



ACEITES DE FRITURA

Artículo aparecido en la revista ALIMENTACIÓN, EQUIPOS Y TECNOLOGÍA, Abril y Mayo 1993

1.- INTRODUCCIÓN

La fritura es un proceso culinario, con más parte de arte que de ciencia, que los técnicos en alimentación intentamos racionalizar a base de montar modelos ideales e intentar comprenderlos aplicando nociones de física, química e ingeniería lo cual conlleva, generalmente, a resultados dramáticos [31].

Conseguir que los alimentos precocinados fritos o prefritos queden con la textura y color apropiados, que absorban la cantidad adecuada de aceite, que dicho aceite se mantenga dentro de unos límites de calidad organoléptica y sanitaria y que, además, el proceso de fritura sea lo más rentable posible, es un verdadero reto para el técnico de una empresa.

Con este trabajo queremos presentar un planteamiento de la técnica de fritura, eminentemente práctico, basado en nuestra propia experiencia en la industria de platos precocinados congelados, y complementado con las observaciones de otros autores.

2.- ACEITE/GRASA

Los términos ACEITE o GRASA son tan sólo un matiz referente al punto de fusión del producto lipídico que utilizamos para freír, denominándose "aceite" al producto graso líquido a temperatura ambiente y "grasa" al producto graso sólido a temperatura ambiente. Debido a la ambigüedad que representa la variable "temperatura ambiente" nos podemos encontrar con una misma sustancia que sea "aceite" en un país tropical y "grasa" en un país nórdico.

2.1) Características físico-químicas de las grasas o aceites.

Una grasa, de forma muy esquemática, está formada por TRIGLICÉRIDOS (TG), es decir una molécula de GLICEROL (G) esterificada con tres ÁCIDOS GRASOS (AG). El mayor o menor punto de fusión de la grasa viene determinado por una serie de características de estos ácidos grasos:

- **Grado de saturación:** Presencia o no de dobles enlaces, menos estables que los enlaces simples. Al ácido graso con dobles enlaces se le denomina "ácido graso insaturado" y al que no tiene ningún doble enlace "ácido graso saturado". A mayor número de ácidos grasos con dobles enlaces (insaturados), menor punto de fusión de la grasa y mayor facilidad de alteración de la misma, puesto que los hidrógenos (H) cercanos a los dobles enlaces tienen más tendencia a reaccionar químicamente que los hidrógenos de enlaces saturados.
- **Longitud de la cadena:** número de átomos de carbono que componen la cadena del ácido graso (normalmente es un número par). A mayor número de ácidos grasos de cadena corta, menor punto de fusión de la grasa.

En este trabajo hablaremos de "aceite" atendiendo al estado líquido del producto lipídico durante el proceso de fritura.

2.2) Función del aceite.

La función del aceite en la fritura es doble. Por un lado actúa como medio transmisor de calor y, por otro, llega a ser un ingrediente del producto frito al ser absorbido por el mismo. Esta última función tiene especial interés ya que la estabilidad del aceite y su grado de alteración influirán directamente en la duración del producto frito. También hay que considerar que el aceite puede llegar a ser uno de los ingredientes más caros del producto final, por ejemplo en preparados a base de harina, patata, pan rallado o algunos vegetales.

2.3) Alteración del aceite.

Todos los procesos químicos y enzimáticos se aceleran al aumentar la temperatura. Se acepta que, dentro de unos límites, la velocidad de las reacciones se dobla al aumentar 10°C la temperatura. Por este motivo es fácil comprender que una grasa calentada tiende a degradarse bastante rápidamente, en especial si en ella hay sustancias o residuos que actúan como catalizadores o potenciadores de la alteración.

Los principales cambios químicos que se observan en los aceites calentados son:

- 2.3.1) Hidrólisis:

Los triglicéridos del aceite en contacto con humedad o agua (proveniente del producto a freír o no), se descomponen en diglicéridos (DG) y monoglicéridos (MG) liberando una o dos cadenas de ácidos grasos. Los triglicéridos con ácidos grasos de cadenas cortas son más sensibles que los que presentan ácidos grasos de cadena larga. Durante el proceso de fritura, a temperaturas de 180-190°C, el proceso de hidrólisis tiene poca importancia puesto que la humedad se elimina en forma de vapor, aunque algunos autores describen contenidos de agua del 0,5-1,5 % incluso a esas temperaturas [31]. Las mayores alteraciones ocurren si existe humedad en el momento de calentar o enfriar el aceite (<100°C) y durante el almacenamiento del mismo, puesto que el agua no se evapora.

El resultado de la hidrólisis es la aparición de ácidos grasos libres, que aumentan la acidez del aceite, y en menor cantidad la formación de metilcetonas y lactonas [24] que pueden producir aromas desagradables).

La aparición de ácidos grasos libres provoca una mayor tendencia a la formación de humo. Los ácidos grasos de cadena media o corta.

- 2.3.2) Autooxidación:

La autooxidación es un proceso oxidativo no enzimático, el más frecuente en los procesos de fritura, caracterizado por la oxidación de los ácidos grasos en presencia del oxígeno del aire, dando lugar a compuestos intermedios inestables denominados Hidroperóxidos o Peróxidos que darán lugar a la formación de unos Radicales libres [24] [25]. Este proceso se ve favorecido y potenciado por la incidencia de luz, que actúa como catalizador y por la presencia de sustancias fotosensibles, como la riboflavina y la eritrosina, en el medio [24]. Los ácidos grasos insaturados son más sensibles a la oxidación que los saturados.

Las grasas que han sufrido un proceso de oxidación tienden a oscurecerse, aumentar la viscosidad, incrementar la formación de espuma y desarrollar gustos y olores anómalos.

Al tratarse de una reacción en cadena, es fácil comprender que, la extendida práctica de desechar el 50% de un aceite de fritura en punto de descarte y sustituirlo por aceite nuevo con el fin de alargar la vida del primero, no sólo no es beneficioso sino que acelera la alteración del aceite nuevo incorporado.

En este proceso se distinguen tres fases [24]:

Fase de iniciación o inducción:

En esta fase se forma el radical libre (R*), ya sea a partir de un hidroperóxido (ROOH) y favorecido por la alta temperatura y la luz, o a partir de un ácido graso (RH) por encontrarse en el medio metales con facilidad para variar de valencia.

Fase de propagación o continuación: Los radicales libres formados en la fase anterior, dada su gran reactividad, reaccionan con el oxígeno o con otras cadenas de ácidos grasos, provocando de esta forma una reacción en cadena.

Fase de terminación o finalización:

Cuando dos radicales libres se encuentran pueden reaccionar entre sí, dando lugar a un compuesto nuevo, generalmente del tipo aldehído o cetona.

Durante el proceso de autooxidación van apareciendo cambios organolépticos (alteración del sabor, palatabilidad, oscurecimiento), físicos (aumento de la viscosidad) y químicos (formación de polímeros, compuestos volátiles) [23] [24].

- 2.3.3) Polimerización:

Los radicales libres tienden a combinarse entre ellos o con otros ácidos grasos y forman compuestos lineales, más o menos largos y ramificados, o compuestos cíclicos, especialmente en caso de que existan dobles enlaces.

Estos polímeros, al ser de mayor tamaño y peso molecular, tienden a aumentar la viscosidad del aceite lo que por un lado favorece la formación de espuma y, por lo tanto la oxidación, y por otro producen un arrastre mayor de aceite por parte del producto frito debido a que gotea con más dificultad. Los polímeros forman en la superficie del aceite y en los laterales de la freidora una capa muy adherente y difícil de eliminar de consistencia plástica [25].

Desde el punto de vista nutricional parece ser que los polímeros de alto peso molecular son indigeribles, por lo que tienen poca importancia respecto a la nutrición y salud; pero los compuestos más cortos, monómeros y dímeros, sí que son absorbidos por la pared intestinal, repercutiendo en la salud del consumidor [30]. Muchas de estas sustancias están reconocidas como tóxicas o potencialmente cancerígenas [37] [34], como el caso del benzopireno producido por ciclación del colesterol.

2.4) Elección del medio de fritura.

La elección más adecuada del tipo de aceite/grasa debe hacerse teniendo en cuenta distintos puntos de vista:

- **a) Comercial:** por lo que respecta al precio, a la disponibilidad y a la distribución.
- **b) "Marketing":** el punto de fusión del aceite/grasa tiene una gran importancia organoléptica puesto que determina la apariencia (vista y tacto) de la superficie aceitosa o no del producto y la palatabilidad de la grasa dependiendo de la temperatura a que se consuma el producto, ya que por debajo del punto de fusión de la grasa produce una sensación desagradable al paladar. En estos casos se debería cambiar el tipo de grasa por otra de punto de fusión más bajo o por un aceite.
- **c) Técnico:** especialmente en relación a su estabilidad frente al calentamiento y almacenamiento, y a las posibilidades reales para utilizarlos, que dependen de la infraestructura de la empresa. Hay que tener en cuenta que las grasas solidifican en los depósitos de almacenamiento, por lo tanto, no se deberán utilizar a menos que el depósito esté acondicionado con una doble camisa o resistencia para poder fundirla.

Las posibilidades de elección de medios de fritura, a grandes rasgos, son:

- aceites o grasas vegetales.
- grasas o sebos animales.
- grasas o sebos animales modificados por hidrogenación o interesterificación a fin de obtener productos más similares a los vegetales ("shortenings") [21] [26].
- aceites vegetales hidrogenados, total o parcialmente, como el de soja tratado.
- mezclas de distintas fracciones de aceites y grasas vegetales.
- actualmente se trabaja en la búsqueda de nuevas fuentes de aceite, a nivel de explotación de nuevas especies o de manipulación genética para variar su proporción de ácidos grasos. [36]

3.- FREIDORA

Tan importante como la grasa es la freidora, tanto a nivel de diseño como de limpieza y mantenimiento. Antes de comprar e instalar una freidora industrial, vale la pena perder unos minutos en considerar qué características debe reunir nuestro aparato, para ser comentadas con el fabricante y poder realizar modificaciones o ajustes en caso necesario.

3.1) Características de la freidora.

Lo primero a tener en cuenta es la capacidad de producción de la línea de fritura. El tamaño/volumen de la freidora debe estar en concordancia con la producción esperada [8]. De la misma forma que es absurdo instalar una freidora pequeña en líneas de producción elevada, puesto que será un "cuello de botella" que nos frenará todo el proceso de producción, es igualmente desaconsejable instalar una freidora de gran capacidad para líneas de producción escasa, lo cual conllevará a un gasto suplementario de aceite y a su mayor deterioro por existir poca renovación y tener que soportar paros y tiempos de espera inútiles que irán recalentando el aceite.

Una vez conocida la capacidad de producción esperada hay que intentar optimizar el volumen mínimo necesario de aceite para dicha producción, es decir, cuanto menos aceite utilicemos para llevar a cabo la fritura, menos aceite estará soportando condiciones de temperatura adversa. Por otro lado la proporción de aceite arrastrado por el producto, respecto al total de la freidora es mayor, por lo que deberemos reponer aceite nuevo más frecuentemente para mantener el nivel (grado de renovación o "turn-over") y, como consecuencia, que el aceite de la freidora se mantendrá en condiciones aceptables y tardarán más tiempo en alterarse los valores físico-químicos que obligarán a su descarte [8] [7].

El diseño del aparato ha de tener en cuenta que se deben eliminar todas las zonas o esquinas muertas que dificulten la

renovación del aceite.

No deben existir trazas de metales en el aceite, provenientes del equipo, puesto que actuarán como catalizadores acelerando todas las reacciones de degradación. Toda la construcción debe realizarse en acero inoxidable, no utilizando galvanizados, aleaciones o cobre, incluso en zonas externas como grifos, cierres, bombas o depósitos.

A fin de evitar en lo posible el proceso de oxidación se debe procurar que la superficie de contacto aceite/aire sea lo menor posible y que no esté en contacto con la luz.

La freidora debe estar cubierta por una tapa que evitará que la luz incida sobre el aceite y permitirá instalar un sistema de extracción de humos que recogerá y canalizará el vapor, las sustancias volátiles y las pequeñas gotitas de aceite arrastradas. Se debe poner especial interés en que los condensados de estos humos no goteen dentro de la freidora puesto que acelerarán el proceso de descomposición del aceite. Una aspiración demasiado intensa puede producir un enfriamiento del aceite y para poder compensarlo se requerirá aumentar la temperatura de calentamiento, con el consabido perjuicio en la estabilidad y la economía.

El sistema de calentamiento del aceite es crítico en vistas a incrementar su rendimiento. Debemos trabajar a la mínima temperatura posible (usualmente 175-185°C) y sin variaciones bruscas [8]. Para ello se debe disponer de un buen termostato y verificarlo periódicamente. Las diferencias de temperatura entre la zona de calentamiento y el aceite de la freidora deben ser leves. Ubicar la fuente de calor muy apartada de la freidora implica tener que elevar mucho la temperatura en ese punto para compensar las pérdidas ocasionadas por el recorrido.

Poco frecuente, pero de suma importancia, es disponer de un intercambiador para enfriar el aceite antes del almacenamiento. Durante el largo tiempo de enfriado del aceite en los depósitos, las reacciones de hidrólisis, oxidación y polimerización continúan. Si conseguimos bajar la temperatura hasta la temperatura ambiente en un corto espacio de tiempo, conseguiremos alargar la vida del aceite de forma considerable. Esto no es tan práctico si trabajamos con grasa en vez de aceite, puesto que si no controlamos bien la temperatura de enfriado, la grasa puede solidificarse dentro del intercambiador.

La velocidad de la cinta de la freidora debe ser variable, con el fin de ajustar la mejor relación tiempo/temperatura de fritura para que el producto salga con el color y cocción requeridos utilizando la menor temperatura posible. Las variables tiempo/temperatura normalmente están condicionadas por las necesidades de producción.

La longitud de la cinta estará en función de su velocidad, del tiempo de permanencia del producto en la freidora y de la temperatura pero, sobre todo, del espacio disponible en la sala. Con el fin de alargar la longitud de la cinta pero no la de la freidora se pueden instalar cintas en zig-zag más o menos pronunciado que multiplicarán el espacio disponible.

El último punto a tener en cuenta a la hora de diseñar una freidora que cumpla con todos los requisitos imprescindibles para racionalizar el proceso de fritura es su facilidad de limpieza. Las partículas de rebozado o producto que se van requemando y carbonizando en el aceite forman sustancias que aceleran la degradación del mismo, oscureciéndolo y alterando el aspecto final del producto frito que puede incluso presentar un gusto amargo [32]. Para evitar este proceso se debe disponer de un filtro que las retire, ya sea en la misma freidora o cerca del intercambiador de calor, pero siempre en sistemas cerrados [32] que no estén en contacto con el aire para no favorecer la oxidación. No deben existir mallas o resistencias en el fondo de la freidora que impidan la correcta limpieza y retirada de estas sustancias depositadas en el fondo. Por otra parte, debido a la oxidación-polimerización se forma una capa viscosa de aceite que se adhiere a las paredes de la freidora y que es necesario retirar por las mismas razones expuestas para las partículas.

3.2) Tipos de freidoras:

- 3.2.1) Discontinuas:

Utilizadas en los hogares o en hostelería, restauración y catering (HORECA) y muy poco en la industria. La fritura se realiza por lotes o "batch" es decir, se introduce una cantidad adecuada de alimento en la cesta y se fríe, no introduciendo más producto hasta que no se retira el primero. Actualmente algunas cadenas de comidas rápidas ("fast-food") utilizan freidoras a presión para conseguir un acabado característico en sus productos (usualmente pollo).

a) Doméstica: Es la más sencilla de todas. Consta de un recipiente con una resistencia para calentar el aceite y un cestillo para colocar el producto. Suelen tener una capacidad de 3 a 5 litros.

b) Con cámara de agua: Es como la doméstica pero por debajo del nivel de aceite tiene una cámara de agua.

Las partículas de producto o rebozado tienden a depositarse en el fondo y es fácil eliminarlas mediante la válvula de salida de agua. Una vez frío el aceite se recupera el nivel de agua añadiéndola sobre el mismo ya que, debido a su diferente densidad, tienden a separarse. Tienen como inconveniente una mayor velocidad de hidrólisis del aceite, pero su efecto de alteración queda compensado por la facilidad de eliminación de las partículas quemadas. En movimientos bruscos del cestillo durante la fritura pueden mezclarse aceite y agua con las consabidas salpicaduras de aceite caliente. Se utilizan en HORECA, con capacidades de 5 a 25 litros.

c) Giratoria: El principio es el mismo que en la doméstica pero el cestillo es circular y está colocado inclinado respecto al plano horizontal y, al girar, el alimento tiene periodos de fritura alternados con otros fuera del aceite. Se utiliza en algunos productos con rebozados especiales.

d) Con calentamiento espiral: La resistencia forma una espiral alrededor de toda la cubeta, con lo que se consigue que el reparto de calor sobre el aceite sea más uniforme y menos agresivo, permitiendo un ligero incremento de su vida útil.

• 3.2.2) Continuas:

Son las utilizadas en las industrias de "snacks", precocinados, etc. Suelen ser alargadas y constan de un cuerpo, tapa, cintas, termostato y sistema de calentamiento que puede ser interno (sobre la misma freidora, con lo cual hay menos pérdida de energía) o externo, a cierta distancia. El volumen es muy variable, dependiendo de la capacidad de producción de la industria, oscilando los más usuales entre 300 y 1.000 litros.

a) El calentamiento directo por quemador, ya sea interno o externo, es agresivo para el aceite ya que la temperatura es muy alta y suele estar localizada en puntos muy concretos.

b) El calentamiento indirecto por resistencias no es tan agresivo si se tiene en cuenta instalar una gran superficie de resistencia que permita disminuir la temperatura de la misma. Lo que se tiende a buscar es la menor Potencia por unidad de Superficie (disminuir los Watts/cm²).

c) El calentamiento por medio de un fluido térmico es el más suave para el aceite de la freidora, ya que el choque térmico más fuerte lo soporta el fluido intermedio que, posteriormente, lo transmitirá al aceite por medio de un intercambiador. Se debe tener en cuenta que, en ningún momento, ambos fluidos deben de estar en contacto.

3.3) Proceso de limpieza.

Ya se ha insistido suficiente en la importancia de mantener la freidora y los depósitos limpios, en primer lugar con los filtros adecuados y, posteriormente, con un vaciado total del aceite y una limpieza a fondo de todo el sistema, incluidas tuberías, válvulas y bombas. Para ello aconsejamos el siguiente proceso:

- Realizar una limpieza mecánica de los residuos del fondo y superficies laterales.
- Llenar la freidora con hidróxido sódico (NaOH) en solución 2N y calentar hasta temperaturas cercanas a la ebullición.
- Hacer circular la solución de hidróxido sódico caliente por todo el circuito.
- Vaciar.
- Enjuagar mediante mangueras a presión, llenando la freidora y haciendo circular el agua por todo el circuito.
- Neutralizar los restos de álcali con ácido cítrico al 2% y hacer recircular el mismo.
- Hacer enjuagados sucesivos hasta que las aguas de recogida tengan un pH neutro.
- Si es posible favorecer el secado por calentamiento.

4.- PROCESO DE FRITURA

4.1) El medio de fritura y el producto a freir.

No hay duda que una de las ventajas de la fritura frente a los demás procesos culinarios reside en el calentamiento rápido y uniforme del producto, siendo la rapidez un parámetro fundamental en las sociedades industrializadas actuales [14].

El aceite actúa como medio transmisor del calor. Las altas temperaturas empleadas (175-185°C.) "sellan" la superficie del producto evitando, en cierta manera, que se desprenda el vapor rápidamente, facilitando así la cocción del interior del producto y permitiendo que quede más jugoso. Al mismo tiempo, esta superficie sufre procesos de tostado,

caramelización o pardeamiento no enzimático (reacción de Maillard) apareciendo colores entre dorados y pardos que dan un aspecto agradable al producto. Estas mismas reacciones desarrollan sabores deseados en los productos fritos. La importancia del aceite en la obtención de un sabor adecuado en el producto es muy manifiesta. Por este motivo hay que tener muy en cuenta el utilizar aceites en buenas condiciones (no oxidados, rancios, etc...), relacionar sabores de algunos aceites/grasas (aceites de pescado, grasas animales...) con el producto que van a freír y, finalmente, recordar que existe un intercambio de sustancias liposolubles entre el producto y el aceite, que favorece, en ocasiones, la aparición de sustancias aromáticas en el aceite provenientes de frituras de productos anteriores y que pueden notarse en sucesivas frituras de productos muy distintos.

El alimento debe ser adecuado para ser sometido al proceso de fritura o, en caso contrario, se debe acondicionar para ello. En general su superficie estará lo más seca posible, puesto que una superficie muy húmeda favorecerá los procesos de hidrólisis y la formación de espuma, con la consiguiente aceleración de la oxidación. Por este motivo no se deben freír productos glaseados, que hayan sido descongelados y mantengan gran cantidad de agua en su superficie, o que la cantidad de agua que los forman esté en forma libre. Estos productos deben ser acondicionados por medio de enharinados y/o rebozados (empanados o tempuras).

4.2) Cambios en el producto.

Al introducir un alimento en un aceite caliente para freírlo ocurren una serie de procesos y reacciones que producen cambios importantes, tanto en el medio de fritura como en el producto que se va a freír. Estos cambios dependen de una serie de factores como son:

- El tipo, características y calidad del aceite.
- El tipo y características del alimento a freír.
- La temperatura y el tiempo de fritura.
- Las características del proceso de producción.

Los cambios que se producen en el alimento durante el proceso de fritura son:

- Mejora la textura: los productos se vuelven crujientes y más agradables por su textura y sonido al ser mordidos.
- Mejora la presentación: da a los alimentos un color dorado uniforme y brillante.
- Potencia y matiza sabores y aromas: debido al propio aceite o al desarrollo de nuevos compuestos después de someterse el alimento a las altas temperaturas.
- Varía el contenido en grasa del producto: en general los productos pierden humedad y ganan grasa; aunque alimentos muy ricos en grasa pueden perder parte de ésta durante el proceso de fritura.
- Se prolonga la conservación del producto debido a la destrucción de microorganismos y enzimas presentes en los alimentos.

4.3) Formas de fritura.

- **a) Superficial ("Shallow frying"):** realizada normalmente en sartenes o recipientes de poca profundidad y/o con bajo nivel de aceite, en donde el producto no está totalmente cubierto por el mismo. De esta forma, la parte sumergida se fría y la que sobresale del aceite se cuece debido al vapor interno que se va desprendiendo del mismo producto al calentarse.
- **b) Profunda ("Deep frying") :** realizada en freidoras, caseras e industriales, o en recipientes llenados a un nivel alto de aceite, en donde el producto está completamente sumergido y la fritura ocurre sobre toda la superficie uniformemente.

4.4) Variables del proceso.

El tiempo de permanencia del producto en la freidora para lograr un desarrollo del color adecuado, el asentamiento correcto de algunos rebozados y la obtención de la textura adecuada (coagulación de proteínas, gelificación de almidones, deshidratación parcial...) depende de la temperatura utilizada. Temperaturas altas aceleran el proceso de fritura, pero también el de descomposición del aceite. Temperaturas bajas desarrollan colores más claros, permiten una mayor absorción de aceite y enlentecen el proceso de producción. Por todo ello se deduce que encontrar una óptima relación tiempo/temperatura de fritura para cada producto y proceso ha de ser el objetivo primordial de todos los fabricantes.

Las características del proceso de fabricación han de diseñarse con el fin de obtener un buen producto, un buen aprovechamiento del aceite y una rentabilidad adecuada de la línea de producción. Para ello hay que definir las

condiciones óptimas del proceso:

- **a) Grado de renovación (GR) o "turn-over"**: es la proporción de aceite que se debe reponer para compensar las pérdidas producidas por arrastre/absorción de aceite por parte del producto.

$$\% \text{ GR} = \frac{\text{Aceite añadido por hora}}{\text{Capacidad de la freidora}} \times 100$$

Normalmente se acepta como grado de renovación correcto el superior al 10% [7]. Se puede incrementar el grado de renovación aumentando la producción, disminuyendo la capacidad de la freidora o intercalando productos de alta absorción de aceite con aquellos que la tienen más baja.

- **b) Nivel de producción**: El nivel de producción por hora debe de ser lo más alto posible con el fin de aumentar el grado de renovación del aceite y disminuir el tiempo en que éste se encuentra sometido a altas temperaturas. Por ello es mejor realizar producciones máximas en períodos cortos que mantener la freidora en funcionamiento durante períodos largos a producción baja.

5.- CONTROL ANALÍTICO DEL PROCESO DE FRITURA

Aunque Matz [21] y Blumenthal [23] consideran que un aceite nuevo no es tan buen agente de fritura como uno ligeramente alterado que presente una mayor viscosidad, mayor tensoactividad y una acidez libre cercana al 0,5-1 %, no por ello hemos de creer que, cuanto más alterado esté un aceite, mejor freirá.

Blumenthal [31] afirma que el aceite pasa por 5 fases a lo largo de su periodo de utilización en cuanto a calidad del producto frito se refiere.

- **Fase 1ª (aceite inicial)**: En este punto el aceite es nuevo, no presenta productos de degradación ni contaminantes y, por lo tanto es poco viscoso y tiene poco poder surfactante. Estas dos características hacen que el contacto del producto con el aceite (mojabilidad) no sea total y por ello se disminuye la transmisión de calor y la absorción de aceite por parte del producto.
- **Fase 2ª (aceite fresco)**: Debido al inicio de los procesos de hidrólisis se han ido formando mono y diglicéridos que aumentan ligeramente el poder surfactante del aceite. Analíticamente empieza a aumentar la acidez debido a los ácidos grasos liberados.
- **Fase 3ª (aceite óptimo)**: La cantidad de sustancias emulsionantes es la adecuada para un correcto contacto aceite/producto. La transmisión de calor será correcta y la absorción de aceite la apropiada. Como contrapartida se empieza a formar espuma que favorecerá la oxidación.
- **Fase 4ª (aceite degradado)**: Aparecen sustancias contaminantes, los niveles de hidrólisis y oxidación son elevados. El producto absorbe un exceso de aceite y hay un exceso de cocción de la zona externa del producto.
- **Fase 5ª (aceite descartado)**: Se agravan los problemas de la fase anterior. Aparecen sabores y olores anómalos y disminuye mucho el punto de humos, produciendo atmósferas irritantes en la sala de fritura. Se va alcanzando el punto de ignición ("flash point") del aceite, con el peligro que ello conlleva [41].

Conociendo esta dinámica del proceso el técnico debe procurar entregar un producto frito o prefrito con unas buenas características organolépticas, sin un exceso de aceite absorbido y el mínimo de productos de descomposición [32].

5.1) Control analítico.

Los criterios propuestos para establecer el punto de descarte del aceite son múltiples y variados [33], dependiendo de los autores, el tipo de aceite, los diferentes procesos, las diversas técnicas analíticas y las más variadas legislaciones. A continuación se enumera algunas técnicas, con la norma correspondiente, a tener en cuenta a la hora de valorar el estado de un aceite.

Para laboratorios no especializados:

Índice de refracción	UNE 55.015
Grado de acidez	UNE 55.011
Índice de peróxidos	UNE 55.023
Índice yodo	UNE 55.013

Pto humos	
Color: Método A.B.T.	UNE 55.021
Color: Escala Gardner	
Para laboratorios especializados:	
Compuestos polares	IUPAC-AOAC (BOE 31-1-89)
Color	Sistema Lovibond
Estabilidad	Sistema Rancimat
% de ácidos grasos por cromatografía gaseosa	
Constante dieléctrica	Sistema F.O.S. [33] [37]

Algunos autores han intentado definir parámetros válidos para establecer el punto de descarte, como por ejemplo la relación entre la cantidad de polímeros y la constante dieléctrica [5] [37]; la relación entre compuestos polares, acidez libre y constante dieléctrica [17]; la acidez libre por sí sola [6] [7], la medición de los compuestos polares [16] y la combinación del color y la acidez libre [32] entre otros.

La legislación española, en su Orden del 26 de enero de 1989 por la que se aprueba la Norma de Calidad para los Aceites y Grasas Calentadas [15], establece que el parámetro a tener en cuenta es el porcentaje de los compuestos polares obtenidos por cromatografía en columna de silicagel, y que debe ser inferior a 25% [35]. Al tratarse de una técnica de cierta complejidad, algunas empresas han sacado al mercado español "kits" rápidos y sencillos de realizar [35] basados en la prueba colorimétrica de Perevalov modificada [9]. Antes de darlos como válidos para la determinación de compuestos polares, aconsejamos que sean cotejados con la prueba oficial descrita en el B.O.E., puesto que en ocasiones hemos advertido diferencias notables en los resultados entre ambas técnicas. Esto puede ser debido a falsos positivos producidos por sustancias, en especial colorantes, provenientes del alimento frito [3]. Otros tests rápidos disponibles en EE.UU. son [33] [37]:

- *RAU-test o Oxifrit-Test* para los compuestos oxidados
- *FRITEST* para los compuestos carbonilos
- *SPOT-test* para los ácidos grasos libres
- *FFA-TS* para los ácidos grasos libres
- *ACM (Alkaline Contaminant Materials) Quick test* para compuestos alcalinos como jabones.

Teniendo en cuenta que la mayoría de empresas de platos precocinados no disponen de laboratorio especializado en análisis de aceites, aconsejamos desde un punto de vista práctico combinar al menos tres pruebas sencillas para establecer el punto de descarte del aceite.

6.- ADITIVOS PARA ACEITES DE FRITURA

Con el fin de mantener en las mejores condiciones posibles los aceites empleados para freír, se han empleado distintas sustancias normalmente clasificadas como aditivos. El interés de estas sustancias estriba en que con su uso se obtiene un producto de mejor calidad organoléptica y, al mismo tiempo, se alarga el tiempo de utilización del aceite, con un importante beneficio económico.

6.1) Tipos de aditivos.

Desde antiguo se sabe que hay sustancias, como el humo, que impiden la oxidación de los productos grasos, en especial los cárnicos. Más tarde se descubrió que esta propiedad del humo era debida a la existencia de ciertos compuestos fenólicos. Actualmente existen muchos compuestos, naturales o sintéticos, con propiedades antioxidantes que, por sus características, tienen mayor o menor aplicación en los distintos productos grasos en función de su origen, uso y proceso al que se verán sometidos.

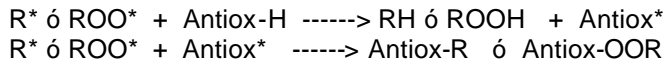
Para evitar la autooxidación del aceite hay que disminuir la incidencia de todos los factores que la favorecen: [24]

- Mantener al mínimo los niveles de energía desencadenante del proceso de formación de radicales (temperatura y luz) tanto en el proceso como en el almacenamiento.

- Evitar la presencia de trazas de metales en el aceite, tanto a nivel de materia prima como de equipo, teniendo especial cuidado en construir todo el equipo en acero inoxidable.

- Disminuir la acción del oxígeno por medio de tapas en la freidora y evitando "espacios de cabeza" en los depósitos.
- Bloquear la formación de radicales libres por medio de antioxidantes, que en pequeñas cantidades, interfieren con los procesos normales de oxidación en aceites y grasas, de tal forma que retrasan el tiempo de oxidación.

La mayoría de los antioxidantes contienen estructuras tipo fenol que actúan a un doble nivel: transfiriendo un átomo de H al radical hidroperóxido y actuando a su vez como aceptores de los radicales libres formados en la primera fase de la autooxidación, deteniéndola a este nivel. Los antioxidantes con función radical libre son estables al ataque por oxígeno, por lo que ellos mismos no pueden actuar como propagadores de la autooxidación [27].



Las estructuras fenólicas que han bloqueado un radical libre no se regeneran, por lo que el antioxidante se va gastando a medida que actúa. Por otro lado hay que destacar que los antioxidantes no revierten los procesos de oxidación, sino que evitan su propagación, por este motivo es inútil utilizar antioxidantes cuando el proceso de oxidación ya está avanzado. La utilización de antioxidantes en los procesos de fritura tiene, como gran inconveniente, la poca estabilidad de la mayoría de ellos frente a las altas temperaturas [39].

Las sustancias empleadas como aditivos para retardar la oxidación de las grasas/aceites son:

- **6.1.1) Agentes antioxidantes**

- a) Tocoferoles (Vitamina E):

Presentes de forma natural en la mayoría de aceites vegetales y en algunos de pescado. Actualmente fabricados por síntesis. Se distinguen 4 tipos (alfa, beta, gamma, delta) según la localización de los grupos metilos en el anillo (posiciones X, Y, Z).

Mientras que su potencia biológica como vitamina E decrece según la secuencia alfa, beta, gamma, delta [20] su actividad como antioxidante aumenta. Su poca estabilidad a temperaturas de fritura y su elevada relación peso/dosis limitan su uso en estos procesos.

- b) Ésteres del ácido gálico (galatos) :

Los galatos son compuestos de origen sintético. Presentan la característica de ser a la vez solubles en agua, lo que conlleva a una pérdida de actividad antioxidante, debida a la migración, en aquellos productos formados por una fase acuosa y otra grasa [27]. Los ésteres altos, como el galato de octilo (8 carbonos) o de dodecilo (12 carbonos) son más solubles en grasas que los bajos, como el galato de propilo (3 carbonos).

Se utiliza como antioxidante de grasas vegetales y animales, normalmente asociado al Butil-hidroxianisol (BHA) por presentar sinergia [39]. Es poco resistente a las altas temperaturas, por lo que no se emplea en aceites de fritura.

La presencia hierro (Fe⁺⁺) en el producto graso produce compuestos coloreados oscuros que ennegrecen el medio []. Para evitar este fenómeno se deben asociar a sustancias quelantes de metales.

- c) Butil-hidroxianisol (BHA):

El BHA es un antioxidante sintético utilizado en grasas animales y vegetales. Presenta un efecto sinérgico al asociarse con galatos y con Butil-hidroxitolueno (BHT).

Se utilizado en frituras aunque a esas temperaturas parte se volatiliza. Al permanecer de forma activa en el producto frito mantiene en él su poder antioxidante [27].

Su utilización en dosis excesivamente altas puede producir olores fenólicos.

- d) Butil-hidroxitolueno (BHT) :

El BHT es un antioxidante sintético más utilizado en grasas animales que en vegetales. Sólo presenta sinergias con el BHA.

La asociación BHA-BHT se utiliza en aceites de fritura, aunque el BHT es más volátil que el BHA; por este motivo su presencia en los alimentos fritos es menor.

○ e) Terc-butil-hidroquinona (TBHQ) :

El TBHQ es un antioxidante sintético mayormente utilizado en aceites vegetales.

Su mayor estabilidad a las altas temperaturas y la menor volatilización [29] hacen de él un antioxidante para aceites de fritura más adecuado que la asociación BHA-BHT.

Actualmente se usa en EE.UU., pero no está contemplado en las listas positivas de la C.E.E.

○ f) Guayaco (*Guaiacum officinalis*) :

Es un antioxidante natural obtenido de la resina con un alto nivel en compuestos fenólicos [29]. Poco eficaz en grasas vegetales y algo más en animales.

Presenta problemas de utilización por ser poco liposoluble y requerir altas dosis [28] que pueden provocar alteraciones de coloración y aroma en el producto.

Algo utilizada en EE.UU pero no permitida en la C.E.E.

○ g) Ácido norhidroguayarético (NDGA) :

Antioxidante natural obtenido a partir de la creosota o de la planta desértica cigofilácea *Larrea divaricata* del norte de Méjico, llamada gobernadora.

Al ser algo tóxico se utiliza más en los envases y embalajes que en los mismos alimentos [29]. Además presenta el inconveniente de ser muy caro y no estar aprobado por la C.E.E.

○ h) Otras sustancias vegetales naturales:

Son productos obtenidos del romero, té, salvia, clavo, pimienta y muchas otras especias, considerandose extractos vegetales en vez de aditivos.

Muchos de ellos basan su actividad antioxidante en su alto contenido en polifenoles. Actualmente se están todavía estudiando pero se van aplicando cada vez más a diferentes campos de la alimentación [23].

Hay opiniones contradictorias respecto a su utilidad como agente antioxidante para aceites de frituras.

• **6.1.2) Sinérgicos antioxidantes**

Su acción se debe a la quelación de metales prooxidantes existentes en el medio. Los más utilizados son el ácido cítrico y sus sales, el ácido fosfórico y sus sales y el ácido etilen-diamino-tetra-acético (EDTA).

Otros productos sinérgicos antioxidantes que no actúan como quelantes de metales sino como agentes reductores son el ácido ascórbico y sus sales y los sulfitos, que no se usan en aceites de fritura.

• **6.1.3) Antiespumantes**

Las siliconas, concretamente el dimetilpolisiloxano, se ha utilizado en EE.UU., a dosis de 5-10 ppm [38], con el fin de disminuir la formación de espuma en la superficie del aceite, reduciendo consecuentemente el contacto con el oxígeno [26]. Al quedar en forma de monocapa en la superficie del aceite son arrastradas en cantidad importante por los alimentos, quedando niveles importantes de siliconas en los mismos.

BIBLIOGRAFIA

- (3) BLUMENTHAL, M.M. (1988) Rapid test for the deterioration of frying oil. 79 AOCS Annual Meeting Phoenix (Arizona).
- (5) WU, P.; NAWAR, W.W. (1986) Technique for monitoring the quality of used frying oils. JAOCS 63 (10)
- (6) DOBARGANES, M.C.; PÉREZ-CAMINO, M.C. (1988) Fatty acid composition: a useful tool for the determination of alteration level in heated fats. Rev.Franç.Corps Gras 35 (2)
- (7) PÉREZ-CAMINO, M.C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G.; DOBARGANES, M.C. (1987) Alteración de grasas usadas en fritura. I . Comportamiento de aceites de oliva y girasol en freidoras domésticas. Grasas y Aceites 38 (5)
- (8) PÉREZ-CAMINO, M.C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G.; DOBARGANES, M.C. (1988) Alteración de grasas usadas en fritura. II . Variables que influyen en el proceso en continuo y análisis real en freidoras industriales. Grasas y Aceites 39 (1)
- (9) PÉREZ-CAMINO, M.C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G.; DOBARGANES, M.C. (1988) Alteración de grasas usadas en fritura. III . Correlación entre índices analíticos y métodos de evaluación directa de compuestos de degradación. Grasas y Aceites 39 (2)
- (14) ORTHOEFER, F.T. (1987) Oil use in the food service industry. JAOCS 64 (6)
- (15) B.O.E. (1989) Orden de 26 de enero de 1989 por la que se aprueba la Norma de Calidad para los Aceites y Grasas Calentados. B.O.E. 26 (31/01/89)
- (16) BLUMENTHAL, M.M. (1988) Frying research provides new perspectives. The Hornblower (Institute of Food Technologists) April-May 1988
- (17) SMITH, L.M.; CLIFFORD, A.J.; HAMBLIN, C.L.; CREVELING, R.K. (1986) Changes in physical and chemical properties of shortenings used for commercial deep- fat frying. JAOCS 63 (8)
- (19) Batters and Breadings in food processing (1990) Karel Kulp and Robert Loewe, ed. Minnesota.
- (20) HÄHNLEIN, N. (1988) Vitamins. Applications in food technology. Food Marketing & Technol. Sept-88
- (21) MATZ, S.A. (1976) Snack food technology. The AVI Publishing Company, Inc. Westport (Connecticut).
- (23) Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias alimentarias. 1988 MULTON, J.L. Ed.Acribia. Zaragoza.
- (24) HAMILTON, R.J. The chemistry of rancidity in foods. En: Rancidity in Foods 2ªEd. (1989) Editor J.C.Allen and R.J.Hamilton. Elsevier Applied Science. London.
- (25) SONNTAG, N.O.V. Reactions of fats and fatty acids. En: Bayley's industrial oil and fat products Vol.1 (1982) Editor D. Swern, John Wiley and Sons, Inc. New York.
- (26) CHRYSAM, M.M. Table spreads and shortenings. En: Bayley's industrial oil and fat products Vol.3 (1985) Editor T.H.Applewhite, John Wiley and Sons, Inc. New York.
- (27) WONG, D.W.S. (1989) Lipids En: Mechanism and theory in food chemistry Ed: Van Nostrand Reinhold. New York.
- (28) MORENO, F.; DE LA TORRE, M.C. (1983) Antioxidantes En: Lecciones de Bromatología 1 Ed: Universidad de Barcelona, Facultad de Farmacia. Barcelona.
- (29) BADUI, S. (1988) Diccionario de tecnología de los alimentos Ed: Alhambra Mexicana. México D.F.
- (30) HAGEMAN, G.; HERMAN, R.; HOOR, F.; KEINJANS, J. (1990) Mutagenicity of deep-frying fat, and evaluation of urine mutagenicity after consumption of fried potatoes. Food & Chemical Toxicology 28 (2)
- (31) BLUMENTHAL, M.M. (1991) A new look at the chemistry and physics of deep-fat frying. Food Technology 45 (2)
- (32) JACOBSON, G.A. (1991) Quality control in deep-fat frying operations. Food Technology 45 (2)
- (33) WHITE, P.J. (1991) Methods for measuring changes in deep-fat frying oils. Food Technology 45 (2)
- (34) CLARK, W.L.; SERBIA, G.W. (1991) Safety aspects of frying fats and oils. Food Technology 45 (2)
- (35) FIRESTONE, D.; STIER, R.F.; BLUMENTHAL, M.M. (1991) Regulation of frying fats and oils. Food Technology 45 (2)
- (36) CARR, R.A. (1991) Development of deep-fat frying fats. Food Technology 45 (2)
- (37) ZHANG, W.B.; ADDIS, P.B. (1990) Prediction of levels of cholesterol oxides in heated tallow by dielectric measurement. J.Food Sci. 55 (6)
- (38) HANDEL, A.P.; GUERRIERI, S.A. (1990) Evaluation of heated frying oils containing added fatty acids. J.Food Sci. 55 (5)
- (39) COPPEN, P.P. The use of antioxidants En: Rancidity in Foods 2ªEd (1989) Editor J.C.Allen and R.J.Hamilton. Elsevier Applied Science. London.
- (40) LOLIGER, J. Natural antioxidants En: Rancidity in Foods 2ªEd (1989) Editor J.C.Allen and R.J.Hamilton. Elsevier Applied Science. London.
- (41) FORMO, M.W. Physical properties of fats and fatty acids. En: Bayley's industrial oil and fat products Vol.1

(1982) Editor D. Swern. John Wiley and Sons, Inc. New York.