

Productos cárnicos de machos cabríos castrados: Una alternativa de comercialización

Castrated male goat meat products: A marketing alternative

Figueroa-González, Juan José^{1*}; Juárez-García, Manuel²; Sánchez-Toledano, Blanca Isabel¹; Echavarría-Cháirez, Francisco Guadalupe¹; Mancillas-Medina, José²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Campo Experimental Zacatecas, Calera de V.R., Zacatecas, México

²Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias (IIA), Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte (ITSZN), Río Grande, Zacatecas, México

Recibido: 21/08/2024 | Aceptado: 04/11/2024 | Publicado: 17/12/2024

Correspondencia*: figueroa.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

Actualmente es importante darles valor agregado a los caprinos adultos. El objetivo de esta investigación se buscó en primer lugar, desarrollar nuevos productos elaborados con carne de machos cabríos castrados con la finalidad de analizar sus propiedades fisicoquímicas. En segundo lugar, obtener los costos de producción de dichos productos. Se elaboraron tres productos: a) carne deshidratada con tres tratamientos de sodio y fosfato, b) chorizo con dos formulaciones de elaboración, y c) jamón cocido con tres formulaciones de fosfatos. Se determinó el contenido de humedad, proteína, grasa, cenizas y cloruro de sodio para cada producto. El contenido de grasa en la carne de cabra fue menor ($p \leq 0.05$) al de la carne deshidratada comercial. Los chorizos de cabra presentaron en promedio menos grasa (2.5 %) que el chorizo comercial de carne de cerdo (15.4%) ($p \leq 0.05$). El jamón cocido con carne de cabra presentó mayor contenido de proteína que el jamón comercial. En la elaboración de los productos con carne de macho caprino castrado se logró reducir el contenido de sodio, al compararlo con los productos comerciales de carne de res y cerdo, respectivamente. Los productos cárnicos de machos cabríos castrados son una alternativa rentable para los caprinocultores.

Palabras clave: carne de cabra; chorizo; jamón cocido; valor agregado

ABSTRACT

Nowadays it is important to give added value to adult goats. The aim of this research was, first of all, to develop new products made from meat from castrated male goats to analyze their physicochemical properties. Secondly, obtain the production costs of said products. Three products were produced: a) dehydrated meat with three sodium and phosphate treatments, b) chorizo with two preparation formulations, and c) cooked ham with three phosphate formulations. The moisture, protein, fat, ash and sodium chloride content was determined for each product. The fat content in goat meat was lower ($p \leq 0.05$) than that of commercial dehydrated meat. Goat chorizos presented on average less fat (2.5%) than commercial pork chorizo (15.4%) ($p \leq 0.05$). Ham cooked with goat meat had a higher protein content than commercial ham. In the preparation of products with castrated male goat meat, the sodium content was reduced, when compared to commercial beef and pork products, respectively. Meat products from castrated male goats are a profitable alternative for goat farmers.

Keywords: goat meat; dehydrated meat; chorizo; cooked ham; added value

Cómo citar este artículo: Figueroa-González, J. J., Juárez-García, M., Sánchez-Toledano, B. I., Echavarría-Cháirez, F. G. & Mancillas-Medina, J. (2024). Productos cárnicos de machos cabríos castrados, una alternativa de comercialización. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 5(2), 13-25. <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v5i2.266>

1. INTRODUCCIÓN

Las cabras se encuentran en todos los entornos agroecológicos y en casi todos los sistemas de producción ganadera, adecuadas para sistemas de producción extensivos a altamente mecanizados (Ndlovu et al., 2020). La población mundial de cabras ha aumentado drásticamente desde la década de 1960, debido a los cambios en los ingresos, las preferencias alimentarias de los consumidores y al cambio climático que limita las áreas para criar ganado (Miller & Lu, 2019). En México, en 2019 había 8, 790,894 cabras en 494,000 fincas caprinas, y la crianza de cabras contribuyó a la economía de aproximadamente 1.5 millones de mexicanos (Nahed Toral et al., 2021). La producción caprina es una actividad agrícola de subsistencia para productores rurales de escasos recursos, representando la principal actividad monetaria en las zonas desérticas y semidesérticas (Hernández-Hernández et al., 2023). De acuerdo con Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2023), las entidades con mayor población caprina en la República Mexicana son: Puebla (15.4%), Oaxaca (12%); San Luis Potosí (10.5%); Guerrero (7.9%) y Zacatecas (6.1%).

En Zacatecas la caprinocultura se encuentra en un estado de vulnerabilidad (Sánchez Toledano et al., 2021). Lo anterior, obedece al bajo número de cabezas por hato, disminución del valor de producción y los pocos jornales utilizados para llevar a cabo las actividades productivas. No obstante, el impulso de esta cadena es preponderante, pues contribuye a la supervivencia de los productores de bajos ingresos (Echavarría-Cháirez et al., 2015). En la mayoría de los casos, la cabra se vende en mercados locales que atienden al consumo directo (Mazhangara et al., 2019). La comercialización del ganado es en pie y el precio por animal adulto varía entre los 600 a 800 MXN por animal (Benítez Jiménez et al., 2018). A diferencia de otros tipos de carne, ésta contiene bajo contenido de grasa y colesterol (Brand et al., 2018). La clasificación comercial de la carne de caprino se diferencia entre tres categorías: carne de cabrito (animales con un peso en canal de 6 a 8 kg), carne de cabra (animales con un peso de canal de 16 a 22 kg y carne de macho castrado (animal con un peso de canal de 10 a 14 kg) (Pophiwa et al., 2020). No obstante, la comercialización de carne de macho castrado no puede competir con el mercado del cabrito y se destina solo para consumo familiar. Por ende, es imperante dar valor agregado a la carne de macho castrado y enfocar los productos a segmentos especializados. Hoy en día se pueden producir productos cárnicos de alta calidad que aporten un beneficio al consumidor y al mismo tiempo agradable al paladar. Asimismo, es impredecible determinar el costo de producción para contar con una base de cálculo en la fijación de precios de venta y así determinar el margen de utilidad probable. La mayoría de los pequeños productores definen sus precios de venta a partir de los precios de sus competidores, sin saber si alcanzan a cubrir los costos en sus unidades de producción. La consecuencia inmediata derivada de esta situación es que los negocios no prosperan. Conocer los costos reales de producir algún producto es un elemento clave de la correcta gestión empresarial, para que el esfuerzo y la energía en dicha actividad den los frutos esperados. Por ello, en esta investigación se buscó en primer lugar, desarrollar nuevos productos elaborados con carne de macho castrado con la finalidad de analizar sus propiedades fisicoquímicas. En segundo lugar, obtener los costos de producción de dichos productos. Lo anterior, permitirá al productor contar con las herramientas necesarias para la mejor toma de decisiones en cuando a la diversificación de sus productos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización del estudio

Los trabajos se realizaron en la planta piloto agroindustrial del Campo Experimental Zacatecas perteneciente al INIFAP (22° 54' N, 102° 39' O), con una altitud de 2,197 msnm, temperatura media

anual de 14.6 °C, precipitación pluvial media anual de 416 mm y evaporación promedio anual de 1,609 mm.

2.2. Preparación de las muestras

La carne utilizada en la elaboración de productos cárnicos procedió de cabras castradas (menores de un año de edad). Los cuales fueron pastoreados durante el día y alimentados con un suplemento de forraje (0.25 kg/día, maíz y silo) por la tarde. Los animales fueron sacrificados cortando las arterias carótidas y las venas yugulares. Las canales fueron procesadas con los mayores cuidados higiénico-sanitarios y refrigeradas a 4 °C durante 48 h. Los productos elaborados fueron: a) carne deshidratada, b) chorizo y c) jamón cocido

2.3. Carne deshidratada

Se realizaron tres tratamientos para la producción de carne deshidratada. En todos los tratamientos se utilizaron 1000 g de carne. Al tratamiento 1 (CD1) no se le añadió ningún tipo de ingrediente. El tratamiento 2 (CD2) se preparó con 2 g de sal común, 0.07 g de sal de curado, 0.05 g de mezcla de fosfatos y 250 g de agua purificada. Mientras que al tratamiento 3 (CD3) se le agregaron 2.5 g de sal común, 0.14 g de sal de curado, 0.10 g de mezcla de fosfatos y 250 g de agua. Cada uno de los tratamientos se marinó en su propia mezcla durante 24 horas (4 °C). Los tratamientos fueron sometidos al proceso de secado en un deshidratador solar rústico, utilizando energía solar. Los datos obtenidos se ajustaron a modelos matemáticos de capa fina para determinar la relación de humedad (Figueroa-González et al., 2022).

2.4. Chorizo crudo

Se elaboró chorizo verde (CHOV1) y rojo (CHOR2). Los ingredientes para la elaboración de CHOV1 fueron: 1000 g de carne caprina, 60 g de chile poblano, 60 g de chile jalapeño, 20 g de chile serrano, 20 g de espinacas, 2 g de ajo, 2 g de clavos de olor, 2 g de orégano, 1 g de laurel, 2 g de comino, 7.7 g de sal común, 20 g de vinagre y 2 g de pimienta. Los ingredientes mencionados anteriormente, se utilizaron para la elaboración del CHOV2 a excepción que este no lleva chile verde ni espinacas. Al CHOV2 se le agregó: 70 g de chile mirasol, 70 g de chile ancho seco, 10 g de chile de árbol. Una vez pesados todos los ingredientes, se procedió a moler la carne en un Molino Torrey (M-12 FS, ¾ HP/0.55 KW). Para el CHOV1, el chile verde se colocó en agua en ebullición (90 °C) por 10 min y las espinacas se dejaron por 2 min en la misma agua donde terminó de cocerse el chile verde. Mientras que, para el CHOR2 el chile rojo seco se colocó en agua caliente a 85-90 °C por 10 min hasta obtener una consistencia suave. Se mezclaron todos los ingredientes y con ayuda del mismo molino se procedió al embutido del chorizo y se refrigeró a 4 °C para su posterior análisis.

2.5. Jamón cocido

En el jamón cocido se prepararon tres tratamientos utilizando 1000 g de carne, 2 g de azúcar, 20 g de sal común, 200 g de agua purificada y 4 g de almidón de maíz. Para cada tratamiento se preparó una salmuera con los siguientes ingredientes: Jamón 1 (JAM1) se utilizó 0.25 g de sal de nitro, 3 g de condimento para jamón y 0.1 g de fosfatos. Al jamón 2 (JAM2) se le añadió 0.20 g de sal de nitro, 2 g de condimento para jamón y 0.05 g de fosfatos. En el jamón 3 (JAM3) se utilizó 0.15 g de sal de nitro, 1.5 g de condimento para jamón y 0.025 g de fosfatos. El 70 % de la carne se pesó y molió, el resto de carne solamente se masajeó de manera manual. La salmuera se incorporó a la pasta de carne y después se vació en una bolsa de plástico térmica y sellada para ser colocada en un molde para jamón. Finalmente, la pasta se coció a baño maría (85 °C) por 2 h, que fue el tiempo indicado en que la barra de jamón alcanzó los 75 °C en su centro interno.

2.7. Análisis químico proximal

Se realizó un análisis químico proximal a los tres productos. Las determinaciones se realizaron sobre el contenido de humedad, cenizas, grasa y cloruro de sodio (AOAC, 1990). El contenido de proteína total se determinó por el método de Micro-Kjeldhal (Villegas & Mertz, 1971).

2.8. Costos de producción

En la determinación de los costos de producción de los productos elaborados a base de carne de machos cabríos castrados, se identificaron los parámetros técnicos-productivos (coeficiente de transformación) y económicos (inversión, precios de los insumos utilizados, administración, etc.). Los costos se clasificaron en costos variables y fijos para un mejor análisis (Rodríguez Cairo et al., 2017). Se consideró el método lineal en la depreciación a 5 y 10 años de vida útil (Price Gittinger, 1983). Adicionalmente, se realizó un recorrido lineal por los principales mercados, tiendas y mercados del estado de Zacatecas para identificar los precios de productos similares que se ofertan en el mercado. Los análisis se realizaron en el programa de software Microsoft Excel 2016.

2.9. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza de medidas repetidas para las curvas de secado para la carne deshidratada. En los tres productos elaborados se realizó análisis de varianza con un 95 % de confianza ($p \leq 0.05$) y la prueba de Tukey para comparación de medias (SAS, 2016). Los productos elaborados con carne de macho castrado se compraron con productos comerciales. La carne deshidratada se comparó con una carne seca comercial de venta en el mercado elaborada a base de carne de res (CD4). El chorizo se comparó con un chorizo comercial de carne de cerdo (CHOC3) y el jamón con un producto elaborado de carne de cerdo y de pavo (JAMC4 y JAMC5). Los análisis estadísticos se procesaron con el programa SAS versión 9.4.

3. RESULTADOS

3.1. Proceso de secado de la carne

Los modelos de capa fina (Page y Henderson y Pabis) para la razón de humedad (RH) presentaron un ajuste satisfactorio para los tres tipos de carne deshidratada. Los modelos de Page y Henderson y Pabis presentaron valores de error absoluto de la media (MAE, 0.03 y 0.02, respectivamente), la raíz cuadrada del error medio (RMSE, 0.04 y 0.03, respectivamente) y la eficiencia propuesta por Nash y Sutcliffe (E, 0.98 en ambos modelos) lo que indica un buen ajuste para la RH. En la Figura 1 (d), se aprecia la pérdida de la RH para todos los tratamientos de carne deshidratada, en el que se incluyen los valores observados y los valores ajustados a los modelos de capa fina de Page y Henderson y Pabis. Durante las primeras 6 horas de secado la CD2 (Figura 1 b) que contenía 0.20 g de sal tuvo diferencias en la RH comparado con la CD1 (Figura 1 a) y la CD3 (Figura 1 c). La pérdida de la RH se incrementó a través del tiempo de secado, pero la CD2 presentó mayor RH (Figura 1 b) comparada con la CD1 (sin marinado-natural) y la CD3 (0.25 g de sal).

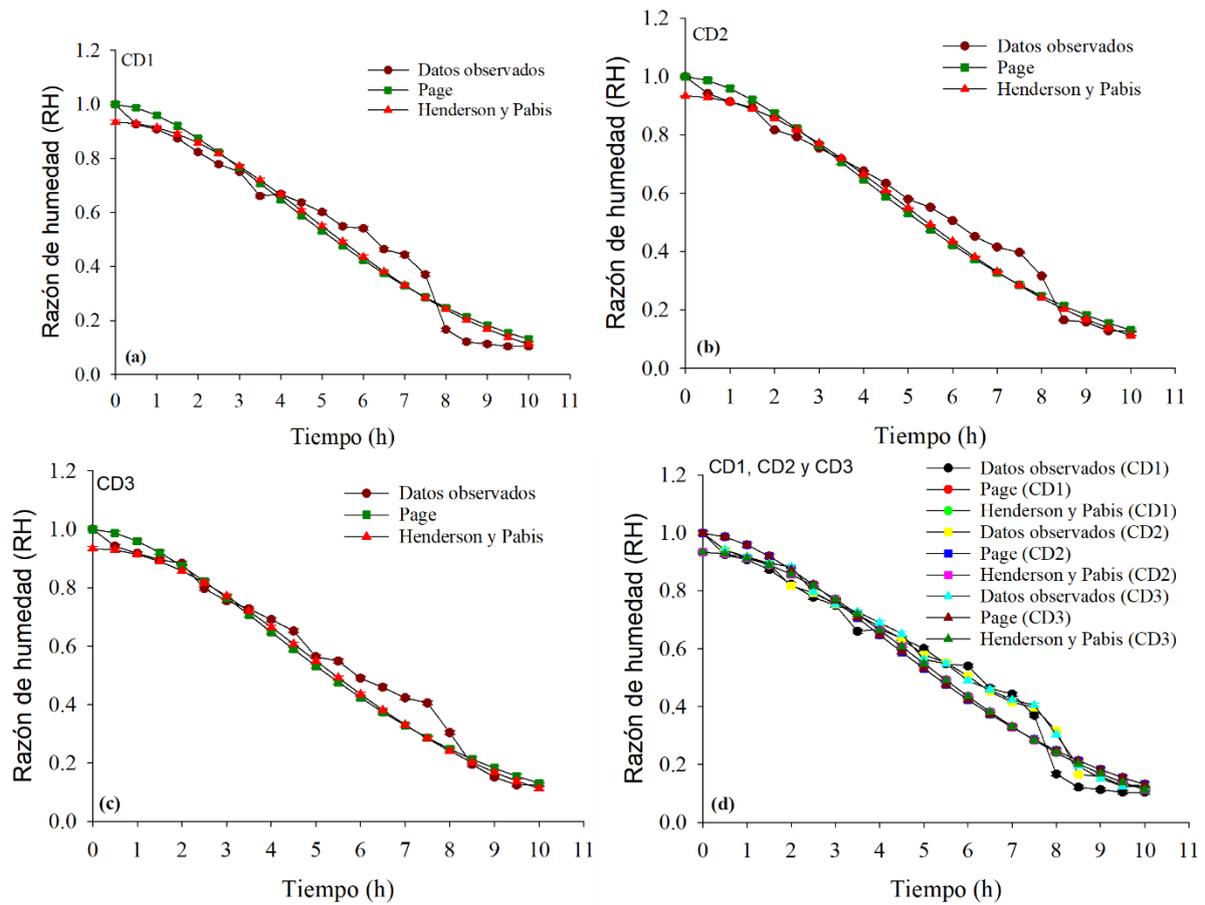


Figura 1. Razón de la humedad (RH) de los datos observados y ajustados a los modelos matemáticos de capa fina de Page, Henderson y Pabis en carne deshidratada de cabra

3.2. Composición química proximal de los productos agroindustriales de carne de machos cabríos castrados

Carne deshidratada

El contenido de grasa en los diferentes tratamientos de carne deshidratada (CD1, CD2 y CD3) y comparada con la carne seca comercial (CDC4) presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$). El contenido lipídico se incrementó conforme aumentó el contenido de sal en la carne. Haciendo uso de 0.25 g de sal en CD3 se incrementó hasta el doble de lípidos en el producto final (Tabla 1). Con respecto al contenido de proteína, no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos de carne ($p \leq 0.05$). En el contenido de cenizas se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$), el tratamiento CD3 presentó mayor contenido de cenizas, seguida de CD1 y CD2.

Tabla 1. Composición química-proximal de la carne deshidratada de machos cabríos castrados y la comercial de carne de res. Diferentes letras minúsculas entre columnas indican diferencias significativas $p \leq 0.05$

Carne deshidratada	Grasa (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)	Sodio (%)
CD1	4.1 ± 0.14 ^c	19.1 ± 0.25 ^a	2.4 ± 0.06 ^b	0.2 ± 0.01 ^c
CD2	5.1 ± 0.11 ^c	19.1 ± 0.65 ^a	2.4 ± 0.07 ^b	0.8 ± 0.02 ^b
CD3	10.7 ± 0.58 ^b	19.1 ± 0.48 ^a	2.9 ± 0.06 ^a	0.8 ± 0.02 ^b
CDC4	12.8 ± 0.54 ^a	18.3 ± 0.21 ^a	2.3 ± 0.08 ^b	1.2 ± 0.13 ^a

Medias en columnas con la misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

Chorizo crudo

En la Tabla 2 se aprecia la composición química del chorizo verde (CHOV1) y chorizo rojo (CHOR2) comparados con un producto comercial (CHOC3) elaborado con carne de cerdo. El contenido de humedad fue estadísticamente diferente ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. El CHOR2 presentó hasta 10 % más humedad que el CHOV1 y que el CHOC3. El CHOV1 y el CHOR2 presentaron de 12.4 % a 13.5 % menos grasa que el CHOC3. Referente al contenido proteico se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos estudiados. El CHOC3 presentó mayor contenido de proteína de 3.1 a 5.0 % que el CHOV1 y CHOR2, respectivamente. En cuanto a la presencia de cenizas en los tratamientos, éstos presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). El CHOC3 presentó mayor contenido de cenizas, seguido del CHOR2 y finalmente el CHOV1. Finalmente, el contenido de sodio en chorizo fue estadísticamente diferente ($p \leq 0.05$), siendo el CHOC3 el que presentó mayor porcentaje, seguido del CHOR2 y posteriormente el CHOV1.

Tabla 2. Composición química-proximal del chorizo crudo verde y rojo elaborado con carne de machos cabríos castrados y el chorizo comercial de carne de cerdo. Diferentes letras minúsculas entre columnas indican diferencias significativas $p \leq 0.05$

Chorizo	Humedad (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)	Sodio (%)
CHOV1	50.1 ± 0.38 ^c	1.9 ± 0.24 ^c	17.0 ± 0.20 ^b	3.0 ± 0.11 ^c	1.4 ± 0.06 ^c
CHOR2	60.8 ± 0.04 ^a	3.0 ± 0.19 ^b	15.1 ± 0.33 ^c	3.9 ± 0.10 ^b	2.6 ± 0.00 ^b
CHOC3	51.8 ± 0.56 ^b	15.4 ± 0.43 ^a	20.1 ± 0.34 ^a	4.6 ± 0.10 ^a	7.6 ± 0.34 ^a

Medias en columnas con la misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

Jamón cocido

Se encontró que el contenido de humedad presente tanto para los diferentes tratamientos de jamones elaborados con carne de machos cabríos castrados (JAM1, JAM2 y JAM3) como en los comerciales (JAMC4 y JAMC5) presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) (Tabla 3). Siendo el JAM3 (con menor concentración de sal de nitrógeno y menor concentración de fosfatos) el que presentó mayor humedad comparado con el JAM1 y JAM2 los cuales presentaron 2.5 % y 4.8 %, respectivamente. Sin embargo, el JAMC5 (jamón comercial elaborado con carne de pavo) presentó el valor más alto de humedad, seguido del JAMC4 (jamón comercial elaborado con carne de cerdo). Con respecto al contenido de grasa no se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre el JAM1, JAM2, JAM3 y JAMC5, pero si fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) al JAMC4 el cual presentó hasta 2.1 % más que el resto de los jamones. El contenido de proteína en los jamones elaborados con carne de cabra y los comerciales presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). JAMC4 presentó hasta un 9.8% menos que los jamones elaborados con carne de cabra y un 3.2% menos que JAMC5. El contenido de cenizas fue mayor en JAMC4 seguido de JAMC5. Por otro lado, el contenido de sodio de igual manera presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre los diferentes tratamientos.

Tabla 3. Composición química-proximal del jamón cocido de carne de machos cabríos castrados, jamón cocido de carne de cerdo comercial y jamón cocido de carne de pavo comercial. Diferentes letras minúsculas entre columnas indican diferencias significativas $p \leq 0.05$

Jamón	Humedad (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)	Sodio (%)
JAM1	71.0 ± 0.79 ^c	6.2 ± 0.24 ^b	18.4 ± 0.46 ^a	3.5 ± 0.25 ^c	6.0 ± 0.06 ^c
JAM2	66.3 ± 0.15 ^e	6.2 ± 0.42 ^b	18.5 ± 0.24 ^a	3.6 ± 0.05 ^c	5.2 ± 0.01 ^d
JAM3	68.6 ± 1.44 ^d	5.8 ± 0.35 ^b	18.2 ± 0.59 ^a	3.5 ± 0.02 ^c	4.4 ± 0.05 ^e
JAMC4	71.9 ± 0.02 ^b	8.3 ± 0.76 ^a	8.6 ± 0.29 ^c	6.6 ± 0.08 ^a	7.5 ± 0.05 ^a
JAMC5	76.7 ± 0.13 ^a	6.5 ± 0.68 ^b	11.8 ± 0.03 ^b	6.2 ± 0.05 ^b	6.8 ± 0.05 ^b

Medias en columnas con la misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

3.3. Costos de producción de los diferentes productos elaborados a base de carne de machos cabríos castrados

El costo de producción de los productos elaborados a base de carne de machos cabríos castrados con sus diferentes tratamientos se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Costos de producción de los diferentes productos elaborados a base de carne de cabra

Producto	Tratamiento	Unidad de medida	Peso unitario (g)	Costo de producción (MXN)
Carne deshidratada	CD1	g	25	10.97
	CD2	g	25	11.46
	CD3	g	25	11.47
Chorizo crudo	CHOV1	g	1000	174.43
	CHOR2	g	1000	190.4
Jamón	JAM1	g	1000	127.90
	JAM2	g	1000	127.96
	JAM3	g	1000	127.80

4. DISCUSIÓN

El secado en la carne es un proceso importante para reducir el contenido de agua libre; esto mejora la estabilidad de almacenamiento de los productos cárnicos secos (Choi et al., 2008; Kim et al., 2021). Los productos cárnicos secos tradicionales tienen un pH aproximadamente de 6.0 y necesitan una actividad de agua inferior a 0.9 (Toldrá, 2010). Cantidades menores de cloruro de sodio (NaCl) son necesarias para una reducción suficiente de actividad de agua, debido a la masa de partículas inferiores de NaCl (Toldrá, 2010). El incremento de la RH indicó que la presencia de sal actuó como una barrera de agua libre del producto y retrasó el proceso de secado de la carne. Además, en la fase inicial de secado, el contenido de humedad de las capas exteriores disminuyó, mientras que las capas internas perdieron agua en los periodos posteriores. El equilibrio de contenido de agua se volvió más lento y redujo la velocidad de secado (Álvarez et al., 2021).

La carne de caprino contiene menores niveles de ácidos grasos insaturados (Jia et al., 2023) convirtiéndola en una carne de calidad potencial (Beserra et al., 2004). Asimismo, la carne de cabra es baja en colesterol y rica en ácido oleico, esteárico, palmítico, linoleico, linolénico, palmitoleico y mirístico (Madruga et al., 2006). En productos curados de carne de cabra se reportaron de 13.7 a 14.8 % de contenido proteico (Kazhybayeva et al., 2019). Además, la carne de cabra tiene un valor biológico de 68.6 y presenta una digestibilidad del 97 % (Webb et al., 2005). El mayor contenido de cenizas se puede adjudicar a la mayor incorporación de NaCl, con el cual se incrementó el contenido mineral del producto final. En carne fresca de cabra se encontraron 0.87 % de cenizas (Kovács & Seregi, 2015), valores menores a los reportados en este trabajo, para la carne deshidratada. Por otro lado, a mayor incorporación de sal mayor es el contenido de sodio (Tabla 2), la concentración incorporada de NaCl a productos cárnicos produce la fuerza iónica requerida para la solubilización y extracción de las proteínas miofibrilares (Pacheco Pérez et al., 2012) y dependiendo de dicha concentración puede o no causar daños en la textura del producto final.

El chorizo es un embutido originario y típico de la Península Ibérica extendido en América Latina. Este producto se elabora principalmente con carne molida y se mezcla con especias presentado en forma cruda. La misma naturaleza del chile seco utilizado en la manufactura de este tipo de producto permitió mayor retención de agua incrementando así, el contenido de humedad. Los resultados son consistentes a los reportados para un embutido curado-seco tipo “chorizo” con carne de cerdo, el cual presentó 55 % de humedad en el primer día de elaboración (Lorenzo et al., 2013). En chorizo

curado-seco con carne de cerdo y adicionado con antioxidantes naturales se reportó arriba del 50 % de humedad (Pateiro et al., 2015) y en chorizo crudo y chorizo ahumado, ambos comerciales, se encontró una humedad del 59 y 50 %, respectivamente (Romero et al., 2013). El chorizo ahumado con carne de cabra presentó 62.81 % de humedad (Silva et al., 2013). En estudios para carne de cerdo, han encontrado valores de grasa de 17.70 % y 18.50 % para chorizo crudo y chorizo ahumado, respectivamente (Romero et al., 2013). En otro estudio realizado para carne de cabra se reportaron valores de 0.15 % a 2.42 % de grasa y con altos valores de ácido oleico, palmítico y esteárico (Qwele et al., 2013). Además, los ácidos grasos omega 3 y omega 6 tienen una alta afinidad en la prevención, disminución y control de enfermedades coronarias. El CHOV1 presentó más proteína que el CHOR2, debido a que el CHOV1 fue elaborado con vegetales como espinacas, chile serrano y chile jalapeño verde. El contenido de proteína en chorizo crudo comercial fue de 15.09 %, valores menores que el chorizo ahumado comercial (21.33 %) (Romero et al., 2013). El chorizo curado-seco con carne de cerdo y enriquecido con 5 y 7.5 % de fibra presentaron 26.46 y 28.82 % de proteína, respectivamente (Sánchez-Zapata et al., 2013). Además, el contenido de cenizas fue de 4.09 a 4.93 % en chorizo curado-seco con carne de cerdo (Sánchez-Zapata et al., 2013) y de 2.85 % en chorizo ahumado con carne de cabra. Además, la evaluación de la composición mineral presentó 17.25 mg de calcio, 26.65 mg de hierro, 149 mg de fósforo, 92.5 mg de potasio y 6.5 mg de magnesio (Silva et al., 2013). La disminución del contenido de sodio en CHOV1 quizá se deba a los materiales de elaboración como lo es el chile verde y espinacas. Ante esto, se han reportado valores de sodio de 602.36 a 984.18 mg/100 g en embutidos de cerdo (Seong et al., 2015) y 1112 mg/100 g de sodio en chorizo ahumado con carne de cabra (Silva et al., 2013).

Altos contenidos de nitritos y fosfatos reducen el contenido de humedad en la elaboración de jamón de cabra. No obstante, se requiere de mayor humedad en este tipo de productos para mantener su apariencia, fresca y textura típica de un jamón cocido. Se han reportado valores de humedad de 73 % en jamón de cerdo (Benet et al., 2015) y para jamones comerciales un promedio de 75.6 % de humedad (Talens et al., 2013), el cual es de 4.3 a 6.9 % mayor en humedad que el jamón elaborado con carne de machos cabríos castrados presente en este trabajo. Valores altos de humedad representan menor vida de anaquel y un mayor ataque de microorganismos. En jamón curado con carne de cabra se reportó un contenido de grasa de 5.96 % y 5.99 % para la raza Sarda y Malta, respectivamente (Mazzette et al., 2012). Además, en jamones comerciales se encontró de 1.62 a 3.68 % de grasa (Talens et al., 2013) menos que los reportados en este escrito. En carne fresca de cabra se reportaron valores de 10.92 % de ácido linoleico, 21.55 % de ácido palmítico y 34.66 % de ácido oleico (Ebrahimi et al., 2014). El jamón curado con carne de cabra sarda y maltesa presentó contenidos proteicos del 44.35 y 34.19%, respectivamente (Mazzette et al., 2012). En diferentes jamones comprados en el mercado local se reportaron valores promedio de 18.02% de proteína (Talens et al., 2013) y en jamón ahumado con carne de cabra se reportó 38.74% de proteína (Ivanovic et al., 2014; Ivanovic et al., 2016). Cabe mencionar, que en los jamones con carne de cabra se redujo el contenido de nitritos y fosfatos, por lo que presentaron hasta un 2.9 % menos de materia orgánica que los comerciales. Los diferentes jamones elaborados con carne de cabra presentaron valores del 3.5 al 3.6 %, valores hasta un 2 % menores que el jamón ahumado con carne de cabra (Ivanovic et al., 2016). En jamones ahumados se encontró 4.5 % de sodio (Ivanovic et al., 2016). En la actualidad, el bajo contenido de sodio en alimentos es importante para ofrecer alimentos cada vez más saludables que proporcionen al consumidor un beneficio y, con ello disminuir el incremento de enfermedades crónico-degenerativas por el consumo excesivo de sales y nitritos en los alimentos. Asimismo, la cantidad permitida de nitritos en alimentos cárnicos es altamente regulada, debido a que niveles altos pueden ser tóxicos para el consumidor. Hasta el momento, la literatura no ha reportado estudios que evalúen el efecto del remplazo parcial de NaCl sobre microorganismos patógenos en alimentos (Raybaudi-Massilia et al., 2019). Sin embargo, la

estrategia más común para la reducción de sodio es la adición de sales de cloruro, siendo el cloruro de potasio el más utilizado debido a sus propiedades químicas similares con NaCl (Vidal et al., 2021). En la actualidad, se requiere de productos bajos en grasa y un buen proceso de transformación permitirá productos de alta calidad, es decir, que no pierdan sus propiedades físicas pero agradables al paladar (Sen et al., 2004).

Con base a los costos mencionados anteriormente, el productor puede aumentar el margen de ganancia deseado y competitivo. En el mercado el precio de venta de una bolsa de 25 g de carne deshidratada de res fue de \$34.0 y la de cerdo se encontró en \$30.5. El chorizo verde y rojo de cerdo tuvo un precio promedio al consumidor de \$319.0 y \$155.0 por kilogramo, respectivamente. En cuanto al jamón de cerdo, se encontró un precio promedio de \$162.0/kg. En consecuencia, los costos de los diferentes productos elaborados a base de carne de machos cabríos castrados son competitivos y representan una oportunidad en el mercado, ya que no se encontraron en productos elaborados a base de este tipo de carne.

CONCLUSIONES

La carne de macho cabrío castrado tiene diversas ventajas para ser comercializada mediante la transformación de tecnologías de alimentos como lo es la carne deshidratada, el chorizo verde y rojo y el jamón cocido. Los diferentes productos elaborados, presentaron bajos contenidos de sal y ricos en proteína, comparados con los productos de carne de cerdo o pavo, que regularmente, se encuentran en el mercado. Por otro lado, en costos de producción de los diferentes productos elaborados a base de carne de machos cabríos castrados es competitivo. Dicho costo está por debajo de los precios encontrados en el mercado, al cual incluyen entre otros factores el costo de comercialización. Por tanto, este tipo de productos son una opción rentable para los caprinocultores del estado de Zacatecas y bien sería de importancia su posicionamiento en los distintos mercados nacionales. Por ende, es conveniente realizar estudios participativos con productores y así incrementar las tecnologías adecuadas que permitan darle valor agregado a machos cabríos castrados, que no tienen un lugar en el mercado.

FINANCIAMIENTO

Agradecemos el apoyo financiero a la Fundación Produce Zacatecas para el proyecto titulado "Innovación de procesos productivos sustentables de unidades productivas caprinas en el estado de Zacatecas" (Número de proyecto: 112470687). Agradecemos a los técnicos de laboratorio Francisco Castañeda Gallardo y Gladys Berenice Juárez Canales por su apoyo en el laboratorio, que enriqueció significativamente este trabajo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, software, redacción - borrador original, redacción - revisión y edición: Figuroa-González, J. J., Juárez-García, M., Sánchez-Toledano, B. I., Echavarría-Cháirez, F. G. & Mancillas-Medina, J.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, S., Álvarez, C., Hamill, R., Mullen, A. M., & O'Neill, E. (2021). Drying dynamics of meat

- highlighting areas of relevance to dry-aging of beef. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(6), 5370–5392. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12845>
- Benet, I., Guàrdia, M. D., Ibañez, C., Solà, J., Arnau, J., & Roura, E. (2015). Analysis of SPME or SBSE extracted volatile compounds from cooked cured pork ham differing in intramuscular fat profiles. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), 393–399. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.016>
- Benítez Jiménez, J. G., Hernández Hernández, J., Pérez Ruiz, E., Ibarra Flores, F. A., Martín Rivera, M. H., & Rodríguez Castillo, J. del C. (2018). La alimentación, el principal concepto que afecta la rentabilidad caprina en la región Mixteca de Puebla, México. *AgEcon Search*. [file:///F:/Spec 2/Traffic Delay Model.pdf](file:///F:/Spec%20Traffic%20Delay%20Model.pdf)
- Beserra, F. ., Madruga, M. ., Leite, A. ., da Silva, E. M. ., & Maia, E. . (2004). Effect of age at slaughter on chemical composition of meat from Moxotó goats and their crosses. *Small Ruminant Research*, 55(1–3), 177–181. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.02.002>
- Brand, T. S., Van Der Merwe, D. A., Hoffman, L. C., & Geldenhuys, G. (2018). The effect of dietary energy content on quality characteristics of Boer goat meat. *Meat Science*, 139, 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.01.018>
- Choi, J.-H., Jeong, J.-Y., Han, D.-J., Choi, Y.-S., Kim, H.-Y., Lee, M.-A., Lee, E.-S., Paik, H.-D., & Kim, C.-J. (2008). Effects of pork/beef levels and various casings on quality properties of semi-dried jerky. *Meat Science*, 80(2), 278–286. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.11.028>
- Ebrahimi, M., Rajion, M., & Goh, Y. (2014). Effects of Oils Rich in Linoleic and α -Linolenic Acids on Fatty Acid Profile and Gene Expression in Goat Meat. *Nutrients*, 6(9), 3913–3928. <https://doi.org/10.3390/nu6093913>
- Echavarría-Cháirez, F. G., De La Cruz, J. L. S., Luna, R. G., & García, G. M. (2015). Validation of a methodological strategy for the qualitative evaluation of semiarid rangelands in Zacatecas, Validación de una estrategia metodológica para la evaluación cualitativa de un pastizal mediano abierto del estado de Zacatecas. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84946155971&partnerID=MN8TOARS>
- Figueroa-González, J. J., Servin-Palestina, M., Zegbe, J. A., & Martínez-Ruiz, A. (2022). Drying kinetics models for guava slices dried with a rustic solar dehydrator Modelos de cinética de secado para rebanadas de guayaba secadas con un deshidratador solar rústico. *Journal of Experimental Systems*, 9(27), 9–16.
- Hernández-Hernández, L., Almaguer-Sierra, P., Barrientos-Lozano, L., Sánchez-Reyes, U. J., Rocha-Sánchez, A. Y., & Flores-Gracia, J. (2023). Patterns of Change and Successional Transition in a 47-Year Period (1973–2020) in Rangelands of the Tamaulipan Highlands, Northeastern Mexico. *Forests*, 14(4), 815. <https://doi.org/10.3390/f14040815>
- Ivanovic, S., Nestic, K., Pisinov, B., & Pavlovic, I. (2016). The impact of diet on the quality of fresh meat and smoked ham in goat. *Small Ruminant Research*, 138, 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.04.005>
- Ivanovic, S., Pisinov, B., Boskovic, M., Ivanovic, J., Markovic, R., Baltic, M., & Nestic, K. (2014). Changes in the quality of goat meat in the production of smoked ham. *Tehnologija Mesa*, 55(2), 148–155. <https://doi.org/10.5937/tehmesa1402148I>
- Jia, W., Di, C., & Shi, L. (2023). Applications of lipidomics in goat meat products: Biomarkers, structure, nutrition interface and future perspectives. *Journal of Proteomics*, 270, 104753. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2022.104753>
- Kazhybayeva, G., Agibayeva, A., Kuderinova, N., Harlap, S., Fedoseeva, N., Usov, V., Zhumanova, G., & Bakirova, L. (2019). Development of technology and assessment of nutritional value of a delicacy goat meat product. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(5), 239–242.

- Kim, S.-M., Kim, T.-K., Cha, J. Y., Kang, M.-C., Lee, J. H., Yong, H. I., & Choi, Y.-S. (2021). Novel processing technologies for improving quality and storage stability of jerky: A review. *LWT*, *151*, 112179. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112179>
- Kovács, Á., & Seregi, J. (2015). The importance of goat milk and meat in the human nutrition. *In 26th International Dagegne Symposium 2015 17th–19th June, 2015 Hotel Vita, Terme Dobrna, Dobrna, Slovenia* (p. 79).
- Lorenzo, J. M., González-Rodríguez, R. M., Sánchez, M., Amado, I. R., & Franco, D. (2013). Effects of natural (grape seed and chestnut extract) and synthetic antioxidants (butylatedhydroxytoluene, BHT) on the physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of dry cured sausage “chorizo.” *Food Research International*, *54*(1), 611–620. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.07.064>
- Madruga, M. S., Resosemito, F. S., Narain, N., Souza, W. H., Cunha, M. G. G., & Ramos, J. L. F. (2006). Effect of raising conditions of goats on physico-chemical and chemical quality of its meat efecto de las condiciones de crecimiento de cabras en la calidad fisico-química y química de su carne. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, *5*(2), 100–104. <https://doi.org/10.1080/11358120609487678>
- 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>
- Mazzette, R., Meloni, D., Melillo, R., Consolati, S. G., Lamon, S., Mureddu, A., & Piras, F. (2012). Evolution of chemical-physical parameters and rheological characteristics of Sarda and Maltese goat dry hams. *Italian Journal of Food Safety*, *1*(5), 17. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2012.5.17>
- Miller, B. A., & Lu, C. D. (2019). Current status of global dairy goat production: an overview. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *32*(8), 1219–1232. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0253>
- Nahed Toral, J., López Tecpoyotl, Z. G., Aguilar Jiménez, J. R., Grande Cano, D., & Delgadillo Puga, C. (2021). Compliance of Goat Farming under Extensive Grazing with the Organic Standards and Its Contribution to Sustainability in Puebla, Mexico. *Sustainability*, *13*(11), 6293. <https://doi.org/10.3390/su13116293>
- Ndlovu, C., Mayimele, R., Wutete, O., & Ndudzo, A. (2020). Breeding of goats: An indigenous approach to enhancing opportunities for smallholder farmers in Inyathi, Zimbabwe. *International Journal of Livestock Production*, *11*(3), 91–101. <https://doi.org/10.5897/IJLP2019.0586>
- Pacheco Pérez, W. A., Arias Muñoz, C. E., & Restrepo Molina, D. A. (2012). Efecto de la Reducción de Cloruro de Sodio sobre las Características de Calidad de una Salchicha Tipo Seleccionada. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, *65*(12), 6779–6787.
- Pateiro, M., Bermúdez, R., Lorenzo, J., & Franco, D. (2015). Effect of Addition of Natural Antioxidants on the Shelf-Life of “Chorizo”, a Spanish Dry-Cured Sausage. *Antioxidants*, *4*(1), 42–67. <https://doi.org/10.3390/antiox4010042>
- 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>
- Price Gittinger, J. (1983). *Análisis económico de proyectos agrícolas* (S. A. Editorial Tecnos (ed.)). http://biblioteca.fcefa.edu.bo/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1919&shelfbrowse_itemnumber=2522#shelfbrowser
- Qwele, K., Hugo, A., Oyedemi, S. O., Moyo, B., Masika, P. J., & Muchenje, V. (2013). Chemical composition, fatty acid content and antioxidant potential of meat from goats supplemented

- with Moringa (*Moringa oleifera*) leaves, sunflower cake and grass hay. *Meat Science*, 93(3), 455–462. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.009>
- Raybaudi-Massilia, R., Mosqueda-Melgar, J., Rosales-Oballos, Y., Citti de Petricone, R., Frágenas, N. N., Zambrano-Durán, A., Sayago, K., Lara, M., & Urbina, G. (2019). New alternative to reduce sodium chloride in meat products: Sensory and microbiological evaluation. *LWT*, 108, 253–260. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.057>
- Rodriguez Cairo, V., Bao Garcia, R., & Cardenas Lucero, L. (2017). *Formulación y evaluación de proyectos*. https://www.sancristoballibros.com/libro/formulacion-y-evaluacion-de-proyectos_21276
- Romero, M. C., Romero, A. M., Doval, M. M., & Judis, M. A. (2013). Nutritional value and fatty acid composition of some traditional Argentinean meat sausages. *Food Science and Technology*, 33(1), 161–166. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000007>
- Sánchez-Zapata, E., Zunino, V., Pérez-Alvarez, J. A., & Fernández-López, J. (2013). Effect of tiger nut fibre addition on the quality and safety of a dry-cured pork sausage (“Chorizo”) during the dry-curing process. *Meat Science*, 95(3), 562–568. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.026>
- Sánchez Toledano, B. I., ZEGBE-DOMÍNGUEZ, J., & CUEVAS REYES, V. (2021). Socioeconomic and competitive positioning of livestock chains in Zacatecas, Mexico. *Agro Productividad*, 14(3). <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i3.1801>
- SAS. (2016). *Statistical Analysis System*. https://www.sas.com/en_us/trials/software/viya/viya-trial-form.html
- Sen, A. R., Santra, A., & Karim, S. A. (2004). Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat under semiarid conditions. *Meat Science*, 66(4), 757–763. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00035-4](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00035-4)
- Seong, P.-N., Seo, H.-W., Kang, S.-M., Kim, Y.-S., Cho, S.-H., Kim, J.-H., & Hoa, V.-B. (2015). Beneficial Effects of Traditional Seasonings on Quality Characteristics of Fermented Sausages. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 29(8), 1173–1180. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0738>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023). *Anuario estadístico de la producción ganadera*. https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/
- Silva, F. A. P., Amaral, D. S., Guerra, I. C. D., Dalmás, P. S., Arcanjo, N. M. O., Bezerra, T. K. A., Beltrão Filho, E. M., Moreira, R. T., & Madruga, M. S. (2013). The chemical and sensory qualities of smoked blood sausage made with the edible by-products of goat slaughter. *Meat Science*, 94(1), 34–38. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.01.004>
- Talens, P., Mora, L., Morsy, N., Barbin, D. F., ElMasry, G., & Sun, D.-W. (2013). Prediction of water and protein contents and quality classification of Spanish cooked ham using NIR hyperspectral imaging. *Journal of Food Engineering*, 117(3), 272–280. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.03.014>
- Toldrá, F. (2010). *Handbook of Meat Processing* (F. Toldrá (ed.)). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780813820897>
- Vidal, V. A. S., Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., & Pollonio, M. A. R. (2021). Challenges to reduce or replace NaCl by chloride salts in meat products made from whole pieces – a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(13), 2194–2206. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1774495>
- Villegas, E., & Mertz, E. T. (1971). *Chemical Screening Methods for Maize Protein Quality At Cimmyt*. 20. <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/19397/17728.pdf?sequence=1&is>

Allowed=y

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>