

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE INGENIERIA EN ALIMENTOS

**Efecto de la Adición de Palmitato de Ascorbilo en la
Estabilidad Oxidativa de Hojuelas de Papas, elaboradas con
Aceite de Colza var. Canola (*Brassica spp*)**

Tesis presentada como parte de los
requisitos para optar al grado de
Licenciado en Ingeniería en Alimentos

Luis Rodrigo Torres Farfan

VALDIVIA – CHILE

2004

*A mi familia, Luis, Gloria, Claudia,
Alejandro, Camilo y Valentina por
Todo su cariño y ayuda*

PROFESOR PATROCINANTE

Sr. Fernando Figuerola Rivas
Ingeniero Agrónomo, M.S. Food Science
Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICYTAL)

PROFESOR COPATROCINANTE

Sra. Lilia Masson Salaue
Químico Farmacéutico
Departamento de Ciencia de los alimentos y Tecnología Química
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas
Universidad de Chile

PROFESOR INFORMANTE

Sr. Manuel Pinto Covarruvas
Profesor de Química, M.S. Food Science
Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICYTAL)

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Alteración de las hojuelas de papa frita	3
2.1.1	Deterioro hidrolitico	3
2.1.2	Deterioro oxidativo	4
2.1.3	Deterioro térmico	4
2.2	Factores que influyen en la velocidad de deterioro de la materia grasa de hojuelas de papas durante el almacenamiento	5
2.2.1	Proceso de fritura	5
2.2.2	Presencia de antioxidantes	7
2.2.2.1	Antioxidantes sintéticos	8
2.2.2.2	Antioxidantes naturales	8
2.2.3	Factores ambientales	10
2.2.4	Envases	10
3	MATERIALES Y METODOS	12
3.1	Lugar de ensayo	12
3.2	Materiales	12
3.3	Métodos	13

3.3.1	Extracción de la materia grasa de las hojuelas de papas	13
3.3.2	Índice de peróxidos	13
3.3.3	Composición en ácidos grasos por GLC	13
3.3.4	Determinación de tocoferoles por HPLC	14
3.3.5	Determinación de compuestos polares	14
3.3.6	Determinación de las especies de alteración de los compuestos polares	15
3.3.7	Determinación del palmitato de ascorbilo por HPLC	15
3.3.8	Evaluación sensorial	16
3.3.8.1	Material utilizado	16
3.3.8.2	Muestras	16
3.3.8.3	Sala de degustación	16
3.3.8.4	Panel de degustadores	16
3.3.8.5	Ensayo sensorial para la detección de olor a rancio	16
3.3.8.6	Preparación de las muestras	17
3.4	Diseño experimental	17
3.4.1	Evaluación química del AC	17
3.4.2	Procedimiento de fritura de las hojuelas de papas	17
3.4.3	Adición del sinergista palmitato de ascorbilo a las hojuelas de papas	18
3.4.4	Adición de sal	18

3.4.5	Condiciones experimentales de envasado de las hojuelas de papa	18
3.4.6	Condiciones experimentales de almacenamiento de las hojuelas de papa	18
3.4.6.1	Ensayo a temperatura -23°C	19
3.4.6.2	Ensayo a temperatura ambiente ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$)	19
3.4.6.3	Ensayo a temperatura de 60°C	19
3.4.7	Toma de muestras	19
3.4.7.1	Almacenamiento a -23°C	19
3.4.7.2	Almacenamiento a temperatura ambiente ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$)	20
3.4.7.3	Almacenamiento a 60°C	20
3.4.8	Ensayos preliminares de la adición de PA	20
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	22
4.1	Evaluación sensorial	22
4.2	Evaluación química	24
4.2.1	Evolución de la calidad del AC durante el proceso de fritura de las hojuelas de papas	24

4.2.2	Evolución de la calidad del AC extraído en frío, proveniente de los muestreos efectuados a las hojuelas de papas en las tres condiciones de Imacenamiento: 60°C, ambiente ($24 \pm 2^\circ\text{C}$) y a -23°C .	29
4.2.2.1	Índice de peróxidos	29
4.2.2.2	Compuestos polares	33
4.2.2.3	Distribución de especies de alteración de compuestos polares	38
4.2.2.4	Evolución del contenido de tocoferoles	44
4.2.2.5	Evolución del contenido de Palmitato de Ascorbilo	47
4.2.2.6	Tiempo de inducción	49
4.3	Correlaciones entre los distintos análisis químicos	53
4.4	Correlaciones entre los análisis químicos y evaluación sensorial	55
5	CONCLUSIONES	57
6	RESUMEN SUMMARY	58
7	BIBLIOGRAFIA	60
	ANEXOS	68

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Reacciones involucradas la determinación Yodométrica de los peróxidos.	13
2	Programación de los tiempos de muestreo para las condiciones de almacenamiento a -23°C , temperatura ambiente y 60°C para las hojuelas de papas con y sin adición de palmitato de ascorbilo	20
3	Perfil de los ácidos grasos del aceite de Colza var. Canola expresado en porcentaje de ésteres metílicos	25
4	Perfil de los ácidos grasos del AC, al inicio y final de la fritura de las hojuelas de papas, expresado en porcentaje de ésteres metílicos.	26
5	Análisis químico del aceite de Colza var. Canola (AC) inicial y final utilizado en la elaboración de las hojuelas de papas después de 8 horas de fritura continua	30
6	Porcentaje de compuestos polares del aceite con y sin adición de PA extraído de las hojuelas de papas, almacenadas a 60°C , temperatura ambiente ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$) y sus controles a -23°C .	34
7	Distribución de especies de alteración de los compuestos polares del aceite con y sin adición de PA extraído de las hojuelas de papas, almacenadas a 60°C , y sus controles a -23°C .	39

8	Distribución de especies de alteración de los compuestos polares del aceite con y sin adición de PA extraído de las hojuelas de papas, almacenadas a temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ \text{C}$), y sus controles a -23°C .	42
9	Evolución del contenido de palmitato de ascorbilo (PA) en el aceite extraído de las hojuelas de papas adicionadas de PA, almacenadas a 60°C , a temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ \text{C}$) y sus controles a -23°C .	47
10	Tiempos de inducción durante el almacenamiento de las hojuelas de papas a 60°C , temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ \text{C}$) y sus respectivos controles a -23°C	50
11	Correlaciones de análisis químicos de hojuelas de papas con y sin PA almacenadas a 60°C .	53
12	Correlaciones de análisis químicos de hojuelas de papas con y sin PA almacenadas a temperatura ambiente.	54
13	Correlaciones entre los análisis químicos efectuados sobre el aceite extraído de las hojuelas de papas y la evaluación sensorial de las hojuelas	56

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Evolución de los puntajes promedio para olor a rancio de las hojuelas de papas almacenadas a 60°C, a t° ambiente $24 \pm 2^\circ\text{C}$ y de sus controles a -23°C.	22
2	Evolución en el contenido promedio de peróxidos de hojuelas de papa almacenadas a 60°C.	30
3	Evolución en el contenido promedio de peróxidos de las hojuelas de papa almacenadas a temperatura ambiente	31
4	Evolución en el contenido promedio de peróxidos de las hojuelas de papa almacenadas a -23°C.	33
5	Evolución del porcentaje de compuestos polares del aceite con y sin PA, extraído de las hojuelas almacenadas a 60°C y sus controles a -23°C.	35
6	Evolución del porcentaje de compuestos polares del aceite con y sin PA, extraído de las hojuelas almacenadas a temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ\text{C}$) y sus controles a -23°C.	36

7	Evolución de las especies de alteración del aceite extraído de hojuelas de papas con y sin PA almacenadas a 60°C.	40
8	Evolución de las especies de alteración del aceite extraído de hojuelas de papas con y sin PA almacenadas a temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ \text{C}$)	43
9	Evolución del contenido de tocoferoles del aceite extraído de las hojuelas con PA almacenadas a 60°C y sus controles a -23°C	44
10	Evolución del contenido de tocoferoles del aceite extraído de las hojuelas con PA almacenadas a temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ \text{C}$) y sus controles a -23°C	45
11	Evolución del contenido de palmitato de ascorbilo (PA) en el aceite extraído de las hojuelas de papas adicionadas de PA almacenadas a 60°C y a temperatura ambiente	48

12	Disminución del tiempo de inducción durante el almacenamiento de las hojuelas de papas a 60°C y a temperatura ambiente .	51
----	--	----

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Test de intensidad de olor rancio	69
2	Métodos químicos	70
3	Tabla resumen de puntajes promedio de olor a rancio en hojuelas almacenadas a 60° C, temperatura ambiente, y sus controles a -23° C	82
4	Evolución de los parámetros químicos medidos en el aceite extraído de hojuelas de papas almacenadas a 60°C	83
5	Evolución de los parámetros químicos medidos en el aceite extraído de hojuelas de papas almacenadas a temperatura ambiente	85
6	Análisis estadístico de los parámetros químicos medidos en aceite extraído de hojuelas de papas almacenadas a 60°C, coeficientes de correlación y resultados de la prueba t-student entre pendientes.	87
7	Análisis estadístico de los parámetros químicos medidos en aceite extraído de hojuelas de papas almacenadas a temperatura ambiente, coeficientes de correlación y resultados de la prueba t-student entre pendientes.	88

8	Correlaciones de análisis químicos realizados a hojuelas de papa almacenadas a 60°C.	89
9	Correlaciones de análisis químicos realizados a hojuelas de papa almacenadas a temperatura ambiente.	90

1 INTRODUCCION

La principal dificultad que presenta el aumento en la vida útil de las hojuelas de papas es el deterioro constante que sufre la materia grasa, conocida comúnmente como rancidez oxidativa, que se inicia en la elaboración y se acelera en su posterior almacenamiento. La rancidez oxidativa provoca formación de sabores y olores extraños y además una alteración en sus características químicas, fisiológicas y nutricionales.

En el mercado existen diversos aditivos de origen sintético que pueden mejorar la estabilidad oxidativa de las hojuelas de papas retrasando el proceso de oxidación, pero cada día mas consumidores están evitando los antioxidantes sintéticos, lo que ha provocado una búsqueda de nuevos aditivos de origen natural.

Los antioxidantes secundarios, comúnmente denominados sinergistas, no presentan actividad antioxidante por si solos, pero potencian la actividad de los antioxidante naturales presentes en el aceite.

Hipótesis:

El palmitato de ascorbilo (PA) genera actividad sinergista frente a los tocoferoles naturales presentes en el aceite de Colza tipo. Canola (*Brassica spp.*) (AC), retardando el proceso de rancidez oxidativa en hojuelas de papas fritas mantenidas a diferentes condiciones de almacenamiento.

Con la finalidad de reducir la alteración del producto y aumentar su vida útil se plantearon los siguientes objetivos.

Objetivo general:

Comprobar efecto sinergista del palmitato de ascorbilo (PA) con los tocoferoles naturales del aceite colza tipo. Canola altamente monoinsaturado, en la estabilidad oxidativa de las hojuelas de papas mantenidas a diferentes condiciones de almacenamiento

Objetivos específicos:

- Estudiar el efecto del palmitato de ascorbilo (PA) en la estabilidad oxidativa de las hojuelas de papas elaboradas con aceite colza tipo. Canola (AC).
- Estudiar si la adición del palmitato de ascorbilo al aceite colza tipo. Canola (AC), mejora la la estabilidad oxidativa de las hojuelas de papas mantenidas a diferentes condiciones de almacenamiento.
- Medir el descenso de los tocoferoles naturales presentes en aceite colza tipo. Canola (AC), con y sin la adición de palmitato de ascorbilo (PA), en las diferentes condiciones de almacenamiento.

2 REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1 Alteración de las hojuelas de papas fritas

En la elaboración de hojuelas de papas, la materia grasa que se emplea cumple dos funciones; agente de procesamiento, es decir, es un medio de transferencia de calor y un ingrediente importante que aumenta el valor calórico del alimento y le imparte además caracteres organolépticos agradables como color dorado, textura crujiente e incrementa su palatabilidad, (LABUZA, 1982; DOBARGANES et al., 1989). Sin embargo, las hojuelas durante la fritura absorben un alto porcentaje de materia grasa, por lo que la vida útil del producto queda limitada por el deterioro que experimenta la materia grasa durante el almacenamiento, (QUAST y KAREL, 1972; SMITH, 1978; LABUZA, 1982; LABUZA y BERGQUIST, 1983).

La alteración que sufre la materia grasa comprende tres grupos de reacciones.

2.1.1 Deterioro hidrolítico. Este tipo de deterioro también conocido como lipólisis, se produce por acción enzimática y/o por presencia de humedad. La reacción produce la hidrólisis del enlace éster del triglicérido, dando lugar a la formación de ácidos grasos libres, mono y diglicéridos (LABUZA, 1982; BADUI, 1986; NAWAR, 1993).

Durante la fritura de hojuelas de papas, las altas temperaturas del proceso contribuyen a la inactivación de la enzima lipasa. No obstante, debido al gran contenido de agua que se libera del producto, la reacción igualmente se presenta. La aparición de niveles altos de ácidos grasos libres a lo largo del proceso de fritura está generalmente asociada a una reducción de la calidad de los alimentos fritos, debido a que los ácidos grasos libres son más susceptibles a la oxidación que los ácidos grasos que se encuentran esterificados al glicerol (LABUZA, 1982; NAWAR, 1993).

2.1.2 Deterioro oxidativo. Se le conoce también como autooxidación. Es el deterioro más frecuente que afecta a la materia grasa de los alimentos, donde el sustrato inicial son los ácidos grasos insaturados. Este fenómeno es bastante complejo, sin embargo, se ha establecido y aceptado que el proceso por el cual la materia grasa se oxida se debe al mecanismo en cadena de radicales libres, es decir, se generan radicales libres inestables que catalizan la producción de más radicales libres. Este tipo de reacción en cadena, se produce en tres etapas: inicio, propagación y término (KHAYAT y SCHAWALL, 1983; FRANKEL, 1984; BADUI, 1986; BELITZ y GROSCH, 1988; NAWAR, 1993; ADAMS, 1997; MEDINA, 1997; FINNE *et al.*, 1998).

2.1.3 Deterioro térmico. Este tipo de deterioro se origina cuando la materia grasa se expone a altas temperaturas por períodos prolongados. Las reacciones más importantes que ocurren son la dimerización y polimerización de triglicéridos y formación de monómeros cíclicos, que se originan a partir de mecanismos térmicos y oxidativos; estos cambios van generalmente acompañados de una disminución del índice de yodo y de un aumento del peso molecular, de la viscosidad y el índice de refracción (BELITZ y GROSCH, 1988; NAWAR, 1993).

La dimerización, se manifiesta cuando los dobles enlaces de los ácidos grasos, por efecto del calentamiento prolongado, se trasponen a posiciones de tipo conjugado, los cuales al reaccionar con un doble enlace producen un ciclohexeno tetrasustituído mediante cicloadición 1,4 generando los llamados aductos de Diels-Alder. La polimerización de la materia grasa es la unión de dos o más moléculas de radicales libres de un ácido graso del triglicérido que se forman por sustracción de un átomo de H durante el deterioro oxidativo, mediante reacción posterior con oxígeno para formar una molécula de mayor peso molecular (BELITZ y GROSCH, 1988; NAWAR, 1993).

2.2 Factores que influyen en la velocidad de deterioro de la materia grasa de hojuelas de papas durante el almacenamiento

2.2.1 Proceso de fritura. La importancia de este proceso radica en que se afecta la calidad de la materia grasa, que a su vez queda incorporada en las hojuelas de papas. El tipo y calidad de esta materia grasa influye en la vida útil del alimento frito limitando su tiempo de almacenamiento.

La fritura se define como un proceso de cocción que consiste en introducir un alimento en un aceite o grasa caliente, del orden de 180° C en presencia de aire, durante un tiempo determinado. En el alimento frito se modifican rápidamente sus características físicas, químicas y sensoriales, destacando entre los cambios observables, el color dorado, la textura crujiente y el incremento de la palatabilidad, aumentando notablemente su valor calórico por la materia grasa absorbida (DOBARGANES *et al.*, 1989).

Durante el proceso de fritura, el agua de las hojuelas de papas se libera continuamente, el vapor resultante acelera la hidrólisis de los triglicéridos, originando un aumento de los ácidos grasos libres. Esta nube de vapor que cubre la materia grasa puede reducir la cantidad de oxígeno disponible para la oxidación (DOBARGANES, 1980; NAWAR, 1993), pero también causa una acción de ebullición en el aceite aumentando la aireación, que resulta en un incremento en la oxidación con la formación de hidroperóxidos, que son los productos primarios de oxidación. Estos hidroperóxidos son extremadamente inestables y se descomponen vía fisión, deshidratación y formación de radicales libres para formar una variedad de productos de descomposición tanto volátiles como no volátiles. El efecto de destilación en corriente de vapor que se produce, arrastra constantemente los productos de descomposición volátiles formados y los antioxidantes fenólicos (STUCKEY citado por MIN y SCHWEIZER, 1983; ASAP y AUGUSTIN, 1986). Los compuestos no volátiles se forman por reacciones de oxidación y por vía térmica (FRITSCH, 1981; NAWAR, 1993).

Por lo tanto, durante el proceso de fritura, la materia grasa queda expuesta a la acción de tres agentes que contribuyen a disminuir su calidad y a modificar su estructura: la humedad aportada por el alimento que causa el deterioro hidrolítico, el

oxígeno del aire que se incorpora al aceite a través de la superficie del recipiente, dando lugar al deterioro oxidativo, y la elevada temperatura a la que la operación toma lugar del orden de 180°C, cuyo resultado es el deterioro térmico (SMITH, 1978; PEREZ-CAMINO et al., 1988, DOBARGANES et al., 1989).

Los diferentes tipos de deterioro se relacionan entre sí, ya que la existencia de altas temperaturas juega un rol importante en los productos de oxidación, favoreciendo la formación de dímeros y polímeros oxidativos y no oxidativos, de igual forma, los ácidos grasos libres que se originan en la hidrólisis son más susceptibles a la alteración oxidativa y térmica que cuando ellos se encuentran esterificados al glicerol. Los principales compuestos de alteración que se originan en el proceso de fritura se señalan a continuación.

Los productos de descomposición volátiles, se eliminan durante el proceso de fritura y su importancia está relacionada con las características organolépticas de la materia grasa y de las hojuelas de papas. Los no volátiles tienen un gran interés tanto desde el punto de vista nutricional ya que permanecen en la materia grasa y se incorporan al alimento frito junto con la materia grasa absorbida, por lo tanto, pasan a formar parte de la dieta, como desde el punto de vista químico, ya que se acumulan desde el inicio del proceso de fritura y sus niveles están relacionados a la alteración total de la materia grasa que ha sido motivo de regulación en diferentes países (DOBARGANES y PEREZ-CAMINO, 1980).

El predominio de un tipo de deterioro sobre el otro, depende de una serie de variables que afectan la alteración de la materia grasa durante el proceso de fritura y que influyen sobre la calidad de las hojuelas de papas durante el almacenamiento:

a) Tipo de materia grasa utilizada y calidad inicial. Las alteraciones producidas están directamente relacionadas al grado de insaturación de la materia grasa (DOBARGANES, 1980,). Se ha encontrado que aceites con igual insaturación pero diferente calidad inicial se alteran en diferente proporción. En nuestro país, esto se encuentra reglamentado, donde se señala que las materias grasas utilizadas en fritura industrial deben contener como máximo un 2% de ácido linolénico, 25% de compuestos polares y 2,5% de ácidos grasos libres. Deben estar adicionados de antioxidantes y

sinergistas permitidos. También se prohíbe el uso de materias grasas provenientes de frituras que hayan sido descartadas o reprocesadas (CHILE MINISTERIO DE SALUD, 1997).

b) Período de reposición o de “turnover”: Es el factor más importante que afecta la calidad de la materia grasa, más que sus grado de instauración. Se define como la relación entre la cantidad total de materia grasa en el sistema de fritura y la materia grasa fresca que se repone permanentemente o en forma intermitente (DOBARGANES y PEREZ-CAMINO, 1981). La fritura industrial de hojuelas de papas se lleva a cabo en un proceso continuo. La materia grasa se absorbe rápidamente por la alta velocidad de producción de las hojuelas y se reemplaza constantemente con materia grasa fresca que se añade al medio, minimizando su alteración. Se ha señalado que en industrias elaboradoras de hojuelas de papas, el período de reposición varía de 8 a 12 horas y el deterioro de la materia grasa se mide por el contenido de ácidos grasos libres (SMITH, 1978).

2.2.2 Presencia de antioxidantes. Los antioxidantes, tanto sintéticos como naturales, son sustancias capaces de retrasar el desarrollo de la rancidez oxidativa de la materia grasa, evitando la formación de olores y sabores desagradables y de otros compuestos (VALENZUELA Y NIETO, 1996). Se estima que la vida útil de muchos productos alimentarios aumenta entre un 15 y un 200% por el empleo de antioxidantes (MAESTRO DURAN *et. al.*, 1993).

Los antioxidantes de uso en alimentos tienen una estructura química común consistente en un anillo aromático insaturado, por lo tanto, se engloban dentro del grupo químico de los compuestos fenólicos. La presencia del grupo hidroxilo en el anillo aromático del fenol es necesaria para que estos compuestos tengan actividad antioxidante. Se acepta comúnmente que el antioxidante es capaz de frenar el proceso oxidativo de las materias grasas al intervenir en el proceso de propagación, estabilizando un radical libre del oxígeno o de un ácido graso, al donar su hidrógeno que es más reactivo, formando así un producto estable (BADUI, 1988; VALENZUELA Y NIETO, 1995).

2.2.2.1 Antioxidantes sintéticos. Los más empleados por estar permitidos en diversas legislaciones son el butilhidroxitolueno (BHT, 2,6-di-ter-butil-p-cresol), el butilhidroanisol en sus dos formas isoméricas (BHA, 2 y 3ter-butil-hidroxianisol), la terbutilhidroxiquinona (TBHQ, butil-hidroxiquinona-terciaria), y los galatos como el de propilo (PG, n-propil éster del ácido 3,4,5-tri-hidroxi-benzoico). Los antioxidantes sintéticos citados presentan diversos inconvenientes. Desde hace años se ha trabajado en comprobar la seguridad de los antioxidantes sintéticos en su uso en alimentos. Su empleo y dosis están estrictamente regulados e incluso restringidos en algunos países, ya que se comprobó que niveles altos de BHT, BHA y TBHQ producen un aumento significativo del peso del hígado y una marcada proliferación del retículo endoplasmático (MAESTRO DURAN et. al., 1993).

La TBHQ es uno de los antioxidantes introducidos más recientemente, se ha sometido a muchas pruebas y autorizado su uso por el gobierno de los EEUU en 1972. La TBHQ es moderadamente soluble en aceite y ligeramente soluble en agua, también posee buenas características de permanencia en la fritura de hojuelas de papas (NAWAR, 1993). Sin embargo, otros autores señalan que existe pérdida de este antioxidante, después de realizar frituras consecutivas de hojuelas de papas sin renovación de aceite (ASAP y AUGUSTIN, 1986). Una de las causas de estas posibles pérdidas se debería a que se destruye térmicamente durante la fritura y que se arrastra por el vapor de agua que se libera mientras se fríe el producto (MAESTRO-DURAN et al., 1993; Stuckey citado por MIN y SCHWEIZER, 1983). En muchos casos, es más eficaz que otros antioxidantes comunes a la hora de suministrar una estabilidad frente a la oxidación en los aceites poliinsaturados crudos y refinados, sin plantear problemas de color o estabilidad del aroma (MEDINA, 1997).

2.2.2.2 Antioxidantes naturales, Tocoferoles. Los antioxidantes naturales al igual que los de origen sintético tienen la función de retrasar la reacción de oxidación de los aceites, grasas y alimentos que las contienen. Los compuestos naturales que cumplen con esta acción antioxidante son de estructura fenólica, los cuales se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal (MEDINA, 1997).

Los tocoferoles son los antioxidantes naturales más conocidos y constituyen el principal sistema que protege a los aceites vegetales de la autoxidación. Hay cuatro homólogos, alfa, beta, gama, delta, siendo el gama y el delta los de mayor actividad antioxidante. En general, los tocoferoles con elevada actividad como vitamina E como el alfa tocoferol, son menos eficaces como antioxidantes. Algunos autores han señalado el orden de actividad antioxidante como $\delta > \gamma > \beta > \alpha$. Sin embargo, la actividad relativa de estos compuestos se ve influenciada significativamente por la concentración de cada uno en el sistema, la temperatura, la luz, (NAWAR., 1993).

Como antioxidantes, los tocoferoles ejercen su máxima eficacia a niveles relativamente bajos, aproximadamente iguales a su concentración en los aceites vegetales, siendo prácticamente inocuos para la salud humana (MARTINEZ DE LA CUESTA et al., 1995). Una de las principales propiedades de los tocoferoles es que presentan sinergismo con otros antioxidantes naturales como el ácido ascórbico y el ácido cítrico, no alteran el olor y sabor del alimento además de actuar como vitamina E. Han sido objeto de numerosos trabajos por su actividad antioxidante, tanto en alimentos como en sistemas biológicos (in vivo). En los aceites vegetales la cantidad de tocoferoles se reduce por la refinación hasta un 30 – 40%. pero permanece en cantidad suficiente para proporcionar cierta estabilidad frente a la oxidación del producto terminado. El γ -tocopherol, a concentración del 0,02% es más efectivo que el BHA y el BHT. En un ensayo realizado con mezcla de tocoferoles ésta resultó tan eficaz como el TBHQ o el galato de propilo, y superior al BHT.

La estabilidad de los tocoferoles es mayor que la de otros antioxidantes naturales o sintéticos. No son volátiles como el BHA y el BHT, no alteran el sabor del alimento como el TBHQ y no producen coloraciones cuando se calientan a altas temperaturas o en presencia de metales como el hierro. La estabilidad de los tocoferoles a 180° C depende del tipo de materia grasa, siendo mayor en las que tienen un índice de yodo más alto. (MAESTRO DURAN et. al., 1993)

En un estudio realizado con respecto al contenido de α - Tocoferol en hojuelas de papas a diferentes temperaturas de almacenamiento, se concluyó que la pérdida de α - tocoferol fue mucho más rápida a 60° C y que no hay una clara relación

entre el contenido de tocoferol, sus productos de oxidación total y los valores de índice de estabilidad de aceites determinado en el equipo Rancimat (MARTIN-POLVILLO et al., 1996).

2.2.3 Factores ambientales. Es importante conocer los factores ambientales que afectan la velocidad de deterioro de la materia grasa de las hojuelas de papas.

La temperatura es un catalizador que acelera el deterioro de la materia grasa, debido a que las reacciones de oxidación requieren niveles muy bajos de energía, sin embargo, la reducción de la temperatura no necesariamente las inhibe (BADUI, 1988). Esto explica por que la rancidez de las hojuelas de papas es más un problema en verano que en invierno (SMITH, 1978).

La luz también acelera el deterioro de la materia grasa en productos tales como las hojuelas de papas. La intensidad de la luz influye en su deterioro cuando se exponen en las regiones ultravioleta, violeta y azul. Bajo los 4900 A°, se promueve principalmente la rancidez, en las regiones cercanas a los 5400 A° y sobre los 7400 A°, se promueve la rancidez, pero en menor intensidad. La región amarilla, cercana a los 5700 A°, y la región roja, cercana a los 6600 A°, son menos activas que la región azul, sin embargo, se promueve la rancidez más apreciablemente que en la región verde. Las regiones que son activas en catalizar la rancidez son las que se corresponden con aquellas en que se absorbe luz por los aceites. La exclusión de la luz de todas las longitudes de onda, sin embargo, es conveniente. La luz azul y la invisible ultravioleta aceleran el desarrollo de la rancidez en hojuelas de papas, mientras otra luz visible, tal como la roja y la amarilla, tienen poco efecto (SMITH, 1978)

2.2.4 Envases. Los polilaminados son los más usados para el envasado de las hojuelas de papas, estos consisten de materiales flexibles tales como hojas de aluminio, papel encerado con polietileno, polivinil clorado, y otros no flexibles metálicos (LABUZA, 1982).

Como se mencionó, la luz es un importante factor responsable en el desarrollo de la rancidez en las hojuelas de papas. Por tanto, el tipo de envase y los materiales de envase pueden influenciar el desarrollo de rancidez en las hojuelas. Los

envases que retarden la rancidez pueden ser de cualquier color visible excepto el azul (SMITH, 1978)

Otro elemento que ayuda a retardar el posterior desarrollo de la rancidez, es el uso de nitrógeno gaseoso para desplazar el aire al envasar el producto (LABUZA, 1982).

3 MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Lugar de ensayo

Este trabajo de tesis se realizó en los Laboratorios de Química de Alimentos y Materias Grasas pertenecientes al Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile, ubicada en Av. Vicuña Mackenna N° 20, en la ciudad de Santiago.

3.2 Materiales

Materia grasa : Se empleó aceite de Colza tipo. Canola (*Brassica spp.*) de origen nacional, proporcionado por Lucchetti, Agromaule S.A. en el proceso de fritura de las hojuelas de papas. En el trabajo se designa por AC.

Hojuelas de papas crudas: (*Solanun tuberosum*), variedad Desiree, proporcionadas por Fritolay, Evercrisp S.A.

Material de envase : Bilaminado, polipropileno y aluminio. Proporcionados por Fritolay, Evercrisp S.A.

Sinergista : Palmitato de ascorbilo, (PA) proporcionado por Roche.

Sal : NaCl comercial

Freidora : Semi-industrial de 38 L de capacidad, marca MAIGAS S.A., facilitada por dicha Empresa. Utiliza gas licuado como fuente de energía.

Material de laboratorio: se dispuso de los instrumentos y material de laboratorio general y específico necesario para realizar el trabajo experimental

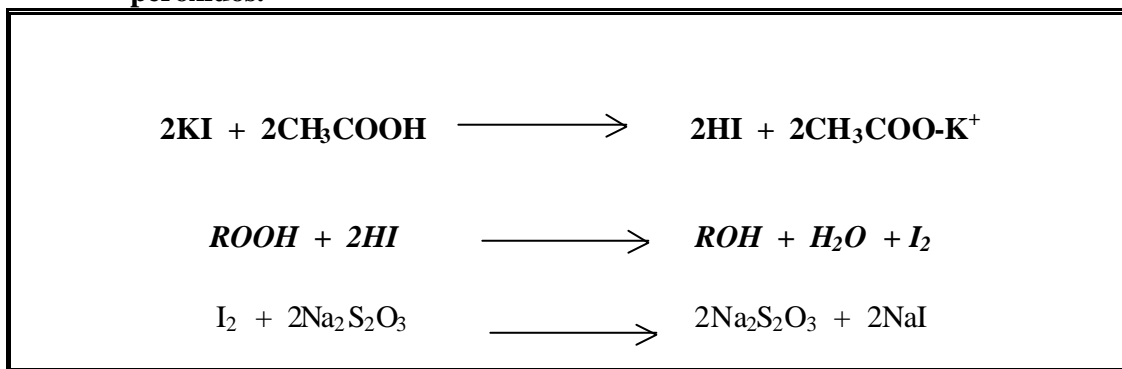
Reactivos y patrones : Todos los reactivos y sustancias patrones empleados fueron calidad p.a, HPLC y GLC

3.3 Métodos.

3.3.1 Extracción de la materia grasa de las hojuelas de papas. Las muestras de hojuelas de papas fritas en el laboratorio, provenientes de los diversos tratamientos, se homogeneizaron en mortero de porcelana y se sometieron a extracción en frío de la materia grasa, para lo cual se utilizó éter de petróleo (bp 40-60° C) y éter etílico en proporción 75:10. El aceite extraído de las muestras se mantuvo a -23°C hasta el momento de su análisis.

3.3.2 Índice de peróxidos. Según la metodología propuesta en la norma Cd 8-53 (AOCS, 1993), el índice de peróxidos se basa en un método de titulación yodométrica que consiste en la medida del yodo liberado desde el yoduro de potasio por los hidroperóxidos presentes en el aceite. El índice de peróxidos se expresa como miliequivalentes de oxígeno por kg de materia grasa. El método se describe en ANEXO 2

CUADRO 1 Reacciones involucradas en la determinación yodométrica de los peróxidos.



3.3.3 Composición en ácidos grasos por GLC. Según la norma española UNE 55 – 037 – 73. Este método es aplicable para la formación de ésteres metílicos que tienen entre 12 y 24 átomos de carbono, permitiendo una separación cuantitativa de las mezclas que contienen ésteres metílicos saturados e insaturados.

. Los ésteres metílicos de los ácidos grasos se prepararon con metilato de sodio y su composición fue determinada por cromatografía gas – líquido (GLC) usando un equipo Hewlett Packard modelo 5890 serie 2, un integrador Hewlett Packard modelo 3395, un detector FID a 240°C, columna capilar de sílica fundida BPX70, 50 m de largo 0.2 μm de grosor de película y 0.22 μm de diámetro interno, temperatura programada entre 160 – 230 °C a 2°C por minuto, gas portador hidrógeno, para la identificación se usaron ésteres metílicos Sigma y Merck .

3.3.4 Determinación de tocoferoles por HPLC. Según la metodología propuesta en la norma Ce 8 – 89 (AOCS, 1993). El método se basa en disolver la materia grasa en hexano, los tocoferoles se separan por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Para la determinación se utilizó un cromatógrafo Merck-Hitachi modelo L – 6200 A con un detector de fluorescencia Hitachi modelo F – 1050, usando una longitud de excitación de 290 nm y de emisión de 330 nm, un integrador Merck-Hitachi modelo 2500 y una columna Merck Superspher Si 60 de 250 mm de largo. La fase móvil utilizada fue 95.5 % hexano calidad HPLC y 0.5 % isopropanol calidad HPLC con un flujo de 1 ml/min (anexo 2). Se prepararon curvas de calibración a través de la cromatografía de las soluciones estándares de cada tocoferol α , β , γ y δ (Merck) y el contenido se expresó en mg/kg. Se determinó la concentración de los estándares por espectrofotometría leyendo a la longitud de onda específica para cada tocoferol.

3.3.5 Determinación de compuestos polares. Según la metodología propuesta en la norma 2.507 (IUAPC, 1987). Los compuestos polares son todos aquellos que tienen una polaridad mayor que los triglicéridos (DOBARGANES et al., 1989), estos últimos constituyen la estructura básica fundamental de los aceites y grasas, ya que se encuentran en una proporción superior al 95% y son de carácter apolar o conocidos como lípidos neutros o sin carga (NAWAR, 1993; BADUI, 1991). Se realizó mediante cromatografía en columna de sílica gel, donde la muestra de materia grasa se fracciona en triglicéridos no alterados y compuestos polares. La fracción no polar se eluye con una mezcla de hexano y éter etílico. Para comprobar la buena separación de las dos

fracciones se realiza una cromatografía en capa fina en donde la fracción no polar se disuelve en hexano y la fracción polar en tetrahidrofurano y se aplican sobre una placa de sílica gel desarrollándose en cámara de vidrio con una mezcla hexano, éter etílico y ácido acético glacial. El porcentaje de compuestos polares se calcula por diferencia de pesos entre el peso de la muestra y la fracción apolar o de triglicéridos no alterados. Descripción del método en ANEXO 2.

3.3.6 Determinación de especies de alteración de los compuestos polares. Se basa en la metodología propuesta por DOBARGANES et al (1988). Para la determinación de distribución de especies se utilizó cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) por exclusión de tamaño, utilizando un cromatógrafo Meck-Hitachi modelo L-6200, con detector de índice de refracción Merck modelo RI-71, integrador Merck-Hitachi modelo 2500, dos columnas Hewlett Packard modelos PL gel conectadas en serie, una de 200 mm de largo; 7.5 mm de diámetro interno, 5 μ m de diámetro de la partícula, 100A° tamaño del poro, y una de 300 mm de largo; 7.5 mm de diámetro, 5 μ m de diámetro de la partícula, 500 A° tamaño del poro, fase móvil 100 % tetrahidrofurano calidad HPLC (THF) con un flujo de 1 ml / min, lo cual separa las principales especies de alteración hidrolítica, oxidativa y térmica, que forman parte de los compuestos polares.

3.3.7 Determinación de palmitato de ascorbilo por HPLC. Según la metodología propuesta por VICENTE et al (1985) modificada. La metodología se basa en que el PA presente en la materia grasa se extrae en metanol calidad HPLC, luego se separa por centrifugación (2500 rpm por 5 minutos), finalmente el PA se determina por cromatografía de alta resolución (HPLC), detectado por UV a 225 nm. Para la determinación se utilizó una bomba HPLC modelo L - 6200 A Merck-Hitachi, con detector UV modelo L-4250 UV-VIS Merck-Hitachi. La fase móvil fue 70% metanol 0.02 M y 30% buffer fosfato potasio monobásico pH 3.5, con un flujo de 1.0 ml/min. Se prepararon curvas de calibración para diferentes concentraciones 5; 10 y 25 μ g, disolviendo el PA directamente en metanol.

3.3.8 Evaluación sensorial

Mediante esta herramienta se planteó el objetivo de determinar el tiempo de vida útil analizando características sensoriales asociadas al deterioro de la materia grasa de las hojuelas de papas elaboradas en el laboratorio con AC.

3.3.8.1 Material utilizado. El material usado en el estudio fue el siguiente:

- Platos
- Tazas
- Servilletas
- Té (Líquido de neutralización)
- Fichas (Anexo N°1)

3.3.8.2 Muestras. Las muestras consistieron en bolsas de 100g de las hojuelas de papas fritas preparadas en el laboratorio.

3.3.8.3 Sala de degustación Esta consiste de dos secciones; una sala de preparación de la muestra y la sala de evaluación propiamente tal. Esta última consiste de una mesa redonda que está dividida por 8 separadores, quedando así definidas las cabinas para los jueces. En el centro de la mesa queda un espacio en común para el acceso a las muestras a evaluar.

3.3.8.4 Panel de degustadores. El panel de jueces entrenados se conformó con 8 jueces que fueron seleccionados y entrenados con el producto en estudio, para lo cual se realizaron pre-ensayos de almacenamiento manteniendo muestras a 40°C y a -23°C, con el objeto de identificar el producto más deteriorado sensorialmente y además de efectuar un entrenamiento con la cartilla a utilizar.

3.3.8.5 Ensayo sensorial para detección de olor a rancio. Mediante la prueba de intensidad de olor a rancio se logró detectar la magnitud de este parámetro en las hojuelas de papas y que está asociado al deterioro oxidativo que experimenta la materia

grasa. En diversas investigaciones desarrolladas sobre estabilidad de la materia grasa de hojuelas de papas, donde utiliza el análisis sensorial se han realizado en base a la presencia de olores y sabores extraños (ASAP y AUGUSTIN, 1982).

Para determinar la vida útil del producto se usó como criterio de decisión la comparación del producto control almacenado a -23°C contra las muestras sometidas a las distintas condiciones de almacenamiento y determinar el tiempo en que se logró diferencia estadísticamente significativa. Este criterio también ha sido establecido en diversas investigaciones (VAN ARSDEL, 1969).

3.3.8.6 Preparación de las muestras. Se siguió el procedimiento, en el cual una hora antes de la degustación, los paquetes con las muestras se retiraron de las diferentes condiciones de almacenamiento programadas en este estudio, se homogeneizó por trituración en mortero de porcelana una cantidad de 30 g de hojuelas de papas y se repartieron en frascos de 50 ml con tapa rosca cubiertos con papel aluminio rotulados con códigos compuestos de dos letras al azar para su posterior identificación. Se colocaron en estufa a 50°C por 30 minutos para estimular la volatilización de los olores, se retiraron y se mantuvieron a 30°C , se repartieron rápidamente a los jueces junto con las cartillas de evaluación. Cada juez abrió el frasco y realizó tres inspiraciones de los componentes volátiles liberados y anotó el resultado de su observación en la cartilla correspondiente.

3.4 Diseño experimental

3.4.1 Evaluación química del AC. Se procedió a evaluar químicamente el aceite fresco al inicio y al final del proceso de fritura para contar con los datos de referencia del deterioro.

3.4.2 Procedimiento de fritura de las hojuelas de papas. Se frieron aproximadamente 25 kg de hojuelas de papas a $180 \pm 5^{\circ}\text{C}$, controlándose la t° con termómetro, en AC en una freidora semi industrial con capacidad de 38 L, se repuso el aceite absorbido por las papas simulando un proceso de fritura continua. Terminado el proceso de fritura, al 50% de las hojuelas de papas se les adiciono el sinergista PA a través de la sal como se

describe mas adelante , y el 50% restante se salaron sin PA. Las muestras se envasaron en los paquetes elaborados en el laboratorio con el material bilaminado y se sellaron en una selladora manual termoeléctrica. Las muestras se almacenaron a las diferentes condiciones descritas mas adelante, posteriormente se sometieron a los análisis químicos y evaluación sensorial ya descritos en 3.3 de acuerdo al esquema de muestreo a intervalos definidos detallado en el CUADRO 2. Para los ensayos químicos, a las muestras de hojuela de papas se les extrajo la materia grasa, la que se mantuvo congelada a -23°C hasta su análisis.

3.4.3 Adición del sinergista palmitato de ascorbilo a las hojuelas de papas. Se estudió el comportamiento de la estabilidad oxidativa de hojuelas de papas elaboradas en un proceso de fritura continuo en AC, con y sin la adición de PA.

El palmitato de ascorbilo (PA) tiene una solubilidad muy limitada en aceites vegetales (GORDON Y KOURIMSKA, 1995). Después de probar diferentes procedimientos, la forma mas adecuada de agregarlo al producto fue mediante la sal, al 2%. Para esto el PA se disolvió en alcohol etílico y se añadió a la sal agitando por 10 minutos, una vez evaporado el solvente y tamizada la mezcla, se procedió a incorporar la sal directamente sobre las hojuelas de papas recién elaboradas. Según el Reglamento vigente (CHILE, MINISTERIO DE SALUD, 1997) las hojuelas de papas podrán contener como máximo 500 mg/kg de PA.

3.4.4 Adición de sal. Se incorporó en una proporción de 1.3%, mediante un equipo rotatorio diseñado para esto, que consiste en un dispositivo plástico con deflectores que rota a 25 r.p.m. por 5 minutos, para permitir una incorporación homogénea de la sal a las hojuelas de papa recién elaboradas.

3.4.5 Condiciones experimentales de envasado de las hojuelas de papas. Estas se envasaron y sellaron en tres diferentes pesos, paquetes de 120 g para análisis químico, paquetes de 100 g para análisis sensorial y paquetes de 50 g como resguardo.

3.4.6 Condiciones experimentales de almacenamiento de las hojuelas de papa. Para estudiar el efecto del palmitato de ascorbilo en hojuelas de papas fritas en AC durante su almacenamiento, se establecieron las siguientes tres condiciones.

3.4.6.1 Ensayo a temperatura de -23°C . Las muestras envasadas se almacenaron en congelador a -23°C . Se realizó este ensayo debido que a esta temperatura la materia grasa debiera presentar un mínimo de alteración, por lo que se considera como ensayo control para todas las otras formas de almacenamiento.

3.4.6.2 Ensayo a temperatura ambiente ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$). Las muestras envasadas se almacenaron en una sala abierta, sin aglomeración de paquetes, manteniendo bajo control la temperatura mediante un termómetro que registra las temperaturas mínimas y máximas. De esta forma se pretendió simular las condiciones reales de comercialización en una estantería a nivel de supermercado.

3.4.6.3 Ensayo a temperatura de 60°C . Las muestras envasadas se almacenaron en una cámara de aire forzado a 60°C con termómetro digital incorporado. Se realizó esta forma de ensayo con la finalidad de inducir un aumento en la velocidad de oxidación de la materia grasa de las hojuelas de papas, con el propósito de estudiar si los resultados obtenidos en esta condición son comparables a las otras condiciones de almacenamiento ensayados en este estudio

3.4.7 Toma de muestras. Para estudiar la evolución del deterioro de las hojuelas de papas, a las tres temperaturas, se programaron tomar tres paquetes adicionados con PA y tres paquetes sin PA para su análisis químico y sensorial.

3.4.7.1 Almacenamiento a -23°C . Se procedió a la toma de muestra cada 30 días, en 5 puntos, para ello se tomaron 2 paquetes de 120 g para análisis químico, 2 de 100 g para análisis sensorial y 2 de 50 g como resguardo. El tiempo cero (t_0) representa las hojuelas de papas recién elaboradas.

3.4.7.2 Almacenamiento a temperatura ambiente (24 ± 2 °C). Se procedió a la toma de muestra cada 30 días, en 5 puntos para su análisis químico y sensorial, para lo cual se tomaron 2 bolsas de 120 g para análisis químico, 2 de 100 g para análisis sensorial y 2 de 50 g como resguardo. El tiempo cero (t_0) representa las hojuelas de papas recién elaboradas.

3.4.7.3 Almacenamiento a 60°C. Tiempo propuesto de almacenamiento 16 días. Se procedió a la toma de muestra cada 4 días y a su análisis químico y sensorial, en 4 puntos, para lo cual se tomaron 2 paquetes de 120 g para el análisis químico, 2 paquetes de 100 g para el análisis sensorial y 2 paquetes de 50 g como resguardo. El tiempo cero (t_0) representa las hojuelas de papas recién elaboradas.

CUADRO 2 Programación de los tiempos de muestreo para las condiciones de almacenamiento a -23 °C, temperatura ambiente y 60°C para las hojuelas de papas con y sin adición de palmitato de ascorbilo.

Condición de Almacenamiento.	Tiempos de muestreo (días).				
	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4
Temperatura ambiente.	0	30	60	90	120
- 23 °C (Control).	0	30	60	90	120
Temperatura 60°C	0	4	8	12	16

3.4.8 Ensayos preliminares de la adición de PA. Se realizaron diferentes ensayos para determinar el método más adecuado para la incorporación del PA al producto. Uno de los primeros ensayos fue solubilizarlo en forma directa, adicionando el PA al aceite vegetal agitando y calentando a una temperatura de 85 °C, para luego adicionarlo por pulverización ‘spray’ a las hojuelas de papas. No presentaron mayores inconvenientes hasta una concentración de 300 mg/kg, sobre esta concentración el proceso fue extremadamente lento. Se realizó una variación a este método, solubilizando primero el

PA en etanol, lo cual no presentó inconvenientes incluso por sobre los 400 mg/kg, luego este se incorporó al aceite vegetal y se evaporó el etanol en rotavapor, para adicionarse a las hojuelas recién elaboradas en forma de pulverización 'spray'.

Otro ensayo realizado consistió en solubilizar el PA en etanol, adicionándolo directamente a las hojuelas de papas recién elaboradas en forma de pulverización 'spray', evaporándose el etanol con el calor proveniente del de las hojuelas de papas recién fritas

Finalmente, se ensayó la incorporación del PA mediante la sal, es decir, la sal se utilizó como "transportador". Para esto se mezcló sal y PA disuelto en etanol, homogenizándose la mezcla, una vez evaporado el etanol se adicionó la sal con PA directamente a las hojuelas de papas.

Para determinar cual de los métodos era el más efectivo en la estabilidad de la materia grasa de las hojuelas de papas, se evaluó la estabilidad mediante el método de Rancimat, resultando que cuando se adicionó el PA mediante la sal se obtuvo un índice de estabilidad mayor, seleccionándose este procedimiento para este trabajo.

4 PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 Evaluación sensorial

Se determinó realizar el ensayo de intensidad de olor a rancio, debido a que el sentido del olfato posee un poder de discriminación mayor que el sentido del gusto, pues sus umbrales de detección son 10.000 a 20.000 veces menores (WITTIG, 1981)

Los puntajes dados por los jueces en la evaluación sensorial se analizaron estadísticamente, se determinaron los puntajes promedio para cada condición, con su respectiva desviación estándar. Luego se aplicó un análisis de varianza para determinar diferencia significativa entre las muestras almacenadas y sus respectivos controles. En el ANEXO 3 se encuentran los resultados de los ensayos sensoriales realizados. En la FIGURA 1 se presentan graficados los puntajes promedios del parámetro olor rancio para las hojuelas de papas fritas almacenadas a 60°C, a temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ\text{C}$) y sus respectivos controles a -23°C .

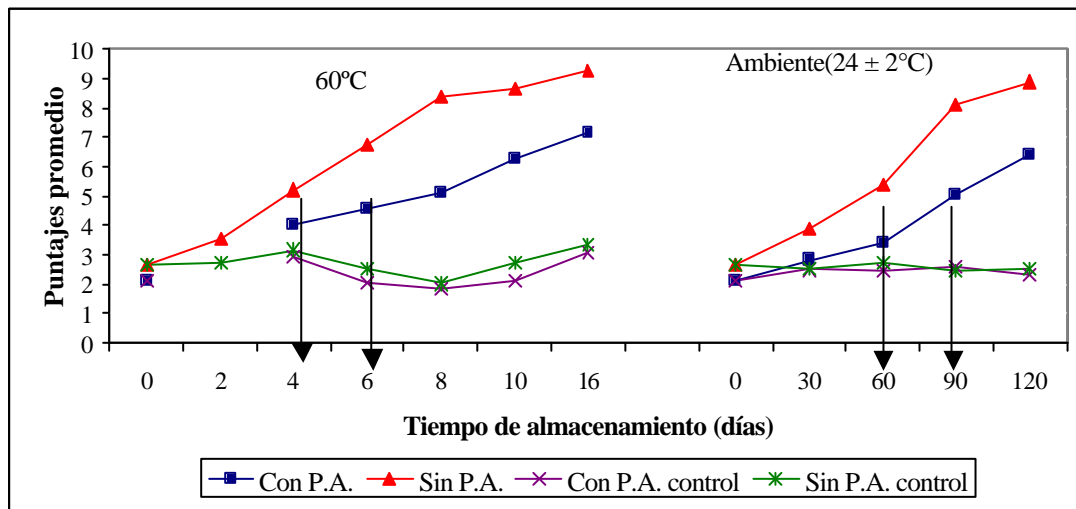


FIGURA 1. Evolución de los puntajes promedio para olor a rancio de las hojuelas de papas almacenadas a 60°C, a temperatura ambiente $24 \pm 2^\circ\text{C}$ y de sus controles a -23°C .

En el FIGURA 1, se observa que los puntajes promedio asignados por los jueces para olor a rancio de las muestras de hojuelas de papas sin PA fueron más altos que los asignados a las muestras con PA en todos los ensayos sensoriales realizados. Esto indica que la adición de PA tuvo efecto al retrasar el deterioro organoléptico del producto.

Para las hojuelas de papas con PA almacenadas a 60°C, los puntajes presentaron diferencias significativas a los 6 días ($p < 0,05$) en relación al control a -23°C, con un puntaje promedio de 4,57. Las hojuelas sin PA almacenadas a igual t° presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto al control a los 4 días, con un puntaje promedio de 5,36.

A temperatura ambiente ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$), el puntaje de 5,07 obtenido para las hojuelas con PA a los 90 días, fue estadísticamente significativo ($p < 0,05$) con respecto al control. Las hojuelas sin PA almacenadas a t° ambiente ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$), presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) a los 60 días con un puntaje de 5,36.

En ambas condiciones de almacenamiento cuando el panel sensorial detectó diferencias significativas, las muestras alcanzaron puntajes muy cercanos a 5, que correspondió a "olor moderadamente rancio", según la escala lineal no estructurada que se utilizó para medir este parámetro.

Estos datos permiten estimar que la vida útil de las hojuelas de papas con PA, almacenadas a temperatura ambiente ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$) fue de 90 días, en comparación con las hojuelas sin PA, que fue de 60 días. En la actualidad la vida útil de las hojuelas está dado por el fabricante en 120 días

Estudios publicados en que se ha determinado la vida útil de papas fritas tipo "chips" desde el punto de vista sensorial, han mostrado una gran heterogeneidad en los resultados. Así, en un estudio sobre estabilidad oxidativa de papas chips elaboradas con aceite de semilla de algodón parcialmente hidrogenado, para el almacenamiento a 25°C en oscuridad, se indicó que el producto presentó una vida útil entre 28 y 48 días (BARRERA- ARELLANO *et al.*, 1992). Este resultado fue inferior al obtenido en este estudio, probablemente debido al mayor grado de poliinsaturación del aceite de semilla de algodón con respecto al AC, a pesar de que las hojuelas estuvieron expuestas a la luz.

Por lo tanto, organolépticamente, la adición de palmitato de ascorbilo aumentó el

tiempo de vida útil de las hojuelas de papas fritas almacenadas tanto a temperatura ambiente como a 60°C.

Los puntajes promedios del parámetro olor rancio correspondientes a los controles a -23°C, tanto para las hojuelas almacenadas a temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ\text{C}$) como a 60°C, con y sin adición de PA, permanecieron prácticamente constantes. Estos valores no presentaron diferencias significativas a lo largo del tiempo de almacenamiento, es decir, las hojuelas de papas fritas almacenadas a estas dos condiciones, se mantuvieron organolépticamente inalteradas en cuanto al desarrollo de olor rancio, lo que confirma que a esta t° se frena notablemente el proceso oxidativo.

4.2 Evaluación química

Comprende los resultados del análisis del Aceite de Colza var. Canola (AC) inicial y al final del proceso de fritura de las hojuelas de papas y del Aceite de Colza var. Canola (AC) extraído en frío, mediante el método detallado en 3.3.1, proveniente de los muestreos efectuados a las hojuelas de papas en las tres condiciones de almacenamiento: 60°C, ambiente ($24 \pm 2^\circ\text{C}$) y a -23°C.

4.2.1 Evolución de la calidad del AC durante el proceso de fritura de las hojuelas de papas. En el CUADRO 3 se presenta la composición en ácidos grasos del aceite de colza var. Canola encontrada en la literatura.

CUADRO 3 Perfil de los ácidos grasos del aceite de Colza var. Canola expresado en porcentaje de ésteres metílicos.

ACIDOS GRASOS		Aceite de canola		
		1	2	3
Ac. Dodecanoico	C 12:0	-	ND	-
Ac. Tetradecanoico	C 14:0	< 0.1	ND - 0,2	Trazas
Ac. Palmítico	C 16:0	4 - 5	2,5 - 7,0	4,5
Ac. Heptadecanoico	C 17:0	-	ND - 0,3	-
Ac. Estearico	C 18:0	< 2	0,8 - 3,0	2,1
Ac. Eicosanoico	C 20:0	< 1	0,2 - 1,2	0,8
Ac. Docosanoico	C 22:0	< 0.5	ND - 0,6	-
Ac. Tetracosanoico	C 24:0	< 0.1	ND - 0,3	-
TOTAL SATURADOS				7,4
Ac. Hexadecaenoico	C 16:1	< 0.5	ND - 0,6	0,4
Ac. Oleico	C 18:1 w ⁹	52 - 66	51,0 - 70,0	61,5
Ac. Eicosaenoico	C 20:1	1 - 4	0,1 - 4,3	2,5
Ac. Docosaenoico	C 22:1	0 - 5	ND - 2,0	1,4
Ac. Tetracosanoico	C 24:1	< 0.1	ND - 0,4	-
TOTAL MONOINSATURADOS				65,8
Ac: Linoleico	C 18:2 w ⁶	17 - 23	15,0 - 30,0	19,4
Ac. Linolénico	C 18:3 w ³	6 - 11	5,0 - 14,0	7,3
TOTAL POLIINSATURADOS				26,7

FUENTE: ¹ CHILE, MINISTERIO DE SALUD (1997)

² CODEX ALIMENTARIOUS (1999)

³ MASSON y MELLA (1985)

En el CUADRO 4 se presentan los valores obtenidos mediante cromatografía gas - líquido de la composición en ácidos grasos del aceite de Colza var. Canola (AC), inicial y al final del proceso de fritura de las hojuelas de papas.

CUADRO 4 Perfil de los ácidos grasos del AC, al inicio y final de la fritura de las hojuelas de papas, expresado en porcentaje de ésteres metílicos.

ACIDOS GRASOS		AC Inicial	AC Final
Ac. Mirístico	C 14:0	0,06	0,1
Ac. Palmítico	C 16:0	5,44	5,29
Ac. Heptadecanoico	C 17:0	0,10	Trazas
Ac. Estearico	C 18:0	2,19	1,89
Ac. Arcaico	C 20:0	0,56	0,3
Ac. Docosanoico	C 22:0	0,39	0,7
Ac. Tetracosanoico	C 24:0	0,17	0,3
TOTAL SATURADOS		8,92	8.86
Ac. Palmitoleico	C 16:1	0,22	0,28
Ac. Hexadecaenoico isómero probable	C 16:1	Trazas	Trazas
Ac. Octadecaenoico isómero	C 18:1	0,38	0,4
Ac. Oleico	C 18:1 w9	54,50	56,2
Ac. Octadecaenoico isómero	C 18:1 w7	3,37	3,01
Ac. Octadecaenoico isómero	C 18:1	0,22	0,29
Ac. Eicosaenoico	C 20:1	1,24	1,28
Ac. Docosaenoico	C 22:1	0,37	0,39
Ac. Tetracosanoico	C 24:1	0,13	0,14
TOTAL MONOINSATURADOS		60,43	61.99
Ac. Octadecadienoico isómero	C 18:2	0,17	0,19
Ac. Octadecadienoico isómero	C 18:2	0,12	0,12
Ac. Linoleico	C 18:2 w6	21,40	21,1
Ac. Octadecatrienoico isómero	C 18:3	0,34	0,33
Ac. Octadecatrienoico isómero	C 18:3	0,06	0,05
Ac. Octadecatrienoico isómero	C 18 :3	0,28	0,25
Ac. Linolénico	C 18:3 w3	8,30	8,35
TOTAL POLIINSATURADOS		30,66	29.15

La composición en ácidos grasos del AC empleados en este trabajo como medio de fritura estuvo de acuerdo a los valores de las referencias bibliográficas dadas en el CUADRO 3, confirmando que se trata de este aceite vegetal, principalmente por los contenidos de los ácidos palmítico (C 16:0), estearico (C 18:0), oleico (C 18:1w9), linoleico (C18:2w6) y linolénico (C 18:3w3).

Además, se observa en el Cuadro 3 que el AC posee un bajo contenido de ácidos grasos saturados 8,92%, un mayor contenido de ácidos grasos monoinsaturados (60,43%) en

comparación con los poliinsaturados (30,66%). Asimismo, se aprecia que el contenido de ácido linolénico de un 8,30%, está sobre el 2% máximo que permite el Reglamento vigente (CHILE, MINISTERIO DE SALUD, 1997) para materias grasas empleadas en fritura industrial.

La composición en ácidos grasos al final del proceso de fritura de las hojuelas (8h), no manifestó cambios importantes. Este comportamiento es esperable ya que durante la elaboración continua de hojuelas de papas se repuso permanentemente el aceite absorbido por las hojuelas con aceite fresco, lo que contribuyó a mantener la calidad de la materia grasa (DOBARGANES, 1980).

CUADRO 5 Análisis químico del aceite de Colza var. Canola (AC) inicial y final utilizado en la elaboración de las hojuelas de papas después de 8 horas de fritura continua

Parámetros Químicos	AC inicial	AC final
Indice peróxidos (meq O ₂ /kg)	2,1	2,7
Compuestos polares (%)	4,1	5,7
Triglicéridos Polímeros (TGP)	0	0
Triglicéridos Dímeros (TGD)	0,7	2,0
Triglicéridos oxidados (TGox)	1,5	2,0
Diglicéridos (DG)	1,6	1,5
Acidos grasos (AG)	0,3	0,2
Tocoferoles Totales (mg/kg)	750	623
α - tocoferol	255	214
β - tocoferol	64	49
γ - tocoferol	397	332
δ - tocoferol	35	27

En el CUADRO 5 se presentan los resultados obtenidos de los análisis químicos realizados al AC utilizado en el proceso de fritura de hojuelas de papas.

Como se puede observar, la materia grasa no sufrió grandes alteraciones en sus características químicas después de 8 horas de fritura. El índice de peróxidos aumentó de 2,1 a 2,7 meq O₂/kg, los compuestos polares de 4,1 a 5,7%, por el contrario, los tocoferoles totales disminuyeron de 750 a 623 mg/kg.

Las pequeñas diferencias entre los valores de los análisis químicos del AC de inicio y

final de fritura, se debió a que se realizó un proceso similar a uno continuo, en el cual se mantuvieron constantes las principales variables: volumen de aceite, temperatura, velocidad de reposición. La materia grasa estuvo expuesta un mínimo al oxígeno atmosférico y se realizó la fritura de un único producto. En estas condiciones se mantiene la materia grasa a niveles de alteración relativamente constantes sin que sea necesario reemplazarla a corto plazo (PEREZ - CAMINO et al., 1988 a).

De acuerdo al Reglamento vigente (CHILE, MINISTERIO DE SALUD, 1997) el máximo de índice de peróxido a la fecha de elaboración es de 2,5 meq O₂/kg y 10 meq O₂/kg en su período de vida útil, encontrándose el AC utilizado dentro de los valores permitidos.

Precisamente, debido a la continua reposición con aceite fresco, usualmente hay pocos problemas con el deterioro de la materia grasa y es poco probable alcanzar altos niveles de compuestos polares (CUESTA et al., 1993), que de acuerdo con el Reglamento Sanitario de los Alimentos no debe superar el 25%. (CHILE, MINISTERIO DE SALUD, 1997).

En cuanto a las especies de alteración se observó un cambio en la distribución debido, principalmente, a la formación de compuestos de oxidación y polimerización, así, inicialmente el aceite que se caracterizó por el predominio de diglicéridos (DG) y monómeros de triglicéridos oxidados (TGox), característicos de reacciones de hidrólisis y oxidación respectivamente, después de la fritura, la mayor parte de los compuestos polares correspondieron los de oxidación (TGox) y formación de dímeros (TGD), distribución que caracteriza el deterioro inicial de la materia grasa por el proceso de fritura, manteniéndose prácticamente constante el deterioro hidrolítico, lo cual está de acuerdo con referencias de la literatura (MASSON et al., 1997).

Según SEBEDIO et al. (1990), estudios previos de fritura, realizados en condiciones bien controladas, utilizando aceites y grasas de muy distinto grado de insaturación, demostraron que la alteración hidrolítica es la de menor importancia cuantitativa a pesar del elevado grado de humedad de las papas.

Cabe destacar que el AC está naturalmente muy bien protegido por los antioxidantes naturales, su contenido total inicial de tocoferoles fue de 750 mg/kg y bajó

a 623 mg/kg a las 8 h de fritura. Están presentes cuatro tocoferoles, siendo los principales α y γ - tocoferol con 255 y 397 mg/kg respectivamente, como minoritarios están β y δ tocoferol. Estos contenidos totales e individuales están de acuerdo a datos de la literatura que señalan para AC valores entre 430 – 2680 mg/kg (CODEX ALIMENTARIOUS, 1999).

4.2.2 Evolución de la calidad del AC extraído en frío, proveniente de los muestreos efectuados a las hojuelas de papas en las tres condiciones de almacenamiento: 60°C, ambiente ($24 \pm 2^\circ\text{C}$) y a -23°C . Para las tres condiciones de almacenamiento se midieron parámetros químicos, en los intervalos indicados en el CUADRO 2.

4.2.2.1 Índice de Peróxidos. A continuación se presentan los resultados correspondientes al promedio de las tres repeticiones del índice de peróxidos del AC extraído de las hojuelas de papas elaboradas con y sin PA, almacenadas a 60°C, a temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ\text{C}$) y a -23°C .

Como se observa en la Figura 1 el índice de peróxidos del aceite extraído de las hojuelas de papas elaboradas sin PA presentó un fuerte aumento a partir del día 2 desde un valor inicial de 4,8 meq O_2/kg , hasta llegar a 148,5 meq O_2/kg a los 16 días de almacenamiento. El aceite extraído de las hojuelas de papas elaboradas con AC adicionado con PA, mostró un comportamiento similar, con un valor inicial de peróxidos de 2,6 meq O_2/kg , que a los 4 días de almacenamiento subió a 7,1 meq O_2/kg , valor inferior al de las hojuelas sin PA (35,2 meq O_2/kg), alcanzando a lo 16 días un valor máximo de 92,5 meq O_2/kg .

Comparado con la evolución dle Índice de peróxidos a -23°C y temperatura ambiente, el almacenamiento a 60°C aceleró el proceso oxidativo, confirmando que la formación de peróxidos se incrementa notablemente con la temperatura (CRAPISTE *et al.*, 1999). OSORIO y VERGARA (2000) obtuvieron resultados semejantes en hojuelas papas elaboradas con aceite de girasol almacenadas a 40°C por 120 días, aumentando notablemente el contenido de peróxidos con la temperatura. Lo que concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio.

En el caso del tratamiento con PA se obtuvo en el día dos 17 meq O₂/kg, valor muy superior a los 10 permitido por el Reglamento vigente (CHILE, MINISTERIO DE SALUD, 1997). Cuando se adicionó PA al AC , en el día seis, se superó el límite del Reglamento Sanitario.

Este punto fue detectado claramente por la evaluación sensorial como se detalla en 4.1 El análisis estadístico detectó evolución significativa ($p < 0.05$) en cuanto al aumento del contenido de peróxidos durante el almacenamiento (ANEXO 9).

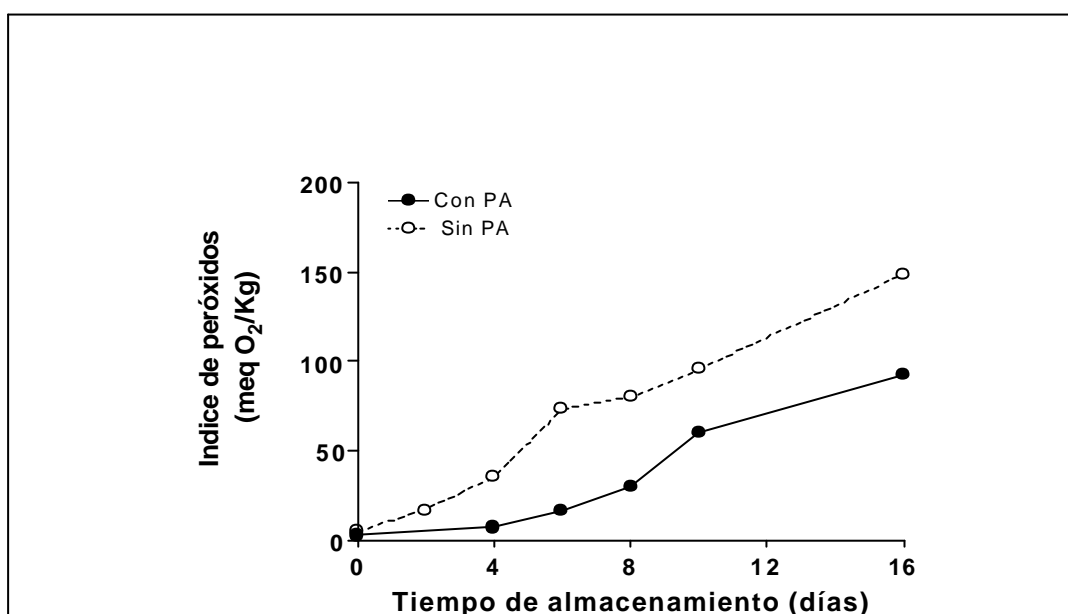


FIGURA 2 Evolución en el contenido promedio de peróxidos de hojuelas de papa almacenadas a 60°C.

En la FIGURA 2 se observa que el índice de peróxidos del aceite extraído de las hojuelas de papas elaboradas sin PA almacenadas a temperatura ambiente presentó un ascenso desde un valor inicial de 4,3 meq O₂/kg, hasta llegar a un valor de 95,6 meq O₂/kg a los 120 días de almacenamiento, presentando una evolución significativa ($p < 0,05$) en cuanto al contenido de peróxidos (ANEXO 9). Por otro lado, las hojuelas con PA mostraron una menor velocidad de formación de peróxidos durante todo el periodo de almacenamiento, alcanzando un valor máximo de 17,2 meq de O₂/kg de grasa

a los 120 días. Los valores de índice de peróxido de las muestras con PA fueron significativamente menores que los valores de las muestras sin PA. Estos resultados indican que el PA fue efectivo en reducir la formación de peróxidos en las hojuelas de papas almacenadas a temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ\text{C}$).

Cabe destacar que a los 90 días de almacenamiento a temperatura ambiente, el aceite extraído de las hojuelas de papas con PA alcanzó un índice de peróxidos de 8,3 meq de O_2/kg de grasa. Este valor se encuentra bajo el límite de 10 meq de O_2/kg de grasa que estipulan algunas regulaciones (R.S.A., 1997; Codex Alimentarius, 1998). Además, en este punto los panelistas detectaron diferencias significativas entre la muestra almacenada a temperatura ambiente con PA y el control.

En las hojuelas sin PA el límite es superado a los 60 días de almacenamiento a temperatura ambiente con un valor de 16,3 meq de O_2/kg de grasa; en este mismo punto el panel sensorial detectó diferencias significativas entre la muestra almacenada a temperatura ambiente y el control.

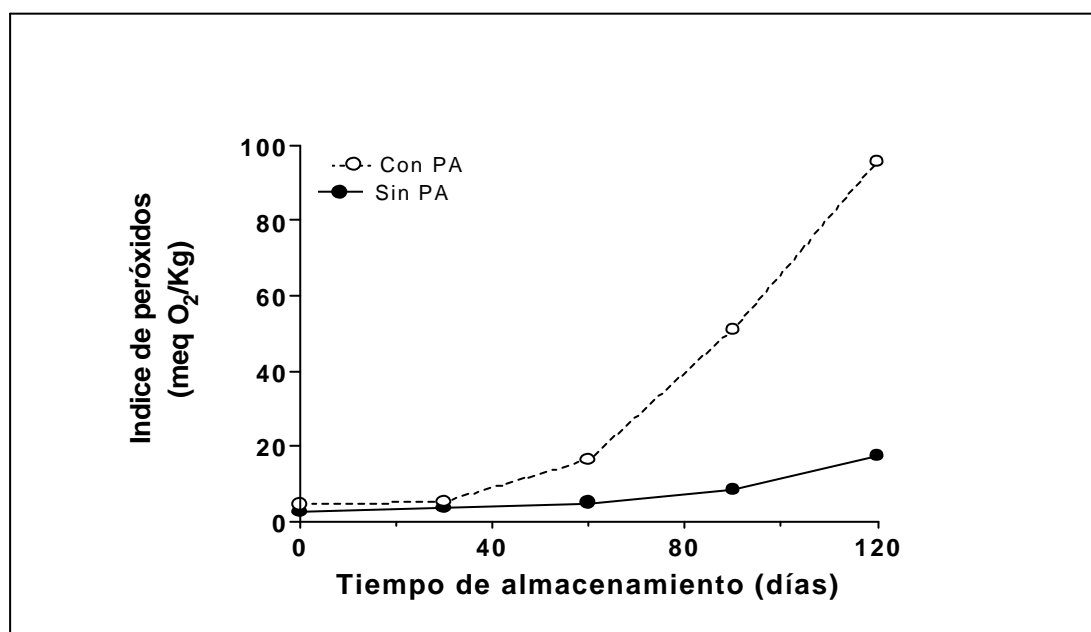


FIGURA 3 Evolución en el contenido promedio de peróxidos de las hojuelas de papa almacenadas a temperatura ambiente.

Como se observa en la FIGURA 3 el índice de peróxidos del aceite extraído de las hojuelas de papa elaboradas sin PA presentó un leve ascenso de 4,3 a 5,3 meq O₂/kg a los 16 días de almacenamiento. Asimismo, el aceite extraído de las hojuelas de papa elaboradas con PA mostró un comportamiento similar, alcanzando a los 16 días de almacenamiento un valor de peróxido de 5,0 meq O₂/kg .

El análisis estadístico (ANEXO 8) indicó que no existió diferencia significativa ($p>0,05$) a lo largo de todo el periodo de almacenamiento a $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre ambas condiciones. Estos valores para ambos casos se encuentra muy por debajo del límite máximo permitido por el Reglamento vigente (CHILE, MINISTERIO DE SALUD, 1997), de 10 meq O₂/kg, lo que coincide con la evaluación sensorial que no detectó evolución significativa de los puntajes a lo largo de todo el tiempo de almacenamiento como se expuso en 4.1

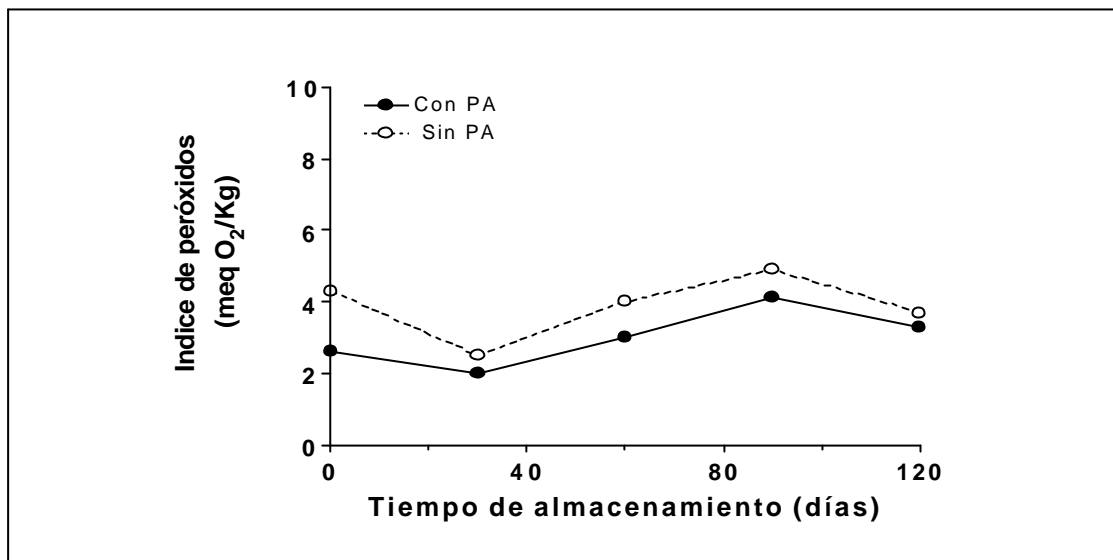


FIGURA 4 Evolución en el contenido promedio de peróxidos de las hojuelas de papa almacenadas a -23°C .

Como se observa en la FIGURA 4 el índice de peróxidos del aceite extraído de las hojuelas de papas elaboradas sin a -23°C , se mantuvieron relativamente constantes durante el tiempo de almacenamiento.

4.2.2.2 Compuestos Polares. El método analítico más utilizado para la evaluación de la calidad de las grasas de fritura es la determinación de compuestos polares mediante cromatografía de adsorción en columna de sílice, que proporciona una medida exacta y reproducible del porcentaje de compuestos presentes en la grasa con mayor polaridad que los triglicéridos, la mayor parte de los cuales son compuestos de degradación originados durante el proceso de fritura y almacenamiento (IUPAC, 1987).

En la CUADRO 6 se presentan los valores de porcentaje de compuestos polares del aceite extraído de hojuelas de papas con y sin P.A. almacenadas a 60°C , temperatura ambiente ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$) y sus controles a -23°C . En la figura 16 se observan gráficamente los valores para el almacenamiento a 60°C .

Cuadro 6. Porcentaje de compuestos polares del aceite con y sin adición de PA extraído de las hojuelas de papas, almacenadas a 60°C, temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ \text{C}$) y sus controles a -23°C .

Tiempo de almacenamiento (días)	Compuestos Polares (%)			
	60°C			
	Con P.A. 60°C	Con P.A. control	Sin P.A. 60°C	Sin P.A. control
0	4	4,0	3,7	3,7
2	-	-	4,0	3,8
4	4,2	4,0	5,0	4,3
6	4,7	3,8	7,1	2,9
8	4,8	3,8	10,2	3,1
10	12,3	4,3	26,6	3,7
16	32,3	3,4	36	4,1
Temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ \text{C}$)				
	Con P.A. ambiente	Con P.A. control	Sin P.A. ambiente	Sin P.A. control
0	4,0	4,0	3,7	3,7
30	4,0	3,9	4,4	3,9
60	4,2	4,2	5,1	4,3
90	4,7	4,0	6,0	4,4
120	4,9	4,3	11,0	4,1

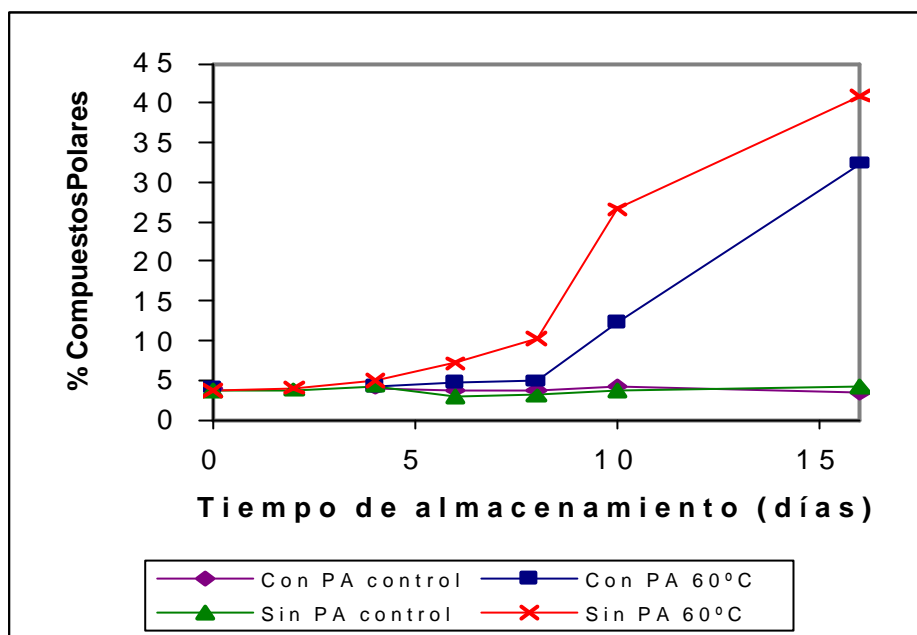


FIGURA 5. Evolución del porcentaje de compuestos polares del aceite con y sin PA, extraído de las hojuelas almacenadas a 60°C y sus controles a -23°C.

Como se observa en la FIGURA 5, el porcentaje de compuestos polares, que representa el incremento de los productos totales de oxidación durante el almacenamiento, inicialmente muestran un leve incremento, hasta los 8 días en ambos tipos de hojuelas, después del cual se observa un rápido ascenso. Este punto corresponde al inicio de las etapas avanzadas de la oxidación; al término del periodo de inducción (MÁRQUEZ-RUIZ *et al.*, 1999), se observó un importante incremento del porcentaje de compuestos polares a los 16 días de almacenamiento, la evolución fue significativamente menor ($p < 0,05$) para las hojuelas con PA.

Datos publicados por MARTÍN-POLVILLO *et al.* (1996), mostraron un drástico aumento de los compuestos polares después de 11 días de almacenamiento a 60°C, estando este punto muy cerca del final del tiempo de inducción. En el mismo estudio se observó que entre los días 9 y 14 del almacenamiento ocurrió un brusco aumento de los valores del porcentaje de compuestos polares, desde 11,5% a 50,5%; respectivamente.

Un comportamiento similar se puede observar en la FIGURA 3, que muestra la evolución del índice de peróxidos. Durante el almacenamiento a 60°C, la evolución del índice de peróxido fue consistente con el incremento del porcentaje de compuestos polares, ambos análisis son útiles para seguir el desarrollo de la oxidación. Esto se esperaba considerando que el incremento de los compuestos de oxidación antes del final del tiempo de inducción es principalmente atribuible a la acumulación de monómeros de triglicéridos oxidados que contienen grupos acil hidroperóxidos (MÁRQUEZ-RUIZ *et al.*, 1999).

En la FIGURA 6 se presenta la evolución del porcentaje de compuestos polares del aceite extraído de las hojuelas de papas con y sin PA, almacenadas a temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ \text{C}$) y sus controles a -23°C .

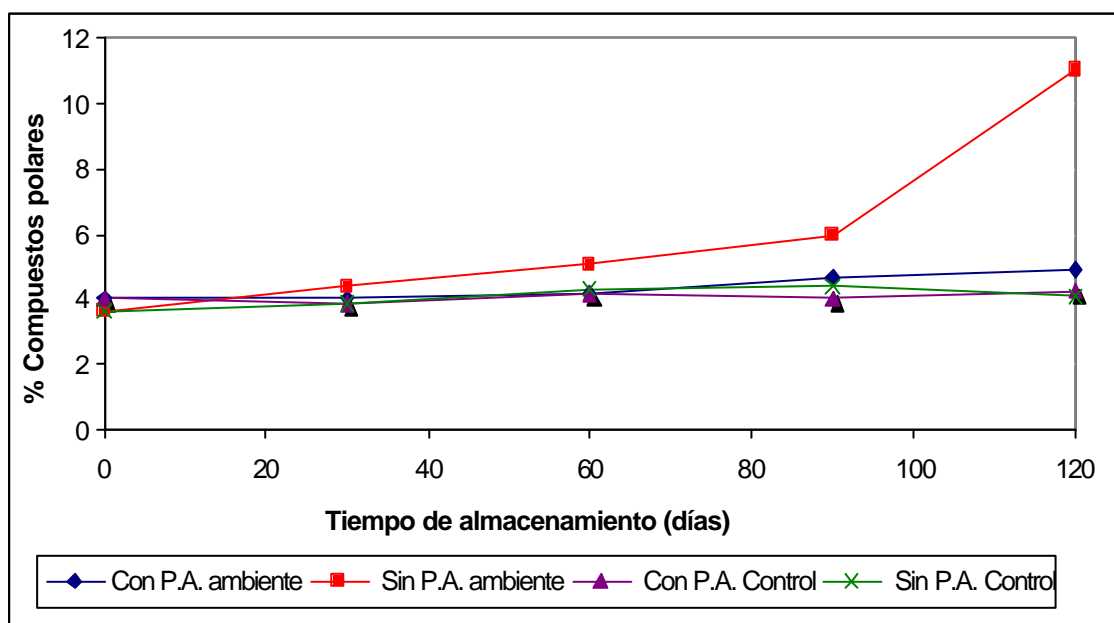


FIGURA 6 Evolución del porcentaje de compuestos polares del aceite con y sin PA, extraído de las hojuelas almacenadas a temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ \text{C}$) y sus controles a -23°C .

El análisis estadístico (ANEXO 7) indicó que las muestras almacenadas a temperatura ambiente con y sin PA presentaron evolución significativa ($p < 0,05$) de los porcentajes de compuestos polares con respecto al tiempo. El aceite extraído de las hojuelas de papas con PA presentó a los 120 días de almacenamiento un valor de 4,9% de compuestos polares, valor significativamente menor que el obtenido al mismo periodo para las hojuelas sin PA que fue de 11,0 %, confirmándose la acción sinérgica antioxidante del PA.

Es importante señalar que el deterioro medido a través de este parámetro durante el almacenamiento a temperatura ambiente mostró una evolución moderada, a las 17 semanas de almacenamiento el aceite extraído de las hojuelas de papa sin PA alcanzaron valores de porcentaje de compuestos polares de 11%. Esto concuerda con el trabajo en que se midió la evolución durante el almacenamiento a temperatura ambiente de hojuelas de papas fritas en aceite de girasol. Se cuantificó el porcentaje de compuestos polares al inicio, a las 15 y 25 semanas de almacenamiento, en donde los niveles fueron 5,2 %, 7,5 % y 10,2 % respectivamente, confirmando que el deterioro se hace presente pero no a una gran velocidad (MARTÍN-POLVILLO *et al.*, 1996).

Los controles a -23°C , no mostraron evolución significativa del porcentaje de compuestos polares. En otros trabajos se ha demostrado que a bajas temperaturas prácticamente no se produce oxidación (CRAPISTE *et al.*, 1999).

Cabe destacar que se encontraron diferencias significativas entre las temperaturas de almacenamiento de 60° y 24° C. A la temperatura mas alta la velocidad de formación de compuestos polares fue mayor. El palmitato de ascorbilo redujo significativamente la formación en de compuestos polares en ambas condiciones de almacenamiento ensayadas.

4.2.2.3 Distribución de especies de alteración de compuestos polares. Como se indica en la parte experimental, la técnica permite la separación de cinco grupos de compuestos de peso molecular diferenciado, los resultados se han simplificado en tres grupos de distinta significación, que son aquellos que presentaron evolución significativa durante el tiempo de almacenamiento en las diferentes condiciones, que corresponden a los dímeros y polímeros; compuestos de polimerización característicos de la alteración térmica y los triglicéridos oxidados originados exclusivamente por la acción del oxígeno del aire. Los compuestos de hidrólisis atribuidos a la acción de la humedad no presentaron evolución significativa.

CUADRO 7. Distribución de especies de alteración de los compuestos polares del aceite con y sin adición de PA extraído de las hojuelas de papas, almacenadas a 60°C, y sus controles a -23°C.

Condición	Días	Compuestos	Especies de alteración				
		Polares (%)	TGP (%)	TGD (%)	OTG (%)	DG (%)	FFA (%)
60°C Con P.A.	0	4	0,0	1,1	1,5	1,2	0,2
	4	4,2	0,0	1,2	1,4	1,4	0,2
	6	4,7	0,0	1,1	1,6	1,6	0,4
	8	4,8	0,0	1,7	1,8	1,0	0,2
	10	12,3	0,0	3,3	7,4	1,4	0,2
	16	32,3	3,9	7,3	19,1	1,7	0,2
Control Con P.A.	0	4	0,0	1,1	1,5	1,2	0,2
	4	4	0,0	1,1	1,4	1,2	0,2
	6	3,8	0,0	1,2	1,1	1,2	0,3
	8	3,8	0,0	1,1	1,2	1,2	0,3
	10	4,3	0,0	1,3	1,4	1,3	0,3
	16	3,4	0,0	0,9	1,1	1,1	0,3
60°C Sin P.A.	0	3,7	0,0	0,9	1,2	1,3	0,2
	2	4	0,0	0,9	1,6	1,3	0,3
	4	5	0,0	1,0	2,3	1,4	0,3
	6	7,1	0,0	2,1	3,5	1,0	0,2
	8	10,2	1,9	2,6	4,1	1,5	0,2
	10	26,6	2,8	5,8	16,3	1,4	0,2
	16	41	4,9	9,3	24,9	1,6	0,2
Control Sin P.A.	0	3,7	0,0	0,9	1,2	1,3	0,2
	2	3,8	0,0	1,3	1,2	1,2	0,2
	4	4,3	0,0	1,2	1,6	1,2	0,2
	6	2,9	0,0	0,7	1,0	1,0	0,2
	8	3,1	0,0	0,8	0,9	1,0	0,3
	10	3,7	0,0	1,0	1,2	1,3	0,3
	16	4,1	0,0	1,2	1,3	1,3	0,3

En la FIGURA 6 se presenta la evolución de las especies de alteración para el aceite extraído de las hojuelas de papas almacenadas a 60°C y sus controles a -23 °C .

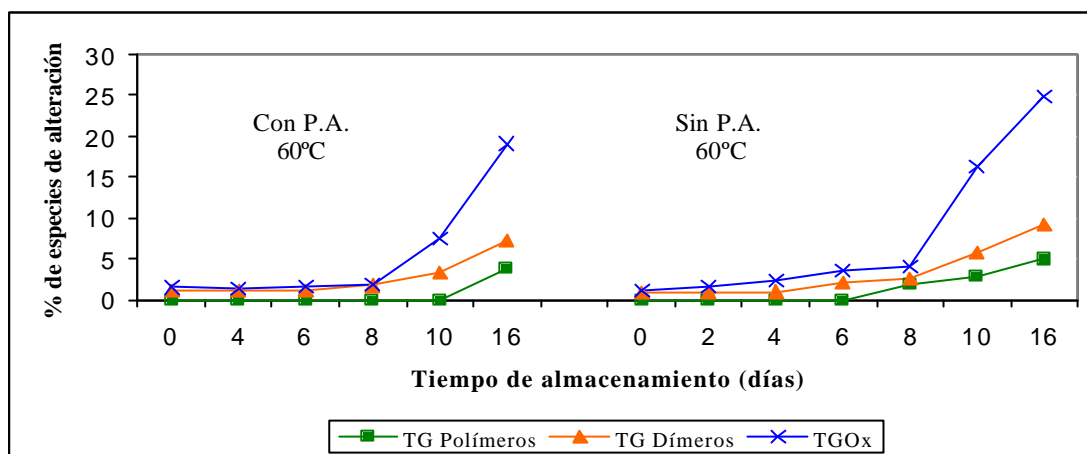


Figura 7. Evolución de las especies de alteración del aceite extraído de hojuelas de papas con y sin PA almacenadas a 60°C.

Los resultados del análisis estadístico (ANEXO 6), indican que a 60°C la evolución del porcentaje de polímeros, dímeros y triglicéridos oxidados en las muestras con y sin PA fue significativa con respecto al tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$). Además, se observa que la formación de polímeros y triglicéridos oxidados en el aceite extraído de las hojuelas con PA, fue significativamente menor que el de las hojuelas sin PA.

En un estudio realizado por MÁRQUEZ-RUIZ *et al.*, (1999) se reporta que, durante las etapas iniciales de la oxidación, sólo los monómeros de triglicéridos oxidados muestran un incremento gradual, en paralelo al desarrollo de productos primarios de oxidación, y que los triglicéridos polímeros inician un incremento al final del periodo de inducción, indicando que la oxidación se ha acelerado. Este comportamiento se observó en este estudio a partir del octavo día de almacenamiento, tanto en las hojuelas sin PA, como en las con PA.

En relación a los contenidos de diglicéridos y ácidos grasos libres de los aceites extraídos de las hojuelas de papas almacenadas a 60°C y sus controles permanecieron constantes, confirmando que durante el almacenamiento a 60°C no se produjo deterioro hidrolítico (CRAPISTE *et al.*, 1999).

CUADRO 8. Distribución de especies de alteración de los compuestos polares del aceite con y sin adición de PA extraído de las hojuelas de papas, almacenadas a temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ \text{C}$), y sus controles a 23°C .

Condición	Días	Compuestos	Especies de alteración				
		Polares (%)	TGP (%)	TGD (%)	OTG (%)	DG (%)	FFA (%)
Ambiente Con P.A.	0	4,0	1,2	0,2	1,1	1,5	1,4
	30	4,0	1,0	0,8	1,1	1,1	1,9
	60	4,2	1,2	0,4	1,4	1,2	1,6
	90	4,7	1,4	0,5	1,4	1,4	1,9
	120	4,9	1,3	0,3	1,7	1,7	1,6
Control Con P.A.	0	4,0	1,2	0,2	1,1	1,5	1,4
	30	3,9	1,4	0,3	1,1	1,2	1,6
	60	4,2	1,5	0,3	1,1	1,3	1,7
	90	4,0	1,4	0,3	1,3	1,0	1,7
	120	4,3	1,6	0,3	1,2	1,2	1,9
Ambiente Sin P.A.	0	3,7	1,3	0,2	0,9	1,2	1,5
	30	4,4	1,2	0,2	1,5	1,5	1,4
	60	5,1	1,1	0,3	1,9	1,9	1,4
	90	6,0	1,1	0,4	2,2	2,1	1,5
	120	11,0	2,2	0,4	3,7	4,7	2,6
Control Sin P.A.	0	3,7	1,3	0,2	0,9	1,2	1,5
	30	3,9	1,5	0,3	1,0	1,1	1,8
	60	4,3	1,4	0,3	1,2	1,4	1,7
	90	4,4	1,5	0,3	1,5	1,1	1,8
	120	4,1	1,6	0,4	1,1	1,0	2,0

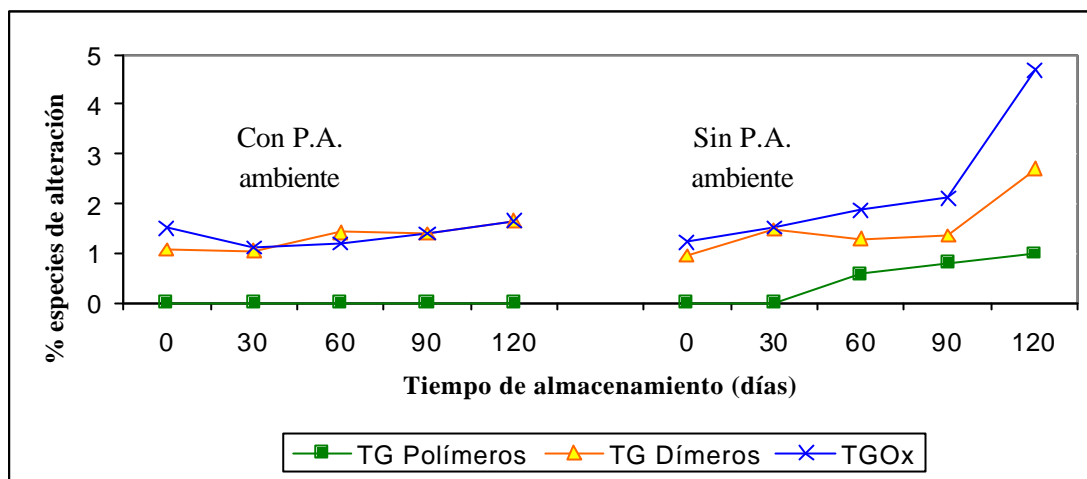


FIGURA 8. Evolución de las especies de alteración del aceite extraído de hojuelas de papas con y sin PA almacenadas a temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ \text{C}$), y sus controles a -23°C

En la FIGURA 8 se observa que las hojuelas adicionadas de PA presentaron una menor formación de compuestos de polimerización y oxidación, con respecto a las hojuelas sin PA. Los porcentajes de polímeros, dímeros y triglicéridos oxidados del aceite extraído de las hojuelas con PA no presentaron evolución significativa. En el aceite sin PA, estas especies evolucionaron significativamente.

Durante el almacenamiento a temperatura ambiente, para las hojuelas sin P.A. se observó un aumento progresivo de los compuestos monoméricos oxidados (TGOx), observándose que los TG polímeros y TG dímeros se incrementaron al finalizar el tiempo de almacenamiento. Los diglicéridos y ácidos grasos que representan el deterioro hidrolítico no experimentaron modificación. El repentino aumento en los valores de índice de peróxido (FIGURAS 13 y 14) está estrechamente ligado al agudo ascenso de los polímeros, al final del tiempo de inducción.

En los ensayos control a -23°C los polímeros, dímeros, triglicéridos oxidados, diglicéridos y ácidos grasos libres se mantuvieron constantes a lo largo del periodo de almacenamiento.

4.2.2.4 Evolución del contenido de tocoferoles. En la FIGURA 9 se observa el contenido de α , β , γ y δ tocoferol del aceite extraído de hojuelas de papas con y sin P.A. almacenadas a 60°C , sus controles a -23°C y su respectiva disminución en el tiempo.

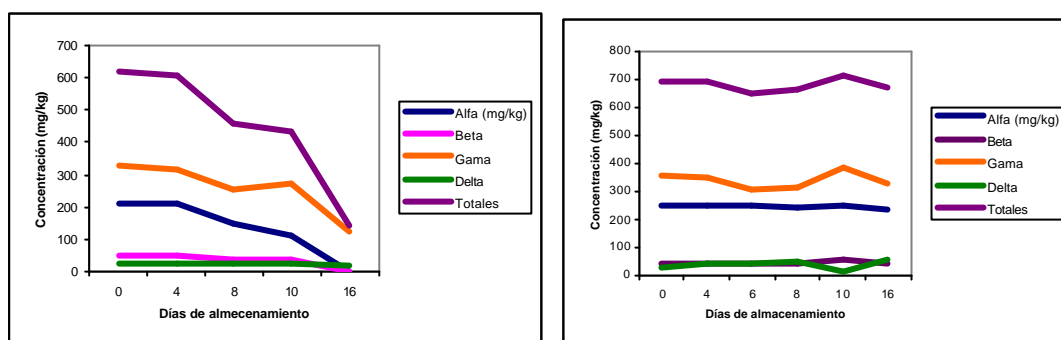


Figura 9. Evolución del contenido de tocoferoles del aceite extraído de las hojuelas con PA almacenadas a 60°C y sus controles a -23°C

El contenido inicial de tocoferoles totales del aceite extraído de las hojuelas de papas fue de 623 y 750 mg/kg , para las hojuelas con y sin PA respectivamente. El principal tocoferol fue el gama con 332 y 397 mg/kg respectivamente seguido del alfa con 214 y 258 mg/kg respectivamente; el beta y el gama son minoritarios como se aprecia en el ANEXO 5.

Se observa en la FIGURA 9 que el contenido de γ -tocopherol de 332 mg/kg del aceite extraído de las hojuelas con PA decayó lentamente llegando al día 16 con un porcentaje de pérdida del 64%, sin PA al mismo tiempo de almacenamiento, el γ -tocopherol se perdió totalmente. Con respecto al α - tocopherol en presencia de PA, de un valor inicial de 214 mg/kg , no se detectó al día 16, en ausencia de PA se perdió al día 10. En relación al β - tocopherol, en la condición con PA y sin PA, no se detectó al día 16 y 10 respectivamente. El δ - tocopherol con PA, tuvo un decaimiento del 30%, y sin PA de 67%. De estos resultados se desprende que de los tocoferoles mayoritarios, en

presencia de PA el más estable fue el γ -tocoferol seguido del α -tocoferol, confirmándose el efecto sinérgico del PA.

El ensayo control a -23°C , mostró que los tocoferoles prácticamente se mantuvieron constantes.

En un estudio realizado por BARRERA-ARELLANO *et al.*, (1999), sobre pérdidas de tocoferoles y formación de compuestos de degradación en sistemas modelos de triacilglicerol calentados a altas temperaturas, se observaron comportamientos similares, en donde la pérdida de alfa-tocoferol a 180°C fue mucho más rápida que la de otros tocoferoles.

Los resultados del análisis estadístico realizado (ANEXO 6), señalaron que la evolución del decaimiento del contenido de α, β, γ y δ - tocoferol y tocoferoles totales en las hojuelas de papas con y sin PA, fue estadísticamente significativo durante el tiempo de almacenamiento a 60°C ($p < 0,05$). Los porcentajes de pérdida fueron significativamente menores en los aceites extraídos de las hojuelas con PA, en relación a sin PA.

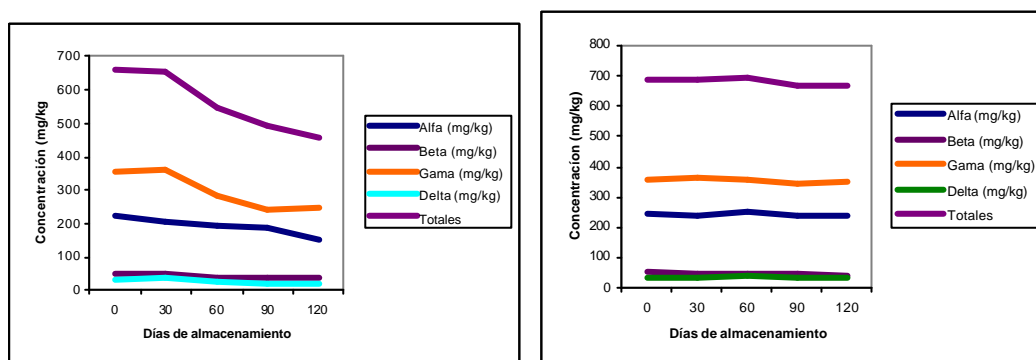


Figura 10. Evolución del contenido de tocoferoles del aceite extraído de las hojuelas con PA almacenadas a temperatura ambiente ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$) y sus controles a -23°C

Se observa en la figura 10 que el contenido de γ -tocoferol de 357 mg/kg del aceite extraído de las hojuelas con PA decayó lentamente llegando al día 120 con un porcentaje de pérdida del 33%, sin PA al mismo tiempo de almacenamiento, el γ -tocoferol disminuyó en un 50%. Con respecto al α -tocoferol en presencia de PA, de un valor inicial de 223 mg/kg, al día 120, disminuyó en un 32% en ausencia de PA se perdió un 63%. En relación al β -tocoferol, en la condición con PA y sin PA, decayó en un 40 y 72% respectivamente. El δ -tocoferol con PA, tuvo un decaimiento del 35%, y sin PA de 29%. De estos resultados se desprende que de los tocoferoles mayoritarios, en presencia de PA el más estable fue el γ -tocoferol seguido del α -tocoferol, confirmándose el efecto sinérgico del PA.

El ensayo control a -23°C , mostró que los tocoferoles prácticamente se mantuvieron constantes.

4.2.2.5 Evolución del contenido de Palmitato de Ascorbilo. En el CUADRO 9 se presentan las concentraciones de palmitato de ascorbilo (PA) en el aceite extraído de las hojuelas almacenadas a 60°C y temperatura ambiente (24 ± 2 ° C), y sus respectivos controles a -23 ° C.

CUADRO 9. Evolución del contenido de palmitato de ascorbilo (PA) en el aceite extraído de las hojuelas de papas adicionadas de PA, almacenadas a 60°C, a temperatura ambiente (24 ± 2 ° C) y sus controles a -23 °C.

Tiempo de almacenamiento (días)	Palmitato de ascorbilo (mg/g de aceite)	
	Con P.A. 60°C	Con P.A. - 23°C
60°C		
	Con P.A. 60°C	Con P.A. - 23°C
0	85	84
4	43	-
6	36	81
8	21	-
10	6	-
16	0	79
Temperatura ambiente 24 ± 2 ° C		
	Con P.A. 24 ± 2 ° C	Con P.A. - 23°C
0	85	84
30	84	-
60	74	81
90	55	-
120	39	79

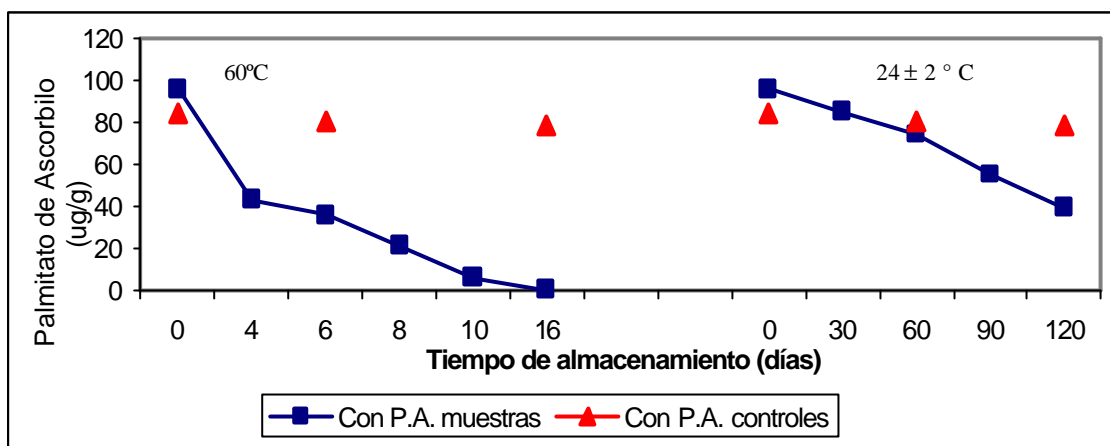


FIGURA 11. Evolución del contenido de palmitato de ascorbilo (PA) en el aceite extraído de las hojuelas de papas adicionadas de PA almacenadas a 60°C y a temperatura ambiente.

Se observa que la pérdida del PA fue significativamente mayor durante el almacenamiento a 60°C, que a temperatura ambiente. En ambos casos las curvas presentaron una evolución significativa ($p < 0,05$). Los controles almacenados a -23°C no presentaron evolución en el contenido de PA.

Al inicio del almacenamiento, las hojuelas de papas presentaron un contenido de palmitato de ascorbilo de 85 $\mu\text{g/g}$, valor menor al calculado, debido a pérdidas en el proceso de adición, ya que para esto se utilizó un tambor de polietileno en el cual la sal no fue totalmente incorporada a las hojuelas de papas, quedando residuos en este utensilio.

Si se compara el comportamiento del decaimiento de palmitato de ascorbilo con los demás análisis químicos realizados en este trabajo se observa que a medida que disminuye la concentración de palmitato de ascorbilo, aumenta progresivamente el índice de peróxidos. Durante el almacenamiento a 60°C, al llegar el palmitato de ascorbilo a un valor de 0 $\mu\text{g/g}$ se ve un considerable aumento de los peróxidos, no se alcanza a observar un cambio tan drástico durante el almacenamiento a temperatura ambiente donde la oxidación ocurrió de forma más paulatina. Este mismo comportamiento se presentó con el tiempo de inducción, contenido de tocoferoles y

porcentaje de compuestos polares.

El palmitato de ascorbilo es un derivado liposoluble del ácido ascórbico, protege de la oxidación a las papas fritas mejor que el BHT, así como al aceite en que se fríen estas patatas. También es más efectivo que el BHA y BHT en la conservación de aceites vegetales y de manteca de cacahuete almacenada (GWO *et al.*, 1985).

El PA a niveles de 0,01% proporciona un incremento en la vida útil de aceites vegetales y en combinaciones con otros antioxidantes conocidos mejora la vida útil tanto en aceites vegetales como en papas fritas (AUGUSTIN *et al.*, 1987).

4.2.2.6 Tiempo de inducción (TI). El tiempo de inducción (TI) se determinó directamente sobre las hojuelas de papas. Se ha descrito que cuando este parámetro se determina sobre el alimento, los resultados obtenidos son mayores y no comparables a los obtenidos sobre el aceite directamente (MARQUEZ-RUIZ, 1999).

CUADRO 10. Tiempos de inducción durante el almacenamiento de las hojuelas de papas a 60°C, temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ \text{C}$) y sus respectivos controles a -23°C

Tiempo de almacenamiento (días)	Tiempo de inducción (hr)			
	60°C			
	Con P.A. 60°C	Con P.A. control	Sin P.A. 60°C	Sin P.A. control
0	24,5	20,3	12,7	12,7
2	-	-	13,4	12,6
4	16,8	19,8	6,9	12,3
6		17,7	4,6	13,1
8	8,7	19,5	3,3	12,8
10	4,7	21,7	0,9	13,3
16	1,6	19,2	0	12,8
Temperatura ambiente				
	Con P.A. ambiente	Con P.A. control	Sin P.A. ambiente	Sin P.A. control
0	20,3	20,3	12,7	12,7
30	19,0	19,4	10,5	11,8
60	17,2	19,8	8,5	12,1
90	15,6	18,2	6,4	12,0
120	10,9	19,5	3,9	12,4

En el CUADRO 10 se observa que los valores de tiempo de inducción para los controles a -23°C no presentaron cambios significativos para los dos tratamientos durante el tiempo de almacenamiento.

La figura 12 muestra la disminución del tiempo de inducción con respecto al tiempo de almacenamiento para las distintas condiciones ensayadas.

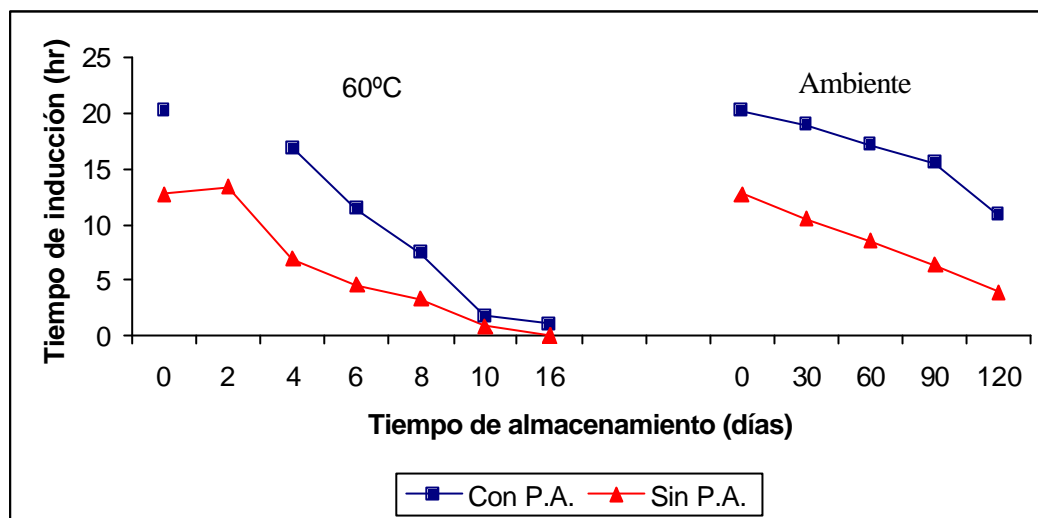


FIGURA 12 Evolución del tiempo de inducción de las hojuelas de papas almacenadas a 60°C y a temperatura ambiente .

Este descenso de la estabilidad del producto fue coincidente con un notable aumento del índice de peróxido, del porcentaje de compuestos polares, y un drástico descenso del contenido de tocoferoles de las muestras. Esto indica que la estabilidad, medida como tiempo de inducción a 100°C proporciona un buen indicador de la evolución de la oxidación (MÁRQUEZ-RUIZ *et al.*, 1999). El aumento de los compuestos de polimerización (deterioro térmico) marcan el final del periodo de inducción y el comienzo de las etapas avanzadas de la oxidación (MARTÍN - POLVILLO *et al.*, 1996).

En un estudio similar sobre hojuelas de papas elaboradas con aceite de girasol, almacenadas a temperatura ambiente y a 60°C, el tiempo de inducción disminuyó de 9,3 h a 3,9 r después de 105 días a temperatura ambiente; a 60°C se alcanzó 1,8 h a los 11 días, llegando a 0 entre los 14 y 21 días de almacenamiento (MARTÍN- POLVILLO *et al.*, 1996). Estos resultados son comparables con los obtenidos para las hojuelas sin P.A. en ambas condiciones de almacenamiento.

En relación a la actividad antioxidante de los tocoferoles y el efecto sinérgico del palmitato de ascorbilo y ácido ascórbico, el estudio realizado por CORT (1974) en aceite de soja, confirma que el PA ofrece un medio de obtener estabilidad extra cuando se requiere, por ejemplo en combinación con otros antioxidantes, incrementando el tiempo

de inducción, prolongando la vida útil por un periodo considerable.

La literatura señala un ensayo realizado por BARRERA-ARELLANO *et al.*(1992), donde se determinó la estabilidad de hojuelas de papas fritas directamente empleando el equipo Rancimat, en el cual se observó el comportamiento de las hojuelas y del aceite extraído de las mismas. Se determinó el periodo de inducción para las muestras de hojuelas enteras, molidas y el aceite extraído, observándose que el periodo de inducción disminuyó durante el almacenamiento en ambas matrices. Los autores señalan que este método puede aplicarse a otros alimentos sólidos con alto contenidos graso con la ventaja de utilizar un sistema más cercano al real.

4.3 Correlaciones entre los distintos análisis químicos

A los resultados de los distintos análisis químicos se les aplicó el método de análisis de variable múltiple y se obtuvieron las correlaciones entre los parámetros medidos sobre las hojuelas con y sin PA conjuntamente (anexos 8 y 9). En las Cuadros 10 y 11 se presentan las mejores correlaciones entre los parámetros químicos (valores cercanos a 1), las cuales, permiten realizar una evaluación más consistente de la degradación de la materia grasa de hojuelas de papas durante el periodo de almacenamiento.

CUADRO 11. Correlaciones de análisis químicos de hojuelas de papas con y sin PA almacenadas a 60°C.

Análisis correlacionados	Correlación
Peróxidos v/s Tocoferoles	-0.8481
Peróxidos v/s Compuestos polares	0.9898
Peróxidos v/s Deterioro oxidativo	0.9868
Peróxidos v/s Deterioro térmico	0.9884
Tocoferoles v/s Compuestos polares	-0.8387
Tocoferoles v/s Deterioro oxidativo	-0.8301
Compuestos polares v/s Deterioro oxidativo	0.9983
Deterioro oxidativo v/s Deterioro térmico	0.9870
Palmitato de ascorbilo v/s Tiempo de inducción	0.9292
Palmitato de ascorbilo v/s Tocoferoles totales	0.8328

De los resultados que se presentan en la CUADRO 11 se deduce que las mejores correlaciones correspondieron a Índice peróxidos con compuestos polares, Índice peróxidos con deterioro oxidativo, compuestos polares con deterioro oxidativo y deterioro oxidativo con deterioro térmico, lo que permite demostrar que el deterioro oxidativo y el deterioro térmico son las alteraciones más importantes que se produjeron

durante el almacenamiento de hojuelas de papa a 60°C. También se observa que el contenido de palmitato de ascorbilo está relacionado con el tiempo de inducción y el contenido de tocoferoles totales en esta condición de almacenamiento.

CUADRO 12. Correlaciones de análisis químicos de hojuelas de papas con y sin PA almacenadas a temperatura ambiente.

Análisis correlacionados	Correlación
Peróxidos v/s Tocoferoles	-0.8637
Peróxidos v/s Compuestos polares	0.9699
Peróxidos v/s Deterioro térmico	0.9630
Peróxidos v/s Deterioro oxidativo	0.9550
Tiempo de inducción v/s Tocoferoles	0.8920
Tocoferoles v/s Deterioro térmico	0.8837
Compuestos polares v/s Deterioro térmico	0.9771
Compuestos polares v/s Deterioro oxidativo	0.9907
Deterioro oxidativo v/s Deterioro térmico	0.9647
Palmitato de ascorbilo v/s Peróxidos	-0.9366
Palmitato de ascorbilo v/s Tiempo de inducción	0.9751
Palmitato de ascorbilo v/s Tocoferoles	0.9920
Palmitato de ascorbilo v/s Compuestos polares	-0.9760

De acuerdo a los valores de los CUADROS 11 y 12 se desprende que, las mejores correlaciones correspondieron a Índice peróxidos con compuestos polares, Índice peróxidos con deterioro oxidativo, compuestos polares con deterioro oxidativo y deterioro oxidativo con deterioro térmico, lo que permite demostrar que ambos deterioros son las alteraciones más importantes que se produjeron durante el almacenamiento de las hojuelas a las dos temperaturas ensayadas.. Además, el contenido de palmitato de ascorbilo correlacionó en ambas condiciones de almacenamiento con el tiempo de inducción y tocoferoles, demostrando así la importancia de su efecto

sinergista.

El índice de peróxidos correlacionó significativamente con el porcentaje de compuestos polares, por lo cual, mediante la aplicación de sólo uno de éstos análisis se podría evaluar el deterioro de la materia grasa a través del tiempo, minimizando así el tiempo de trabajo y costos. Resultados similares se han descrito en hojuelas de papas elaboradas con aceite de girasol y almacenadas a diferentes temperaturas (MASSON *et al.*; 2001; ROBERT *et al.*, 2001)

4.4 Correlaciones entre los análisis químicos y evaluación sensorial

El último juicio con respecto al desarrollo de olor a rancio, que es el resultado de la descomposición y acumulación de productos de las reacciones de deterioro de la materia grasa en los alimentos, requiere siempre de un análisis sensorial, y el valor de cualquier método físico o químico depende en gran medida de la correlación con las propiedades organolépticas (NAWAR, 1993).

El análisis de correlación entre los parámetros químicos y evaluación sensorial, se realizó aplicando el método de análisis de variable múltiple. Para tal efecto se seleccionaron los siguientes parámetros químicos: índice de peróxidos, tiempo de inducción, compuestos polares, contenidos de tocoferoles y de palmitato de ascorbilo. Estos fueron los parámetros que correlacionaron mejor con el deterioro de la materia grasa y además presentaron buena correlación entre ellos, como se puede observar en los CUADROS 11 Y 12

En la CUADRO 13 se encuentran los resultados de las correlaciones de los diferentes análisis químicos realizados sobre el aceite extraído de hojuelas de papas con la evaluación sensorial realizada sobre las hojuelas.

CUADRO 13. Correlaciones entre los análisis químicos efectuados sobre el aceite extraído de las hojuelas de papas y la evaluación sensorial de las hojuelas

Análisis correlacionados con evaluación sensorial	Correlación Almacenamiento a 60°C	Correlación Almacenamiento a temperatura ambiente (24 ± 2 °C)
Índice de peróxidos	0,7998	0,8714
Compuestos polares	0,7596	0,8120
Tiempo de inducción	-0,9423	-0,8478
Contenido de tocoferoles	-0,9243	-0,9008
Palmitato de ascorbilo	-0,7927	-0,9963

Los resultados muestran altas correlaciones entre los parámetros químicos y sensoriales, por lo cual la evolución de dichos parámetros influyó en la aparición del olor a rancio de las muestras.

El tiempo de inducción obtuvo una alta correlación con la evaluación sensorial, teniendo en cuenta que la determinación del tiempo de inducción se realizó directamente sobre las hojuelas de papas molidas y no sobre el aceite extraído como el resto de los análisis químicos que se realizaron en este estudio. El uso de un sistema real para medir el tiempo de inducción dio resultados coherentes con los obtenidos para el ensayo de intensidad de olor a rancio en las mismas condiciones. En esta investigación el índice de peróxidos fue aplicable debido a que se alcanzaron etapas iniciales de oxidación lipídica (FUSTER *et al.*, 1998).

5 CONCLUSIONES

- El aceite de colza no mostró cambios en su composición en ácidos grasos durante 8 h de proceso de fritura en profundidad de hojuelas de papas, confirmando que su alta monoinsaturación favorece su estabilidad
- El aceite de colza además de su composición monoinsaturada, está protegido naturalmente por un excelente sistema antioxidante representado por cuatro tocoferoles, mayoritarios alfa y gama, minoritarios beta y delta tocoferol que ejercieron un efecto protector en la estabilidad oxidativa de hojuelas de papas sometidas a tres temperaturas de almacenamiento 60; 24 y – 23°C
- La adición de palmitato de ascorbilo prolongó la vida útil de las hojuelas de papas almacenadas a las tres temperaturas, comprobándose su efecto sinergista sobre la actividad antioxidante de los tocoferoles por análisis sensorial y químico
- De los tocoferoles mayoritarios, el gama presentó una mayor estabilidad en relación al alfa en las tres condiciones ensayadas
- Se obtuvo muy buena correlación entre la evolución del deterioro oxidativo durante el almacenamiento de las hojuelas de papas a las tres temperaturas con los parámetros químicos medidos y el decaimiento de los tocoferoles

6 RESUMEN

El principal problema asociado con los procesos de frituras es la degradación de las grasas incorporadas en el producto. Este proceso produce cambios en las propiedades organolépticas de los productos y afectan la aceptación final por parte del consumidor. En este contexto el tiempo y temperatura usadas en el almacenamiento como el uso de antioxidantes son importantes para evaluar apropiadamente la vida útil de los alimentos. Basados en estos antecedentes hemos planteados la hipótesis de que el palmitato de ascorbilo (PA) genera actividad sinergista frente a los tocoferoles naturales presentes en el aceite de Colza var. Canola (*Brassica spp.*) (AC), retardando el proceso de rancidez oxidativa en hojuelas de papas fritas. Para estudiar nuestra hipótesis estudiamos en hojuelas de papas fritas envasadas en bolsas bilaminadas: 1.- El efecto del PA en la estabilidad oxidativa de las hojuelas de papas elaboradas con AC. 2.- Si la adición del PA al AC, mejora la estabilidad oxidativa de las hojuelas de papas mantenidas a diferentes condiciones de almacenamiento. 3.- El descenso de los tocoferoles naturales presentes en AC, con y sin la adición de PA, en las diferentes condiciones de almacenamiento. Para esto determinamos el índice de peróxidos, porcentaje de compuestos polares (por cromatografía en columna), especies de alteración por HPLC (por exclusión de tamaño), contenido de tocoferoles por HPLC, concentración de PA. Los resultados fueron analizados utilizando ANOVA de muestras repetidas y los resultados fueron considerados significativamente distintos cuando el valor de P fue menor de 0,05. Se complementó el seguimiento del deterioro con una evaluación sensorial, realizada sobre las hojuelas de papa utilizando un test de intensidad de olor rancio, durante todo el tiempo de almacenamiento. Nuestros resultados mostraron que el PA tiene actividad sinergista con los tocoferoles que contiene el AC, usado en la elaboración de papas fritas tipo, chips, retardando la pérdida de tocoferoles y el deterioro químico de las hojuelas de papas almacenadas.

SUMMMARY

The principal problem associate with the frying process is the degradation of the fats incorporated at the product. This process produce changes in the organoleptic properties of the product and affect the final acceptance for the consumer. In this context the time and temperature used of the storage and the use of antioxidant are important to evaluate the appropriate life shell of the food.

Based in this antecedents we hypothesized that the ascorbyl palmitate (PA) acts as synergist with natural tocopherols present in the Colza var. Canola (*Brassica spp.*) (AC) oil, retarded oxidative process in fried potatoes chips, maintained in different temperature of storeage. To test our hypothesis we study in fried potatoes packed in bilaminated bags 1.- The effect of ascorbyl palmitate in the oxidative stability of the fried potatoes chips with canola oil. 2.- The effect of the addition of ascorbyl palmitate at canola oil in the oxidative stability of the fried potatoes chips maintained at different temperature storage (-23°C, room temperature and 60°C).3.- Measure the decrease of the naturals tocopherols in the canola oil with or without PA in the different condition of storage (-23°C, room temperature and 60°C). We measured the peroxide index, polar compounds (column cromatography), distribution of polar compounds by HPLC, tocopherol content by HPLC, ascorbyl palmitate concentration. The data were analyzed used ANOVA to repeated measured and the results were consider different when the P values were less that 0,05. The degradation following up was completed with sensory analyses, done on the potatoes chips using an intensity test of rancid odor, along all storage time. Our results show that the ascorbyl palmitate had a synergetic activity with the tocopherols contained in the canola oils used in the elaboration of fried potatoes chips retarded the loss of tocopherols and the chemical deteriod of the potatoes stored.

7 BIBLIOGRAFIA

- A.O.C.S. 1993. Oficial Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemist's Society. 4^a edition, Champaign, Illinois, USA.
- ADAMS C. 1997. El rol de los antioxidantes en el mantenimiento de la calidad de la grasa. *Grasas y Aceites*, Septiembre, 391-399.
- AUGUSTIN M. A., Chua C. and Heng L. K. 1987. Effects of Silicone and Ascorbyl Palmitate on the Quality of Palm Olein Used for Frying of Prawn Crackers. *J. Sci. Food Agri.* 40, 87-93.
- BADUI D. (1986). Lípidos. En: *Química de los Alimentos*. Editorial Alhambra, Mexico. pp 159-203.
- BARRERA-ARELLANO D. and ESTEVES W. 1992. Oxidative Stability of Potato Chips Determined by Rancimat. *J. Am. Oil Chemists Soc.*, 59, (4), 335-338.
- BARRERA-ARELLANO D., RUIZ-MÉNDEZ V., MÁRQUEZ-RUIZ G. y DOBARGANES M. C. (1999). "Lost of tocopherols and formation of degradation compounds in triacylglycerol model systems heated at high temperature". *J. Sci. Food Agri.*, 79, 1923-1928.
- BELITZ H. D. y GROSH W. 1988. Lípidos. En: *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia, Saragoza, España. pp 133-209.

- BRAVERMAN J. 1980. Lípidos. Oxidación de lípidos. En: Introducción a la bioquímica de alimentos. Editorial El Manual Moderno, México. pp 189-204. pp 248-265.
- CHE MAN Y. B. y TAN C. P. 1999. Effects of Natural and Synthetic Antioxidants on Changes in Refined, Bleached, and Deodorized Palm Olein During Deep-Fat Frying of Potato Chip. J. Am. Oil Chemist`s Soc. , 76 (3):331-339.
- CHEFTEL J. C. 1992. Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos. Zaragoza, España: Acribia. pp 265-269.
- CODEX ALIMENTARIUS,1999. Codex Standard for named vegetable oils. Codex stan 210.1 -16
- CORT W. M. 1974. Antioxidant Activity of Tocopherols, Ascorbyl Palmitate and Ascorbic Acid and Their Mode of Action. J. Am. Oil Chemist`s Soc. ,51, July, 321-325.
- CRAPISTE G., BREVEDAN M. y CARELLI A. 1999. Oxidation of Sunflower Oil During Storage. J. Am. Oil Chemists` Soc., 76, (12), pp 1437-1443.
- CUESTA C., SÁNCHEZ-MUNIZ F. J., GARRIDO-POLONIO C., LÓPEZ-VARELA S. y ARROYO R. (1993). Thermoxidative and Hydrolitic Changes in Sunflower Oil Used in Fryings with a Fast Turnover of Fresh Oil. J. Am. Oil Chemists` Soc., 70 (11): 1069-1073.
- DOBARGANES M. C. 1980. Aspectos generales de las grasas calentadas. Grasas y Aceites, 31 (6): 417-421.

- DOBARGANES M. C. y MÁRQUEZ-RUIZ G. 1998. Regulation of used frying fats and validity of quick tests for discarding the fats. *Grasas y Aceites*, 49 (3-4): 331-335.
- DOBARGANES M. C., PÉREZ-CAMINO M. C. y MARQUEZ-RUIZ G 1988. High performance size exclusion chromatography of polar compounds in heated and non-heated fats. *Fat Sci. Technol.* 90 (8):308-311.
- DOBARGANES M. C., PÉREZ-CAMINO M.C., MÁRQUEZ-RUIZ G. 1989. Determinación de compuestos polares en aceites y grasas de fritura. *Grasas y Aceites*, 40 (1): 35-38.
- FENNEMA OWEN R. (1993). Agua y Hielo. Lípidos. Química de los Alimentos. EDITORIAL ACRIBIA, SARAGOZA, ESPAÑA. 29-79: 157-273.
- FINNE G., KINS G., WILLIAMS J. y WELBORN J. 1998. Antioxidants and lipid oxidation in foods. *Inside laboratory management*, 6, 24-26.
- FRANKEL E. 1984. Lipids oxidation: mechanisms, products and biological significance. *J. Am. Oil Chemist's Soc.*, 12, 1908-1916.
- FUSTER M. D., LAMPI A. M., HOPIE A. y KADM-ELDIN A. 1998. Effects of α -tocopherols on the autooxidation of purified sunflower triacylglycerols. *Lipids*, 33 (7): 715-722.
- GORDON M. y KOURIMSKÁ L. (1995). Effect of Antioxidants on Changes in Oil during Heating and Deep Frying. *J. Sci. Food Agric.*, 68: 347-353.
- GORDON M. y KOURIMSKÁ L. 1995. Effect of antioxidants on losses of tocopherols during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 52, 175-177.

- GUTIÉRREZ, GONZÁLEZ-QUIJANO R., y DOBARGANES M. C. 1988. *Frying of food: principles, changes, new approaches*. Editorial Ellis Horwood Ltd., Chichester.
- GWO Y., FLICK G. y DUPUY H. (1985) Effect of ascorbyl palmitate on the quality of frying fats for deep-frying operations. *J. Am. Oil Chemists`Soc.* 62 1666-1671.
- IUPAC, 1987. *Determination of polar compounds on frying fat. Estandar methods for analysis of oils, fats and derivaties. Method 2507*. Blackwell scientific publications, 7^h edition.
- KHAYAT y SCHWALL D. 1983. Lipid oxidation in sea food. *Food Technol.*, July, 130-140.
- LABUZA T. P. y BERGQUIST S. 1983. Kinetics of oxidation of potato chips under constant temperature and sine wave temperature conditions. *J. Food Sci.* 48:712-715.
- LABUZA, T. P. (1982). *Shelf-life dating of foods*. Foods & Nutrition Press. Westport, Connecticut, USA, p 999.
- LAHTINEN, R. M., WESTER, I. y NIEMELA, R. K. (1996). Storage stability of crisps measured by head space and peroxid value analyses "short communication". *Grasas y Aceites*, 47, 59-62.
- MAESTRO DURÁN R. y BORJA PADILLA R. (1993). Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. *Grasas y Aceites*, 44 (2): 101-106.
- MAESTRO DURÁN R. y BORJA PADILLA R. 1993. Actividad antioxidante de las vitaminas C y E y de la provitamina A. *Grasas y Aceites*, 44 (2): 107-110.

- MÁRQUEZ-RUIZ G., MARTÍN POLVILLO M., JORGE N., RUIZ MÉNDEZ M. V., y DOBARGANES M. C. 1999. Influence of Used Frying Oil Quality and Natural Tocopherol Content on Oxidative Stability of Fried Potatoes. *J. Am. Oil Chemist`s Soc.*, 76, (4), 421-425.
- MÁRQUEZ-RUIZ G., MARTÍN-POLVILLO M. y DOBARGANES M. C. 1996. Quantitation of oxidized triglyceride monomers and dimers as an useful measurement for early and advances stages of oxidation. *Grasas y Aceites*, 47(1-2): 48-53.
- MARTÍNEZ DE LA CUESTA P. J., RUS MARTÍNEZ E. AND GALDEANO CHAPARRO M. (1995). Enranciamiento oxidativo de aceites vegetales en presencia de α -tocoferol. *Grasas y Aceites*, 46, (6), 349-353.
- MARTÍN-POLVILLO M., MÁRQUEZ-RUIZ G., JORGE N., RUIZ-MÉNDEZ M. V. y DOBARGANES M. C. 1996. Evolution of Oxidation During Storage of Crisps and French Fries Prepared with Sunflower Oil and High Oleic Sunflower Oil. *Grasas y Aceites*, 47 (1-2): 54-58.
- MASSON, L., MELLA, M.A.1985. *Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile*. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 30p
- MASSON L., ROBERT P., ROMERO N., IZAURIETA M., VALENZUELA S., ORTIZ J. y DOBARGANES M. C. 1997. Comportamiento de aceites poliinsaturados en la preparación de patatas fritas para consumo inmediato: Formación de nuevos compuestos y comparación de métodos analíticos. *Grasas y Aceites*. 48 (5): 273-281.

MASSON L., URRÁ C., IZAURIETA M, ORTIZ J., ROBERT P., ROMERO N. y WITTIG E. 2001. Estabilidad de patatas críps sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento. Aprobado para su publicación en revista Grasas y Aceites.

MEDINA L., (1997). Protección de aceites con antioxidantes. Soyanoicias, 251, 6-10.

METROHM. Instructions for use 679 Rancimat. Instrument for the determination of oxidative and thermal stabilities. Switzerland.

MIN, D. B. y SCHWEIZER, D. Q. (1983). Lipid oxidation in potato chips. J. Am. Oil Chem. Soc. 12, 1301-1308.

MINISTERIO DE SALUD. REGLAMENTO SANITARIO DE LOS ALIMENTOS. Diario oficial de la República de Chile. Modificaciones publicadas en Diario oficial de la República de Chile, Enero 2000.

NAWAR W. 1993. Lípidos. Química de los Alimentos. Editorial Acribia, Saragoza, España. 157-274.

NORMA ESPAÑOLA UNE 55-037-73. (1973). Determinación de ácidos grasos por cromatografía gaseosa. Madrid, España.

OSORIO C. y VERGARA M. (2000). Efecto de dos condiciones de almacenamiento en el deterioro termoxidativo de la materia grasa de hojuelas de papa. Memoria para optar al título de Ingeniero en Industria Alimentaria. Universidad Tecnológica Metropolitana.

PARKER, R. S. 1989. Dietary and biochemical aspects of vitamin E. Advances in food nutrition research. Academy press, Inc. N.Y., USA, 157-223.

- PÉREZ-CAMINO M. C., GUINDA A., MÁRQUEZ-RUIZ G., y DOBARGANES M. C. (1988). Alteración de grasas usadas en fritura. II. Variables que influyen en el proceso continuo y análisis de freidoras industriales. *Grasas y Aceites*, 39(1): 39-43.
- PÉREZ-CAMINO M.C., MÁRQUEZ-RUIZ G., SALGADO RAPOSO A., y DOBARGANES M. C. 1988. Alteración de grasas usadas en fritura. III. Correlación entre índices analíticos y métodos de evaluación directa de compuestos de degradación. *Grasas y Aceites*, 39 (2): 72-76.
- QUAST D. y KAREL M. (1972). Effects of environmental factors on the oxidation of potatoes chips. *J. Food Sci.* 37: 584-588.
- RAOUX R., MORIN O. y MORDRET F. 1996. Sensory assessment of stored french fries and crisps fried in sunflower and high oleic sunflower oils. *Grasas y Aceites*, 47 (1-2): 63-74.
- ROBERT, P., MASSON L., ROMERO N., DOBARGANES M. C., IZAURIETA M., ORTÍZ J. y WITTIG E. 2001. Fritura Industrial de patatas crisps, influencia del grado de insaturación de la grasa de fritura durante el almacenamiento.
- SEBEDIO J. L., BONPUNT A., GRANDGIRARD A. y PREVOST J. 1990. Deep fat frying of frozen prefried french fries: Influence of the amount linolenic acid in the frying medium. *J. Agric. Food Chem.*, 38:1862-1867.
- SEBEDIO J. L., DOBARGANES M. C., MÁRQUEZ G., WESTER I., CHRISTIE W. W., DOBSON G., SWOBADA F., CHARDIGNY J. M., MAIROT TH. y LAHTINEN R. 1996 Industrial production of crisps and prefried french fries used sunflower oils. *Grasas y Aceites*. 47 (1-2): 5-13.

SMITH, O. 1978. Potato chips. In: Potato processing. The Avi Publishing Company. Westport, Connecticut, USA. 305-402.

VALENZUELA A. y NIETO S. (1996). Synthetic and natural antioxidant: food quality protectors. *Grasas y Aceites*, 47 (3): 186-196.

VICENTE T., WAYSEK E. y CORT W. 1985. Determination of Ascorbyl Palmitate by High Performance Liquid Chromatography". *J. Am. Oil Chemists` Soc.*, 62 (4).

WARNER, K., ORR, P. y GLYNN, M. 1994. Effects of frying oil composition on potato chip stability. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 10: 1111-1121.

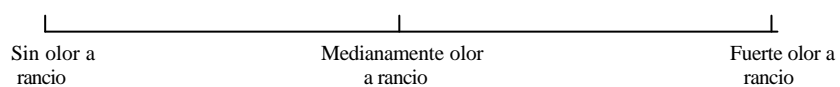
WITTIG, E. 1981. Evaluación sensorial. Talleres Universidad de Santiago, Santiago, Chile. 124.

ANEXOS

ANEXO 1**TEST DE INTENSIDAD DE OLOR RANCIO**

Nombre :..... Fecha :.....

Sírvase evaluar las siguientes muestras según su olor a rancio, y señale la intensidad de su percepción en la línea que a continuación se presenta.



Muchas gracias!

ANEXO 2

MÉTODOS QUÍMICOS

1. Extracción de materia grasa (Quast *et al.*,1972)

Materiales

Matraz erlenmeyer esmerilado 250 ml

Embudo

Papel filtro

Reactivos

Eter de petróleo p.a.

Eter etílico p.a.

Sulfato de sodio anhidro

Equipos

Agitador Burrell BB

Rotavapor Büchi RE 120

Procedimiento

Moler la muestra (hojuelas) en molino o picadora y trapasar a un matraz de 250 ml. Adicionar 100 ml de una mezcla eter de petróleo:eter etílico (90:10) y tapar. Agitar durante 4 horas. Filtrar la muestra con sulfato de sodio anhidro. Adicionar nuevamente 100 ml de la mezcla y agitar durante 4 horas. Repetir el proceso de filtración. Luego evaporar todo el solvente a una temperatura no mayor de 40°C.

2. Formación de ésteres metílicos y análisis cromatográfico (GLC). Método ácido-alcalino (UNE 55-037-73).

Materiales

Matraz esmerilado 50 ml

Pipetas 10 ml

Perlas de ebullición

Varilla de reflujo

Reactivos

Metilato de sodio 0,2 N

Ácido sulfúrico: Metanol (30:500)

Hexano p.a.

Solución de cloruro de sodio 10%

Equipos

Placa calefactora Gerhardt H52

Cromatógraf : Hewlett Packard 5890 serie 2

o

Integrador : Hewlett Packard 3395

Columna : Capilar, BPX-70, de 50 metros de largo 0,2 μm de film. 0,22 μm de diámetro interno

Detector : FID

Condiciones del equipo

Temperatura del inyector : 240°C
Temperatura del detector : 240°C
Temperatura inicial : 160°C por 3 minutos
Velocidad de calentamiento : 2°C/minuto
Temperatura final : 230°C
Gas de arrastre : Hidrógeno

Procedimiento

Formación de ésteres metílicos: en matraz esmerilado de 50 ml pesar 0,1 g de muestra aproximadamente y agregar 10 ml de metilato de sodio más una perla de ebullición y hervir durante 10 minutos con varilla de reflujo y luego enfriar. Agregar 1,5 ml de hexano y aforar con cloruro de sodio, tapar y agitar enérgicamente, esperar la separación de las fases. Transferir con jeringa a matraz de 10 ml los ésteres metílicos que se encuentran en la fase superior y aforar con hexano.

Análisis cromatográfico: tomar 5 μ l de los ésteres metílicos e inyectar al cromatógrafo por duplicado. Inyectar el estándar de ácidos grasos.

Identificación de ácidos grasos: la identificación de ácidos grasos se realiza por comparación de los tiempo de retención de la muestra con los tiempos de retención dados por el estándar de ácidos grasos.

3. Determinación del índice de peróxido. Método ácido acético cloroformo (AOCS, 1993)

Materiales

Matraz erlenmeyer esmerilado 250 ml

Probetas 50 ml

Pipetas 0,5 ml

Bureta

Balanza Precisa 125 A

Reactivos

Solución ácido acético:cloroformo (3:2)

Yoduro de potasio

Solución de tiosulfato de sodio 0,1 N

Agua destilada

Almidón

Procedimiento

En el matraz esmerilado pesar 5g de muestra y adicionar 30 ml de solución ácido acético:cloroformo (3:2), agitar hasta disolver la muestra. Adicionar 3 g de yoduro de potasio y 0,5 ml de agua destilada y agitar un minuto exacto en oscuridad , medido con cronómetro. Adicionar rápidamente 30 ml de agua destilada. Agregar 2-3 gotas de tiosulfato de sodio 0,1 N. Adicionar 0,5 ml de solución indicadora de almidón. Titular con tiosulfato hasta que el color azul desaparezca totalmente.

Expresión de resultados

El resultado se expresa como miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de materia grasa, utilizando la siguiente fórmula:

$$IP = \frac{V_1 \times N_1 \times 1000}{P_1}$$

Donde:

V_1 : Volumen de tiosulfato de sodio gastado (ml)

N_1 : Normalidad de la solución de tiosulfato

P_1 : Peso de la muestra (g)

4. Determinación de estabilidad. Método Rancimat 679.

Materiales

Balanza Scaltec SPO 51 Máx. 310g

Baño termostático Grant

Reactivos

Acetona

Hidróxido de potasio

Alcohol isopropílico

Detergente Extran

Agua destilada

Condiciones del equipo

Temperatura : 100°C

Flujo de aire : 20 L/h

Velocidad de papel : 2 cm/h

Conductividad : 200 μ S/cm

Tiempo de : 24 h

medición

Procedimiento

Preparación del material: lavar los tubos de reacción con la solución alcohólica de KOH (300g de KOH, 600ml de alcohol isopropílico y 100 ml de agua destilada) durante 2 horas en un baño termostático a 80°C. enjuagar con agua destilada, y colocar junto con las celdas de medición en detergente Extran por 1 hora en baño a 80°C. enjuagar con abundante agua destilada hasta la eliminación total del detergente. Secar en estufa. Lavar los electrodos con acetona y dejar en agua destilada. Verificar que el tamiz molecular permanezca de color azul y que el papel filtro esté limpio.

Preparación del equipo: pesar 8 g de hojuelas de papa molidas en el tubo. Programar la temperatura del análisis, una vez que el equipo alcance la temperatura, poner los tubos en la placa calefactora del equipo y conectar al flujo de aire. Agregar 60 ml de agua destilada a cada una de las celdas de medición. Colocar los electrodos y verificar que la conductividad inicial no sobrepase los 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Verificar el flujo de aire cada cierto tiempo.

5. Determinación de tocoferoles en aceites vegetales y grasas por HPLC (AOCS, 1993).

Materiales

Matraz esmerilado de 25 ml

Pipetas

Pipetas volumétricas 5 ml

Celdas de cuarzo con 1 cm de paso

Reactivos

Estándares de tocoferoles Merck DL-alfa, beta, gama y delta.

Metanol

Hexano grado HPLC

Isopropanol grado HPLC

Equipos

Rotavapor Büchi RE 120

Espectrofotómetro UNICAMS ATS, con espectro UV-visible.

Bomba : Merck Hitachi E-6200

Detector : Detector de fluorescencia Merck Hitachi F-1050 con longitud de onda de excitación a 290 nm y longitud de onda de emisión de 330nm.

Integrado : Merck Hitachi D-2500

r

Columna : Merck Superspher Si 60 de 250 mm x 4 μ m

Flujo : 1,0 ml/min

Fase móvil

Hexano:isopropanol (99,5:0,5)

Procedimiento

Preparación de la muestra: pesar alrededor de 0,3 g de muestra en matraz de 25 ml, mezclar y aforar con hexano, proteger de la luz y realizar el ensayo el día en que se prepara. Tomar 60 μ l de muestra e inyectar en la columna. Identificar los tocoferoles presentes en la muestra por referencia de los cromatogramas obtenidos de los estándares. Inyectar cada muestra por duplicado.

Preparación de estándar de tocoferoles:

Solución stock de alfa-tocoferol: pesar exactamente 10 mg de estándar en un matraz volumétrico de 100 ml, aforar con hexano. Tomar 10 ml de esta solución en un matraz aforado protegido de la luz y evaporar todo el hexano en rotavapor a una temperatura no mayor de 40°C. agregar 10 ml de metanol y agitar para disolver el tocoferol. Medir la absorbancia de esta solución a 292 nm, y calcular la concentración como mg/ml, dividiendo el valor de la absorbancia por 0,0076.

Solución stock de beta, gama y delta- tocoferol: preparar de la misma manera que la solución de alfa-tocoferol, y usar los siguientes factores de división para calcular la concentración:

Beta-tocoferol: 0,0089 (296 nm)

Gama-tocoferol : 0,0091 (298 nm)

Delta-tocoferol : 0,0087 (298 nm)

Mezclar volúmenes apropiados de solución stock de tocoferoles estándar y diluir con hexano en un matraz de 50 ml, para obtener concentraciones entre 1 y 5 µg/ml de cada tocoferol.

Expresión de resultados

La identificación de los peak de tocoferoles se realiza por comparación de los tiempos de retención con el estándar de tocoferoles. El resultado se expresa en mg/kg o ppm, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de tocoferol} = \frac{\mathbf{C \times V \times Fd \times As}}{\mathbf{P \times Am}}$$

Donde:

C : concentración del estándar de tocoferol (µg/ml)

V : Volumen del matraz en que se preparó la muestra (ml)

Fd: factor de dilución

P : peso de la muestra (g)

As: área del peak del estándar

Am: área del peak de la muestra

6. Determinación de compuestos polares. Método IUPAC(1987).

Materiales

Columna de vidrio

Vaso precipitado 200 ml

Vaso precipitado 5 ml

Embudo de decantación

Embudo de vidrio
Pipetas pasteur
Probetas 200 ml
Bagueta
Matraz esmerilado 250 ml
Capilares
Cámara de vidrio
Cámara de yodo

Reactivos

Sílica gel
Arena de mar
Mezcla hexano:eter etílico (90:10)
Eter etílico (p.a.)
Nitrógeno
Agua destilada
Tetrahidrofurano
Acido acético glacial

Equipos

Rotavapor Buchi RE 120
Estufa termorregulada Binder

Procedimiento

Preparación de la muestra: pesar 1 g de muestra en vaso de precipitado de 5 ml, disolver con mezcla 90:10, homogenizar y reservar.

Preparación del material: colocar la sílica gel en estufa a 105°C por una hora, y luego enfriar en desecador. Pesar en matraz esmerilado de 250 ml 19 g de sílica gel y agregar 1 g de agua destilada, agitar vigorosamente. Colocar dos matraces de 250 ml en estufa durante 30 minutos y enfriar en desecador. Registrar el peso de los matraces.

Preparación de la columna: disolver la sílica gel en 50 ml de mezcla 90:10 en un vaso de precipitado y traspasar a la columna con la ayuda de un embudo. Enjuagar el vaso con mezcla 90:10, asegurándose de traspasar toda la sílica y evitar la formación de burbujas golpeando suavemente las paredes de la columna para que la sílica se compacte. Agregar arena de mar con un embudo formando un anillo.

Cromatografía en columna: tomar la muestra y sembrar en la columna con pipeta pasteur, enjuagar el vaso varias veces con la mezcla 90:10 para cerciorarse del traspaso total. Agregar 150 ml de mezcla 90:10 al embudo de decantación y dejar eluir hacia la columna por goteo evitando que ésta se seque. Recibir en matraz esmerilado toda la fase I (compuestos apolares). Eluida esta mezcla agregar al embudo 150 ml de eter etílico y dejar eluir en la columna, cambiando el matraz de recepción para recibir la fase II (compuestos polares). Evaporar ambos matraces en rotavapor hasta remover todo el solvente. Colocar los matraces en estufa por 10 minutos, luego dejar enfriar en desecador y pesar hasta obtener peso constante. Anotar los pesos. Si el peso es muy variable, agregar nitrógeno para eliminar el solvente.

Cromatografía en placa fina: agregar al matraz que contiene la fase I 3 ml de hexano y 5 ml de tetrahidrofurano a la fase II. Sembrar una gota de cada una de las fases en un cromatofolio mediante un capilar y colocar dentro de una cámara de vidrio con una mezcla de 20 ml de hexano, 5 ml de éter etílico y gotas de ácido acético glacial. Dejar reposar hasta que la mezcla suba evitando mover el baño. Revelar la separación en una cámara de yodo.

Expresión de resultados

$$\text{Porcentaje de recuperación} = \frac{100 \times (FI + FII)}{P_1}$$

$$\text{Porcentaje de compuestos no polares} = \frac{FI \times 100}{P_1}$$

Porcentaje de compuestos polares = 100 - % compuestos no polares

Donde:

FI : peso en gramos de la fracción no polar

FII: peso en gramos de la fracción polar

P₁ : peso en gramos de la muestra

7. Determinación de especies alteradas por HPLC (Dobarganes, 1998).

Materiales

Tubos

Pipetas

Reactivos

Tetrahidrofurano

Equipos

Bomba : Merck Hitachi 6200

Detector : Índice de refracción Merck RI71

Integrador : Merck Hitachi 2500

Columnas : Hewlett Packard PL gel de 100 y 500 Å tamaño de poro; 7,5 mm diámetro interno y 5 µm tamaño de partícula, conectadas en serie.

Fase móvil : Tetrahidrofurano grado HPLC

Flujo : 1 ml/min.

Procedimiento

Agregar 5 ml de tetrahidrofurano a la fase II de compuestos polares, luego traspasar a un tubo y guardar en refrigeración. Diluir la muestra con tetrahidrofurano aproximadamente 2:1 y luego inyectar en HPLC.

8. Determinación de palmitato de ascorbilo mediante HPLC (Vicente *et al.*,1985).**Materiales**

Matraces aforados de 100 ml

Tubos de centrífuga

Reactivos

Metanol

Fase móvil metanol: buffer fosfato de potasio monobásico 0,02 M, pH 3,5 (80:20)

Equipos

Balanza Scaltec SPO 51

Centrífuga Sorvall Superspeed RC2-B

Vortex Cenco 34524-200

Bomba : Merck Hitachi 6200

Detector : Merck Hitachi L-4250 UV-VIS, longitud de onda: 255 nm

Integrador : Merck Hitachi 2500

Columna : Chromegabond diamina, 25 cm largo, 250 mm: 4,6 mm diámetro interno,
5 µm diámetro de partícula.

Flujo : 0,8 ml/min.

Procedimiento

Preparación de la muestra: se pesan 3 g de hojuelas de papa molidas en un tubo de centrífuga, se adicionan 20 ml de metanol y se agitan durante 2 minutos en un vortex. Luego se centrifuga por 5 minutos a 2500 rpm, se filtra el sobrenadante y se traspasa a un tubo. Se inyectan 20 µl al cromatógrafo HPLC.

ANEXO 3

TABLA RESUMEN DE PUNTAJES PROMEDIO DE OLOR RANCIO HOJUELAS ALMACENADAS A 60°C, TEMPERATURA AMBIENTE Y SUS CONTROLES.

Tiempo de almacenamiento (días)	Puntajes sensoriales					
60°C						
	Con P.A.			Sin P.A.		
Tiempo (días)	Muestras	Controles	P	Muestras	Controles	P
0	2.12 ± 1.08	2.12 ± 1.08	1.0000	2.65 ± 1.39	2.65 ± 1.39	1.0000
2	-	-	-	3.56 ± 1.54	2.74 ± 1.10	0.2390
4	4.04 ± 2.07	2.93 ± 1.45	0.2692	5.22 ± 1.46	3.18 ± 1.69	0.0305
6	4.57 ± 1.49	2.07 ± 1.33	0.0053	6.75 ± 1.28	2.53 ± 1.09	0.0000
8	5.12 ± 1.08	2.12 ± 1.08	0.0004	7.65 ± 1.39	2.65 ± 1.39	0.0000
10	6.25 ± 2.39	2.11 ± 1.37	0.0014	8.64 ± 1.28	2.73 ± 1.31	0.0000
16	7.16 ± 1.70	3.10 ± 1.24	0.0002	9.28 ± 0.80	3.35 ± 1.18	0.0000
Temperatura ambiente						
	Con P.A.			Sin P.A.		
Tiempo (días)	Muestras	Controles	P	Muestras	Controles	P
0	2.12 ± 1.08	2.12 ± 1.08	1.0000	2.65 ± 1.39	2.65 ± 1.39	1.0000
30	2.83 ± 0.89	2.50 ± 1.68	0.6470	3.68 ± 1.33	2.52 ± 1.45	0.1147
60	3.41 ± 1.66	2.46 ± 1.87	0.3337	5.36 ± 1.56	2.75 ± 1.28	0.0042
90	5.07 ± 1.72	2.62 ± 1.20	0.0082	8.10 ± 1.45	2.47 ± 1.43	0.0000
120	6.42 ± 2.19	2.31 ± 2.10	0.0030	8.88 ± 1.13	2.52 ± 1.41	0.0000

negrilla: día en que el panel sensorial detectó diferencias significativas entre las muestras y el control ($p < 0.05$).

ANEXO 4

EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS MEDIDOS EN EL ACEITE EXTRAÍDO DE HOJUELAS DE PAPAS ALMACENADAS A 60°C.

Condición	Días	Índice de Peróxidos (meq O ₂ /kg)	Tiempo de Inducción (horas)	Tocoferoles				
				Alfa (mg/kg)	Beta (mg/kg)	Gama (mg/kg)	Delta (mg/kg)	Totales
60°C Con P.A.	0	2,6	20,3	214	49	332	27	623
	4	7,1	16,9	213	49	316	28	606
	6	16,3	11,4	-	-	-	-	-
	8	35,9	7,5	149	38	257	24	458
	10	113,6	1,7	114	41	274	28	433
	16	289,3	1	0	0	122	19	142
Control Con P.A.	0	2,6	20,3	255	48	355	34	692
	4	4,6	19,8	250	45	352	46	693
	6	4,8	17,7	251	44	312	46	653
	8	4,7	19,5	245	45	316	55	661
	10	5,0	21,7	-	-	-	-	-
	16	5,0	19,2	238	48	328	58	672
60°C Sin P.A.	0	4,3	12,7	258	64	397	31	750
	2	17,0	13,4	-	-	-	-	-
	4	35,2	6,9	206	52	329	32	619
	6	73,1	4,6	-	-	-	-	-
	8	105,0	3,3	53	33	270	33	389
	10	238,4	0,9	0	0	84	12	96
	16	453,5	0	0	0	7	10	17
Control Sin P.A.	0	4,3	12,7	256	58	350	37	701
	2	6,6	12,6	-	60	-	-	-
	4	5,0	12,3	255	55	338	21	669
	6	5,8	13,1	241	49	336	25	651
	8	6,5	12,8	251	51	349	27	678
	10	6,1	13,3	260	55	341	36	692
	16	5,3	12,8	253	48	328	22	651

Continuación anexo 4

Condición	Días	Compuestos	Especies de alteración				
		Polares (%)	TGP (%)	TGD (%)	OTG (%)	DG (%)	FFA (%)
60°C Con P.A.	0	4	0,0	1,1	1,5	1,2	0,2
	4	4,2	0,0	1,2	1,4	1,4	0,2
	6	4,7	0,0	1,1	1,6	1,6	0,4
	8	4,8	0,0	1,7	1,8	1,0	0,2
	10	12,3	0,0	3,3	7,4	1,4	0,2
	16	32,3	3,9	7,3	19,1	1,7	0,2
Control Con P.A.	0	4	0,0	1,1	1,5	1,2	0,2
	4	4	0,0	1,1	1,4	1,2	0,2
	6	3,8	0,0	1,2	1,1	1,2	0,3
	8	3,8	0,0	1,1	1,2	1,2	0,3
	10	4,3	0,0	1,3	1,4	1,3	0,3
	16	3,4	0,0	0,9	1,1	1,1	0,3
60°C Sin P.A.	0	3,7	0,0	0,9	1,2	1,3	0,2
	2	4	0,0	0,9	1,6	1,3	0,3
	4	5	0,0	1,0	2,3	1,4	0,3
	6	7,1	0,0	2,1	3,5	1,0	0,2
	8	10,2	1,9	2,6	4,1	1,5	0,2
	10	26,6	2,8	5,8	16,3	1,4	0,2
	16	41	4,9	9,3	24,9	1,6	0,2
Control Sin P.A.	0	3,7	0,0	0,9	1,2	1,3	0,2
	2	3,8	0,0	1,3	1,2	1,2	0,2
	4	4,3	0,0	1,2	1,6	1,2	0,2
	6	2,9	0,0	0,7	1,0	1,0	0,2
	8	3,1	0,0	0,8	0,9	1,0	0,3
	10	3,7	0,0	1,0	1,2	1,3	0,3
	16	4,1	0,0	1,2	1,3	1,3	0,3

ANEXO 5

EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS MEDIDOS EN EL ACEITE EXTRAÍDO DE HOJUELAS DE PAPAS ALMACENADAS A TEMPERATURA AMBIENTE.

Condición	Días	Índice de Peróxidos (meq O ₂ /kg)	Tiempo de Inducción (horas)	Tocoferoles			
				Alfa (mg/kg)	Beta (mg/kg)	Gama (mg/kg)	Delta (mg/kg)
Ambiente Con P.A.	0	2,6	20,3	223	51	357	31
	30	3,5	19,0	208	48	361	35
	60	4,8	17,2	195	38	285	28
	90	8,3	15,6	188	40	241	21
	120	17,2	10,9	151	35	250	20
Control Con P.A.	0	2,6	20,3	243	52	359	35
	30	2,0	19,4	241	48	361	34
	60	3,0	19,8	250	50	355	38
	90	4,1	18,2	235	45	346	30
	120	3,3	19,5	240	41	350	32
Ambiente Sin P.A.	0	4,3	12,7	261	68	381	35
	30	5,1	10,5	211	52	325	36
	60	16,3	8,5	195	45	295	31
	90	51,0	6,4	118	36	240	29
	120	95,6	3,9	95	19	193	25
Control Sin P.A.	0	4,3	12,7	258	65	384	29
	30	2,5	11,8	248	54	375	27
	60	4,0	12,1	250	60	370	28
	90	4,9	12,0	239	59	378	25
	120	3,7	12,4	240	55	369	26

Continuación anexo 5

Condición	Días	Compuestos	Especies de alteración				
		Polares (%)	TGP (%)	TGD (%)	OTG (%)	DG (%)	FFA (%)
Ambiente Con P.A.	0	4,0	1,2	0,2	1,1	1,5	1,4
	30	4,0	1,0	0,8	1,1	1,1	1,9
	60	4,2	1,2	0,4	1,4	1,2	1,6
	90	4,7	1,4	0,5	1,4	1,4	1,9
	120	4,9	1,3	0,3	1,7	1,7	1,6
Control Con P.A.	0	4,0	1,2	0,2	1,1	1,5	1,4
	30	3,9	1,4	0,3	1,1	1,2	1,6
	60	4,2	1,5	0,3	1,1	1,3	1,7
	90	4,0	1,4	0,3	1,3	1,0	1,7
	120	4,3	1,6	0,3	1,2	1,2	1,9
Ambiente Sin P.A.	0	3,7	1,3	0,2	0,9	1,2	1,5
	30	4,4	1,2	0,2	1,5	1,5	1,4
	60	5,1	1,1	0,3	1,9	1,9	1,4
	90	6,0	1,1	0,4	2,2	2,1	1,5
	120	11,0	2,2	0,4	3,7	4,7	2,6
Control Sin P.A.	0	3,7	1,3	0,2	0,9	1,2	1,5
	30	3,9	1,5	0,3	1,0	1,1	1,8
	60	4,3	1,4	0,3	1,2	1,4	1,7
	90	4,4	1,5	0,3	1,5	1,1	1,8
	120	4,1	1,6	0,4	1,1	1,0	2,0

ANEXO 6

Análisis estadístico de los parámetros químicos medidos en aceite extraído de hojuelas de papas almacenadas a 60°C, coeficientes de correlación y resultados de la prueba t-student entre pendientes.

Parámetro Químico	Condición	Pendiente	Coefficiente de correlación	Valor P	Prueba t-student
Índice de peróxidos (meq O₂/kg)	Con P.A.	18,54 ± 4,26	0,9087	0,0121	Diferencia
	Sin P.A.	28,81 ± 3,95	0,9559	0,0008	0,01
Tiempo de inducción (hrs)	Con P.A.	(-1,35 ± 0,25)	0,9374	0,0058	Diferencia
	Sin P.A.	(-0,95 ± 0,18)	0,9106	0,0044	0,01
Alfa-tocoferol (mg/kg)	Con P.A.	(-42,66 ± 7,54)	-0,9428	0,0048	Diferencia
	Sin P.A.	(-50,39 ± 10,42)	-0,9077	0,0047	0,05
Beta-tocoferol (mg/kg)	Con P.A.	(-1,15 ± 0,17)	-0,9577	0,0026	Diferencia
	Sin P.A.	(-1,76 ± 0,41)	-0,8881	0,0076	0,01
Gamma-tocoferol (mg/kg)	Con P.A.	(-0,52 ± 0,16)	-0,8529	0,0308	no hay
	Sin P.A.	(-0,65 ± 0,18)	-0,8472	0,0161	Diferencia
Tocoferoles totales (mg/kg)	Con P.A.	(-44,33 ± 7,46)	-0,9477	0,004	Diferencia
	Sin P.A.	(-55,80 ± 10,81)	-0,9093	0,0045	0,05
Compuestos polares (%)	Con P.A.	1,78 ± 0,50	0,8707	0,024	Diferencia
	Sin P.A.	2,49 ± 0,43	0,9338	0,0021	0,05
Polímeros (%)	Con P.A.	0,22 ± 0,09	0,7768	0,069	Diferencia
	Sin P.A.	0,33 ± 0,05	0,9403	0,0016	0,05
Dímeros (%)	Con P.A.	0,4 ± 0,1	0,8937	0,0163	no hay
	Sin P.A.	0,56 ± 0,08	0,9474	0,0012	Diferencia
TGOx (%)	Con P.A.	1,13 ± 0,31	0,8725	0,0234	Diferencia
	Sin P.A.	1,57 ± 0,30	0,9194	0,0034	0,01
Deterioro térmico (%)	Con P.A.	0,63 ± 0,19	0,8602	0,0279	Diferencia
	Sin P.A.	0,90 ± 0,13	0,9514	0,001	0,01
Deterioro oxidativo (%)	Con P.A.	1,13 ± 0,32	0,8724	0,0234	Diferencia
	Sin P.A.	1,57 ± 0,30	0,9194	0,0034	0,05
Deterioro hidrolítico (%)	Con P.A.	0,02 ± 0,02	0,3992	0,433	No
	Sin P.A.	0,01 ± 0,01	0,4216	0,346	Aplicable
Palmitato de ascorbilo	Con P.A.	(-5,79 ± 1,31)	-0,9109	0,0115	no aplicable

ANEXO 7

Análisis estadístico de los parámetros químicos medidos en aceite extraído de hojuelas de papas almacenadas a temperatura ambiente, coeficientes de correlación y resultados de la prueba t-student entre pendientes.

Parámetro Químico	Condición	Pendiente	Coefficiente de correlación	Valor P	Prueba t-student
Índice de peróxidos (meq O₂/kg)	Con P.A.	0,11 ± 0,03	0,9029	0,0358	diferencia 0,01
	Sin P.A.	0,76 ± 0,18	0,9242	0,0248	
Tiempo de inducción (hrs)	Con P.A.	(-0,07 ± 0,01)	-0,9616	0,009	diferencia 0,01
	Sin P.A.	(-0,07 ± 0,00)	-0,9992	0	
Alfa-tocoferol (mg/kg)	Con P.A.	(-0,93 ± 0,13)	-0,9722	0,0055	diferencia 0,01
	Sin P.A.	(-2,74 ± 0,42)	-0,9671	0,0071	
Beta-tocoferol (mg/kg)	Con P.A.	(-0,02 ± 0,03)	-0,2849	0,6422	no aplicable
	Sin P.A.	(-0,12 ± 0,02)	-0,9596	0,0097	
Gamma-tocoferol (mg/kg)	Con P.A.	0,01 ± 0,02	0,1374	0,8257	no aplicable
	Sin P.A.	(-0,07 ± 0,01)	-0,9467	0,0146	
Tocoferoles totales (mg/kg)	Con P.A.	(-0,94 ± 0,13)	-0,9731	0,0053	diferencia 0,01
	Sin P.A.	(-2,92 ± 0,44)	-0,9676	0,007	
Compuestos polares (%)	Con P.A.	(0,01 ± 0,00)	0,9504	0,0132	diferencia 0,01
	Sin P.A.	0,054 ± 0,02	0,8831	0,0471	
Polímeros (%)	Con P.A.	0,0	-	-	no aplicable
	Sin P.A.	0,009 ± 0,001	0,9615	0,0090	
Dímeros (%)	Con P.A.	0,005 ± 0,001	0,9449	0,0154	diferencia 0,01
	Sin P.A.	0,011 ± 0,004	0,8177	0,0180	
TGOx (%)	Con P.A.	0,002 ± 0,002	0,4635	0,4316	no aplicable
	Sin P.A.	0,025 ± 0,008	0,8601	0,0615	
Deterioro térmico (%)	Con P.A.	0,005 ± 0,001	0,9449	0,0154	diferencia 0,01
	Sin P.A.	0,021 ± 0,004	0,9506	0,0131	
Deterioro oxidativo (%)	Con P.A.	0,002 ± 0,002	0,4636	0,4316	no aplicable
	Sin P.A.	0,025 ± 0,008	0,8601	0,0615	
Deterioro hidrolítico (%)	Con P.A.	0,001 ± 0,002	0,2917	0,6339	no aplicable
	Sin P.A.	0,007 ± 0,004	0,7038	0,1847	
Palmitato de ascorbilo	Con P.A.	(-0,48 ± 0,03)	-0,993	0,0007	no aplicable

ANEXO 8

Correlaciones de análisis químicos realizados a hojuelas de papa almacenadas a 60°C.

	IP.	T.I.	Tocoferoles Total	C.P.	Térmico	Oxidativo	Hidrolítico	Palmitato de ascorbilo
IP.		0.7458 (13) 0.0034	0.8481 (13) 0.0002	0.9898 (13) 0.0000	0.9884 (13) 0.0000	0.9868 (13) 0.0000	0.3883 (13) 0.1898	-0.6739 (13) 0.1422
T.I.	-0.7458 (13) 0.0034		0.8880 (13) 0.0001	-0.7133 (13) 0.0062	-0.7117 (13) 0.0064	-0.7117 (13)0.0064	-0.2258 (13) 0.4581	0.9292 (13) 0.0073
Tocoferol Total	-0.8481 (13) 0.0002	0.8880 (13) 0.0001		-0.8387 (13) 0.0003	-0.8495 (13) 0.0002	-0.8301 (13) 0.0004	-0.2879 (13) 0.3402	0.8328 (13) 0.0396
C.P.	0.9898 (13) 0.0000	-0.7133 (13) 0.0062	-0.8387 (13) 0.0003		0.9945 (13) 0.0000	0.9983 (13) 0.0000	0.4268 (13) 0.1458	-0.6107 (13) 0.1978
Térmico	0.9884 (13) 0.0000	-0.7117 (13) 0.0064	-0.8495 (13) 0.0002	0.9945 (13) 0.0000		0.9870 (13) 0.0000	0.4200 (13) 0.1531	-0.5891 (13) 0.2186
Oxidativo	0.9868 (13) 0.0000	-0.7117 (13)0.0064	-0.8301 (13) 0.0004	0.9983 (13) 0.0000	0.9870 (13) 0.0000		0.4115 (13) 0.1624	-0.6179 (13) 0.1911
Hidrolítico	0.3883 (13) 0.1898	-0.2258 (13) 0.4581	-0.2879 (13) 0.3402	0.4268 (13) 0.1458	0.4200 (13) 0.1531	0.4115 (13) 0.1624		-0.3185 (13) 0.5385
Palmitato de ascorbilo	-0.6739 (13) 0.1422	0.9292 (13) 0.0073	0.8328 (13) 0.0396	-0.6107 (13) 0.1978	-0.5891 (13) 0.2186	-0.6179 (13) 0.1911	-0.3185 (13) 0.5385	

ANEXO 9

Correlaciones de análisis químicos realizados a hojuelas de papa almacenadas a temperatura ambiente.

	IP.	T.I.	Tocoferol Total	C.P.	Térmico	Oxidativo	Hidrolítico	Palmitato de ascorbilo
IP.		0.7756 (10) 0.0084	-0.8637 (10) 0.0013	0.9699 (10) 0.0000	0.9630 (10) 0.0000	0.9550 (10) 0.0000	0.7149 (10) 0.0201	-0.9366 (10) 0.0190
T.I.	-0.7756 (10) 0.0084		0.8920 (10) 0.0005	-0.7207 (10) 0.0187	0.7992 (10) 0.0055	0.7210 (10) 0.0186	0.2989 (10) 0.4015	0.9751 (10) 0.0047
Tocoferol total	-0.8637 (10) 0.0013	0.8920 (10) 0.0005		-0.7948 (10) 0.0060	0.8837 (10) 0.0007	0.7729 (10) 0.0088	0.3914 (10) 0.2634	0.9920 (10) 0.0009
C.P.	0.9699 (10) 0.0000	-0.7207 (10) 0.0187	-0.7948 (10) 0.0060		0.9771 (10) 0.0000	0.9907 (10) 0.0000	0.8016 (10) 0.0053	-0.9760 (10) 0.0044
Térmico	0.9630 (10) 0.0000	0.7992 (10) 0.0055	0.8837 (10) 0.0007	0.9771 (10) 0.0000		0.9647 (10) 0.0000	0.6954 (10) 0.0256	-0.9413 (10) 0.0169
Oxidativo	0.9550 (10) 0.0000	0.7210 (10) 0.0186	0.7729 (10) 0.0088	0.9907 (10) 0.0000	0.9647 (10) 0.0000		0.7528 (10) 0.0120	-0.5496 (10) 0.3375
Hidrolítico	0.7149 (10) 0.0201	0.2989 (10) 0.4015	0.3914 (10) 0.2634	0.8016 (10) 0.0053	0.6954 (10) 0.0256	0.7528 (10) 0.0120		-0.2565 (10) 0.6770
Palmitato de ascorbilo	-0.9366 (10) 0.0190	0.9751 (10) 0.0047	0.9920 (10) 0.0009	-0.9760 (10) 0.0044	-0.9413 (10) 0.0169	-0.5496 (10) 0.3375	-0.2565 (10) 0.6770	