

Presentación 1:

- **Optimización y aplicabilidad de métodos analíticos para el control de calidad de aceites y productos de fritura**

Presentación 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



1.Optimización y aplicabilidad de métodos analíticos para el control de calidad de aceites y productos de fritura

Prof. Rafael Codony Salcedo

rafaelcodony@ub.edu

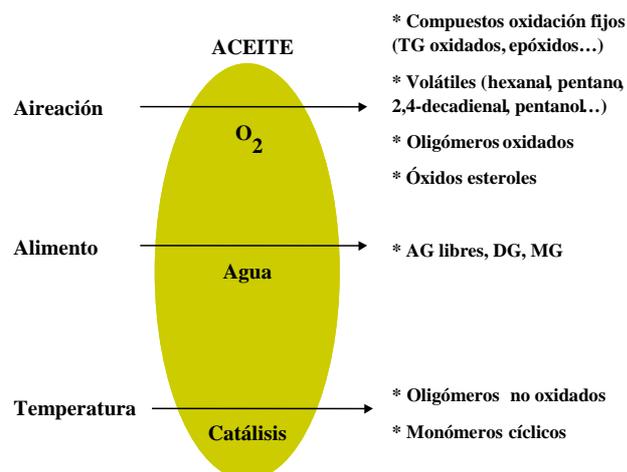
Dpto. Nutrición y
Bromatología
Facultad de Farmacia - UB



ANTECEDENTES

- Las empresas necesitan controlar el proceso de fritura para fabricar un producto homogéneo que presente una elevada estabilidad en el tiempo, obteniendo así un producto en el mercado con una aceptabilidad sensorial óptima durante toda su vida útil.
- Es interesante que el estado de alteración del medio de fritura pueda ser evaluado mediante métodos analíticos sencillos y rápidos, para que su aplicación pueda realizarse por parte de cualquier tipo de industria, sin excesivos requisitos técnicos, humanos y materiales.
- No existen muchos estudios metodológicos en el campo de la fritura en continuo. Habitualmente se corresponden con modelos teóricos o a procesos de fritura discontinuos.
- Existe la necesidad de conocer la aplicabilidad de diferentes parámetros analíticos en función de la naturaleza del aceite u otros factores del proceso de fritura.

ALTERACIONES EN EL MEDIO DE FRITURA



MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LOS ACEITES DE FRITURA

• Observación de propiedades físicas (sin requerimientos de laboratorio)

Evolución visual del color o de la espuma, aparición de aroma desagradable, tiempo preestablecido máximo de fritura.

• Medida de propiedades físicas con técnicas de laboratorio

Índice de espuma, constante dieléctrica, índice de refracción, viscosidad, punto de humo, absorción UV, color (420 nm).

• Medida de propiedades químicas con técnicas de laboratorio

Índice de peróxidos, índices de oxidación secundaria (p-anisidina, TBA, carbonilos), índice de acidez, índice de yodo, tests rápidos.

• Medidas cromatográficas

Compuestos volátiles (CG), pérdida de AGPI, % compuestos polares, % dímeros, % polímeros, % AG oxidados, % compuestos no eluibles.

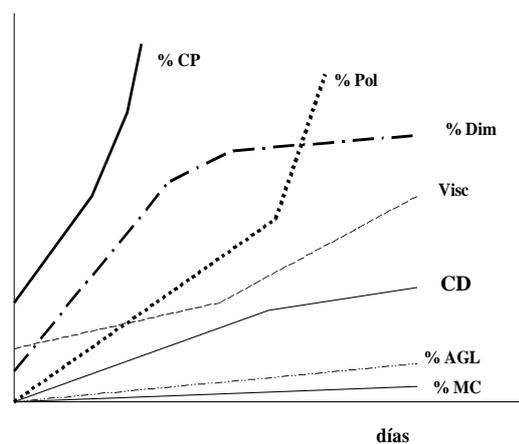
• Análisis sensorial de la grasa o aceite y del alimento frito

Tests afectivos (aceptabilidad consumidor).

Tests analíticos (tests descriptivos o de diferenciación).



EVOLUCIÓN DE PARÁMETROS DE ALTERACIÓN EN EL ACEITE DE FRITURA



% CP= porcentaje de compuestos polares; % Pol= porcentaje de polímeros;
% Dim= porcentaje de dímeros; Visc= viscosidad; CD= constante dieléctrica;
% AGL= porcentaje de ácidos grasos libres; % MC= porcentaje de monómeros cíclicos.

CRITERIOS NORMATIVOS PARA EL RECHAZO DE ACEITES DE FRITURA

<u>Parámetro</u>	<u>Muy frecuente</u>	<u>En algún país</u>
Comp. Polares	***	
Grado acidez		**
Punto de humo		**
Temp máx fritura		***
% Polímeros		*
AG insolubles en éter		*

OBJETIVOS

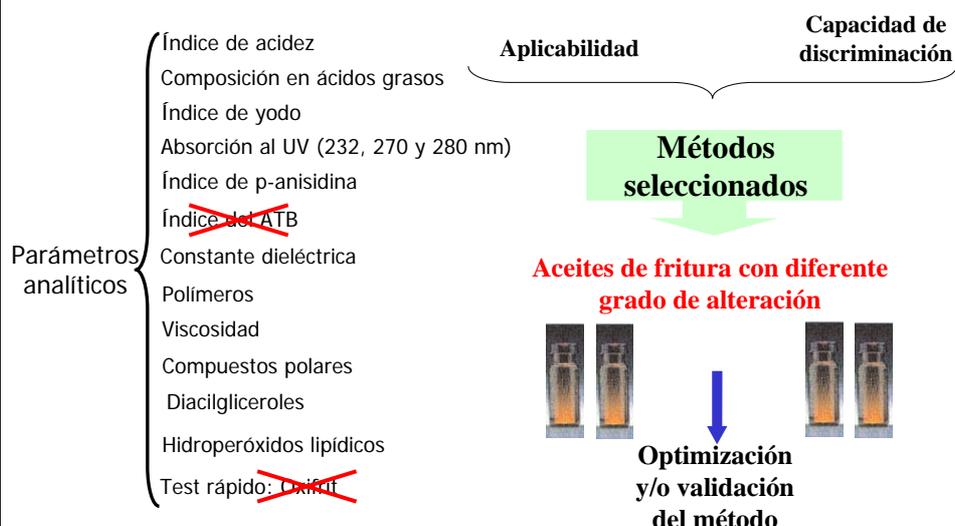
- Seleccionar una serie de parámetros analíticos que permitan evaluar el grado de alteración del aceite de fritura y del producto frito incluyendo algunos de aplicación sencilla junto a otros más complejos que nos den una información más detallada sobre las alteraciones que se produzcan durante el proceso de fritura.
- Optimizar y, en su caso, validar cada uno de los métodos seleccionados.
- Comprobar que estos métodos permiten evaluar de forma fiable el grado de alteración de los aceites de fritura y de los productos fritos.
- Estudiar el grado de correlación entre estos parámetros analíticos, con el fin de determinar la relación sencillez/fiabilidad de cada uno de ellos.
- Proponer finalmente una serie de parámetros para el control rutinario del proceso industrial de fritura en continuo y otros parámetros más complejos que deberían practicarse con menor periodicidad para contrastar dicho control.

Estudio Preliminar

Comportamiento de métodos analíticos en muestras de origen diverso y con diferentes grados de alteración

Estudio Preliminar

Optimización y selección de métodos analíticos



Estudio Preliminar: Resultados

Optimización y selección de métodos analíticos

Precisión de los métodos analíticos (n=8) en los diferentes aceites usados

	VIS				CD				L/P	I YODO				I A		K232		K270		p-An			TBA		% POL	
	P-G	P-G	P	G	P-G	P-G	P	G	P-G	P	G	P	G	P	G	P-G	P	G	P-G	P	G	P-G	P	G		
Valor	0.038	0.28	0.35	1.30	1.29	95.3	54.1	105	0.19	4.88	3.02	1.54	0.64	15.1	4.7	20.8	78.0	1.61	3.74							
CV %	1.9	14.9	7.7	2.6	1.0	4.6	1.1	1.1	1.7	2.8	2.9	1.4	1.3	0.7	3.1	2.6	12.6	4.1	1.4							

CV%: coeficiente de variación; P-G: mezcla aceites de palma y girasol (30:70); P: aceite palma; G: aceite girasol

VIS: viscosidad; CD: constante dieléctrica; L/P: cociente linoleico-palmitico; I YODO: índice de yodo; I ACIDEZ: índice de acidez; K232 y K270: absorbancia al UV; p-An: índice de p-anisidina; TBA: índice del ácido tiobarbitúrico

Optimización

CTE DIELECTRICA: se estudió la influencia del **t de estabilización**, de la **temperatura**, de la **corriente eléctrica**, de la **deriva del cero**, y del **aire** en el seno del aceite. Propuesta de condiciones optimizadas:

- 45 minutos estabilización del aparato
- Pre calentamiento de muestras 5 min a 40°C y someter a ultrasonidos 1 min
- Lectura realizada después de 2,5 min
- Comprobación del cero del aparato cada 30 min. Así se calcula la deriva y los valores se corrigen de acuerdo a esta deriva, a medida que pasa el tiempo

Estudio Preliminar: Resultados

Optimización y selección de métodos analíticos

Valores de los diversos parámetros analizados en los aceites estudiados

	VIS	CD	L/P	I YODO	I A	K232	K270	p-An	TBA	% POL
G fresco	0.048	REF	9.25	119.1	0.03	5.81	0.86	5.5	ND	nd
G 1	NA	1.19	9.20	111.6	0.85	12.51	3.04	36.3	23.0	3.96
G 2	0.05	1.33	9.10	106.9	0.87	16.79	2.69	36.7	19.0	4.10
P-G fresco	0.045	REF	3.10	95.3	0.03	4.90	1.19	5.0	ND	nd
P-G 1	0.05	0.46	1.64	81.5	0.25	5.74	1.47	12.4	18.5	1.95
P-G 2	NA	0.46	1.66	80.2	0.25	5.68	1.40	12.4	18.3	1.52
P-G 3	NA	0.40	1.96	91.2	0.20	4.44	1.43	13.1	Tr	1.57
P-G 4	NA	0.42	1.95	89.4	0.20	4.45	1.43	12.9	Tr	1.70
P fresco	0.042	REF	0.25	57.1	0.04	2.39	0.60	2.9	ND	nd
P Inicio	NA	0.49	0.23	55.9	0.07	4.45	1.53	20.7	78.4	0.77
P Medio	NA	0.32	0.24	54.1	0.15	4.22	0.93	16.1	25.5	1.80
P Extremo	0.062	2.65	0.17	51.6	0.49	10.64	1.77	64.2	182.5	8.30

G: aceite girasol en diversos estados de alteración por fritura; P: aceite de palma en diversos estados de alteración; P-G: mezcla aceites de palma y girasol (30:70) en diferentes estados de alteración

VIS: viscosidad; CD: constante dieléctrica; L/P: cociente linoleico-palmitico; I YODO: índice de yodo; I ACIDEZ: índice de acidez; K232 y K270: absorbancia al UV; p-An: índice de p-anisidina; TBA: índice del ácido tiobarbitúrico

Coeficientes de correlación de Spearman entre las variables de alteración de los aceites estudiados

CD	Lin/Palm	I YODO	I ACIDEZ	K232	K270	p-An	TBA	% POL	
0.924 p 0.008	0.0203	0.203	0.725	0.812 p 0.050	0.841 p 0.036	0.986 p<0.001	0.866	0.866	VIS
	0.211	0.183	0.866 p<0.001	0.620 p 0.032	0.901 p<0.001	0.852 p<0.001	0.393	0.533	CD
		0.986 p<0.001	0.021	0.455	0.028	0.196	0.679	0.117	Lin/Palm
			0.007	0.476	0.091	0.182	0.607	0.117	I YODO
				0.636 p 0.026	0.783 p 0.003	0.713 p 0.009	0.214	0.733 p 0.025	I ACIDEZ
					0.643 p 0.024	0.462	0.143	0.700 p 0.036	K232
						0.832 p 0.001	0.214	0.567	K270
							0.679	0.633	p-An
							0.214		TBA

VIS: viscosidad; CD: constante dieléctrica; Lin/Palm: cociente linoleico-palmitico; I YODO: índice de yodo; I ACIDEZ: índice de acidez; K232 y K270: absorbanza al UV; p-An: índice de p-anisidina; TBA: índice del ácido tiobarbitúrico

Conclusiones

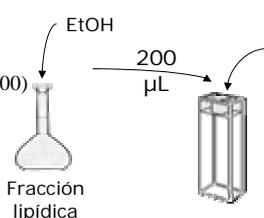
- El Índice de acidez y el resto de determinaciones ofrecen información complementaria (no alternativa) del estado de alteración, pero se correlacionan bastante bien en las muestras estudiadas
- La Cte dieléctrica se muestra como un parámetro útil, pero requiere de un riguroso protocolo de aplicación
- p-Anisidina, Absorción al UV y % de polímeros se muestran como los parámetros de alteración más robustos en todos los casos

J.A. Navas et al., Optimization of analytical methods for the assessment of the quality of fats and oils used in continuous frying. Grasas y Aceites 58, 148-153 (2007)

Optimización del método colorimétrico de naranja de xileno para la determinación de hidroperóxidos lipídicos en extractos lipídicos de patatas y snacks

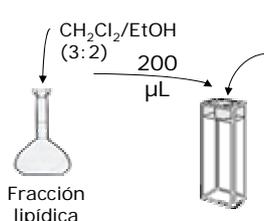
Método 1

Modificación
Grau y col. (2000)



➔ Turbidez

Método 2 Reducción del contenido de agua, manteniendo concentración Fe



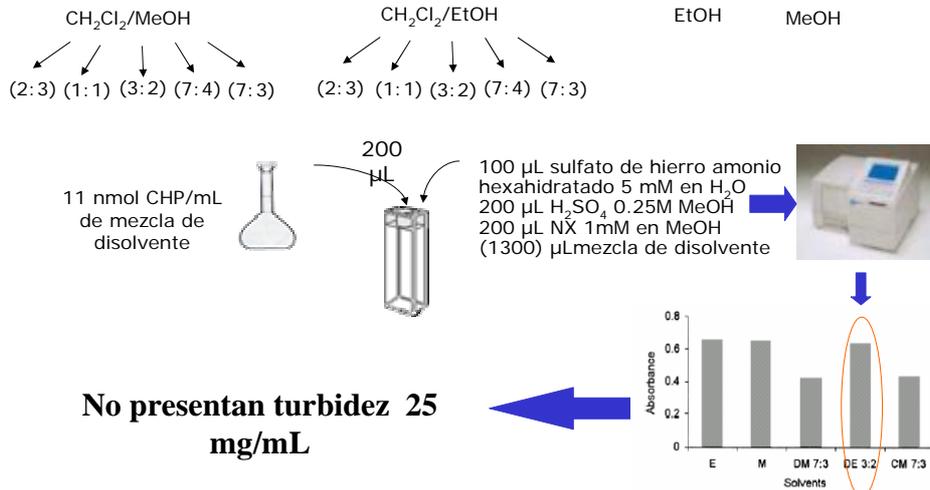
➔ Turbidez

0,5 y 0,6 mg de fracción lipídica/mL de medio de reacción

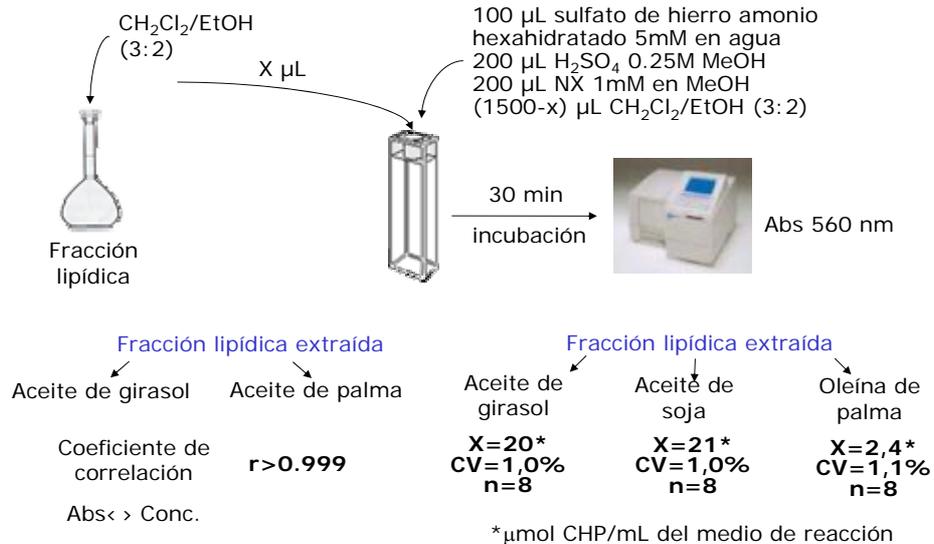
J.A. Navas et al., Modified ferrous oxidation-xylene orange method to determine lipid hydroperoxides in fried snacks EJLST 106, 688-696 (2004)

Optimización del método colorimétrico de naranja de xilenol para la determinación de hidroperóxidos lipídicos

Efecto del disolvente como base en el medio de reacción



Optimización del método colorimétrico del naranja de xilenol para la determinación de hidroperóxidos lipídicos



CONCLUSIONES
sobre optimización del método colorimétrico Naranja de Xilenol

- El método finalmente propuesto utiliza como medio de reacción principal la mezcla DICLOROMETANO-ETANOL 3:2 (v/v), que muestra un excelente comportamiento para los extractos lipídicos obtenidos de patatas y snacks.
- El método propuesto presenta una elevada sensibilidad para la determinación de Hidroperóxidos Lipídicos en estas muestras, pues es capaz de disolver cantidades de extracto muy altas (se ensayaron hasta 25 mg/mL), lo que puede ser necesario en algunos casos para obtener valores de absorción adecuados.
- El método propuesto se ha aplicado también a aceites frescos en diferentes estados de alteración, con excelentes resultados.

Estudio 1:

**Control de la alteración del
aceite y del producto frito, en 3
empresas, a lo largo de una
semana**



Empresa 1: Girasol/oleína palma - Patata
Empresa 2: Oleína palma - Snack patata/maíz
Empresa 3: Girasol - Patata

Empresa 1: Florigo, 5259 L, calefaccion indirecta
 Empresa 2: FMC Foodtech, 500 L, calefacción directa
 Empresa 3: Alivio, 1200 L, calefacción directa

5 días consecutivos de una semana

Empresa 1		Empresa 2		Empresa 3	
0h	0h	0h
3h	3h	3h	3h	1h30	1h30
6h	6h	6h	6h	3h30	3h30
10h	10h	9h30	9h30	5h30	5h30
13h	13h	12h30	12h30	7h30	7h30
16h	16h	15h30	15h30	9h30	9h30



Empresa 1: Girasol/oleína palma - Patata
Empresa 2: Oleína palma - Snack patata/maíz
Empresa 3: Girasol - Patata

Empresa 1: Florigo, 5259 L, calefaccion indirecta
 Empresa 2: FMC Foodtech, 500 L, calefacción directa
 Empresa 3: Alivio, 1200 L, calefacción directa

5 días consecutivos de una semana

Empresa 1

- Muestra 0 es aceite usado, filtrado y refrigerado hasta 100°C y conservado en un tanque. La muestra 1 (inicio) se corresponde a este aceite mezclado con aceite nuevo para normalizar acidez $GA < 0.15$.
- Inyección de aceite fresco durante todo el día,

Empresa 2

- Muestra 0 es aceite fresco. Al final del día, el aceite usado se deja en la cuba de fritura.
- Inyección de aceite usado en alternancia con aceite fresco durante todo el día. A partir del jueves, sólo inyección de aceite fresco.

Empresa 3

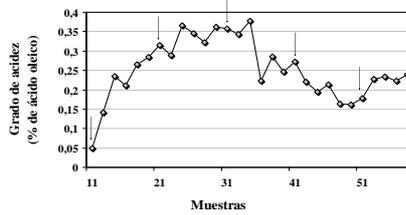
- Muestra 0 es mezcla de aceite usado y aceite fresco. Al final del día, el aceite usado se deja en la cuba de fritura.
- Inyección de aceite fresco durante todo el día.

Control de la alteración a lo largo de una semana

Gr. Acidez (% ac. Oleico)

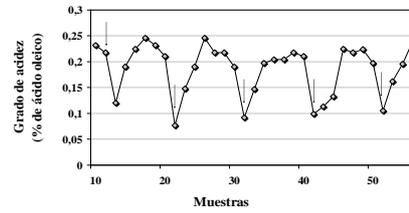
Empresa 2: Oleína de palma

Medio de fritura



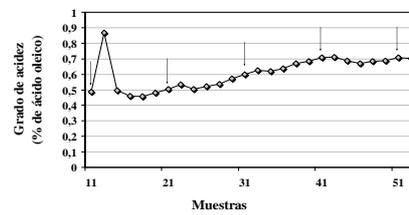
Empresa 1: Mezcla de oleína de palma/ aceite de girasol

Medio de fritura



Empresa 3: Aceite de girasol

Medio de fritura

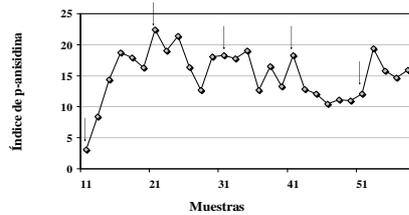


Control de la alteración a lo largo de una semana

Índice p-Anisidina

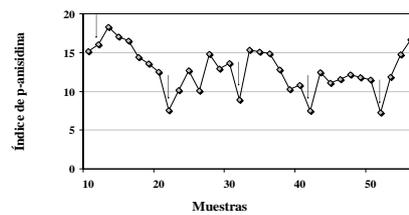
Empresa 2: Oleína de palma

Medio de fritura



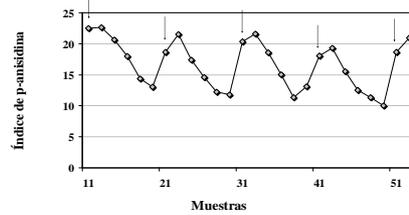
Empresa 1: Mezcla de oleína de palma/ aceite de girasol

Medio de fritura



Empresa 3: Aceite de girasol

Medio de fritura



Control de la alteración a lo largo de una semana

% Polímeros TG

Empresa 2: Oleína de palma



Empresa 1: Mezcla de oleína de palma/ aceite de girasol



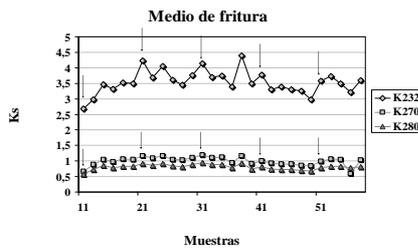
Empresa 3: Aceite de girasol



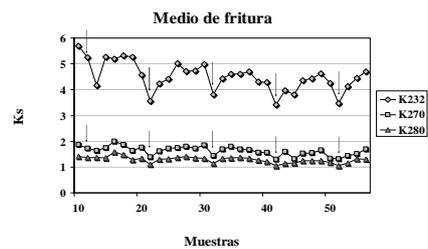
Control de la alteración a lo largo de una semana

Absorción UV (Ks)

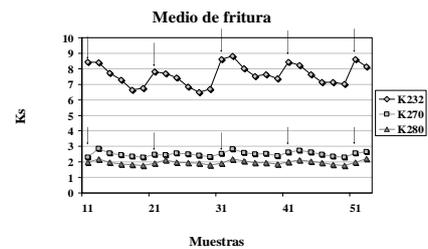
Empresa 2: Oleína de palma



Empresa 1: Mezcla de oleína de palma/ aceite de girasol



Empresa 3: Aceite de girasol



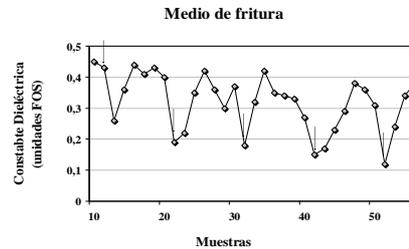
Control de la alteración a lo largo de una semana

Cte Dieléctrica

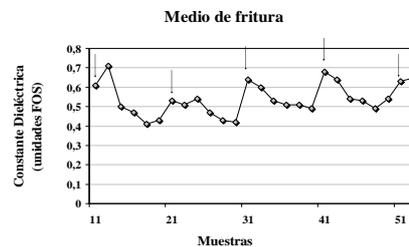
Empresa 2: Oleína de palma



Empresa 1: Mezcla de oleína de palma/ aceite de girasol



Empresa 3: Aceite de girasol



Comentarios a las gráficas de ciclo de fritura

- **EMPRESA 1:** se observa una disminución significativa en los valores de algunos parámetros coincidiendo con los puntos en que se adiciona aceite fresco. Estos parámetros serían por lo tanto buenos indicadores de control: **GA, p-An, % Polímeros, CD y Absorción UV (Ks)**.
- **EMPRESA 2:** Igual que en la empresa 1, los mismos parámetros se muestran sensibles a los cambios en el grado de alteración del aceite en la cuba. Se observa perfectamente en la gráfica como los valores aumentan de lunes a miércoles y bajan ligeramente o se mantienen a partir del jueves, cuando sólo se inyecta aceite fresco.
- **EMPRESA 3:** se observa el mismo comportamiento, excepto para el Grado de acidez. Ello podría explicarse porque el aceite es más insaturado y se conserva sin refrigerar toda la noche en la cuba. Así se observa en todos los parámetros relacionados con la oxidación un pico alto para los puntos de inicio de cada día, con un fuerte descenso durante el día, ya que se añade sólo aceite fresco.

Control de la alteración a lo largo de una semana

Correlación entre parámetros: en Medio de Fritura

- Se observaron excelentes niveles de correlación, casi siempre con valor $p < 0.001$, entre la mayoría de los parámetros analíticos en aceites, desde la CD al %DG.
- Las principales diferencias debidas al tipo de aceite fueron:
 - El I. Acidez no correlaciona con la p-An y el % polímeros en aceite de girasol
 - El % DG no correlaciona con CD, K232, % polímeros, ni p-An en aceite de girasol

CONCLUSION !!! Existe dependencia clara de las condiciones del sistema de fritura (pauta de adición y conservación del aceite, naturaleza del aceite, horario de fritura), sobre la utilidad de los parámetros analíticos:



Quando los fenómenos oxidativos se ven potenciados por las condiciones, el GA deja de ser un buen parámetro para el control de calidad del aceite en la cuba.

Control de la alteración a lo largo de una semana

Correlación entre parámetros: en Producto Frito

	1-Palma/Girasol	2-Palma	3-Girasol
K232/K270	**	**	**
K232/K280	**	*	**
K232/p-An	**	**	**
K232/Pol	*	**	**
K232/DG			
K232/NX			**

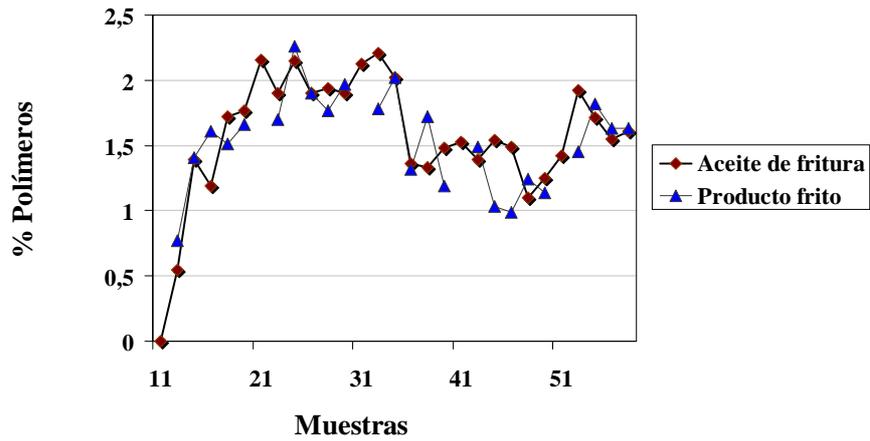
K270/K280	**	**	**
K270/p-An	**	**	**
K270/Pol	**	**	**
K270/DG			
K270/NX			
K280/p-An	**	*	**
K280/Pol	**	**	*
K280/DG			
K280/NX			

P-An/Pol		**	**
P-An/DG			
P-An/NX			
Pol/DG			
Pol/NX			*
DG/NX			

Control de la alteración a lo largo de una semana

Correlación entre medio de fritura y producto frito

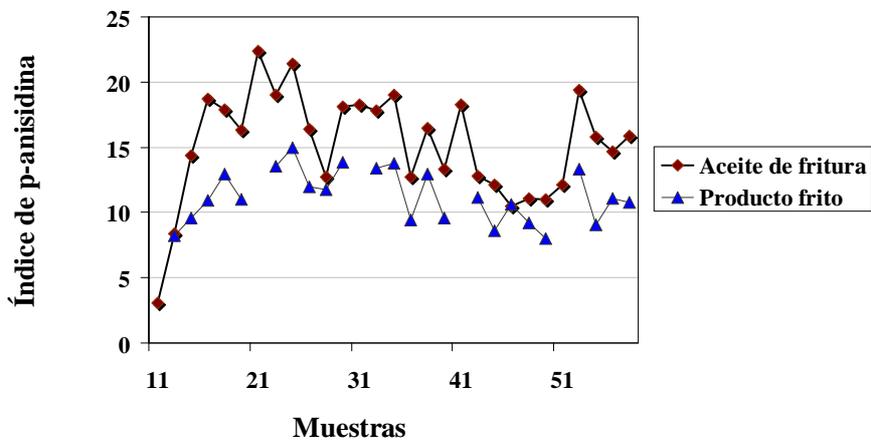
Ciclo de fritura



Control de la alteración a lo largo de una semana

Correlación entre medio de fritura y producto frito

Ciclo de fritura



Control de la alteración a lo largo de una semana

Correlación entre medio de fritura y producto frito

	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3
	Palma/girasol	Palma	Girasol
C18:2/C18:0	0.945 (p<0.001)		
Indice Yodo			
K232	0.492 (p 0.017)	0.579 (p 0.003)	0.709 (p<0.001)
K270		0.632 (p<0.001)	0.739 (p<0.001)
K280	0.507 (p 0.013)	0.631 (p<0.001)	0.736 (p<0.001)
Indice p-An	0.704 (p<0.001)	0.831 (p<0.001)	0.948 (p<0.001)
% Polímeros	0.602 (p 0.002)	0.760 (p<0.001)	0.698 (p<0.001)
% Diglicéridos			0.695 (p<0.001)

Estudio 2:

Control de la alteración del aceite y del producto frito a lo largo de cinco semanas consecutivas en 6 empresas



Empresa 1: Girasol/oleína palma- Patata
Empresa 2: Oleína palma- Snack patata/maíz
Empresa 3: Girasol- Patata
Empresa 4: Soja- Patata
Empresa 5: Soja/Oleína palma- Patata
Empresa 6: Soja- Snack patata/maíz

Estudio durante 5 semanas consecutivas

Toma de muestras:



Semana 1 Semana 2 Semana 3 Semana 4 Semana 5

En todas las empresas: 1 muestra por semana

Lunes 12h Martes 12h Miércs. 12h Jueves 12h Viernes 12h

Correlaciones entre parámetros en aceites de fritura

VIS ¹	CD	C _{18:2n-6} /C _{16:0}	II	IA	K ₂₃₂	K ₂₇₀	K ₂₈₀	IAN	POL	DG	
r=1 ² n=30	r=-0,574** p (0,001) n=30	r=-0,745** p (<0,001) n=30	r=-0,962** p (<0,001) n=30	r=0,014 p (0,943) n=30	r=-0,727** p (<0,001) n=30	r=-0,804** p (<0,001) n=30	r=-0,786** p (<0,001) n=30	r=-0,500** p (0,005) n=30	r=-0,338 p (0,068) n=30	r=-0,952* p (<0,001) n=30	VIS
	r=1 n=30	r=0,617** p (<0,001) n=30	r=0,619** p (<0,001) n=30	r=0,24* p (0,020) n=30	r=0,679** p (<0,001) n=30	r=0,497** p (0,005) n=30	r=0,475** p (0,008) n=30	r=0,487** p (0,006) n=30	r=0,558* p (0,001) n=30	r=-0,513** p (0,004) n=30	CD
		r=1 n=30	r=0,777** p (<0,001) n=30	r=0,451* p (0,012) n=30	r=0,679** p (<0,001) n=30	r=0,481** p (0,007) n=30	r=0,425* p (0,019) n=30	r=0,357 p (0,053) n=30	r=0,522* p (0,003) n=30	r=-0,646* p (<0,001) n=30	C _{18:2n-6} /C _{16:0}
			r=1 n=30	r=0,041 p (0,832) n=30	r=0,823** p (<0,001) n=30	r=0,825** p (<0,001) n=30	r=0,794** p (<0,001) n=30	r=0,551** p (0,002) n=30	r=0,473** p (0,008) n=30	r=-0,964** p (<0,001) n=30	II
				r=1 n=30	r=-0,159 p (0,401) n=30	r=-0,162 p (0,392) n=30	r=-0,204 p (0,279) n=30	r=-0,090 p (0,637) n=30	r=0,281 p (0,133) n=30	r=0,174 p (0,357) n=30	IA
					r=1 n=30	r=0,771** p (<0,001) n=30	r=0,712** p (<0,001) n=30	r=0,798** p (<0,001) n=30	r=0,847** p (<0,001) n=30	r=-0,778** p (<0,001) n=30	K ₂₃₂
						r=1 n=30	r=0,992** p (<0,001) n=30	r=0,704** p (<0,001) n=30	r=0,458* p (0,011) n=30	r=-0,878** p (<0,001) n=30	K ₂₇₀
							r=1 n=30	r=0,664** p (<0,001) n=30	r=0,387* p (0,035) n=30	r=-0,860** p (<0,001) n=30	K ₂₈₀
								r=1 n=30	r=0,733* p (<0,001) n=30	r=-0,591** p (0,001) n=30	IAN
									r=1 n=30	r=-0,382* p (0,037) n=30	POL
										r=1 n=30	DG

¹VIS (viscosidad), CD (constante dieléctrica), C_{18:2n-6}/C_{16:0} (cociente ácido linoleico/ácido palmítico), II (índice de yodo), IA (índice de acidez), K₂₃₂, K₂₇₀, K₂₈₀ (extinción específica a la longitud de onda), IAN (índice de p-anisidina), POL (% polímeros), DG (% diacilglicerol).
² r, coeficiente de correlación de Pearson
 p (grado de significación)
 n, número de muestras
 * p ≤ 0,05; ** p ≤ 0,01

Correlaciones entre parámetros en productos fritos

$C_{18:2\ n-6}/C_{16:0}$	II	K ₂₃₂	K ₂₇₀	K ₂₈₀	IAN	POL	DG	NX	$C_{18:2\ n-6}/C_{16:0}$
$r=1^2$ n=30	$r=0,710^{**}$ p (<0,001) n=30	$r=0,640^{**}$ p (<0,001) n=30	$r=0,459^*$ p (0,011) n=30	$r=0,436^*$ p (0,016) n=30	$r=0,282$ p (0,131) n=30	$r=0,501^{**}$ p (0,005) n=30	$r=-0,648^{**}$ p (<0,001) n=30	$r=0,247$ p (0,188) n=30	
	$r=1$ n=30	$r=0,817^{**}$ p (<0,001) n=30	$r=0,842^{**}$ p (<0,001) n=30	$r=0,820^{**}$ p (<0,001) n=30	$r=0,749^{**}$ p (<0,001) n=30	$r=0,417^*$ p (0,022) n=30	$r=-0,898^{**}$ p (<0,001) n=30	$r=0,199$ p (0,292) n=30	II
		$r=1$ n=30	$r=0,767^*$ p (<0,001) n=30	$r=0,737^*$ p (<0,001) n=30	$r=0,795^*$ p (<0,001) n=30	$r=0,781^*$ p (<0,001) n=30	$r=-0,705^{**}$ p (<0,001) n=30	$r=0,056$ p (0,769) n=30	K ₂₃₂
			$r=1$ n=30	$r=0,996^*$ p (<0,001) n=30	$r=0,805^*$ p (<0,001) n=30	$r=0,378$ p (0,039) n=30	$r=-0,791^{**}$ p (<0,001) n=30	$r=0,148$ p (0,434) n=30	K ₂₇₀
				$r=1$ n=30	$r=0,796^*$ p (<0,001) n=30	$r=0,352$ p (0,056) n=30	$r=-0,771^{**}$ p (<0,001) n=30	$r=0,154$ p (0,416) n=30	K ₂₈₀
					$r=1$ n=30	$r=0,579^*$ p (0,001) n=30	$r=-0,655^{**}$ p (<0,001) n=30	$r=-0,162$ p (0,392) n=30	IAN
						$r=1$ n=30	$r=-0,358$ p (0,052) n=30	$r=-0,140$ p (0,459) n=30	POL
							$r=1$ n=30	$r=-0,198$ p (0,295) n=30	DG
								$r=1$ n=30	NX

¹C18:2 n-6/C16:0 (cociente ácido linoleico/ácido palmítico),
 II (índice de yodo), K232, K270, K280 (extinción específica a la longitud de onda), IAN (índice de p-anisidina), POL (% polímeros), DG (% diacilgliceroles), NX (contenido en hidropéroxidos lipídicos medidos mediante el método del naranja de xilenol).

² r, coeficiente de correlación de Pearson
 p (grado de significación)
 n, número de muestras
 * p ≤ 0,05; ** p ≤ 0,01

CONCLUSIONES ESTUDIO DE MUESTRA SEMANAL EN 6 EMPRESAS

- La principal diferencia respecto al comportamiento en el estudio anterior (diario en 3 empresas), es la casi total falta de correlación entre I_n. Acidez y el resto de parámetros. Ello puede ser debido a que ahora existe mayor diversidad de composición entre aceites y entre condiciones de trabajo. Ello permite concluir la debilidad de la acidez como parámetro de control, excepto cuando se comparen resultados obtenidos con aceites y sistemas similares.
- Por el contrario, la correlación entre índices de oxidación sigue siendo bueno en general, también para este segundo estudio, confirmando que son más robustos en su aplicación a diferentes medios y con diversas condiciones de fritura.
- Se observa una elevada correlación entre %DG y la mayoría de parámetros. Ello se explica porque la oleína de palma fresca contiene %DG significativamente mayores, a la vez que es más saturada y, por ello, menos oxidable que los otros aceites ensayados (girasol y soja).
- En los productos fritos, se confirma lo observado en el estudio anterior, que indica la existencia de excelentes correlaciones entre todos los parámetros de oxidación ², incluidos los polímeros. El valor de peróxidos no ofrece por el contrario buena correlación (igual que en el estudio anterior), lo que es explicable por ser productos recién elaborados, cuyos valores son bajos.

CONCLUSIONES GENERALES (1)

- Se ha podido establecer cómo la naturaleza del aceite utilizado, así como las características y condiciones del sistema de fritura afectan de forma significativa el comportamiento de los parámetros analíticos de control.
- El In. Acidez, muy utilizado en control de rutina, es un parámetro analítico que debe utilizarse con precaución como valor de referencia. Sólo es recomendable cuando se trabaja siempre con condiciones y medios de fritura muy poco variables. **En aceites más insaturados, el In. Acidez se correlaciona escasamente con las medidas de oxidación y la Cte Dieléctrica.**
- Por el contrario, diferentes parámetros de oxidación ofrecen una mayor robustez y permiten su aplicación con menos dependencia del medio de fritura y las condiciones del sistema utilizado: **K232, K270, K280, p-An, %polímeros**. Estos mismos parámetros son los más recomendables para el control en producto frito. **El valor de peróxidos no es buen parámetro de control en muestras de aceites ni en el producto recién frito.**

CONCLUSIONES GENERALES (2)

- La **Cte Dieléctrica**, aplicando un procedimiento estrictamente normalizado, ofrece así mismo un valor de referencia, bien correlacionado con los parámetros de oxidación antes citados.
- En cualquier caso, debemos tener en cuenta que no se han encontrado valores importantes de alteración y que, como muestran diversos estudios, en procesos que utilicen aceites de fritura más degradados, los resultados de la aplicación de estos parámetros analíticos puede dar resultados muy diferentes.