

2. Control de la calidad de aceites de fritura y estabilidad de productos fritos

Prof. Rafael Codony Salcedo

rafaelcodony@ub.edu

Dpto. Nutrición y
Bromatología
Facultad de Farmacia - UB



ANTECEDENTES

- El proceso de la fritura, en cualquier condición, es un proceso altamente agresivo respecto a los aceites, que se pueden ver afectados por diversos procesos, en diferente proporción.
- En consecuencia, ello puede afectar de forma variable la calidad de los productos fritos obtenidos. Los productos fritos tiene una vida útil comprometida especialmente por la formación durante su almacenamiento de compuestos de oxidación lipídica, que está especialmente activada.
- Los antioxidantes son los agentes usualmente utilizados en alimentos lipídicos como sistema de frenar la oxidación, aunque con limitaciones. En la actualidad, el consumidor aprecia especialmente el uso de aditivos de tipo "natural".
- La efectividad de cada antioxidante es variable frente a las condiciones de la fritura, ya que actúan por mecanismos diferentes (captadores de oxígeno, antiradicalarios, secuestrantes de metales). Debe contemplarse la posibilidad de un efecto sinérgico.
- La disminución del oxígeno en el interior del envase es un sistema efectivo para retardar la oxidación.

SISTEMAS PARA LA PREVENCIÓN DE LA OXIDACIÓN DE PRODUCTOS FRITOS

ADITIVOS

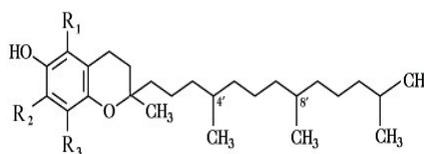
Aditivos	código	Concentración máxima
Ácido láctico	E270	Cantidad necesaria
Ácido cítrico y sales	E330, E331, E332, E333	Cantidad necesaria
<i>Antioxidantes</i>		
Ácido ascórbico	E300	Cantidad necesaria
Palmitato de ascorbilo	E304	Cantidad necesaria
Tocoferoles	E306, E307, E308, E309	Cantidad necesaria
Galatos (propil, octil)	E306, E307	200 mg/Kg
Galato de dodecilo	E308	100 mg/Kg
BHA	E320	200 mg/Kg
BHT	E321	200 mg/Kg
<i>Antiespumantes</i>		
DMPS	E900	10 mg/Kg
<i>Agente antisalpicadura</i>		
Lecitina	E322	30 g/L
<i>Emulgentes</i>		
Mono- y diacilgliceroles de ácidos grasos	E471	10 g/L
Ester cítrico de mono- y diacilgliceroles	E472c	Cantidad necesaria

Envasado en atmósfera modificada (N₂)

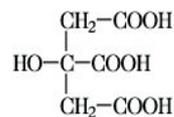


ANTIOXIDANTES

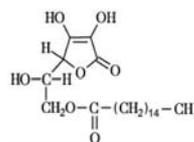
- DERIVADOS FENÓLICOS (BHA, BHT, galatos, tocoferoles)



- QUELANTES (EDTA, ácido cítrico, ácido tartárico)



- CAPTADORES DE OXÍGENO (Ácido ascórbico, palmitato de ascorbilo).



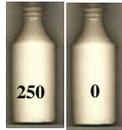
OBJETIVOS

- **Evaluar el efecto de diferentes condiciones del proceso de fritura, sobre la calidad del medio de fritura y del producto frito. Las condiciones a estudiar serán el tipo de aceite, el uso o no de la combinación de antioxidantes y el envasado en atmósfera de nitrógeno.**
- **Seleccionar la combinación de antioxidantes, que adicionada en el medio de fritura, conduzca a una mayor calidad del aceite utilizado y del producto frito obtenido.**
- **Estudiar las correlaciones existentes entre el grado de alteración del aceite de fritura y la vida comercial del producto frito, con el fin de predecir la vida útil del producto.**

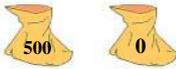
Estudio 1: Influencia de la utilización de antioxidantes

Influencia de diferentes combinaciones de antioxidantes sobre la calidad del aceite de fritura (oleína de palma) y del producto frito

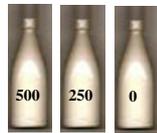
12 tratamientos



Ácido cítrico



Palmitato de ascorbilo



Extracto de tocoferoles

1 ÚNICA FREIDORA

Producto extrusionado de patata

Antioxidantes añadidos en frío y homogenización hasta alcanzar Temp fritura 195°C

Recogida de **aceite** a 3 y 45 min

Recogida de **producto** a los 10-12'

Medida de parámetros



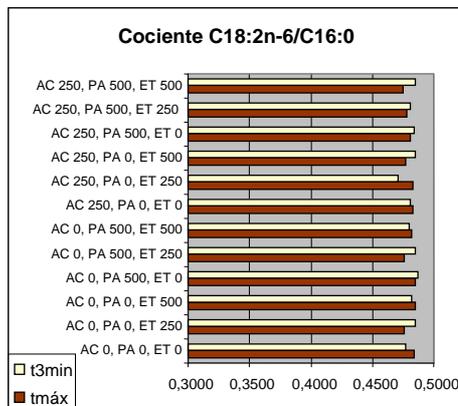
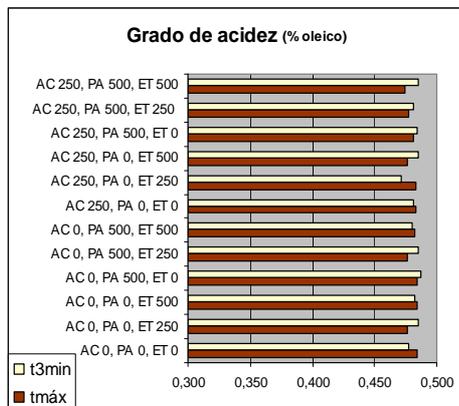
Alteración del medio de fritura



Estabilidad oxidativa y características sensoriales

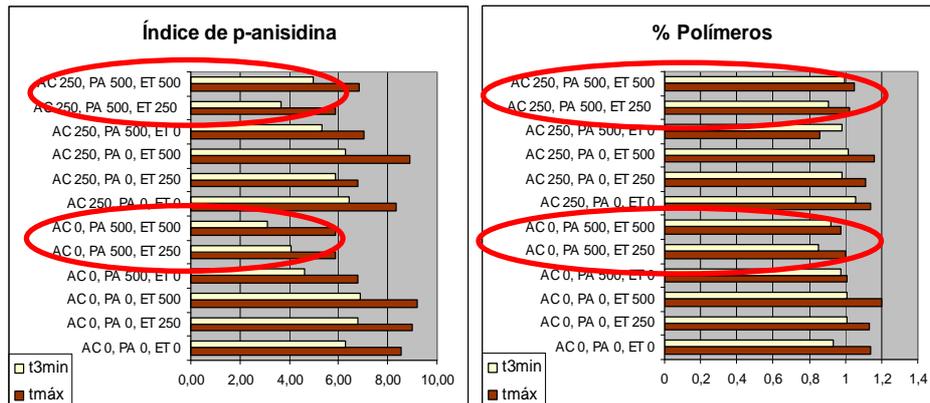
Tiempo de almacenamiento (0, 8 y 16 meses)

RESULTADOS: Influencia de diferentes combinaciones de antioxidantes sobre la calidad del **ACEITE** a diferentes tiempos de fritura



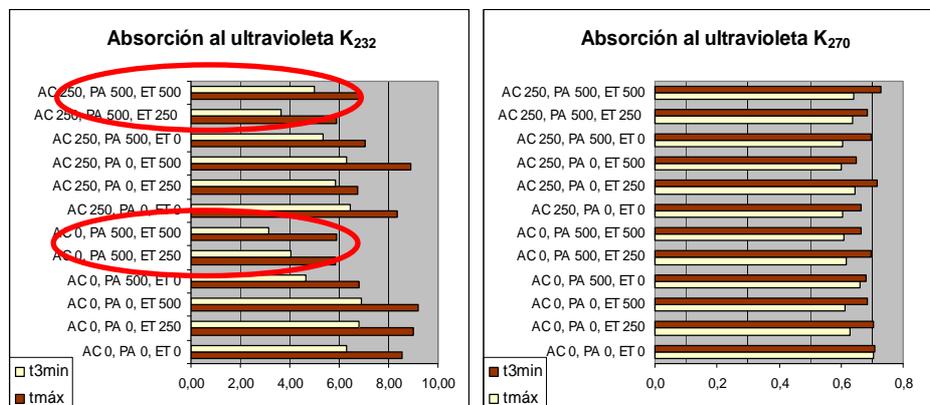
• No efecto significativo de los antioxidantes.

RESULTADOS: Influencia de diferentes combinaciones de **antioxidantes** sobre la calidad del **ACEITE** a diferentes **tiempos de fritura**



• Efecto significativo de los antioxidantes y del t de fritura.

RESULTADOS: Influencia de diferentes combinaciones de **antioxidantes** sobre la calidad del **ACEITE** a diferentes **tiempos de fritura**



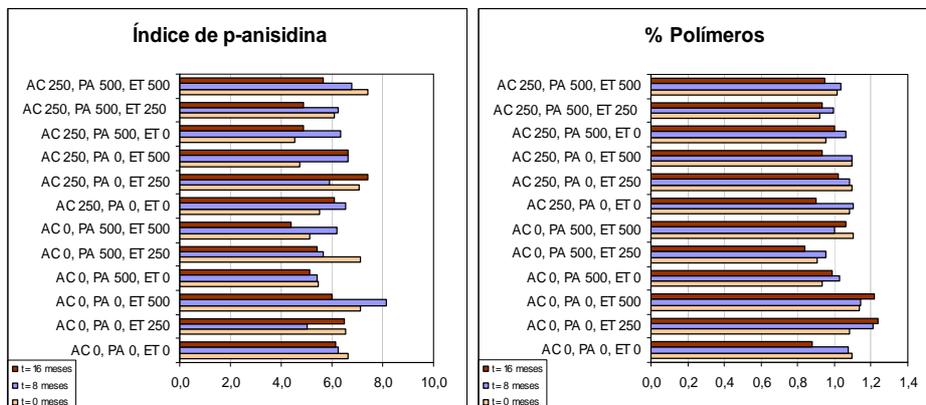
• Efecto significativo de los antioxidantes y del t de fritura.

CONCLUSIONES: Influencia de diferentes combinaciones de **antioxidantes** sobre la calidad del **ACEITE** a diferentes **tiempos de fritura**

Sólo se obtuvieron reducciones estadísticamente significativas de los siguientes parámetros de alteración:

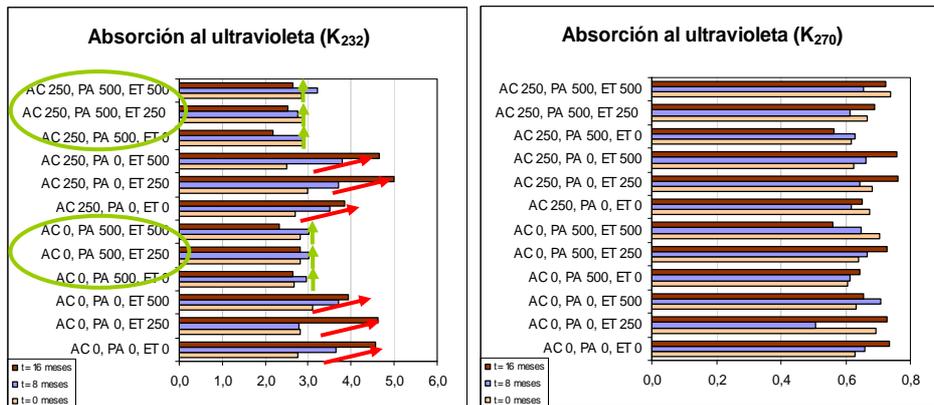
- Únicamente entre 0 y 500 mg/L de tocoferoles se observa reducción significativa de valores de **K232, K270 y p-An.**
- Entre 0 y 500 mg/L de palmitato de ascorbilo se observa reducción significativa de **GA, p-An y % polímeros.**
- Se observa un efecto sinérgico acusado de la combinación de PA con los tocoferoles, sobre los valores de **p-An.**
- Respecto al **tiempo de fritura**, se observan valores significativamente superiores para el t max (45 min) respecto a los 3 min de proceso, para los parámetros **K232, K270, K280 y p-An.**

RESULTADOS: Influencia de diferentes combinaciones de **antioxidantes** sobre la calidad del **PRODUCTO FRITO** a diferentes **tiempos de almacenamiento**



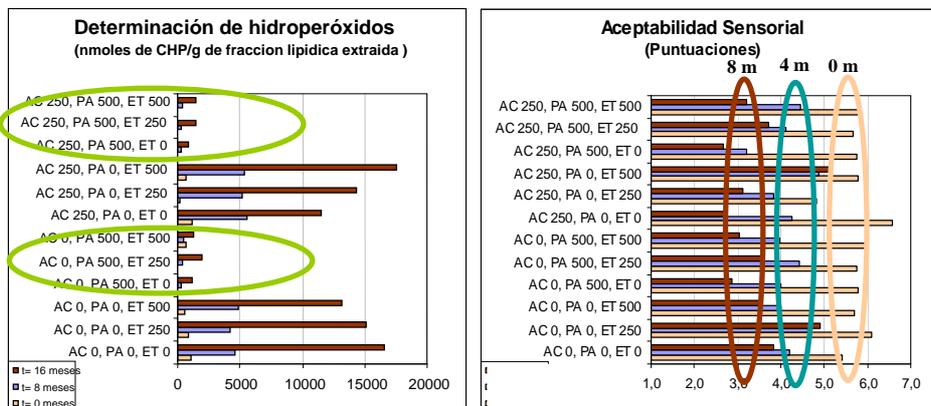
- Efecto significativo de los antioxidantes y del t de almacenamiento, aunque menor que el observado en aceites.

RESULTADOS: Influencia de diferentes combinaciones de **antioxidantes** sobre la calidad del **PRODUCTO FRITO** a diferentes **tiempos de almacenamiento**



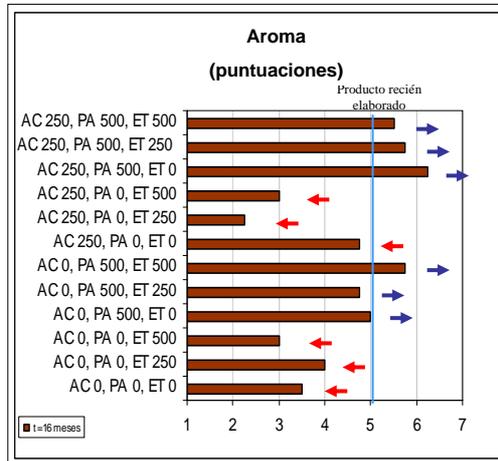
• Efecto significativo de los antioxidantes y del t de almacenamiento, aunque sólo para K₂₃₂.

RESULTADOS: Influencia de diferentes combinaciones de **antioxidantes** sobre la calidad del **PRODUCTO FRITO** a diferentes **tiempos de almacenamiento**



• Efecto muy pronunciado sobre los valores de Peróxidos (NX).
 • A t₀ no existen diferencias en la "aceptabilidad sensorial"

RESULTADOS: Influencia de diferentes combinaciones de **antioxidantes** sobre el "aroma" del **PRODUCTO FRITO** a los 16 meses de almacenamiento



• Efecto muy significativo del Palmitato de ascorbilo, particularmente, sobre el aroma.

CONCLUSIONES: Influencia de diferentes combinaciones de **antioxidantes** sobre la calidad del **PRODUCTO FRITO** a diferentes **tiempos de almacenamiento**

	Ácido cítrico (mg/mL)		Palmitato de ascorbilo (mg/mL)		Extracto de tocoferoles (mg/mL)			Tiempo de almacenamiento (meses)		
	0	250	0	500	0	250	500	0	8	16
<i>C_{18:2 n-7}</i>	0,49	0,49	0,49	0,5	0,49	0,50	0,49	0,49	0,49	0,49
<i>C_{16:0}</i>	3,16	3,19	3,59a	2,77b	3,10	3,23	3,21	2,81a	3,25b	3,48b
<i>K₂₃₂</i>	0,65	0,66	0,67	0,65	0,64	0,67	0,67	0,66	0,64	0,68
<i>K₂₇₀</i>	0,57	0,58	0,58	0,57	0,55	0,58	0,59	0,58	0,55	0,59
<i>IAn</i>	5,85	6,02	6,48a	5,39b	5,82	5,83	6,16	6,11	5,93	5,76
<i>POL</i>	1,05	1,00	1,07a	0,98b	0,99	1,02	1,06	1,03	1,06	0,98
<i>DG</i>	5,90	5,88	5,92	5,86	5,91	5,89	5,86	5,84ab	5,77a	6,05b
<i>NX</i>	3737	3689	6805a	621b	3593	3676	3869	446a	2663b	8030c
<i>AS</i>	4,54	4,44	4,64	4,34	4,3	4,5	4,6	5,8a	4,2b	3,5c

AS: aceptabilidad sensorial

• Además, se observó una interacción significativa entre dosis de PA y tiempo de almacenamiento, para valores de NX y K232.

Estudio 2: Influencia de diferentes condiciones de trabajo sobre la calidad del medio de fritura y del producto frito

2 Empresas participantes

Diseño factorial 2 x 2 x 2 x 3 x 3

Factores comunes: el mismo tipo y marca de freidora (ligeras diferencias de capacidad), la misma variedad de patata, el mismo tipo de film para envasado (permeabilidad idónea).

Factores del diseño experimental:

- 2 aceites: Soja vs Girasol/Oleína palma (40:60)
- Adición vs no adición de antioxidantes (500 mg Tocoferoles + 500 mg PA/L)
- Envasado aire vs envasado en atmósfera de N₂ (Ox residual 3%)
- 3 tiempos de proceso de fritura: 15', 6h15', 12h15'
- 3 tiempos de almacenamiento: 0, 4 y 8 meses

Alteración del medio de fritura



GA; Cociente Lin/Palmitico; Indice p-An; % Pol; % DG; Absorción UV (Ks); CD

Estabilidad oxidativa y características sensoriales patatas

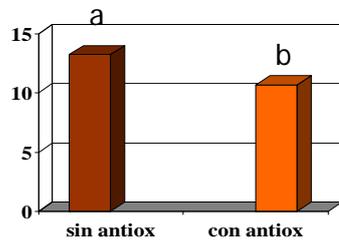


Cociente Lin/Palmitico; Indice p-An; % Pol; % DG; Absorción UV (Ks); **Peróxidos (NX); Aceptabilidad sensorial**

Influencia de la **presencia de antioxidantes** sobre la calidad del **ACEITE** sometido a fritura

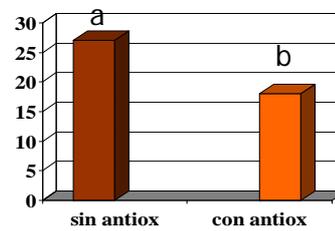
Oleína de palma/aceite de girasol

Índice de p-anisidina



Aceite de soja

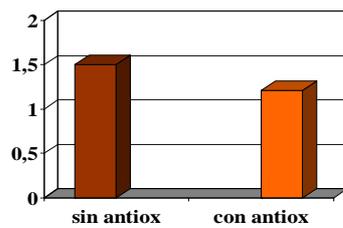
Índice de p-anisidina



Influencia de la **presencia de antioxidantes** sobre la calidad del **ACEITE** sometido a fritura

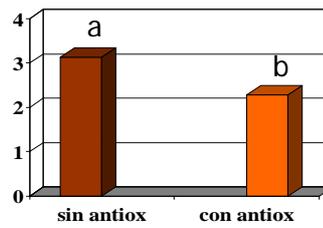
Oleína de palma/aceite de girasol

% Polímeros



Aceite de soja

% Polímeros



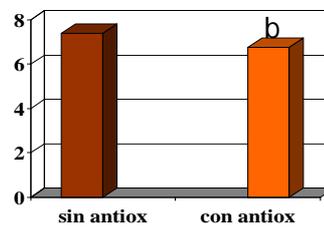
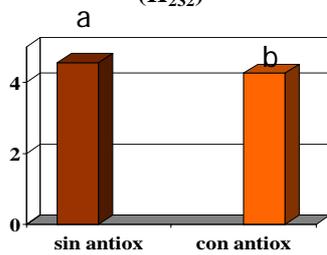
Influencia de la **presencia de antioxidantes** sobre la calidad del **ACEITE** sometido a fritura

Oleína de palma/aceite de girasol

Aceite de soja

Absorción al ultravioleta (K₂₃₂)

Absorción al ultravioleta (K₂₃₂)



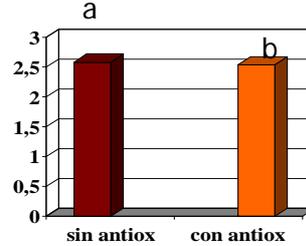
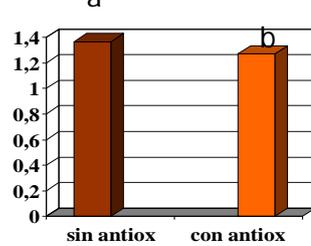
Influencia de la **presencia de antioxidantes** sobre la calidad del **ACEITE** sometido a fritura

Oleína de palma/aceite de girasol

Aceite de soja

Absorción al ultravioleta (K₂₇₀)

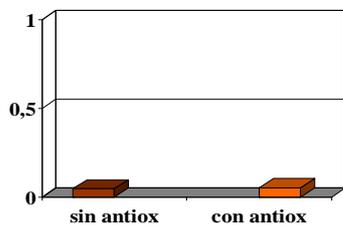
Absorción al ultravioleta (K₂₇₀)



Influencia de la **presencia de antioxidantes** sobre la calidad del **ACEITE** sometido a fritura

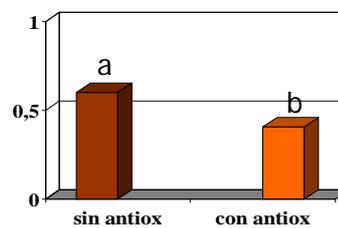
Oleína de palma/aceite de girasol

Constante Dieléctrica (Lectura FOS)



Aceite de soja

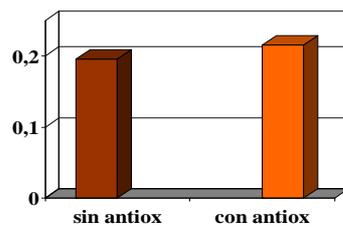
Constante Dieléctrica (Lectura FOS)



Influencia de la **presencia de antioxidantes** sobre la calidad del **ACEITE** sometido a fritura

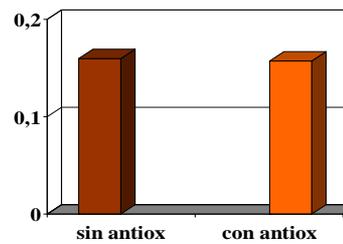
Oleína de palma/aceite de girasol

Grado de acidez (% de ácido oleico)



Aceite de soja

Grado de acidez (% de ácido oleico)



Influencia de la **presencia de antioxidantes** sobre la calidad del **ACEITE** sometido a fritura

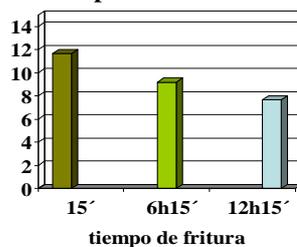
CONCLUSIONES:

- Efecto significativo de la adición de antioxidantes (PA+Toc), detectable de forma significativa a través de los parámetros **p-An**, **Absorción UV (Ks)**, tanto en la mezcla Girasol/Oleína de palma como en el aceite de Soja.
- Efecto significativo de la adición de antioxidantes (PA+Toc), detectable de forma significativa a través de los parámetros **Cte Dielectrica y % Polímeros**, sólo para el aceite de Soja (seguramente por su mayor susceptibilidad a la oxidación).
- No existe efecto de la mezcla antioxidante sobre la hidrólisis de los TG (**GA**).

Influencia del **tiempo de fritura** sobre la calidad del **ACEITE** sometido a fritura

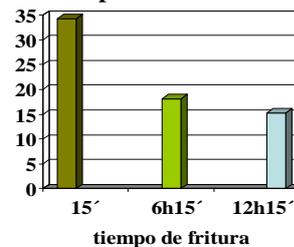
Oleína de palma/aceite de girasol

Índice de p-anisidina



Aceite de soja

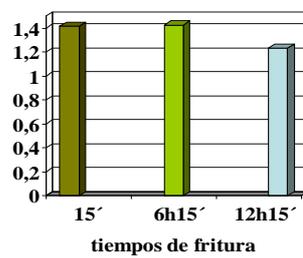
Índice de p-anisidina



Influencia del tiempo de fritura sobre la calidad del ACEITE sometido a fritura

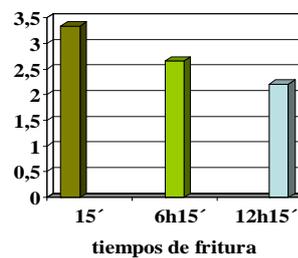
Oleína de palma/aceite de girasol

% Polímeros



Aceite de soja

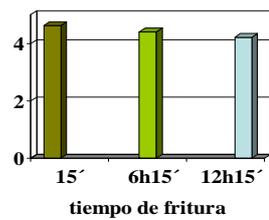
% Polímeros



Influencia del tiempo de fritura sobre la calidad del ACEITE sometido a fritura

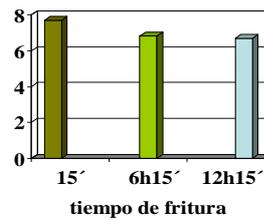
Oleína de palma/aceite de girasol

Absorción al ultravioleta (K₂₃₂)



Aceite de soja

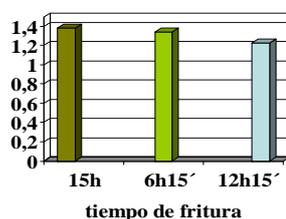
Absorción al ultravioleta (K₂₃₂)



Influencia del tiempo de fritura sobre la calidad del ACEITE sometido a fritura

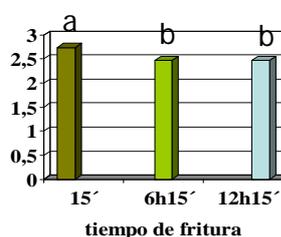
Oleína de palma/aceite de girasol

Absorción al ultravioleta (K_{270})



Aceite de soja

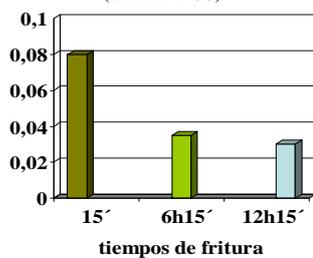
Absorción al ultravioleta (K_{270})



Influencia del tiempo de fritura sobre la calidad del ACEITE sometido a fritura

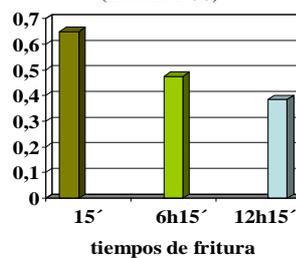
Oleína de palma/aceite de girasol

Constante Dieléctrica (Lectura FOS)



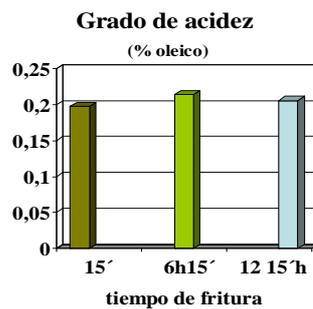
Aceite de soja

Constante Dieléctrica (Lectura FOS)

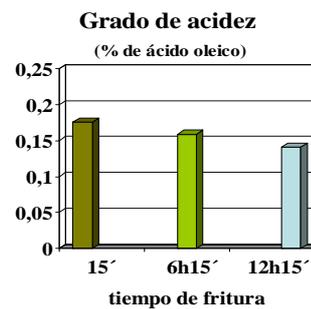


Influencia del tiempo de fritura sobre la calidad del ACEITE sometido a fritura

Oleína de palma/aceite de girasol



Aceite de soja



Influencia del tiempo de fritura sobre la calidad del ACEITE sometido a fritura

CONCLUSIONES:

• Los valores de todos los parámetros disminuyen con el tiempo de fritura. Ello se explica porque en las empresas en que se trabajó comenzaban friendo con aceite usado del día anterior (no guardado en refrigeración) e iban añadiendo aceite nuevo a lo largo del día. **IMPORTANCIA DE LA PAUTA DE ADICIÓN de aceite, así como de la CONSERVACIÓN DEL ACEITE USADO.** (en otros estudios se observa aumento con el t de fritura).

• En todos los parámetros las diferencias entre tiempos de fritura son mayores para el aceite de Soja, que para la mezcla Girasol/Oleína de palma, debido a su mayor susceptibilidad a la oxidación (55% AGPI).

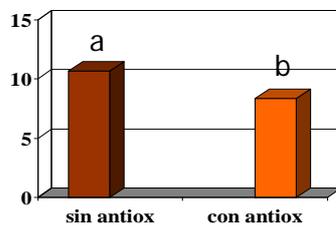
• Un ANOVA multifactorial de todos los valores conjuntos mostró la siguiente influencia significativa de los factores estudiados:

- Para el factor ACEITE utilizado, se obtuvieron diferencias significativas para los valores de todos los parámetros.
- Para el factor TIEMPO DE FRITURA, se observa disminución con el t, pero sólo significativa para el % Pol, K270 y K280.
- Para el factor ANTIOXIDANTES, se observan diferencias en casi todos los parámetros, pero sólo significativas para % Pol y K280.

Influencia de la presencia de **antioxidantes** sobre la calidad del **PRODUCTO FRITO**

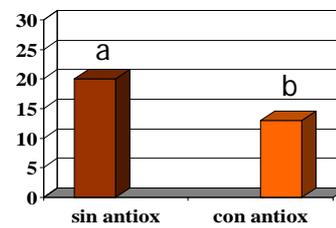
Oleína de palma/aceite de girasol

Índice de p-anisidina



Aceite de soja

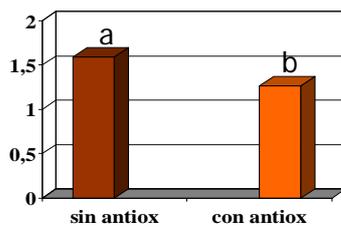
Índice de p-anisidina



Influencia de la presencia de **antioxidantes** sobre la calidad del **PRODUCTO FRITO**

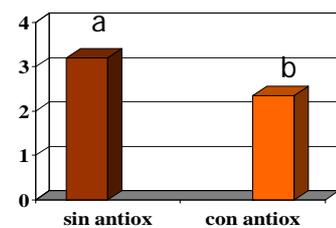
Oleína de palma/aceite de girasol

% Polímeros



Aceite de soja

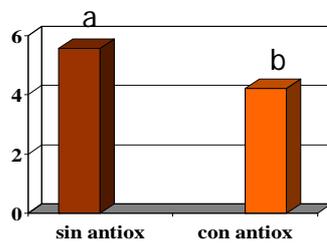
% Polímeros



Influencia de la presencia de **antioxidantes** sobre la calidad del **PRODUCTO FRITO**

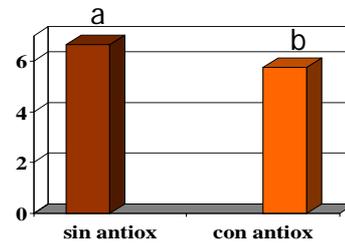
Oleína de palma/aceite de girasol

Absorción al ultravioleta (K₂₃₂)



Aceite de soja

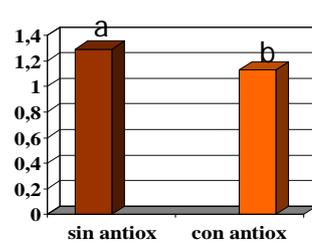
Absorción al ultravioleta (K₂₃₂)



Influencia de la presencia de **antioxidantes** sobre la calidad del **PRODUCTO FRITO**

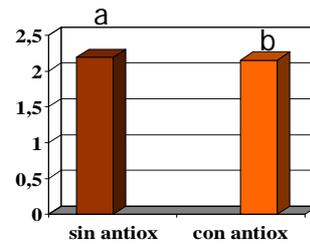
Oleína de palma/aceite de girasol

Absorción al ultravioleta (K₂₇₀)



Aceite de soja

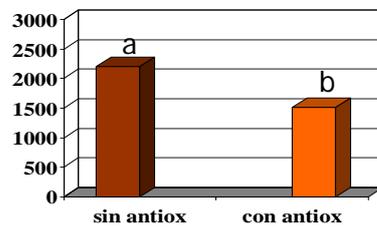
Absorción al ultravioleta (K₂₇₀)



Influencia de la presencia de **antioxidantes** sobre la calidad del **PRODUCTO FRITO**

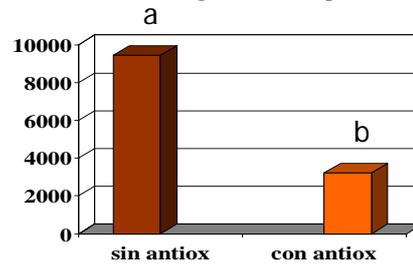
Oleína de palma/aceite de girasol

Determinación de hidroperóxidos (nmoles de CHP/g de fracción lipídica extraída)



Aceite de soja

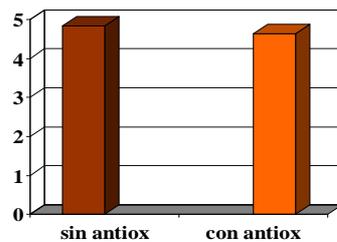
Determinación de hidroperóxidos (nmoles de CHP/g de fracción lipídica)



Influencia de la presencia de **antioxidantes** sobre la calidad del **PRODUCTO FRITO**

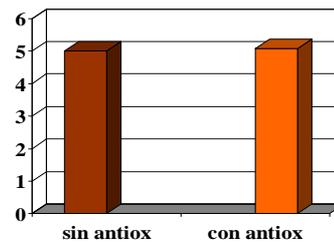
Oleína de palma/aceite de girasol

Aceptabilidad Sensorial (Puntuaciones)



Aceite de soja

Aceptabilidad Sensorial (Puntuaciones)



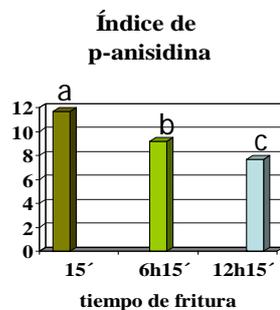
Influencia de la presencia de **antioxidantes** sobre la calidad del **PRODUCTO FRITO**

CONCLUSIONES:

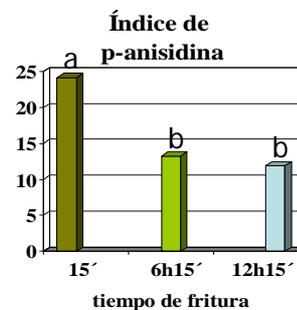
- Se observa una disminución, con la adición de **antioxidantes**, de los valores en patatas fritas de **p-An**, **Absorción UV (sobre todo K232)**, **% Polímeros y Peróxidos lipídicos (NX)**.
- Las diferencias se observan claramente para las patatas fritas en ambos tipos de aceite.
- La **aceptabilidad sensorial NO** se vio afectada por la adición de **antioxidantes** en el producto recién frito.
- Destacan particularmente las diferencias observadas para el contenido de peróxidos, medido a través del método colorimétrico del naranja de xilenol.

Influencia del **tiempo de fritura** sobre la calidad del **PRODUCTO FRITO**

Oleína de palma/aceite de girasol



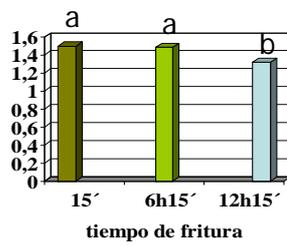
Aceite de soja



Influencia del tiempo de fritura sobre la calidad del PRODUCTO FRITO

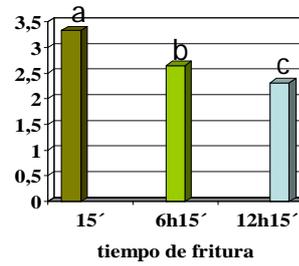
Oleína de palma/aceite de girasol

% Polímeros



Aceite de soja

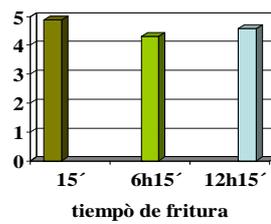
% Polímeros



Influencia del tiempo de fritura sobre la calidad del PRODUCTO FRITO

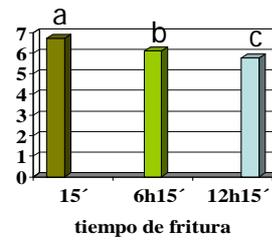
Oleína de palma/aceite de girasol

Absorción al ultravioleta (K_{232})



Aceite de soja

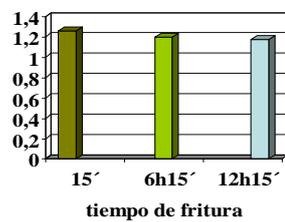
Absorción al ultravioleta (K_{232})



Influencia del tiempo de fritura sobre la calidad del PRODUCTO FRITO

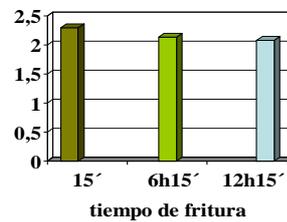
Oleína de palma/aceite de girasol

Absorción al ultravioleta (K_{270})



Aceite de soja

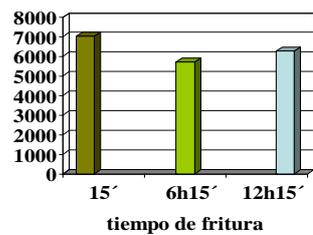
Absorción al ultravioleta (K_{270})



Influencia del tiempo de fritura sobre la calidad del PRODUCTO FRITO

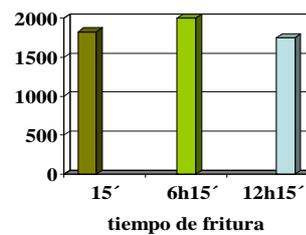
Oleína de palma/aceite de girasol

Determinación de hidroperóxidos (nmoles de CHP/g de fracción lipídica)



Aceite de soja

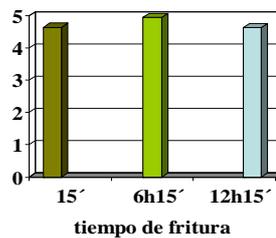
Determinación de hidroperóxidos (nmoles de CHP/g de fracción lipídica)



Influencia del tiempo de fritura sobre la calidad del
PRODUCTO FRITO

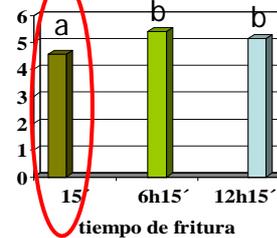
**Oleína de
palma/aceite de
girasol**

Aceptabilidad Sensorial
(Puntuaciones)



**Aceite de
soja**

Aceptabilidad Sensorial
(Puntuaciones)



- La única diferencia observada corresponde al aceite más alterado.

Influencia del tiempo de fritura sobre la calidad del
PRODUCTO FRITO

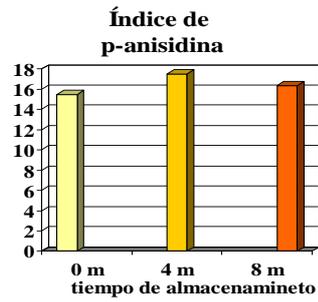
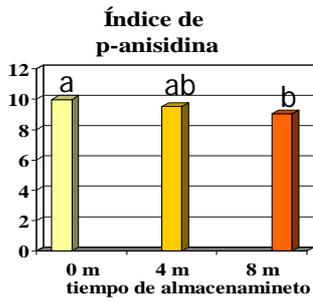
CONCLUSIONES:

- De igual forma que sucedía para el aceite de fritura en la cuba, para el producto frito también se observa una disminución de **todos los valores** a medida que aumenta el t de fritura (debido a la inyección sólo de aceite fresco a lo largo del día).
- Los parámetros de oxidación que disminuyen más significativamente son: **p-An, % Polímeros**, para ambos aceites, **y K232** sólo para el aceite de soja.
- Respecto a la **aceptabilidad sensorial**, sólo se observa un valor peor para las patatas fritas a 15' (t1) en aceite de soja. Ello se correspondería al aceite que presenta los valores de oxidación mayores, entre todos los estudiados.

Influencia del tiempo de almacenamiento sobre la calidad del PRODUCTO FRITO

Oleína de palma/aceite de girasol

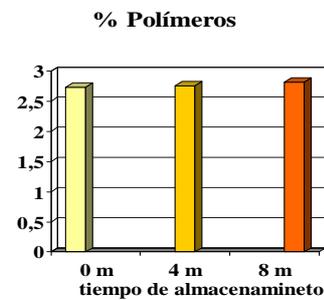
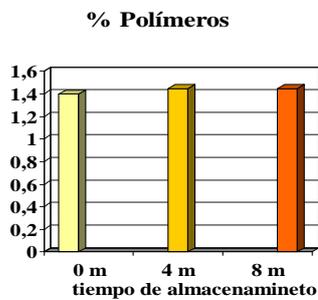
Aceite de soja



Influencia del tiempo de almacenamiento sobre la calidad del PRODUCTO FRITO

Oleína de palma/aceite de girasol

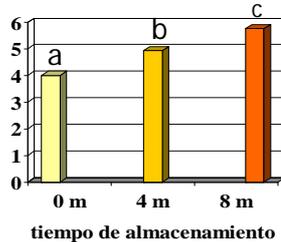
Aceite de soja



Influencia del tiempo de almacenamiento sobre la calidad del PRODUCTO FRITO

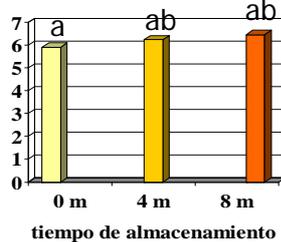
Oleína de palma/aceite de girasol

Absorción al ultravioleta (K₂₃₂)



Aceite de soja

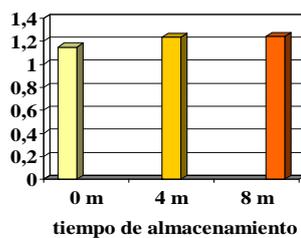
Absorción al ultravioleta (K₂₃₂)



Influencia del tiempo de almacenamiento sobre la calidad del PRODUCTO FRITO

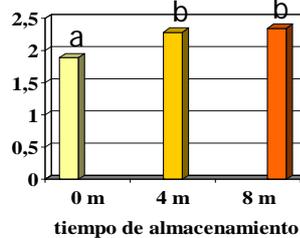
Oleína de palma/aceite de girasol

Absorción al ultravioleta (K₂₇₀)



Aceite de soja

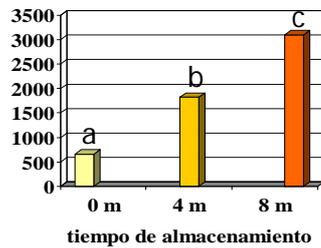
Absorción al ultravioleta (K₂₇₀)



Influencia del tiempo de almacenamiento sobre la calidad del PRODUCTO FRITO

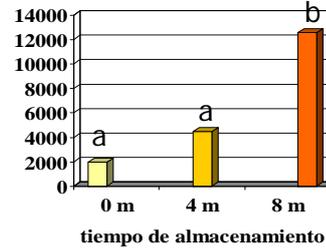
Oleína de palma/aceite de girasol

Determinación de hidroperóxidos (nmoles de CHP/g de fracción lipídica)



Aceite de soja

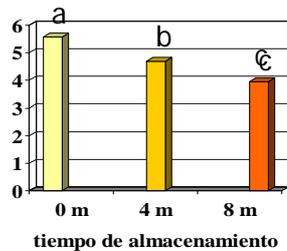
Determinación de hidroperóxidos (nmoles de CHP/g de fracción lipídica)



Influencia del tiempo de almacenamiento sobre la calidad del PRODUCTO FRITO

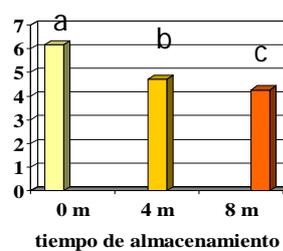
Oleína de palma/aceite de girasol

Aceptabilidad Sensorial (Puntuaciones)



Aceite de soja

Aceptabilidad Sensorial (Puntuaciones)



Influencia del tiempo de almacenamiento sobre la calidad del PRODUCTO FRITO

CONCLUSIONES:

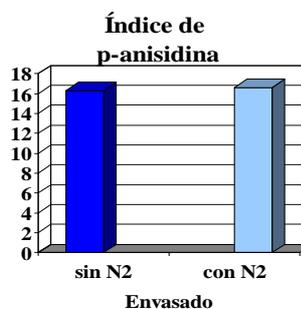
- El tiempo de almacenamiento de las patatas fritas provoca un claro aumento de los valores correspondientes a **K232 y Peróxidos lipídicos (NX)**.
- Implicó así mismo, una clara disminución de los valores de **aceptabilidad sensorial**, para el producto frito en ambos aceites.
- También se observaron aumentos no significativos para **K270 y K280**, no observándose efecto sobre el **% Polímeros ni p-An** (esto puede deberse a que los aldehídos que evalúa este índice se forman preferentemente a temperaturas elevadas).

Influencia del envasado con N₂ sobre la calidad del PRODUCTO FRITO

Oleína de palma/aceite de girasol



Aceite de soja



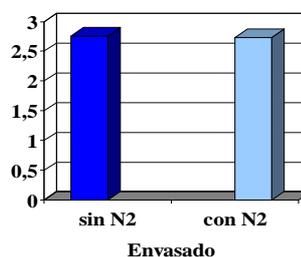
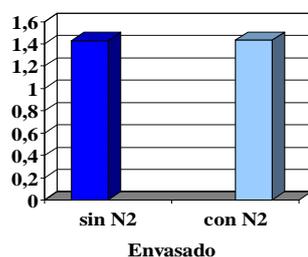
Influencia del envasado con N₂ sobre la calidad del **PRODUCTO FRITO**

Oleína de palma/aceite de girasol

Aceite de soja

% Polímeros

% Polímeros



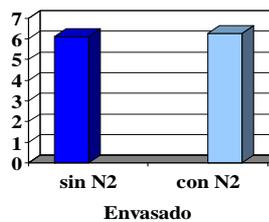
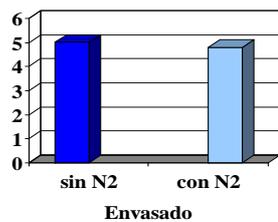
Influencia del envasado con N₂ sobre la calidad del **PRODUCTO FRITO**

Oleína de palma/aceite de girasol

Aceite de soja

Absorción al ultravioleta (K₂₃₂)

Absorción al ultravioleta (K₂₃₂)



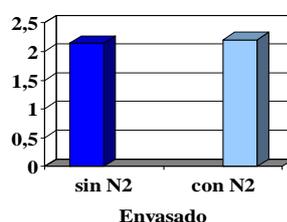
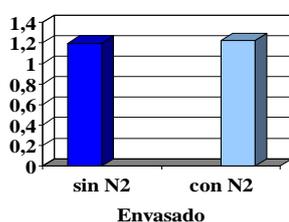
Influencia del envasado con N₂ sobre la calidad del PRODUCTO FRITO

Oleína de palma/aceite de girasol

Aceite de soja

Absorción al ultravioleta (K₂₇₀)

Absorción al ultravioleta (K₂₇₀)



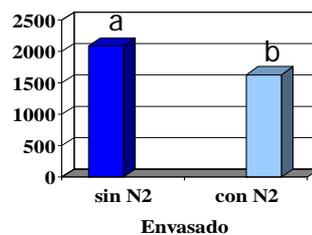
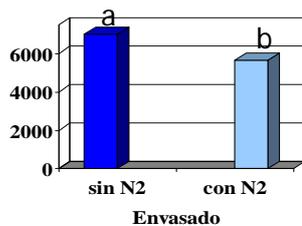
Influencia del envasado con N₂ sobre la calidad del PRODUCTO FRITO

Oleína de palma/aceite de girasol

Aceite de soja

Determinación de hidroperóxidos (nmoles de CHP/g de fracción lipídica extraída)

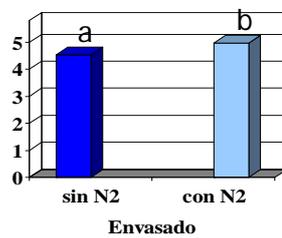
Determinación de hidroperóxidos (nmoles de CHP/g de fracción lipídica extraída)



Influencia del envasado con N₂ sobre la calidad del **PRODUCTO FRITO**

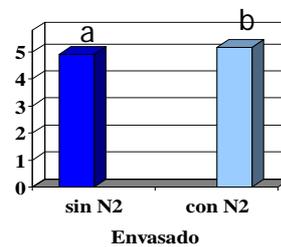
Oleína de palma/aceite de girasol

Aceptabilidad Sensorial (Puntuaciones)



Aceite de soja

Aceptabilidad Sensorial (Puntuaciones)



Influencia del envasado con N₂ sobre la calidad del **PRODUCTO FRITO**

CONCLUSIONES:

- El envasado en atmósfera de Nitrógeno previene de forma muy importante la formación de **Peróxidos lipídicos (NX)** en el producto frito.
- Implicó así mismo, una clara mejora de los valores de **aceptabilidad sensorial** del producto frito.
- La **aceptabilidad** medida a través del **aroma** del producto frito, presentó mejores valores también en las muestras envasadas en nitrógeno, para ambos aceites de fritura, pero las diferencias no llegaron a ser estadísticamente significativas.

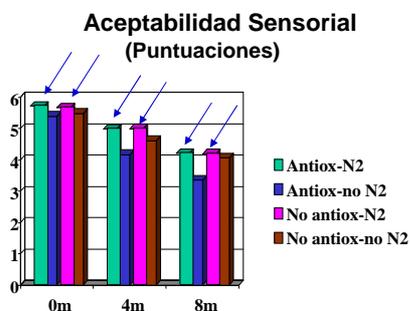
CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS MULTIFACTORIAL

El análisis a través del ANOVA multifactorial, considerando el total de las muestras de producto frito, revela el efecto de cada uno de los factores estudiados :

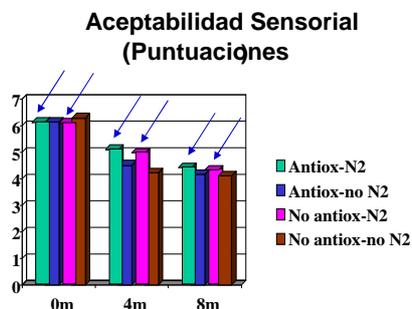
- El tipo de aceite es el único que da diferencias significativas para todos los parámetros, Cociente Lin/Palm, K232, K270, K280, p-An, % Pol, % DG, Peróxidos (NX) y Aceptabilidad sensorial.
- Para el tiempo de fritura también se obtuvieron diferencias significativas para todos los parámetros, con excepción del Cociente Lin/Palm y los Peróxidos (NX).
- Para la adición de antioxidantes, también se observan diferencias significativas, excepto para la K280 y la Aceptabilidad sensorial.
- Para el envasado con Nitrógeno, sólo se observan diferencias significativas para la Aceptabilidad sensorial.
- Para el tiempo de almacenamiento, se obtuvieron diferencias significativas para los valores de K232, k270, K280, % DG, Peróxidos (NX) y Aceptabilidad sensorial.

Influencia de combinación de las condiciones tecnológicas en la **aceptabilidad sensorial** del PRODUCTO FRITO

Oleína de palma/aceite de girasol



Aceite de soja



- La calidad sensorial se mantiene mejor en todos los envasados con N₂
- No hay efecto sinérgico de los antioxidantes con el envasado en N₂

CORRELACIONES entre parámetros analíticos en los ACEITES y en los PRODUCTOS FRITOS

Para aproximar una "predicción" de la futura calidad y estabilidad del producto frito, a partir de los valores de control en el aceite de la cuba, se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson de los valores de los parámetros obtenidos en los aceites y en las correspondientes patatas envasadas y tras 8 meses de conservación a temperatura ambiente. Las principales correlaciones estadísticamente significativas fueron:

- **EMPRESA 1 (girasol/oleína de palma):**

- Correlación entre **GA del aceite** y las tres Ks y %Pol en patatas.
- Correlación entre **K232 del aceite** y las tres Ks, p-An, %Pol y Peróxidos en patatas.
- Correlación entre **K270 del aceite** y K270 y 280, %Pol y p-An en patatas.
- Correlación entre **Ind p-An del aceite** y p-An y %Pol en patatas.
- Correlación entre **%Pol del aceite** y todos los parámetros químicos en patatas.

- **EMPRESA 2 (aceite de soja):**

- Correlación entre **GA del aceite** y K232, p-An y %Pol en patatas.
- Correlación entre **K232 del aceite** y K232, K270, p-An y %Pol en patatas.
- Correlación entre **K270 y K280 del aceite** y K232, K270 y 280, %Pol, p-An y Aceptabilidad sensorial en patatas.
- Correlación entre **Ind p-An del aceite** y K232, K280, p-An, %Pol y Aceptabilidad sensorial en patatas.
- Correlación entre **%Pol del aceite** y K232, p-An, %Pol y Aceptabilidad sensorial en patatas.

INDICADORES de alteración durante el almacenamiento (CORRELACIONES entre parámetros analíticos en los PRODUCTOS FRITOS a 0, 4 y a 8 meses de almacenamiento)

Las principales correlaciones estadísticamente significativas fueron:

- **EMPRESA 1 (girasol/oleína de palma):**

- Correlación entre **%Pol a t0** y las tres Ks a t4 y t8.
- Correlación entre **Peróxidos a t0** y las tres Ks y Peróxidos a t4 y t8.
- No existe correlación entre ninguno de los parámetros químicos a t0 y la aceptabilidad sensorial de las patatas a t4 y t8.

- **EMPRESA 2 (aceite de soja):**

- Correlación entre **%Pol a t0** y K232.
- Correlación negativa entre **%Pol a t0** y aceptabilidad sensorial a t4.
- Correlación entre **%Pol** y Peróxidos a t8.
- Correlación entre **Peróxidos a t0** y Peróxidos a t4 y t8.
- Correlación entre **Indice p-An a t0** y K232 a t4 y t8, y también con Peróxidos a t8.

CONCLUSIONES globales

Aplicabilidad de métodos para el control del aceite y del producto frito

- El grado de acidez, y el índice de p-anisidina, el porcentaje de polímeros de triacilgliceroles, la constante dieléctrica y las extinciones específicas a 232, 270 y 280 nm mostraron una adecuada capacidad de discriminación para el seguimiento de los cambios que se producen durante el ciclo de fritura.
- No obstante el índice de acidez y los parámetros oxidativos pueden dejar de correlacionarse de forma estadísticamente significativa en función de las condiciones de trabajo.
- Existe una elevada correlación entre los resultados obtenidos para los diversos métodos ensayados en la fracción lipídica extraída del producto frito y los obtenidos para el medio de fritura correspondiente, tanto en patatas como en los productos de aperitivo sometidos a fritura.

Aplicabilidad de métodos para el control del aceite y del producto frito

- Los parámetros más sensibles a la adición de antioxidantes son la absorción al ultravioleta, especialmente la K_{232} , el índice de p-anisidina y el porcentaje de polímeros.
- La determinación del contenido en hidroperóxidos es el método de elección para el control del producto frito, ya que es muy sensible y es el parámetro que más claramente aumenta con el tiempo de almacenamiento disminuye con la adición de antioxidantes y envasado en atmósfera de nitrógeno. Además es el único que presenta una correlación estadísticamente significativa con la disminución de la aceptabilidad del producto frito con el t de almacenamiento.
- La determinación de la absorción específica a 232 nm se presenta como una buena alternativa al contenido de peróxidos para el control del producto frito.

Calidad general y evolución durante el almacenamiento de productos

- Los resultados globales obtenidos permiten concluir que la fritura industrial en continuo ofrece productos con bajos niveles de alteración y elevada homogeneidad.
- El grado de alteración del medio de fritura acaba afectando de forma muy significativa a la estabilidad del producto frito, independientemente de los factores de protección ensayados (adición de antioxidantes y envasado en atmósfera de nitrógeno).
- Existe una clara disminución de la aceptabilidad sensorial del producto frito al aumentar el tiempo de almacenamiento.

Efecto de los antioxidantes y envasado en N₂

- El palmitato de ascorbilo (500 mg/L) es el único de los antioxidantes que presenta una elevada actividad en las condiciones ensayadas. Sus combinaciones con un extracto de tocoferoles (500 mg/L) presentaron un cierto efecto sinérgico.
- El palmitato de ascorbilo es el antioxidante que presenta un mayor efecto protector frente a la formación de compuestos de oxidación a lo largo del tiempo de almacenamiento, lo cual se manifiesta en un efecto favorable sobre la aceptabilidad del aroma del producto a los 16 meses de almacenamiento, aunque no sobre su aceptabilidad global por parte de los consumidores.
- El envasado en atmósfera modificada (N₂) previene la pérdida de calidad sensorial del producto frito a lo largo del tiempo de almacenamiento. En cambio, en este sentido, no se observa un efecto sinérgico entre la adición de antioxidantes y el envasado en atmósfera inerte.

Predicción de la estabilidad y vida comercial

- Para predecir la evolución de la oxidación y aceptabilidad del producto frito durante su almacenamiento, particularmente en los medios de fritura más oxidables, el índice de p-anisidina tanto determinado en el medio de fritura como en el producto recién elaborado parece ser el mejor parámetro
- Tanto las Ks como el porcentaje de polímeros de TG también pueden ser útiles en este sentido cuando se utilizan diferentes medios de fritura.
- Por último, el contenido de hidroperóxidos lipídicos del producto recién elaborado puede predecir la evolución de la oxidación durante el almacenamiento de productos fritos en diferentes medios de fritura, con una excelente correlación con la aceptabilidad sensorial.