

Estabilidad de papas críspas sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento

Por Lilia Masson¹, Carlos Urra², Macarena Izaurieta¹, Jaime Ortiz¹, Paz Robert¹, Nalda Romero¹ y Emma Wittig¹

¹ Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile, Casilla 233, Santiago 1, Chile. e-mail: lmasson@abello.dic.uchile.cl

² Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

RESUMEN

Estabilidad de papas críspas sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento.

Se evaluó la progresión del deterioro de papas críspas almacenadas a temperatura ambiente en presencia de luz y en oscuridad, así como 40°C y -23°C (control) en oscuridad. Se trabajó con muestras que provinieron de una industria líder en el mercado chileno. El deterioro se evaluó sensorialmente sobre las hojuelas hasta que el panel obtuvo significación para olor y sabor extraño y químicamente en el aceite extraído de las mismas. La evaluación sensorial indicó que se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) contra el control a los 48, 72 y 9 días de almacenamiento a T° ambiente en presencia de luz, en oscuridad y 40°C, respectivamente. Durante el proceso de fritura se produjo una pérdida del orden de 80% de terbutilhidroquinona (TBHQ), delta y gama tocoferol disminuyeron entre un 43 y 30% respectivamente. El deterioro predominante fue de tipo térmico, en cambio durante el almacenamiento se observó una evolución hacia el deterioro oxidativo. Se estableció una relación entre el deterioro sensorial y químico, obteniéndose que si un valor de compuestos polares se alcanza en un tiempo determinado a 40°C, se necesitaría aproximadamente 7 veces ese tiempo, para alcanzarlo a temperatura ambiente en oscuridad.

PALABRAS-CLAVE: Almacenamiento - Análisis químico - Análisis sensorial - Estabilidad - Papas críspas.

SUMMARY

Stability of potato crisps subjected to several conditions of storage.

The progression of deterioration of crisps stored at room temperature (day light and darkness), and in darkness at 40°C and -23°C (control) was evaluated. The samples were obtained from a leader industry of the Chilean market. The potatoes were evaluated until the panel detected significant difference ($p < 0.05$) for «strange» odour and flavour. Chemical evaluation was performed on the oil extracted from the potatoes. Sensory evaluation showed significant differences ($p < 0.05$) against control at 48, 72 and 9 days of storage at daylight and darkness room temperature, and 40°C respectively. During the frying process about 80% of terbutylhydroquinone (TBHQ) was lost, delta and gamma tocopherol decreased around 43 and 30% respectively. Thermic deterioration was the most important during frying while only oxidation increased during storage. A relationship between sensory and chemical deterioration was established. It was found

that, for the same polar compound percentage, a period of time around 7 times higher was necessary at room temperature in darkness, than at 40°C.

KEY-WORDS: Chemical analysis - Crisps potatoes - Sensory analysis - Stability - Storage.

1. INTRODUCCIÓN

Las papas críspas son un alimento de alto consumo por sus características de sabor, aroma, textura crujiente e incremento de la palatabilidad que le confiere el proceso de fritura (Labuza, 1982; Dobarganes *et al.*, 1989). Durante el almacenamiento, se produce una pérdida de calidad por la alteración de la materia grasa incorporada al producto durante el proceso de fritura. Estos cambios generan una gran variedad de compuestos, tanto volátiles, que producen olores y sabores desagradables como estables, dando como resultado una disminución de su aceptabilidad por parte del consumidor (Min and Schweizer, 1983; Labuza, 1982; Labuza and Bergouist, 1983; Asap and Augustin, 1986).

Entre las variables que más influyen en la calidad del producto frito durante el almacenamiento se tiene:

Tipo y calidad de la materia grasa. Las alteraciones durante la fritura están relacionadas directamente con el grado de insaturación y calidad del medio de fritura. (Dobarganes, 1980). Se prefiere los aceites monoinsaturados o parcialmente hidrogenados razón por la cual algunas reglamentaciones fijan un contenido máximo de 2% de ácido linoléico (Reglamento Sanitario de los Alimentos Chilenos, 1997). El factor más importante respecto a la calidad inicial del medio de fritura es el período de «turnover», inversamente relacionado con la velocidad de reposición con aceite fresco (Dobarganes y Perez-Camino, 1991). En general, el período de «turnover» o tiempo en que se emplea una cantidad de grasa de reposición igual al volumen de la freidora, varía entre

8 y 12 horas, controlándose el deterioro por el contenido de ácidos grasos libres (Smith, 1978).

Presencia de antioxidantes. Los tocoferoles alfa, beta, gama y delta, están presentes en los aceites vegetales, los dos últimos se consideran los de mayor actividad antioxidante (Nawar, 1993; Martínez de la Cuesta et al., 1995). Durante el proceso de fritura se reducen, pero permanecen en el aceite en cantidad suficiente para proporcionar cierta protección al producto terminado frente a la oxidación (Márquez Ruiz et al., 1999). La adición de antioxidantes naturales o sintéticos, aumenta la vida útil del alimento entre un 15 a un 200% (Maestro Durán y Borja-Padilla., 1993). Algunos autores señalan que la TBHQ posee buenas características de permanencia en la fritura de papas críps (Nawar, 1993; Medina, 1997), mientras otros indican que existe una pérdida sustancial de este antioxidante en el aceite durante frituras consecutivas de papas críps sin reposición (Asap and Augustin, 1986), posiblemente debido a su degradación térmica y a su arrastre por el vapor de agua liberado mientras se fríe el producto (Min and Schweizer, 1983). Es importante, por tanto, aportar más información sobre el contenido inicial de antioxidantes naturales y sintéticos de la materia grasa empleada en la fritura de papas críps y su evolución, tanto durante la preparación del producto, como durante su posterior conservación (Masson et al., 1999).

Otras variables que modifican la estabilidad del producto durante el período de conservación son: la luz, la temperatura de conservación del producto frito y el material del envase (Smith, 1978; Perez-Camino et al., 1988; Dobarganes et al., 1989; Dobarganes and Perez-Camino, 1991).

En el presente estudio se evaluó la progresión del deterioro de papas críps, preparadas mediante fritura industrial en proceso continuo, mantenidas en diferentes condiciones de almacenamiento, a través de mediciones sensoriales y químicas. Los objetivos principales fueron:

- Conocer la estabilidad del producto frito y estimar la idoneidad del período de comercialización establecido en el envase.
- Evaluar las relaciones existentes entre los resultados obtenidos mediante análisis químico y sensorial en la definición de la vida útil del producto frito.
- Conocer la utilidad de ensayos acelerados para estimar el período de conservación a temperatura ambiente.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Muestras

Una industria chilena líder en el mercado de papas críps proporcionó un lote de 120 paquetes de 288 g c/u tomados al azar y provenientes de una misma partida de fritura. El material de envase es un bilaminado com-

puesto por prolpropileno y una lámina de aluminio. Se declara haber empleado aceite vegetal en la elaboración del producto y tener una durabilidad de 48 días. El mismo día del muestreo, como referencia de la calidad de la materia prima empleada en la elaboración de las papas críps, se tomó una muestra del aceite de inicio, proveniente del día anterior (estante de servicio) y del final del turno, correspondiente a 8 horas de fritura (aceite de la freidora).

2.2. Almacenamiento de las papas críps

- Temperatura ambiente en presencia de luz, simulando la condición habitual de comercialización.
- Temperatura ambiente en oscuridad, para constatar el posible efecto de la luz en caso de insuficiente protección del envase.
- Estufa a 40°C en oscuridad (ensayo acelerado), para inducir un aumento en la velocidad de oxidación y estudiar la posibilidad de extrapolar los resultados a temperatura ambiente.
- Congelado a -23°C en oscuridad. Se consideró como ensayo control, en que el deterioro debiera ser mínimo.

2.3. Métodos

2.3.1. Evaluación sensorial

El panel analítico se conformó con ocho jueces entrenados con el producto en estudio, aplicando el ensayo de intensidad de olor y sabor extraño. Se diseñó una ficha de evaluación que consistió en una escala de uno a nueve puntos. El criterio para estimar la vida útil fue determinar el tiempo en que se logró diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$), entre los resultados obtenidos para las muestras sometidas a las tres condiciones de almacenamiento descritas en 2.2. y el control almacenado a -23°C. El tiempo necesario para el establecimiento de estas diferencias fue considerado el período de vida útil de las papas críps. Se repitió el mismo ensayo con un panel ampliado de veinticinco consumidores sin experiencia previa en análisis sensorial. El objetivo fue corroborar la diferencia detectada por el panel analítico.

Para el ensayo a temperatura ambiente en presencia de luz y en oscuridad, se tomaron muestras para los primeros 36 días a intervalos de 12 días, luego se muestreó cada 6 días, hasta que el panel detectó diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en relación al producto control.

En el ensayo acelerado a 40°C, se programó tomar muestras cada 48 horas durante los primeros cuatro días, para luego disminuir el intervalo a 24 horas, hasta que el panel detectara diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con relación al producto control.

2.3.2. Evaluación química

Se procedió a controlar químicamente el aceite de inicio y de la freidora para contar con datos de referencia de la calidad inicial. En el caso de las papas críps almacenadas, se extrajo la materia grasa en frío con éter de petróleo. En cada ensayo se seleccionaron cinco muestras correspondiendo el punto cero a las papas críps recién elaboradas y el último punto a aquéllas para las que el panel detectó diferencia significativa ($p < 0.05$) con relación al producto control.

Métodos: Acidez libre (AGL) e Índice de peróxidos (IP) métodos Cd 3d-63 y Cd 8-53 respectivamente; TBHQ y tocoferoles por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), según metodologías Ce 8-89 y Ce 6-86 (AOCS, 1993) respectivamente; valor de anisidina (VA) según norma ISO/TC 34 (ISO, 1985), TOTOX = $2 \times \text{IP} + \text{VA}$; compuestos polares (CP) según norma 2.507 (IUPAC, 1987) y su distribución de especies de alteración por HPLC por exclusión de tamaño (Dobarganes *et al.*, 1988); los ésteres metílicos de los ácidos grasos se prepararon con metilato de sodio (AENOR, 1991) y su composición por cromatografía gas-líquida (GLC) usando un cromatógrafo HP 5890, detector FID, columna capilar de sílica fundida BPX70, 50m 0.25 μm grosor de película, temperatura entre 160 - 230°C, 2°C por minuto, gas portador hidrógeno. Para la identificación se usaron ésteres metílicos Sigma y Merck; el tiempo de inducción (TI) se determinó en el equipo Rancimat por el método Cd 12b-92 (AOCS, 1993).

2.4. Procesamiento de datos

Evaluación sensorial. Para los resultados del panel analítico, se realizó un análisis de varianza multifactorial. A los resultados del panel de consumidores, se aplicó el análisis de varianza de una vía, utilizando el paquete estadístico STATGRAPHICS PLUS (López-Planes, 1994; Bender *et al.*, 1982).

Evaluación química. Se realizó un análisis de regresión lineal para las condiciones en oscuridad, donde la variable independiente fue el tiempo de almacenamiento y la dependiente, los distintos parámetros químicos. Se eligieron los de más alto coeficiente de correlación y se estableció una relación entre los resultados del ensayo acelerado y los de temperatura ambiente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluación Sensorial. Panel analítico y panel ampliado

En la figura 1 se presenta la evolución del promedio de los puntajes correspondientes a los parámetros de olor y sabor extraño detectados por el panel analítico en las papas críps a lo largo del tiempo,

mantenidas en las condiciones de almacenamiento ya señaladas.

Se observó que los puntajes para el parámetro de olor y sabor extraño, correspondientes al control permanecieron relativamente constantes, en un rango que varió entre 2.5 - 2.7, y 2.3 - 2.8 respectivamente, que equivale en la escala de intensidad a olor y sabor extraño «suave». El análisis estadístico señaló que no hubo diferencia significativa a lo largo del tiempo de almacenamiento para estos parámetros, indicando que las papas críps almacenadas en congelador, se mantuvieron organolépticamente inalterables durante los 48 y 72 días que duraron las experiencias. A temperatura ambiente con luz, se produjo diferencia significativa para olor extraño en relación con el control a los 36 días, diferencia que se mantuvo hasta los 48 días con un valor de 4.8 que correspondió a olor extraño moderado. Para el parámetro de sabor extraño, los puntajes no experimentaron cambios notorios durante los primeros 42 días de almacenamiento, a los 48 días se obtuvo un alza que fue estadísticamente significativa, llegando el puntaje a 4.8 que equivale a sabor extraño «moderado». De acuerdo a estos resultados, la vida útil del producto en el almacenamiento en ambiente en presencia de luz se estimó en 48 días. Para la condición ambiente en oscuridad, a los 60 días se produjo un alza considerable del puntaje correspondiente a olor extraño, que presentó diferencia significativa con relación al control y que continuó hasta los 72 días, donde se obtuvo un valor de 5.2 que en la escala de intensidad correspondió a olor extraño «moderado». En relación con sabor extraño, a los 72 días se presentó un incremento notorio en los puntajes promedio, que fue significativo ($p < 0.05$), obteniéndose un valor de 4.8 que en la escala de intensidad correspondió a sabor extraño «moderado». La diferencia obtenida en los tiempos de almacenamiento con y sin luz reflejó su efecto, indicando que el envase no fue absolutamente protector. De acuerdo a los resultados del presente trabajo, la vida útil del producto envasado y almacenado a temperatura ambiente en ausencia de luz se extendió a 72 días en relación con los 48 obtenidos en la condición de almacenamiento en presencia de luz. Para la condición a 40°C, a los 9 días se produjo diferencia significativa ($p < 0.05$) con relación al control, para olor y sabor extraño. El puntaje fue de 4.0, que equivale en la escala de intensidad a olor y sabor extraño «leve». De acuerdo a los resultados obtenidos, se confirmó el efecto catalítico de la temperatura sobre los cambios organolépticos del producto. La vida útil de papas críps envasadas y almacenadas a 40°C, de acuerdo al presente estudio quedó limitada a 9 días.

Los estudios precedentes en que se ha determinado la vida útil de papas críps sensorialmente, muestran a gran heterogeneidad en los resulta-

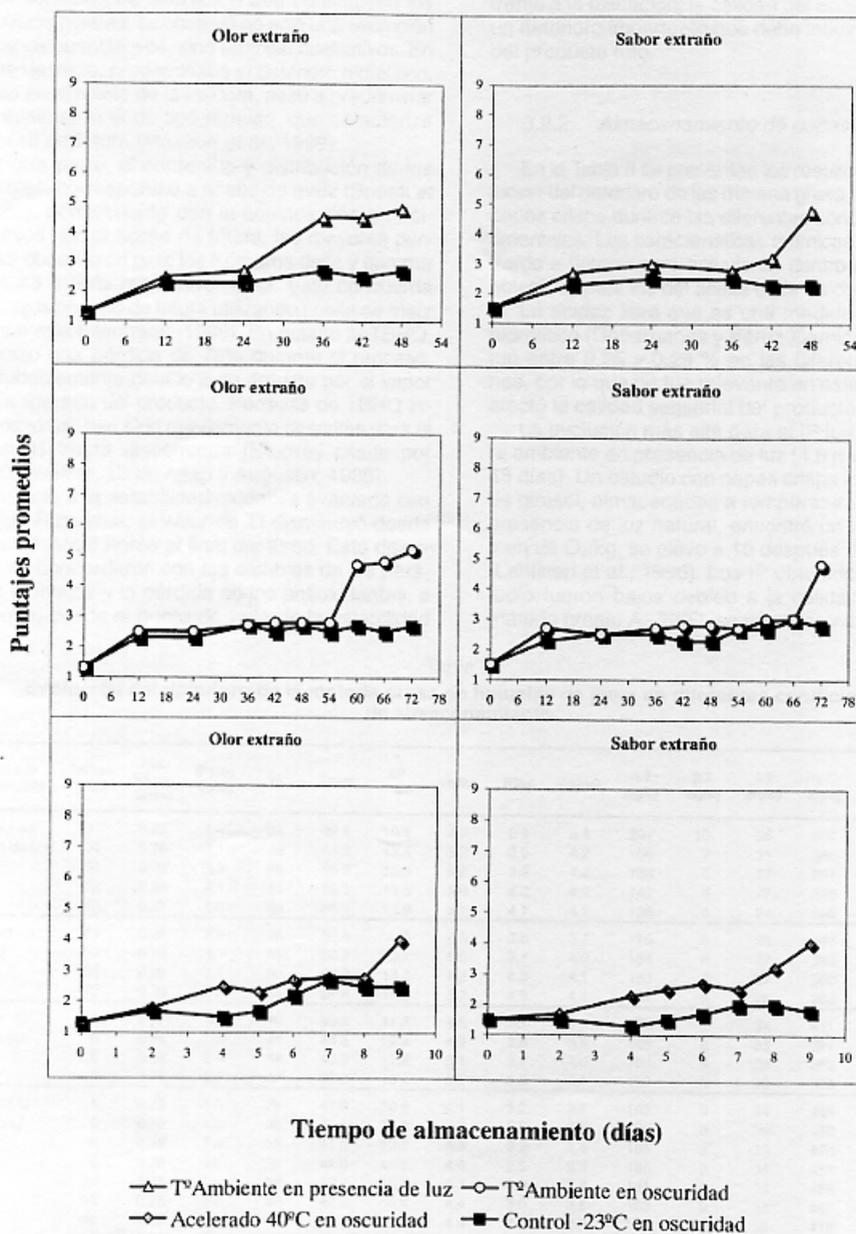


Figura 1
Evolución de los puntajes promedios en las distintas condiciones de almacenamiento.

dos. Así, para el almacenamiento a 25°C en oscuridad, se encontró una vida útil entre 28 y 48 días (Barrera-Arellano y Estevez, 1992). Este resultado es inferior al obtenido en el presente estudio, pero la temperatura fue superior. En otro estudio sobre papas críps fritas en aceite de girasol y almacenadas a temperatura ambiente, se detectaron características rancias a contar de los 120 días, período muy superior a la vida útil legal de 3 meses que se estipula en Francia (Raoux et al., 1996), y a los 48 días encontrados en este estudio. La diferencia radica en las características rancias que aparecen posteriormente al sabor y olor extraño evaluado en nuestro trabajo. Otros autores han señalado que papas críps almacenadas a 60°C en oscuridad presentaron una vida útil de 5 semanas; a 35°C en oscuridad en este mismo período no hubo desarrollo de rancidez, en cambio, a temperatura ambiente con luz solar solo duraron 5 días (Smith, 1978), hecho que confirma que la luz ejerce un mayor poder catalítico que la temperatura sobre el deterioro de la materia grasa de las papas críps (Dornseifer y Powers, 1965; Quast y Karel, 1972). La obtención de diferencias claras en este estudio demuestra que el material de envase no estaría cumpliendo con toda su función protectora del producto y que, por tanto, sería posible alargar el período de vida útil del producto modificando el envase.

La evaluación de las muestras por un panel ampliado de consumidores (25 personas) confirmó la existencia de cualidades sensoriales extrañas que disminuían la aceptación del producto. Los resultados indicados solo detectaron diferencia significativa en el parámetro de olor extraño entre las diferentes condiciones de almacenamiento y el producto control. No es extraño que no se detectaran sabores ex-

traños si se considera el menor entrenamiento del panel ampliado y la diferencia de poder de discriminación de los sentidos del olfato y gusto, muy superior para el primero de ellos (Wittig, 1981).

En cuanto a la durabilidad señalada por el fabricante, que es de 48 días en condiciones normales de comercialización, los resultados sensoriales indicaron que, desde el punto de vista sensorial, el período establecido es muy adecuado, máxime si se considera que la definición de vida útil en este estudio significa una disminución de la aceptabilidad respecto a las papas control y no un rechazo absoluto del consumidor.

3.2. Evaluación química

3.2.1. Calidad de la materia prima inicial

La composición porcentual de los ácidos grasos del aceite del estanque de servicio, y de la freidora correspondió a aceite de maíz. (Reglamento Sanitario de Alimentos, 1997; Masson y Mella, 1985), no observándose cambios significativos en la composición del aceite al final del turno.

En la Tabla I se resumen los resultados obtenidos para las determinaciones químicas. De acuerdo a estos valores iniciales el aceite es de buena calidad, pero después de un turno sufrió un cierto deterioro que se reflejó en todos los parámetros medidos. (Stevenson et al., 1984; Al-Kahtani, 1991; White, 1996; Masson et al., 1997; Masson et al., 1999). Entre estos cambios cabe destacar que el porcentaje de CP subió de 5.8 a un 8.7%, que se encuentra muy por debajo del límite máximo del 25% establecido por la reglamentación sanitaria chilena. En cuan-

Tabla I
Características de los aceites del proceso de fritura.

Parámetros químicos	Aceite de inicio	Aceite de la freidora
Acidez libre (% Acido Oleico)	0,13	0,25
Índice de Peróxidos (meq O ₂ /Kg)	0,7	1,2
Valor de Anisidina	12	37
TOTOX (2IP + VA)	13	39
α-Tocoferol (mg/kg)	208	185
β-Tocoferol (mg/kg)	10	4
δ-Tocoferol (mg/kg)	39	21
γ-Tocoferol (mg/kg)	629	439
Terbutilhidroquinona (mg/kg)	258	56
Tiempo de inducción 110°C (Horas)	19	8
% Compuestos polares	5,8	8,7
% Especies de deterioro térmico	17	36
% Especies de deterioro oxidativo	33	24
% Especies de deterioro hidrolítico	50	40

to a las especies de alteración que constituyen los compuestos polares, se observó no sólo una evolución en términos cuantitativos, sino también cualitativos. En el aceite de inicio, predominaba el deterioro hidrolítico, mientras en el aceite de la freidora, pasó a predominar porcentualmente el de tipo térmico, que caracteriza al proceso de fritura (Masson *et al.*, 1999).

Por otra parte, el contenido y distribución de los tocoferoles, correspondió a aceite de maíz (Speek *et al.*, 1985), consecuente con la composición en ácidos grasos. En el aceite de fritura, las mayores pérdidas se observaron para los isómeros delta y gamma con un 43 y 30% respectivamente. Esto concuerda con trabajos previos de fritura utilizando aceite de maíz (Simonne and Eitenmiller, 1998). En cuanto al TBHQ, se produjo una pérdida de 78% durante el proceso, muy probablemente debido a su arrastre por el vapor de agua liberado del producto. Pérdidas de TBHQ incluso mayores, han sido previamente descritas para el proceso de fritura discontinua (Stuckey citado por Min y Schweizer, 1983; Asap y Augustin, 1986).

Respecto a la estabilidad oxidativa evaluada con el equipo Rancimat, el valor de TI disminuyó desde 19 horas hasta 8 horas al final del turno. Esta disminución es concordante con los cambios de los parámetros químicos y la pérdida de los antioxidantes, e indica que, desde el punto de vista de la estabilidad

frente a la oxidación, la calidad del aceite inicial sufre un deterioro importante que debe influir en la vida útil del producto frito.

3.2.2. Almacenamiento de papas críps

En la Tabla II se presentan los resultados de la evolución del deterioro de las materia grasa extraída de las papas críps durante las diferentes condiciones experimentales. Las características químicas del aceite extraído a tiempo cero estuvieron dentro de los rangos obtenidos para los del aceite de la freidora.

La acidez libre que es una medida del deterioro hidrolítico (Dobarganes y Pérez-Camino, 1991), fluctuó entre 0.25 y 0.29 % en las diferentes condiciones, por lo que no fue relevante en este estudio y no afectó la calidad sensorial del producto.

La evolución más alta para el IP fue a temperatura ambiente en presencia de luz (4.6 meq O₂/kg a los 48 días). Un estudio con papas críps fritas en aceite de girasol, almacenadas a temperatura ambiente en presencia de luz natural, encontró un IP inicial de 3 meq de O₂/kg, se elevó a 10 después de 8 semanas (Lahtinen *et al.*, 1996). Los IP obtenidos en este estudio fueron bajos debido a la calidad inicial de la materia grasa. A -23°C, se produjo una mínima evo-

Tabla II
Evolución del deterioro de la materia grasa de hojuelas de papa en diferentes condiciones de almacenamiento

Condición de almacenamiento	Tiempo (días)	AGL %ácido Oleico	IP meq O ₂ /kg	VA	Tolox	CP %	Polim.	TGox.	Dg+AG	α-T mg/kg	β-T mg/kg	δ-T mg/kg	γ-T mg/kg	TBHQ mg/kg	TI horas
Ambiente en presencia de luz	0	0.25	1.4	37	39.8	10.5	4.2	2.9	3.4	201	10	38	507	42	10.8
	24	0.26	2.1	40	44.2	13.4	5.3	3.9	4.2	166	7	31	386	40	9.0
	36	0.28	3.3	49	55.6	13.3	5.2	3.9	4.2	138	5	27	331	38	7.8
	42	0.28	4.1	51	59.3	13.5	5.0	4.3	4.2	145	5	27	320	37	7.7
	48	0.27	4.6	59	68.2	13.9	5.1	4.7	4.1	126	5	24	285	36	7.5
Ambiente en oscuridad	48	0.28	2.9	45	50.8	11.9	4.6	3.6	3.7	175	8	28	448	40	8.3
	60	0.28	3.1	48	54.2	12.7	5.0	3.7	4.0	155	8	27	392	37	8.0
	66	0.28	3.4	50	56.8	13.3	5.2	4.0	4.1	153	7	27	380	36	7.7
	72	0.29	4.2	53	61.4	13.6	5.2	4.3	4.1	146	6	26	363	34	7.6
Acelerado 40°C en oscuridad	4	0.27	1.6	40	43.2	11.3	4.5	3.1	3.7	175	7	34	411	42	9.3
	6	0.28	1.8	41	44.6	12.4	4.9	3.6	3.9	165	6	33	391	40	9.0
	8	0.28	2.5	44	49.0	12.8	5.1	3.7	4.0	169	6	29	362	39	8.7
	9	0.28	2.9	47	52.8	13.1	5.2	3.8	4.1	159	8	28	398	36	8.5
Control -23°C en oscuridad	4	0.26	1.5	38	41.0	10.6	4.1	3.2	3.3	193	9	34	469	42	10.3
	6	0.25	1.5	38	41.0	10.6	4.2	2.9	3.5	195	9	34	485	42	10.3
	8	0.26	1.5	38	41.0	10.7	4.3	2.9	3.5	186	9	33	470	41	10.2
	9	0.26	1.5	38	41.0	10.6	4.3	2.9	3.3	185	9	34	451	41	9.6
	24	0.25	1.6	39	42.2	10.7	4.3	3.0	3.4	191	10	34	485	41	9.4
	36	0.26	1.8	39	42.6	10.9	4.4	3.0	3.5	193	9	32	487	40	9.2
	42	0.27	2.0	40	44.0	10.8	4.3	3.2	3.3	184	8	32	478	40	9.1
	48	0.27	2.0	40	44.0	10.9	4.4	3.1	3.4	193	9	33	471	39	9.0
	60	0.27	2.0	41	45.0	11.1	4.5	3.0	3.6	168	8	32	426	38	9.0
	66	0.27	2.1	41	45.2	11.2	4.4	3.2	3.6	168	8	33	428	38	8.9
72	0.27	2.1	42	46.2	11.4	4.5	3.3	3.6	167	8	33	426	38	8.9	

* El valor del tiempo cero días es válido para el resto de las condiciones.

Polim. = Polímeros (Deterioro térmico); TGox = Triglicéridos oxidados (Deterioro oxidativo); Dg+AG= Diglicéridos + ácidos grasos libres (Deterioro hidrolítico).

lución del IP, ya que a temperaturas de congelación se genera un deterioro mínimo de los ácidos grasos poliinsaturados (Cheftel, 1992). Al relacionar los valores de IP, con los resultados sensoriales, se encontró cierta similitud para las condiciones ambientales estudiadas, no así en el almacenamiento acelerado. En un estudio de almacenamiento en papas críps, se indicó que después de 80 días a 30°C en oscuridad, la muestra presentó un olor atribuible a la rancidez cuando se alcanzó un valor cercano a los 7 mEq O₂/kg, lo cual está cercano a la cifra de 10 mEq O₂/kg obtenida en el aceite extraído de las papas críps, que a nivel industrial se señala para rancidez organoléptica (Labuza and Bergquist, 1983). Este valor concuerda con el que se establece como límite máximo para la comercialización de aceites a nivel regulatorio (Reglamento Sanitario de los Alimentos Chilenos, 1997). Otro estudio ha correlacionado los niveles de IP con la evaluación sensorial de papas críps, en donde el producto se rechazó organolépticamente entre 28 y 42 días de almacenamiento a 25°C en oscuridad, alcanzando niveles de 1,4 mEq de O₂/kg, lo cual resultó bajo, ya que los valores iniciales fueron mínimos (Barrera-Arellano y Esteves, 1992). Se ha intentado correlacionar el índice de peróxido con el desarrollo de aromas y sabores rancios; pero los resultados no son consistentes ya que muy pocas veces coincide la aparición de la rancidez organoléptica con un índice de peróxidos concreto, aun tratándose del mismo tipo de alimento; como es el caso de las papas críps (Cheftel, 1992). Esto demuestra la dificultad de fijar un límite químico acorde con un valor organoléptico.

Los resultados del VA y el TOTOX señalaron que existe un progreso del deterioro oxidativo durante el almacenamiento de las papas críps, confirmando la evolución de los IP ya comentada. Se ha sugerido que el valor de anisidina no es muy sensible para la predicción de sabores y olores extraños, ya que mide principalmente 2-alquenas, que no son siempre los compuestos que causan cambios organolépticos en los aceites (White, 1994).

Respecto a las pequeñas fluctuaciones obtenidas para el alfa y gama-tocoferol en las diferentes condiciones de almacenamiento; estas se deben probablemente a la heterogeneidad propia de la muestra. Durante el almacenamiento, se observa que continuó el descenso, lo cual estuvo en relación a los contenidos individuales, siendo mayor para el gama, seguido del alfa, delta y beta. En presencia de luz, al considerar los mayoritarios (> de 100 ppm) se afectó principalmente el alfa, seguido del gama con pérdidas del orden de 37 y 15% respectivamente. Papas críps fritas en aceite de girasol almacenadas a temperatura ambiente, señalaron una pérdida de un 18% de alfa tocoferol después de 25 semanas. A 60°C la disminución fue de 63% a los 11 días. (Martin-Polvillo et al., 1996). En el presente estudio este

decaimiento fue más rápido, pero hay que considerar que los contenidos iniciales son diferentes en ambos aceites. La literatura señala que las pérdidas parecen depender de la composición en ácidos grasos, del contenido inicial y de la presencia de aditivos como TBHQ (Parker, 1986).

La TBHQ disminuyó en todas las condiciones de almacenamiento entre un 12 y un 26%, la mayor pérdida porcentual fue en la condición ambiente con luz. Consecuentemente con los resultados expuestos el TI experimentó una reducción. Según la evaluación sensorial, el TI presentó valores cercanos a las 8 horas. Se correlacionó la evaluación sensorial de papas críps con TI, señalándose que el panel rechazó el producto entre la cuarta y sexta semana de almacenamiento a temperatura ambiente, con un TI 12.7 y 10.8 horas respectivamente (Barrera-Arellano y Esteves, 1992). Esta diferencia puede deberse al tipo y calidad inicial de la materia grasa, que se sabe influencia notablemente el proceso de deterioro y que fueron diferentes en ambos trabajos. La pérdida de antioxidantes naturales y sintético confirma la disminución de los TI y como consecuencia la aparición de caracteres sensoriales asociados al inicio del deterioro oxidativo.

Los compuestos polares mostraron un aumento moderado en las distintas condiciones de almacenamiento. Esto concuerda con el trabajo en que se midió la evolución de la oxidación durante el almacenamiento a temperatura ambiente, de papas críps fritas en aceite de girasol, confirmando que el deterioro se hace presente pero no a una gran velocidad (Martin-Polvillo et al., 1996). Un trabajo en rosas fritas correlacionó los CP con la evaluación organoléptica, el cambio sensorial se alcanzó al 15%, lo cual se acerca al 13% encontrado en el presente trabajo (Pokorny citado por Melton et al., 1994).

La distribución porcentual de las especies de alteración que conforman los CP para las cuatro condiciones de almacenamiento y los aceites del proceso de fritura, se presentan en la Fig. 2. Se observa que tanto a tiempo cero como a -23°C, la distribución es prácticamente la misma, siendo para ambos casos el deterioro de tipo térmico el que presenta el mayor porcentaje, seguido del hidrolítico y en último término el oxidativo. En las condiciones de temperatura ambiente en oscuridad y con luz se observa una tendencia al aumento del deterioro oxidativo, por lo que porcentualmente disminuyen el térmico e hidrolítico. En la condición de almacenamiento acelerado a 40°C, esta tendencia se manifestó en forma mínima. En un trabajo similar, de almacenamiento de papas críps a temperatura ambiente se determinó que el deterioro oxidativo fue el que presentó mayor evolución con el tiempo de almacenamiento. Los restantes compuestos formados atribuidos tanto al deterioro hidrolítico como al térmico permanecieron prácticamente en los niveles iniciales (Martin-Polvillo et al., 1996).

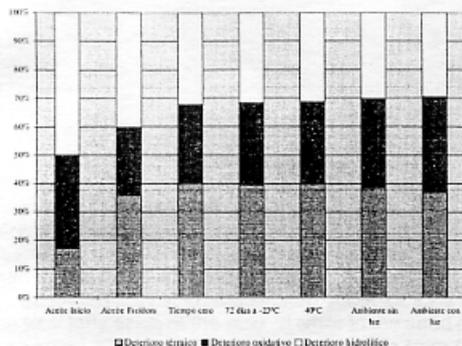


Figura 2
%Relativo de especies de deterioro en las distintas condiciones de almacenamiento.

De lo anteriormente expuesto se desprende que los niveles de alteración química reflejados por la evaluación sensorial durante el almacenamiento, se generaron en una etapa muy precoz de la evolución del deterioro oxidativo. Se ha señalado que muy poca materia grasa tiene que ser deteriorada para que se rechace el producto desde el punto de vista sensorial (Labuza, 1982).

El análisis estadístico señaló diferencias significativas entre las distintas temperaturas ($p < 0.05$), comprobando que existe una relación directa entre este parámetro y la velocidad del deterioro, para las diferentes pruebas químicas. Por otra parte, el almacenamiento en presencia de luz tuvo un efecto significativo sobre el deterioro de las papas críps a temperatura ambiente, indicando que el material de envase no fue lo suficientemente protector.

3.3. Estimación de vida útil

La mayor parte de los datos de vida útil considerando el cambio de una característica de calidad, basados en alguna reacción química siguen un modelo de orden cero. En el caso del deterioro de las papas críps, la literatura lo confirma (Labuza y Bergquist, 1983; Labuza, 1993). Con los datos químicos obtenidos para las condiciones en oscuridad, se realizó una estimación de la vida útil del producto, con el objeto de extrapolar la condición de almacenamiento acelerada a la de ambiente, teniendo en consideración la durabilidad determinada por la evaluación sensorial.

Se calcularon los coeficientes de correlación lineal entre el tiempo de almacenamiento y los valores de los diferentes parámetros químicos, para cada condición de almacenamiento en oscuridad. Los resultados indicaron que VA, TOTOX y CP presentaron los más altos coeficientes de correlación ($r^2 > 0.900$).

Las ecuaciones obtenidas fueron:

$$VA(40^\circ C) = 36.273 + 1.023 \times \text{tiempo (días)},$$

$$VA(22^\circ C) = 36.403 + 0.207 \times \text{tiempo (días)},$$

$$TOTOX(40^\circ C) = 38.620 - 1.344 \times \text{tiempo (días)},$$

$$TOTOX(22^\circ C) = 39.403 - 0.276 \times \text{tiempo (días)},$$

$$CP(40^\circ C) = 10.400 + 0.300 \times \text{tiempo (días)},$$

$$CP(22^\circ C) = 10.341 + 0.042 \times \text{tiempo (días)}.$$

La proyección de la vida útil sensorial se obtuvo igualando las ecuaciones ya señaladas para cada parámetro químico seleccionado. Se anulaban los interceptos por ser estadísticamente iguales ($p > 0.05$). Se calculó la relación entre la velocidad de formación a 22 y 40°C para VA, TOTOX y CP. Los valores obtenidos fueron 1:4.9; 1:4.8 y 1:7.1 para VA; TOTOX y CP a 40 y 22°C respectivamente. La relación para los datos prácticos de la evaluación sensorial fue 1:8 a 40°C y a 22°C respectivamente. De estos resultados se desprende que la determinación de CP presentó la mejor aproximación a la evaluación práctica sensorial. Esto significa que si un valor de CP se alcanza en un tiempo determinado a 40°C, se necesitará 7.1 veces ese tiempo, para alcanzarlo a temperatura ambiente en oscuridad.

4. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio han demostrado que el mayor deterioro de la materia grasa se produjo en la fritura y fue principalmente de tipo térmico, evolucionando lentamente durante el almacenamiento hacia un mayor desarrollo de los compuestos de oxidación.

Los cambios organolépticos se detectaron en etapas muy tempranas del deterioro oxidativo, cuando las modificaciones de los parámetros químicos son todavía muy moderadas.

A efectos de estimar la vida útil de papas críps almacenadas a temperatura ambiente en oscuridad, la determinación de compuestos polares presentó la mejor relación con los resultados sensoriales.

Sería necesario realizar nuevos ensayos que consideren distintos niveles iniciales de deterioro de las hojuelas, para verificar el comportamiento obtenido en este estudio y proyectar un modelo que permita predecir el deterioro sensorial y químico durante el almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Empresa Barcel S.A., por haber proporcionado las muestras de papas críps utilizadas en este estudio.

Este trabajo de investigación forma parte del proyecto FONDECYT N° 1981056.

BIBLIOGRAFÍA

- Aenor. (1991).—Asociación española de normalización. Norma UNE 55037-73. Catálogo de normas UNE, Madrid.
AOCS (1993).—Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society. 3th edition. AOCS, Champaign, Illinois.

- Al-Kahtani, H. (1991). Survey of quality of used frying oils from restaurants. *J. Am. Oil Chemists' Soc.* 6, 857-862.
- Asap, T. y Augustin, M. A. (1986). Effect of frying oil quality and TBHQ on the shelf life of potato crisps. *J. Sci. Food Agric.* 37, 1045-1051.
- Method Cd-12 b-92. (1992). Official method and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. Champaign.
- Barrera-Arellano, D. y Esteves, W. (1992). Oxidative stability of potato chips determined by rancimat. *J. Am. Oil Chemists' Soc.* 4, 335-337.
- Bender, F., Douglas, L. y Kramer, A. (1982). Statistical methods for food and agriculture. Avi publishing company, inc. Westport, Connecticut.
- Dobarganes, M.C. (1980). Aspectos generales de las grasas calentadas. *Grasas y Aceites*, 31, 417-422.
- Dobarganes, M. C., Perez-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, 308-311.
- Dobarganes, M. C., Perez-Camino, M. C. y Marquez-Ruiz, G. (1989). Determinación de compuestos polares en aceites y grasas de fritura. *Grasas y Aceites*, 40, 35-38.
- Dobarganes, M. C. y Perez-Camino, M. C. (1991). Frying process: selection of fats and quality control. In: Proceedings of the international meeting on fats and oils technology. *Campinas, Brazil*, pp. 57-66.
- Chefflet, J. C. (1992). Oxidación de lípidos. In: Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España, pp. 265-289.
- Dornseifer, T. P. y Powers, J. J. (1965). Volatile constituents of potato chips and change during storage. *Food Technol.* 19, 877-879.
- International Organization for Standardization (ISO). (1985). Determination of Anisidine Value. ISO/TC. 34.
- IUPAC (1987). Standard methods for the analysis oils and fats and derivatives. 7th edition, Pergamon Press, Oxford, England.
- Labuza, T. P. (1982). Shelf life dating of foods. Foods & Nutrition Press. Westport, Connecticut, USA. 999 p.
- 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. (1993). Estudio integrado de la química de los alimentos: Ejemplos típicos. In: Química de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 1025-1053.
- Lahtinen, R. M., Wester, I. y Niemela, R. K. (1996). Storage stability of crisps measured by headspace and peroxide value analyses "short communication". *Grasas y Aceites*, 47, 59-62.
- Lopez-Planas, R. (1994). Diseño estadístico de experimentos. Coedición de la universidad autónoma de Yucatán y la Universidad de la Habana.
- Nawar, W. W. (1993). Lípidos. In: Química de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 157-274.
- Maestro-Duran y R., Borja-Padilla, R. (1993). Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. *Grasas y Aceites*, 44, 101-106.
- Márquez-Ruiz, G., Martín-Polvillo, J., Jorge N., Ruiz-Méndez, M. V., Dobarganes, M.C. (1999). Influence of used frying oil quality and natural tocopherol content on oxidative stability of fried potatoes. *JAOCS*, 76, (4) 421-425.
- Martin-Polvillo, M., Márquez-Ruiz, G., 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, 54-58.
- Martínez de la Cuesta, P. J., Ruz, Martínez, E. y Galdeano Chaparro, M. (1995). Enranciamiento oxidativo de aceites vegetales en presencia de alfa-tocoferol. *Grasas y Aceites*, 46, 349-353.
- Masson, L. y Mella, M. A. (1985). Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- Masson, L., Robert, P., Romero, N., 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, 273-278.
- Masson, L., Robert, P., Izurieta, M., Romero, N., Ortiz, J. (1999). Fat deterioration in deep fat frying of "french fries" potatoes at restaurant and food shop sector. *Grasas y Aceites*, 50, 460-468.
- Medina, L. A. (1997). Protección de aceites con antioxidantes. *Soyanoticias*, 251, 6-10.
- Melton, S. L., Jafar, S., Sykes, D. y Trigiano M. K. (1994). Review of stability Measurements for frying oils and fried food flavor. *J. Am. Oil Chemists' Soc.* 12, 1301-1308.
- Min, D. B. y Schweizer, D.O. (1983). Lipid oxidation in potato chips. *J. Am. Oil Chemists' Soc.* 9, 1662-1665.
- Parker, R. S. (1989). Dietary and biochemical aspects of vitamin E. In: Advances in food and nutrition research. Academic press, inc. N. Y. USA pp. 157-223.
- Pérez-Camino, M. C., Márquez Ruiz, G., Salgado Raposo, A. y Dobarganes, M. C. (1988). Alteración de grasas usadas en frituras. III. Correlación entre índice analítico y métodos de evaluación directa de compuestos de degradación. *Grasas y Aceites*, 39, 72-76.
- Raouf, R., Morin, O. y Mordret, F. (1996). Sensory assessments of stord french fries in sunflower and high oleic sunflower oils. *Grasas y Aceites*, 47, 63-74.
- Reglamento Sanitario de los Alimentos, Ministerio de salud. Diario Oficial de la República de Chile, Mayo de (1997).
- Quast, D. y Karel, M. (1972). Effects of environmental factors on the oxidation of potato chips. *J. Food Sci.* 37, 584-588.
- Simonne, A. H. y Eitenmiller, R.R. (1998). Retention of vitamin E and added retinyl palmitate in selected vegetable oils during deep fat frying and in fried breaded. *J. Agric. Food Chem.* 46, 5273-5277.
- Speck, A. J., Schrijver, J. y Schreurs, W. H. (1985). Vitamin E composition of some seed oils as determined by high-performance liquid chromatography with fluorometric detection. *J. Food Sci.* 50, 121-124.
- Smith, O. (1978). Potato chips. In: Potato processing. The Avi Publishing Company. Westport, Connecticut. USA. pp. 305-402.
- Stevenson, S. G., Vaisey-Genser, M. y Eskin, N.A.M. (1984). Quality control in the use of deep fryings oils. *J. Am. Oil Chemists' Soc.* 2, 161-167.
- White, P. (1994). Conjugated diene, anisidine value, and carbonyl value analyses. In: Methods to asses quality and stability of oils and fat-containing foods. AOCS Press, Champaign, Illinois. USA. 220 p.
- Wittig, E. (1981). Evaluación sensorial. Talleres Universidad de Santiago, Santiago, CHILE. pp. 124 p.