

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.

EFECTO ANTIOXIDANTE DE FRACCIONES PROTEICAS
DE SORBITOL REDUCIR EL SABOR A RECALENTADO
(SRC) EN PRODUCTOS CÁRNICOS"

POR:

LILIANA RODRÍGUEZ BARRERA

TESIS APROBADA POR LA
COORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
DE ORIGEN ANIMAL

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRIA EN CIE

ur

0.

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.

"EFECTO ANTIOXIDANTE DE FRACCIONES PROTEICAS
DE SOYA PARA REDUCIR EL SABOR A RECALENTADO
(SRC) EN PRODUCTOS CÁRNICOS"

POR:

LILIANA RODRÍGUEZ BARRERA

TESIS PRESENTADA POR LA

COORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS DE
ORIGEN ANIMAL

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRIA EN CIENCIAS

HERMOSILLO, SONORA

ENERO DEL 2005

APROBACIÓN

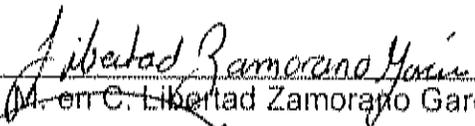
Los miembros del comité designado para revisar la tesis de la I. B. Liliana Rodríguez Barrera, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias.



Dra. E. Aída Peña Ramos
Directora de Tesis



Dra. Belinda Vallejo Galland
Asesor



M. en C. Libertad Zamorano García
Asesor



M. en C. Aarón Fernando González Córdova
Asesor

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se le dé el crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del director del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD).

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión del director o directora de la tesis.



Dr. Alfonso A. Gardea Béjar
Director General

*"Enseñarás a volar,
pero no volarán tu vuelo.*

*Enseñarás a soñar,
pero no soñarán tu sueño.*

*Enseñarás a vivir,
pero no vivirán tu vida.*

*Sin embargo...
en cada vuelo,
en cada vida,
en cada sueño,
perdurará siempre la huella
del camino enseñado."*

Madre Teresa De Calcuta

DEDICATORIA

A Dios, por el maravilloso regalo de la vida y por ser mi guía, mi luz y esperanza en los buenos y malos momentos a lo largo de mi camino.

A mis padres, dedicado con todo mi amor, respeto y admiración. Por apoyarme en mi desarrollo profesional e impulsarme cada día a ser una mejor persona.

A mis hermanas, por llenar mi vida de alegría y satisfacciones. Las quiero hermanitas.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. (CIAD), por la oportunidad de ser una de sus estudiantes del programa de maestría en ciencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo financiero otorgado durante el tiempo para llevar a cabo mis estudios de posgrado.

A la Dra. Alda Peña Ramos por ser una excelente directora de tesis, por su confianza y motivación que me impulsaron a seguir día a día, pero sobre todo por brindarme su amistad y apoyo todo el tiempo. Gracias por ser un ejemplo a seguir.

A los miembros de mi comité de tesis, Dra. Belinda Vallejo Galland, M.C. Libertad Zamorano García y M.C. Aarón Fernando González Córdova por su apoyo y valiosas sugerencias en la realización de este trabajo.

Al laboratorio de productos pesqueros por proporcionarme sus instalaciones para la realización del experimento.

Al laboratorio de productos lácteos, por facilitarme el manejo del cromatógrafo de gases.

Al M.C. Humberto González Ríos por su amistad y apoyo brindado en el análisis estadístico de este trabajo.

A la M.C. Carmen Estrada por sus sugerencias y el gran apoyo otorgado en el laboratorio.

A mis amigos del panel sensorial, gracias por su valiosa aportación y tiempo brindado.

A Martín Valenzuela y Germán Cumplido por su valiosa amistad y sus consejos.

A todos mis compañeros tesistas y prestadores de servicio social de laboratorio de carnes y productos cárnicos.

A mis amigos y compañeros de maestría, gracias por los buenos momentos compartidos.

A mis amigas, casi hermanas Bárbara, Beguito, Ana, Majo, Chayito, Ale, Rachel, Nidita, Lulú y Denise por ser como son y estar conmigo en los buenos y malos momentos. Dios las bendiga.

A Luis Conde y Gerardo de la biblioteca, Ana Isabel y Héctor de docencia y a Don Héctor del servicio de copiado, gracias por la buena disposición mostrada en todo momento.

A todas las personas que están lejos y siempre las llevó presente en todo momento por ser parte importante de mi vida..... mi familia (abuelos, tíos, primos).

GRACIAS!!

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
Oxidación de Lípidos en Carne	3
Mecanismo de oxidación de lípidos.....	4
Descomposición de hidroperóxidos.....	4
Factores que aceleran la oxidación de lípidos.....	7
Composición de ácidos grasos.....	7
Metales de transición.....	8
Temperatura	9
Sabor a Recalentado (SRC).....	9
Mecanismo de SRC	11
Factores que afectan el desarrollo de SRC.....	12
Composición de ácidos grasos.....	12
Temperatura	14
Cocción	15
Reducción de tamaño.....	15
Adición de sal	15
Volátiles involucrados en SRC	16
Métodos para Medir Oxidación de Lípidos y SRC.....	19
Métodos químicos	19
Índice de peróxido	19
Prueba de TBA (ácido tiobarbitúrico).....	19
Métodos cromatográficos	20

Espacio de cabeza	20
Purga y trampa	21
MEFS (microextracción en fase sólida).....	21
Evaluación sensorial	23
Antioxidantes.....	23
Modo de acción de antioxidantes	23
Clasificación de los antioxidantes.....	24
Antioxidantes sintéticos	24
Antioxidantes naturales	25
Proteínas como antioxidantes naturales.....	26
Carnosina	26
Proteína de soya y suero de leche	26
Antioxidantes que disminuyen la oxidación de lípidos en carne.....	28
Antioxidantes que disminuyen el SRC.....	29
HIPÓTESIS	30
OBJETIVO GENERAL	30
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
MATERIALES Y MÉTODOS	31
Reactivos.....	31
Tratamientos Proteicos de Soya	31
Preparación del hidrolizado.....	31
Ultrafiltración	32
Preparación de Muestras	32
Materia prima	32
Preparación de hamburguesas	33
Evaluaciones.....	33
Pérdida de peso por cocción.....	33
Oxidación de lípidos	33

Análisis sensorial.....	36
Selección y entrenamiento de jueces.....	36
Evaluación sensorial.....	37
Extracción de volátiles por MEFS-cromatografía de gases.....	37
Análisis de Resultados.....	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
Pérdida de Peso por Cocción.....	39
Oxidación de Lípidos.....	39
Evaluación Sensorial.....	43
Olor y sabor "fresco".....	43
Olor y sabor "metálico".....	46
Olor y sabor "acartonado".....	48
Olor y sabor "rancio".....	50
Establecimiento de la Técnica de Microextracción en Fase Sólida y Cromatografía de Gases (MEFS-CG).....	52
Análisis de Volátiles Responsables del SRC.....	57
Pentanal.....	57
Hexanal.....	60
Heptanal.....	61
Octanal.....	61
Nonanal.....	63
Compuesto A y B.....	65
Análisis de Correlación.....	67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	74
APÉNDICE 1.....	84
APÉNDICE 2.....	87

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Mecanismo de la oxidación de lípidos.....	5
2	Contenido de ácidos grasos (mg/100g) de músculo de lomo en rebanadas compradas en cuatro supermercados.....	13
3	Concentraciones de los tratamientos antioxidantes utilizados en la elaboración de las hamburguesas.....	34
4	Perdida de peso por cocción (%) de hamburguesas de puerco cocidas en sartén eléctrico (promedio \pm error estándar).....	40
5	Compuestos volátiles causantes de SRC en hamburguesas de puerco, captados con diferentes matrices poliméricas por MEFS. Promedio de áreas bajo la curva \pm desviación estándar, (n=3).....	53
6	Compuestos volátiles causantes de SRC en hamburguesas de puerco, captados con la fibra de CAR-PDMS. Promedio de áreas bajo la curva \pm desviación estándar, (n=4).....	56
7	Coefficientes de correlación (r) entre descriptores de análisis sensorial y volátiles responsables del SRC con TBARS en hamburguesas de puerco cocidas.....	68
8	Coefficientes de correlación (r) entre descriptores de análisis sensorial y volátiles responsables del SRC en hamburguesas de puerco cocidas.....	70

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Oxidación de lípidos en carne de puerco cruda y carne de puerco cocida, almacenada a 4°C.....	10
2	Cinética de oxidación de lípidos (TBARS) de pechuga de pollo, cocida a diferentes temperaturas 60, 70 y 80°C por 30 min, enfriadas y almacenadas a 4°C por 4 días.....	14
3	Descomposición del ácido linoleico para formar hexanal.....	18
4	Reacción de TBA con el Malonaldehído (MA).....	20
5	Esquematización de la metodología de las evaluaciones de las hamburguesas durante el almacenamiento.....	35
6	Comportamiento de los tratamientos antioxidantes sobre la oxidación de lípidos en hamburguesas de puerco durante el almacenamiento (4°C). Promedio \pm error estándar.....	41
7	Evaluación del descriptor "fresco" durante el almacenamiento de hamburguesas de puerco cocidas, olor (a) y sabor (b). Promedio \pm error estándar.....	44
8	Evaluación del descriptor "metálico" durante el almacenamiento de hamburguesas de puerco cocidas, olor (a) y sabor (b). Promedio \pm error estándar.....	47
9	Evaluación del descriptor "acartonado" durante el almacenamiento de hamburguesas de puerco cocidas, olor (a) y sabor (b). Promedio \pm error estándar.....	49

10	Evaluación del descriptor "rancio" durante el almacenamiento de hamburguesas de puerco cocidas, olor (a) y sabor (b). Promedio \pm error estándar.....	51
11	Identificación de estándares de aldehídos de cadena corta.....	55
12	Cromatogramas de compuestos volátiles presentes en hamburguesas de puerco recién cocidas (a) y almacenadas (b) por 7 días.....	58
13	Comportamiento de pentanal (a) y hexanal (b) durante el almacenamiento de hamburguesas cocidas. Promedio \pm error estándar.....	59
14	Comportamiento de heptanal (a) y octanal (b) durante el almacenamiento de hamburguesas cocidas. Promedio \pm error estándar.....	62
15	Comportamiento de nonanal durante el almacenamiento de hamburguesas cocidas. Promedio \pm error estándar.....	64
16	Comportamiento de compuesto A (a) y B (b) durante el almacenamiento de hamburguesas cocidas. Promedio \pm error estándar.....	66

RESUMEN

El desarrollo de sabor a recalentado (SRC) en productos cárnicos es consecuencia de la oxidación de lípidos durante el almacenamiento. Este deterioro genera compuestos volátiles responsables de sabores y olores desagradables en los productos. Existen varios métodos de prevención del SRC entre los que se encuentran los antioxidantes de origen natural. Se ha reportado la efectividad antioxidante de algunas fracciones proteicas de soya en sistemas modelos, sin embargo su potencial para actuar en sistemas cárnicos aun no ha sido evaluado.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad antioxidante de hidrolizados y fracciones peptídicas de soya, para inhibir la formación de compuestos responsables de SRC en hamburguesas de puerco cocidas. Asimismo, comparar su potencial antioxidativo con extracto de romero y BHT.

Los tratamientos antioxidantes proteicos (H: hidrolizado de soya; F1: fracción entre 10-3 kDa y F2: fracción <3kDa) fueron agregados a las hamburguesas al 0.25%, BHT al 0.01 %, y extracto de romero al 0.5%. Se prepararon muestras control sin antioxidante. Las muestras fueron cocidas (registro de pérdidas por cocción) y almacenadas a $0\pm 4^{\circ}\text{C}$ durante 7 días. El desarrollo de SRC durante el almacenamiento se evaluó midiendo los cambios químicos (TBARS: Sustancias Reactivas del Ácido Tiobarbitúrico), sensoriales y la generación de volátiles. Los cambios sensoriales fueron evaluados por medio de un panel de 8 jueces entrenados. La aparición de compuestos volátiles se determinó por cromatografía de gases utilizando microextracción en fase sólida. El diseño estadístico utilizado fue un completo al azar con arreglo factorial, donde el factor A fue el tiempo y el factor B el tratamiento.

No se encontraron diferencias significativas en las pérdidas por cocción por efecto de los tratamientos aplicados. Los tratamientos proteicos mostraron la capacidad de inhibir la formación de TBAHS con respecto al control ($P < 0.05$) durante todo el almacenamiento. Hasta el día 2, F2 fue más efectiva para inhibir TBAHS ($p < 0.05$) comparada con H y F1. Al final del almacenamiento no se encontraron diferencias significativas en la concentración de TBAHS entre los tratamientos proteicos y BHT. Sin embargo, dichos tratamientos, no fueron capaces de disminuir el deterioro sensorial de las muestras, después del primer día. Las fracciones proteicas fueron menos efectivas que el extracto de soya para inhibir la deterioración química y sensorial de las muestras. Los tratamientos F1 y F2 inhibieron la formación de hexanal, heptanal, F2 impidió hasta el tercer día la formación de octanal, nonanal, compuestos A y B. Se observaron correlaciones significativas de hexanal, compuesto B y descriptores de SHC con TBAHS. Los resultados del presente estudio permiten concluir que las fracciones proteicas de la soya tienen la capacidad de disminuir la formación de los compuestos volátiles responsables del sabor a ranciado.

INTRODUCCIÓN

Una de las principales causas de deterioro del sabor en los productos cárnicos es la oxidación de lípidos. Además, dicha oxidación conduce a la pérdida de propiedades funcionales (textura), nutricias (pérdida de ácidos grasos poliinsaturados esenciales, vitaminas y pigmentos solubles en grasa) y formación de compuestos tóxicos (Xiong y Decker, 1995; Yen et al., 1999; Formanek et al., 2001). El deterioro del sabor que sufre la carne cocida durante el almacenamiento que se describe como "rancidez", "sabor añejo" y "sabor a recalentado (SRC)", está directamente asociado con la oxidación de lípidos. Este deterioro da como resultado una degradación del producto y reducción de la vida de anaquel. El desarrollo de SRC se ha atribuido a la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados, presentes en la fracción fosfolipídica. El hierro que es liberado del grupo heme, por efecto del tratamiento térmico, puede actuar como un importante catalizador de la reacción de oxidación (Byrne et al., 2002).

Con el rápido incremento en el consumo de productos cárnicos precocidos, el control de los procesos oxidativos que producen el SRC se ha vuelto muy importante. Una de las soluciones para disminuir la oxidación de lípidos y el SRC, es el uso de antioxidantes. Antioxidantes sintéticos como el propil galato (PG), butil hidroxitolueno (BHT), butil hidroxianisol (BHA) y terbutil hidroxiquinona (TBHQ) han sido utilizados ampliamente para retardar la oxidación de lípidos y el SRC (Ladikos y Lougovois, 1990; St. Angelo et al., 1990). Sin embargo, actualmente existe una preferencia marcada por parte de los consumidores por la implementación de antioxidantes de origen natural como aditivos en los alimentos.

El tocoferol, la vitamina C y diversos compuestos fenólicos de extractos de plantas y especias han demostrado que pueden disminuir la oxidación de lípidos en carne cocida tan efectivamente, o más que los antioxidantes sintéticos (Abd-El-Alim et al., 1999; Sahoo y Verma, 1999; Mansour y Khalil, 2000; Karpinska et al., 2001; McCarthy et al., 2001a,b; Tang et al., 2001).

Las proteínas y péptidos, han sido estudiadas como una fuente alternativa de antioxidantes de origen natural. Las proteínas tales como la de suero de leche, soya y la carnosina han mostrado que pueden actuar como antioxidantes al inhibir la oxidación de lípidos en carne cocida (McCarthy et al., 2001a; Wu y Brewer, 1994; Peña-Ramos y Xiong, 2003). Además, se ha reportado que en sistemas modelos las propiedades antioxidantes de la proteína de suero de leche y soya pueden ser incrementadas por la hidrólisis y el subsiguiente fraccionamiento por tamaño (Chen et al., 1995; Colbert y Decker, 1991; Peña-Ramos y Xiong, 2001; Peña-Ramos y Xiong, 2002; Peña-Ramos, et al., 2004; Jiménez-Ruiz, 2004 en prensa). Sin embargo, el potencial de estas fracciones para retardar la oxidación en productos cárnicos cocidos, y así mismo el SRC, aun no ha sido evaluado.

ANTECEDENTES

Oxidación de Lípidos en Carne

Los lípidos son constituyentes importantes de muchos alimentos. Son un grupo de biomoléculas orgánicas formadas básicamente por carbono, hidrógeno y oxígeno, además pueden contener fósforo, nitrógeno y azufre. Estas moléculas se clasifican de acuerdo a su función en lípidos de reserva (triglicéridos), lípidos de membrana (fosfolípidos, glicolípidos), y lípidos con actividad biológica específica (vitaminas, hormonas esteroideas, eicosanoides) (Stryer, 1995).

Todos los lípidos están compuestos por ácidos grasos saturados e insaturados. La composición de ácidos grasos determina las propiedades físicas, estabilidad y valor nutricional de los lípidos. Las variaciones en la composición de ácidos grasos en los lípidos de plantas y animales, permiten determinar el origen de los mismos (Sikorski y Kolakowska, 2003).

Los ácidos grasos son susceptibles a degradarse por medio de un proceso de oxidación autocatalítico (Xiong y Decker, 1995), y esta susceptibilidad está en función del grado de insaturación. Cuanto más insaturado es el ácido graso más fácilmente se oxida. Los ácidos grasos saturados también se oxidan, sin embargo esto ocurre de forma más lenta (Nawar, 1996).

Cuando la rancidez se presenta en un alimento, ocurren reacciones entre los compuestos formados por la oxidación con otros del propio alimento (proteínas, aminoácidos, vitaminas), lo que provoca la disminución del valor nutritivo del mismo (Ladikos y Lougovois, 1990).

La carne y sus productos son particularmente susceptibles a la oxidación. El mecanismo involucra la peroxidación de los ácidos grasos insaturados y con mayor frecuencia los que están presentes en los fosfolípidos. Los fosfolípidos son parte integral de las membranas de ahí que, la oxidación de los lípidos en el músculo puede iniciarse precisamente a nivel membrana lipídica (Badui, 1997; Decker y Xu, 1998). El tejido muscular contiene de 0.5 a 1% de fosfolípidos (fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina, fosfatidilserina, fosfatidilinositol).

La estabilidad oxidativa del músculo depende del balance entre antioxidantes endógenos, tales como α -tocoferol y algunos carotenoides, sistemas antioxidantes (tales como glutatión peroxidasa) y prooxidantes incluyendo el contenido de hierro libre en el músculo y la cantidad de sustratos prooxidantes (tales como ácidos grasos poliinsaturados) (Yang et al., 2002).

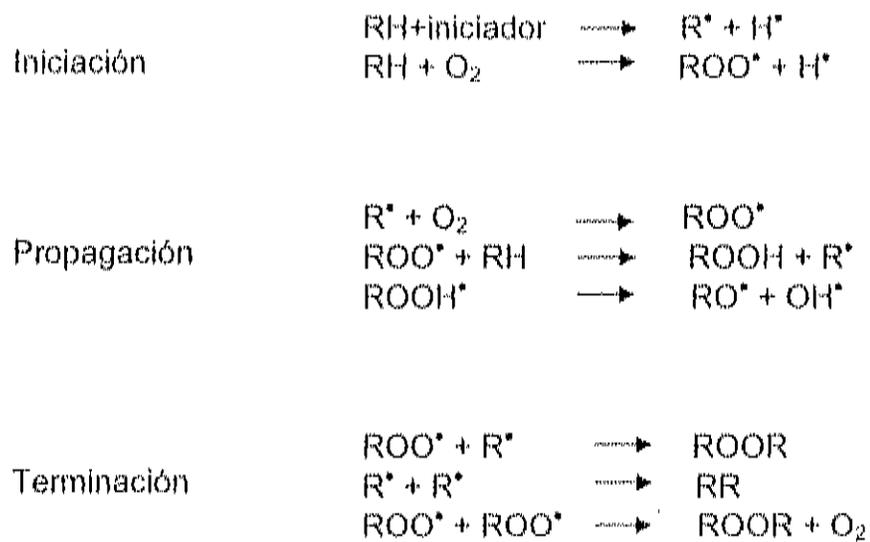
Mecanismo de oxidación de lípidos

El mecanismo que involucra la oxidación de lípidos, se divide en tres etapas (iniciación, propagación y terminación) (Cuadro 1). La fase de iniciación involucra la abstracción de una molécula de hidrógeno en presencia de ciertos catalizadores, con la consecuente formación de radicales libres. En la etapa de propagación, los radicales libres formados reaccionan con el oxígeno para formar un radical peróxido de lípido, el cual también puede reaccionar después con otra molécula lipídica para formar hidroperóxidos (Nawar, 1996).

Descomposición de hidroperóxidos

Los hidroperóxidos fácilmente se descomponen en compuestos de menor peso molecular (aldehídos, cetonas y alcoholes) que pueden ser volátiles o no volátiles. Estos compuestos son los responsables de los sabores y olores

Cuadro 1. Mecanismo de la oxidación de lípidos.



RH lípido insaturado, R[•] radical libre, ROO[•] radical peróxido, ROOH radical hidroperóxido.

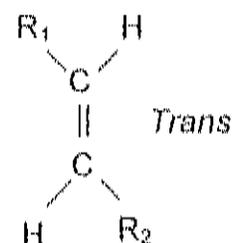
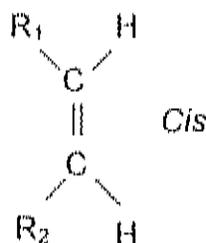
Fuente: (Nawar, 1996).

produce un radical hidrocarbónico y un compuesto oxo-alquil. Al mismo tiempo, la reacción de un radical alquil e hidrocarbónico con radicales hidroxí pueden producir un alcohol. La formación de aldehídos se lleva a cabo por la reacción del radical alquil con el oxígeno para producir primeramente hidroperóxidos, los cuales se descomponen para producir aldehídos vía radical alcoxi (Ladikos y Lougovois, 1990; Min y Lee, 1999; Peña-Ramos, 2001).

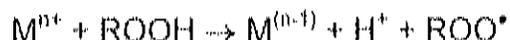
Factores que aceleran la oxidación de lípidos

Existen numerosos factores que pueden influenciar la velocidad de la oxidación de lípidos en alimentos. Factores intrínsecos como la composición de ácidos grasos y el contenido de metales de transición en el alimento; y factores extrínsecos como la temperatura de almacenamiento y la atmósfera que rodea al producto.

Composición de ácidos grasos. El número, posición y geometría de los dobles enlaces afecta la velocidad de oxidación. La velocidad aumenta a medida que aumenta el número de dobles enlaces presentes en los ácidos grasos. Tomando como base al ácido oleico (C18:1n-9), los ácidos linoleico (C18:2n-6), linolénico (C18:3n-3) y araquidónico (20:4n-6), se oxidan 10:20:40 (respectivamente) más rápido que el oleico. La posición *Cis* o *Trans* que presentan los ácidos grasos también tiene influencia sobre la velocidad de oxidación. Los ácidos que presentan posición *Cis* se oxidan más rápido que los que presentan posición *Trans* (Nawar, 1996; Yang et al., 2002).

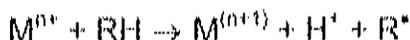


Metales de transición. Complejos de metales de transición tales como: cobalto, cobre, hierro, manganeso y níquel actúan como pro-oxidantes acelerando la oxidación de lípidos en carne. Principalmente aquellos metales que poseen dos o más estados de valencia y un potencial de oxidación-reducción adecuado. Se cree que la acción pro-oxidante de los metales se lleva a cabo principalmente con la descomposición de hidroperóxidos:

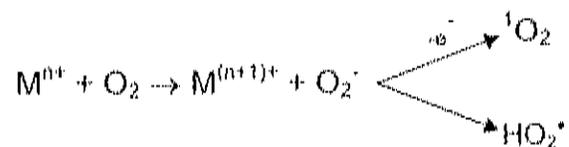


Sin embargo, también se han propuesto otros mecanismos:

Reaccionando directamente con el sustrato (lípidos intactos, RH):



O bien, activando el oxígeno molecular produciendo radicales peróxido y especies reactivas de oxígeno:



El estado del metal como la cantidad presente en el alimento son factores importantes para que se lleve a cabo su efecto pro-oxidante. Por ejemplo, el ión ferroso (Fe^{+2}) es más efectivo para promover la oxidación que el ión férrico (Fe^{+3}).

El hierro hémico también puede ser factor importante para la inducción de la oxidación lipídica. A diferencia del hierro en estado libre, el hierro "heme", parece ser más activo como catalizador del deterioro oxidativo cuando se

encuentra en su estado férrico (Ladikos y Lougovois, 1990; Nawar, 1996; Yen et al., 1999; Yanishlieva, 2001)

Temperatura. El índice de oxidación incrementa conforme la temperatura va aumentando, este aumento de temperatura tiene efecto sobre cada una de las etapas del proceso oxidativo. De manera contraria, las temperaturas bajas también pueden llegar a promover el deterioro oxidativo. Cuando un alimento se somete a temperaturas de congelación, se incrementa el oxígeno disuelto, promoviendo la oxidación (Nawar, 1996; Monahan, 2000; Yanishlieva, 2001).

Sabor a Recalentado (SRC)

La carne para su consumo generalmente es sometida a un proceso de cocción. Durante la cocción de la carne se liberan componentes volátiles que contribuyen al sabor y aroma característicos de la carne cocida. Estos componentes volátiles son derivados de precursores tanto solubles en agua como en lípidos. Dentro de los precursores del sabor se encuentran los azúcares, nucleótidos enlazados a azúcares, aminoácidos, péptidos, nucleótidos y otros componentes nitrogenados. Sin embargo, durante el almacenamiento en refrigeración, la carne cocida desarrolla en cuestión de horas, compuestos volátiles causantes de olores y sabores desagradables. Estos olores y sabores son especialmente evidentes después del recalentamiento. Este fenómeno es denominado como sabor a recalentado (SRC) (Tims y Watts, 1958).

La oxidación en carne fresca, dependiendo de la especie animal, generalmente se presenta después de una semana de almacenamiento, en cambio cuando la carne es sometida a un proceso térmico, la oxidación de la carne se hace evidente dentro de las primeras 48 horas de almacenamiento en

refrigeración (Vara-Ubol y Bowers, 2002; Kerler y Grosch, 1996; Ladikos y Lougovois, 1990; Gross et al., 1986). Lo anterior queda demostrado con el estudio realizado por Monahan (2000), donde evaluaron la concentración de malonaldehído (producto secundario de la oxidación de lípidos) en carne de puerco cruda y cocida durante el almacenamiento. En la Figura 1 se muestra el incremento en la concentración de TBARS (sustancias reactivas con el ácido tiobarbiturico) que muestra la carne cocida desde el inicio del almacenamiento, a diferencia de la carne cruda que va aumentando lentamente.

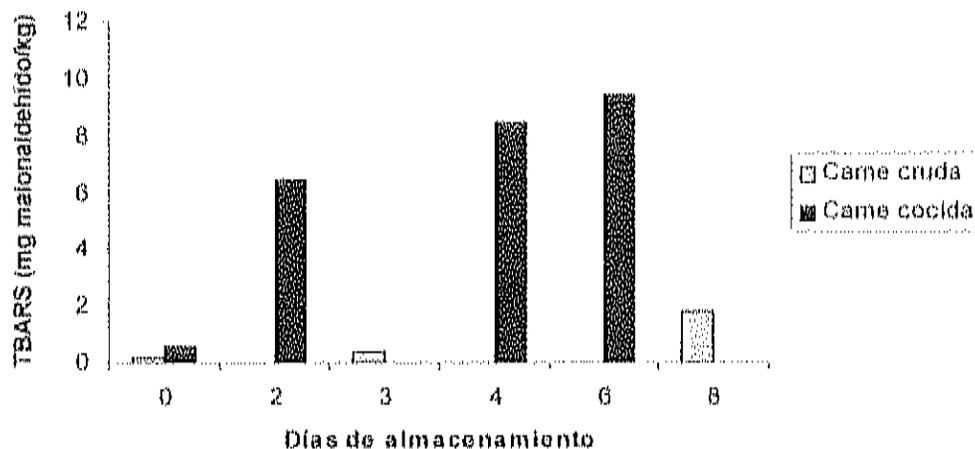


Figura 1. Oxidación de lípidos en carne de puerco cruda y carne de puerco cocida, almacenada a 4°C, (Monahan, 2000).

Estudios señalan que la oxidación de los fosfolípidos son los responsables del sabor a rancio o SRC en carnes sometidas a cocción (Xiong et al., 1999; Sahoo y Verma, 1999; Wilson et al., 1976). Durante el desarrollo de SRC hay una pérdida en las características del aroma a carne fresca y simultáneamente un incremento en el aroma "acartonado" dentro de los primeros tres días de almacenamiento (4°C). Este aroma indeseable es

gradualmente reemplazado por un aroma "oxidado/rancio/pintura", y desarrollo de sabores ácidos (Mielche y Bertelsen, 1994).

Mecanismo de SRC

El mecanismo preciso que involucra la formación de SRC no ha sido resuelto (Xiong et al., 1999). Sin embargo cabe aclarar que el mecanismo de formación de SRC es distinto a la oxidación de lípidos en carne cruda, debido principalmente al rápido desarrollo de los compuestos responsables del sabor y olor a oxidado. Las moléculas que confieren el aroma y sabor en ambos procesos (oxidación en carne cruda y SRC) son las mismas, pero su intensidad y concentración pueden ser muy diferentes (St. Angelo, 1996).

Se considera que el SRC puede ser causado por un mecanismo catalítico que involucra al hierro que actúa sobre la membrana de fosfolípidos. Aunado al hierro, el tratamiento térmico es uno de los factores más importantes para que se presente el SRC. Existen algunas hipótesis que explican como el tratamiento térmico causa alteraciones químicas y físicas en la carne, las cuales resultan en la aceleración de las reacciones oxidativas. Estas hipótesis incluyen: (1) incremento en las concentraciones de hierro prooxidante causado por el calor provocado para liberar el hierro enlazado a la proteína; (2) incremento en la generación de peróxidos de hidrógeno y metamioglobina conduciendo a la formación de prooxidantes, peróxido de hidrógeno-metamioglobina activada; y (3) disrupción de las membranas del músculo inducida por el calor, dando por resultado la oxidación de lípidos catalizada por sistemas endógenos sobre los ácidos grasos insaturados (Mei et al., 1994).

Existe controversia con relación al mecanismo de SRC el cual ha sido atribuido a la presencia de hierro no heme y hierro-heme (Ladikos y Lougovois, 1990). Nielsen et al. (1997) relacionaron el SRC con el contenido de mioglobina

presente en la carne. Sin embargo, también pudieron generar compuestos volátiles provenientes de SRC en sistemas modelos catalizados por hierro no heme.

Factores que afectan el desarrollo de SRC

Los factores que afectan el desarrollo de SRC y por consiguiente la formación de compuestos volátiles, son los mismos que aceleran la oxidación de lípidos. Aunado a estos, el tipo de cocción y la adición de sal juegan un rol muy importante en la generación del SRC.

Composición de ácidos grasos. Las carnes que presentan un contenido elevado de ácidos grasos poliinsaturados, son las más susceptibles a la oxidación y al desarrollo de SRC. Debido a su contenido de ácidos grasos insaturados (Cuadro 2), la susceptibilidad a presentar SRC en orden descendente puerco, res y cordero (Cross et al., 1987; Xiong et al., 1999). Así mismo, basado en su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados el pescado y pollo son aun más susceptibles que la carne de puerco.

El grado de insaturaciones de los lípidos del músculo puede estar influenciado por la dieta que se le proporcione al animal (Sahho y Verma, 1999). En un estudio realizado por Yang et al (2002), se evaluó el SRC y la estabilidad de lípidos en carne proveniente de bovinos alimentados con pastura y otros con granos. La carne proveniente de los bovinos alimentados con pastura contenía más α -tocoferol que los alimentados con granos suplementados con vitamina E. La carne proveniente de bovinos alimentados con pastura fue menos propensa a la oxidación y al desarrollo de SRC.

Cuadro 2. Contenido de ácidos grasos (mg/100g) de músculo de lomo en rebanadas compradas en cuatro supermercados.

Ácido Graso	Res	Cordero	Puerco
12:0 (Laurico)	2.9	13.8	2.6
14:0 (Mirístico)	103	155	30
16:0 (Palmítico)	962	1101	526
18:0 (Estearico)	507	898	278
18:1 (Trans)	104	231	-
18:1 (Oleico)	1395	1625	759
18:2 n-6 (Linoleico)	89	125	302
18:3 n-3 (α -Linolenico)	26	66	21
20:3 n-6 (Linolénico)	7	2	7
20:4 n-6 (Araquidónico)	22	29	46
20:5 n-3 (Eicosopentanoico)	10	21	6
22:5 n-3 (Docosopentanoico)	16	24	13
22:6 n-3 (Docosohexanoico)	2	7	8
Total	3835	4934	2255

Fuente: Decker et al., 2000

Temperatura. Las temperaturas que se utilizan durante el proceso de cocción de la carne puede causar la inactivación de enzimas antioxidantes endógenas. Además, causa la liberación del oxígeno y hierro facilitando que pueden actuar como catalizadores de la degradación oxidativa de lípidos, produciéndose de esta manera la formación de compuestos volátiles (Kanner, 1994).

La velocidad de oxidación en carnes tratadas térmicamente está relacionada con la intensidad de temperatura usada. La Figura 2 explica como un aumento en la temperatura de cocción de 60 a 80 °C aumenta 6 veces la concentración de TBARS en pechuga de pollo (Decker et al., 2000). La concentración de TBARS se ha correlacionado con la aparición del SRC.

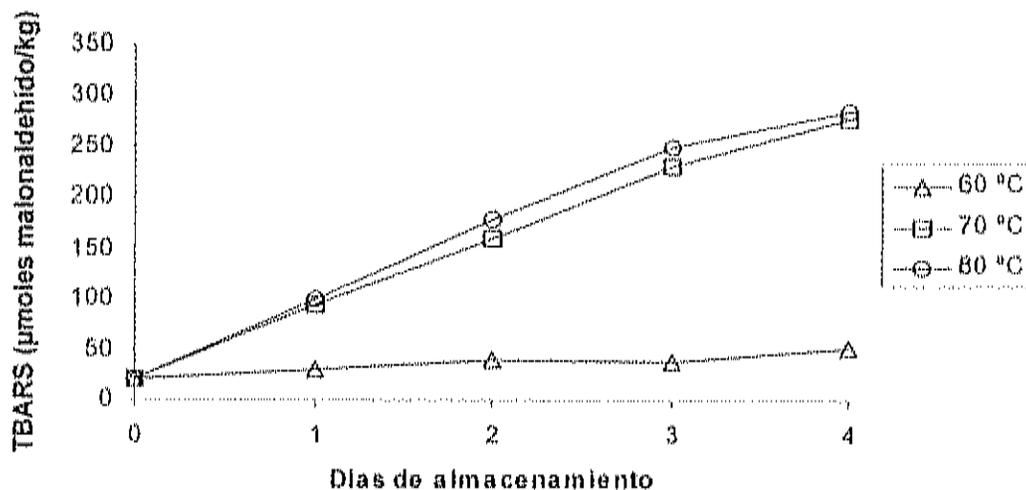


Figura 2. Cinética de oxidación de lípidos (TBARS) de pechuga de pollo, cocida a diferentes temperaturas 60, 70 y 80°C por 30 min, enfriadas y almacenadas a 4°C por 4 días.

Sin embargo, se ha reportado que cuando se emplean temperaturas que exceden los 100°C, los aminoácidos de las proteínas en presencia de grupos reductores, pueden formar productos de Reacción de Maillard (PRM), los cuales

son capaces de inhibir la formación de sustancias aldehídicas (Huang y Greene, 1978). No obstante, es importante mencionar que el empleo de temperaturas tan elevadas puede causar cambios de color y apariencia asociados con calentamiento excesivo.

Byrne et al., (2002) evaluaron el efecto del horneado probando diferentes temperaturas (160, 170, 180 y 190 °C) en el desarrollo de SRC en carne de pollo. En este estudio se encontró que al incrementar la temperatura de cocción se originaban compuestos derivados de la reacción de Maillard, sin embargo estos no inhibieron el desarrollo de SRC en las hamburguesas de pollo.

Cocción. Numerosos estudios mencionan que el método de cocción puede influenciar el desarrollo de SRC en carne (Gross et al., 1986; Mielche y Bertelsen, 1994; Sahho y Verma, 1999; Byrne et al., 2002). La prueba de TBARS y evaluación sensorial se utilizó para evaluar el efecto de tres tipos de cocción: microondas, una combinación de microondas/convección y a la parrilla, en el desarrollo del SRC en hamburguesas de res. El panel sensorial utilizado dictaminó que el método de asado a la parrilla fue el que menos presentó SRC en las hamburguesas refrigeradas (Gross et al., 1986). Mielche y Bertelsen (1994), coinciden en que el desarrollo de malos sabores o SRC, se lleva a cabo de manera más rápida durante la cocción en microondas que durante el asado a la parrilla.

Reducción de tamaño. La carne cruda que ha sido molida o otros procesos (cortado, picado, reestructurado) que involucran el rompimiento de las membranas del músculo aumentan el desarrollo de SRC, debido a que hay una mayor exposición de los lípidos con el oxígeno, causando de esta manera una aceleración de la rancidez oxidativa (Love, 1988; Ladikos y Lougovois, 1990; St. Angelo, 1996).

Adición de sal. La adición de sal por razones de acentuación de sabor y funcionalidad es utilizada en muchos productos procesados. La adición de sal

ha demostrado tener un efecto pro-oxidante en hamburguesas de puerco (Buckley et al., 1989). De la misma manera se ha reportado que la sal induce la rancidez en productos de puerco curados y en carne de res cruda y cocida (Ladikos y Lougovois, 1990). Sin embargo, el efecto catalítico de la adición de sal, no ha sido totalmente definido. Estudios muestran que la sal puede estimular la oxidación de lípidos a través de la activación del hierro en el músculo, mientras que los iones sodio pueden actuar para desplazar al hierro de la mioglobina, creando hierro libre, el cual puede catalizar la oxidación de lípidos (Pokorny et al., 2001).

Volátiles involucrados en SRC

Los peróxidos de lípidos, productos primarios de la oxidación de lípidos, son incoloros, insaboros e inoloros, pero la descomposición de estos producen volátiles con distintivo olor y sabor anómalo. Los tipos de compuestos volátiles producidos por la oxidación de los lípidos, están influenciados por la composición de los hidroperóxidos y el tipo de rompimiento en los dobles enlaces de los ácidos grasos. Una variedad de compuestos como hidrocarburos, alcoholes, furanos, aldehídos, cetonas y ácidos son formados durante la oxidación (Moltram, 1998; Min y Lee, 1999). Algunos de estos compuestos son responsables de sabores a oxidado. La intensidad de los malos olores y sabores que causan estos compuestos en el alimento dependen de la interacción, concentración, valores de umbral (análisis sensorial), y sistema alimentario (Min y Lee., 1999; Decker et al., 2000).

Los aldehídos son los compuestos que principalmente se forman durante la oxidación de lípidos, los cuales se detectan muy fácilmente por el olfato (Nawar, 1996; Moltram, 1998). Aldehídos saturados e insaturados con 6-10 carbonos, son el mayor componente de volátiles en carnes tratadas

térmicamente y oxidadas, por lo tanto, juegan un papel importante en el aroma de la carne que presenta SRC (Mottram, 1998).

Diversos estudios señalan al hexanal como el principal aldehído responsable en el deterioro de sabor de productos cárnicos. El hexanal es formado por la degradación térmica de los hidroperóxidos que resultan de la oxidación del ácido linoleico (C18:2n-6) y araquidónico (20:4n-6) (Yang et al., 2002; Kerler y Grosch, 1996; St Angelo et al., 1988). En la Figura 3 se muestra el mecanismo de formación de hexanal a partir de la degradación de ácido linoleico. Se inicia con la abstracción de un átomo de hidrógeno (H) en el carbono 11 o 13 para formar el radical linoleil. Posteriormente el radical linoleil reacciona con el oxígeno para formar un radical peróxido. El siguiente paso es la formación de 13-hidroperóxido y el subsiguiente rompimiento del enlace oxígeno-oxígeno del hidroperóxido, para dar lugar a un radical alcoxi. El último paso es el rompimiento del enlace carbono-carbono en el sitio del átomo de carbono que contiene oxígeno, dando como resultado la formación de hexanal y un radical alquil.

Numerosos estudios han evaluado la presencia de hexanal como un indicador responsable de SRC en carnes de res, pavo, pollo y puerco (Kerler y Grosch, 1996; Nielsen et al., 1997; Brunton et al., 2000; Yang et al., 2002; Beltrán et al., 2003).

St Angelo et al. (1987) observaron un incremento de hexanal en carne de res después de la primera hora de haber sido cocida. Además, se observó el incremento de otros compuestos, tales como propanal, 2,3- octanediona, pentanal, nonanal y 2-pentilfurano, los cuales se pueden utilizar como excelentes marcadores en el seguimiento del SRC.

En carne de puerco cocida que presenta SRC se encontró una variedad de compuestos volátiles. Hexanal fue el compuesto encontrado en mayor concentración. Otros compuestos volátiles de la oxidación del ácido graso n-3

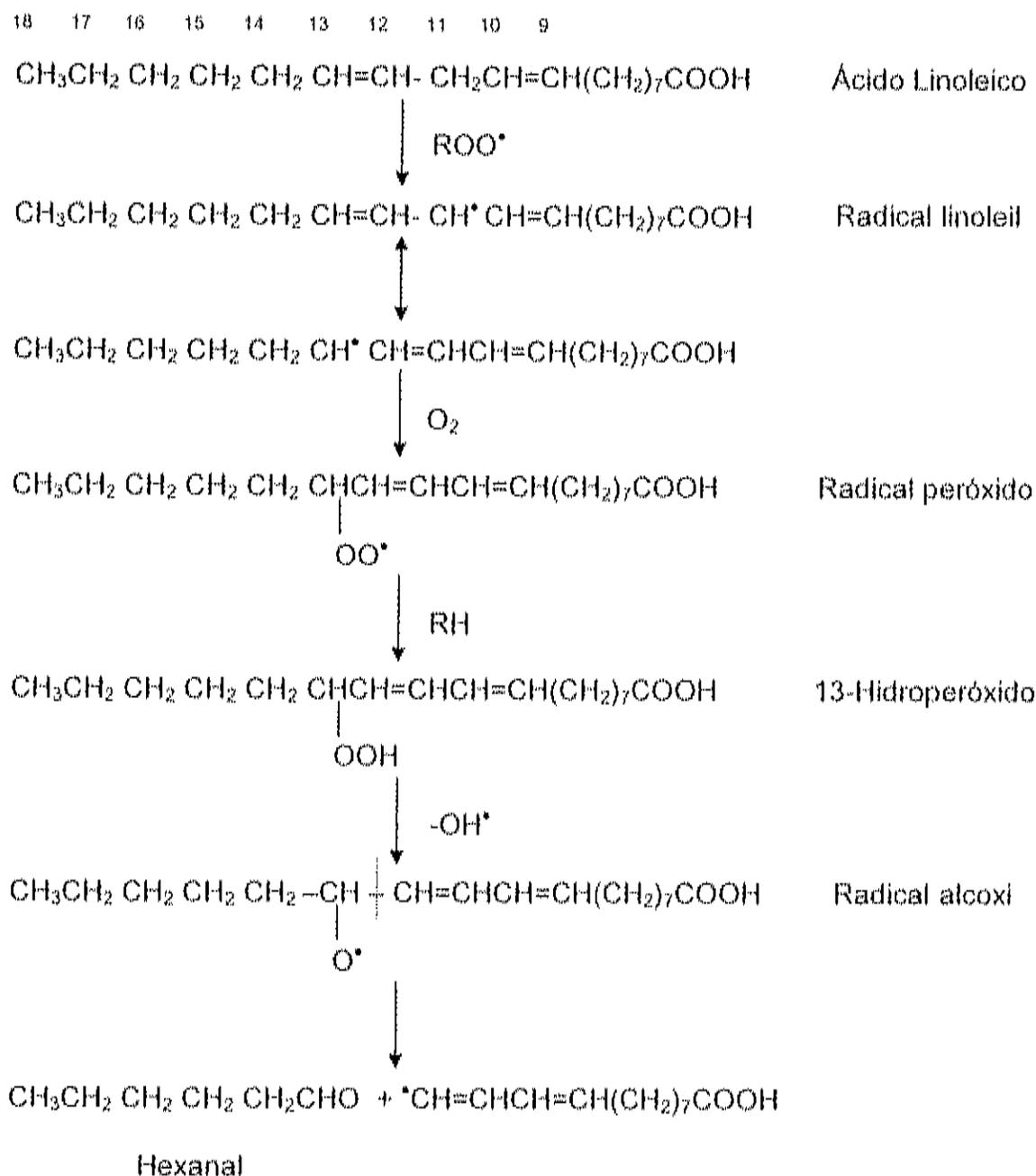


Figura 3. Descomposición del ácido linoleico para formar hexanal, Pokorny et al., 2001.

encontrados en menor cantidad fueron 2,4-heptadienal, 2-pentanal, 2-hexanal y nonanal. En niveles bajos se encontraron compuestos de degradación del ácido oleico (Meynier et al., 1998).

Otros estudios han evaluado la producción de volátiles y oxidación de lípidos en productos cárnicos de puerco irradiados, tales como hamburguesas y salchichas. Los compuestos volátiles encontrados en salchichas ahumadas en mayor proporción fueron 2-metilpentanal, trimetilhexano y hexanal. En hamburguesas se encontró que el hexanal fue el compuesto volátil más representativo de las hamburguesas oxidadas. Estos estudios concluyen que el aumento del total de volátiles y el contenido de hexanal, pueden ser un criterio para determinar el estado de la oxidación de lípidos en carnes cocidas (Ahn et al., 1998; Ahn y Olson, 2003).

Métodos para Medir Oxidación de Lípidos y SRC

Métodos químicos

Índice de Peróxido. Es un método químico comúnmente utilizado para medir la oxidación de lípidos en alimentos. Los peróxidos son los productos primarios formados durante la oxidación. Este método se basa en la capacidad de los peróxidos, de oxidar el ion yoduro del KI (ioduro de potasio) y producir yodo que se valora con una solución de tiosulfato de sodio; también se puede emplear óxido ferroso y cuantificar el ion férrico formado. El índice de peróxido es comúnmente expresado en miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de grasa (Woyewoda et al., 1986).

Prueba de TBA (ácido tiobarbitúrico). Cuantifica los productos de degradación secundaria de la oxidación de lípidos que contienen grupos dialdehídos, como el malonaldehído (MA). Estos compuestos al reaccionar con el TBA produce un

pigmento rojo (Figura 4). La intensidad del color se mide a 532nm y es proporcional a la concentración de MA presente. La cuantificación de TBA es considerada un buen indicador del grado de deterioro oxidativo sobre las características organolépticas de la carne (Crackel et al., 1988). Así mismo, se ha reportado que correlaciona de manera significativa con el desarrollo de SRC (Decker et al., 2000).

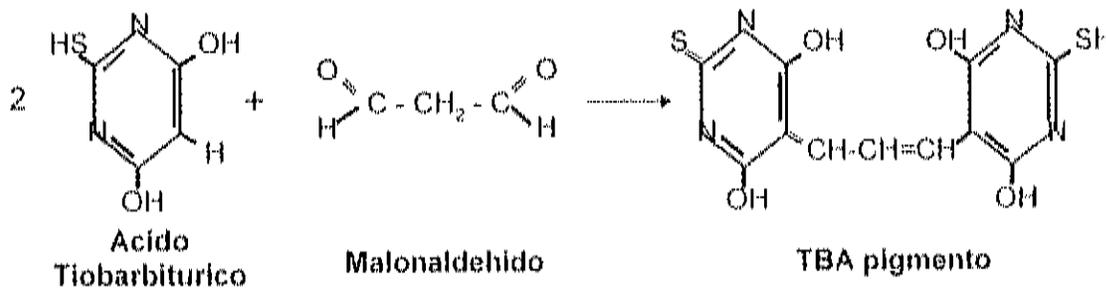


Figura 4. Reacción de TBA con el Malonaldehido (MA), Pokorny et al., 2001.

Los valores de TBA generalmente se utilizan para medir el grado de oxidación de lípidos en carne, sin embargo se ha encontrado que existe una correlación significativa entre los valores de TBA y la formación de sabores desagradables en carnes cocidas. Por lo tanto este indicador puede ser utilizado para predecir la aparición de SRC (Igene et al., 1985; Poste et al., 1986).

Métodos cromatográficos

Espacio de cabeza. Esta técnica consiste en realizar una inyección directa en un cromatógrafo de gases de los volátiles que se encuentran en el espacio de cabeza por encima de la muestra (colocada en un vial sellado). Una de las principales ventajas del muestreo del espacio de cabeza es que representa de

una manera directa el sabor/olor de un alimento, sin embargo su principal desventaja es la falta de sensibilidad del método. La cantidad de espacio libre que se puede inyectar sobre la columna es restringida, especialmente para columnas capilares. En caso de volúmenes grandes tienen como resultado, una resolución pobre y malos cromatogramas (Prior y Löliger, 1999).

Purga y trampa. En esta técnica los volátiles son purgados de la muestra, por una corriente del gas inerte (helio o nitrógeno) y atrapados en un cartucho (Tenax o Chromasorb). Los volátiles son desorbidos de la trampa por calentamiento rápido y son analizados por cromatografía de gases.

La ventaja principal de la purga y trampa, es que los volátiles concentrados en grandes cantidades aumentan la sensibilidad, especialmente para el análisis de trazas. Las desventajas incluyen el rompimiento de los compuestos mas volátiles, alteración o destrucción de compuestos durante la desorción térmica, baja recuperación de los compuestos de punto de ebullición alto y transferencia de agua a la columna analítica (especialmente alimentos de humedad alta) (Prior y Löliger, 1999).

MEFS (Microextracción en Fase Sólida). Recientemente la técnica de MEFS, también conocida por sus siglas en inglés como "SPME" (Solid Phase Microextraction), fue introducida como una alternativa dentro de las técnicas de análisis de muestreo de espacio de cabeza. Esta técnica fue desarrollada por Arthur y Pawliszyn en 1990, es rápida, sensitiva y libre de solvente. Además puede extraer volátiles responsables de los sabores, a partir de matrices gaseosas, sólidas o líquidas (Brunton et al., 2000).

La MEFS consiste en poner en contacto la muestra con una fibra de sílice fundida recubierta con un material adsorbente. Posteriormente se analiza por cromatografía de gases desorbiendo la fibra y los analitos dentro del inyector (Chin et al., 1996; Pokorny et al., 2001).

Un parámetro muy importante a establecer para el empleo de esta técnica es el tipo de fibra que se va a utilizar. Para esto, se deben considerar dos factores: la polaridad del analito y la volatilidad y tamaño del analito. Dichas fibras están provistas de un polímero afín a los compuestos volátiles a captar. Dentro de las fibras que actualmente se comercializan se encuentran la de polidimetilxilosano (PDMS) con espesores de 100, 30 y 7 μm , poliacrilato 85 μm (PA), polidimetilxilosano-divinilbenceno 65 μm (PDMS-DVB), caboxen-polidimetilxilosano 75 μm (CAR-PDMS), carbowax- divinilbenceno 65 μm (CW-DVB) y divinilbenceno-carboxen-polidimetilxilosano (DVB-CAR-PDMS) (González-Córdova, 1999; Roberts et al., 2000).

La MEFS ha sido utilizada en el área de alimentos, tales como la química de sabores (Vichi et al, 2002), determinación de pesticidas en vino, monitoreo de volátiles en manzana (Jelen et al., 1998), análisis de compuestos volátiles de queso (Chin et al., 1996), volátiles derivados de la rancidez de leche pasteurizada (González-Córdova, 1999), determinación de volátiles de café (Roberts et al., 2000).

Dentro de los trabajos que han usado la MEFS para examinar los constituyentes volátiles en carnes cocidas, se encuentra el de Brunton et al. (2000), donde se compararon tres tipos de fibras (CAR-PDMS, PDMS-DVB y CW-DVB), con espesores de 75, 65 y 65 μm para medir hexanal y pentanal en carne de pavo cocida. En otro estudio Elmore et al. (2000a), analizaron los compuestos volátiles para carne de puerco cocida en agua, se analizó con dos fibras (CAR-PDMS y DVB-CAR-PDMS) por MEFS y caracterizada por cromatografía de gases-espectrometría de masas (CG-SM). Este proceso dio como resultado un perfil de aroma más completo que al analizar las fibras por separado.

Evaluación sensorial

Se recomienda, generalmente, que los valores arrojados por métodos químicos y analíticos sean correlacionados con datos de evaluaciones sensoriales. Esta prueba de sabor es usualmente conducida por jueces entrenados o semientrenados, usando un procedimiento altamente específico (Nawar, 1996).

Existen numerosos trabajos donde se han evaluado diversos descriptores para describir el SRC en diferentes tipos de especies cárnicas (Love, 1988; St Angelo et al., 1990; Mielche y Bertelsen, 1994; Kerler y Grosch, 1996; Byrne et al., 2002;). Muchos de estos estudios coinciden con descriptores como: metálico, acartonado, rancio, painty, los cuales son formados durante el almacenamiento de la carne sometida a cocción.

Antioxidantes

Los antioxidantes son sustancias que en cantidades significativamente pequeñas pueden retardar o disminuir la velocidad de oxidación (Allen y Hamilton, 1999; Nawar, 1996; Adegoke et al., 1998).

Un antioxidante ideal debe cumplir con los siguientes requerimientos: que sea seguro, no impartan olor, sabor y color, efectivos a bajas concentraciones, fáciles de incorporar a los alimentos, resistan el proceso de cocción como el freído y que tengan un bajo costo (Allen y Hamilton, 1999).

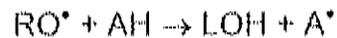
Modo de acción de antioxidantes

Los antioxidantes pueden intervenir en diferentes etapas del proceso de oxidación, dependiendo de su modo de acción o según sea su función en la producción de alimentos (Frankel, 1996a; Adegoke et al., 1998).

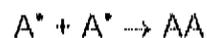
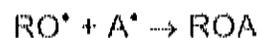
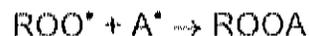
De acuerdo a su modo de acción, son considerados antioxidantes primarios (AH) aquellos que son capaces de donar un átomo de hidrógeno a un radical libre, convirtiéndolo en un producto estable:



Además, este tipo de antioxidantes pueden reaccionar con radicales peróxidos para detener la reacción en cadena de la oxidación lipídica y la descomposición de hidroperóxidos:



Los radicales formados por el antioxidante (A^{\bullet}) durante las etapas anteriores pueden reaccionar con otros radicales, para formar compuestos no radicales:



Por otra parte, existen compuestos antioxidantes que reducen la velocidad de oxidación secuestrando iones metálicos, reduciendo el oxígeno o regenerando al antioxidante oxidado. Estos son denominados antioxidantes secundarios o sinergistas (Nawar, 1996).

Clasificación de los antioxidantes

Antioxidantes sintéticos. Algunos de los antioxidantes más usados son los compuestos fenólicos, tales como, butil hidroxianisol (BHA), butil hidroxitolueno

(BHT), terbutil hidroxiquinona (TBHQ), y ésteres de ácido gálico, como propil galato (PG). Estos antioxidantes son utilizados ampliamente por la industria alimentaria por su bajo costo y alta disponibilidad. Los límites permitidos son del 0.02% con respecto al contenido de grasa en el alimento (Sortwell, 1997; Pokorny et al., 2001). BHA, BHT, BHTQ y PG son atrapadores de radicales libres, los cuales forman un radical estable y detienen la propagación de la reacción de oxidación de lípidos. El EDTA (Ácido etilendiamintetracético), citrato y varios fosfatos son antioxidantes sintéticos que tienen la habilidad de actuar como queladores de metales.

En la actualidad se han cuestionado el empleo de ciertos antioxidantes sintéticos, debido a que existen estudios que relacionan estos compuestos con posibles riesgos en la salud, principalmente efectos cancerígenos (Adegoke et al., 1998; McCarthy et al., 2001b). Por lo anterior, los consumidores de alguna manera prefieren evitarlos, lo que ha promovido la búsqueda de fuentes de antioxidantes naturales.

Antioxidantes Naturales. Los antioxidantes naturales son obtenidos a partir de varias fuentes de plantas, especias, microorganismos y tejidos animales. La mayoría de los compuestos activos presentes en estas fuentes antioxidantes, son compuestos fenólicos. Dentro de este grupo se encuentran el tocoferol, flavonoides y diversos ácidos fenólicos (Pokorny et al., 2001).

Se ha reportado que los compuestos extraídos de algunas plantas y especias (salvia y romero) presentan una elevada actividad antioxidante. Dicha actividad antioxidante en sistemas alimentarios puede ser tan efectiva como el BHT, BHA o α -tocoferol (McCarthy et al., 2001a; McCarthy et al., 2001b). Algunos de los compuestos que confieren el poder antioxidante al extracto de romero son el rosmanol, carnosol, rosmaridifenol y rosmariquinona (St. Angelo, 1996).

Proteínas como antioxidantes naturales

En los últimos años se han realizado diversos estudios para explorar la efectividad de las proteínas y sus productos (hidrolizados y péptidos) como una fuente natural de antioxidantes (Chen et al., 1995; Chen et al., 1996; Chen et al., 1998; Hattori et al., 1998; McCarthy et al., 2001a; McCarthy et al., 2001b; Sánchez-Escalante et al., 2003). Estos estudios se han llevado a cabo en sistemas modelos y directamente en alimentos. La actividad antioxidante de las proteínas se ha atribuido a la capacidad de atrapar radicales libres y secuestrar metales. Diversos estudios concluyen que tanto la composición, como la secuencia de aminoácidos tienen efecto sobre la capacidad antioxidante de los péptidos (Chen et al., 1996; Chen et al., 1998).

Carnosina. Es un dipéptido formado de N-β-alanina y L-histidina encontrado en el músculo esquelético. Este péptido es uno de los más estudiados en cuanto a los posibles mecanismos que le confieren su actividad antioxidante. Se ha demostrado que la carnosina actúa atrapando radicales libres, quelando metales y como donador de hidrógenos, estas propiedades se han atribuido principalmente a la histidina presente en su estructura (Chan et al., 1994; Decker y Mei, 1996; O'Neill et al., 1998).

Proteína de soya y suero de leche. En algunos estudios ha quedado demostrado que las propiedades antioxidantes de la soya y del suero de leche, pueden incrementarse con la fraccionación o hidrólisis con ciertas enzimas. La capacidad antioxidante que presentan estos hidrolizados y fracciones ha sido probada en diferentes sistemas modelos, además se ha visto que algunos péptidos o fracciones poseen un potencial más antioxidante que otros (Chen et al., 1995; Colbert y Decker, 1991; Tong et al., 2000a, 2000b; Peña-Ramos et al., 2004; Jiménez-Ruiz, 2004 (en prensa)).

En estudios con proteína de soya, se ha demostrado que al someterla a un proceso de hidrólisis enzimática se obtenían hidrolizados que variaban en su potencial antioxidativo dependiendo de la enzima utilizada (Chen et al., 1995; Chen et al., 1998; Peña y Xiong, 2002). Los hidrolizados de suero de leche y aislado de proteína de soya pueden inhibir en un 65% la formación de TBARS en un sistema liposomal catalizado por hierro, dependiendo de la enzima y las condiciones de hidrólisis usadas (Peña-Ramos y Xiong, 2001 y 2002). Sin embargo estos hidrolizados no fueron más efectivos que el propil galato, es probable que dentro de los hidrolizados pueden existir compuestos con características pro-oxidantes (péptidos y aminoácidos), que disminuyen su potencial antioxidante (Peña-Ramos y Xiong, 2002).

Actualmente, en un estudio realizado por Jiménez-Ruiz (2004), se evaluó en un sistema modelo liposomal la actividad antioxidante de diferentes fracciones proteicas obtenidas por ultrafiltración de dos hidrolizados proteicos de soya. Las fracciones de menor peso molecular derivadas de ambas enzimas exhibieron un gran potencial antioxidante, comparado con las de mayor peso molecular y con el hidrolizado. En este trabajo se destaca que las fracciones más efectivas presentan cambios en la concentración de algunos aminoácidos como fenilalanina, tirosina, leucina y cisteína, así como una buena solubilidad y baja hidrofobicidad.

Aun no ha sido probado el potencial antioxidante que pudieran mostrar las fracciones proteicas de soya en sistemas alimentarios. Sería de gran importancia corroborar el potencial antioxidativo, demostrado en el sistema modelo en un producto alimentario como la carne. Cabe señalar que el sistema alimentario es un sistema muy complejo, en el cual actúan una serie de componentes y no se tienen controladas las condiciones como en un sistema modelo.

Antioxidantes que disminuyen la oxidación de lípidos en carne

Los antioxidantes más utilizados para mantener la estabilidad oxidativa en productos cárnicos son de origen sintéticos tales como, BHT, TBHQ, BHA, PG, EDTA, citratos y fosfatos. Sus propiedades antioxidantes se han demostrado en carnes crudas o sometidas a tratamiento térmico (Ladikos y Lougovois, 1990).

Diversos estudios han probado la efectividad de los antioxidantes de origen natural como, tocoferol o vitamina E, vitamina C y extractos de hierbas (romero, orégano y salvia). Éstos han demostrado que pueden disminuir la oxidación de lípidos en carne cocida tan eficientemente como los antioxidantes sintéticos (Abd-El-Alim et al., 1999; Sahoo y Verma, 1999; Mansour y Khalil, 2000; Karpinska et al., 2001; McCarthy et al., 2001a,b; Tang et al., 2001).

O'Sullivan et al. (2004) evaluó el potencial antioxidante de antioxidantes de origen sintético y natural en hamburguesas de pollo frescas, previamente refrigeradas y cocidas. Los antioxidantes fueron agregados en un rango de concentración de 0-4%. En las hamburguesas de pollo frescas BHA/BHT y extracto de romero fueron los más efectivos. En carne previamente refrigerada, vitamina E, catequinas de té (CT), salvia (S), BHA/BHT y extracto de romero (R) fueron los antioxidantes más efectivos. En hamburguesas de pollo cocidas BHA/BHT y CT fueron los más efectivos para disminuir la oxidación de lípidos.

El potencial de los hidrolizados proteicos de soya y suero de leche para inhibir la oxidación de lípidos en hamburguesas de puerco cocidas fue evaluado por Peña-Ramos y Xiong (2003). La hidrólisis con protamex mejoró la capacidad de la proteína de suero de leche para inhibir las primeras etapas de la oxidación (peróxidos o dienos conjugados) y retardo la etapa de propagación del proceso oxidativo (TBARS). Para el caso de proteína de soya, la hidrólisis solo tuvo un pequeño efecto en la actividad antioxidativa. A los niveles

agregados (2%) los hidrolizados proteicos además, tuvieron la habilidad de reducir las pérdidas por cocción.

Antioxidantes que disminuyen el SRC

Se ha reportado que el nitrito inhibe el SRC en la carne en concentraciones de 50 ppm y lo elimina a niveles de 200 ppm (Ladikos y Lougovois, 1990).

St. Angelo et al., (1990), evaluaron la efectividad de varios antioxidantes para retardar el desarrollo de SRC en hamburguesas de res cocidas. Las muestras fueron tratadas con queladores de metales (EDTA, ácido dietilentiainapenta acético (DTPA), PG, pirofosfato de sodio), atrapadores de radicales libres (BHA, BHT, TBHQ), romero y alginato de sodio. Los análisis químicos (TBARS) y sensoriales indicaron que los queladores y atrapadores de radicales libres pueden inhibir el SRC en las hamburguesas de res.

La combinación de α -tocoferol (0.3%) con tripolifosfato de sodio fue muy efectiva en la preservación de hamburguesas de pavo y de puerco cocidas. Se inhibió el desarrollo de hexanal y cambios oxidativos que causan olores y sabores desagradables en las carnes cocidas durante su almacenamiento en refrigeración. Se encontró una correlación alta y positiva entre los valores de hexanal y del sensorial (Vara-Ubol y Browers, 2002).

La efectividad de carnosina como antioxidante natural en carne de puerco cocida fue evaluada por Pokorny et al. (2001). En este estudio se encontró que la carnosina actúa como un mejor donador de electrones que el α -tocoferol y BHT. Además, que fue más efectiva que el tripolifosfato de sodio para inhibir el SRC.

HIPÓTESIS

Las fracciones proteicas de soya actúan como antioxidantes, debido a que tienen la capacidad de disminuir la formación de compuestos volátiles responsables del sabor a recalentado en carne de puerco.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la capacidad antioxidante de fracciones peptídicas de soya, para disminuir la formación de compuestos volátiles responsables del sabor a recalentado en carne de puerco cocida previamente almacenada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir la oxidación de lípidos y la formación de los compuestos volátiles por medio de técnicas analíticas, sensoriales e instrumentales.
- Comparar la capacidad antioxidante de fracciones peptídicas con antioxidantes naturales y sintéticos, en carne de puerco cocida previamente refrigerada.
- Correlacionar los datos analíticos, sensoriales e instrumentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Reactivos

Ácido tiobarbitúrico (TBA), ácido tricloroacético (TCA), propil galato (PG), EDTA, Butilhidroxianisol (BHT), hexano, 4-heptanona (estándar interno) fueron de Sigma Chemical Co (St. Louis, MO), kit de aldehídos (Benzaldehído, n-Butiraldehído, Decilaldehído, n-Dodecilaldehído, Heptaldehído, Hexaldehído, Isobutiraldehído, Isovaleraldehído, Nonanal, Octanal, Propanal, Tetradecilaldehído, Tridecilaldehído, Undecanal y Pentanal) de Chem Service, Inc., extracto de romero (R) de Newly Weds Food Co (Edmonton, Alberta).

Tratamientos Proteicos de Soya

Preparación del hidrolizado

Se hidrolizó enzimáticamente con Flavourzyme^R (BIOTESCSA,S.A. de C.V) un aislado proteico de soya comercial, SUPRO-595 (Du Pont, México,D.F.), siguiendo la metodología de Jiménez-Ruiz, (2004). Se preparó una solución del aislado al 3% de proteína y se sometió a un tratamiento térmico a 90 °C por 5 min. Se ajustó el pH al valor óptimo de 7, posteriormente se llevó a cabo la hidrólisis enzimática en un baño de agua Orbit (Lab-Line, Instruments, Melrose Park, ILL) con agitación leve, durante 1 h. La relación enzima sustrato fue 1:100 y la temperatura de incubación de 50 °C. La enzima se inactivo por calentamiento a 90 °C, durante 5 min e inmediatamente se enfrió en un baño con hielo.

Ultrafiltración

El hidrolizado (H) se sometió a ultrafiltración en membranas de celulosa regenerada con cortes de 50, 10 y 3 kDa, en un ultrafiltrador Millipore (Bedford, Ma). Basado en los resultados obtenidos por Jiménez-Ruiz, (2004) se seleccionaron las fracciones de menor peso molecular (10-3 y <3 kDa), ya que resultaron ser las más efectivas para inhibir la oxidación lipídica en un sistema modelo de liposomas. Estas fracciones corresponden al retenido de la membrana entre 10 y 3 kDa y permeado de la membrana de 3 kDa, las cuales se denominaron como F1 y F2 respectivamente. El resto de los permeados y retenidos obtenidos por el proceso de ultrafiltración fueron descartados para este estudio.

El hidrolizado y las fracciones fueron sometidas a liofilización LABCONCO, FREEZONE 6 (LABCONCO Co., Kansas City, MI), a $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 8 mBars, para facilitar su manejo y almacenamiento.

Preparación de Muestras

Materia prima

Se utilizó carne de puerco (espaldilla) del mercado local, la cual fue molida en un molino (Hobart Dayton, México) provisto con un disco de 4 mm de diámetro, el contenido de grasa fue aproximadamente del 7%. Una vez molida la carne se dividió en 2 lotes de 6 bolsas, las cuales contenían aproximadamente cantidades de 2 kg de carne. Los 2 lotes fueron congelados a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para posteriormente llevar a cabo la preparación de las hamburguesas tanto de la primera como de la segunda repetición del experimento.

Preparación de hamburguesas

Previo a la preparación de las hamburguesas, se le adicionó a la carne 1.5% de sal y el tratamiento antioxidante a las concentraciones que se indican en el Cuadro 3. Una vez homogenizados los ingredientes, se procedió a formar las hamburguesas con 60g de carne con un tamaño de 9 cm de diámetro y un espesor de 1 cm. Se cocinaron en un sartén eléctrico hasta una temperatura interna de 70°C, la cual fue monitoreada con un termómetro digital. Una vez enfriadas las hamburguesas fueron empacadas en bolsas ziploc y se almacenaron a 4°C para sus posteriores análisis los días 0, 1, 3, 5 y 7. Así mismo, se prepararon muestras control a las cuales solo se les agregó 1.5% de sal.

Evaluaciones

La metodología que se utilizó para la evaluación de la estabilidad oxidativa y el desarrollo de sabor a recalentado en las hamburguesas, se muestra en la Figura 5.

Pérdida de peso por cocción

Se realizó tomando el peso de la hamburguesa antes de cocinarla y después, para ver la diferencia de peso.

Oxidación de lípidos

El deterioro oxidativo se llevó a cabo midiendo la concentración de sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico (TBARS), siguiendo el método de

Cuadro 3. Concentraciones de los tratamientos antioxidantes utilizados en la elaboración de las hamburguesas.

Tratamiento Antioxidante	Concentración (%)
Control	0
H	0.25
F1	0.25
F2	0.25
R	0.1
BHT	0.01

H: Hidrolizado de soya
F1: Fracción entre 10-3 kDa
F2: Fracción <3 kDa
R: Extracto de Romero
BHT: Butilhidroxitolueno

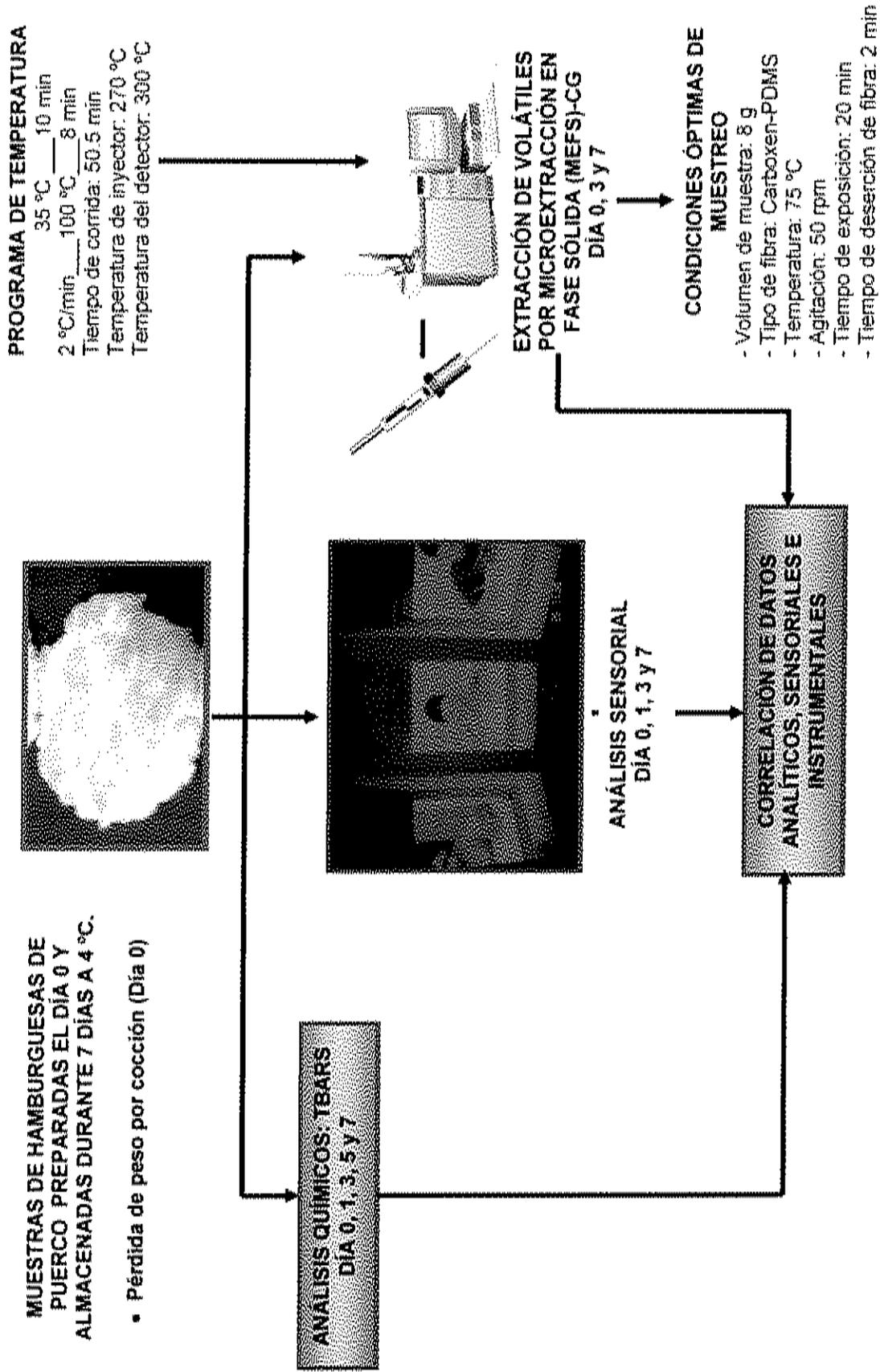


Figura 5. Esquematización de la metodología de las evaluaciones de las hamburguesas durante el almacenamiento.

Nielsen et al. (1997). Se tomaron 5 g de muestra de carne tratada térmicamente la cual fue mezclada con 15 mL de ácido tricloroacético (75 g de TCA /L H₂O) con propil galato (1 g/L) y EDTA (1 g/L), homogenizada (Ultra Turrax T25, IKA-Werke, USA) a 11,000 rpm/min. La mezcla se filtro con papel filtro número 42 (Whatman International, Maidstone, England); se tomaron 5 mL del extracto el cual se mezcló con 5 mL de ácido tiobarbitúrico (2.88 g/L H₂O), se calentó hasta 100°C por 40 min. Las muestras fueron inmediatamente colocadas en hielo, y la absorbancia se midió a 532 nm en un espectrómetro Cary 50 (UV-Visible Spectrophotometer). Los resultados fueron calculados mediante una curva estándar usando 1,1,3,3-tetrametoxipropano (TMP) y expresados en miligramos de malonaldehído por kilogramo de carne.

Análisis sensorial

Para realizar el análisis sensorial se utilizó un grupo de jueces entrenados, con el fin de evaluar con precisión los atributos sensoriales que describen el SRC en las hamburguesas durante el almacenamiento.

Selección y entrenamiento de jueces. Para llevar a cabo la selección de los panelistas, primeramente se aplicó un cuestionario (APÉNDICE 1) a un total de 15 personas (ambos sexos), miembros de la comunidad CIAD A.C., consumidores de carne de puerco (Pedrero y Pangborn, 1989; Sánchez, 2002).

De los 15 participantes se seleccionaron 8, dicha selección fue basada en las respuestas arrojadas por el cuestionario. Se trabajó con los 8 jueces (4 mujeres y 4 hombres), a los cuales se les entrenó para reconocer y describir atributos de sabor y olor a fresco, metálico, acartonado y rancio en hamburguesas de puerco cocidas. Se realizaron 20 sesiones de entrenamiento de 1 h, en las cuales se les presentó a los jueces muestras de hamburguesas

Nielsen et al. (1997). Se tomaron 5 g de muestra de carne tratada térmicamente la cual fue mezclada con 15 mL de ácido tricloroacético (75 g de TCA /L H₂O) con propil galato (1 g/L) y EDTA (1 g/L), homogenizada (Ultra Turrax T25, IKA-Werke, USA) a 11,000 rpm/min. La mezcla se filtro con papel filtro número 42 (Whatman International, Maidstone, England); se tomaron 5 mL del extracto el cual se mezcló con 5 mL de ácido tiobarbitúrico (2.88 g/L H₂O), se calentó hasta 100°C por 40 min. Las muestras fueron inmediatamente colocadas en hielo, y la absorbancia se midió a 532 nm en un espectrómetro Cary 50 (UV-Visible Spectrophotometer). Los resultados fueron calculados mediante una curva estándar usando 1,1,3,3-tetrametoxipropano (TMP) y expresados en miligramos de malonaldehído por kilogramo de carne.

Análisis sensorial

Para realizar el análisis sensorial se utilizó un grupo de jueces entrenados, con el fin de evaluar con precisión los atributos sensoriales que describen el SRC en las hamburguesas durante el almacenamiento.

Selección y entrenamiento de jueces. Para llevar a cabo la selección de los panelistas, primeramente se aplicó un cuestionario (APÉNDICE 1) a un total de 15 personas (ambos sexos), miembros de la comunidad CIAD A.C., consumidores de carne de puerco (Pedrero y Pangborn, 1989; Sánchez, 2002).

De los 15 participantes se seleccionaron 8, dicha selección fue basada en las respuestas arrojadas por el cuestionario. Se trabajó con los 8 jueces (4 mujeres y 4 hombres), a los cuales se les entrenó para reconocer y describir atributos de sabor y olor a fresco, metálico, acartonado y rancio en hamburguesas de puerco cocidas. Se realizaron 20 sesiones de entrenamiento de 1 h, en las cuales se les presentó a los jueces muestras de hamburguesas

de puerco recién cocidas y muestras almacenadas y posteriormente recalentadas.

Evaluación sensorial. Las evaluaciones de las hamburguesas tratadas con los antioxidantes (H, F1, F2, R, BHT) y muestras control, se realizaron en el día 0, 1, 3 y 7. El día del muestreo, las hamburguesas fueron recalentadas en un baño de agua a una temperatura de 70 °C y cortadas en trozos de 1 x 3 cm. A cada juez se le presentaron dos trozos en recipientes con tapa. Se llevó a cabo una prueba de escala de intensidad para cada uno de los descriptores evaluados en las hamburguesas (APÉNDICE 2). La escala contenía intensidades de nada, poco, moderado, mucho y extremadamente (Pedrero y Pangborn, 1989). Se realizaron un total de 10 sesiones, en cada una de ellas se presentaron 6 muestras con un espacio de 5 minutos entre cada una. La evaluación sensorial se llevó a cabo bajo luz roja.

Extracción de volátiles por MEFS-cromatografía de gases

La extracción de volátiles responsables de SRC en hamburguesas de puerco, se llevó a cabo por microextracción en fase sólida (MEFS).

Para realizar la extracción de compuestos volátiles se utilizó la fibra de caboxen-polidimetilxilosano 75 μ m (CAR-PDMS). La muestra de carne cocida (8 g) fue colocada en viales ámbar de 60 ml. y se les añadió 2 μ l de una solución stock de 4-heptanona (1000ppm) como estándar interno. Los viales fueron cerrados con septa de teflón-silicón y casquillo metálico y se sometieron a una temperatura de 75°C en un baño de agua Orbit Lab Line (Chicago, ILL.) con agitación (50 rpm) durante 20 minutos. La fibra fue expuesta en el espacio de cabeza, arriba de la superficie de la carne con un tiempo de exposición de 20 minutos. Se removió del vial el dispositivo que contenía la fibra y fue insertada

inmediatamente en el inyector del cromatógrafo de gases. La fibra fue expuesta y desorbida en el puerto de inyección por 2 minutos.

Para caracterizar los volátiles causantes del sabor a recalentado en hamburguesas de puerco, se utilizó un cromatógrafo de gases Hewlett Packard (Modelo 6890, Wilmington, DE). La separación cromatográfica fue realizada en una columna capilar DB-5 de 30 m x 0.32 mm I.d. x 0.25 μ m (J & W Scientific, Folsom CA). Las siguientes condiciones cromatográficas utilizadas fueron: 35°C por 10 min, con un incremento hasta 100°C con una velocidad de 2°C/min y manteniéndose esta temperatura por 8 min. Se utilizó helio como gas acarreador a una velocidad de 14 mL/min, la temperatura del detector fue de 300°C y la del inyector fue de 270°C. La identificación de los compuestos volátiles responsables del sabor a recalentado se llevó a cabo con un kit de aldehídos.

Análisis de Resultados

Se llevó a cabo un diseño completo al azar con arreglo factorial: $Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ij}$, en donde el factor A fue el tiempo y el factor B el tratamiento. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias por Duncan.

Para el análisis de resultados de los datos sensoriales se llevó a cabo una conversión de la escala estructurada a datos continuos, donde se asignó un valor numérico a cada respuesta dada por los jueces.

Se realizó un análisis de correlación entre los datos obtenidos del análisis de volátiles por MEFS-CG, datos de TBARS y análisis sensorial. Los análisis se llevaron a cabo utilizando el paquete estadístico NCSS, 2000.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de Peso por Cocción

La proteína de soya es comúnmente usada como ingrediente en los productos cárnicos procesados. La finalidad de adicionar a la proteína de soya, es para aumentar las propiedades funcionales en los productos cárnicos, por ejemplo, reducir la pérdida de peso por cocción y mejorar la textura. En este estudio, el análisis de varianza mostró que ninguno de los tratamientos proteicos (H, F1 y F2), ni el BHT, ni el extracto de romero (R) lograron reducir la pérdida de peso por cocción en comparación con las hamburguesas control ($P > 0.05$, Cuadro 4). Los porcentajes de pérdida de peso por cocción para todas las muestras evaluadas, fluctuaron en un rango de 12.79 a 14.47.

Peña-Ramos y Xiong (2003), de manera contraria, encontraron que tanto la proteína de soya intacta como la hidrolizada con Flavourzyme fueron efectivas para reducir la pérdida de peso por cocción con respecto a las hamburguesas control. El no haber encontrado diferencias significativas en la pérdida de peso por cocción, puede ser debido a que en el presente estudio se adicionó una cantidad aproximadamente 10 veces menor de los tratamientos proteicos en comparación con el estudio previo de Peña-Ramos y Xiong (2003).

Oxidación de Lípidos

Los cambios en los valores de TBARS fueron medidos en hamburguesas de puerco cocidas y almacenadas por 0, 1, 3, 5 y 7 días a 4°C (Figura 6). La formación de TBARS incrementa rápidamente con el tiempo de

Cuadro 4. Pérdida de peso por cocción (%) de hamburguesas de puerco cocidas en sartén eléctrico (promedio \pm error estándar).

TRATAMIENTO	% PERDIDA DE PESO POR COCCIÓN
C	14.07 \pm 1.15
H	14.20 \pm 0.66
F1	14.41 \pm 0.51
F2	14.12 \pm 1.55
R	14.47 \pm 0.18
BHT	12.79 \pm 1.99

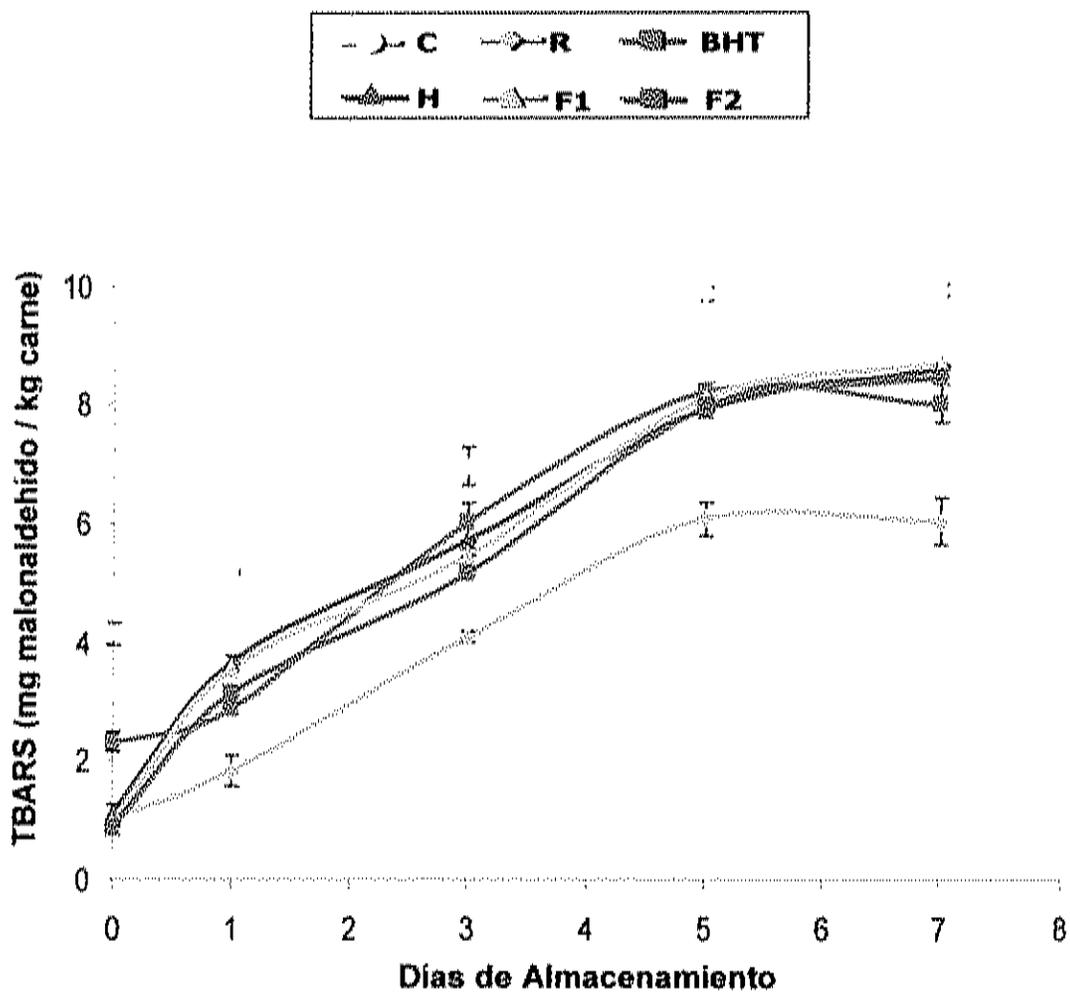


Figura 6. Comportamiento de los tratamientos antioxidantes sobre la oxidación de lípidos en hamburguesas de puerco durante el almacenamiento (4°C). Promedio \pm error estándar.

almacenamiento para todos los tratamientos evaluados. Los tratamientos proteicos (H, F1 y F2), BHT y extracto de romero (R) lograron inhibir la oxidación ($p < 0.05$) de lípidos en las hamburguesas durante el almacenamiento con respecto al control (C).

Al inicio del almacenamiento las hamburguesas adicionadas con los tratamientos proteicos fueron igual de efectivos que R para inhibir la formación de TBARS. En el transcurso del almacenamiento no se pueden observar diferencias importantes entre la inhibición de la oxidación por efecto de los diferentes tratamientos proteicos y BHT ($p > 0.05$), con excepción del día 3 en que F2 fue mas efectiva que BHT ($p < 0.05$). Al final del almacenamiento los tratamientos proteicos y BHT fueron menos efectivos que R ($p < 0.05$), el cual logró mantener una mejor estabilidad oxidativa en las hamburguesas. Este resultado fue similar a lo encontrado por Formanek et al. (2001) en hamburguesas de res, donde el extracto de romero fue más efectivo que BHA/BHT para inhibir la oxidación. Así mismo, McCarthy et al. (2001 a y b) reportaron que el extracto de romero fue mas efectivo que el aislado de soya para disminuir la oxidación en hamburguesas de cerdo cocidas.

La efectividad de los tratamientos proteicos, utilizados en el presente estudio, para inhibir la oxidación de lípidos en carne de puerco cocida difiere a lo encontrado en el estudio realizado en sistemas modelos (Jiménez–Ruiz, en prensa). Como fue mencionado en los antecedentes estas fracciones proteicas demostraron la habilidad para disminuir la formación de TBARS hasta en un 80% en un sistema modelo liposomal para F2. En cambio, en el sistema cárnico solo se obtuvo una inhibición del 15% en la formación de TBARS comparado con el control. Estas diferencias se pueden atribuir a la complejidad del sistema cárnico en comparación con el sistema modelo, el cual es un medio más simple donde las condiciones y catalizadores de la oxidación son estrictamente controlados. En contraste, en un producto cárnico se tiene la influencia de los

otros componentes de la carne, como el agua, proteínas y minerales que pueden estar interrelacionándose y afectar de una manera combinada o sinérgica la oxidación de los lípidos en la carne. Aunado a la complejidad del sistema cárnico, es importante hacer notar, que en el estudio realizado en el sistema modelo, las fracciones fueron evaluadas al doble de la concentración (0.5%) utilizada en el presente estudio.

Peña-Ramos y Xiong (2001) reportaron una inhibición del 28% en la formación de TBARS en carne de puerco cocida por efecto de la adición de un hidrolizado de soya similar al utilizado en el presente trabajo. El porcentaje de inhibición para el hidrolizado obtenido en este estudio fue del 13%, sin embargo es importante recordar que el tratamiento fue adicionado al 0.25% en comparación con el 2% utilizado por Peña y Xiong (2001).

Evaluación Sensorial

El deterioro de los parámetros sensoriales de las hamburguesas de puerco cocidas, se evaluó a los 0, 1, 3 y 7 días de almacenamiento, midiendo la intensidad de olor y sabor para cada uno de los descriptores relacionados con el sabor a recalentado.

Olor y sabor “fresco”

El efecto del almacenamiento para el descriptor "fresco", en los atributos de olor y sabor en hamburguesas de puerco cocidas y almacenadas, es presentado en la Figura 7. Al inicio del almacenamiento no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en la intensidad de olor a fresco (Figura 7a) entre todos los tratamientos antioxidantes evaluados, incluyendo la muestra

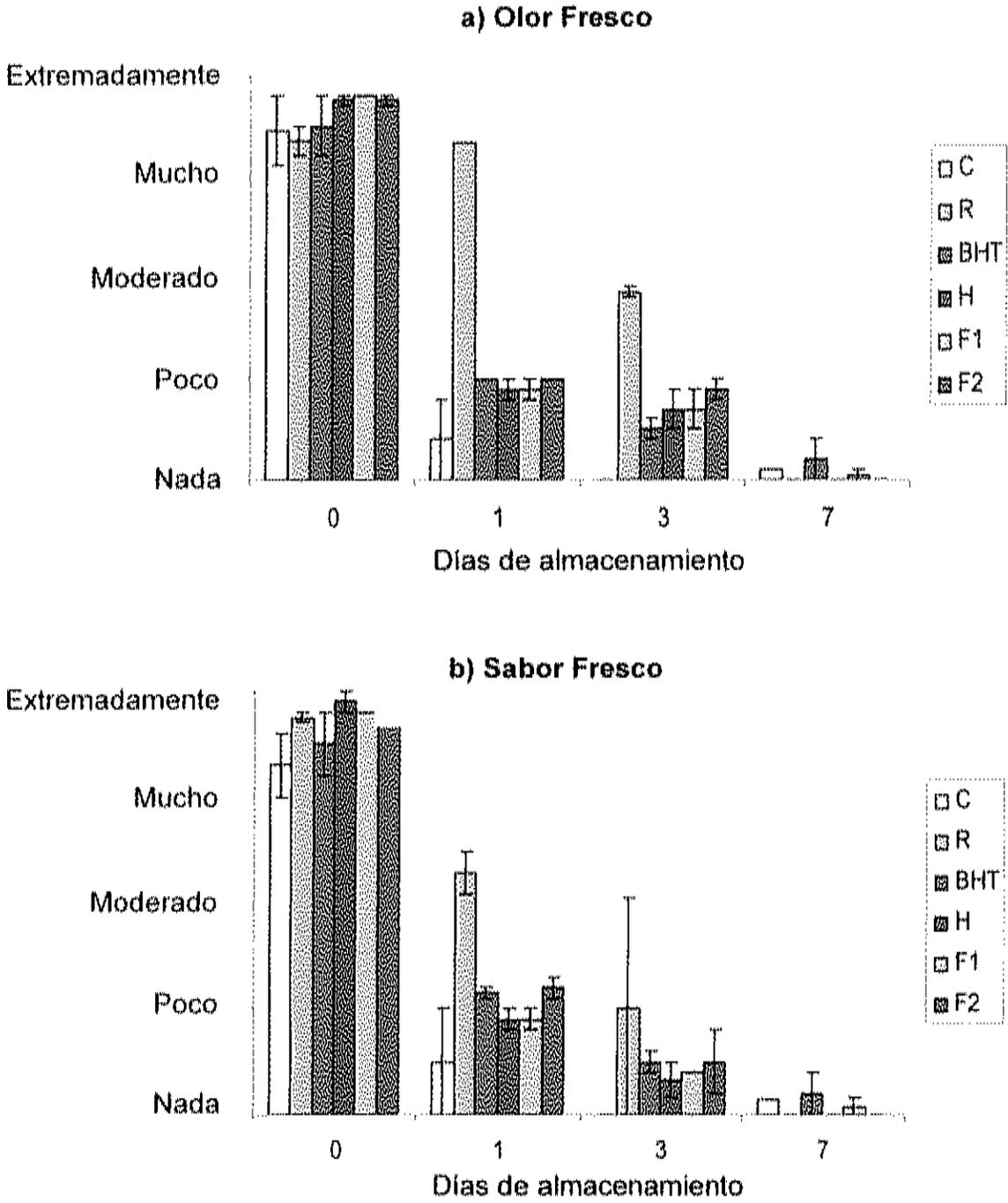


Figura 7. Evaluación del descriptor "fresco" durante el almacenamiento de hamburguesas de puerco cocidas, olor (a) y sabor (b). Promedio \pm error estándar.

control. Los jueces catalogaron las muestras al inicio con un olor extremadamente fresco. A las 24 horas de almacenamiento solamente el tratamiento de extracto de romero (R) logró mantener la intensidad a olor a fresco ($p < 0.05$) obtenido al inicio en comparación con el resto de los tratamientos evaluados, los cuales mostraron una intensidad de olor a fresco entre poco y nada. En el tercer día de almacenamiento no se encontraron diferencias entre las muestras con los tratamientos proteicos, BHT y muestras control. En este día, los jueces catalogaron las muestras entre poco y nada de olor fresco a diferencia de R ($p < 0.05$), el cual mantuvo moderadamente el olor fresco. Al final del almacenamiento ninguno de los jueces percibió sabor a fresco en las muestras independientemente del tratamiento aplicado.

Al observar la Figura 7b se puede notar que el panel entrenado respondió de manera similar a los cambios en sabor a fresco en las hamburguesas de puerco al compararlas con los cambios en olor a fresco.

Algunos estudios reportan que el descriptor "fresco" se pierde entre el día 1 y 3 de almacenamiento, conforme se va perdiendo este descriptor van apareciendo olores y sabores atribuidos al SRC. (St. Angelo et al., 1990; Mielche y Bertelsen, 1994; Yang et al., 2002). Al igual que en este estudio, los jueces observan una pérdida del olor y sabor a partir del primer día de almacenamiento. Algunos estudios mencionan que esta pérdida del olor y sabor fresco en productos cárnicos sometidos a tratamiento térmicos, es atribuida a la degradación lipídica durante el almacenamiento. Más específicamente la degradación de los ácidos grasos poliinsaturados (Spanier et al., 1988; St. Angelo et al., 1990; Byrne et al., 2002).

Olor y sabor “metálico”

En la Figura 8 se muestra el comportamiento de olor (a) y sabor (b) para el descriptor metálico en hamburguesas de puerco cocidas y almacenadas.

Durante las primeras 24 horas los jueces no detectaron presencia de olor metálico (Figura 8a) en las muestras control ni en las muestras con tratamientos antioxidantes ($p>0.05$). Los tratamientos proteicos, BHT y las muestras control alcanzaron intensidades en un rango de moderado a mucho olor metálico al final del almacenamiento. Estos cambios en la intensidad de olor fueron significativos al compararlos con los obtenidos dentro de las primeras 24 horas de almacenamiento. En cambio las muestras tratadas con R no presentaron olor a metálico hasta el día 3 de almacenamiento. Al final del almacenamiento solo F2 fue significativamente menor al control e igual de efectiva que BHT para disminuir el olor metálico. El sabor metálico (Figura 8b) tuvo el mismo efecto que el olor metálico durante las primeras 24 horas, mostrándose los valores más intensos para este descriptor en el día 7 de almacenamiento. Además en este día el tratamiento con F2 resulto ser igual de efectivo que BHT ($p>0.05$), con intensidades en un rango de poco a moderado sabor metálico. Los tratamientos H y F1 fueron menos efectivos ($p<0.05$) que F2 para inhibir la aparición del sabor metálico, ya que los jueces detectaron una intensidad de moderado a mucho.

Love (1988), evaluó SRC en pavo cocido y almacenado durante 24 h y se percibió un aumento en las intensidades de sabor metálico. Kerler y Grosch (1996), evaluaron algunos de los atributos responsables de SRC en hamburguesas de res almacenadas por 48 h, encontrando entre estos atributos el metálico. De igual manera Bryhni et al., (2003), utilizando un panel entrenado, reporta la aparición de este descriptor en carne de puerco a las 48 horas de almacenamiento.

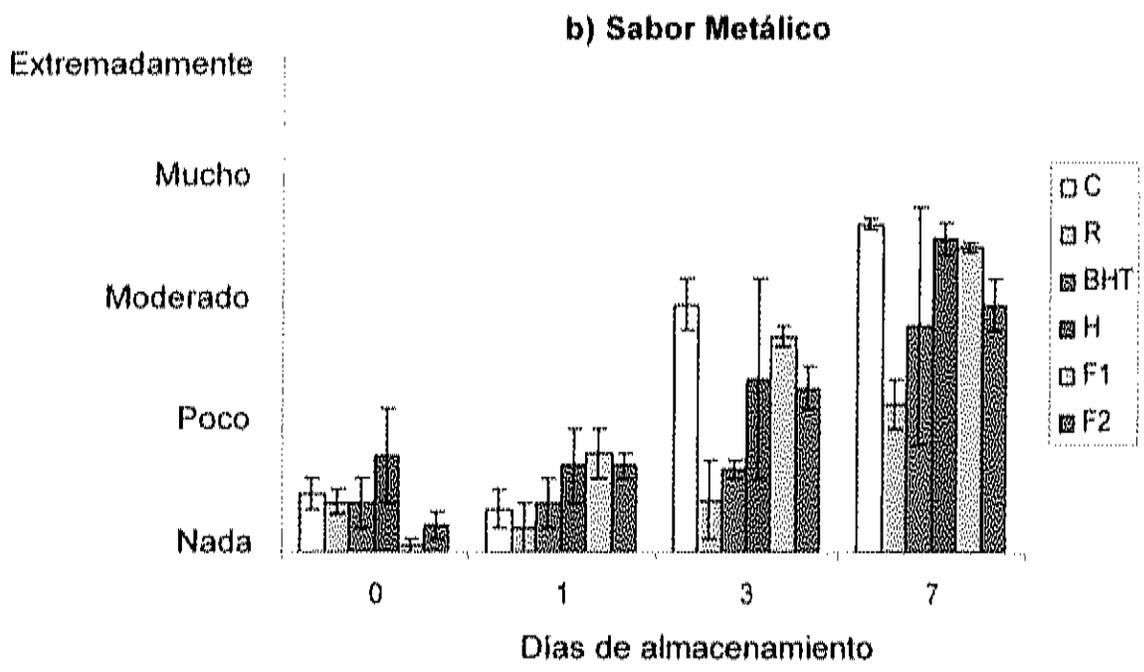
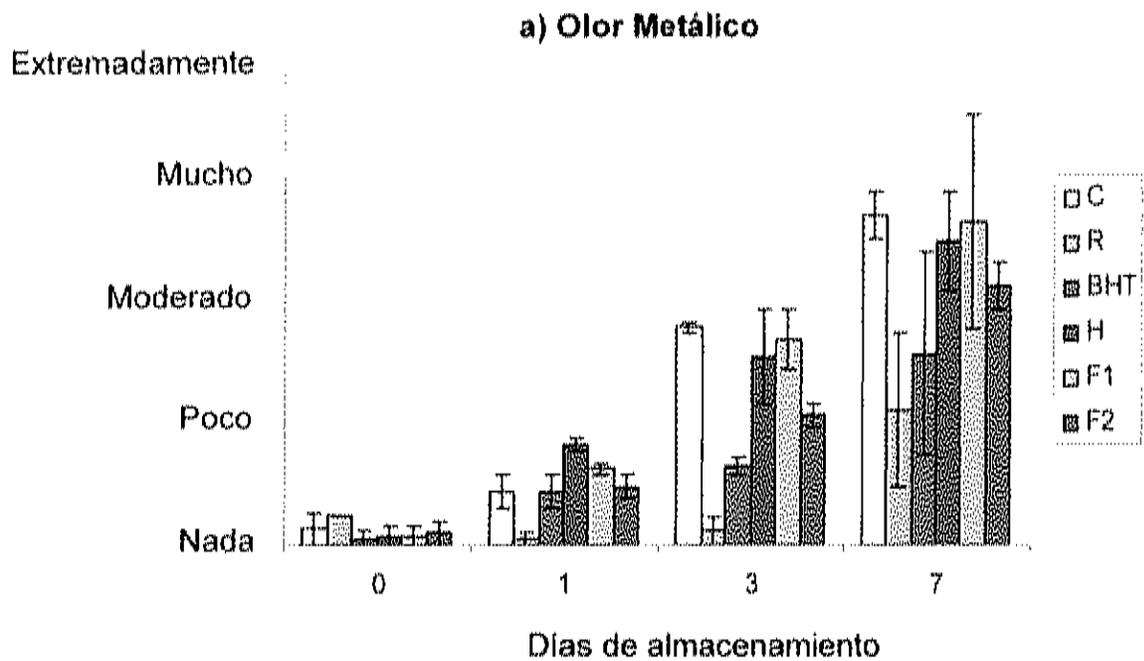


Figura 8. Evaluación del descriptor "metálico" durante el almacenamiento de hamburguesas de puerco cocidas, olor (a) y sabor (b). Promedio \pm error estándar.

Olor y sabor "acartonado"

Los valores para el olor "acartonado" de hamburguesas de puerco cocidas y almacenadas son presentados en la Figura 9a. Al inicio del almacenamiento los jueces no encontraron nada de olor acartonado en las muestras control ni en las muestras tratadas con los tratamientos antioxidantes ($p>0.05$). En el día 1 de almacenamiento las muestras control y las tratadas con F1 se detectó olor acartonado de poco a moderado ($p<0.05$). A las 72 h de almacenamiento H, F2 y BHT fueron iguales ($p>0.05$), logrando mantener el olor acartonado en un rango de moderado, en comparación con las muestras control y las tratada con F1, en las cuales se percibió este descriptor como mucho. Al final del almacenamiento las muestras tratadas con F2 y R fueron mejor que el control.

Durante las primeras 24 horas de almacenamiento los jueces no detectaron diferencias significativas en el sabor acartonado (Figura 9b) entre los tratamientos evaluados. La intensidad percibida por los jueces durante estas primeras horas estuvo en un rango de nada a poco sabor acartonado, para todos los tratamientos antioxidantes y el control. En el tercer día de almacenamiento se mostraron intensidades de sabor acartonado moderadas para todos los tratamientos a excepción de R ($p<0.05$) con poco sabor acartonado. Al final del almacenamiento todos los tratamientos fueron evaluados igual ($p>0.05$) por los jueces. Los tratamientos con las intensidades de mucho a extremadamente sabor acartonado fueron para el control, H y F1.

La aparición de olor y sabor acartonado coincide con estudios realizados por Byrne et al. (2002), los cuales encuentran una relación estrecha entre el aumento de este descriptor conforme transcurre el tiempo. De igual manera Mielche y Bertelsen (1994), observan que a partir del día 3 el olor

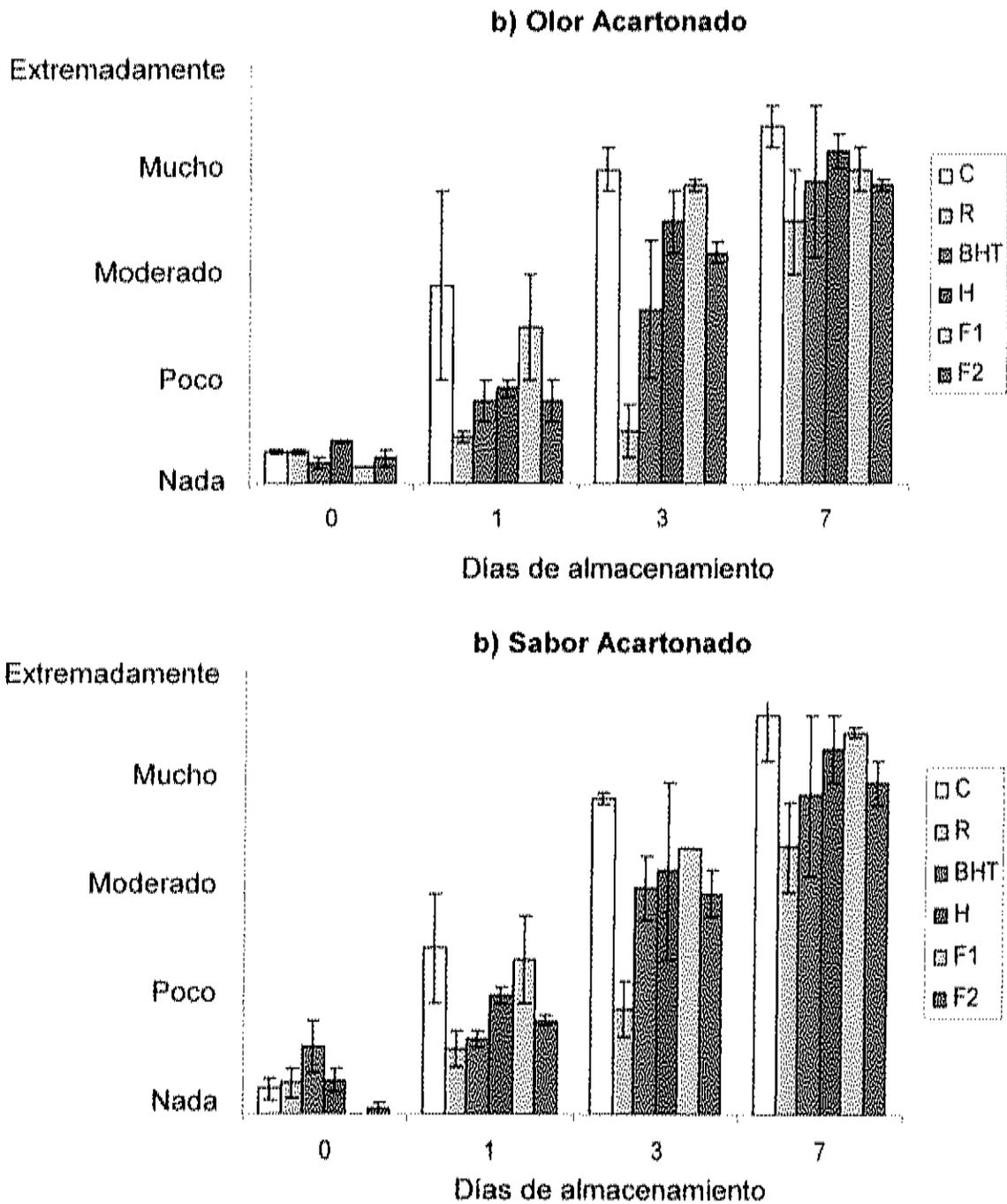


Figura 9. Evaluación del descriptor "acartonado" durante el almacenamiento de hamburguesas de puerco cocidas, olor (a) y sabor (b). Promedio \pm error estándar.

acartonado se hace notar con mayor intensidad y es gradualmente suplantado por aromas a rancio.

Olor y sabor "rancio"

El olor y el sabor a rancio fueron detectados con mayor intensidad por los panelistas a partir del tercer día de almacenamiento de las hamburguesas, Figura 10 (a, b). Cabe mencionar, que en las muestras adicionadas con los tratamientos proteicos, BHT y muestras control, la intensidad de olor y sabor a rancio fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en comparación con las hamburguesas tratadas con R.

Al inicio del almacenamiento el olor a rancio (Figura 10a) no fue detectado por los jueces en las muestras control ni en las muestras con tratamientos antioxidantes ($p > 0.05$). En el día 1 los tratamientos de R, BHT y H mantuvieron la intensidad de sabor a rancio en nada, comparados con el control y las fracciones proteicas (F1 y F2) que mostraron un incremento significativo ($p < 0.05$) en la intensidad de sabor a rancio de poco. En el tercer día y al final del almacenamiento los tratamientos proteicos fueron iguales ($p > 0.05$) a las muestras control y BHT, mostrando intensidades de mucho a extremadamente olor a rancio. En contraste con R, en el día 7 los jueces lo evaluaron con un olor moderadamente a rancio ($p < 0.05$). Los cambios en la intensidad de sabor rancio (Figura 10b) muestra un comportamiento igual al de olor a rancio.

Algunos autores reportan un efecto significativo del tiempo de almacenamiento sobre el aumento en la intensidad del olor y sabor a rancio en diferentes especies cárnicas (Mielche y Bertelsen, 1994; Byrne et al., 2002), lo cual coincide con el presente estudio.

St. Angelo et al., (1988) reportaron en hamburguesas de res cocidas y almacenadas a 4°C, intensidades de poco sabor a rancio y a acartonado a los

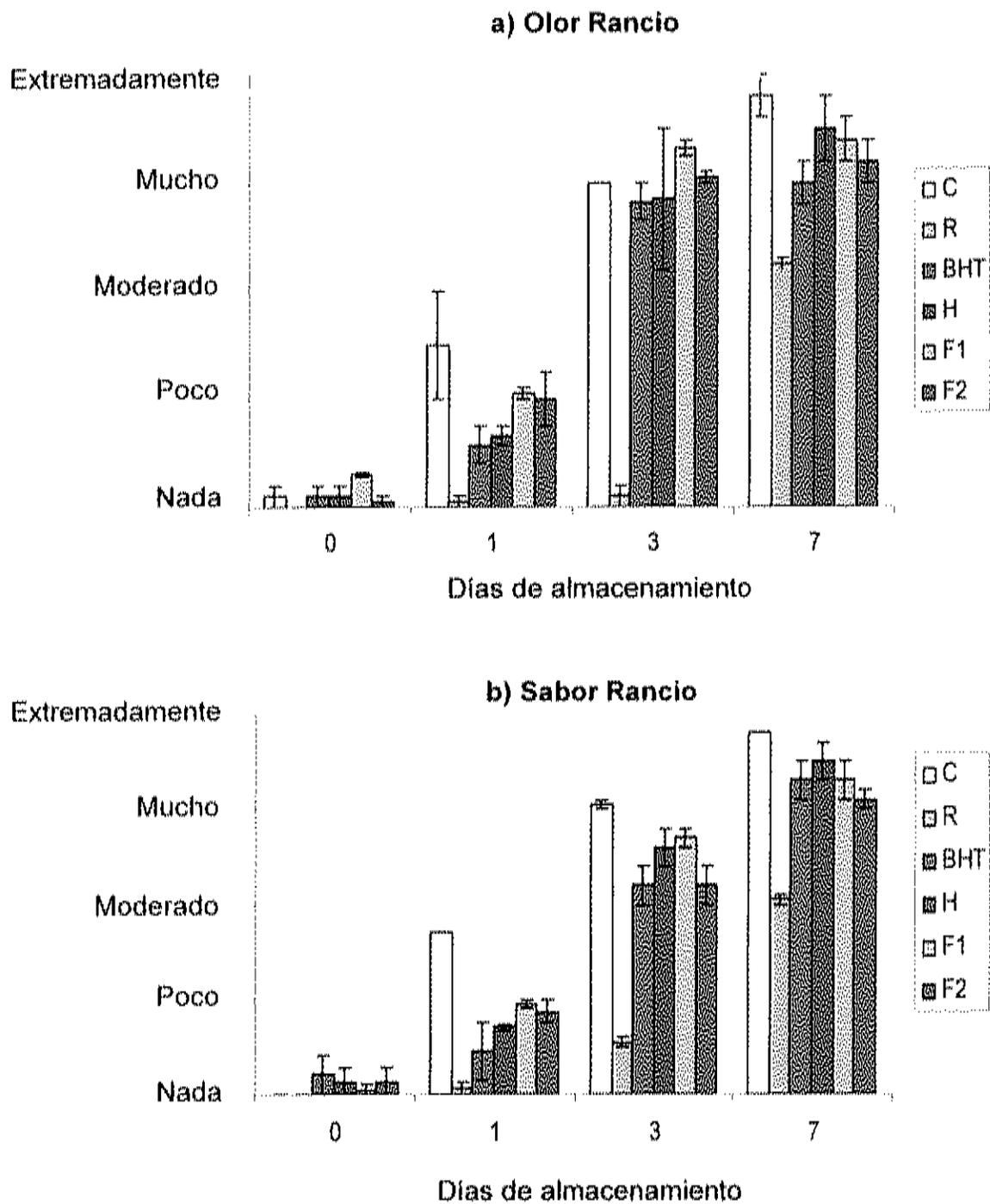


Figura 10. Evaluación del descriptor "rancio" durante el almacenamiento de hamburguesas de puerco cocidas, olor (a) y sabor (b). Promedio \pm error estándar.

tres días de almacenamiento. De manera contraria, en el presente trabajo, los jueces calificaron el sabor acartonado y rancio con intensidades de moderado a mucho, en el tercer día de almacenamiento. Las diferencias encontradas pueden deberse principalmente a las diferencias en contenido de grasa y composición de ácidos grasos presente en la carne de res que la hacen menos susceptible a la formación de sabores desagradables comparada con la carne de puerco utilizada en este estudio.

Establecimiento de la Técnica de Microextracción en Fase Sólida y Cromatografía de Gases (MEFS-CG)

Para llevar a cabo el establecimiento de la técnica de MEFS-CG, se tomó como base un estudio llevado a cabo por Yang et al., (2002) con algunas modificaciones. El volumen de la muestra que contenía los volátiles responsables de SRC fue de 8g, el tiempo de exposición de la fibra fue de 20 min y el de desorción de 2 min, la temperatura de la muestra durante la extracción de los volátiles fue de 75 °C.

Durante el establecimiento de la técnica de MEFS se probaron tres tipos de fibra (PDMS, CAR-PDMS y DVB-CAR-PDMS). En el Cuadro 5 se muestra el promedio de áreas bajo la curva de algunos volátiles de bajo peso molecular responsables de SRC, procedentes de hamburguesas sometidas a una oxidación acelerada (50 °C por 72 h), los cuales fueron captados con tres fibras diferentes. La fibra que captó el mayor número de volátiles presentes en la carne oxidada fue la de CAR-PDMS (75µm), además de haber presentado valores de áreas bajo la curva mucho más altos que las otras fibras. Sin embargo, la fibra CAR-PDMS presentó rangos de coeficientes de variación (CV) entre 0.12 a 8.07%, el cual fue mayor a los presentados por PDMS y DVB-CAR-

Cuadro 5. Compuestos volátiles causantes de SRC en hamburguesas de puerco, captados con diferentes matrices poliméricas por MEFS. Promedio de áreas bajo la curva \pm desviación estándar, (n=3).

Compuestos Volátiles (aldehídos)	CAR-PDMS	CV (%)	PDMS	CV (%)	DVB-CAR-PDMS	CV (%)
Pentanal	1490 \pm 13.0	0.87	34.13 \pm 1.9	5.67	140.8 \pm 6.1	4.33
Hexanal	2809.7 \pm 3.4	0.12	38.64 \pm 1.7	4.51	269.4 \pm 4.4	1.65
Octanal	35.8 \pm 1.8	4.97	nd	-	nd	-
Nonanal	171.0 \pm 13.8	8.07	nd	-	222.5 \pm 11.7	5.29
Benzaldehído	719.9 \pm 4.0	0.55	nd	-	182.1 \pm 8.8	4.82

nd: no detectado

CV: coeficiente de variación

PDMS. No obstante, se seleccionó la fibra CAR-PDMS debido a que presentó una mayor afinidad por todos los compuestos volátiles en comparación con las otras dos fibras probadas. Aunado a lo anterior, los rangos de CV para la fibra seleccionada, se encuentran dentro de los rangos aceptables reportados para fibras de microextracción en fase sólida (González-Córdova, 1999).

Para la identificación de los compuestos volátiles captados con la fibra de CAR-PDMS se utilizaron estándares de aldehídos de cadena corta. En la Figura 11 se muestra el cromatograma con los aldehídos identificados: pentanal, hexanal, heptanal, benzaldehído, octanal, nonanal. El pico de estándar interno (4-heptanona) surgió en un tiempo de retención de 15.5 min.

Al igual que en el presente trabajo, Brunton et al., (2000) encontraron que la fibra de CAR-PDMS tuvo mucho más capacidad de captación de compuestos volátiles (aldehídos de cadena corta) que las fibras de Carbowax-DVD y PDMS-DVD. La fibra de CAR-PDMS (75µm) ha sido empleada para análisis de gases y atrapar compuestos volátiles de bajo peso molecular (30-225g/gmol) (Brunton et al., 2000; Shirey, 2000). Así mismo, algunos estudios han reportado la habilidad de esta fibra para detectar el perfil de volátiles en carne de puerco, res y pollo cocidas (Elmore et al., 2000 a y b; Beltrán et al., 2003).

Una vez establecidas las condiciones del método de MEFS-CG se procedió a evaluar la reproducibilidad de la técnica para analizar las muestras con la fibra de CAR - PDMS. En el Cuadro 6 se muestran los promedios de las áreas bajo la curva de algunos compuestos volátiles responsables de SRC en hamburguesas de puerco. En este estudio los coeficientes de variación de los volátiles encontrados anduvieron en un rango de 0.09-9.28. De acuerdo a los CV encontrados se consideró una buena reproducibilidad de la técnica de MEFS para captar los volátiles con la fibra seleccionada.

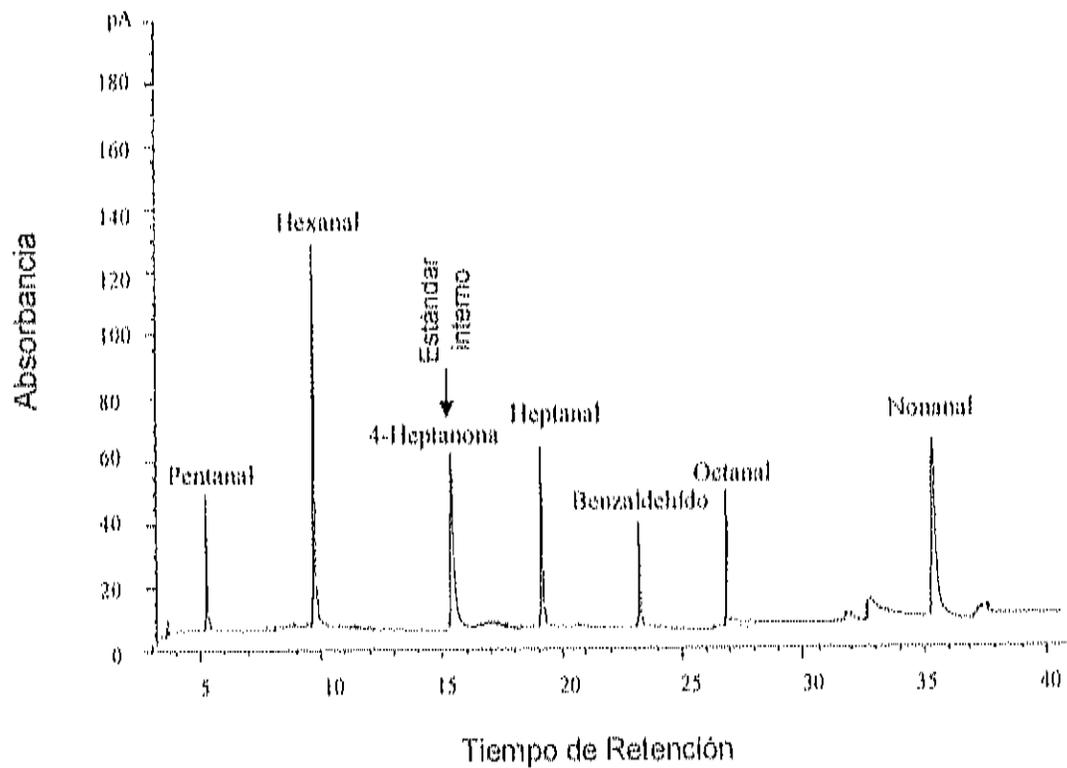


Figura 11. Identificación de estándares de aldehidos de cadena corta.

Cuadro 6. Compuestos volátiles causantes de SRC en hamburguesas de puerco, captados con la fibra de CAR-PDMS. Promedios de áreas bajo la curva \pm desviación estándar, (n=4).

Compuestos Volátiles (aldehidos)	CAR-PDMS	CV (%)
Pentanal	874.5 \pm 0.82	0.09
Hexanal	3033.3 \pm 200.4	6.60
Octanal	403.17 \pm 37.4	9.28
Nonanal	291.07 \pm 20.5	7.03

CV: coeficiente de variación

Análisis de Volátiles Responsables del SRC

De manera ilustrativa en la Figura 12, se muestran dos cromatogramas con el perfil de compuestos volátiles en hamburguesas control recién cocidas (a) y almacenadas (b) durante 7 días.

Los compuestos volátiles encontrados en las hamburguesas durante el almacenamiento, son presentados a continuación donde los valores para cada compuesto son expresados como el cociente entre el área bajo la curva para cada compuesto y el área bajo la curva del estándar interno.

Pentanal

En la Figura 13a es posible observar que existen diferencias significativas en el comportamiento del pentanal dependiendo de los tratamientos aplicados. Las muestras control y las muestras tratadas con las fracciones proteicas no presentan cambios significativos ($p > 0.05$) en la concentración de pentanal a lo largo del almacenamiento. Sin embargo, en las muestras control, la concentración de pentanal fue mas alta ($p < 0.05$) que en las muestras con fracciones. En las muestras tratadas R y BHT, la cantidad de pentanal fue aumentando significativamente con el transcurso del tiempo ($p < 0.05$). En el día 7, la concentración de pentanal para las muestras tratadas con las fracciones proteicas y R fueron iguales ($p > 0.05$) y significativamente menor que en las muestras control ($p < 0.05$). Los tratamientos antioxidativos BHT y H mostraron un contenido de pentanal significativamente mas alto que las muestras control ($p < 0.05$).

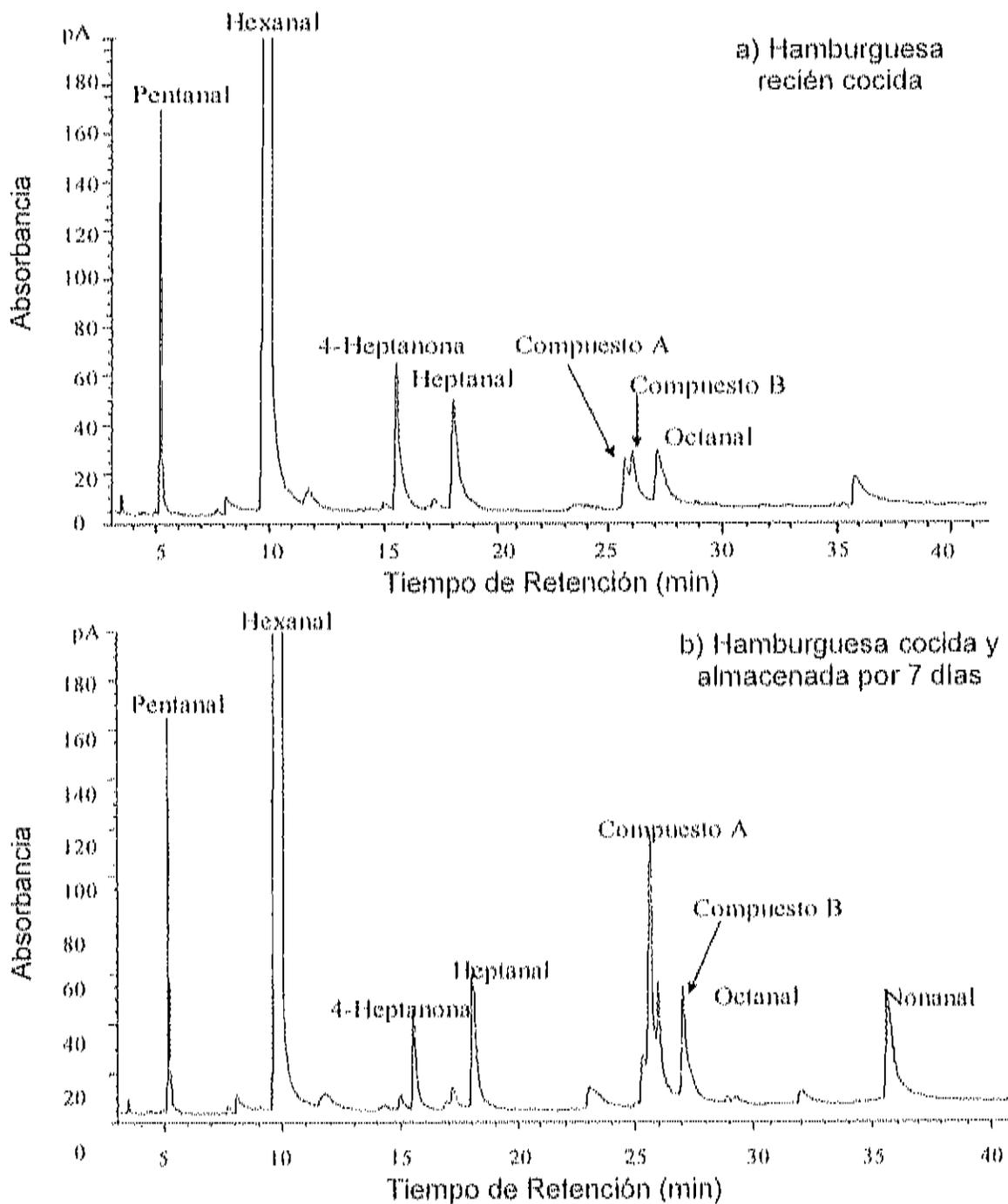


Figura 12. Cromatogramas de compuestos volátiles presentes en hamburguesas de puerco recién cocidas (a) y almacenadas (b) por 7 días.

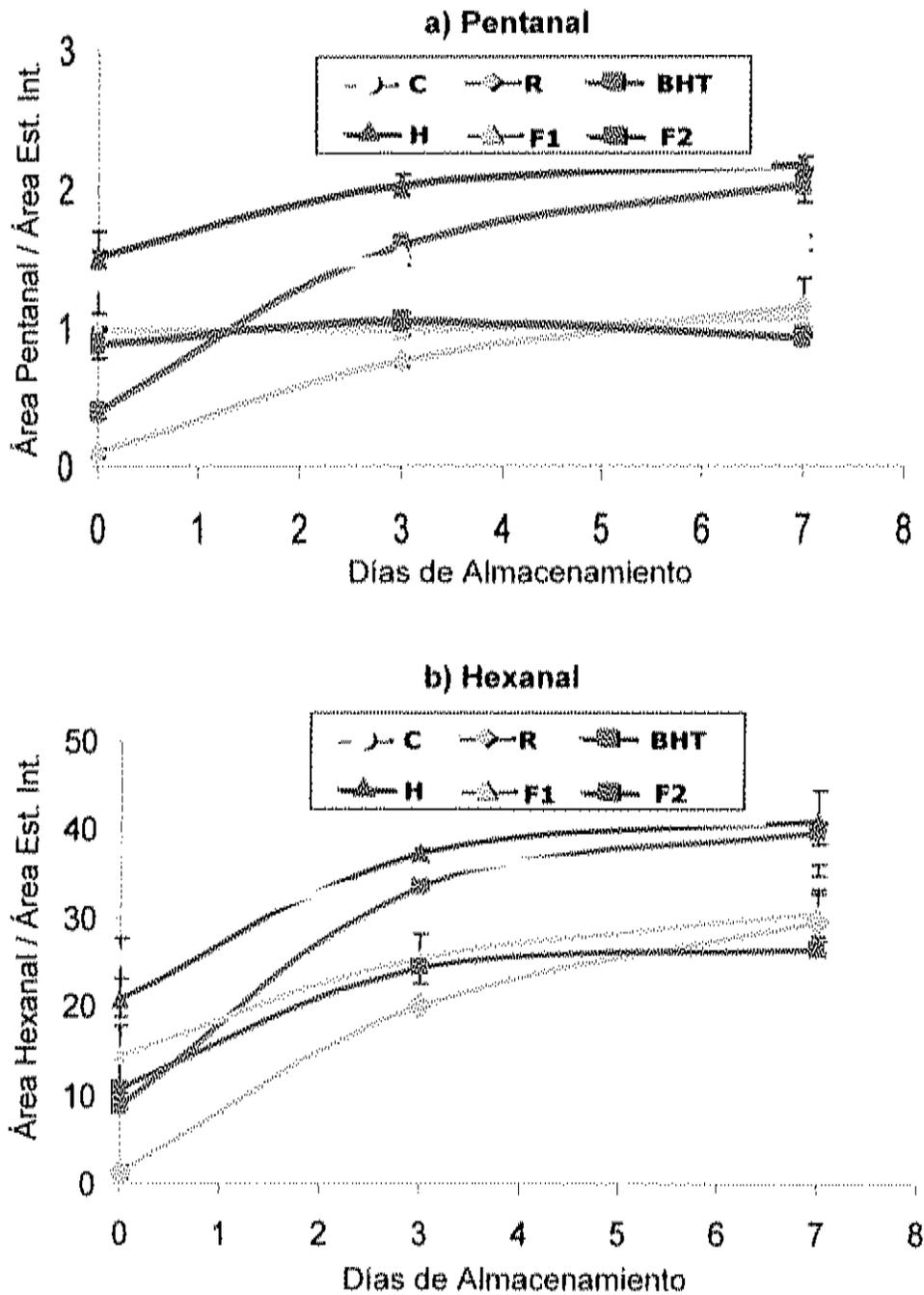


Figura 13. Comportamiento de pentanal (a) y hexanal (b) durante el almacenamiento de hamburguesas cocidas. Promedio \pm error estándar.

Hexanal

Al compararlo con los demás volátiles determinados, el hexanal fue el compuesto que se presentó en mayor concentración desde el inicio del almacenamiento y fue aumentando significativamente hasta el día 3 para todos los tratamientos antioxidantes y el control (Figura 13b). En el día 0, los valores de hexanal más altos se obtuvieron en las muestras control ($p < 0.05$) y los más bajos para las hamburguesas tratadas con R ($p < 0.05$). En cuanto a las muestras tratadas con las fracciones proteicas no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ellas en cuanto a su contenido de hexanal inicial.

En el tercer día de almacenamiento se observa que las muestras control y las tratadas con BHT y H presentan una misma concentración de hexanal ($p > 0.05$). No se encontraron diferencias significativas en la concentración de este volátil en el día 3, entre las fracciones proteicas y R. Sin embargo, solo F2 y R fueron significativamente menor que la muestra control ($p < 0.05$). No se encontraron cambios significativos en la cantidad de hexanal para ninguno de los tratamientos entre el tercer día de almacenamiento y el último. Cabe resaltar que al final del almacenamiento las fracciones proteicas al igual que R fueron más efectivas que BHT para disminuir la formación de hexanal.

Los resultados obtenidos en el presente estudio con respecto al contenido de hexanal, concuerdan con los reportados por Wu y Sheldon (1988), quienes encontraron un incremento de este compuesto en carne de pavo cocida a medida que transcurría el almacenamiento en refrigeración.

Hexanal y pentanal fueron los compuestos volátiles encontrados desde el inicio del almacenamiento en todos los tratamientos. Diversos estudios han encontrado al hexanal como el principal compuesto volátil presente en carnes sometidas a tratamiento térmico (Elmore et al., 2000a; Yang et al., 2002; Beltrán et al., 2003).

Heptanal

En la Figura 14 (a) se observa el comportamiento del compuesto volátil heptanal durante el almacenamiento de hamburguesas de puerco cocidas. Las fracciones proteicas inhibieron la presencia de este compuesto a lo largo de todo el almacenamiento. En el día 0 se aprecia que heptanal solo aparece en las muestras control y las muestras adicionadas con H. No se encontraron diferencias significativas entre estos valores iniciales ($p > 0.05$). Los tratamientos de BHT y R lograron retardar la aparición de heptanal hasta el tercer día de almacenamiento y mantuvieron los valores de este compuesto constantes hasta el final del almacenamiento. Estos valores fueron significativamente menores que los obtenidos para la muestra control ($p < 0.05$). Las muestras tratadas con H no presentan cambios en la concentración de heptanal durante el tiempo ($p > 0.05$).

Octanal

La concentración del compuesto volátil octanal se muestra en la Figura 14 (b). Con valores estadísticamente iguales, los tratamientos que contenían este compuesto desde el inicio del almacenamiento fueron H, F1 y las muestras control. Los antioxidantes F2, R y BHT, mostraron la habilidad de inhibir la formación de este volátil hasta el día 3. Al concluir el almacenamiento, todos los tratamientos antioxidantes lograron mantener sin cambio la concentración de octanal, la cual fue significativamente menor a la presentada por las muestras control ($p < 0.05$). Las fracciones proteicas, al igual que R, fueron los tratamientos que mantuvieron los valores más bajos de octanal a lo largo del almacenamiento.

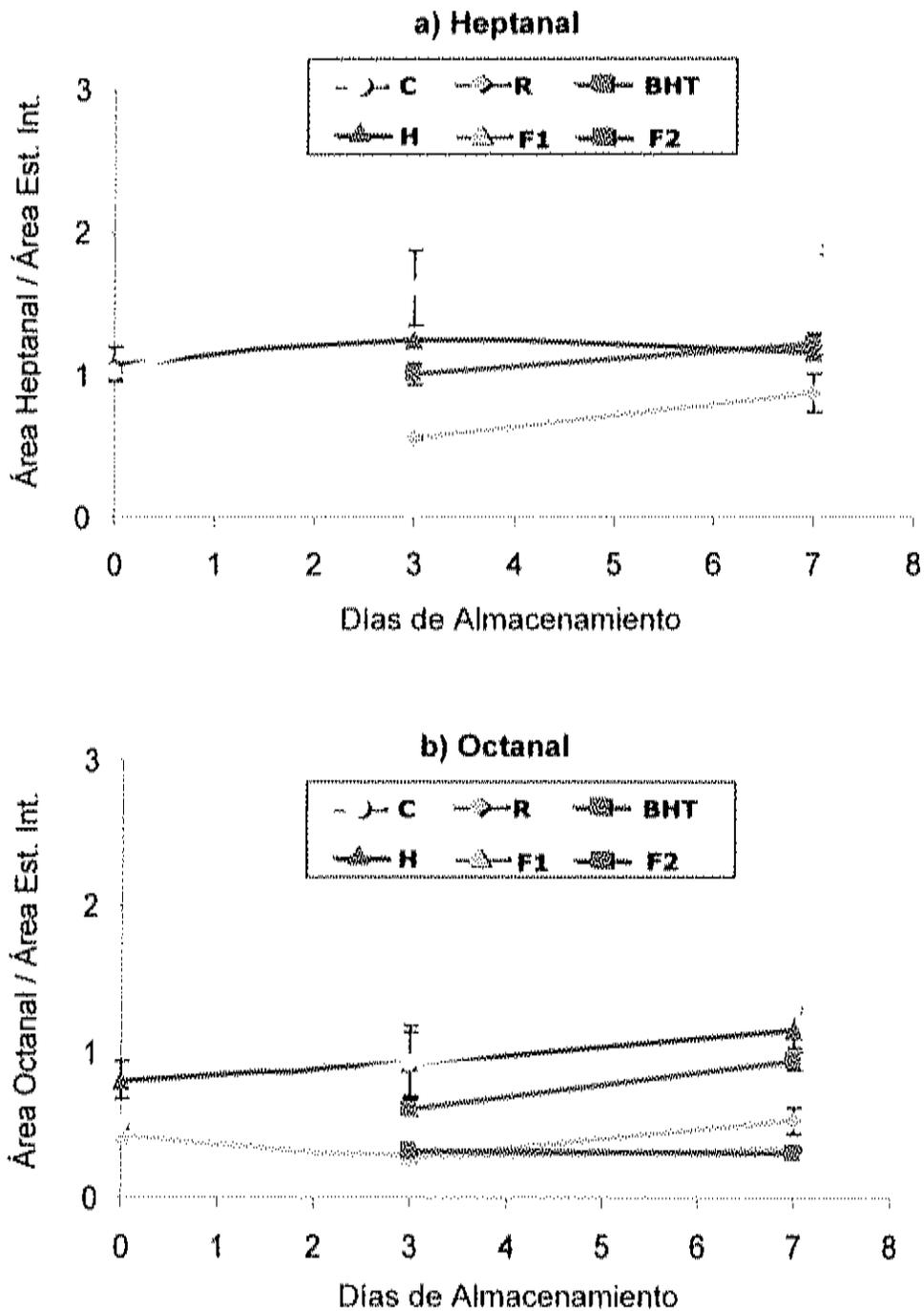


Figura 14. Comportamiento de heptanal (a) y octanal (b) durante el almacenamiento de hamburguesas cocidas. Promedio \pm error estándar.

Nonanal

En la Figura 15 se muestran los cambios en el contenido de nonanal en los diferentes tratamientos antioxidativos aplicados a las hamburguesas y en muestras control. El nonanal fue encontrado con valores similares ($p > 0.05$) en muestras control y muestras adicionadas con H desde el inicio del almacenamiento. En el tercer día de almacenamiento se observa la aparición de nonanal en las hamburguesas tratadas con las fracciones proteicas, mostrando valores menores a las muestras adicionadas con H ($p < 0.05$). Además los tratamientos con las fracciones proteicas mantuvieron estos valores de nonanal constantes ($p > 0.05$) hasta el final del almacenamiento, mostrando una concentración significativamente menor ($p < 0.05$) comparada con las muestras control. Las hamburguesas tratadas con BHT y R inhibieron la aparición de este volátil hasta día 7.

Nonanal es de los compuestos volátiles encontrado en la carne cocida y refrigerada desde el inicio del almacenamiento (Elmore et al., 2000a), en contraste con el presente estudio, la formación de nonanal fue inhibida hasta el tercer día por las fracciones proteicas.

Meynier et al., (1998) monitorearon a través del tiempo (0, 5 y 22 horas), el perfil de compuestos volátiles derivados de los fosfolípidos de carne de puerco oxidada. Los volátiles fueron analizados por el método de purga y trampa. En este estudio se encontró a hexanal como el mayor compuesto volátil responsable de la oxidación de los fosfolípidos y compuestos como pentanal, heptanal, octanal y nonanal fueron encontrados en menor cantidad. Dicho estudio concuerda con el presente trabajo, a pesar que de que la metodología de extracción de los compuestos volátiles fue diferente.

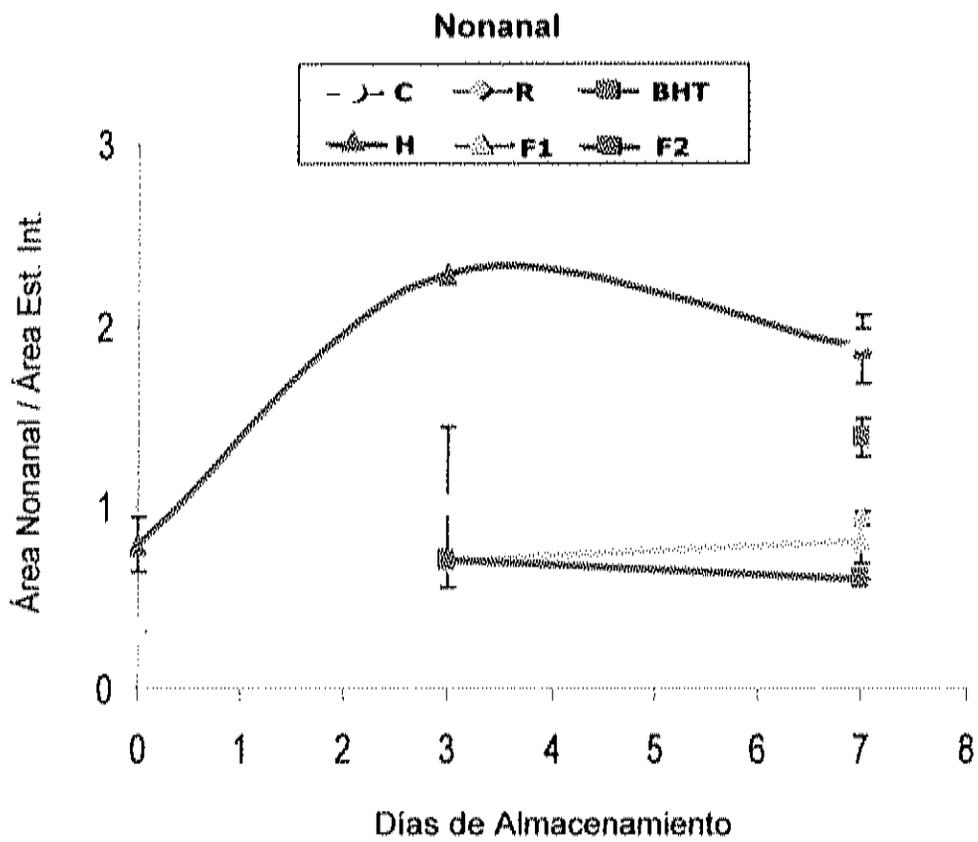


Figura 15. Comportamiento de nonanal durante el almacenamiento de hamburguesas cocidas. Promedio \pm error estándar.

Compuesto A y B

Al analizar los cromatogramas de todos los tratamientos evaluados se observó la aparición de dos compuestos no identificados después de presentarse el pico de heptanal. Estos compuestos se designaron con las letras A, el cual surgió en un tiempo de retención de 25.6 min y B, en un tiempo de retención de 25.9 min.

Basados en la literatura se puede inferir que uno de estos compuestos podría ser el 2,3-octanediona, debido a que este compuesto generalmente emigra después de salir el pico característico de heptanal (Spanler et al., 1988; St Angelo, 1996). Además, el 2,3-octanediona, junto con el hexanal, es uno de los volátiles que se presentan en mayor proporción en carnes que han desarrollado SRC.

El comportamiento del compuesto A en hamburguesas de puerco es presentado en la Figura 16 (a). Los tratamientos BHT, R y F2 detiene la producción de A hasta el tercer día de almacenamiento. Las muestras que presentaron la aparición de este compuesto desde el inicio del almacenamiento fueron las de los tratamientos control, H y F1. Independientemente del tratamiento, no existen diferencias significativas en la concentración inicial de A.

En el día 3 se presentó un incremento significativo ($p < 0.05$) en los valores del compuesto A, respecto al día 0, para las muestras tratadas con H y las control. Las fracciones proteicas y el extracto de romero mantuvieron los valores mas bajos para A ($p < 0.05$). Las hamburguesas tratadas con BHT y las control mostraron contenidos iguales para este compuesto ($p > 0.05$), los cuales fueron significativamente menor que los obtenidos con el tratamiento H. Al concluir el almacenamiento, las fracciones proteicas lograron mantener la concentración mas baja del compuesto A ($p < 0.05$).

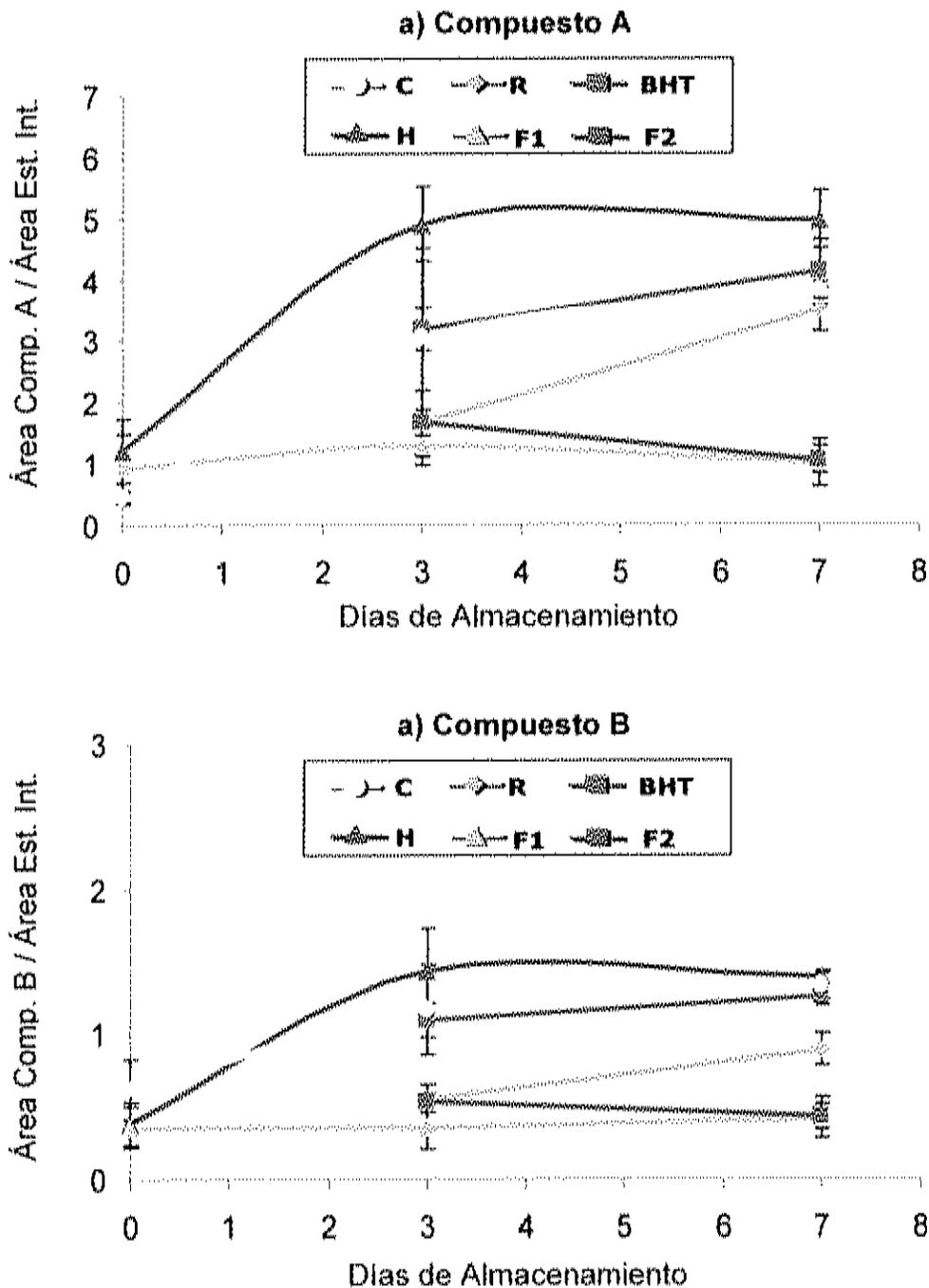


Figura 16. Comportamiento de compuesto A (a) y B (b) durante el almacenamiento de hamburguesas cocidas. Promedio \pm error estándar.

Los cambios obtenidos para el compuesto B se pueden observar en la Figura 16 (b). Al inicio del almacenamiento se encontró la presencia de B en muestras con los tratamientos control, H y F1, siendo sus valores estadísticamente iguales. El compuesto B fue detectado en las muestras tratadas con R, BHT y F2 a partir del tercer día. Cabe mencionar que la concentración de este compuesto se mantuvo constante a lo largo del almacenamiento, independientemente del tratamiento aplicado. Sin embargo, los productos tratados con las fracciones proteicas mostraron los valores mas bajos al final del almacenamiento ($p < 0.05$).

Análisis de Correlación

Se llevó a cabo un análisis de correlación entre los descriptores de la evaluación sensorial, compuestos volátiles responsables del sabor a recalentado (SRC) y concentración de TBARS medidos en hamburguesas de puerco.

En el Cuadro 7 se muestra la correlación que existe entre los descriptores del análisis sensorial y los compuestos volátiles con TBARS. Todos los descriptores sensoriales correlacionaron significativamente con TBARS ($p < 0.05$), así mismo, los compuestos volátiles hexanal, nonanal, compuesto A y compuesto B. Los valores positivos nos indican que conforme aumenta el valor de los descriptores del sensorial y los compuestos volátiles hay un aumento en la concentración de TBARS. De manera contraria ocurre en los valores negativos. En la investigación realizada por Spanier et al. (1992) reportaron una correlación significativa y alta para los descriptores "sabor a acartonado" y "sabor a rancio" con TBARS en carne de res.

Cuadro 7. Coeficientes de correlación (r) entre descriptores de análisis sensorial y volátiles responsables del SRC con TBARS en hamburguesas de puerco cocidas.

Variable	TBARS
Olor Fresco	-0.86*
Sabor Fresco	-0.84*
Olor Metálico	0.85*
Sabor Metálico	0.76*
Olor Acartonado	0.87*
Sabor Acartonado	0.88*
Olor Rancio	0.95*
Sabor Rancio	0.94*
Pentanal	0.37
Hexanal	0.80*
Heptanal	0.42
Octanal	0.52
Nonanal	0.60*
Compuesto A	0.67*
Compuesto B	0.87*

*Coeficientes de correlación significativos ($p < 0.05$)

A y B: compuestos volátiles no identificados, con tiempos de retención de 25.6 y 25.9 respectivamente.

Existen estudios donde se han encontrado correlaciones significativas entre hexanal y TBARS ($p < 0.05$) en miofibrillas de pollo secas y congeladas (Goodridge et al., 2003), carne de pavo cocida (Brunton et al., 2000) y en carne de puerco precocida (Nielsen et al., 1997).

Brunton et al., (2000) evaluaron el contenido de pentanal y hexanal por MEFS-CG en carne de pavo cocida, ellos encontraron un coeficiente de correlación de 0.98 entre TBARS y pentanal. Lo anterior contrasta con el presente estudio, debido a que no se obtuvieron correlaciones significativas entre TBARS y pentanal. Esta diferencia puede deberse principalmente a la fuente cárnica y a los diferentes tipos de cocción implementados en ambos trabajos. La carne de pavo generalmente contiene una concentración mayor de ácidos grasos poliinsaturados, tanto de cadena larga como intermedia, en comparación con la carne de puerco (Rhee et al., 1996). Aunado con el método de cocción, la oxidación de los ácidos grasos de cadena larga puede producir pentanal como uno de sus principales compuestos de degradación (Frankel, 1996b).

En el Cuadro 8 se muestran los coeficientes de correlación entre los descriptores del análisis sensorial y compuestos volátiles encontrados en carne de puerco cocida que presentaba SRC. Los compuestos volátiles que presentaron correlaciones significativas ($p < 0.05$) con los descriptores del análisis sensorial fueron hexanal, octanal, nonanal, y compuesto A y B. Los compuestos volátiles como pentanal y heptanal no presentaron correlaciones significativas con el análisis sensorial.

El compuesto B correlacionó significativamente con todos los descriptores del análisis sensorial, además fue el que presentó las correlaciones más altas. Así mismo, el compuesto A y hexanal correlacionaron significativamente con todos los descriptores con excepción de S M. Sin

Cuadro 8. Coeficientes de correlación (r) entre descriptores de análisis sensorial y volátiles responsables del SRC en hamburguesas de puerco cocidas.

	Pentanal	Hexanal	Heptanal	Octanal	Nonanal	A	B
OF	-0.31	-0.80*	-0.23	-0.31	-0.52	-0.77*	-0.85*
SF	-0.33	-0.80*	-0.22	-0.31	-0.56*	-0.82*	-0.86*
OM	0.39	0.62*	0.47	0.58*	0.52	0.56*	0.78*
SM	0.27	0.45	0.40	0.50	0.31	0.28	0.58*
OA	0.44	0.89*	0.38	0.49	0.61*	0.76*	0.88*
SA	0.40	0.84*	0.34	0.43	0.50	0.66*	0.83*
OR	0.44	0.81*	0.40	0.53*	0.61*	0.73*	0.90*
SR	0.51	0.85*	0.44	0.60*	0.66*	0.75*	0.91*

*Coeficientes de correlación significativos ($p < 0.05$)

Descriptores: OF (olor fresco), SF (sabor fresco), OM (olor metálico), SM (sabor metálico), OA (olor acartonado), SA (sabor acartonado), OR (olor rancio) y SR (sabor rancio).

A y B: compuestos volátiles no identificados, con tiempos de retención de 25.6 y 25.9 respectivamente.

embargo, el compuesto A presento correlaciones menores a las de hexanal. Octanal solo correlaciono con OM, OR y SR y nonanal con SF, OA, OR y SR.

Existen estudios donde se ha observado una correlación positiva significativa entre hexanal y sabor-olor a rancio en carne de res cocida (Spanier et al., 1988) y en carne de pavo y puerco cocida (Vara-Ubol y Bowers, 2002). Así como en el presente estudio, St. Angelo et al., (1990) encontraron correlaciones negativas significativas entre hexanal y el aroma característico de carne recién cocida en pavo y puerco. Estos datos indican que conforme hay un aumento en el contenido de hexanal los olores y sabores deseables de la carne disminuyen.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A las concentraciones utilizadas en el presente estudio las fracciones proteicas al igual que BHT y R lograron mantener la estabilidad oxidativa durante el almacenamiento en hamburguesas de puerco cocidas. Además no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos proteicos (H, F1 y F2) para inhibir la oxidación. Sin embargo, estos tratamientos no fueron más efectivos que el extracto de romero para inhibir la formación de TBARS a lo largo del almacenamiento.

Los panelistas detectaron la desaparición del olor y sabor fresco desde el día 1, dando origen a la aparición de los descriptores para sabor a recalentado (metálico, acartonado y rancio) a partir del tercer día en muestras control y las adicionadas con los tratamientos proteicos y BHT. De manera contraria, las muestras con extracto de romero lograron mantener el olor fresco hasta el tercer día de almacenamiento, retardaron la aparición de los olores y sabores responsables de SRC.

Se recomienda probar los tratamientos proteicos a concentraciones más elevadas para evaluar si es posible incrementar su potencial antioxidante; y así disminuir el deterioro de los parámetros químicos y sensoriales durante el almacenamiento en refrigeración de productos cárnicos cocidos.

Por otro lado, los compuestos volátiles responsables de SRC en las hamburguesas, que se observaron desde el inicio del almacenamiento, fueron pentanal y hexanal. Además se encontraron en las muestras: heptanal, octanal, nonanal y dos compuestos no identificados (A y B). Las fracciones proteicas inhibieron en mayor porcentaje la producción de hexanal en las hamburguesas en comparación con las muestras control y las tratadas con BHT y H. Además inhibieron la formación de heptanal. Al final del almacenamiento, dichas

fracciones exhibieron una habilidad similar a la de R para inhibir la formación de volátiles responsables de SRC en las hamburguesas. Se recomienda realizar análisis de espectrometría de masas para verificar los compuestos volátiles identificados con los estándares, así como identificar los compuestos A y B.

Se encontró una correlación significativa de los volátiles hexanal, nonanal, compuesto A y B con TBARS, de igual manera con todos los descriptores de SRC. Todos los volátiles encontrados, a excepción de pentanal y heptanal correlacionaron significativamente con los descriptores del análisis sensorial.

BIBLIOGRAFÍA

- Abd-El-Alim, S.S.L, Lugasi, A., Hovari, J., y Dworschak, E. (1999). Culinary herbs inhibit lipid oxidation in raw and cooked minced meat patties during storage. *J. Sci. Food Agric.*, 79: 277-285.
- Adegoke, G.O., Kumar, M.V., Krishna, A.G., Varadaraj, M.C., Sambajah, K., y Lokesh, B. R. (1998). Antioxidants and lipid oxidation in foods. *J. Food Sci. Technol.*, 4: 283-298.
- Allen, J.C. y Hamilton, R.J. (1999). Rancidity in foods. 3^{ra} Edición. Ed. An Aspen Publication. Great Britain. pp. 8-9.
- Ahn, D.U., Olson, D.G., Jo, C., Chen, J., Wu, J., Lee, J. I. (1998). Packaging and irradiation effects on lipid oxidation and volatiles in cooked pork patties. *J. Food Sci.*, 63: 15-19.
- Ahn, D.U. y Olson, D.G. (2003). Volatile production and lipid oxidation of irradiated cooked sausage with different packaging. En línea: <http://www.extension.iastate.edu/Pages/ansci/swinereports/asl-1622.pdf>
- Badui, D. S. (1997). Lípidos. En: Química de los alimentos. México. Alambra, Mexicana.
- Beltrán, E., Pla, R., Yuste, J., Mor-Mur, M. (2003). Lipid oxidation of pressurized and cooked chicken: role of sodium chloride and mechanical processing on TBARS and hexanal values. *Meat Sci.*, 64: 19-25.
- Brunton, N. P., Cronin, D. A., Monahan, F. J., Durcan, R. (2000). A comparison of solid-phase microextraction (SPME) fibres for measurement of hexanal and pentanal in cooked turkey. *Food Chem.*, 68: 339-345.
- Buckley, C.J., Gray, J.I., Ashghar, A., Price, J.F., Crackel, R.L., Booren, A.M., Pearson, A.M., y Miller, E.R. (1989). Effects of dietary antioxidants and

- oxidized oil on membraneal lipid stability and pork product quality. *J. Food Sci.*, 54: 1193-1197.
- Byrne, D. V., O'Sullivan, M. G., Dijksterhuis, G. B., Bredie, W. L. P., Marlens, M. (2001). Sensory panel consistency during development of a vocabulary for warmed-over flavour. *Food Quality and Preference*. 12: 171-187.
- Byrne, D. V., Bredie, W. L. P., Mottram, D. S., Marlens, M. (2002). Sensory and chemical investigations on the effect of oven cooking on warmed-over flavour development in chicken meat. *Meat Sci.*, 61:127-139.
- Chan, W. K. M., Decker, E. A., Lee, J. B., Butterfield, D. A. (1994). EPR spin-trapping studies of the hydroxyl radical scavenging activity of carnosine and related dipeptides. *J. Agric. Food Chem.*, 42:1407-1410.
- Chen, C.C., Muramoto, K., y Yamauchi, F. (1995). Structural analysis of antioxidants peptides from soybean β -conglycinin. *J. Agric. Food Chem.*, 43: 574-578.
- Chen, H-M., Muramoto, K., Yamauchi, F., Nokihara, K. (1996). Antioxidant activity of designed peptides based on the antioxidative peptide isolated from digests of a soybean protein. *J. Agric. Food Chem.*, 44: 2619-2623.
- Chen, C.C., Muramoto, K., Yamauchi, F., Fujimoto, K., y Nokihara, K. (1998). Antioxidants properties of histidine-containing peptides designed from peptide fragments found in the digest of a soybean protein. *J. Agric. Food Chem.*, 46: 49-53.
- Chin, H. W., Bernhard, R. A., Rosenberg, M. (1996). Solid phase microextraction for cheese volatile compound analysis. *J. of Food Sci.*, 61: 1118-1122.
- Colbert, L.B. y Decker, E.A. (1991). Antioxidant activity of an ultrafiltration permeate from acid whey. *J. Food Sci.*, 56: 1248-1250.

- Crackel, R.L., Gray, J.I., Pearson, A.M., Booren, A.M., y Buckley, D.J. (1988). Some further observations on the TBA test as an index of lipid oxidation in meat. *Food Chem.*, 28: 187-196.
- Cross, H.R., Leu, R., y Miller, M.F. (1987). Scope of warmed-over flavor and its importance to the meat industry. In "Warmed-Over Flavor of Meat", St. Angelo, A.J. y Bailey, M.E. (eds.). Ed. Academic Press, Inc. New York.
- Decker, E.A. y Xu, Z. (1998). Minimizing rancidity in muscle food. *Food Technol.*, 52:54-59.
- Decker, E. A., Faustman, C., Lopez-Bote, C. J. (2000). Antioxidants in muscle foods. 1a. Edición. Ed. Wiley-Interscience. pp. 449. USA.
- Decker, E. A., Mei, L. C. (1996). Antioxidant mechanisms and applications in muscle foods. 49th Annual Reciprocal Meat Conference. pp. 64-72.
- Elmore, J. S., Mottram, D. S., y Hierro, E. (2000a). Two-fibre solid-phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry for the analysis of volatile aroma compounds in cooked pork. *J. Chromatogr. A.*, 905: 233-240.
- Elmore, J. S., Mottram, D. S., Enser, M., Wood, J. D. (2000b). The effects of diet and breed on the volatile compounds of cooked lamb. *Meat Sci.*, 55: 149-159.
- Formanek, Z., Kerry, J.P., Higgins, F.M., Buckley, D.J., Morrissey, P.A., y Farkas, J. (2001). Addition of synthetic and natural antioxidants to α -tocopherol acetate supplemented beef patties: effects of antioxidants and packaging on lipid oxidation. *Meat Sci.*, 58:337-341.
- Frankel, E. N. (1996a). Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. *Food Chem.*, 57:51-55.
- Frankel, E. N. (1996b). Lipid oxidation. The Oily Press, Dundee, Scotland.
- González-Córdova, A. F. (1999). Detección de la rancidez hidrolítica en leche por medio de la correlación de datos analíticos y sensoriales.

- Goodridge, C. F., Beaudry, R. M., Pestka, J. J., y Smith, D. M. (2003). Solid phase microextraction-gas chromatography for quantifying headspace hexanal above freeze-dried chicken myofibrils. *J. Agric. Food Chem.*, 51: 4185-4190.
- Gros, J. N., Howat, P. M., Younathan, M. T., Saxton, A. M., McMillin, K. W. (1986). Warmed-over flavor development in beef patties prepared by three dry heat methods. *J. of Food Sci.*, 51:1152-1155.
- Hattori, M., Yamaji-Tsukamoto, K., Kumagai, H., Feng, Y., Takahashi, K. (1998). Antioxidative activity of soluble elastin peptides. *J. Agric. Food Chem.*, 46:2167-2170.
- Huang, H. W. y Greene, B. (1978). Effects of cooking method on TBA numbers of stored beef. *J. of Food Sci.*, 43: 1201-1203.
- Igene, J. O., Yamauchi, K., Pearson, A. M., Gray, J. I., Aust, S. D. (1985). Evaluation of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in relation to warmed-over flavor (WOF) development in cooked chicken. *J. Agric. Food Chem.*, 33:364-367.
- Jelen, H. H., Wlazly, K., Wasowicz, E., Kaminski, E. (1998). Solid-phase microextraction for the analysis of some alcohols and esters in beer: comparison with static headspace method. *J. Agric. Food Chem.*, 46:1469-1473.
- Jiménez-Ruiz, E. I., (2004). Obtención y caracterización parcial de peptidos antioxidantes de proteína de soya hidrolizada. (En Prensa).
- Kanner, J. (1994). Oxidative process in meat and products: quality implications. *Meat Sci.*, 36: 169-189.
- Karpinska, M., Borowski, J., y Danowska-Oziewicz, M. (2001). The use of antioxidants in ready-to-serve food. *Food Chem.*, 72: 5-9.
- Kerler, J. y Grosch, W. (1996). Odorants contributing to warmed-over flavor (WOF) of refrigerated caged beef. *J. of Food Sci.*, 61:1271-1274.

- Ladikos, D. y Lougovois, V. (1990). Lipid oxidation in muscle foods: A review. *Food Chem.*, 35: 295-314.
- Love, J. (1988). Sensory analysis of warmed-over flavor in meat. *Food Technol.*, 46: 140-143.
- Mansour, E.H. y Khalil, A.H. (2000). Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their applications to ground beef patties. *Food Chem.*, 69: 135-141.
- McCarthy, T.L., Kerry, J.P., Kerry, J.F., Lynch, P.B., y Buckley, D.J. (2001a). Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties. *Meat Sci.*, 57: 45-52.
- McCarthy, T.L., Kerry, J.P., Kerry, J.F., Lynch, P.B., y Buckley, D.J. (2001b). Assessment of the antioxidant potential of natural food and plant extracts in fresh and previously frozen pork patties. *Meat Sci.*, 57: 177-184.
- Mei, L., Crum, A. D., Decker, E. A. (1994). Development of lipid oxidation and inactivation of antioxidant enzymes in cooked pork and beef. *J. of Food Lip.*, 1: 273-283.
- Meynier, A., Genot, C., y Gandemer. (1998). Volatile compounds of oxidized pork phospholipids. *JAOCS.*, 75: 1-7.
- Mielche, M. M. y Bertelsen, G. (1994). Approaches to the prevention of warmed-over flavour. *Trends in Food Sci. & Technol.*, 5:322-327.
- Min, D.B. y Lee, H.-O. (1999). Chemistry of lipid oxidation. In Flavor Chemistry. Teranishi, R., Wick, E.L., y Horntein, I. (eds.). Ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York. pp. 181.
- Monahan, (2000). In Antioxidants in muscle foods. Decker, E. A., Faustman, C., Lopez-Bote, C. J. (eds.). 1a. Edición. Ed. Wiley-Interscience. USA.
- Mottram, D. S. (1998). Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chem.*, 62:415-424.

- Nawar, W.W. (1996). Lipids. In Food Chemistry. Fennema, O. R. (ed). 3^{ra}. Edición. Ed. Marcel Dekker, Inc. New York, pp. 780-781.
- Nielsen, H.J., Sørensen, B., Skibsted, H.L., y Bertelsen, G. (1997). Oxidation in Pre-cooked minced pork as influenced by chill storage of raw muscle. *Meat Sci.*, 46: 191-197.
- O'Neill, L. M., Galvin, K., Morrissey, P. A., Buckley D. J. (1998). Inhibition of lipid oxidation in chicken by carnosine and dietary alfa-tocopherol supplementation and its determination by derivative spectrophotometry. *Meat Sci.*, 50:479-488.
- O'Sullivan, C. M., Lynch, A-M, Lynch, P. B., Buckley, D. J., Kerry, J. P. (2004). Assessment of the antioxidant potencial of food ingredients in fresh, previously frozen and cooked chicken patties. *J. of Poultry Sci.*, 3: 337-344.
- Pedrero, D. L. y Pangborn, R. M. (1989). Evaluación sensorial de los alimentos. Ed. Alambra Mexicana, S. A. de C. V. México.
- Peña-Ramos, E. A. (2001). Antioxidant activity of hydrolyzed whey and soy proteins.
- Peña-Ramos, E.A. y Xiong, Y.L. (2001). Antioxidant activity of whey protein hydrolysates in a liposomal system. *J. Dairy Sci.*, 84: 2577-2583.
- Peña-Ramos, E.A. y Xiong, Y.L. (2002). Antioxidant activity of whey protein hydrolysates in a liposomal system. *J. Food Sci.*, 67: 2952-2956.
- Peña-Ramos, E.A. y Xiong, Y.L. (2003). Whey and soy protein hydrolysates inhibit lipid oxidation in cooked pork patties. *Meat Sci.*, 64: 259-263.
- Peña-Ramos, E.A.; Xiong, Y. L.; Arteaga, G.E. (2004). Fractionation and characterisation for antioxidant activity of hydrolysed whey protein. *J. Sci. Food Agric.* (in press).
- Pokorny, J., Yanishlieva, N., Gordon, M. (2001). Antioxidants in food. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, England.

- Postle, L. M., Willemot, C., Butler, G., Patterson, C. (1986). Sensory aroma scores and TBA values as indices of warmed-over flavor in pork. *J. of Food Sci.* 51:886-888.
- Prior, E. y Lölliger, J. (1999). En Spectrophotometric and chromatographic assays. Capítulo 6. Del libro Rancidity in foods, por Allen, J. C., Hamilton, R. J. 3^{ra} Ed.
- Rhee, K. S., Anderson, L. M., Sams, A. R. (1996). Lipid oxidation potential of beef, chicken, and pork. *J. of Food Sci.*, 61:8-12.
- Roberts, D. D., Pollien, P., Milo, C. (2000). Solid-phase microextraction method development for headspace analysis of volatile flavor compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 48:2430-2437.
- Sahoo, J. y Verma, S.P. (1999). Oxidative problems in meat and meat products and use of antioxidant vitamins. *J. Food Sci. Technol.*, 36: 487-499.
- Sánchez-Escalante, A., Djenane, D., Torrescano, G., Giménez, B., Beltrán, J. A., Roncalés, P. (2003). Evaluation of the antioxidant ability of hidrazine-purified and untreated comercial carnosine in beef patties. *Meat Sci.*, 64: 59-67.
- Sánchez, B. G. Y. (2002). Caracterización del sabor desagradable en el músculo de calamar gigante (*Dosicus gigas*) del golfo de california.
- Shirey, R. (2000). Optimization of extraction conditions for low-molecular-weight analytes using SPME. *J. Chrom. Sci.*, 38: 109-116.
- Sikorski, Z. E y Kolakowska, A. (2003). Chemical and functional properties of food lipids. CRR Press.
- Sortwell, D.R. (1997). Selección y uso de antioxidantes fenólicos. *Industria Alimenticia*, 8: 32-35.
- Spanier, A. M., Edwards, J. V., Dupuy, H. P. (1988). *Food Technol.*, 110-118.

- Spanier, A. M., Vercellotti, J. R., JR, J. (1992). Correlation of sensory, instrumental and chemical attributes of beef as influenced by meat structure and oxygen exclusion. *J. of Food Sci.*, 57: 10-15.
- St. Angelo, A. J., Vercellotti, J. R., Legendre, M. G., Vinnett, C. H., Kuan, J. W., James, C., Dupuy, H. P. (1987). Chemical and instrumental analyses of warmed-over flavor in beef. *J. of Food Sci.*, 52:1163-1168.
- St. Angelo, A. J., Vercellotti, J. R., Dupuy, H. P., Spanier, A. M. (1988). *Food Technol.*, 133-138.
- St. Angelo, A.J., Crippen, K. L., Dupuy, H. P., JR, J. C. (1990). Chemical and sensory studies of antioxidant-treated beef. *J. of Food Sci.*, 55: 1501-1505.
- St. Angelo, A.J. (1996). Lipid oxidation in foods. *CRC Critical Review of Food Science and Nutrition*, 36: 175-224.
- Stryer, L. (1995). Bioquímica. 4^{ta}. Edición. Ed. Reverte.
- Tang, S., Kerry, J.P., Sheedan, D., Buckley, D. J., y Morrissey, P.A. (2001). Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility of cooked red meat, poultry and fish patties to lipid oxidation. *Food Res. Intl.*, 34: 651-657.
- Tim, M.J. y Watts, B.M. (1958). Production of cooked meats with phosphates. *Food Technol.*, 12: 240-243.
- Tong, L.M., Sasaki, S., McClements, D.J., y Decker, E.A. (2000a). Mechanisms of the antioxidant activity of a high molecular weight fraction of whey. *J. Agric. Food Chem.*, 48: 1473-1478.
- Tong, L.M., Sasaki, S., McClements, D.J., y Decker, E.A. (2000b). Antioxidant activity of whey in a salmon oil emulsion. *J. Food Sci.*, 65: 1325-1329.
- Vara-Ubol, S. y Bowers, J.A. (2002). Inhibition of oxidative flavor changes in meat by α -tocopherol in combination with sodium tripolyphosphate. *J. Food Sci.*, 67: 1300-1307.

- Vichi, S., Castellote, A. I., Pizzale, L., Conte, L. S., Buxaderas, S., López-Tamames, E. (2002). Analysis of virgin olive oil volatile compounds by headspace solid-phase microextraction coupled to gas chromatography with mass spectrometric and flame ionization detection. *J. Chromatogr. A.*, 905: 233-240.
- Wilson, B.R., Pearson, A.M., y Shorland, F.B. (1976). Effect of total lipids and phospholipids on warmed-over flavour in red and white muscles from several species as measured by thiobarbituric acid analysis. *J. Agric. Food Chem.*, 24: 7-11.
- Woyewoda, A. D., Shaw, S. J., Ke, P. J., Burns, B. G. (1986). Recommended laboratory methods for assessment of fish quality. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. No. 1448.
- Wu, S.U. y Brewer, M.S. (1994). Soy protein isolate antioxidant effect on lipid peroxidation of ground beef and microsomal lipids. *J. Food Sci.*, 59:702-706.
- Wu, T. C. y Sheldon, B. W. (1988). Flavor components and factors associated with the development of off-flavors in cooked turkey rolls. *J. of food Sci.*, 53: 49-54.
- Xiong, Y.L. y Decker, E.A. (1995). Alterations of muscle protein functionality by oxidative and antioxidative processes. *J. of Muscle Foods*, 6: 139-160.
- Xiong, Y.L., Ho, C., y Shahidi, F. (1999). Quality characteristics of muscle foods: an overview. In Quality attributes of muscle foods. Xiong, Y.L., Ho, C., y Shahidi, F. (eds.). Cap. 1, Ed. Kluwer Academic / Plenum Publishers. New York. pp. 6.
- Yang, A., Brewster, M. J., Beilken, S. L., Lanari, M. C., Taylor, D. G., Tume, R. K. (2002). Warmed-Over Flavor and Lipid Stability of Beef: Effects of Prior Nutrition. *J. of Food Sci.*, 67: 3309-3313.

- Yanishlieva, N. (2001). Inhibiting oxidation. *Antioxidants in Food*, J. Pokorny, N. Yanishlieva and M. Gordon, p. 22-70, Woodhead Publishing Limited., 1^{era} edición.
- Yen, G., Chen, H., y Lee, C. (1999). Measurement of antioxidative activity in metal ion-induced lipid peroxidation system. *J. Agric. Food Chem.*, 79: 1213-1217.

APÉNDICE 1

CUESTIONARIO DE PRESELECCIÓN PARA PANEL SENSORIAL

I. DATOS PERSONALES

Nombre _____

Dirección _____

Teléfono _____

II. TIEMPO DISPONIBLE

1. Que días de Lunes a Viernes tiene usted disponible para participar en el entrenamiento de un panel sensorial _____
2. Planea usted salir de la ciudad entre Marzo y Mayo del 2004 _____

III. DATOS DE SALUD

1. Diga si usted padece alguna de estas enfermedades:

Diabetes _____
Hipoglicemia _____
Alergia a algún alimento _____
Hipertensión _____

2. Acostumbra usted tomar algún medicamento que afecte sus sentidos, especialmente sabor y olor _____

IV. HABITOS ALIMENTICIOS

1. Está actualmente bajo régimen dietético riguroso?. Si es afirmativo, por favor explique; _____

En el espacio de un mes:

2. ¿Qué tan a menudo come usted fuera de su casa?
3. ¿Qué tan seguido se alimenta de comida rápida?
4. ¿Qué tan seguido se alimenta de comida congelada?
5. ¿Cuáles son sus comidas favoritas?
6. ¿Cuáles son sus comidas menos favoritas?
7. ¿Qué alimentos puede usted comer?
8. ¿Qué alimentos no acepta usted comer?
9. ¿Qué tan a menudo consume picante?
10. ¿Qué alimentos le gusta comer con picante?
11. Si usted acostumbra fumar cigarrillos, que tan a menudo lo hace?

12. Consume habitualmente carne?

13. Ordene las especies cárnicas que consume con mayor frecuencia.

14. Presenta objeción por el consumo de alguna de estas especies cárnicas?

15. Su habilidad para distinguir olor y sabor con respecto a otras personas es:

	Olor	Sabor
Mejor que el promedio	_____	_____
Promedio	_____	_____
Abajo del promedio	_____	_____

V. QUIZ DE SABOR

Si en una receta le señalan utilizar orégano y no lo tiene, ¿qué utilizaría?

¿Qué alimentos le saben parecido al Yogurt?

¿Cómo describe usted la diferencia entre sabor y aroma?

Describa usted alguno de los sabores que encuentra en la mayonesa:

Describa usted alguno de los sabores que encuentra en Salchicha:

Describa alguno de los sabores que encuentra en el cereal Corn Flakes:

Describa usted alguno de los sabores que encuentra en el Queso Chihuahua:

APÉNDICE 2

EVALUACIÓN SENSORIAL

NOMBRE _____ FECHA _____

INSTRUCCIONES:

1. Consuma un poco de galleta y agua antes de iniciar, al igual entre cada una de las muestras para eliminar sabores remanentes.
2. Evalúe el olor y posteriormente el sabor que detecta en cada una de las muestras, marcando con una (X) la intensidad de los mismos.

MUESTRA _____	Fresco		Metálico		Acartonado		Rancio	
	Olor	Sabor	Olor	Sabor	Olor	Sabor	Olor	Sabor
Extremadamente	()	()	()	()	()	()	()	()
Mucho	()	()	()	()	()	()	()	()
Moderado	()	()	()	()	()	()	()	()
Muy Poco	()	()	()	()	()	()	()	()
Nada	()	()	()	()	()	()	()	()

MUESTRA _____	Fresco		Metálico		Acartonado		Rancio	
	Olor	Sabor	Olor	Sabor	Olor	Sabor	Olor	Sabor
Extremadamente	()	()	()	()	()	()	()	()
Mucho	()	()	()	()	()	()	()	()
Moderado	()	()	()	()	()	()	()	()
Muy Poco	()	()	()	()	()	()	()	()
Nada	()	()	()	()	()	()	()	()

MUESTRA _____	Fresco		Metálico		Acartonado		Rancio	
	Olor	Sabor	Olor	Sabor	Olor	Sabor	Olor	Sabor
Extremadamente	()	()	()	()	()	()	()	()
Mucho	()	()	()	()	()	()	()	()
Moderado	()	()	()	()	()	()	()	()
Muy Poco	()	()	()	()	()	()	()	()
Nada	()	()	()	()	()	()	()	()

COMENTARIOS _____