

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Utilización de la Cáscara de Papa (*Solanum tuberosum*) como
Antioxidante Natural en la Elaboración de Hamburguesas de Res
Pre-Fritas y Congeladas**

**Sofía Maldonado Utreras
Gino Alejandro Merino Barrera**

**Lucía de los Ángeles Ramírez, Ph.D, Directora de
Tesis**

Javier Garrido, MSc., Codirector de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Ingenieros en Alimentos

Quito, mayo de 2015

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias e Ingeniería**

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Utilización de la Cáscara de Papa (*Solanum tuberosum*) como
Antioxidante Natural para la Elaboración de Hamburguesas de
Res Pre-Fritas y Congeladas**

**Sofía Maldonado
Gino Alejandro Merino Barrera**

Lucía de los Ángeles, Ph.D.,
Directora de Tesis

.....

Javier Garrido, MSc.,
Co-director de Tesis

.....

Ximena Córdova, Ph.D.,
Decana de la Escuela de Ingeniería
Colegio de Ciencias e Ingeniería

.....

Quito, mayo de 2015

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: Gino Alejandro Merino Barrera

C. I.: 0603474974

Firma:

Nombre: Sofía Maldonado Utreras

C. I.: 1714156666

Fecha: Quito, mayo de 2015

Dedicatoria:

A nuestros padres, quienes fueron nuestro principal apoyo y supieron guiarnos durante toda nuestra vida, brindando todo su amor y cariño incondicional.

A todas las personas que contribuyeron de alguna forma con el desarrollo de este trabajo. A nuestros amigos, profesores, y todo el personal de la facultad que nos formaron desde el inicio de nuestra carrera universitaria.

Agradecimientos:

Queremos agradecer a nuestra tutora de tesis y madrina, Lucía Ramírez, quien nos supo guiar durante todo este proceso, gracias por su paciencia, dedicación y por siempre creer en nosotros.

Agradecemos también a Caro Andino, Manuelito y Don Jorge, por ayudarnos a resolver muchos de los problemas que se nos presentaron y estar siempre dispuestos a apoyarnos.

Por último, un agradecimiento especial a todos nuestros amigos, porque siempre hemos podido contar con ustedes en las buenas y en las malas. Por hacer de esta época una de las más felices.

Resumen:

La cáscara de papa es un desecho de gran volumen en las industrias de alimentos. Como una forma de aprovechamiento se investigó su uso como antioxidante natural en hamburguesas de res pre-fritas y congeladas, por ser una fuente importante de compuestos fenólicos. El extracto de la cáscara tuvo un contenido de polifenoles de 348,77 mg ácido gálico/100 g de cáscara cuando se utilizó metanol como solvente.

Se realizó usando un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial 5^2 , correspondiente a la combinación de concentración de antioxidantes (factor A) y tiempo de almacenamiento (factor B). Se añadieron diferentes concentraciones de antioxidante natural (0 ppm, 1600 ppm, 2400 ppm, 4800 ppm) y antioxidante sintético (500 ppm de eritorbato de sodio) evaluándose el índice de peróxidos, porcentaje de ácidos grasos libres y ácido tiobarbitúrico (TBA) durante 4 semanas en intervalos de 7 días.

Las hamburguesas sin antioxidante y con 1600 ppm de extracto alcanzaron los valores más altos de oxidación. El tratamiento con 4800 ppm tuvo mejor efecto inhibitorio que el antioxidante sintético utilizado en la industria cárnica, alargando la vida útil del producto.

Abstract:

Potato peel represents a large volume of waste in the food industry. It was investigated its use as a natural antioxidant in pre-cooked and frozen beef burgers, for being an important source of phenolic compounds. The peel extract had a total polyphenol content of 348.77 mg gallic acid / 100 g peel when methanol was used as solvent.

Statistical analysis was performed using a completely randomized design (DCA) under 5^2 , corresponding to the combination of antioxidant concentration (factor A) and storage time (factor B). Different concentrations of natural antioxidant (0 ppm, 1600 ppm, 2400 ppm, 4800 ppm) and synthetic antioxidant (500 ppm sodium erythorbate) were added and peroxide value, percent free fatty acid and thiobarbituric acid (TBA) were evaluated for 4 weeks each 7 days.

Hamburgers without antioxidant and 1600 ppm of extract reached their highest oxidation values. 4800 ppm treatment had better inhibitory effect than synthetic antioxidant used in the meat industry, extending the life of the product.

Tabla de Contenido:

RESUMEN:	7
ABSTRACT:	8
TABLA DE CONTENIDO:.....	9
LISTA DE FIGURAS:	10
INTRODUCCIÓN	11
MATERIALES Y MÉTODOS	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
CONCLUSIONES.....	32
RECOMENDACIONES	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	34

Lista de Figuras:

TABLA 1. FORMULACIÓN DE LA HAMBURGUESA.	16
TABLA 2. FACTORES Y NIVELES.	17
TABLA 3. POLIFENOLES TOTALES DE LOS EXTRACTOS OBTENIDOS CON DIFERENTES SOLVENTES.	20
TABLA 4. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DEL ÍNDICE DE PERÓXIDOS, ÁCIDOS GRASOS LIBRES Y ÁCIDO TIOBARBITÚRICO (TBA).	22
FIGURA NO. 1	25
FIGURA NO. 2	28
FIGURA NO. 3	31

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum*), es uno de los cultivos que más se producen en el mundo. Según la Food and Agriculture Organization (FAO), en el 2012 la producción mundial de papa fue de 365 millones de toneladas métricas. Mientras que en el Ecuador, según datos del Ministerio de Agricultura (Magap), en el 2012, la producción nacional del tubérculo alcanzó 285 000 toneladas métricas (MAGAP, 2014).

A pesar de esta grande producción, el consumo de papa fresca está disminuyendo, mientras que los productos obtenidos de su procesamiento aumentan cada vez más para satisfacer la creciente demanda de comida rápida. Las industrias pelan las papas como parte de la producción de papas fritas, chips, puré, etc. (Schieber y Aranda, 2009:25). El desecho obtenido de esta operación varía desde 15 a 40% dependiendo de la técnica de pelado que se utilice. Como por ejemplo, pelado por vapor, abrasión o con lejía (Israilides, Vlyssides, Arapoglou, Varzakas, Marchant y Vlyssides, 2008:17). En consecuencia, cantidades considerables de desecho de cáscara son generados en las industrias procesadoras de papa. De este modo, el manejo de residuos para estas industrias es un problema de gran importancia.

Existen cada vez más estudios sobre el potencial uso de la cáscara de papa como un aditivo en alimentos debido a su efecto antioxidante. La cáscara de papa tiene alto contenido de compuestos fenólicos, principalmente ácidos fenólicos. Alrededor del 90% de estos compuestos lo constituye el ácido clorogénico, mientras que el ácido caféico, ácido gálico y ácido protocatecuico se encuentran en menor concentración (Mohagheghi, Poorazarang, Hematyar, y (Mohagheghi,

Poorazarang, Hematyar y Elhamirad, 2012:193). Ciertas investigaciones han determinado que estos compuestos presentes en la cáscara pueden ser extraídos y usados para prevenir las reacciones de oxidación de los aceites y grasas (Hettiarachchy, 1993:349).

El control de la oxidación lipídica en productos cárnicos se ha convertido en un tema cada vez más importante debido a la mayor producción y consumo de productos cárnicos pre-cocidos (Love y Pearson, 1971:547). Por ejemplo, en los productos pre-fritos, el proceso de fritura produce modificaciones en el alimento, cambiando la composición de ácidos grasos y promoviendo la oxidación lipídica (Nikoo, Reza, Zakipour, Benjakul y Javadian, 2010:2). Esto afecta las características sensoriales del alimento, por lo que es necesario minimizar estos cambios y preservar su calidad durante el almacenamiento el mayor tiempo posible (Reihani, Tan, Huda y Mat, 2014:20).

Existen antioxidantes sintéticos y naturales que tienen la habilidad de eliminar los radicales libres y reducir el estrés oxidativo. Sin embargo, algunos antioxidantes sintéticos como el Butilhidroxitolueno (BHT) y Butilhidroxianisol (BHA), pueden tener efectos tóxicos (Kanatt, Chander, Radhakrishna y Sharma, 2005:1502).

El objetivo de esta investigación fue desarrollar un antioxidante natural a base de las cáscaras de papa, para la aplicación en hamburguesas de res pre-fritas y congeladas, en respuesta a la demanda del consumidor de reducir la cantidad de aditivos sintéticos en los alimentos industrializados. Por otro lado, se buscó el

aprovechamiento de residuos, para disminuir la contaminación ambiental y generar rentabilidad en los productos.

Materiales y Métodos

Preparación extracto de cáscara de papa

Se utilizó la variedad *Solanum phureja*. Las papas fueron lavadas con abundante agua y peladas manualmente obteniéndose un rendimiento del 11%. Las cáscaras se secaron en un horno de aire caliente marca PROINGAL a 60°C por 3 horas alcanzando una humedad del 3% y fueron pulverizadas en un procesador de alimentos hasta que el polvo pasó por el tamiz 80. Para la preparación del extracto se siguió el método propuesto por Sabeena, Drejer y Jacobsen (2011:845) con ciertas modificaciones. Se tomaron 5 g del polvo de la cáscara de papa y se mezcló con 50 ml de tres tipos de solventes (etanol, metanol y una mezcla de metanol: etanol (1:1) + 1% ácido clorhídrico) dejando en reposo por 48 horas a temperatura ambiente. Luego fue centrifugado a 880 gravedades por 10 minutos. El sobrenadante se recogió en otro envase y el residuo fue extraído nuevamente por tres veces más bajo las mismas condiciones. El filtrado se evaporó en un rotavapor (BUCHII) con vacío a 40°C, y el extracto se conservó a -18°C en un envase de vidrio sellado herméticamente.

Cuantificación de polifenoles totales

La cuantificación de polifenoles totales en el extracto, fue de acuerdo al método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu siguiendo el método AOAC 143 (AOAC, 2012). Se realizó una curva de calibración utilizando diferentes concentraciones de ácido gálico y la cantidad total de polifenoles fue calculada como equivalentes de ácido gálico (mg/100 mg de cáscara de papa seca).

Preparación de la curva de calibración:

Se preparó una solución patrón de ácido gálico 0,1 g/L, de esta se hicieron diluciones de 1 µg/ml, 2 µg/ml, 3 µg/ml, 4 µg/ml, 5 µg/ml, 6 µg/ml y 7 µg/ml. A cada dilución se adicionó 250 µL del reactivo de Folin Ciocalteu 1N y 1250 µL de la solución de carbonato de sodio al 20 %. Se llevó a un volumen final de 2 ml con agua destilada y se dejó reposar por 2 horas. Se preparó también un blanco con todos los componentes excepto la dilución de ácido gálico. La absorbancia fue determinada a 725 nm en el espectrofotómetro (ThermoSpectronic) (AOAC, 2012).

Cuantificación de polifenoles totales en el extracto:

Fueron mezclados 5,5 mg del extracto, con 5 ml de etanol al 95 % y se aforó a 100 ml con agua destilada para obtener una solución stock de 1mg/ml. A 0,4 ml de esta solución, se añadió 2 ml del reactivo de Folin Ciocalteu 1 N y se dejó en reposo por 5 min. A esta mezcla se adicionaron 5 ml de carbonato de sodio al 20%, aforándose a 25 ml con agua destilada y permaneciendo en la oscuridad por 1 hora. Se midió la absorbancia de esta solución a 725 nm en el espectrofotómetro (ThermoSpectronic) (AOAC, 2012).

Elaboración de hamburguesas

La carne utilizada fue de tipo I con un contenido de grasa del 15% según la clasificación de la NTE INEN 1346 (2010). Se molió en un molino de carne (SYMSEM modelo PSEE-10) con un disco de 8 mm. Se mezcló en una amasadora (TECMAQ) la carne, la grasa, el agua, el almidón, la proteína de soya y los condimentos, junto con el eritorbato de sodio o el extracto de cáscara de papa (Tabla 1) en diferentes concentraciones (Tabla 2) a 12 rpm por 3 minutos. Se dio forma circular a 100 gramos de masa con un molde de acero inoxidable de 10

centímetros de diámetro. La pre-fritura de las hamburguesas se realizó a 170 °C por 40 segundos en aceite vegetal (oleína de palma y soya) según pruebas previas en las que se varió el tiempo y la temperatura de pre-fritura para llegar al punto óptimo de cocción. Se dejó escurrir el exceso de grasa y se almacenó en bolsas de polipropileno biorientado a -18°C.

Tabla 1. Formulación de la hamburguesa.

Ingredientes	Cantidad (g/100g)
Carne de Res	69,5
Grasa de Cerdo	15,0
Agua	9,0
Sal	1,5
Ajo en Polvo	0,3
Pimienta negra	0,2
Almidón de maíz	2,0
Proteína Aislada de Soya	2,0
Eritorbato de Sodio*	0,5

*El eritorbato fue sustituido totalmente por el extracto de la cáscara de papa en diferentes concentraciones según el diseño experimental.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 5x5, correspondiente a la combinación de concentración de antioxidante (factor A) y tiempo de almacenamiento de las hamburguesas pre-fritas a -18°C (factor B) (Tabla

2). Se realizaron 3 repeticiones, obteniéndose 25 tratamientos y 75 unidades experimentales.

Tabla 2. Factores y Niveles.

Tipo de antioxidante	A Concentración de antioxidante (ppm)	B Tiempo de almacenamiento (días)
Ninguno	0	0
Eritorbato de Sodio	500	7
Extracto de cáscara de papa	1600	14
Extracto de cáscara de papa	2400	21
Extracto de cáscara de papa	4800	28

*Los niveles del extracto de cáscara de papa se determinaron en función de los resultados obtenidos en la cuantificación de polifenoles totales.

Adicional a los tratamientos con extracto de cáscara de papa, se incluyeron dos controles: control sin antioxidante y control con antioxidante sintético utilizado en la industria cárnica (eritorbato de sodio) (Tabla 2). La concentración recomendada de eritorbato de sodio en productos cárnicos está entre 0,05 y 0,08% (Hoogenkamp, 2005), por lo que para la formulación se utilizó 500 ppm de este aditivo.

Las variables de respuesta fueron: Índice de peróxidos, contenido de ácidos grasos libres y prueba de ácido tiobarbitúrico (TBA). Los datos fueron evaluados mediante el análisis de la varianza (ANOVA) y las medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad con el paquete estadístico InfoStat versión 2008 (Balzarini, Di Rienzo, Cazanoves y González, 2008).

Extracción de grasa

El contenido graso se determinó de acuerdo al método de Mariezcurrena, Braña, Partida de la Peña y Ramírez (2010:271), mezclando 10 g de hamburguesa con 50 ml de cloroformo. Se homogenizó por 1 minuto y la papilla resultante fue colocada en un embudo de separación. Se añadieron 10 ml de agua destilada y se dejó en reposo para la decantación durante 15 minutos. La capa inferior se recogió en un matraz que contenía 1 g de sulfato de sodio anhidro, se agitó suavemente y se filtró.

Peróxidos

La cuantificación de peróxidos siguió el método de Yalcin, Karaman y Ozturk (2011:56) con algunas modificaciones. Se colocaron 2 ml de extracto de grasa en un erlenmeyer de 250 ml junto con 10 ml de cloroformo. Se añadió 15 ml de ácido acético y 1 ml de solución de yoduro de potasio saturado y se dejó en reposo en la oscuridad por 5 minutos. Se adicionó 75 ml de agua destilada y se agitó. Por último, se añadió 1 ml de solución de almidón al 1% y se tituló con una solución de tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,01 N. El índice de peróxidos se calculó utilizando la fórmula 1.

$$IP = \frac{[(V_1 - V_0)N]}{M} \quad (1)$$

Siendo, V_1 el volumen de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ml), V_0 la cantidad de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utilizado para el blanco (ml), N la normalidad de la solución y M el peso de la muestra (g). El índice de peróxidos se expresó como miliequivalentes (meq) de O_2 por kilogramo de grasa.

Ácidos Grasos Libres:

A 5 ml de extracto de grasa se añadió 50 ml de alcohol neutralizado y gotas de fenolftaleína titulándose con NaOH 0,1 N hasta el punto de equilibrio. La acidez se calculó mediante la fórmula 2:

$$A = \frac{MVN}{10 m} \quad (2)$$

Donde M es la masa molecular del ácido oléico, V el volumen de la solución de NaOH utilizado en la titulación (ml). N la normalidad de la solución de NaOH y m la masa de la muestra utilizada (g) (INEN, 2008). Los resultados se expresa en porcentaje de ácido oleico ya que es el ácido graso predominante en aceites vegetales y en un 44% en la grasa de cerdo (FEDNA, 2012).

Ácido Tiobarbitúrico (TBA)

La cuantificación de malonaldehído, producto de la oxidación, se realizó mediante un ensayo de TBA de acuerdo al método descrito por Pearson (1998). 200 mg del extracto fueron disueltos y aforados a 25 ml con 1-butanol. A 5 ml de esta solución se añadió 5 ml del reactivo de TBA en un tubo de ensayo. Se mezcló y colocó en un baño María a 95 °C durante 120 minutos, midiéndose la absorbancia a 530 nm en una celda de 10 mm de cuarzo contra agua. Se corrió un testigo de reactivos, calculándose con la fórmula 3. Los resultados se expresan en mg de malonaldehído/kg de grasa

$$\text{Valor de TBA} = \frac{50 \times (\text{Absorbancia muestra} - \text{Absorbancia blanco})}{\text{Peso de la muestra (mg)}} \quad (3)$$

Resultados y Discusión

Polifenoles Totales

Como se puede observar en la Tabla 3, la concentración de polifenoles totales varió según el solvente utilizado.

Tabla 3. Polifenoles totales de los extractos obtenidos con diferentes solventes.

Tipo de solvente	Polifenoles totales (mg ácido gálico/100 g de cáscara)
Etanol	72,77
Metanol	348,77
Etanol + Metanol + 1% Ácido clorhídrico	207,97

La extracción con etanol obtuvo un total de 72,77 mg ácido gálico por 100 g de cáscara, y aunque fue la menor concentración, cuando se utilizó metanol o una mezcla de etanol, metanol y ácido clorhídrico, el rendimiento aumentó considerablemente. Sabeena et al. (2011:847), encontraron un total de 250 mg de ácido gálico por 100 g de cáscara de papa para la variedad de papa Sava, utilizando etanol como solvente. Chang (2011:216) investigando la extracción y optimización de antioxidantes de cáscara de papa, reportó que la cantidad de polifenoles se duplica cuando se utiliza metanol y cuando se añade ácido clorhídrico a los solventes. Lo que coincide a lo obtenido en el presente estudio.

Por otro lado, la cantidad de polifenoles presentes en las cáscaras varía dependiendo de la variedad, color y origen geográfico de la papa que se utilice (Habeebullah, Nielsen y Jacobsen, 2010:1319). En general, se ha determinado que las variedades de papa con una coloración más oscura tienen mayor contenido de compuestos fenólicos (Albishi, John, Al-Khalifa y Shahidi, 2013:598). Otro factor importante es el método de pelado que se utilice en las papas. Usando el pelado manual, que fue el que se utilizó en el presente trabajo, se conserva mayor cantidad de antioxidantes en la cáscara (Camire, Violette, Dougherty y McLaughlin, 1997:1406). Por esta razón, se encontraron valores altos de polifenoles en la variedad utilizada.

Kanatt et al. (2005:1502) aplicaron extracto de cáscara de papa a carne irradiada de borrego, obteniendo 70,82 mg equivalentes de catequina por 100 g de cáscara de papa en la cuantificación de polifenoles totales. En este caso, se aplicaron niveles de 800, 1600, 2400 y 4800 ppm de extracto sobre la carne. A partir de una concentración de 1600 ppm, el extracto tuvo efecto antioxidante sobre el producto. Por lo tanto, al obtener una cantidad de polifenoles cercana, se decidió aplicar los tres niveles más altos de concentración de extracto.

Índice de Peróxidos, ácidos grasos libres y ácido tiobarbitúrico (TBA)

Como muestra el resumen del análisis de varianza (ANOVA) (Tabla 4) hubo diferencia significativa entre los tratamientos, además la concentración de antioxidantes, el tiempo de almacenamiento y su interacción influyeron en el índice de peróxidos, ácidos grasos libres y la cuantificación de malonaldehído (TBA).

Tabla 4. Análisis de Varianza (ANOVA) del índice de peróxidos, ácidos grasos libres y ácido tiobarbitúrico (TBA) de los tratamientos.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios		
		Índice de Peróxidos (meqO ₂ /kg grasa)	Ácidos grasos libres (% ácido oléico)	Ácido Tiobarbitúrico (mg malonaldehído/kg grasa)
Total	74			
Tratamientos	24	24.1394*	0.5500*	0.0438*
Concentración de Antioxidantes (A)	4	48.0663*	0.8006*	0.1121*
Tiempo de Almacenamiento (B)	4	83.9041*	2.3769*	0.1364*
AXB	16	3.2166*	0.0306*	0.0035*
Error Experimental	50	0.0080	0.0030	0.0004

*significativo al 5% de probabilidad por la prueba F.

Peróxidos

En la figura No. 1, se evidencia que en el día cero, las hamburguesas con 1600 ppm de extracto y sin antioxidantes (0 ppm) tuvieron los niveles más altos de peróxidos iguales estadísticamente entre sí y diferentes a los otros tratamientos. Esto indica que cuando se utilizó concentraciones bajas de extracto, este no ejerció el efecto antioxidante esperado, debido a las pérdidas que se pueden dar durante el proceso de pre-fritura de las hamburguesas. Mansour y Khalil (2000:137) al someter al extracto a temperaturas mayores de 80°C por 30 minutos, observaron un decrecimiento significativo de la capacidad antioxidante. Además en el día 0 los tratamientos con eritorbato (500 ppm) y extracto de cáscara de papa (2400 y 4800 ppm) fueron estadísticamente iguales entre sí ($p > 0.05$).

En el día 7, la mayor concentración de peróxidos se observó en el tratamiento con 1600 ppm ($p < 0.05$) y la menor en el tratamiento con 4800 ppm que fue significativamente igual al tratamiento con 2400 ppm.

En el día 14, las hamburguesas con 0 y 1600 ppm alcanzaron un pico máximo en el valor de peróxidos superando el límite de 10 meq de O_2 /kg grasa valor con que el producto se considera rancio (Feiner, 2006). Mientras que los tratamientos con eritorbato de sodio (500 ppm) y extracto de cáscara de papa (2400 y 4800 ppm), tuvieron un efecto inhibitorio similar en la peroxidación de la grasa, ya que no se encontraron diferencias significativas en los tres tratamientos ($p > 0.05$).

A partir del día 21, la concentración de peróxidos en todos los tratamientos comenzó a decrecer. Cuando los peróxidos llegan a su punto máximo, reaccionan con aminoácidos formando aldehídos, cetonas y bases de Schiff que disminuyen la disponibilidad de aminoácidos esenciales como la lisina y provocan la pérdida de la solubilidad de las proteínas de la carne (Badui, 2006). Esto afecta al producto tanto a nivel nutricional como en sus características fisicoquímicas. Como se observa en la Figura No. 1, del día 14 al 21, el tratamiento con 0 ppm tuvo un decrecimiento drástico en el nivel de peróxidos a diferencia del tratamiento con 1600 ppm, que aunque también decreció este no fue tan marcado. Cuando no se utilizó antioxidantes los peróxidos se degradaron más rápidamente, liberando los productos secundarios antes mencionados, causando la rancidez de la hamburguesa.

Para los tratamientos que tuvieron un efecto antioxidante, se encontraron valores que oscilaban entre 5,96 y 6,02 meq O_2 /Kg de grasa en el día 21. Lo que

concuerta con el estudio de Thingtan y Toma (2005:106) que al evaluar el efecto antioxidante del extracto de romero en hamburguesas de res, reportaron 5,09 meq O₂/Kg de grasa.

En el día 28 los tratamientos de 2400 y 4800 ppm inhibieron la oxidación de las grasas de igual forma que el eritorbato ($p>0.05$), ya que no superaron el límite establecido de peróxido. Por lo tanto se considera que es necesario el uso de antioxidante para controlar este parámetro.

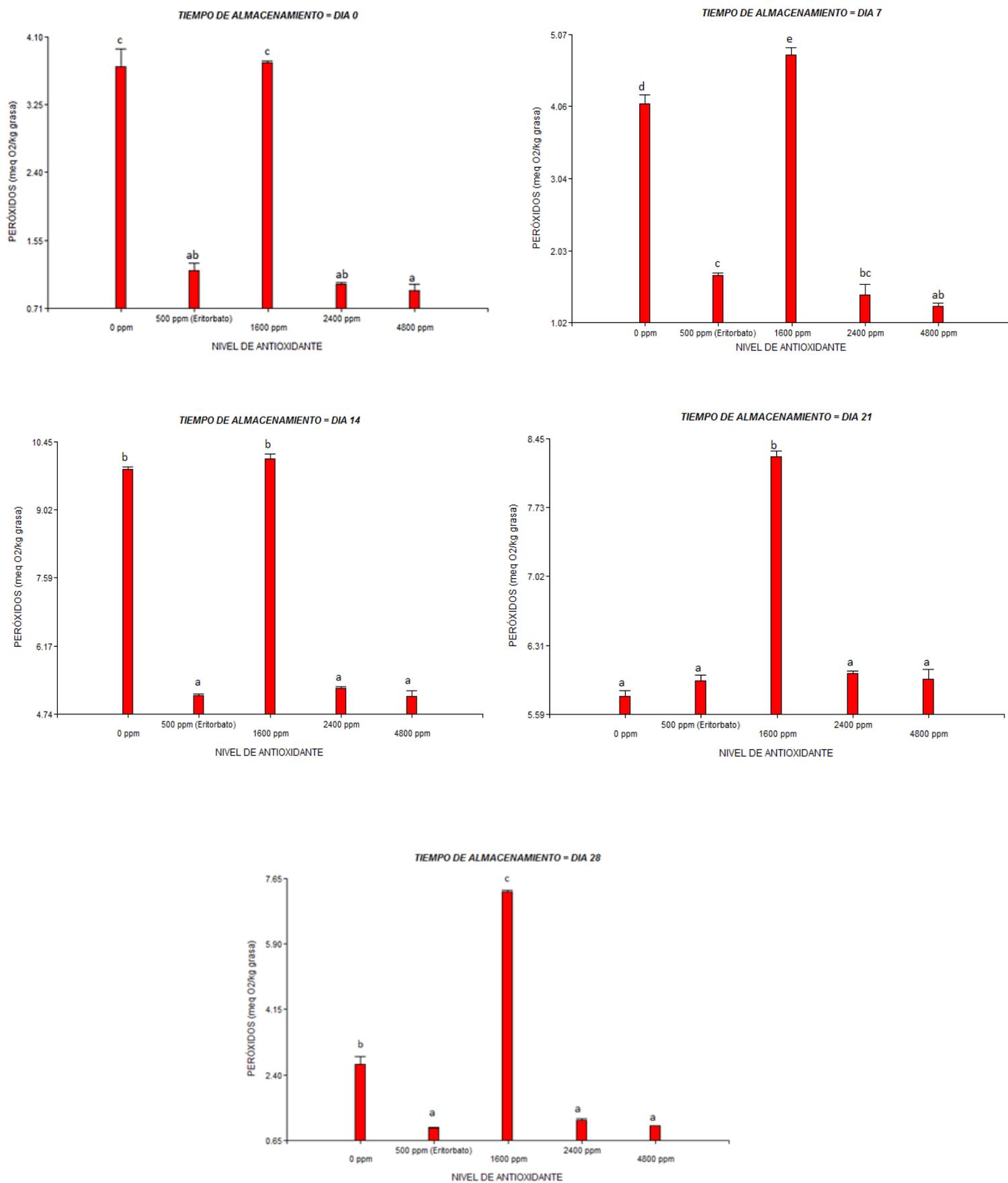


Figura No. 1 Índice de peróxidos de cada nivel de antioxidante en los diferentes tiempos de almacenamiento.

Los tratamientos con letras en común son estadísticamente iguales por la prueba de Tukey ($p > 0.05$). La

Ácidos Grasos Libres:

En la Figura No. 2, se observa que el contenido de ácidos grasos libres incrementó con el tiempo. En el día 0, los tratamientos con 0 ppm y 1600 ppm alcanzaron el mayor porcentaje de ácido oleico siendo estadísticamente iguales ($p > 0.05$). Mientras que los tratamientos con 500 ppm (eritorbato de sodio), 2400 y 4800 ppm inhibieron la liberación de ácidos grasos en la misma proporción ($p > 0.05$). En el día 7, las hamburguesas con 1600 ppm de extracto superaron a los demás tratamientos y las que contenían eritorbato (500 ppm) y 4800 ppm fueron estadísticamente iguales con los niveles más bajos de acidez. Las diferencias entre el día 0 y 7, se puede deber a que durante la fase inicial de la oxidación, los cambios son relativamente pequeños y ocurren a una velocidad más o menos uniforme, esta fase se denomina período de inducción (Lawson, 1994). Por tanto, a partir del día 7, después de haber tenido cierto grado de oxidación, las diferencias entre los tratamientos se volvieron más notables.

Para el día 14, el tratamiento con antioxidante sintético tuvo un efecto igual que el de 2400 ppm y diferente al de 4800 ppm. Sin embargo, los tres tratamientos estuvieron por debajo del límite máximo de 1,2% de ácidos grasos libres, a partir del cual se genera rancidez (Feiner, 2006) Adicionalmente los tratamientos con 0 y 1600 ppm superaron este valor. En esta etapa de almacenamiento, las hamburguesas sin antioxidantes y con 1600 ppm de extracto superaron los límites máximos tanto de peróxidos como de acidez, lo que justifica que la generación de peróxidos es dependiente de la liberación de ácidos grasos (Lawson, 1994).

Generalmente la oxidación hidrolítica se produce por las altas temperaturas de fritura que hidrolizan el enlace éster de los triglicéridos (Badui, 2006). Este fenómeno tiene un efecto negativo sobre las características sensoriales del alimento, considerado inaceptable por la rancidez. Por lo que es importante el uso de antioxidantes, ya sea eritorbato de sodio o extracto de cáscara de papa a una concentración mayor a 1600 ppm para evitar la oxidación de las grasas durante el proceso de fritura.

En el día 21 el porcentaje de ácido oleico fue igual para los tres tratamientos (500 ppm, 2400 ppm y 4800 ppm). Sin embargo, a medida que avanzó el tiempo de almacenamiento (día 28), las hamburguesas con 4800 ppm de extracto mostraron mayor efectividad que el eritorbato de sodio y el extracto de 2400 ppm en retrasar la oxidación hidrolítica. Aun así ninguno superó el límite máximo (1,2 % de ácidos grasos libres) (Feiner, 2006).

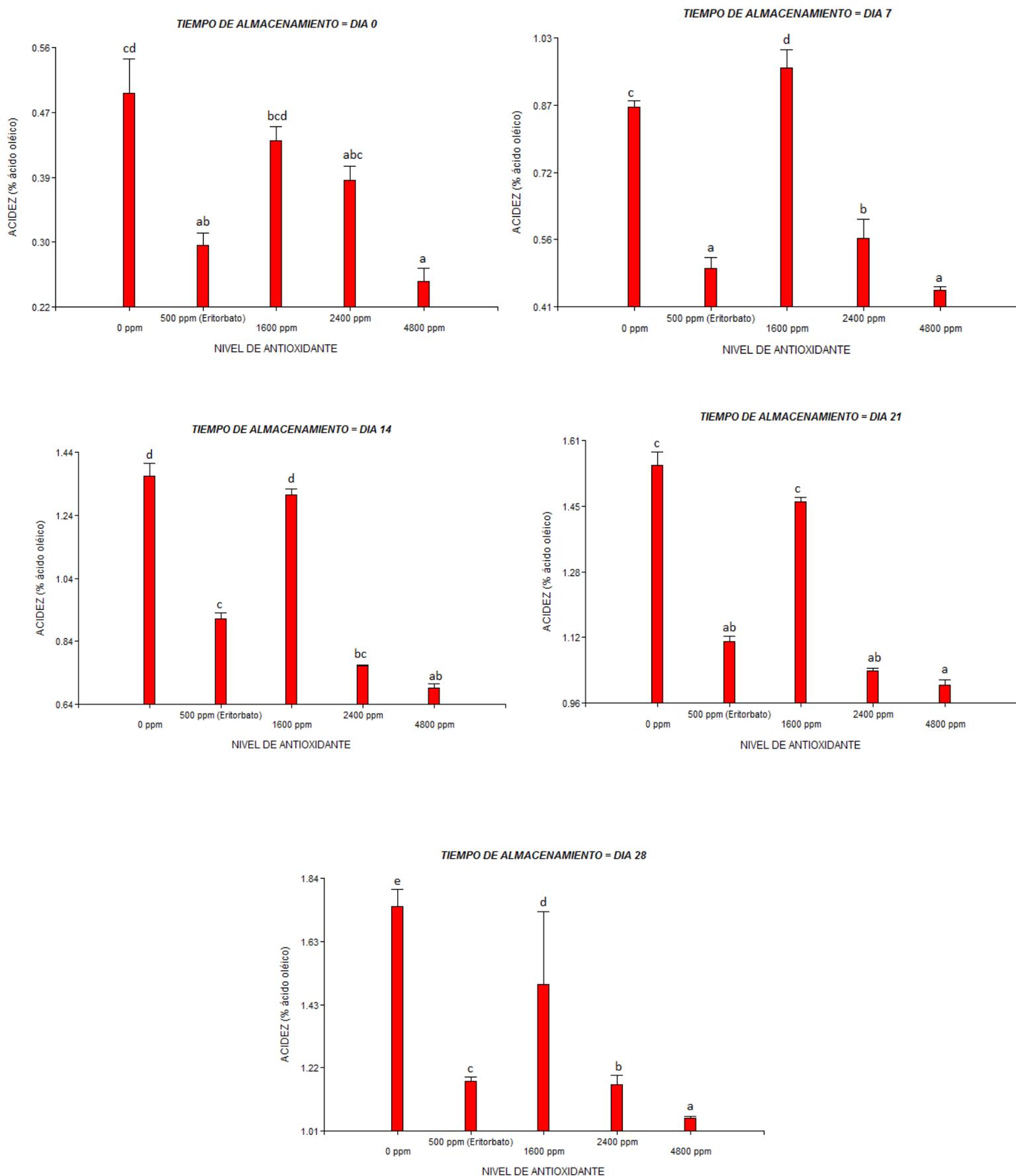


Figura No. 2 Porcentaje de acidez de cada nivel de antioxidante en los diferentes tiempos de almacenamiento. Los tratamientos con letras en común son estadísticamente iguales por la prueba de Tukey ($p > 0.05$). Las barras representan las medias con su respectiva \pm desviación estándar.

Ácido Tiobarbitúrico (TBA)

El contenido de malonaldehído fue incrementando en el tiempo (Figura No.3). Como se esperaba, los tratamientos de 0 ppm y 1600 ppm no tuvieron un efecto inhibitorio para el TBA. En el día 28 se alcanzaron valores de 0,518 y 0,553 mg malonaldehído/ kg muestra respectivamente, sin diferencias significativas ($p > 0,05$). Superando el límite máximo establecido que es de 0,5 mg malonaldehído/ kg muestra, a partir del cual se empiezan a detectar olores y sabores indeseables en el producto (Feiner, 2006).

Cuando se compara con otros estudios el extracto de cáscara de papa tiene mayor efectividad que otros antioxidantes naturales. Un ejemplo es el trabajo realizado por Trindade, Filho y Villavicencio (2009:100) que al someter hamburguesas de res a diferentes dosis de irradiación, encontraron valores de alrededor de 2 mg malonaldehído/ kg muestra después de un mes de almacenamiento utilizando extracto de orégano y romero en una concentración de 400 ppm. Esto también puede deberse a que hay mayor producción de malonaldehído en la irradiación que durante la fritura.

Los tratamientos con 2400 ppm y 4800 ppm de extracto y el eritorbato actuaron como inhibidores de la oxidación de igual forma hasta el día 7. Sin embargo, a partir del día 14 se observó la misma tendencia en donde el eritorbato de sodio (500 ppm) obtuvo valores de TBA iguales que el extracto con 2400 ppm ($p > 0,05$), pero diferente al de 4800 ppm ($p < 0,05$). Lo que indica que, a medida que se aumentaba la concentración de extracto se obtenía menor producción de malonaldehído.

Los valores de TBA incrementaron más lentamente que las otras variables ya que este compuesto se produce a medida que los peróxidos se degradan (Badui, 2006).

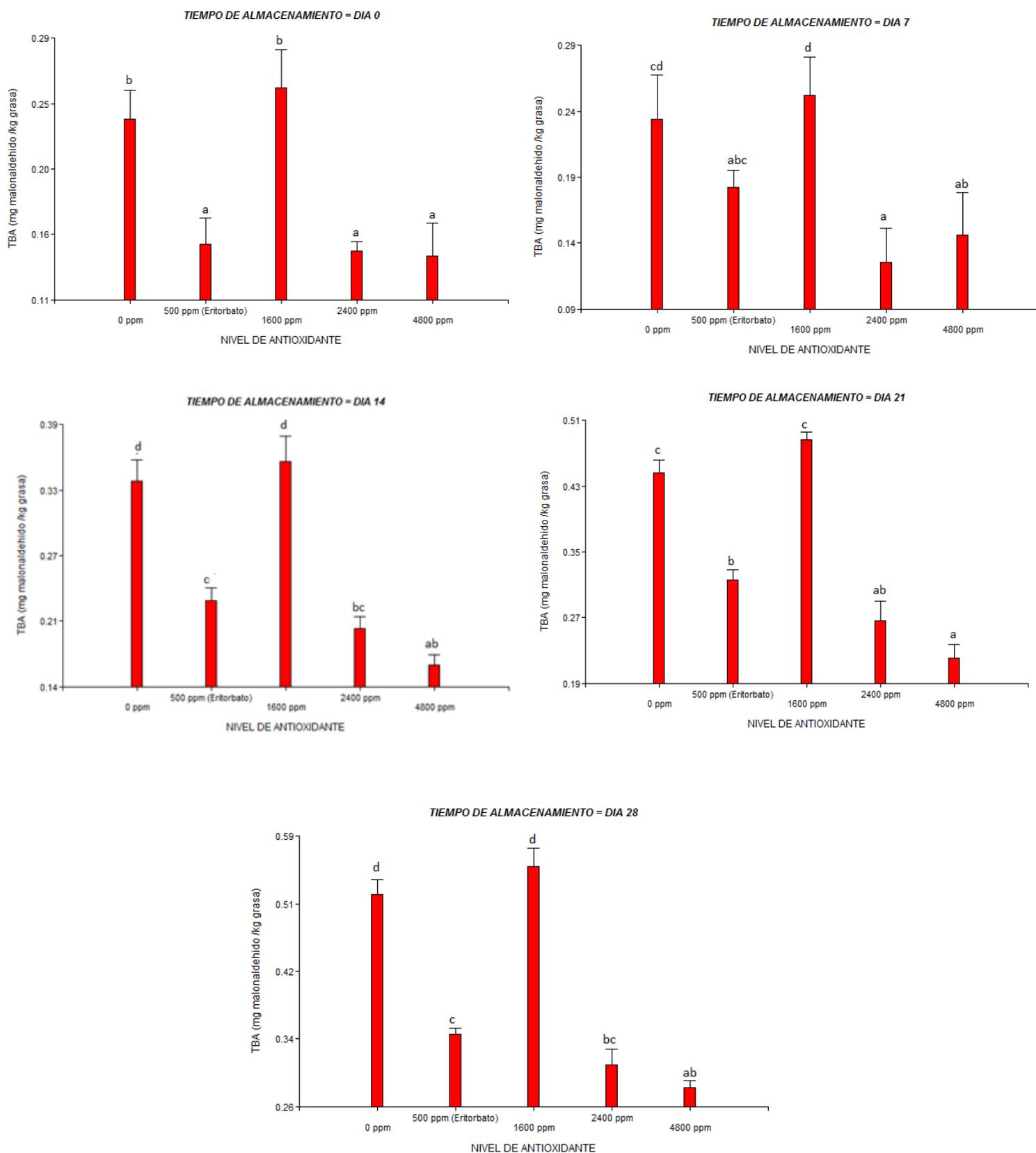


Figura No. 3 Ácido tiobarbitúrico de cada nivel de antioxidante en los diferentes tiempos de almacenamiento.

Los tratamientos con letras en común son estadísticamente iguales por la prueba de Tukey ($p > 0.05$) Las barras representan las medias con su respectiva \pm desviación estándar.

Conclusiones

La cáscara de papa es una fuente importante de compuestos fenólicos, que puede ser usada como antioxidante natural en productos pre-fritos y congelados.

Los tratamientos con 0 ppm y 1600 ppm mostraron los valores más altos en todas las variables usadas para medir la oxidación lipídica, considerándose inaceptables para el consumidor desde el día 14, ya que el índice de peróxidos y porcentaje de acidez superaron las especificaciones correspondientes. Al usar antioxidantes sintéticos y extracto de cáscara de papa a partir de 2400 ppm, el tiempo de vida de la hamburguesa aumentó pues hasta el final del estudio no excedieron las especificaciones para ninguna variable.

El extracto de cáscara de papa tuvo efecto antioxidante a partir de una concentración de 2400 ppm similar al antioxidante sintético. Sin embargo, al aumentar la concentración de extracto (4800 ppm) se obtuvo una mejor inhibición en el porcentaje de acidez y TBA que la obtenida con el eritorbato de sodio al final del estudio. Por otro lado, para el índice de peróxido se tuvo el mismo efecto para los tres tratamientos (500 ppm, 2400 ppm y 4800 ppm) ($p > 0.05$).

Finalmente, se comprobó que los procesos de fritura aceleran las reacciones autooxidativas, que pueden generar alteraciones físico químicas en las hamburguesas.

Siendo la cáscara de papa un desecho de gran volumen en las plantas procesadoras de papa, este proyecto es una alternativa para reducir la contaminación y dar un valor agregado a las industrias para la generación de nuevos ingresos.

Recomendaciones

Para obtener mejores resultados se debería alargar el período de almacenamiento de las hamburguesas para determinar el tiempo de vida útil del producto cuando se utiliza el extracto de cáscara de papa (2400 y 4800 ppm).

Es necesario realizar un análisis sensorial de las hamburguesas para verificar que la adición del extracto de cáscara, no influye en las características organolépticas del producto. Además, un análisis microbiológico que compruebe que las hamburguesas son seguras para el consumidor.

Evaluar el costo de los residuos de papa y el costo del eritorbato de sodio

Referencias Bibliográficas:

- Albishi, T., John, J., Al-Khalifa, A., & Shahidi, F. (2013). Phenolic content and antioxidant activities of selected potato varieties and their processing by-products. *Journal of Functional Foods*, 590-600.
- AOAC. (2012). *Official Methods of Analysis*. Washington D.C.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. México: Pearson Education.
- Balzarini, M., Di Rienzo, A., Cazanoves, F., & González. (2008). *InfoStat software estadístico versión 2008, Manual de usuario*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- Camire, M., Violette, D., Dougherty, M., & McLaughlin, M. (1997). Potato Peel Dietary Fiber Composition: Effects o Peeling and Extrusion Cooking Processes. *J. Food Chemistry*, 1404-1408.
- Chang, K. (2011). Polyphenol Antioxidants from Potato Peels: Extraction Optimization and Application to Stabilizing Lipid Oxidation in Foods. *Proceedings of The National Conference On Undergraduate Research*, 213-220.
- FEDNA. (2012). *Grasas de origen animal*. Recuperado el 18 de Mayo de 2015, de http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/grasas-de-origen-animal
- Feiner, G. (2006). *Meat Products Handbook*. Inglaterra: T J International.

- Gutiérrez, D., Ortiz, C., & Mendoza, A. (2008). Medición de Fenoles y Actividad Antioxidante en Malezas Usadas para Alimentación Animal . *Centro Nacional de Metrología*, 43-47.
- Habeebullah, S., Nielsen, N., & Jacobsen, C. (2010). Antioxidant Activity of Potato Peel Extracts in a Fish-Rapeseed Oil Mixture and Oil-in-Water Emulsions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1319–1332.
- Hettiarachchy, O. &. (1993). Antioxidant activity, fatty acids and phenolic acids composition of potato peels. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 345-350.
- Hoogenkamp, H. (2005). *Soy Protein and Formulated Meat Products*. Estados Unidos: CABI.
- INEN. (2008). *Grasas y Aceites Comestibles. Determinación de la Acidez*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (2010). *Carne y Productos Cárnicos. Carne Molida. Requisitos*. Quito: Primera Revisión.
- Israilides, C., Vlyssides, A., Arapoglou, D., Varzakas, T., Marchant, R., & Vlyssides, A. (2008). Integrated Management of Potato Starch Wastes. *Institute of Technology of Agricultural Products*, 12-27.
- Kanatt, S., Chander, R., Radhakrishna, P., & Sharma, A. (2005). Potato Peel Extract - a Natural Antioxidant for Retarding Lipid Peroxidation in Radiation Processed Lamb Meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1499-1504.
- Lawson, H. (1994). *Aceites y Grasas Alimentarios*. Zaragoza: Acribia S.A.
- Love, J. D., & Pearson, A. (1971). Lipid Oxidation in Meat and Meat Products- A Review. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 547-549.

- MAGAP. (12 de Marzo de 2014). *Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca - SINAGAP*. Recuperado el 24 de Abril de 2015, de Papa: Superficie, Producción y Rendimiento a Nivel Provincial: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/papa-2/file/3532-serie-historica-2000-2012>
- Mansour, E., & Khalil, A. (2000). Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their application to ground beef patties. *Food Chemistry*, 135-141.
- Mariezcurrana, M., Braña, D., Partida de la Peña, J., & Ramírez, E. (2010). Estandarización de la metodología para la determinación de grasa en la carne de cerdo. *Mexican Science*, 269-275.
- Mohagheghi, A., Poorazarang, H., Hematyar, N., & Elhamirad, A. (2012). Phenolics in Potato Peels: Extraction and Utilization as Natural Antioxidants. *World Applied Sciences Journal*, 191-195.
- Nikoo, M., Reza, M., Zakipour, E., Benjakul, S., & Javadian, B. (2010). The Effects of Deep-Frying, Refrigerated Storage and Reheating on the Fat Content, Oxidation and Fatty Acid Composition of the fish *Rutilus frisii kutum*. *Journal of Food Process Technology*, 1-4.
- Pearson, D. (1998). *Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos*. Zaragoza: 1998.
- Reihani, S., Tan, T., Huda, N., & Mat, A. (2014). Frozen Storage Stability of beef patties incorporated with extracts from ulam raja leaves (*Cosmos caudatus*). *Journal of Food Chemistry*, 17-23.
- Sabeena, H., Drejer, H., & Jacobsen, C. (2011). Potato peel extract as a natural antioxidant in chilled storage of mince horse mackerel (*Trachurus trachurus*): Effect on lipid and protein oxidation. *Food Chemistry*, 843-851.
- Schieber, A., & Aranda, M. (2009). Potato Peels: A Source of Nutritionally and Pharmacologically Interesting Compounds. *Food. Global Science Books*, 23-29.

- Thingtan, K., & Toma, R. (2005). Effect of Rosemary Extract on Lipid Oxidation and Sensory Evaluation of Frozen Precooked Beef Patties. *Journal of Food Science*, 104-109.
- Trindade, R., Filho, M., & Villavicencio, A. (2009). Natural antioxidants protecting irradiated beef burgers from lipid oxidation. *Food Science and Technology*, 98-104.
- Yalcin, H., Karaman, S., & Ozturk, I. (2011). Evaluation of antioxidant efficiency of potato and orange peel and apple pomace extracts in sunflower oil. *Italian Journal of Food Science*, 55-61.