38 % en los tratamientos con Se a diferencia del Testigo a los 21 d. En los tratamientos Testigo y selenometionina la concentración de proteína fue mayor ($P \leq 0.05$) en el día 7 comparado con la observada a los 14 y 21 d. Mientras que en el tratamiento con selenito de sodio no hubo diferencias entre los días de muestreo ($P > 0.05$). La concentración de proteína promedio fue de 1.95 mg/mL para antes de la reacción de hidrólisis.

La concentración de proteína a los 7 d mejoró 11.53 % sólo en los tratamientos donde los cabritos recibieron Se ($P \leq 0.05$). En los tratamientos con Se la concentración de proteína disminuyó 8.31 % frente al Testigo en 14 d. En los hidrolizados de carne de cabrito con tratamiento de Se incrementó 16.6 % la concentración de proteína para los 21 d. En el tratamiento Testigo la concentración de proteína fue superior ($P \leq 0.05$) a los 7 d comparado con los demás días de muestreo. El tratamiento con selenometionina presentó el mayor valor de proteína en el día 7. La concentración de proteína fue mayor en el día 7 a diferencia de los 14 y 21 d. El promedio de la concentración de proteína global después de 2 horas de reacción de hidrólisis fue de 0.12 mg/mL.

Cuadro 7. Concentración de proteína (mg/mL) en los hidrolizados proteínicos de carne de cabrito (media ± E.E).

Tratamiento	Días de muestreo			Promedio
	7	14	21	
Antes de hidrólisis				
Testigo	2.23 ± 0.02 ^{ax}	1.88 ± 0.008 ^{bx}	1.55 ± 0.02 ^{cx}	1.89 ± 0.09 ^x
Selenometionina	2.59 ± 0.043 ^{ay}	1.94 ± 0.05 ^{bx}	1.83 ± 0.01 ^{bcy}	2.12 ± 0.12 ^x
Selenito de sodio	1.88 ± 0.016 ^{az}	1.84 ± 0.02 ^{ax}	1.84 ± 0.02 ^{ayz}	1.85 ± 0.01 ^x
Promedio	2.23 ± 0.10	1.89 ± 0.02	1.74 ± 0.05	
Después de hidrólisis				
Testigo	0.13 ± 0.002 ^{ax}	0.12 ± 0.001 ^{bx}	0.09 ± 0.00 ^{cx}	0.11 ± 0.004 ^x
Selenometionina	0.16 ± 0.001 ^{ay}	0.12 ± 0.001 ^{by}	0.10 ± 0.001 ^{cy}	0.13 ± 0.008 ^x
Selenito de sodio	0.13 ± 0.002 ^{az}	0.10 ± 0.00 ^{bz}	0.11 ± 0.00 ^{cz}	0.12 ± 0.004 ^x
Promedio	0.14 ± 0.005	0.12 ± 0.003	0.10 ± 0.003	

a, b, c Medias con distinta literal en la misma fila indican diferencias entre los días al sacrificio de los cabritos ($P \leq 0.05$); x, y, z Medias con distinta literal en la misma columna indican diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$); Antes de hidrólisis, indica el Tiempo = 0 horas de la reacción de hidrólisis; Después de hidrólisis indica el Tiempo = 2 horas después del inicio de la reacción de hidrólisis.

6.5 Electroforesis SDS-PAGE

El patrón electroforético antes de la hidrólisis de proteínas de carne de cabrito (0 horas de hidrólisis) se muestra en la Figura 1. El carril M muestra el estándar de proteínas de peso molecular conocido. En los carriles A - I se muestran los hidrolizados al tiempo cero de las proteínas de la carne de cabrito. Todos los hidrolizados mostraron bandas con peso molecular en el rango de 37.1 a 213.7 kDa, el patrón electroforético entre los tratamientos fue similar. En los carriles A-I, se obtuvieron bandas de proteína prominentes con pesos moleculares que oscilaron entre 178 y 213.7 kDa, también entre 69.1 y 85.1 kDa.

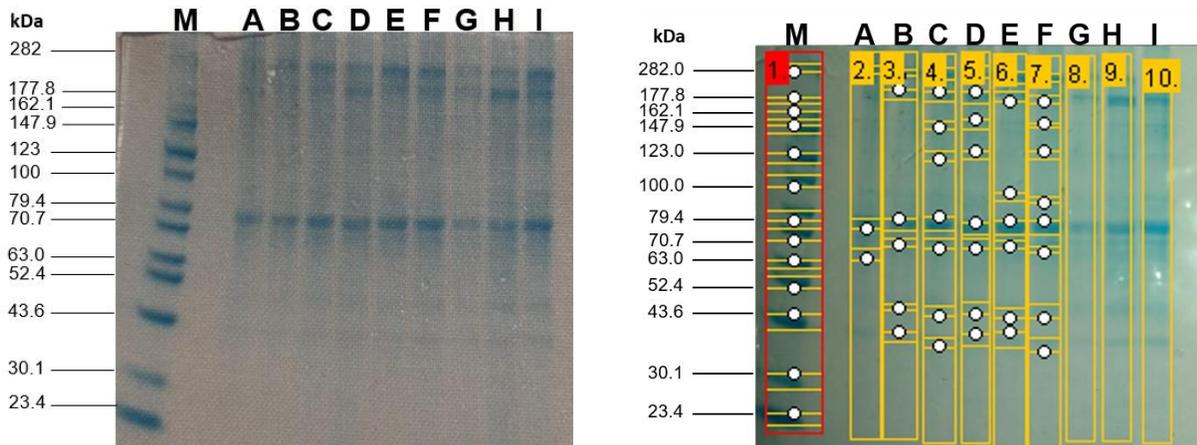


Figura 1. Análisis SDS-PAGE de proteínas de la carne de cabrito antes de la hidrólisis con pepsina. (M) marcador, (A) carne de cabrito sin Se a 7 d; (B) carne de cabrito con selenometionina a 7 d; (C) carne de cabrito con selenito de sodio a 7 d; (D) carne de cabrito sin Se a 14 d; (E) carne de cabrito con selenometionina a 14 d; (F) carne de cabrito con selenito de sodio a 14 d; (G) carne de cabrito sin selenio a 21 d; (H) carne de cabrito con selenometionina a 21 d y (I) carne de cabrito con selenito de sodio a 21 d.

En la Figura 2. Se muestra el patrón electroforético después de 2 horas de hidrólisis en la carne de cabrito con pepsina. Los carriles A - I se presentaron bandas de proteína en el rango de 23.4 a 186.2 kDa. Pero la mayor intensidad en bandas con bajo peso molecular se observó entre 23.44 y 27.5 kDa.

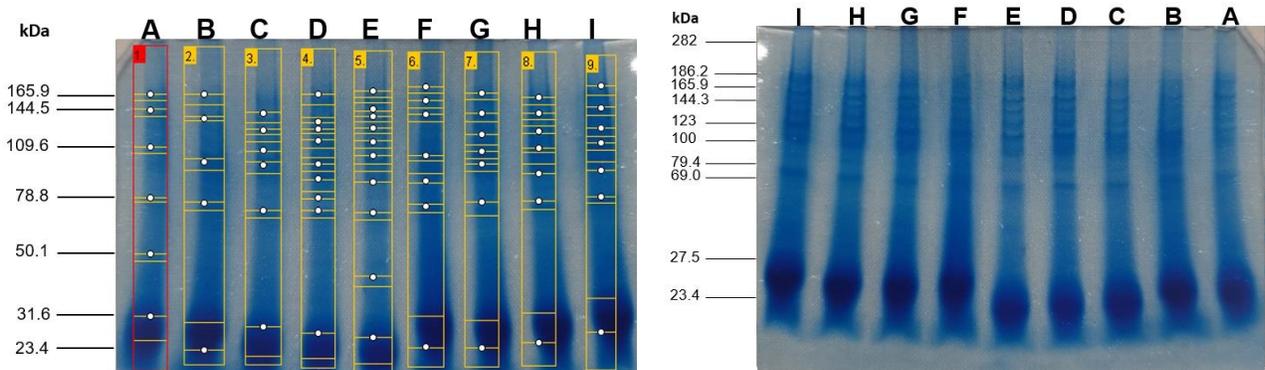


Figura 2. Análisis SDS-PAGE de proteínas de la carne de cabrito después de la hidrólisis con pepsina. (A) carne de cabrito sin Se a 7 d; (B) carne de cabrito con selenometionina a 7 d; (C) carne de cabrito con selenito de sodio a 7 d; (D) carne de cabrito sin Se a 14 d; (E) carne de cabrito con selenometionina a 14 d; (F) carne de cabrito con selenito de sodio a 14 d; (G) carne de cabrito sin selenio a 21 d; (H) carne de cabrito con selenometionina a 21 d y (I) carne de cabrito con selenito de sodio a 21 d.

6.6 Actividad inhibidora de la ECA del hidrolizado proteínico de carne de cabrito

El Cuadro 8 muestra los resultados de la actividad inhibidora de la ECA de los hidrolizados proteicos de carne de cabrito. El porcentaje de inhibición de la ECA no fue afectado ($P > 0.05$) por las dosis de Se en el día 7. Para el día 14 el porcentaje de inhibición de la ECA mejoró el doble, en los tratamientos con Se a diferencia del Testigo. En el día 21, los tratamientos con Se incrementaron 36.3 % la inhibición de la ECA frente al Testigo. En el grupo Testigo el mayor porcentaje de inhibición de la ECA se presentó el día 7. Para el tratamiento con selenometionina no hubo diferencias entre los tiempos de muestreo ($P > 0.05$). Con el tratamiento selenito de sodio el valor más alto de porcentaje de inhibición de la ECA fue el día 7. Cabe mencionar que el promedio observado en el tratamiento con selenometionina presentó el mayor porcentaje de inhibición de la ECA ($P \leq 0.05$).

Por otro lado, los resultados después de la hidrólisis también se vieron afectadas por los tratamientos y los tiempos de muestreo ($P \leq 0.05$). En el día 7, el porcentaje de inhibición de la ECA incrementó 1.5 % con los tratamientos con Se frente al Testigo. El porcentaje de inhibición de la ECA disminuyó 0.6 % con los tratamientos con Se, para el día 14. Para el día 21, la inhibición de la ECA mejoró 0.5 % con los tratamientos con Se.

Sin embargo, el porcentaje de inhibición de la ECA después de dos horas de hidrólisis con pepsina incrementó el porcentaje de inhibición de la ECA en todos los tratamientos comparados en 7, 14 y 21 días ($P \leq 0.05$) hasta 4, 6 y 5 veces, respectivamente. El porcentaje de inhibición del tratamiento Testigo incrementó hasta 6 veces después del proceso de hidrólisis; así mismo el tratamiento con selenometionina incrementó cuatro veces la inhibición de la ECA después de la hidrólisis enzimática, para el tratamiento con selenito de sodio se incrementó hasta cinco veces el porcentaje de inhibición después de dos horas de reacción de hidrólisis.

Cuadro 8. Porcentaje de inhibición de la ECA (media ± E.E) de los hidrolizados proteínicos de carne de cabrito obtenidos con pepsina.

Tratamiento	Días de muestreo			Promedio
	7	14	21	
Antes de hidrólisis				
Testigo	22.80 ± 1.03 ^a	9.17 ± 0.61 ^{bx}	16.19 ± 1.26 ^{cx}	16.05 ± 1.76 ^y
Selenometionina	25.55 ± 0.90	23.36 ± 0.94 ^y	24.18 ± 1.52 ^y	24.37 ± 0.66 ^x
Selenito de sodio	21.37 ± 0.36 ^a	14.88 ± 1.11 ^{bz}	19.99 ± 1.89 ^{abxy}	18.75 ± 1.08 ^y
Promedio	23.24 ± 0.68	15.80 ± 1.82	20.12 ± 1.28	
Después de hidrólisis				
Testigo	90.54 ± 0.03 ^{ax}	92.84 ± 0.06 ^{bx}	93.57 ± 0.06 ^{cx}	92.32 ± 0.40 ^x
Selenometionina	92.40 ± 0.01 ^{ay}	91.79 ± 0.06 ^{by}	93.76 ± 0.08 ^{cx}	92.65 ± 0.25 ^x
Selenito de sodio	91.51 ± 0.08 ^{az}	92.69 ± 0.06 ^{bx}	94.38 ± 0.05 ^{cy}	92.85 ± 0.358 ^x
Promedio	91.48 ± 0.23	92.44 ± 0.14	93.90 ± 0.10	

a, b, c Medias con distinta literal en la misma fila indican diferencias entre los días al sacrificio de los cabritos ($P \leq 0.05$); x, y, z Medias con distinta literal en la misma columna indican diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$); Antes de hidrólisis, indica el Tiempo= 0 horas de la reacción de hidrólisis; Después de hidrólisis indica el Tiempo = 2 horas después del inicio de la reacción de hidrólisis.

VII. DISCUSIÓN

7.1 Composición química de la carne e hígado de cabrito

Las dosificaciones de Se no tienen efecto sobre el contenido de humedad en la carne, otros estudios indicaron (Samo *et al.* 2018; Grossi *et al.*, 2021) que el suplemento de Se orgánico, selenito de sodio o levadura de Se en las dietas para cabras y bovinos no variaron el contenido de humedad en la carne. En referencia a la proteína, el mayor contenido se presentó con el tratamiento de selenometionina. Un aumento similar se reportó en carne de pollo cuando se alimentaron con diferentes fuentes de Se combinado con vitamina C en la dieta (Skřivan *et al.*, 2012). Fisiológicamente se sabe que el Se dietético eleva la actividad de la glutatión peroxidasa en el músculo e induce hipertrofia en las fibras tipo I del músculo esquelético (Samo *et al.*, 2018). En contraste, Vignola *et al.* (2009), citan que al alimentar corderos con dietas con Selenito de sodio a dosis de 0.3 mg/kg de Se o levadura de selenio en concentraciones 0.3 y 0.45 mg/kg, no afectó el contenido de proteína en la carne. Asimismo, otro estudio indica que el contenido de proteína en la carne no cambió en bovinos suplementados con diferentes fuentes de Se (Cozzi *et al.*, 2011).

En el presente estudio, los tratamientos con dosis de Se, aumentaron el contenido de grasa en el musculo *biceps femoris* de cabrito. Asimismo, Samo *et al.* (2018) reportaron un aumento del contenido de grasa en la carne de cabras obtenida del musculo *longissimus dorsi* con dietas complementadas con levadura de Se a una dosis de 0.3 mg/kg. Este efecto sobre la mayor cantidad de grasa en la carne, se puede atribuir a los efectos que el Se regula sobre una serie de acciones similares con la insulina, entre las cuales se incluye la síntesis de ácidos grasos (Stapleton, 2000). Mientras que, Netto *et al.* (2014) informaron que el suplemento de Se, alteró el metabolismo de los lípidos en ganado bovino, a través de una disminución en la deposición de colesterol en la carne, debido al cambio en la relación entre glutatión reducido / glutatión oxidado. Aunque otros estudios no han encontrado una asociación, Grossi *et al.*(2021) informaron que ninguna fuente de Se utilizada en su experimento afectó el contenido de grasa. En el caso de carne de conejo y cerdo suplementadas con selenio, tampoco hubo efecto sobre el contenido de grasa (Zhan *et al.*, 2007; Dokoupilová *et al.*, 2008).

En el presente estudio, el contenido de cenizas incrementó con la selenometionina, por el contrario, Vignola *et al.* (2009) no encontraron diferencias en la determinación de cenizas en carne de corderos suplementados con diferentes fuentes de Se (selenito de sodio y levadura de selenio). Así mismo, en bovinos suplementados con fuentes inorgánicas y orgánicas de Se, tampoco mostraron un efecto sobre el contenido de las cenizas en la carne (Taylor *et al.*, 2008; Cozzi *et al.*, 2011; Grossi *et al.*, 2021).

En este estudio, es difícil comparar el contenido de humedad, grasa, cenizas y colágeno del hígado de cabritos dosificados con Se, pues no hay literatura sobre estudios similares en hígado de cabritos. Abdullah (2008) reportó mayor contenido de humedad y menor contenido de proteína en hígado de ovejas en comparación con los resultados de este estudio.

7.2 Grado de hidrólisis

En el presente estudio, el porcentaje general de grado de hidrólisis de los hidrolizados de la carne de cabrito fue de 10.34 %. Mirdhayati *et al.* (2016) utilizando la digestión secuencial de enzimas Protamex® y Flavourzyme®, produjeron grados de hidrólisis que variaron del 10.4 al 26.3 % en muestras de carne de cabra. En nuestro estudio, la hidrólisis de carne de cabrito con pepsina produjo hidrolizados de tipo extensivo, de acuerdo con lo reportado por Benítez *et al.* (2008), donde citan un grado de hidrólisis superior al 10 % y se generaron péptidos con propiedades biológicas. Según Chew *et al.* (2019), cuando hay mayor grado de hidrólisis, indica que más proteína está escindida en péptidos o aminoácidos. Los hidrolizados pueden contener diferentes aminoácidos que dependen de la composición de la proteína de la carne y especie (Nielsen *et al.*, 2001).

7.3 Concentración de proteína

La concentración de proteína en los hidrolizados proteicos de carne de cabrito fue menor después de realizar la hidrólisis con pepsina. De acuerdo con Takeda *et al.* (2020) y Permadi *et al.* (2019) informaron que en carne de jabalí, venado, bovino, cerdo y conejo hidrolizadas con pepsina-tripsina-pancreatina mostraron mayor concentración de proteína en comparación a la carne no hidrolizada. La cantidad y el tipo de proteína sarcoplásmica determinan la concentración de proteína soluble en agua (Jamhari *et al.*,

2013a). Mientras que Yuliatmo *et al.* (2017) informaron que la concentración de proteína disuelta disminuyó después de la hidrólisis enzimática en carne de pollo, argumentando que el nivel de hidrólisis de la proteína depende de las complejidades de la proteína original. Las diferencias en la concentración de proteína también dependen de la cantidad de péptido formado por el proceso de hidrólisis, de la solubilización de la proteína durante el proceso de hidrólisis y de la actividad específica de la enzima para ciertos aminoácidos contenidos en las proteínas originales (Gu *et al.*, 2012a; Abdelhedi & Nasri, 2019; Permadi *et al.*, 2019).

7.4 Electroforesis SDS-PAGE

En este estudio, la hidrólisis de la carne de cabrito con pepsina produjo bandas de bajo peso molecular entre 23.44 y 27.5 kDa. De acuerdo con Jamhari *et al.* (2013a) reportaron pesos moleculares en un intervalo de 21 a 200 kDa para carne de res y cabra antes de la hidrólisis con pepsina tripsina y quimotripsina, mientras que después de la hidrólisis enzimática, se observaron pesos moleculares que oscilaron entre 6.5 y 65 kDa. Lee y Hur (2017) reportaron que en proteínas de carne de res hidrolizadas con pepsina se observaron pesos moleculares menores a 2 kDa, observando bandas de bajo peso molecular en la parte inferior del gel. Los resultados de este estudio confirmaron el cambio de peso molecular en las proteínas de carne de cabrito después de la hidrólisis con pepsina evaluadas mediante SDS-PAGE.

7.5 Actividad inhibidora de la ECA

En el presente estudio, la carne del músculo *bíceps femoris* de cabrito mostró porcentajes de inhibición de la ECA hasta cinco veces más altos después de 2 h de reacción de hidrólisis con pepsina y se obtuvo alto porcentaje promedio de inhibición de la ECA del 92.6%, que comparado con otros estudios realizados en diferentes músculos de cabras, demostraron que la hidrólisis con sistema secuencial pepsina-tripsina-quimotripsina de extractos de proteínas del lomo presentó una actividad inhibidora de la ECA de aproximadamente el 80%. Mientras que el hidrolizado de proteínas de la pierna de cabra con la combinación de enzimas Protamex® y Flavourzyme® tuvo una actividad inhibidora de la ECA de 45%; sugiriéndose que la enzima y el tipo de músculo utilizado

en la hidrólisis de la carne de cabra provoca diferencias en el porcentaje de actividad inhibidora de la ECA (Jamhari *et al.*, 2013b; Mirdhayati *et al.*, 2016). Terashima *et al.* (2010) mencionan que la actividad inhibidora de la ECA aumentó después de la hidrólisis de carne de pollo con pepsina, mientras que Muguruma *et al.* (2009) y Katayama *et al.* (2003) informaron que el hidrolizado de proteínas de carne de cerdo después de la hidrólisis con pepsina mostró actividad inhibidora de la ECA, y también identificaron péptidos inhibidores de la ECA a partir de sus hidrolizados. Takeda *et al.* (2020) informaron que la composición química de la carne cruda podría afectar la composición del hidrolizado y por ende sus actividades inhibidoras de la ECA.

En general, los valores obtenidos del porcentaje de actividad inhibidora de ECA en el presente estudio, se debió a los péptidos o aminoácidos producidos después de la hidrólisis enzimática. Considerando que los péptidos inhibidores de la ECA tienen aminoácidos de prolina, o aminoácidos aromáticos en un C-terminal y aminoácidos hidrófobos en su N-terminal (Muguruma *et al.*, 2009). Madruga y Bressan (2011), informaron que la carne de cabra contiene aminoácidos como glicina, alanina, glutamina, ácido glutámico, arginina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, fenilalanina, valina y triptófano; de manera que, la carne de cabrito tiene el potencial para producir péptidos con actividad inhibidora de la ECA.

VIII. CONCLUSIONES

El complemento con fuentes de Se a cabritos lechales, ofrece beneficios en la composición química de la carne al mejorar el contenido de la proteína y grasa. Debido a que el contenido de proteína fue mayor con la selenometionina. Por otro lado, la hidrólisis con pepsina produjo hidrolizados de tipo extensivo con un porcentaje de 10.34%. Así mismo, los patrones electroforéticos obtenidos por SDS-PAGE después de la hidrólisis de carne de cabrito con pepsina confirman la producción de péptidos con bajo peso molecular, lo que indica la presencia de péptidos con actividad biológica en estos hidrolizados. Todos los hidrolizados de carne de cabrito exhibieron alta actividad inhibidora de la ECA, debido a la composición de aminoácidos de las proteínas de esta carne. Por lo tanto, se puede valorizar la carne de cabrito lechal debido a su aporte de proteínas y agua, y también se puede considerar un alimento funcional al presentar actividad inhibidora de la ECA.

IX. LITERATURA CITADA

- Abdelhedi, O., & Nasri, M. (2019). Basic and recent advances in marine antihypertensive peptides: Production, structure-activity relationship and bioavailability. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 543–557. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.002>
- Abdullah, B. M. (2008). Composition, chemical and microbiological properties of Jordanian ovine organ meats. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(4), 746–751. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01516.x>
- Anderson, S. (2007). Determination of fat, moisture, and protein in meat and meat products by using the FOSS FoodScan Near-Infrared Spectrophotometer with FOSS Artificial Neural Network Calibration Model and Associated Database: Collaborative study. *Journal of AOAC International*, 90(4), 1073–1083.
- Arshad, N., Siow, H.-L., Ngoh, Y.-Y., Sofian, N. A. H. S., & Gan, C.-Y. (2019). Enzyme and Bioactive Peptides—A Strategy for Discovery and Identification of Antihypertensive Peptides. En *Enzymes in Food Biotechnology* (pp. 343–367). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813280-7.00020-7>
- Bañón, S., Vila, R., Price, A., Ferrandini, E., & Garrido, M. D. (2006). Effects of goat milk or milk replacer diet on meat quality and fat composition of suckling goat kids. *Meat Science*, 72(2), 216–221. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.004>
- Benítez, R., Ibarz, A., & Pagan, J. (2008). Hidrolizados de proteína: Procesos y aplicaciones. *Acta Bioquím Clín Latinoam*, 11.
- Bhat, Z. F., Kumar, S., & Bhat, H. F. (2017). Antihypertensive peptides of animal origin: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(3), 566–578. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.898241>
- Bhat, Z. F., Mason, S., Morton, J. D., Bekhit, A. E.-D. A., & Bhat, H. F. (2019). Antihypertensive Peptides from Animal Proteins. En J.-M. Mérillon & K. G. Ramawat (Eds.), *Bioactive Molecules in Food* (pp. 319–353). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6_18
- Chauhan, S. S., Celi, P., Ponnampalam, E. N., Leury, B. J., Liu, F., & Dunshea, F. R. (2014). Antioxidant dynamics in the live animal and implications for ruminant health and product (meat/milk) quality: Role of vitamin E and selenium. *Animal Production Science*, 54(10), 1525. <https://doi.org/10.1071/AN14334>
- Chew, L. Y., Toh, G. T., & Ismail, A. (2019). Application of Proteases for the Production of Bioactive Peptides. En *Enzymes in Food Biotechnology* (pp. 247–261). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813280-7.00015-3>
- 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. <https://doi.org/10.1017/S1751731111000711>
- Díaz-Sánchez, V., Olazábal-Fenochio, A., & Ibarra-Gudiño, C. (2019). Selenio, selenoproteínas y estrés oxidativo en pequeños rumiantes. Revisión. *Abanico Agroforestal*, 1(0), 2019–11.
- Dokoupilová, A., Marounek, M., Skřivanová, V., & Březina, P. (2008). Selenium content in tissues and meat quality in rabbits fed selenium yeast. *Czech Journal of Animal Science*, 52(No. 6), 165–169. <https://doi.org/10.17221/2319-CJAS>
- ENSANUT. (2018). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición*. ENSANUT. <https://ensanut.insp.mx/index.php>
- Escudero, E., Sentandreu, M. Á., Aristoy, M. C., & Toldrá, F. (2010). *CARACTERIZACIÓN DE PÉPTIDOS GENERADOS EN LA DIGESTIÓN IN VITRO DE LA CARNE DE CERDO*. 17.
- Fuentes-Mascorro, J., Huerta, M., Arellano, R., & Ruíz-Flores, A. (2019). *Bolos intraruminales. Una estrategia de suplementación mineral en rumiantes*.
- Ghassem, M., Babji, A. S., Said, M., Mahmoodani, F., & Arihara, K. (2014). Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory Peptides from Snakehead Fish Sarcoplasmic Protein Hydrolysate: ACE Inhibitors of Snakehead Sarcoplasmic Protein Hydrolysate. *Journal of Food Biochemistry*, 38(2), 140–149. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12031>
- Grossi, S., Rossi, L., De Marco, M., & Sgoifo Rossi, C. A. (2021). The Effect of Different Sources of Selenium Supplementation on the Meat Quality Traits of Young Charolaise Bulls during the Finishing Phase. *Antioxidants*, 10(4), 596. <https://doi.org/10.3390/antiox10040596>
- Gu, R.-Z., Liu, W.-Y., Lin, F., Jin, Z.-T., Chen, L., Yi, W.-X., Lu, J., & Cai, M.-Y. (2012). Antioxidant and angiotensin I-converting enzyme inhibitory properties of oligopeptides derived from black-bone silky fowl (*Gallus gallus domesticus* Brisson) muscle. *Food Research International*, 49(1), 326–333. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.009>
- Hernández-Ledesma, B., del Mar Contreras, M., & Recio, I. (2011). Antihypertensive peptides: Production, bioavailability and incorporation into foods. *Advances in Colloid and Interface Science*, 165(1), 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2010.11.001>
- Jahandideh, F., & Wu, J. (2020). Perspectives on the Potential Benefits of Antihypertensive Peptides towards Metabolic Syndrome. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(6), 2192. <https://doi.org/10.3390/ijms21062192>
- Jamhari, J., Yusiati, L. M., Suryanto, E., Cahyanto, M. N., Erwanto, Y., & Muguruma, M. (2013a). COMPARATIVE STUDY ON ANGIOTENSIN CONVERTING ENZYME

- INHIBITORY ACTIVITY OF HYDROLYSATE OF MEAT PROTEIN OF INDONESIAN LOCAL LIVESTOCKS. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 38(1), 27–33. <https://doi.org/10.14710/jitaa.38.1.27-33>
- Jamhari, J., Yusiati, L. M., Suryanto, E., Cahyanto, M. N., Erwanto, Y., & Muguruma, M. (2013b). PURIFICATION OF ANGIOTENSIN CONVERTING ENZYME INHIBITORY PEPTIDE DERIVED FROM KACANG GOAT MEAT PROTEIN HYDROLYSATE. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 38(4), 239–246. <https://doi.org/10.14710/jitaa.38.4.239-246>
- Jenkins, D. J. A., Kitts, D., Giovannucci, E. L., Sahye-Pudaruth, S., Paquette, M., Blanco Mejia, S., Patel, D., Kavanagh, M., Tsirakis, T., Kendall, C. W. C., Pichika, S. C., & Sievenpiper, J. L. (2020). Selenium, antioxidants, cardiovascular disease, and all-cause mortality: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 112(6), 1642–1652. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa245>
- Katayama, K., Tomatsu, M., Fuchu, H., Sugiyama, M., Kawahara, S., Yamauchi, K., Kawamura, Y., & Muguruma, M. (2003). Purification and characterization of an angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide derived from porcine troponin C. *Animal Science Journal*, 74(1), 53–58. <https://doi.org/10.1046/j.1344-3941.2003.00086.x>
- Lee, S. Y., & Hur, S. J. (2017a). Angiotensin Converting Enzyme Inhibitory and Antioxidant Activities of Enzymatic Hydrolysates of Korean Native Cattle (Hanwoo) Myofibrillar Protein. *BioMed Research International*, 2017, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2017/5274637>
- Lee, S. Y., & Hur, S. J. (2017b). Antihypertensive peptides from animal products, marine organisms, and plants. *Food Chemistry*, 228, 506–517. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.039>
- Madrugá, M. S., & Bressan, M. C. (2011). Goat meats: Description, rational use, certification, processing and technological developments. *Small Ruminant Research*, 98(1–3), 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.015>
- Malekian, F., Khachatryan, M., Gebrelul, S., & Henson, J. F. (2014). Composition and Fatty Acid Profile of Goat Meat Sausages with Added Rice Bran. *International Journal of Food Science*, 2014, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2014/686298>
- Martínez-Medina, G. A., Barragán, A. P., Ruiz, H. A., Ilyina, A., Martínez Hernández, J. L., Rodríguez-Jasso, R. M., Hoyos-Concha, J. L., & Aguilar-González, C. N. (2019). Fungal Proteases and Production of Bioactive Peptides for the Food Industry. En *Enzymes in Food Biotechnology* (pp. 221–246). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813280-7.00014-1>
- Mazhangara, I. R., Chivandi, E., Mupangwa, J. F., & Muchenje, V. (2019). The Potential of Goat Meat in the Red Meat Industry. *Sustainability*, 11(13), 3671. <https://doi.org/10.3390/su11133671>

- Mirdhayati, I., Hermanianto, J., Wijaya, C. H., Sajuthi, D., & Arihara, K. (2016). Angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitory and antihypertensive activities of protein hydrolysate from meat of *Kacang* goat (*Capra aegagrus hircus*): ACE inhibitory and antihypertensive peptide from goat meat protein hydrolysate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(10), 3536–3542. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7538>
- Möller, N. P., Scholz-Ahrens, K. E., Roos, N., & Schrezenmeir, J. (2008). Bioactive peptides and proteins from foods: Indication for health effects. *European Journal of Nutrition*, 47(4), 171–182. <https://doi.org/10.1007/s00394-008-0710-2>
- Mora, L., Gallego, M., Aristoy, M.-C., Reig, M., & Toldrá, F. (2019). Bioactive peptides. En *Innovative Thermal and Non-Thermal Processing, Bioaccessibility and Bioavailability of Nutrients and Bioactive Compounds* (pp. 333–345). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814174-8.00012-3>
- Muguruma, M., Ahhmed, A., Katayama, K., Kawahara, S., Maruyama, M., & Nakamura, T. (2009). Identification of pro-drug type ACE inhibitory peptide sourced from porcine myosin B: Evaluation of its antihypertensive effects in vivo. *Food Chemistry*, 114(2), 516–522. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.081>
- Netto, A. S., Zanetti, M. A., Claro, G. R. D., de Melo, M. P., Vilela, F. G., & Correa, L. B. (2014). Effects of Copper and Selenium Supplementation on Performance and Lipid Metabolism in Confined Brangus Bulls. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(4), 488–494. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13400>
- Nielsen, P. M., Petersen, D., & Dambmann, C. (2001). Improved Method for Determining Food Protein Degree of Hydrolysis. *Journal of Food Science*, 66(5), 642–646. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb04614.x>
- Permadi, E., Jamhari, J., Suryanto, E., Bachruddin, Z., & Erwanto, Y. (2019). The Potential of Hydrolysate from Rabbit Meat Protein as an Angiotensin Converting Enzyme Inhibitor. *Buletin Peternakan*, 43(1). <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v43i1.31495>
- Pophiwa, P., Webb, E. C., & Frylinck, L. (2020). A review of factors affecting goat meat quality and mitigating strategies. *Small Ruminant Research*, 183, 106035. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.106035>
- Quaresma, M. A. G., Rodrigues, I., Alves, S. P., & Bessa, R. J. B. (2016). Meat lipid profile of suckling goat kids from certified and noncertified production systems. *Small Ruminant Research*, 134, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.12.009>
- Ripoll, G., Alcalde, M. J., Argüello, A., Córdoba, M. de G., & Panea, B. (2020). Effect of Rearing System on the Straight and Branched Fatty Acids of Goat Milk and Meat of Suckling Kids. *Foods*, 9(4), 471. <https://doi.org/10.3390/foods9040471>

- Ripoll, G., Alcalde, M. J., & panea, B. (2020). Calidad instrumental de la carne de cabrito lechal. Revisión bibliográfica. *Informacion Tecnica Economica Agraria*. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.016>
- Ryan, J. T., Ross, R. P., Bolton, D., Fitzgerald, G. F., & Stanton, C. (2011). Bioactive Peptides from Muscle Sources: Meat and Fish. *Nutrients*, 3(9), 765–791. <https://doi.org/10.3390/nu3090765>
- SADER, S. de I. A. y. (2017). *No es rey por caprino, sino por cabrito*. gob.mx. <http://www.gob.mx/siap/articulos/no-es-rey-por-caprino-sino-por-cabrito>
- SADER, S. de I. A. y. (2018). *Carne de cabrito: ¿qué parte te gusta más?* gob.mx. <http://www.gob.mx/siap/articulos/carne-de-cabrito-que-parte-te-gusta-mas?idiom=es>
- Samo, S. P., Malhi, M., Gadahi, J., Lei, Y., Kaciwal, A. B., & Soomro, S. A. (2018). Effect of Organic Selenium Supplementation in Diet on Gastrointestinal Tract Performance and Meat Quality of Goat. *Pakistan Journal of Zoology*, 50(3). <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.3.995.1003>
- Sánchez, A., & Vázquez, A. (2017). Bioactive peptides: A review. *Food Quality and Safety*, 1(1), 29–46. <https://doi.org/10.1093/fqs/fyx006>
- Santhosh Kumar, B., & Priyadarsini, K. I. (2014). Selenium nutrition: How important is it? *Biomedicine & Preventive Nutrition*, 4(2), 333–341. <https://doi.org/10.1016/j.bionut.2014.01.006>
- Shalihat, A., Hasanah, A. N., Mutakin, Lesmana, R., Budiman, A., & Gozali, D. (2021). The role of selenium in cell survival and its correlation with protective effects against cardiovascular disease: A literature review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 134, 111125. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.111125>
- Skřivan, M., Marounek, M., Englmaierová, M., & Skřivanová, E. (2012). Influence of dietary vitamin C and selenium, alone and in combination, on the composition and oxidative stability of meat of broilers. *Food Chemistry*, 130(3), 660–664. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.103>
- Stapleton, S. R. (2000). Selenium: An insulin mimetic: *Cellular and Molecular Life Sciences*, 57(13), 1874–1879. <https://doi.org/10.1007/PL00000669>
- Suchý, P., Straková, E., & Herzig, I. (2014). Selenium in poultry nutrition: A review. *Czech Journal of Animal Science*, 59(No. 11), 495–503. <https://doi.org/10.17221/7730-CJAS>
- Suiter, R. J. (1989). *Capretto: A new meat industry*. 6.
- Sun, L.-H., Huang, J.-Q., Deng, J., & Lei, X. G. (2019). Avian selenogenome: Response to dietary Se and vitamin E deficiency and supplementation. *Poultry Science*, 98(10), 4247–4254. <https://doi.org/10.3382/ps/pey408>

- Takeda, S., Kaneko, S., Sogawa, K., Ahhmed, A. M., Enomoto, H., Kawarai, S., Taira, K., Mizunoya, W., Minami, M., & Sakata, R. (2020). Isolation, Evaluation, and Identification of Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory Peptides from Game Meat. *Foods*, 9(9), 1168. <https://doi.org/10.3390/foods9091168>
- 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(2), 183–186. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.08.001>
- Terashima, M., Baba, T., Ikemoto, N., Katayama, M., Morimoto, T., & Matsumura, S. (2010). Novel Angiotensin-Converting Enzyme (ACE) Inhibitory Peptides Derived from Boneless Chicken Leg Meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(12), 7432–7436. <https://doi.org/10.1021/jf100977z>
- Todaro, M., Corrao, A., Alicata, M. L., Schinelli, R., Giaccone, P., & Priolo, A. (2004). Effects of litter size and sex on meat quality traits of kid meat. *Small Ruminant Research*, 54(3), 191–196. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.11.011>
- Todaro, M., Corrao, A., Barone, C. M. A., Alicata, M. L., Schinelli, R., & Giaccone, P. (2006). Use of weaning concentrate in the feeding of suckling kids: Effects on meat quality. *Small Ruminant Research*, 66(1–3), 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.06.038>
- Tóth, R. J., & Csapó, J. (2018). The role of selenium in nutrition – A review. *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, 11(1), 128–144. <https://doi.org/10.2478/ausal-2018-0008>
- Urieta, L. F., Urieta, D. F., Lozano, M. de la S. R., Medina, R. D. M., & García, A. M. T. (2001). Análisis comparativo de carne y productos cárnicos de cabrito Alpino Francés y Alpino Francés (3/4) con Boer (1/4). *Técnica Pecuaria en México*, 39(3), 237–244.
- 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(4), 678–685. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.11.009>
- Webb, E. C., Casey, N. H., & Simela, L. (2005). Goat meat quality. *Small Ruminant Research*, 60(1–2), 153–166. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.06.009>
- WHO. (2021a). *Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)*. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- WHO. (2021b). *Hipertensión*. <https://www.who.int/es/health-topics/hypertension>
- Winarti, A., Rahmawati, F., Fitriyanto, N. A., Jamhari, J., & Erwanto, Y. (2019). Hydrolyzation of duck meat protein using *Bacillus cereus* TD5B protease, pepsin,

- trypsin and their potency as an angiotensin converting enzyme inhibitor. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 44(3), 266. <https://doi.org/10.14710/jitaa.44.3.266-276>
- Wongngam, W., Mitani, T., Katayama, S., Nakamura, S., & Yongsawatdigul, J. (2020). Production and characterization of chicken blood hydrolysate with antihypertensive properties. *Poultry Science*, 99(10), 5163–5174. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.07.006>
- Wyss, F., Coca, A., Lopez-Jaramillo, P., Ponte-Negretti, C., Wyss, F. S., Restrepo, G., Ponte-Negretti, C. I., Lanas, F., Pérez, G., Sebba Barroso, W., de la Noval, R., Paris, J. V., Almonte, C., Valdez, O., Gonzales Medina, Á., Valoy, L. V., Puente Barragán, A. C., Cobos, L., Ullauri, V., ... Iñiguez, A. (2020). Position statement of the Interamerican Society of Cardiology (IASC) on the current guidelines for the prevention, diagnosis and treatment of arterial hypertension 2017–2020. *International Journal of Cardiology Hypertension*, 6, 100041. <https://doi.org/10.1016/j.ijchy.2020.100041>
- Yilmaz, A., Ekiz, B., Ozcan, M., Kaptan, C., Hanoğlu, H., Yıldırım, M., & Kocak, O. (2010). Carcass quality characteristics of Hair Goat and Saanen × Hair Goat crossbred kids from intensive production system. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 19, 368–378. <https://doi.org/10.22358/jafs/66300/2010>
- Yu, T., Guo, J., Zhu, S., Zhang, X., Zhu, Z. Z., Cheng, S., & Cong, X. (2020). Protective effects of selenium-enriched peptides from Cardamine violifolia on d-galactose-induced brain aging by alleviating oxidative stress, neuroinflammation, and neuron apoptosis. *Journal of Functional Foods*, 75, 104277. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104277>
- Yuliatmo, R., Fitriyanto, N. A., Masduki, Z., Supadmo, Jamhari, J., & Erwanto, Y. (2017). Increasing of angiotensin converting enzyme inhibitory derived from Indonesian native chicken leg protein using Bacillus cereus protease enzyme. *International Food Research Journal*, 24, 1799–1804.
- Zervas, G., & Tsiplakou, E. (2011). The effect of feeding systems on the characteristics of products from small ruminants. *Small Ruminant Research*, 101(1–3), 140–149. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.034>
- Zhan, X., Wang, M., Zhao, R., Li, W., & Xu, Z. (2007). Effects of different selenium source on selenium distribution, loin quality and antioxidant status in finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 132(3–4), 202–211. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.03.020>
- Zhang, X., He, H., Xiang, J., Li, B., Zhao, M., & Hou, T. (2021). Selenium-containing soybean antioxidant peptides: Preparation and comprehensive comparison of different selenium supplements. *Food Chemistry*, 358, 129888. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129888>

- Zhou, J., Chen, M., Wu, S., Liao, X., Wang, J., Wu, Q., Zhuang, M., & Ding, Y. (2020). A review on mushroom-derived bioactive peptides: Preparation and biological activities. *Food Research International*, *134*, 109230. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109230>
- Zhu, S., Yang, W., Lin, Y., Du, C., Huang, D., Chen, S., Yu, T., & Cong, X. (2021). Antioxidant and anti-fatigue activities of selenium-enriched peptides isolated from *Cardamine violifolia* protein hydrolysate. *Journal of Functional Foods*, *79*, 104412. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104412>
- Zoidis, E., Seremelis, I., Kontopoulos, N., & Danezis, G. (2018). Selenium-Dependent Antioxidant Enzymes: Actions and Properties of Selenoproteins. *Antioxidants*, *7*(5), 66. <https://doi.org/10.3390/antiox7050066>