

# **Evaluación de tocoferoles naturales, extracto de menta y polifenoles de jugo de oliva en la estabilidad oxidativa en palitos de carne**

**Edison Jerssy Pereyra Meza  
Josué Omar Callejas Colato**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2016

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

# **Evaluación de tocoferoles naturales, extracto de menta y polifenoles de jugo de oliva en la estabilidad oxidativa en palitos de carne**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieros en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Edison Jersey Pereyra Meza**  
**Josué Omar Callejas Colato**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2016

## **Evaluación de tocoferoles naturales, extracto de menta y polifenoles de jugo de oliva en la estabilidad oxidativa en palitos de carne**

**Edison Jerssy Pereyra Meza  
Josué Omar Callejas Colato**

**Resumen:** Los antioxidantes retardan las reacciones de oxidación en los alimentos. Los antioxidantes sintéticos han sido relacionados con efectos carcinogénicos o tóxicos, por esto la industria ha considerado usar antioxidantes naturales. El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de la mezcla de tocoferoles, extracto de menta, polifenoles de jugo de oliva y sus combinaciones en la estabilidad oxidativa de palitos de carne y grasa subcutánea de cerdo. Se utilizaron como controles el butil hidroxitolueno, extracto de romero y la ausencia de antioxidantes. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con nueve tratamientos, tres bloques y cinco medidas repetidas en el tiempo (0, 9, 18, 24, 32 días). Para la evaluación sensorial se utilizó un diseño de Bloques Incompletos Balanceados con dos medidas repetidas en el tiempo (0 y 32 días). Se evaluó el índice de estabilidad oxidativa de los nueve tratamientos en grasa subcutánea de cerdo. Los palitos de carne fueron empacados al vacío y almacenados a 40 °C durante 32 días. La mezcla de tocoferoles, la mezcla de tocoferoles con polifenoles de jugo de oliva y la mezcla de tocoferoles con polifenoles de jugo de oliva y extracto de menta mostraron mejor efecto antioxidante, concordando con el análisis en grasa subcutánea de cerdo- donde el extracto de menta y polifenoles de jugo de oliva no mostraron protección. El uso de tocoferoles no afectó la aceptación sensorial mientras el extracto de romero la redujo. El extracto de menta, polifenoles de jugo de oliva y butil hidroxitolueno fueron igualmente aceptados.

**Palabras clave:** Antioxidantes naturales, efectividad, grasa, oxidación.

**Abstract:** Antioxidants are used to retard lipid oxidation in food. Synthetic antioxidants have been related with toxic or carcinogenic effects, for this reason the industry has considered the use of natural antioxidants. The objective was to evaluate the effectiveness of mixed tocopherols, mint extract, olive juice polyphenols and its combinations in the oxidative stability of meat sticks and subcutaneous pork fat. Butylated hydroxytoluene, rosemary extract and the absence of antioxidants were used as controls. A Randomized Complete Block (RCB) design with nine treatments, three blocks and five repeated measures over time (day 0, 9, 18, 24 and 32) was used. For sensory analysis an Incomplete Balanced Block design with two repeated measures over time (day 0 and 32) was used. The oxidative stability index of the nine treatments in subcutaneous pork fat was measured. The meat sticks were vacuum packed and stored at 40 °C for 32 days. The mixed tocopherols, followed by the mixed tocopherols with olive juice polyphenols and the mixed tocopherols with olive juice polyphenols and mint extract showed the best antioxidant effect in meat sticks, which was confirmed in the analysis made in subcutaneous pork fat, where the mint extract and olive juice polyphenols did not show the effect. The use of tocopherols as antioxidant did not affect sensory acceptance of the meat sticks, while the rosemary extract decreased it. Mint extract, olive juice polyphenols and butylated hydroxytoluene were equally accepted.

**Key words:** Effectiveness, fat, natural antioxidants, oxidation.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>20</b>
<b>5 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>21</b>
<b>6 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>22</b>
<b>7 ANEXOS .....</b>	<b>26</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Formulación de los palitos de carne. ....	3
2. Tratamientos y dosis de antioxidantes en los palitos de carne. ....	4
3. Programa de cocido y secado de los palitos de carne. ....	4
4. Descripción de análisis químicos y microbiológicos. ....	6
5. Resultados del análisis de índice de peróxido de los palitos de carne. ....	11
6. Resultados del análisis de ácido tiobarbitúrico (TBA) de los palitos de carne. ....	12
7. Resultados del análisis de índice de estabilidad oxidativa en grasa subcutánea de cerdo. ....	13
8. Resultados de análisis microbiológicos de los palitos de carne. ....	14
9. Resultados de análisis proximal completo de los palitos de carne. ....	15
10. Resultados de los análisis de minerales (mg/100 g) de los palitos de carne. ....	16
11. Resultados de análisis sensorial de color de los palitos de carne. ....	17
12. Resultados de análisis sensorial de textura de los palitos de carne. ....	17
13. Resultados de análisis sensorial de olor de los palitos de carne. ....	18
14. Resultados de análisis sensorial de sabor de los palitos de carne. ....	19
15. Resultados de análisis sensorial de aceptación general de los palitos de carne. ...	19
Figuras	Página
1. Flujo de proceso para la elaboración de los palitos de carne. ....	5
2. Resultados del análisis de índice de estabilidad oxidativa en grasa subcutánea de cerdo. ....	14
Anexos	Página
1. Ficha de evaluación sensorial del palito de carne. ....	26
2. Diseño de bloques incompletos balaceados para evaluación sensorial. ....	27
3. Fotografía de cada tratamiento de los palitos de carne. ....	28
4. Fotografía de los palitos de carne en la incubadora a 40 °C. ....	29
5. Etiqueta de los antioxidantes usados. ....	30
6. Fotografía de antioxidantes usados. ....	31

## 1. INTRODUCCIÓN

Los palitos de carne son productos cárnicos con baja actividad de agua ( $A_w$ ), lo cual es una de sus barreras ante la actividad microbiana para alargar su vida anaquel (Heinz y, Hautzinger 2007). En su procesamiento, este producto se somete a alta temperatura ( $78\text{ }^\circ\text{C}$ ) y se le añade sal; ambas condiciones promueven la oxidación. La oxidación lipídica disminuye la calidad de los productos cárnicos por la formación de compuestos secundarios que generan sabores y olores rancios y que a la vez son nocivos (Sampels 2013). Un ejemplo de estos productos secundarios son los peróxidos, su formación se facilita por la presencia de enzimas o metales de transición como el hierro, los cuales funcionan como catalizadores (Min *et al.* 2005). A partir de los peróxidos se derivan principalmente aldehídos que reaccionan con aminoácidos disminuyendo aún más la calidad nutricional del alimento (Sampels 2013). El enranciamiento de los lípidos puede ocurrir por autooxidación, fotooxidación y oxidación enzimática (Janssen1997).

Los antioxidantes son compuestos químicos que sirven para controlar, detener o inhibir las reacciones de oxidación en los alimentos, y según su forma de actuar se clasifican en primarios y secundarios. Los antioxidantes primarios donan electrones a los radicales libres y los secundarios actúan neutralizando los catalizadores de la reacción (Shahidi 2015). Dentro de estas clasificaciones se incluyen los diferentes mecanismos de acción, estos son: inactivación de radicales libres, transferencia de iones de hidrógeno, quelatación de metales prooxidantes, transferencia de electrones, reducción de oxígeno singlete e inactivación de enzimas oxidativas (Polumbryk *et al.* 2013).

Los antioxidantes usados en los alimentos deben ser de costo accesible, estables, efectivos a bajas concentraciones y no ser organolépticamente perceptibles (Choe y Min 2009). Existen antioxidantes de fuentes sintéticas o naturales. Ciertos antioxidantes sintéticos pueden tener efectos carcinogénicos o tóxicos al estar en exceso en el cuerpo humano (Shahidi 2015), por eso la industria ha puesto atención al uso de antioxidantes naturales considerando que reemplacen a los sintéticos en algunas aplicaciones (Halliwell 2001). Productos con alto contenido de flavonoides, fenoles y tocoferoles suelen ser catalogados como fuentes naturales de antioxidantes, así como el extracto de menta, de romero, (Azizkhani y Tooryan 2014) y de aceite de oliva (Shahidi 2015). Algunos antioxidantes naturales afectan el sabor de los alimentos, lo que puede ser un beneficio o un problema dependiendo del resultado (Sampels 2013).

El desempeño de los antioxidantes es afectado por factores como la concentración, polaridad, medio en el que se encuentran y la presencia de otras sustancias que son antioxidantes o no, pero pueden presentar sinergia o antagonismo (Polumbryk *et al.* 2013).

El antioxidante más investigado es el extracto de romero, ha sido usado en concentraciones de 0.02% a 1% en productos cárnicos (Moliveanu *et al.* 2013). Se ha visto que el extracto de romero entre 0.05% y 0.3% y el butil hidroxitolueno (BHT) presentan efectos antioxidantes similares en salchicha cruda de cerdo refrigerada (Sebranek *et al.* 2004).

Los tocoferoles son de importante uso en las grasas y aceites ya que son altamente solubles en aceite (Choe y Min 2009). La mezcla de tocoferoles ha mostrado ser efectiva a 200 ppm en carne de res cocinada a 4 y 1 °C (Lee *et al.* 1997). Se ha encontrado que la concentración óptima para  $\alpha$ -tocoferol es 100 ppm, y para  $\gamma$ - y  $\delta$ -tocoferol es 250 y 500 ppm respectivamente (Decker *et al.* 2010).

El extracto de menta a 62 mg/kg en salchicha de res a 4 °C ha sido efectivo como antioxidante, dando valores de oxidación bajos de peróxidos y malonaldehído comparado al uso de tocoferoles y al control (Azizkhani y Tooryan 2014). En cuanto al extracto de polifenoles de jugo de oliva, el hidroxitirosol, presente también en el aceite de oliva, es el que más se encuentra (Vasallo 2008) y a la vez el más efectivo (Choe y Min 2009). El contenido de polifenoles es 300 veces mayor en el jugo que en el aceite de oliva (Cooper 2010). El hidroxitirosol es más efectivo que el BHA/BHT según el estudio de (Cofrades *et al.* 2011), el cual se aplicó en diferentes matrices- carne cocinada, emulsión aceite en agua y Frankfurters.

El deterioro de los alimentos está determinado por los criterios de aceptación del producto. Los principales cambios son: físicos, sensoriales, químicos y microbiológicos, los cuales son influenciados por las condiciones ambientales, características del producto y propiedades del empaque (Fernandez y Garcia 2010). Los embutidos secos con  $A_w < 0.9$  pueden durar meses conservados con sal (Fellows 2000). La mayoría de las reacciones de los alimentos se encuentran entre 30 y 40 °C, a medida que la temperatura aumenta también se incrementa la velocidad de reacción (Fernandez y Garcia 2010). La reacción de oxidación no se puede evitar solo se puede reducir la velocidad a la que se genera, esto depende de la cantidad de oxígeno presente en el producto (Barreiro 1995). El principal indicador de deterioro en carnes deshidratadas es la oxidación de lípidos (Labuza 1982), por ello para predecir la vida útil de un producto se puede usar un factor de deterioro  $Q_{10}$  que se define como el número de veces que se acelera o disminuye el deterioro del alimento si aumentamos o disminuimos la temperatura en 10 °C. (Toledo 2007).

Los objetivos de este estudio fueron:

- Evaluar la efectividad de la mezcla de tocoferoles, extracto de menta y polifenoles de jugo de oliva y combinaciones de estos en la estabilidad oxidativa en palitos de carne.
- Evaluar el comportamiento de la mezcla de tocoferoles, extracto de menta y polifenoles de jugo de oliva y combinaciones de estos en grasa de cerdo.
- Comparar las características sensoriales de los tratamientos después de 32 días de almacenamiento.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación.** El estudio se realizó en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) en condiciones aceleradas, la producción de los palitos de carne se realizó en la Planta de Cárnicos de Zamorano, los análisis microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ) y los análisis sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial de Zamorano. Todos localizados en la Escuela Agrícola Panamericana, Departamento de Francisco Morazán a 32 Km al Este de Tegucigalpa, Honduras, C.A.

**Diseño Experimental.** Para evaluar los antioxidantes en palitos de carne se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con nueve tratamientos (Cuadro 2), tres repeticiones y cinco medidas repetidas en el tiempo (0, 9, 18, 24, 32 días), para un total de 27 unidades experimentales. Para la evaluación de índice de estabilidad oxidativa (Rancimat) se usó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA). Para la evaluación sensorial se utilizó un diseño de Bloques Incompletos Balanceados (BIB) con dos medidas repetidas en el tiempo (0 y 32 días) para un total de 36 panelistas por bloque.

**Fase I. Elaboración del palito de carne.** Se utilizó el protocolo (Figura 1) y la formulación de la Planta de Cárnicos de Zamorano (Cuadro 1), a la cual se le adicionaron los antioxidantes (Cuadro 2), proporcionados por la empresa Archer Daniels Midland Company (ADM). Las dosis de los tratamientos de cada antioxidante fueron en base al componente activo contenido en cada producto.

Cuadro 1. Formulación de los palitos de carne.

Ingredientes	Porcentaje (%)
Carne de res (10% de grasa)	46.95
Carne de cerdo (20% de grasa)	28.17
Carne de cerdo (50% de grasa)	18.78
Especias	0.86
Azúcar	2.07
Sal nitrificada	0.18
Sal yodada	1.93
Ácido cítrico encapsulado	1.06

Cuadro 2. Tratamientos y dosis de antioxidantes en los palitos de carne.

Tratamiento	Código	Dosis (ppm) <sup>o</sup>
Control 1: Sin antioxidantes	C	0
Control 2: Butil hidroxitolueno (BHT) (E-321)	BHT	30
Control 3: Extracto de romero (XTRABLEND® RP Réf: BA255525, Naturex)	R	1000
Mezcla de tocoferoles (Decanox™ MTS-70 ADM product code 400002)	T	60
Extracto de menta (Peppermint Extract, Natural Lot#15-012306-02 WILD Flavors, Inc.)	M	100
Polifenoles de jugo de oliva (CREAGRI, HIDROX® 10X Liquid Lot#10x-150313-000)	P	60
Mezcla de tocoferoles + Extracto de menta	TM	30 + 30
Mezcla de tocoferoles + Polifenoles de jugo de oliva	TP	30 + 30
Mezcla de tocoferoles + Polifenoles de jugo de oliva + Extracto de menta	TMP	20 + 20 + 20

<sup>o</sup>: En base a la concentración de los compuestos antioxidantes del producto comercial.

**Preparación del palito de carne.** Se utilizó la misma formulación para todos los tratamientos por triplicado. Se molieron y homogenizaron los ingredientes cárnicos y no cárnicos respectivamente. La mezcla madre se dividió en nueve tratamientos y se adicionaron los antioxidantes. Los tratamientos se embutieron en tripa de colágeno de 16 mm con un peso aproximado de 15 g (Figura 1).

**Proceso de cocción y secado.** Según el Food and Drug Administration (FDA) el “Beef Stick” debe de tener un pH < 5.3 y una Aw < 0.91, después de varias pruebas se logró establecer el siguiente programa de cocido y secado (Cuadro 3).

Cuadro 3. Programa de cocido y secado de los palitos de carne.

Pasos	Etapas	Tiempo	TBS(°F)	Humedad	Dampers	Blower	Humo	Vapor	Resistencia	TBS (°C)	Temperatura interna (°C)
1	Secado	0:30	130	90%	AUTO	0.25			X	54.50	
2	Secado	AUTO 85	140	65%	AUTO	0.50			X	60.00	29.44
3	Ahumado	1:00	158	60%	CLOSED	0.50	X		X	70.00	
4	Ahumado	AUTO 125	162	60%	CLOSED	0.50	X		X	72.00	51.67
5	Cocido	AUTO 157	171		AUTO	0.50		X		77.00	69.44
6	Cocido	AUTO 162	176		CLOSED	0.50		X		80.00	72.22
7	Secado	4:00	170	70%	AUTO	0.50			X	76.67	

TBS: Temperatura de bulbo seco.

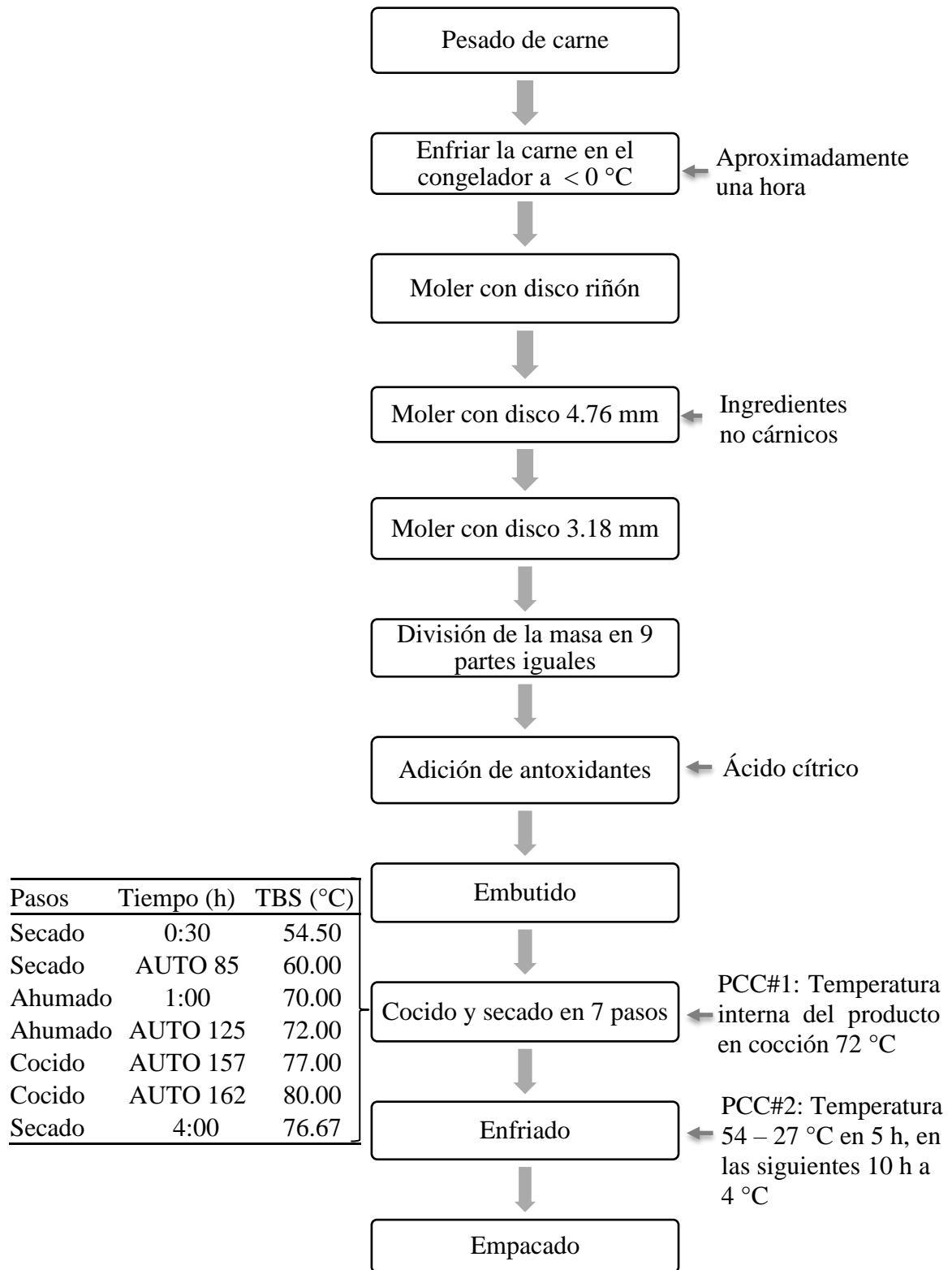


Figura 1. Flujo de proceso para la elaboración de los palitos de carne.  
 PPC: Punto crítico de control. TBS: Temperatura de bulbo seco.

**Condiciones de empaçado.** Los tratamientos fueron empaçados al vacío en bolsas transparentes de cinco capas (LDPE/Nylon/EVOH/Nylon/LDPE) cada palito de manera independiente.

**Condiciones de almacenamiento.** La reacción de deterioro químico de un producto requiere de cierta cantidad de energía de activación ( $E_a$ ) en el caso de los lípidos requiere de 10 a 25 Kcal/mol (Fernandez y Garcia 2010). Para una vida útil de seis meses con un valor de  $Q_{10}$  de 2 (Seewald y Devries sf) el producto fue almacenado a 40 °C durante 32 días en una incubadora.

**Fase II. Análisis químicos, microbiológicos y sensoriales.** Para los análisis, se usaron los palitos de carne producidos en la fase I, los cuales se colocaron en condiciones aceleradas a 40 °C en una incubadora (Sewald y DeVries sf) y fueron evaluados en diferentes días para determinar la rancidez oxidativa en todos los tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Descripción de análisis químicos y microbiológicos.

Análisis	Método	Días de evaluación
Índice de estabilidad oxidativa (OSI) - en grasa de cerdo	AOCS CD 12B-92	0
Índice de Peróxidos	AOCS-CD 8B-90	0, 9, 18, 24 y 32
Ácido tiobarbitúrico (TBA)	AOCS CD 19-90	0, 9, 18, 24 y 32
Grasa	AOAC 991.36	0
Proteína	AOAC 2001.11	0
Humedad	AOAC 927.05/925.09	0
Cenizas	AOAC 923.03	0
Minerales Ca, Mg, Fe, Zn, Cu.	AOAC 985.35	0
Mesófilos aerobios	BMA-FDA-VP	0 y 32
Hongos y levaduras	APHA	0 y 32
Coliformes totales	CT-FDA-NMP/CT-APHA	0 y 32

**Análisis de Índice de estabilidad oxidativa.** El análisis se basa en la oxidación acelerada de la muestra, sometiéndola a un flujo de aire a elevadas temperaturas. Así se generan ácidos volátiles que indican la resistencia a la oxidación según sea el tiempo transcurrido antes de que sean detectados (AOCS 2009). Este análisis se realizó en grasa de cerdo para poder determinar el tiempo de enranciamiento con cada uno de los tratamientos. La materia prima fue obtenida de la Planta de Cárnicos de Zamorano.

**Índice de Peróxidos.** Para la determinación de índice de peróxidos se realizó la extracción de la grasa, mediante una molienda y posterior lavado en éter de petróleo, para luego verter

la fase líquida en un balón de 600 ml y evaporar el éter de petróleo en el Rotovapor R-215 a 110 rpm y 50 °C hasta obtener solo la grasa para su posterior titulación con una solución de tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) a 0.01 M. Los valores son expresados en miliequivalentes de peróxido por kilogramo de muestra obtenida mediante la ecuación 1 (AOAC 2009).

$$\text{Valor de peróxidos } \left( \frac{\text{meq}}{\text{kg}} \right) = \frac{(S - B) \times M \times 1000}{\text{Peso de la muestra (g)}} \quad [1]$$

Donde:

S = Volumen (ml) de Tiosulfato de sodio gastado en la muestra.

B = Volumen (ml) de Tiosulfato de sodio gastado en el blanco.

M = Molaridad de la Solución de Tiosulfato de sodio.

**Valor del ácido 2-tiobarbitúrico (TBA).** Este método mide un producto secundario de la oxidación de grasas; el malonaldehído, que al reaccionar con el ácido tiobarbitúrico produce un compuesto coloreado cuya absorbancia se mide a 530 nm y que se correlaciona directamente a la concentración del malonaldehído en la muestra. Este método permite la determinación directa sin tener que aislar previamente los productos de la oxidación secundaria (AOAC 2009), el valor TBA se calcula con la Ecuación 2.

$$\text{Valor TBA} = \frac{50 \times (A - B)}{M} \quad [2]$$

Donde:

A = es la absorbancia de la muestra.

B = Es la absorbancia del blanco (agua destilada).

M = Es el peso de la muestra utilizada en mg.

**Análisis proximal completo.** El análisis de humedad se realizó en el horno de vacío NAPCO 5831a 60 °C por el método AOAC 927.05/925.09; las cenizas se determinaron por incineración mediante el método AOAC 923.03 en un Incinerador Sybron a 550 °C; el análisis de proteína cruda se determinó por el método AOAC 2001.11 utilizando el Digestor FOSS Tecator 20 y el destilador Kletec 8100; La grasa cruda se determinó por el método AOAC 991.36 mediante el equipo de extracción de grasa FOSS SOXTEC 2050.

**Análisis de minerales (Ca, Mg, Fe, Zn, Cu,).** La muestra es incinerada por el método AOAC 985.35 en un Incinerador Sybron a 550 °C, para la determinación de minerales se trabaja con la ceniza. La preparación de los reactivos se debe realizar con agua destilada con 18 M $\Omega$  de resistencia. Se determina las soluciones del ensayo en el espectrofotómetro

de absorción atómica previamente se prepara la curva de calibración para cada mineral determinado.

**Análisis microbiológicos.** Para realizar las pruebas microbiológicas se pesó 10 g de muestra en la balanza (Fisher Scientific Modelo SLF152-US) y 90 ml se solución de buffer de fosfato previamente esterilizado, se colocó en una bolsa para ser homogenizadas en el Stomacher (IUL Instrument) durante un minuto. Se prepararon diluciones de  $10^{-1}$  a  $10^{-3}$  se agito cada dilución en un Vortex (Scientific Industries, INC Genie Moldelo SI-T286), luego se realizó la siembra en placa.

**Bacterias mesófilos aerobias (BMA).** Se preparó Agar Cuenta Estándar (ACE), y fueron sembradas 1 ml de las diluciones  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  y  $10^{-3}$  en los platos Petri con 15 ml de ACE, se esperó que se solidifique y se colocaron de manera invertida en una incubadora (Fisher Scientific 685) a una temperatura de 35 °C durante 48 horas para su recuento.

**Bacterias coliformes totales.** Para la prueba presuntiva se preparó tres tubos con 9 ml de buffer de fosfato con diluciones  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  y  $10^{-3}$ , cada uno de estas diluciones fueron inoculadas por triplicado en tubos con campana con 9 ml de Caldo Lauril, con 1 ml de la dilución. Se incubaron los tubos en una incubadora (Fisher Scientific 685) a una temperatura de 35 °C durante 24 horas para su confirmación, los tubos negativos se reincubaron por 24 horas.

**Hongos y levaduras.** Se preparó agar papa dextrosa (APD) acidificado a pH 3.5, y fueron sembradas 1 ml de las diluciones  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  y  $10^{-3}$  en los platos Petri con 15 ml de APD previamente fundido y atemperado a  $45 \pm 1$  °C, se esperó que se solidifique y se colocaron de manera invertida en una incubadora (Fisher Científica 685) a una temperatura de 25 °C de 3 a 5 días para su recuento.

**Análisis sensorial afectivo.** Para la evaluación sensorial se usó el método de bloques incompletos balanceados para un total de 36 panelistas por bloque, cada panelista evaluó cinco tratamientos obteniéndose 20 evaluaciones por tratamiento, se evaluaron color, olor, sabor, textura y aceptación general con una escala hedónica de 1 a 9, donde un puntaje de 9 represento una mayor aceptación y 1 de menor aceptación, la evaluación sensorial se realizó en el tiempo cero y a los 32 días de almacenamiento.

**Fase III. Análisis estadístico.** Los datos obtenidos se analizaron con el programa “Statistical Analytica System” (SAS® Versión 9.4) mediante un análisis de varianza (ANDEVA) con un modelo lineal general (GLM, siglas en ingles) y una separación de medias Duncan con un nivel de significancia de  $P < 0.05$ .

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis de índice de peróxidos.** Al día cero se observa presencia de peróxidos en todos los tratamientos (Cuadro 5), este punto inicial pudo deberse al estrés oxidativo al que fue expuesto el producto durante el proceso de elaboración, el control sin antioxidantes y el tratamiento con extracto de romero tuvieron los valores más altos. Se observa que al día nueve hubo un incremento de peróxidos que pudo haber sido debido a que, en la reacción de oxidación, estos compuestos se forman en la fase de iniciación y propagación (Angelo 1996) observándose un punto máximo y luego un decrecimiento cuando estos pasan a la fase de terminación de la reacción y se transforman en otros compuestos (Sampels s.f.). A pesar de dicho incremento, el valor más alto sigue siendo el del control sin antioxidantes (C) y los valores más bajos los de los tratamientos que tienen tocoferol (T, TP, TPM). En los días 18, 24 y 32 se siguió observando la misma tendencia, donde el tratamiento con BHT y los tratamientos con tocoferoles (T, TM, TP, TPM) tuvieron los mejores valores y el control los más bajos. Se observaron coeficientes de variación altos, que se deben a la alta variabilidad en los resultados de algunos tratamientos que se atribuye a que es un método altamente empírico en el cual una pequeña variación en el procedimiento puede afectar los resultados (AOCS 2009).

El tratamiento con extracto de romero estuvo entre los valores más altos al inicio y al día nueve, esto es contrario a los resultados obtenidos por Sebranek *et al.* 2004 en salchicha fresca y salchicha refrigerada de cerdo, donde el extracto de romero resultó ser igual y mejor respectivamente. Sin embargo, el día 18, 24 y 32 presentó valores bajos iguales a los de los tratamientos con mezcla de tocoferoles.

**Análisis de ácido tiobarbiturico (TBA).** Se observan diferencias significativas en el tiempo para cada tratamiento obteniendo los valores más bajos en el día nueve (Cuadro 6). En este día la diferencia entre tratamientos no fue significativa, lo que pudo deberse a la alta variabilidad inherente al método usado (Barriuso *et al.* 2012) y, ya que los valores fueron bastante bajos, hubo una menor sensibilidad para detectar diferencias. Según Angelo 1996, una de las limitantes del método de ácido tiobarbitúrico es que los valores obtenidos no siempre incrementan, lo que puede explicar el decrecimiento en los valores del día nueve respecto al día cero. En el día 32 el extracto de menta (M), los polifenoles de jugo de oliva (P) y la mezcla de tocoferoles con extracto de menta (TM) tuvieron los valores más altos, mientras el resto de tratamientos fueron estadísticamente iguales.

En general los valores TBA obtenidos en este estudio son menores a 0.07 mg MDA/kg y los valores menores a 0.1 son considerados bajos (Lee 2013). Esto tiene similaridad con los resultados obtenidos por Abraján *et al.* 2013 en cecina de cerdo seca ( $A_w = 0.75$ ) empacada

al vacío a 20 °C durante 30 días obteniendo valores de TBA no mayores a 0.6 mg MDA/kg mientras en cecina de bovino empacada en celofán obtuvo valores mayores a 2 mg MDA/kg.

Esto da evidencia de que los bajos valores TBA en este estudio pueden deberse a que los palitos de carne seca fueron empacados al vacío, lo que reduce en gran manera el estrés oxidativo.

No se observan claras tendencias a través de los días y esto concuerda con el estudio de Lee 2013, quien usó el mismo método usado en este estudio y obtuvo resultados muy oscilantes. Esta variación de los datos se puede atribuir a que el ácido tiobarbitúrico también puede reaccionar con diferentes aldehídos además del MDA que no provienen de la peroxidación lipídica (Fagali 2011). Cabe destacar que el control sin antioxidantes siempre tiende a tener valores TBA más altos y el BHT los más bajos, lo que demuestra un comportamiento razonable. Probablemente, si se incrementa el tiempo de estudio y se somete a exposición lumínica para que haya mayor estrés oxidativo, los valores incrementen y se logre observar una tendencia.

Cuadro 5. Resultados del análisis de índice de peróxido de los palitos de carne.

TRT	DIA 0		DIA 9		DIA 18		DIA 24		DIA 32						
	Media	± DE	Media	± DE	Media	± DE	Media	± DE	Media	± DE					
C	28.27	± 12.3	acY	70.22	± 9.52	a X	35.85	± 9.83	a Y	40.87	± 2.55	abY	28.03	± 12.33	a Y
BHT	17.80	± 16.39	bcY	36.03	± 22.06	bcX	12.84	± 4.54	c Y	20.57	± 9.04	cdXY	16.98	± 8.100	c Y
R	30.46	± 12.81	a Y	52.12	± 20.55	b X	16.18	± 3.29	c Y	19.10	± 5.96	cdY	20.07	± 9.450	bcY
T	12.15	± 5.61	c Y	28.04	± 11.43	cdX	20.44	± 8.80	bcXY	17.13	± 6.31	cdY	15.91	± 6.690	c Y
M	11.44	± 1.95	c Z	49.92	± 11.21	b X	29.03	± 16.58	abY	33.05	± 10.3	b Y	30.09	± 9.220	a Y
P	18.82	± 9.77	bcY	27.22	± 6.99	cdY	38.74	± 6.13	aX	42.57	± 9.80	a XY	25.00	± 12.83	abY
T	12.15	± 5.61	c Y	28.04	± 11.43	cdX	20.44	± 8.80	bcXY	17.13	± 6.31	cdY	15.91	± 6.690	c Y
TM	15.41	± 6.63	c Y	36.71	± 13.78	bcX	19.87	± 12.30	bcY	23.43	± 11.35	c Y	16.41	± 11.83	c Y
TP	16.57	± 3.84	c Y	31.40	± 12.14	cdX	20.54	± 14.13	bcXY	13.14	± 4.30	d Y	19.44	± 13.98	bcXY
TPM	11.28	± 4.45	c X	16.00	± 4.73	d X	22.19	± 15.66	bcX	20.83	± 14.37	cdXY	20.00	± 12.54	bcXY
CV (%)	47.81			31.33			40.07			28.97			23.78		

**TRT:** Tratamientos. **C:** Sin antioxidante; **BHT:** Butil hidroxitolueno; **R:** Extracto de romero; **T:** Mezcla de tocoferoles; **M:** Extracto de menta; **P:** Polifenoles de jugo de oliva. **DE:** Desviación estándar. **CV:** Coeficiente de variación.

**a-e:** Diferente letra en la misma columna indica diferencia significativa entre tratamientos (P<0.05).

**X- Y:** Diferente letra en la fila indica diferencia significativa entre días (P<0.05).

Cuadro 6. Resultados del análisis de ácido tiobarbitúrico (TBA) de los palitos de carne.

TRT	DIA 0		DIA 9 <sup>Ω</sup>		DIA 18		DIA 24		DIA 32	
	Media ± DE		Media ± DE		Media ± DE		Media ± DE		Media ± DE	
C	0.056 ± 0.017	a X	0.017 ± 0.005	Z	0.040 ± 0.015	ab XY	0.056 ± 0.027	a X	0.029 ± 0.009	bcd YZ
BHT	0.027 ± 0.006	c X	0.012 ± 0.009	Y	0.019 ± 0.004	c XY	0.028 ± 0.011	c X	0.024 ± 0.006	cd X
R	0.047 ± 0.027	ab X	0.014 ± 0.006	Y	0.028 ± 0.007	bc Y	0.027 ± 0.017	c Y	0.028 ± 0.009	bcd Y
T	0.026 ± 0.005	c XY	0.016 ± 0.012	Z	0.040 ± 0.022	ab X	0.033 ± 0.021	bc XY	0.027 ± 0.005	bcd XY
P	0.031 ± 0.013	bc XY	0.015 ± 0.011	Y	0.053 ± 0.028	a X	0.051 ± 0.034	ab X	0.036 ± 0.007	ab XY
TM	0.030 ± 0.013	bc X	0.009 ± 0.006	Y	0.045 ± 0.026	a X	0.037 ± 0.023	abc X	0.033 ± 0.009	abc X
TP	0.028 ± 0.015	c XY	0.011 ± 0.009	Y	0.042 ± 0.033	ab X	0.030 ± 0.014	bc XY	0.024 ± 0.004	cd XY
TPM	0.025 ± 0.014	c Y	0.016 ± 0.008	Y	0.049 ± 0.033	a X	0.036 ± 0.022	abc XY	0.023 ± 0.006	d Y
<b>CV (%)</b>	40.93		49.45		31.13		43.72		25.25	

**TRT:** Tratamientos. **C:** Sin antioxidante; **BHT:** Butil hidroxitolueno; **R:** Extracto de romero; **T:** Mezcla de tocoferoles; **M:** Extracto de menta; **P:** Polifenoles de jugo de oliva. **DE:** Desviación estándar; **CV:** Coeficiente de variación.

**a-e:** Diferente letra en la misma columna indica diferencia significativa entre tratamientos (P<0.05).

**X- Y:** Diferente letra en la fila indica diferencia significativa entre días (P<0.05).

**Ω:** Diferencia no significativa entre tratamiento (P>0.05).

**Índice de estabilidad oxidativa.** Como se observa en el Cuadro 7, existe diferencia significativa ( $P < 0.0001$ ) en los análisis de índice de estabilidad oxidativa (Rancimat) hechos en grasa de cerdo pura. La razón de estos resultados es que la matriz es más homogénea y contiene menos compuestos que puedan interferir con la lectura del análisis. Se utilizaron las mismas dosis utilizadas en los palitos de carne (Cuadro 2) con el objetivo de observar la capacidad antioxidante de los tratamientos sin la variación proveniente de los otros compuestos de la matriz cárnica.

Cuadro 7. Resultados del análisis de índice de estabilidad oxidativa en grasa subcutánea de cerdo.

Tratamiento	Tiempo (h) $\pm$ DE
C	0.65 $\pm$ 0.34 de
BHT	1.57 $\pm$ 0.38 d
R	15.43 $\pm$ 1.04 a
T	6.13 $\pm$ 0.16 b
M	0.44 $\pm$ 0.16 e
P	0.26 $\pm$ 0.17 e
TM	4.39 $\pm$ 0.82 c
TP	6.23 $\pm$ 0.09 b
TPM	4.50 $\pm$ 0.50 c
CV (%)	14.64

**C:** Sin antioxidante; **BHT:** Butil hidroxitolueno; **R:** Extracto de romero; **T:** Mezcla de tocoferoles; **M:** Extracto de menta; **P:** Polifenoles de jugo de oliva. **DE:** Desviación estándar; **CV:** Coeficiente de variación. **a-e:** Diferente letra en la misma columna indica diferencia significativa entre tratamientos ( $P < 0.05$ ).

Basados en esta metodología, el extracto de romero (R) mostró los mejores resultados seguido de la mezcla de tocoferoles (T) y los demás tratamientos que contenían mezcla de tocoferoles (TM, TP, TPM) (Figura 2). En este caso el BHT no se desempeñó muy bien debido a que la concentración que se aplicó fue según los límites locales en matrices cárnica y no los niveles usualmente utilizados en aceites o grasas puras. Cabe destacar que el extracto de menta (M) y el extracto de polifenoles de jugo de oliva (P) se comportaron igual al control sin antioxidantes sin mostrar protección antioxidante, lo cual se puede deber a las bajas dosis usadas de dichos antioxidantes o a posibles problemas debidos a la polaridad del antioxidante.

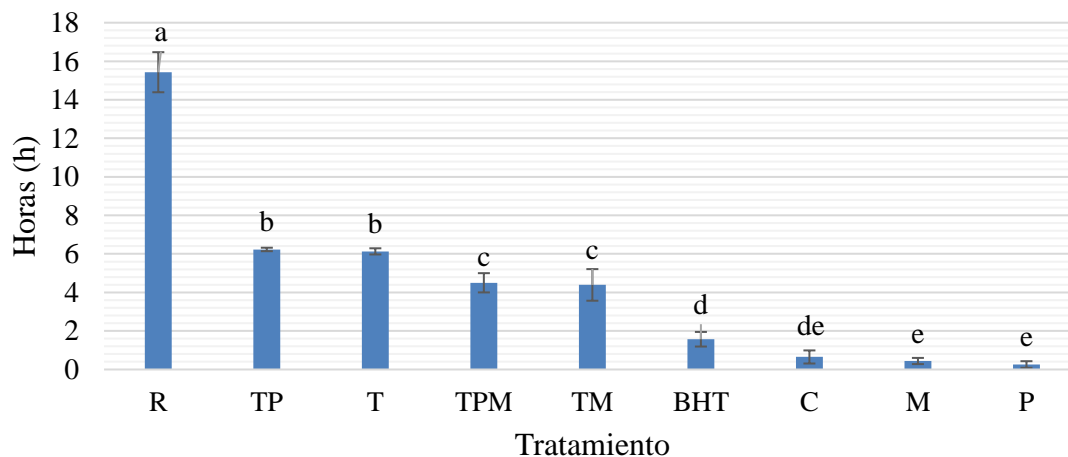


Figura 2. Resultados del análisis de índice de estabilidad oxidativa en grasa subcutánea de cerdo. **C:** Sin antioxidante; **BHT:** Butil hidroxitolueno; **R:** Extracto de romero; **T:** Mezcla de tocoferoles; **M:** Extracto de menta; **P:** Polifenoles de jugo de oliva. **a-e:** Diferente letra en la misma columna indica diferencia significativa entre tratamientos ( $P<0.05$ ).

**Análisis microbiológicos.** Se realizaron análisis microbiológicos para asegurar la inocuidad de los palitos de carne en el análisis sensorial. Los resultados obtenidos (Cuadro 8) cumplieron con los límites permisibles establecidos por la Norma Mexicana (NOM-122-SSA1-1994) para mesófilos aerobios y Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA 11.03.42:07) para coliformes totales. Para hongos y levaduras se tomó como referencia la Norma Argentina para productos chacinados artículo 302 (Resolución conjunta SPReI N° 179/2012 y SAGyP N° 715/2012) clasificando el producto como embutido cocido y se determinó que estuvo dentro de los límites permisibles.

Cuadro 8. Resultados de análisis microbiológicos de los palitos de carne.

Tratamiento	Bacterias Mesófilos Aerobias (Log UFC/g) <sup>£</sup>	Coliformes Totales (Log NMP/g) <sup>£</sup>	Hongos (Log UFC/g)	Levaduras (log UFC/g)
C	3.84 ± 1.31	<0.48	<1	0.39
BHT	3.85 ± 0.43	<0.48	<1	0.70
R	3.71 ± 0.36	<0.48	<1	<1
T	3.50 ± 0.49	<0.48	1.13	2.18
M	3.93 ± 0.95	<0.48	1.33	1.91
P	3.61 ± 0.24	..0.63	<1	1.17
TM	3.71 ± 0.63	<0.48	<1	1.17
TP	3.76 ± 0.89	<0.48	1.84	1.23
TPM	4.69 ± 1.34	<0.48	1.66	<1
CV (%)	25.79			

**DE:** Desviación estándar; **CV:** coeficiente de variación. **C:** Sin antioxidante; **BHT:** Butil hidroxitolueno; **R:** Extracto de romero; **T:** Mezcla de tocoferoles; **M:** Extracto de menta; **P:** Polifenoles de jugo de oliva. **£:** No significativo.

**Análisis Proximal completo.** Se realizó un análisis proximal en los palitos de carne para asegurar la homogeneidad de las muestras (Cuadro 9). No hubo diferencia significativa en el contenido de grasa y proteína entre tratamiento. Se observaron diferencias en el contenido de ceniza y humedad, sin embargo, el rango de variación entre las medias es menor de 1%. La homogeneidad observada en el análisis proximal fue satisfactoria para la realización del estudio.

Cuadro 9. Resultados de análisis proximal completo de los palitos de carne.

Tratamiento	Grasa (%) <sup>(NS)</sup>	Proteína (%) <sup>(NS)</sup>	Humedad (%)	Ceniza (%)
C	17.15 ± 2.52	32.07 ± 1.14	39.13 ± 3.17 abc	4.65 ± 0.14 bc
BHT	15.48 ± 1.74	31.05 ± 0.69	40.09 ± 3.54 abc	4.60 ± 0.11 bc
R	16.92 ± 0.86	32.49 ± 1.36	38.21 ± 3.07 abc	4.49 ± 0.41 c
T	17.85 ± 1.85	33.07 ± 2.05..	37.65 ± 0.55 abc	4.77 ± 0.46 b..
M	16.14 ± 3.73	32.00 ± 1.05	39.19 ± 1.80 abc	4.68 ± 0.38 bc
P	16.13 ± 3.64	32.02 ± 1.52	37.85 ± 2.40 bac	5.05 ± 0.28 ac
TM	17.19 ± 2.23	32.86 ± 1.91.	39.90 ± 1.24 abc	4.68 ± 0.16 bc
TP	16.72 ± 2.27	31.91 ± 1.20	39.93 ± 1.70 abc	4.78 ± 0.15 ba
TPM	17.15 ± 2.05	31.99 ± 0.42	40.52 ± 1.08 abc	4.80 ± 0.17 ba
CV (%)	8.17	2.43	3.82	3.65

**C:** Sin antioxidante; **BHT:** Butil hidroxitolueno; **R:** Extracto de romero; **T:** Mezcla de tocoferoles; **M:** Extracto de menta; **P:** Polifenoles de jugo de oliva. **DE:** Desviación estándar; **CV:** Coeficiente de variación. **a-e:** Diferente letra en la misma columna indica diferencia significativa entre tratamientos (P<0.05).

**Análisis de minerales.** No se observaron diferencias significativas en el contenido de minerales a excepción del cobre (Cuadro 10), donde los contenidos más altos los presentaron los tratamientos con polifenoles de jugo de oliva (P, TP, TPM). Sin embargo, las diferencias fueron menores a 0.13 mg/100 g, lo que indica que puede deberse a un error experimental dado que es el mineral que se encuentra en menores cantidades y por lo tanto una pequeña variación en el procedimiento de análisis pudo haber afectado los resultados.

Cuadro 10. Resultados de los análisis de minerales (mg/100 g) de los palitos de carne.

Tratamiento	Ca <sup>(NS)</sup>	Fe <sup>(NS)</sup>	Mg <sup>(NS)</sup>	Zn <sup>(NS)</sup>	Cu
C	15.76	3.20	28.19	5.91	0.24 bc
BHT	13.12	3.27	34.30	5.75	0.18 c
R	15.25	2.53	53.99	4.11	0.20 c
T	15.20	3.56	45.20	6.39	0.19 c
M	18.03	2.98	47.03	5.95	0.18 c
P	22.94	5.23	40.62	9.51	0.31 a
TM	18.50	3.24	42.15	6.33	0.20 c
TP	18.93	2.95	52.55	6.30	0.27 ab
TPM	17.62	2.43	57.91	5.88	0.25 abc
CV (%)	25.66	24.38	29.56	26.31	13.01

**C:** Sin antioxidante; **BHT:** Butil hidroxitolueno; **R:** Extracto de romero; **T:** Mezcla de tocoferoles; **M:** Extracto de menta; **P:** Polifenoles de jugo de oliva. **CV:** Coeficiente de variación. **a-e:** Diferente letra en la misma columna indica diferencia significativa entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). **NS:** Diferencia no significativa entre tratamiento en la columna ( $P > 0.05$ ).

### Evaluación sensorial.

**Color.** Los tratamientos BHT, extracto de menta (M), polifenoles de jugo de oliva (P) y mezcla de tocoferoles (T) no presentaron cambios después de los 32 días (Cuadro 11). Aun así, para ambos tiempos, el color de BHT fue el menos aceptado junto con el extracto de romero (R), y el control sin antioxidantes (C) fue el más aceptado a pesar de haber tenido cambios significativos al final de los 32 días. El tratamiento con polifenoles de jugo de oliva (P) estuvo entre los menos aceptados al día 0 y entre los más aceptados al día 32. El cambio en la escala para los tratamientos que tuvieron cambio significativo fue de “Me gusta moderadamente” a “Me gusta poco” a excepción del extracto de romero que pasó de “Me gusta poco” a “Me disgusta poco”.

**Textura.** Los tratamientos de extracto de romero (R), extracto de menta (M), mezcla de tocoferoles con polifenoles de jugo de oliva (TP) y mezcla de tocoferoles con extracto de menta (TM) mostraron diferencias en aceptación de la textura después de 32 días con tendencia a disminuir (Cuadro 12). En el día 32 la aceptación de casi todos los tratamientos fue similar al control sin antioxidantes con excepción del que tenía extracto de romero (R), que fue menor.

Cuadro 11. Resultados de análisis sensorial de color de los palitos de carne.

Tratamiento	Día 0			Día 32		
	Media ±	DE		Media ±	DE	
C	7.58 ± 1.13	a	X	6.89 ± 1.38	a	Y
BHT <sup>φ</sup>	6.36 ± 1.62	c		5.72 ± 1.86	c	
R	6.28 ± 1.76	c	X	4.77 ± 1.67	d	Y
T <sup>φ</sup>	6.93 ± 1.33	b		6.84 ± 1.36	a	
M <sup>φ</sup>	6.98 ± 1.41	ab		6.51 ± 1.41	ab	
P <sup>φ</sup>	6.06 ± 1.89	c		6.46 ± 1.77	ab	
TM	6.98 ± 1.49	ab	X	6.12 ± 1.72	bc	Y
TP	7.04 ± 1.31	ab	X	6.05 ± 1.43	bc	Y
TPM	7.00 ± 1.40	ab	X	6.27 ± 1.73	abc	Y
CV (%)	21.58			25.60		

**C:** Sin antioxidante; **BHT:** Butil hidroxitolueno; **R:** Extracto de romero; **T:** Mezcla de tocoferoles; **M:** Extracto de menta; **P:** Polifenoles de jugo de oliva. **DE:** Desviación estándar; **CV:** Coeficiente de variación. **a-e:** Diferente letra en la misma columna indica diferencia significativa entre tratamientos ( $P<0.05$ ). **X- Y:** Diferente letra en la fila indica diferencia significativa entre días ( $P<0.05$ ). **φ:** Diferencia no significativa del tratamiento en el tiempo ( $P>0.05$ ).

Cuadro 12. Resultados de análisis sensorial de textura de los palitos de carne.

Tratamiento	Día 0			Día 32		
	Media ±	DE		Media ±	DE	
C	7.21 ± 1.34	a	X	6.62 ± 1.59	a	Y
BHT <sup>φ</sup>	6.43 ± 1.69	bc		6.40 ± 1.60	ab	
R	6.47 ± 1.64	bc	X	5.28 ± 1.58	c	Y
T <sup>φ</sup>	6.49 ± 1.55	bc		6.46 ± 1.66	ab	
M <sup>φ</sup>	6.61 ± 1.37	a		6.16 ± 1.33	ab	
P <sup>φ</sup>	5.93 ± 1.87	bc		5.94 ± 1.81	ab	
TM	6.96 ± 1.29	ab	X	6.35 ± 1.49	ab	Y
TP	6.94 ± 1.30	ab	X	5.80 ± 1.58	bc	
TPM <sup>φ</sup>	6.85 ± 1.54	ab		6.38 ± 1.48	ab	
CV (%)	22.74			25.31		

**C:** Sin antioxidante; **BHT:** Butil hidroxitolueno; **R:** Extracto de romero; **T:** Mezcla de tocoferoles; **M:** Extracto de menta; **P:** Polifenoles de jugo de oliva. **DE:** Desviación estándar; **CV:** Coeficiente de variación. **a-e:** Diferente letra en la misma columna indica diferencia significativa entre tratamientos ( $P<0.05$ ). **X- Y:** Diferente letra en la fila indica diferencia significativa entre días ( $P<0.05$ ). **φ:** Diferencia no significativa del tratamiento en el tiempo ( $P>0.05$ ).

**Olor.** No hubo diferencias de aceptación de olor en el tiempo (Cuadro 13), excepto para los tratamientos extracto de menta (M) y extracto de romero (R) los cuales disminuyeron. Esto se debe a que el olor es perceptible a partir de los 0.5 a 1 mg MDA/kg (Abraján *et al.* 2013) y los resultados obtenidos en este estudio fueron menores a 0.1 mg MDA/kg. En el día 32 el tratamiento más aceptado en olor fue el de tocoferoles, lo que puede deberse a que el producto comercial del cual se obtuvieron los tocoferoles no tiene olor.

Cuadro 13. Resultados de análisis sensorial de olor de los palitos de carne.

Tratamiento	Día 0		Día 32	
	Media $\pm$ DE		Media $\pm$ DE	
C $\phi$	6.94 $\pm$ 1.26	a	6.49 $\pm$ 1.49	ab
BH $\phi$ T	6.26 $\pm$ 1.29	bc	6.32 $\pm$ 1.38	abc
R	6.62 $\pm$ 1.39	abc X	5.77 $\pm$ 1.52	c Y
T $\phi$	6.43 $\pm$ 1.48	abc	6.89 $\pm$ 1.46	a
M	6.82 $\pm$ 1.34	ab X	6.22 $\pm$ 1.34	bc Y
P $\phi$	6.11 $\pm$ 1.61	c	6.20 $\pm$ 1.51	bc
TM $\phi$	6.84 $\pm$ 1.22	ab	6.47 $\pm$ 1.46	ab
TP $\phi$	6.78 $\pm$ 1.38	ab	6.40 $\pm$ 1.37	ab
TPM $\phi$	6.94 $\pm$ 1.17	a	6.50 $\pm$ 1.61	ab
CV (%)	20.19		22.81	

**C:** Sin antioxidante; **BHT:** Butil hidroxitolueno; **R:** Extracto de romero; **T:** Mezcla de tocoferoles; **M:** Extracto de menta; **P:** Polifenoles de jugo de oliva. **DE:** Desviación estándar; **CV:** Coeficiente de variación. **a-e:** Diferente letra en la misma columna indica diferencia significativa entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). **X- Y:** Diferente letra en la fila indica diferencia significativa entre días ( $P < 0.05$ ).  $\phi$ : Diferencia no significativa del tratamiento en el tiempo ( $P > 0.05$ ).

**Sabor.** Solo los tratamientos con extracto de romero (R), mezcla de tocoferoles con extracto de menta (TM) y mezcla de tocoferoles con polifenoles de jugo de oliva (TP) disminuyeron en la aceptación de sabor después de 32 días (Cuadro 14). Los tratamientos con el sabor más aceptable al día 32 fueron el control sin antioxidantes (C), la mezcla de tocoferoles (T) y la mezcla tocoferoles con polifenoles de jugo de oliva con extracto de menta (TPM), los cuales fueron evaluados como “Me gusta moderadamente”. El sabor menos aceptado fue el de romero (R), esto puede deberse al predominante sabor característico del extracto de romero y no a la oxidación, ya que los valores de mg MDA/kg obtenidos no llegan al rango perceptible, pues el sabor se ve afectado a partir de 1 a 2 mg MDA/kg (Abraján *et al.* 2013). Los valores de índice de peróxidos no se pueden relacionar con los resultados de sabor ya que los peróxidos e hidroperóxidos de la grasa son imperceptibles en sabor (List 2009).

**Análisis de aceptación general.** Solo el tratamiento sin antioxidantes (C), extracto de romero (R), mezcla de tocoferoles con polifenoles de jugo de oliva (TP) y mezcla de tocoferoles con polifenoles de jugo de oliva y extracto de menta (TPM) mostraron disminución en la aceptación general después de 32 días (Cuadro 15). El control sin antioxidantes (C) y los tratamientos con tocoferoles (T, TM, TPM) fueron igualmente aceptados, además de ser los más aceptados. El extracto de romero (R) fue el menos aceptado seguido por los tratamientos con extracto de menta (M), polifenoles de jugos de oliva (P) y butil hidroxitolueno (BHT) también fueron de los menos aceptados en ambos tiempos.

En cada atributo evaluado, el tratamiento con extracto de romero (R) es el menos aceptado en tiempo inicial y final. Se concluye que dicho tratamiento no es tan agradable a las personas y que se debe más a las características organolépticas del extracto en sí, y no

porque éste no funcione como antioxidante, ya que en la prueba realizada en grasa mostró los mejores resultados y en los análisis de índice de peróxidos mostró resultado aceptable.

Cuadro 14. Resultados de análisis sensorial de sabor de los palitos de carne.

Tratamiento	Día 0		Día 32	
	Media ±	DE	Media ±	DE
C <sup>ϕ</sup>	7.19 ± 1.37	a	6.78 ± 1.46	a
BH <sup>ϕ</sup> T	6.45 ± 1.47	bc	5.92 ± 1.92	b
R	6.00 ± 1.91	c X	5.15 ± 1.78	c Y
T <sup>ϕ</sup>	6.49 ± 1.55	bc	6.68 ± 1.76	a
M <sup>ϕ</sup>	6.06 ± 1.83	c	5.95 ± 1.80	b
P <sup>ϕ</sup>	5.83 ± 2.05	c	5.93 ± 2.17	b
TM	7.06 ± 1.49	ab X	6.25 ± 1.56	ab Y
TP	7.16 ± 1.11	a X	5.89 ± 1.75	b Y
TPM <sup>ϕ</sup>	7.13 ± 1.29	a	6.90 ± 1.56	a
CV (%)	23.84		28.52	

**C:** Sin antioxidante; **BHT:** Butil hidroxitolueno; **R:** Extracto de romero; **T:** Mezcla de tocoferoles; **M:** Extracto de menta; **P:** Polifenoles de jugo de oliva. **DE:** Desviación estándar; **CV:** Coeficiente de variación. **a-e:** Diferente letra en la misma columna indica diferencia significativa entre tratamientos (P<0.05). **X- Y:** Diferente letra en la fila indica diferencia significativa entre días (P<0.05). **ϕ:** Diferencia no significativa de tratamiento en el tiempo (P>0.05).

Cuadro 15. Resultados de análisis sensorial de aceptación general de los palitos de carne.

Tratamiento	Día 0		Día 32	
	Media ±	DE	Media ±	DE
C	7.38 ± 1.21	a X	6.85 ± 1.35	a Y
BHT <sup>ϕ</sup>	6.45 ± 1.23	bcd	5.96 ± 1.48	c
R	6.25 ± 1.69	de X	5.15 ± 1.38	d Y
T <sup>ϕ</sup>	6.45 ± 1.49	bcd	6.72 ± 1.58	a
M <sup>ϕ</sup>	6.35 ± 1.51	cde	5.98 ± 1.42	c
P <sup>ϕ</sup>	5.85 ± 1.81	e	6.04 ± 1.92	c
TM <sup>ϕ</sup>	6.92 ± 1.44	abc	6.40 ± 1.42	abc
TP	6.98 ± 1.12	ab X	6.07 ± 1.36	bc Y
TPM	7.21 ± 1.08	a X	6.67 ± 1.40	ab Y
CV (%)	21.12		23.79	

**C:** Sin antioxidante; **BHT:** Butil hidroxitolueno; **R:** Extracto de romero; **T:** Mezcla de tocoferoles; **M:** Extracto de menta; **P:** Polifenoles de jugo de oliva. **DE:** Desviación estándar; **CV:** Coeficiente de variación. **a-e:** Diferente letra en la misma columna indica diferencia significativa entre tratamientos (P<0.05). **X- Y:** Diferente letra en la fila indica diferencia significativa entre días (P<0.05). **ϕ:** Diferencia no significativa de tratamiento en el tiempo (P>0.05).

## 4. CONCLUSIONES

- Los tratamientos que mostraron mejor efecto antioxidante en palitos de carne fueron la mezcla de tocoferoles (T), seguidos por la mezcla de tocoferoles con polifenoles de jugo de oliva (TP) y la mezcla de tocoferoles con polifenoles de jugo de oliva con extracto de menta (TPM).
- La efectividad de la mezcla de tocoferoles y tratamientos con tocoferoles como antioxidante fue confirmada en grasa pura, aunque el romero fue el que más prolongo el periodo de inducción oxidativa.
- El extracto de menta y los polifenoles de jugo de oliva no ofrecieron protección antioxidante en la grasa de cerdo pura.
- El uso de tocoferoles como antioxidante en productos cárnicos secos no afectó significativamente la aceptación sensorial del producto, no así el extracto de romero el cual redujo su aceptación general.
- Los palitos de carne con extracto de menta y polifenoles de oliva fueron igualmente aceptados que los que contienen BHT.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Se debe prolongar el tiempo de análisis para poder ver diferencias más marcadas a través del tiempo.
- Exponer los palitos de carne a luz durante el almacenamiento para inducir más el proceso de oxidación.
- Evaluar el extracto de menta y polifenoles de jugo de oliva en concentraciones más altas con el fin de definir cuál es el óptimo adecuado para este tipo de productos.
- Evaluar los antioxidantes naturales en otras matrices cárnicas.
- Realizar un análisis de costos.

## 6. LITERATURA CITADA

Abraján PM, Núñez FA, García JA, OrtegaJa, Quintero A. 2013. Desarrollo industrial de cecina de bovino y cerdo con diferentes sabores. *NACAMEH*.7(2):65-74.

Angelo AJ. 1996. Lipid Oxidation in Foods. Agricultural Research and Education Service, U. S. Department of Agriculture, Southern Regional Research Center, New Orleans, LA. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 36(3):175-224.

ANIAME 1987. Cámara de la Industria de Aceites y Grasas Comestibles Instituto Mexicano de Aceites, Grasas y Proteínas, A.C. Aceites Polimerizados, S.A. de C.V. Industrias CONASUPO, S.A. Productos de Maíz, S.A. Aceite Casa, S.A. de C.V. Mexico.

AOCS. 2009. AOCS Official Method Cd 8b-90 Peroxide Value Acetic Acid-Isooctane Method. EE.UU: AOCS [ Consultado 2015 nov 08]. [http://aocs.files.cms-plus.com/CSS/AM16/FTPReceiving/new\\_methods\\_jul2011/c/Cd8b\\_90.pdf](http://aocs.files.cms-plus.com/CSS/AM16/FTPReceiving/new_methods_jul2011/c/Cd8b_90.pdf)

AOCS. 2009. AOCS Official Method Cd 12b-92 Oil Stability Index (OSI). EE.UU: AOCS [Consultado 2015 oct 07]. [http://aocs.files.cms-plus.com/CSS/AM16/FTPReceiving/new\\_methods\\_jul2011/c/Cd12b\\_92.pdf](http://aocs.files.cms-plus.com/CSS/AM16/FTPReceiving/new_methods_jul2011/c/Cd12b_92.pdf)

AOCS. 2009. Official Method Cd 19-90. 2-Thiobarbituric Acid Value. Direct Method EE.UU: AOCS [ Consultado 2015 nov 10]. [http://aocs.files.cms-plus.com/CSS/AM16/AM16\\_Template\\_Bulk/new\\_methods\\_jul2011/c/Cd19\\_90.pdf](http://aocs.files.cms-plus.com/CSS/AM16/AM16_Template_Bulk/new_methods_jul2011/c/Cd19_90.pdf)

Azizkhani M, Tooryan F. 2014. Antioxidant and Antimicrobial Activities of Rosemary Extract, Mint Extract and a Mixture of Tocopherols in Beef Sausage during Storage at 4C. *J Food Saf* 35(1): 128–136. eng. doi:10.1111/jfs.12166

Barreiro JA. 1995. Concepto de vida en anaquel. Reacciones de deterioro. III taller Iberoamericano sobre Envases y Embalajes para Alimentos. Vida útil de alimentos Envasados. Septiembre 1995. Valencia, Venezuela.

Barriuso B, Astiasarán I, Ansorena D. 2012. A review of analytical methods measuring lipid oxidation status in foods: a challenging task. *Eur Food Res Technol* 236(1): 1-15. eng. doi:10.1007/s00217-012-1866-9.

Cofrades S, Salcedo L, Delgado G, Lopez I, Ruiz C, Jiménez F. 2011. Antioxidant activity of hydroxytyrosol in frankfurters enriched with n-3 polyunsaturated fatty acids: *Food Chemistry* 129 (2011):429–436. eng. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.04.095

Cooper R. 2010. Functional ingredient manufacturer Creagri® hits corporate milestone with its new patent award for hydroxytyrosol. Christie Communications. [consulted October 7 2016].

Choe E, Min DB. 2009. Mechanisms of Antioxidants in the Oxidation of Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8: 345–358. eng. doi:10.1111/j.1541-4337.2009.00085.x

Decker EA, Ryanm E, McClements DJ. 2010. *Oxidation in Food and Beverages and Antioxidant Applications. Volume 2: Management in different industry sectors.* Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Granta Park, Grest Abington, Cambridge CB21 6AH, UK. 552 p.

Fagali NS. 2011. *Peroxidación de diferentes especies lipídicas: Efecto de antioxidantes.* [Tesis]. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Exactas, Departamento de Química, Argentina. 160 p.

Falowo AB, Fayemi PO, Muchenje V. 2014. Natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International* 64: 171–181.

Fellows P. 2000. *Food processing Technology: Principles and Practice.* 2th ed. England: Woodhead Publishing Limited. 591 p.

Fernandez J, Garcia T. 2010. *Vida útil de los alimentos.* Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “EZEQUIEL ZAMORA”. Venezuela: Editorial Horizonte, CA. 153 p.

Gil MD, Bañón S, Laencina J, Garrido MD. 2004. Oxidación del Colesterol en Carne y Derivados: Factores que Determinan su Formación. *Murcia. AN. VET. (MURCIA)* 20: 21-34.

Halliwell B. 2001. Food-Derived Antioxidants: How to Evaluate Their Importance in Food and in vivo. In: Cardenas E, Packer L, editors. *Handbook of Antioxidants.* 2th ed. New York. (EE. UU): Marcel Dekker, Inc. p. 1- 46.

Heinz G, Hautzinger P. 2007. *meat processing technology: for small-to medium-scale producers.* Bangkok: FAO [Consultado 2015 sep 27]. <http://www.fao.org/docrep/010/ai407e/ai407e18.htm>

Janssen MM. 1997. Nutrients. In: De Vries J, editor. *Food Safety and Toxicity.* Heerlen, NL: CRC Press. p. 75-98.

Labuza TP. 1982. Moisture gain and loss in packaged foods. *Food Technology.* 36(4):92-97

Lee KT, Lillard DA. 1997. Effects of Tocopherols and  $\beta$ -Carotene on Beef Patties Oxidation. *Journal of Food Lipids*. 4: 261–268. eng. doi:10.1111/j.1745-4522.1997.tb00098.x

Lee J. 2013. Factors Affecting the Oxidative Stability of Foods- Interesterified Soybean Oil with High Intensity Ultrasound Treatment and Trona Mineral in Packaged Fresh Meats [Thesis]. Utah State University-EE.UU. 166 p.

List GR. 2009. Bleaching and Purifying Fats and Oils Theory and Practice. 2th ed. United States of America. AOCS press, Urbana, Illinois. [Consulted 2016 oct 16]. <https://books.google.hn/books?id=OzZfCgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Min B, Ahn, DU. 2005. Mechanism of Lipid Peroxidation in Meat and Meat Products -A Review. *Food Sci. Biotechnol*. 14(1):152-163

Movileanu J, Núñez M, Hafley B, Miller R, Keeton J. 2013. Comparison of Dried Plum Puree, Rosemary Extract, and BHA/BHT as Antioxidants in Irradiated Ground Beef Patties. *International Journal of Food Science*; [Consulted 2016 Oct 16]. Volume 2013 (2013), Article ID 360732. eng. <https://www.hindawi.com/journals/ijfs/2013/360732/>

Peryam DR, Pilgrim FJ. 1957. Hedonic Scale Method of Measuring Food Preferences. Quartermaster Food and Container Institute for the Armed Forces, Chicago, Illinois. 9-14 p.

Polumbryk M, Ivanov S, Oleg P. 2013. Antioxidants in food systems. Mechanism of action. *UJFS*. 1: 15-40.

RSC (Royal Society of Chemistry). 2015. Hydroxytyrol [Internet]. RSC; [Consulted 2016 oct 01]. <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.74680.html>

Sampels S. 2013. Oxidation and Antioxidants in Fish and Meat from Farm to Fork. In Muzzalupo I, editor. *Food Industry. Agricultural and Biological Sciences*. INTCH open science|open minds. p. 116-144. eng. doi: 10.5772/53169

Sebranek JG, Sewalt VJH, Robbins KL. 2004. Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. *Meat Science*. 69 (2005) 289–296. eng. doi: 10.1016/j.meatsci.2004.07.010

Sebranek JG, Sewalt VJH, Robbins KL, Houser TA. 2004. Antioxidant Effectiveness of Natural Rosemary Extract in Pork Sausage, *Animal Industry Report: AS 650, ASL R1852*. United State of America: Iowa State University [Consulted 2016 may 17]. [http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1011&context=ans\\_air](http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1011&context=ans_air)

Seewald M, Devries J. s.f. Shelf Life Testing. Estados de Unidos de America: Medallion Laboratories; [Consulted 2016 may 17]. [http://www.medallionlabs.com/Downloads/food\\_product\\_shelf\\_life\\_web.pdf](http://www.medallionlabs.com/Downloads/food_product_shelf_life_web.pdf)


Shahidi F. 2015. Antioxidants: principles and applications. In: Shahidi F, editor. Handbook of Antioxidants for Food Preservation. Canada: Woodheap Publishing. p. 1-14.

Toledo RT. 2007. Fundamentals of Food Process Engineering. Third Edition. Department of Food Science and Technology. University of Georgia. U.S.A. 570 p.

Vasallo N. 2008. Polyphenols and Health: New and Recent Advances. Published by Nova Science Publishers, Inc. New York. 397 p.

## 7. ANEXOS

### Anexo 1. Ficha de evaluación sensorial del palito de carne.

	FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL	PEG 4x4 - 2/2 AGI Revisión 2
---	-------------------------------	---------------------------------

PRODUCTO: .....

FECHA:     /     /

A continuación, se les presenta cinco muestras codificadas, galleta soda y un vaso con agua. Limpie su paladar con galleta y agua antes y después de evaluar cada muestra. Favor de evaluar de izquierda a derecha en los diferentes atributos presentes marcando con un "X" dentro del recuadro.

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Me disgusta extremadamente	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta extremadamente

Código de muestra: \_\_\_\_\_

ATRIBUTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	OBSERVACIONES
Apariencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Color	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Olor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Textura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Sabor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Aceptación General	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<b>Rancidez:</b> Deterioro organolépticamente detectable de la grasa.										
Nada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mucho _____

**Anexo 2.** Diseño de bloques incompletos balanceados para evaluación sensorial.

Bloques (Evaluador)	Control 1: Sin antioxidantes	Control 2: BHA o BHT	Control 3: Extracto de romero	Mezcla de tocoferoles (ADM)	Extracto de menta (ADM)	Polifenoles de jugo de oliva (CREAGRI)	Mezcla de tocoferoles + Extracto de menta	Mezcla de tocoferoles + Polifenoles de jugo de oliva	Mezcla de tocoferoles + Polifenoles de jugo de oliva + Extracto de menta	TOTAL
1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	5
2	-	1	1	1	1	-	-	-	1	5
3	-	-	1	1	1	1	1	-	-	5
4	-	-	-	1	1	1	1	1	-	5
5	-	-	-	-	1	1	1	1	1	5
6	1	-	-	-	-	1	1	1	1	5
7	1	1	-	-	-	-	1	1	1	5
8	1	1	1	-	-	-	-	1	1	5
9	1	1	1	1	-	-	-	-	1	5
10	1	1	1	1	1	-	-	-	-	5
11	-	1	1	1	1	1	-	-	-	5
12	-	-	1	1	1	1	1	-	-	5
13	-	-	-	1	1	1	1	1	-	5
14	-	-	-	-	1	1	1	1	1	5
15	1	-	-	-	-	1	1	1	1	5
16	1	1	-	-	-	-	1	1	1	5
17	1	1	1	-	-	-	-	1	1	5
18	1	1	1	1	-	-	-	-	1	5
19	1	1	1	1	1	-	-	-	-	5
20	-	1	1	1	1	1	-	-	-	5
21	-	1	1	1	1	1	-	-	-	5
22	-	-	1	1	1	1	1	-	-	5
23	-	-	-	1	1	1	1	1	-	5
24	-	-	-	-	1	1	1	1	1	5
25	1	-	-	-	-	1	1	1	1	5
26	1	1	-	-	-	-	1	1	1	5
27	1	1	1	-	-	-	-	1	1	5
28	1	1	1	1	-	-	-	-	1	5
29	1	1	1	1	1	-	-	-	-	5
30	-	1	1	1	1	1	-	-	-	5
31	-	-	1	1	1	1	1	-	-	5
32	-	-	-	1	1	1	1	1	-	5
33	1	-	-	-	-	1	1	1	1	5
34	1	-	-	-	-	1	1	1	1	5
35	1	1	-	-	-	-	1	1	1	5
36	1	1	1	-	-	-	-	1	1	5
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>36</b>

**Anexo 3.** Fotografía de cada tratamiento de los palitos de carne.



a) **Control 1:** Sin antioxidantes



b) **Control 2:** Butil hidroxitolueno (BHT)



c) **Control 3:** Extracto de romero (Naturex)



d) Mezcla de tocoferoles (ADM)



e) Extracto de menta (ADM)



f) Polifenoles de jugo de oliva (CREAGRI)



g) Mezcla de tocoferoles + Extracto de menta



h) Mezcla de tocoferoles + Polifenoles de jugo de oliva

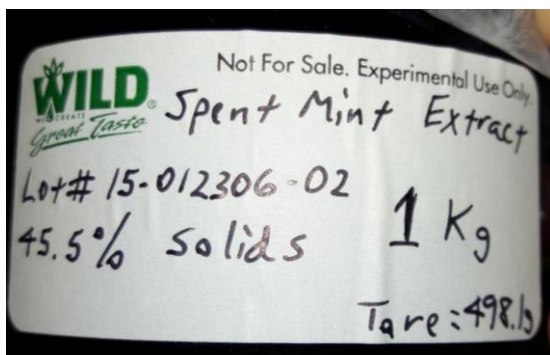


i) Mezcla de tocoferoles + Polifenoles de jugo de oliva + Extracto de menta

**Anexo 4.** Fotografía de los palitos de carne en la incubadora a 40 °C.



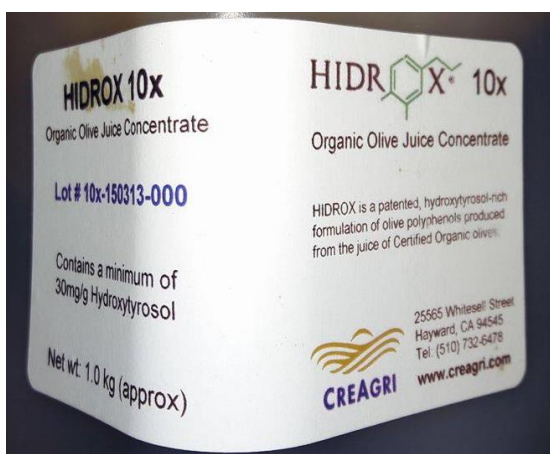
Anexo 5. Etiqueta de los antioxidantes usados.



1. Extracto de menta (WILD)



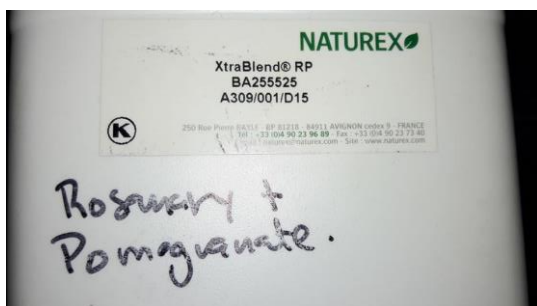
2. Mezcla de tocoferoles (ADM)



3. Polifenoles de jugo de oliva (CREAGRI)

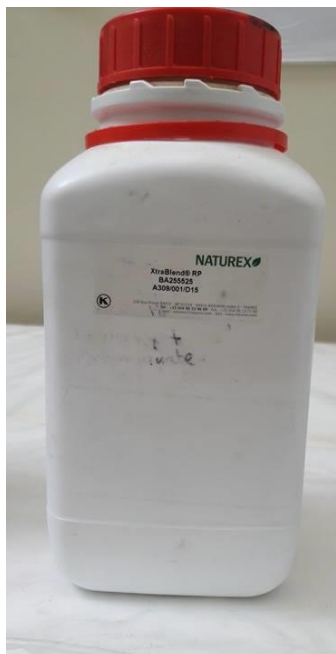


4. Butil hidroxitolueno (BHT) (E-321)

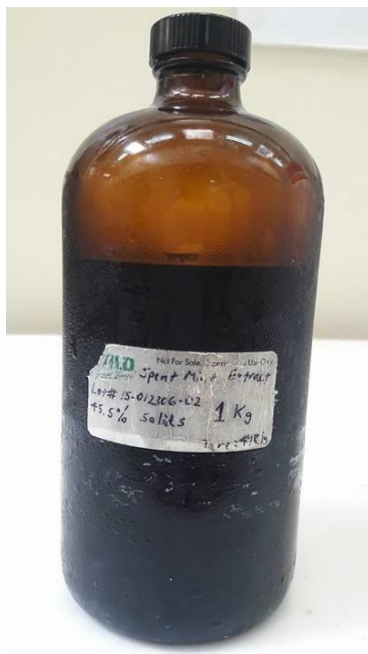


5. Extracto de romero (NATUREX)

**Anexo 6.** Fotografía de antioxidantes usados.



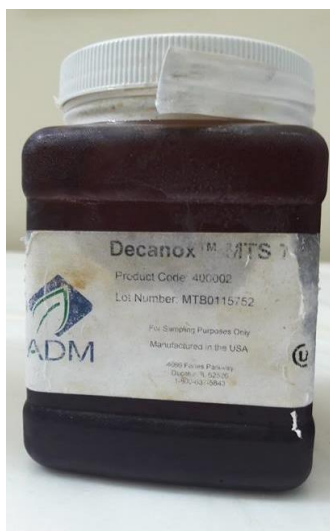
1. Extracto de romero (NATUREX)



2. Mezcla de tocoferoles (ADM)



3. Butil hidroxitolueno (BHT) (E-321)



4. Mezcla de tocoferoles (ADM)



5. Polifenoles de jugo de oliva (CREAGRI)