

## USO DE HARINA DE AGUACATE EN DIETAS DE CORDEROS SOBRE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA DE LA CARNE<sup>7</sup>

### [USE OF AVOCADO MEAL IN LAMB DIETS ON THE OXIDATIVE STABILITY OF THE MEAT]

**María Elena Luna-Castañeda<sup>1</sup>, Javier Germán Rodríguez-Carpena<sup>1,2,§</sup>, Fernando Grageola-Núñez<sup>2</sup>, Clemente Lemus-Flores<sup>2</sup>, Edgar Ivan Jiménez-Ruiz<sup>3</sup>, Job Oswaldo Bugarín-Prado<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nayarit, CENiTT-UAN. Tepic, Nayarit, México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nayarit, UAMVZ. Compostela, Nayarit, México. <sup>3</sup>Universidad Autónoma de Nayarit. Tecnología de Alimentos. Tepic, Nayarit, México. <sup>4</sup>Universidad Autónoma de Nayarit. UAA. Xalisco, Nayarit, México.

<sup>§</sup>Autor para correspondencia: (german.rc@uan.edu.mx).

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión de harina de aguacate en una dieta para ovinos comparada con otra adicionada con aceite de girasol y un control sobre la calidad nutritiva, sensorial y estabilidad oxidativa de la carne. En este estudio realizado en Nayarit durante el periodo de verano de 2017, se elaboraron sistemas modelo con carne de los ovinos alimentados con las distintas dietas y se evaluaron los parámetros químico proximales, estabilidad oxidativa del color y lípidos y se realizó una evaluación sensorial. Los análisis estadísticos fueron bajo un diseño completamente al azar. No hubo diferencias significativas en el análisis químico proximal ( $p > 0.05$ ). Respecto a la estabilidad oxidativa del color en carne, se encontró que los antioxidantes presentes en el aguacate mantienen el color rojo durante mayor tiempo (12 días) con diferencias significativas con respecto al grupo control. Los lípidos tuvieron un efecto antioxidante similar para el color, inhibiéndose la formación de compuestos secundarios de oxidación. Los tratamientos no tuvieron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) de efecto en las características sensoriales de la carne. El uso de harina de aguacate (elaborada con cáscara, pulpa y la semilla) como ingrediente para dieta de ovinos es una excelente estrategia para mantener la calidad nutritiva y sensorial de la carne de ovinos, además de inhibir algunos procesos oxidativos, extendiendo su vida útil.

**Palabras clave:** Carne de ovinos, subproductos de aguacate, vida útil.

### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the inclusion of avocado meal in a diet for sheep compared to another one added with sunflower oil and a control, in its effect on the nutritional, sensory and oxidative stability of the meat. This study carried out in Nayarit during summer period of 2017, model systems were elaborated with meat of the sheep fed with the different diets and the proximal chemical parameters of the meat, oxidative stability of the color and lipids were evaluated and a sensory evaluation was carried out. There were no significant differences in the proximal chemical analysis ( $p > 0.05$ ). Regarding the oxidative stability of the color in meat, it was found that the meat of sheep fed with avocado meal kept the red color for a longer time (12 days) with significant differences compared to the control group. Lipids had a similar antioxidant effect on color, inhibiting the formation of secondary oxidation compounds. The treatments did not have significant differences ( $p > 0.05$ ) of effect on the sensory characteristics of the meat. The use of avocado meal (made with peel, pulp and seed) as an ingredient for sheep diets is an excellent strategy to maintain the nutritional and sensory quality of sheep meat, as well as favouring the inhibition of some oxidative processes for extending its shelf life.

---

<sup>7</sup> Recibido: 20 de septiembre de 2021

Aceptado: 30 de noviembre de 2021

**Index words:** Sheep meat, avocado by-product, shelf life.

## INTRODUCCIÓN

El color de la carne juega un papel crítico en la toma de decisión para adquirir los productos alimenticios que requieren los consumidores y lo relaciona con frecuencia como un indicador de frescura y salubridad (Andrés *et al.*, 2008). Los compuestos responsables del color de la carne y el contenido de ácidos grasos insaturados son particularmente susceptibles a la oxidación. De hecho, la susceptibilidad a la oxidación y al deterioro de los componentes musculares se debe principalmente a las altas concentraciones de ácidos grasos insaturados, a los grupos funcionales y al hierro presentes en la mioglobina. La presencia de compuestos antioxidantes naturales en la dieta de animales puede retardar los procesos oxidativos y conservar las propiedades fisicoquímicas de la carne (Estévez *et al.*, 2003; Estévez, 2021). En este sentido, se ha reportado que la suplementación de tocoferoles o compuestos fenólicos de productos vegetales en la dieta de ovinos mejoran la estabilidad oxidativa de la carne (Zhong *et al.*, 2015; Urrutia *et al.*, 2015; Jose *et al.*, 2016).

Se ha demostrado que la calidad de la carne se ve modificada por la inclusión de ingredientes, sobre todo aquellos con alto contenido graso (aguacate o aceite de girasol, entre otros) en la dieta de animales de interés zootécnico (Hervas *et al.*, 2008; Hernández-López *et al.*, 2016a). En investigaciones anteriores se ha utilizado subproductos de aguacate como un ingrediente no convencional en la alimentación de algunas especies animales destinados al consumo humano, reportando algunos, que la calidad de la carne se modifica hacia parámetros más nutritivos y saludables por la inclusión de este ingrediente (Skenjana *et al.*, 2006; Hernández-López *et al.*, 2016a; Hernández-López *et al.*, 2016b; Galeano-Díaz *et al.*, 2019).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión de harina de aguacate en la dieta de ovinos, contrastada con otra adicionada con aceite de girasol y una dieta control para determinar la estabilidad oxidativa del color y los lípidos y evaluar sensorialmente cambios en la carne.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención de las muestras cárnicas

Se obtuvieron en verano de 2017, muestras de pierna (músculos bíceps femoral, semitendinoso, cuádriceps femoral y semimembranoso) para elaborar sistemas modelo tipo hamburguesa y de lomo (músculo *Longissimus thoracis et lumborum*) para evaluar la calidad nutritiva de la carne procedentes de 18 ovinos machos sin castrar, alojados en jaulas individuales, de raza Pelibuey-Dorper, que fueron alimentados con dietas distintas balanceadas isoprotéicamente. El primer grupo (AGUACATE) se adicionó del 10% de harina de aguacate que para su elaboración se siguió el procedimiento como lo describen Hernández-López *et al.* (2016a) donde se obtuvo una pasta fresca que posteriormente fue secada al sol durante cuatro días hasta obtenerla como harina, previa molienda; El segundo grupo (GIRASOL) se adicionó el 10% de aceite de girasol como parte de los ingredientes de la dieta de los animales, contrastadas con una dieta para el grupo CONTROL (alfalfa molida: 40%, sorgo molido: 46.91%, pasta de soya: 4.59%, canola: 0.10%, melaza: 7%, minerales con monensina: 1%, urea: 0.10% y óxido de magnesio: 0.30%). Una vez que los ovinos alcanzaron un peso vivo de  $40 \pm 2$  kg, se sacrificaron humanitariamente, siguiendo los protocolos establecidos en la NOM-033-SAG/ZOO-2014, para obtener la carne utilizada en el presente trabajo.

### Evaluaciones químico-proximales y de calidad de la carne

Se llevaron a cabo análisis químico proximales por triplicado para determinar la calidad nutritiva de la carne del lomo de cada ovino posterior a 24 h *postmortem*; para la determinación de humedad se siguió el método oficial 950.46 y para proteína el método oficial 976.05 descritos por la AOAC (2012). El cambio cuantitativo en grasa intramuscular se realizó mediante la técnica de Folch *et al.* (1957). La evaluación de pH a los 45 min *postmortem*, se realizó con un potenciómetro de cuchilla (Hanna, modelo HI99163, Rumania). Para

determinar la capacidad de retención de agua (CRA) se pesó alrededor de 100 g de carne y colocó en charola de poliestireno con una película de plástico permeable siguiendo el método de conservación a 3 °C, realizando posteriores pesajes a las 24 y 48 h (Poulanne y Demeyer, 1992). En el caso del color, este se evaluó de manera instrumental en la carne y se usó un colorímetro (Konica-Minolta, Chroma meter CR-410, Japón), utilizando el espacio de color CIE L\*a\*b\* (CIE; 1986). Las mediciones del color se realizaron sobre la superficie de la carne por triplicado en tres zonas distintas elegidas aleatoriamente y a temperatura ambiente.

### **Elaboración de sistemas modelo tipo hamburguesa**

Con la carne de la pierna de las seis unidades experimentales por tratamiento (harina de aguacate, aceite de girasol o control), se elaboraron sistemas modelo tipo hamburguesa, considerando los siguientes porcentajes de inclusión en la fórmula: carne de pierna de borrego, 92.5; grasa subcutánea del mismo animal, 4.6; sal, 1.15 y agua 1.75.

Para la elaboración de los sistemas modelo se utilizó un molino de carne con criba de 1/8", iniciando con la molienda de la carne y la grasa subcutánea. Posteriormente se le incorporó la sal y el agua hasta obtener una mezcla homogénea con la cual se realizaron hamburguesas de 60 g c/u, utilizando un aro de metal de 8 cm de diámetro.

Se elaboraron 10 sistemas modelo tipo hamburguesas por cada unidad experimental (animal) y tratamiento (total 60 hamburguesas por tratamiento), considerando por cada animal un lote de cinco hamburguesas para mantenerlas crudas y otro lote de cinco que fueron cocinadas a la plancha a 200 °C durante 5 min por cada lado, asegurando una temperatura interna mínima de 75 °C; posteriormente se dejaron enfriar. Las hamburguesas crudas y cocinadas se almacenaron en bandejas de poliestireno y cubiertas con una película plástica en refrigeración a 3 °C y con luz (en vitrina) por un periodo total de 12 días, realizando muestreos los días 0, 3, 6, 9 y 12.

### **Evaluación de los cambios de color y estabilidad oxidativa de lípidos de los sistemas modelo**

A los sistemas modelos que fueron almacenados en refrigeración se les midió instrumentalmente el color durante los días de muestreos. La determinación de productos secundarios de la oxidación de los lípidos en cada periodo de muestreo se llevó a cabo por la técnica de TBA-RS descrita por Ganhão *et al.* (2011).

### **Evaluación sensorial de los sistemas modelo**

Se evaluaron sensorialmente los sistemas modelo tipo hamburguesas elaboradas con la carne de los 18 borregos alimentados con harina de aguacate, aceite de girasol o una dieta control, para medir el grado de aceptación en apariencia, color y sabor con apoyo de un panel de catadores no entrenados. Se seleccionaron 141 personas para realizar la evaluación sensorial usando un test hedónico con escala de 7 puntos para cada atributo. Cada hamburguesa se cocinó y se cortó en cuatro porciones y fueron ofrecidas calientes al panel. Para llevar a cabo la evaluación sensorial se siguieron las metodologías descritas por Sancho *et al.* (1999).

### **Análisis estadístico de resultados**

Los datos fueron procesados por análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar, donde la fuente de variación fue el tipo de alimento administrado a los animales analizada en cada punto de muestreo (tiempo) después de comprobar los supuestos de normalidad y homocedasticidad. En las variables que mostraron diferencias significativas debido a la fuente de variación, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Para la evaluación sensorial además se utilizó el efecto 'catador' como variable aleatoria y medida repetida en el modelo estadístico. Los análisis estadísticos se procesaron con ayuda del programa estadístico SAS para Windows Ver 9.0 (2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Calidad de la carne

Los distintos tratamientos aplicados en la alimentación de los animales no influyeron para que hubiese efecto significativo ( $p>0.05$ ) entre ellos para todas las variables analizadas de la carne (Cuadro 1). Respecto al aporte proteico y materia seca de la carne, es coincidente con los resultados reportados Rodríguez-Maya *et al.* (2019) en borregos Katahdin Dorper alimentados con una dieta control. De igual manera, los valores químico proximales, pH y color a los 45 min *postmortem* son similares a los valores reportado por Camacho *et al.* (2017) en borregos de pelo sacrificados al llegar a los 25 kg de peso vivo.

**Cuadro 1.** Composición químico-proximal y análisis fisicoquímicos de la carne de ovinos alimentados con distintas dietas.

	Dieta			EEM	Valor <i>p</i>
	Aguacate	Girasol	Control		
Grasa, (%)	4.05	3.60	4.09	0.320	0.811
Humedad, (%)	73.17	73.74	73.55	0.454	0.881
Proteína, (%)	18.28	18.25	17.63	0.147	0.122
pH	6.78	6.77	6.71	0.043	0.821
CRA 0-24 h (g)	2.37	2.75	2.58	0.406	0.933
CRA 0-48 h (g)	2.76	3.24	2.99	0.314	0.831
Color L*	34.75	34.67	34.57	0.570	0.992
Color a*	19.96	17.90	19.09	0.407	0.112
Color b*	4.43	2.98	3.87	0.268	0.073

HPA: Harina de pasta de aguacate; CRA 0-24: Capacidad de retención de agua de 0 a las 24 h; CRA 0-48: Capacidad de retención de agua de 0 a las 48 h. EEM; error estándar de la media.

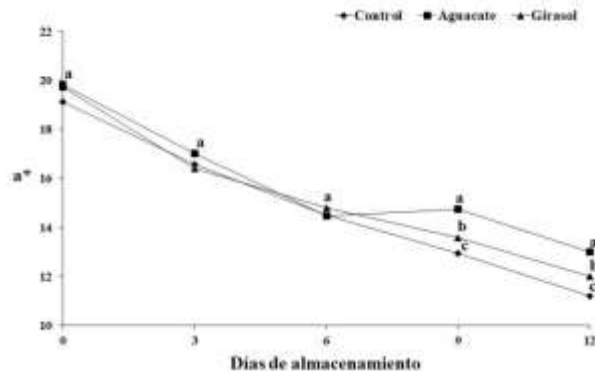
Los resultados proximales de la carne indican que los tratamientos no tuvieron una influencia en los valores que son indicativos de calidad de la carne. En este sentido, algunos reportes señalan que dicha calidad puede ser modificada por factores como la genética, sexo, edad y principalmente a través de la alimentación (Hopkins y Hegarty, 2004).

La capacidad de retención de agua que presentó la carne fue mejor que la reportada por Camacho *et al.* (2017), posiblemente por las dietas utilizadas en la alimentación de los animales, la raza y los sistemas de explotación; además se sabe que carnes con un pH final alto, incrementan esta capacidad. Esta es una característica cualitativa de gran importancia debido a que puede afectar la apariencia y comportamiento durante los procesos culinarios, por consiguiente, alteraciones en la jugosidad durante la masticación. Las carnes con mejor capacidad de retención de agua pierden menor cantidad de nutrientes por el exudado y generalmente son consideradas más sabrosas (Pinheiro *et al.*, 2010).

Los valores que determinan el color de la carne (L\*, a\* y b\*) tampoco presentaron diferencias entre los tratamientos evaluados ( $p>0.05$ ). Estos resultados indican que las proteínas miofibrilares de la carne de los rumiantes no se vieron afectadas por las dietas, lo que sugiere una alta cantidad de mioglobina presente en las fibras musculares. De acuerdo a lo que se ha reportado, se sabe que la estabilidad oxidativa del color de la carne y los productos cárnicos está dictada principalmente por el contenido y el estado de oxidación principalmente del hierro de la mioglobina, la especie de animal de procedencia, la alimentación, así como la cantidad y tipo de grasa (Rodríguez-Carpena *et al.*, 2011b).

### Estabilidad oxidativa del color

Con respecto a la evaluación instrumental del color rojo de la carne en los sistemas modelo, esta se determinó por medio de la escala  $a^*$  (medida a una temperatura de 15 °C) (Figura 1). Se observó una pérdida natural del color rojo de la carne durante el almacenamiento en refrigeración, pero se destaca que a partir del sexto día, los compuestos bioactivos (principalmente compuestos fenólicos) presentes en cáscara y semilla del aguacate (Rodríguez-Carpena *et al.*, 2011a) favorecieron una mejor estabilidad oxidativa y fue menor el descenso del valor de  $a^*$ , en contraste con las hamburguesas de carne ovina procedentes del grupo control y en las que se adicionó aceite de girasol en la dieta.

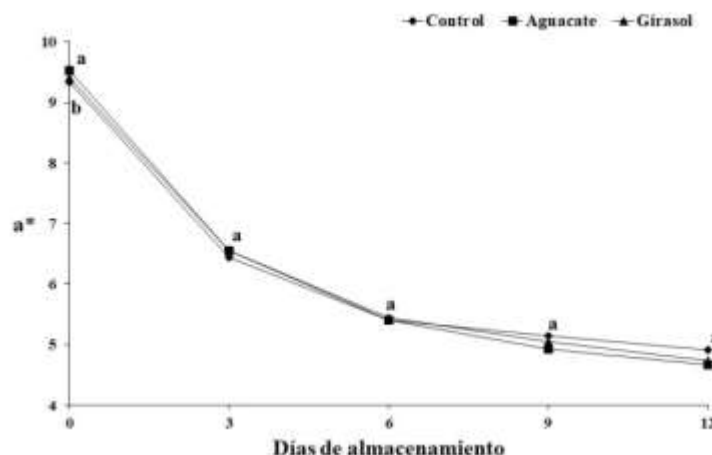


**Figura 1.** Representación del color rojo (valor  $a^*$ ) como indicador de oxidación en sistemas modelo crudos almacenados en refrigeración.

Los resultados observados en este experimento confirman que las hamburguesas sufrieron un proceso de decoloración por la pérdida del color rojo ( $a^*$ ) durante el almacenamiento y que se asocia principalmente a la acumulación de metamioglobina (MetMb) en la superficie de las hamburguesas. Esto debido a que la oxidación de lípidos y de mioglobina actúan conjuntamente para el desarrollo de la decoloración y consecuentemente hay una asociación con inicios de alteraciones del sabor (Estévez *et al.*, 2003).

Faustman *et al.* (2010) reportan que la preservación de color de la carne fresca después de la inclusión de ingredientes antioxidantes como aditivos, han servido para el desarrollo de estrategias para mantener la calidad sensorial óptima. La formación y acumulación de compuestos aromáticos indeseables y la decoloración de la carne dependen en gran medida de la generación de moléculas muy reactivas (ROS). Entre estas se encuentran los iones de oxígeno, los radicales libres y los peróxidos que son generados por procesos naturales oxidativos, principalmente de los lípidos, pero que van generándose de manera exponencial conforme pasa el tiempo y hay mayor exposición a estos radicales por desnaturalización de los componentes de la carne (Zhong *et al.*, 2015). En este sentido, se ha reportado que la suplementación de tocoferoles o compuestos fenólicos de productos vegetales en la dieta de animales de abasto, ha brindado una excelente estabilidad oxidativa (Urrutia *et al.*, 2015; Zhong *et al.*, 2015). Por lo tanto, se puede inferir que los cambios de color en las hamburguesas crudas fueron causados por reacciones de oxidación y que la adición en la dieta con aguacate (rico en compuestos fenólicos), ejerce una protección contra la decoloración de los productos cárnicos.

Con respecto a las hamburguesas de ovinos sometidas a proceso de cocción, en el valor que determina el color rojo ( $a^*$ ) (Figura 2). Se muestra que al momento de someter a altas temperaturas la carne, se pierde casi el 50% del valor de  $a^*$  solo por el proceso de cocción y comienza a adquirir tonalidades propias de la carne cocida (café/parda) (AMSA, 2012). Esto principalmente por cambios del estado químico de la mioglobina y su átomo de hierro, así como por otras reacciones químicas de distinta índole (oxidación lipídica, reacciones de Maillard, degradación de algunos aminoácidos, reacciones de condensación, entre otras) que se fomentan con la temperatura, ocasionando los cambios en la coloración de la carne cocinada para posteriormente seguirse perdiendo durante los días de almacenamiento en refrigeración, hasta prácticamente perder el color rojo característico de la carne cruda (Ruiz *et al.*, 2002).



**Figura 2.** Representación del color rojo (valor  $a^*$ ) como indicador de oxidación en sistemas modelo cocinados y posteriormente almacenados en refrigeración.

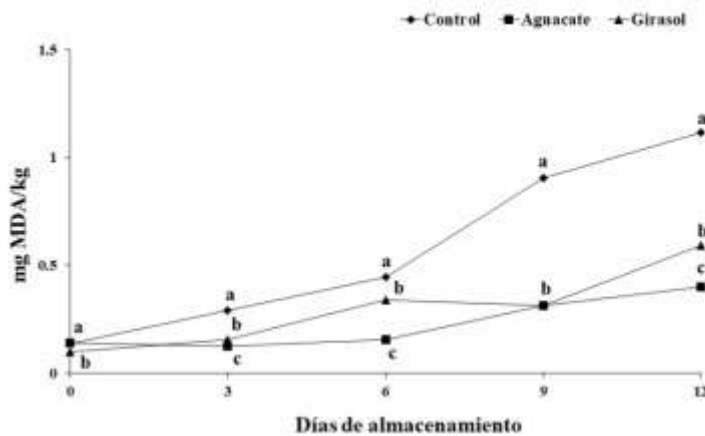
Por otra parte, durante en el proceso de cocción (día 0) (Figura 2); las hamburguesas elaboradas con la carne de animales alimentados con harina de aguacate presentaron un 2% más alto el valor  $a^*$ , con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con respecto al control y las de aceite de girasol. Durante los días posteriores a la cocción y en almacenamiento refrigerado, las hamburguesas presentaron el mismo comportamiento respecto al color rojo sin diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ), posiblemente atribuido a la desnaturalización y pérdida de los compuestos fenólicos y que se ha demostrado que son sensibles al calor (Kamalaja *et al.*, 2018). Finalmente, es conocido que el proceso de cocción modifica la estructura de la mioglobina y las proteínas miofibrilares desnaturalizándolas (AMSA, 2012). Además, la presencia de antioxidantes que se han reportados en la pasta de aguacate y algunos compuestos utilizados actúan como prooxidantes antes de este proceso y es lo que determina el color de la carne recién cocinada (Hernández-López *et al.*, 2016a).

### Evaluación de metabolitos secundarios de oxidación lipídica

En la Figura 3 se muestran los resultados obtenidos al evaluar la cantidad de MDA formado durante la peroxidación de los lípidos presentes en los sistemas modelo que no fueron sometidos a cocción, a lo largo del periodo de 12 días de almacenamiento en refrigeración. Se destaca que la carne procedente de ovinos que fueron alimentados con una dieta control se va oxidando, lo que contribuye a corroborar las teorías de los mecanismos de oxidación, que indican que, una vez iniciados estos procesos, se convierten en una reacción en cadena que van afectando otros componentes susceptibles (ácidos grasos insaturados, colesterol y proteínas) (Ganhão *et al.*, 2011). Sobre el comportamiento de las hamburguesas con aceite de girasol, se comprende que tenga cierta protección, ya que este aporta una gran cantidad de carotenoides que protegen a los ácidos grasos monoinsaturados e insaturados (Rodríguez-Carpena *et al.*, 2011b).

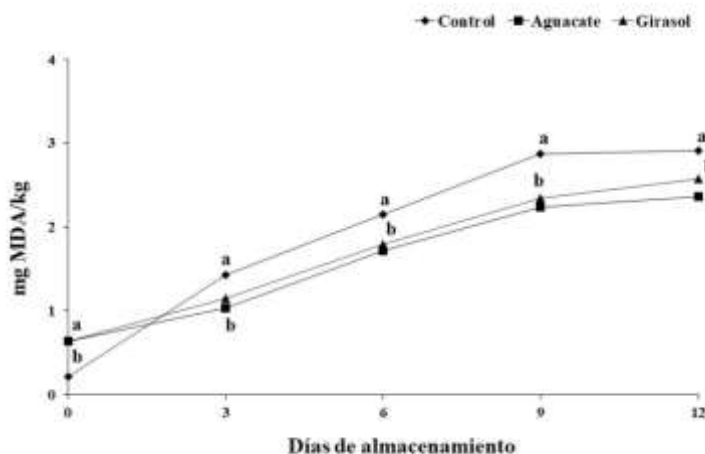
Las hamburguesas elaboradas con carne de ovinos alimentados con harina de aguacate, durante los primeros seis días mantuvieron una estabilidad oxidativa consistente y posterior a este periodo se incrementaron los niveles de MDA; sin embargo, no llega a incrementar la cantidad de manera exponencial. La presencia de compuestos bioactivos provenientes del aguacate administrados en la dieta de los animales y que son bioacumulables (Hernández-López *et al.*, 2016a), pudieron actuar como antioxidantes retardando los procesos oxidativos de la carne. Esto sugiere que pueden conservar las propiedades sensoriales (evitan generación de aromas a rancidez), nutritivas y saludables (evitan la escisión de los ácidos grasos y la posterior formación de metabolitos secundarios de oxidación que pueden llegar a ser tóxicos) y extienden la vida de anaquel (Luciano *et al.*, 2009; Jiang y Youling, 2016). Al respecto, se sabe que la cáscara y semilla

del aguacate (incluidos en la elaboración de la harina) contienen una gran cantidad de compuestos fenólicos y polifenólicos que son de gran interés debido a sus propiedades antioxidantes demostradas en productos cárnicos (Rodríguez-Carpena *et al.*, 2011a).



**Figura 3.** Evaluación de metabolitos secundarios de oxidación lipídica expresados como malondialdehído (MDA) en sistemas modelo crudos almacenados en refrigeración.

Los resultados de TBA-RS en hamburguesas cocinadas muestran una tendencia de incremento similar entre los distintos tratamientos (Figura 4); aunque los valores iniciales de MDA son mayores que en las crudas. Respecto al proceso de cocción de las hamburguesas control, estas mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) en la cuantificación de MDA en todos los días de almacenamiento en refrigeración, respecto a las elaboradas con harina de aguacate o aceite de girasol.



**Figura 4.** Evaluación de metabolitos secundarios de oxidación lipídica expresados como malondialdehído (MDA) en sistemas modelo cocinados almacenados en refrigeración.

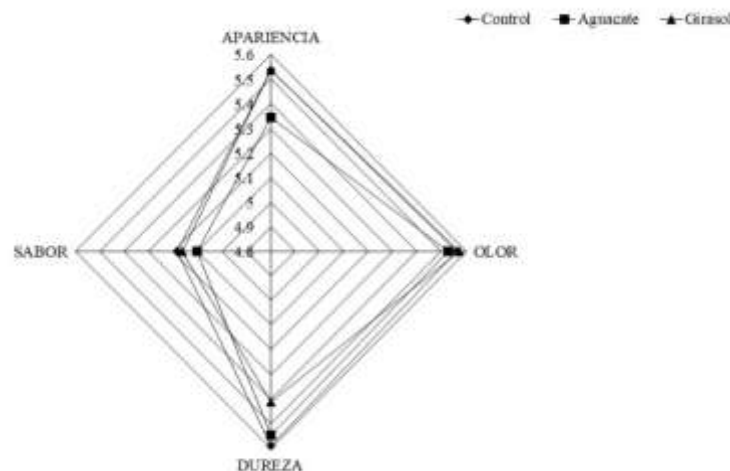
Se puede inferir que los procesos de altas temperaturas aplicados a la carne durante la cocción, desnaturaliza la mayoría de sus componentes y se incrementa la degradación de lípidos y proteínas principalmente, pero no son ajenos a esta pérdida los compuestos bioactivos que protegieron a la carne cruda (compuestos fenólicos, tocoferoles, carotenoides y vitaminas). Aún así, después de 12 días de almacenamiento en refrigeración, se observaron valores más bajos de MDA cuando la carne procedió de los animales que fueron alimentados con la inclusión de harina de aguacate o aceite de girasol en las dietas.

Esto pudiera indicar una mejor aceptación por parte de los consumidores, ya que se ha demostrado que valores de TBA-RS superiores a 0.5 comienzan a producir aromas a rancio que pueden ser detectados.

Se ha demostrado que los compuestos fenólicos presentes en cáscara y semilla del aguacate protegen a los lípidos y la mioglobina de la carne, neutralizando los radicales libres que se generan por reacciones de oxidación y consecuentemente se reduce la formación de MDA y otros TBA-RS. Estos pueden ser causantes de la pérdida directa de la calidad y contribuyen al deterioro del color, sabor y aroma de la carne y productos cárnicos (Rodríguez-Carpena *et al.*, 2011 a y b).

### Evaluación sensorial

Los resultados de las evaluaciones sensoriales realizadas en las hamburguesas de carne ovina para los atributos de apariencia, color, dureza en boca y sabor, llevadas a cabo por panelistas no entrenados, no mostraron diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) de acuerdo al tipo de alimentación que recibieron los animales durante su engorda (Figura 5).



**Figura 5.** Evaluación sensorial de los atributos de hamburguesas cocinadas elaboradas con carne de ovinos alimentados con distintas dietas.

Al realizar los análisis estadísticos de los resultados, se observó que el panel de catadores no entrenados, si tuvo una influencia ( $p < 0.05$ ), en las evaluaciones al utilizar en el modelo estadístico el efecto 'catador' como variable aleatoria. Al evaluar cada variable, se puede notar que el sabor fue calificado entre ni me gusta, ni me disgusta o me gusta ligeramente por los catadores. Estos resultados se pueden asociar a que la preferencia de consumo de carne de borrego es un gusto adquirido y posiblemente, al ofrecérselas solo con poca sal, sin ningún condimento y solo cocinada a la plancha, no fue bien evaluada. Es bien conocido que culturalmente en la región de Nayarit no se consume mucha carne de borrego y la que se consume es en forma de birria o barbacoa que son adicionadas con especias y condimentos (Martínez *et al.*, 2010). Sin embargo, el hecho de no encontrar diferencias en la carne procedente de animales alimentados con los diferentes tratamientos puede ser algo benéfico, ya que puede indicar que la calidad sensorial no se ve afectada por algunos componentes que pudieran contener los ingredientes y que alterarían estas cualidades.

Los factores que afectan los componentes sensoriales óptimos se extienden desde la producción animal e incluyen genética, edad del animal, reducción del estrés, nutrición como en este caso, los ingredientes utilizados como fuente de variación en la carne. Además, otros factores a considerar también dependen del uso final de la carne y de la manera en que se prepara (Devine y Dikeman, 2014).



Desde un punto de vista aromático, los compuestos volátiles responsables del sabor característico de la carne de cordero son generados por reacciones químicas tales como oxidación o escisión de lípidos, principalmente, durante la cocción. Sin embargo, al no encontrar esas diferencias por el tipo de alimento, las sensaciones aromáticas fueron similares en todos los tratamientos (Vasta *et al.*, 2012).

El perfil volátil del cordero cocido podría verse afectado no solo por factores *antemortem* (raza, alimentación), sino también por otros factores *postmortem* relacionados con el análisis, es decir, preparación de la muestra, método de cocción, método de extracción y que no fueron observados en este trabajo (Vasta y Priolo, 2006).

## CONCLUSIONES

La carne procedente de ovinos alimentados con harina de aguacate conserva mejor calidad de color al ser conservada en refrigeración. El utilizar la harina de aguacate en la alimentación de ovinos mejora los procesos de estabilidad oxidativa y puede extender la calidad y vida útil de los productos cárnicos. El uso de ingredientes como la harina de aguacate o aceite de girasol en la dieta de ovinos de engorda no altera la calidad sensorial de la carne.

## LITERATURA CITADA

- Alianza Médica para la Salud (AMSA). 2012. Meat color measurement guidelines. American Meat Science Association. Illinois, USA.
- Andrés, S., A. Silva, A.L. Soares-Pereira, C. Martins, A.M. Bruno-Soares and I. Murray. 2008. The use of visible and near infrared reflectance spectroscopy to predict beef *M-longissimus thoracic et lumborum* quality attributes. Meat Science. 78(3): 217-224. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.019>.
- Asociación Internacional de Químicos Analíticos (AOAC). 2012. Official methods of analysis. 19th ed. The scientific dedicated to analytical Excellence. USA.
- Camacho, A., A. Torres, J. Capote, J. Mata, J. Viera, L.A. Bermejo and A. Argüello. 2017. Meat quality of lambs (hair and wool) slaughtered at different live weights. Journal of Applied Animal Research. 45: 400-408. <https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1205498>.
- Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). 1986. Colorimetry. 2nd Edition, Publication CIE No. 15.2. Commission Internationale de l'Eclairage, Vienna.
- Devine, C. and M. Dikeman. 2014. Encyclopedia of meat sciences. 2nd Edition. Write a review. Academic Press. 1712 p.
- Estévez, M., D. Morcuende and R. Cava. 2003. Physico-chemical characteristics of *M. Longissimus dorsi* from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live-weight and commercial pigs: a comparative study. Meat Science. 64: 499-506. DOI: 10.1016/S0309-1740(02)00228-0.
- Estévez, M. 2021. Critical overview of the use of plant antioxidants in the meat industry: Opportunities, innovative applications and future perspectives. Meat Science. 181: 108610. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108610>.
- Faustman, C., Q. Sun, R. Mancini and S.P. Suman. 2010. Myoglobin and lipid oxidation interactions: mechanistic bases and control. Meat Science. 86: 86-94. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.04.025.
- Folch, L., M. Lees and C.H. Sloane-Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. Journal of Biological Chemistry. 226: 497-509.
- Galeano-Díaz, J.P., J.P. Sánchez-Torres, I.A. Domínguez-Vara, E. Morales-Almaraz, F. Grageola-Núñez and J.G. Rodríguez-Carpena. 2019. Carcass characteristics and meat-bone and tissue adipose weight in rabbits fed with diets additioned with avocado waste paste. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 32(SUPL):176-177.
- Ganhão, R., M. Estévez and D. Morcuende. 2011. Suitability of the TBA method for assessing lipid oxidation in a meat system with added phenolic-rich materials. Food Chemistry. 126: 772-778. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.064>.

- Hernández-López, S.H., J.G. Rodríguez-Carpena, C. Lemus-Flores, F. Grageola-Núñez and M. Estévez. 2016a. Avocado waste for finishing pigs: Impact on muscle composition and oxidative stability during chilled storage. *Meat Science*. 116: 186-192. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.018>.
- Hernández-López, S.H., J.G. Rodríguez-Carpena, C. Lemus-Flores, J. Galindo-García and M. Estévez. 2016b. Antioxidant protection of proteins and lipids in processed pork loin chops through feed supplementation with avocado. *Journal of Food Science and Technology*. 53(6): 2788-2796. DOI: 10.1007/s13197-016-2252-6.
- Hervas, G., P. Luna, A.R. Mantecon, N. Castanares, M.A. De la Fuente, M. Juárez and P. Frutos. 2008. Effect of diet supplementation with sunflower oil on milk production, fatty acid profile and ruminal fermentation in lactating dairy ewes. *Journal of Dairy Science*. 75: 399-405. <https://doi.org/10.1017/S0022029908003506>.
- Hopkins, D.L. and R.S. Hegarty. 2004. Effect of sire type and plane of nutrition on lamb loin shear force, myofibrillar fragmentation index and calcium concentration. *Journal of Muscle Foods*. 15(2): 109–120. DOI: 10.1111/j.1745-4573.2004.tb00715.x.
- Jiang, J. and L.X. Youling. 2016. Natural antioxidants as food and feed additives to remote health benefits and quality of meat products: A review. *Meat Science*. 120: 107-117. DOI: 10.1016/j.meatsci.2016.04.005.
- Jose, C.G., R.H. Jacob, D.H. Pethick and G.E. Gardner. 2016. Short term supplementation rates to optimise vitamin E concentration for retail colour stability of Australian lamb meat. *Meat Science*. 111: 101-109. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.08.006.
- Kamalaja, T., M. Prashanthi and K. Rajeswari. 2018. Effect of cooking methods on bioactive compounds in vegetables. *International Journal of Chemical Studies*. 6(4): 3310-3315. DOI: 10.13140/RG.2.2.35490.27844.
- Luciano, G., F.J. Monahan, V. Vasta, L. Biondi, M. Lanza and A. Priolo. 2009. Dietary Tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Science*. 8: 120-125. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.07.006.
- Martínez, G.S., O.J. Aguirre, L.E. Jaramillo, C.H. Macías, D.F. Carrillo, G.M.T. Herrera y E.E. Pérez. 2010. Alternativas para la producción de carne ovina en Nayarit, México. *Revista Fuente*. 1(2): 12-16.
- Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014. Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Diario Oficial de la Federación.
- Pinheiro, R.S.B., A.M. Jorge, H.B.A. Souza and M.M. Boiago. 2010. Coloração da gordura e qualidade da carne de ovelhas de descarte abatidas em distintos estágios fisiológicos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 62(2): 468-474. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352010000200029>.
- Poulanne, E. and D.T. Demeyer. 1992. Pork Quality: Genetic and Metabolic Factors. paper present at an OECD Workshop in Helsinki, Finland. 8-10.
- Rodríguez-Carpena, J.G., D. Morcuende, M.J. Andrade, P. Kylli and M. Estévez. 2011a. Avocado (*Persea americana* Mill.) Phenolics, *in vitro* antioxidant and antimicrobial activities, and inhibition of lipid and protein oxidation in porcine patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59: 5625-5635. DOI: 10.1021/jf1048832.
- Rodríguez-Carpena, J.G., D. Morcuende and M. Estévez. 2011b. Partial replacement of pork Back-Fat by vegetable oils in burger patties: Effect on Oxidative Stability and Texture and Color Changes during Cooking and Chilled Storage. *Journal of Food Science*. 76(7): 1025-1031. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2011.02327.x.
- Rodríguez-Maya, M.A., I.A. Domínguez-Vara, D. Trujillo-Gutiérrez, E. Morales-Almaraz, J.E. Sánchez-Torres, J.L. Bórquez-Gastelum, J. Acosta-Dibarrat, F. Grageola-Núñez and J.G. Rodríguez-Carpena. 2019. Growth performance parameters, carcass traits, and meat quality of lambs supplemented with zinc methionine and (or) zinc oxide in feedlot system. *Canadian Journal of Animal Science*. 99(3): 585-595. <https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0153>.
- Ruiz, J., E. Muriel and J. Ventanas. 2002. Research advances in the quality of meat and meat products. In: Toldrá, F. editor. *Research Signpost*, Trivandrum, India. pp. 289-309.
- Sancho, J.E., J. Bota y J. De Castro. 1999. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. pp 336. Edicions Universitat de Barcelona. Barcelona, España.

- SAS Institute. 2002. SAS/STAT User's Guide Ver 9.0. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- Skenjana, A., J.B.J. Van Ryssen and W.A. Van Niekerk. 2006. *In vitro* digestibility and in situ degradability of avocado meal and macadamia waste products in sheep. South African Journal of Animal Science. 36(5): 78-81.
- Urrutia, O., B. Soret, K. Insausti, J.A. Mendizabal, A. Purroy and A. Arana. 2015. The effects of linseed or chia seed dietary supplementation on adipose tissue development, fatty acid composition, and lipogenic gene expression in lambs. Small Ruminant Research. 123: 204-211. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.12.008>.
- Vasta, V. and A. Priolo. 2006. Ruminant fat volatiles as affected by diet. A review. Meat Science. 73: 218-228. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.11.017>.
- Vasta, V., A.G. D'Alessandro, A. Priolo, K. Petrotos and y G. Martemucci. 2012. Volatile compound profile of ewe's milk and meat of their suckling lambs in relation to pasture vs. indoor feeding system. Small Ruminant Research. 105: 16-21. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2012.02.010.
- Zhong, R.Z., H.Y. Li, Y. Fang, X.H. Sun and D.W Zhou. 2015. Effects of dietary supplementation with green tea polyphenols on digestion and meat quality in lambs infected with *Haemonchus contortus*. Meat Science. 105: 1-7. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.02.003.