



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
**PIRHUA**

# ESTABILIDAD DEL ACEITE DE FRITURA DE CHIFLES

Jessica Paola Viera Guerrero

Piura, 22 de Junio de 2005

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ciencias de la Ingeniería



Esta obra está bajo una [licencia](#)  
[Creative Commons Atribución-](#)  
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



“Estabilidad del aceite de fritura de chifles”

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Industrial y de Sistemas

Jessica Paola Viera Guerrero

Asesor: Dr. Gastón Eduardo Cruz Alcedo  
Co-asesora: Mgtr. Fabiola Ubillús Albán

Piura, Junio 2005

A Dios y a la Virgen que están a mi lado en cada instante de mi vida.

A Alberto y Luz Elena, mis padres, que me han apoyado en todas mis decisiones, y a mi hija María Fernanda.

## PRÓLOGO

Las hojuelas (*chips*) de plátano verde fritos gozan de una gran popularidad, la que hoy en día crece cada vez más a nivel nacional e internacional. Su preparación es fácil y rápida, e inclusive se puede realizar de manera artesanal. En el departamento de Piura existen muchas personas que se dedican a la preparación de chifles de manera artesanal, siendo estos chifles de consumo inmediato, lo que permite solamente una comercialización local.

La empresa donde se realizó el estudio produce grandes cantidades de chifles al día, los que se comercializan a nivel local y nacional, en empaques flexibles impresos. Su deseo de ingresar al mercado internacional ha llevado a la empresa a la necesidad de aumentar el tiempo de vida de los chifles, porque el producto va a requerir de un mayor tiempo de transporte y las cantidades exportadas serán mayores para disminuir el costo de transporte.

La finalidad del estudio es incrementar el tiempo de vida de los chifles, para lo cual se realizó una evaluación minuciosa al proceso, con la finalidad de determinar cuáles son los factores que afectan la calidad y tiempo de vida de los chifles. También se realizó varias pruebas con antioxidantes, para ello se visitó a cada una de las empresas proveedoras, con la finalidad de recopilar toda la información técnica que nos permita la utilización correcta de los antioxidante en el proceso de elaboración de los chifles o productos similares.

Cuando se inició el estudio el rebanado de los plátanos se realizaba manualmente, con ayuda de un rebanador de madera con cuchillas de acero inoxidable. Paralelo al trabajo de investigación se realizó la implementación de una máquina rebanadora, la que facilitó el trabajo, ya que los operarios tenían que permanecer varias horas expuestos al calor que desprendía la cocina, además aumento la producción de 1 500 plátanos al día a 2 500 plátanos diarios. La implementación de esta máquina permite que el proceso pase de ser artesanal a ser un proceso semi-industrial. Con la rebanadora se logró mejorar el proceso, y al disminuir el tiempo de rebanado, el aceite estará menos tiempo expuesto a las condiciones de trabajo. También permitió un corte uniforme de la hojuela (forma y espesor de hojuela). La implementación de la rebanadora no forma parte de este estudio, por ese motivo sólo se realiza este corto comentario.

Quiero expresar mi gratitud a todos aquellos que por su estímulo y ayuda hicieron posible la culminación de este trabajo, de manera especial a la empresa en estudio y al Ingeniero Carlos Wiese López (Gerente de producción de UCISA S.A.) por su apoyo y dedicación, y a la Sra. María Isabel Alayza Carrera, cuya ayuda ha sido muy valiosa. Y a todas aquellas personas y entidades que se hicieron participe de este trabajo.

Mi agradecimiento también, a mis asesores de tesis la Ing. Fabiola Ubillús y al Dr. Gastón Cruz por su orientación y apoyo constante, y a la Universidad de Piura por estos años de valiosa formación profesional.

## **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo es conocer los factores del proceso que influyen en el tiempo de vida de los chifles, e incrementar dicho tiempo con ayuda de antioxidantes, con fines de comercialización.

Para conocer los factores del proceso que influyen en la duración de los chifles, se realizaron evaluaciones al aceite de fritura mediante análisis químicos de índice de peróxidos, acidez y color; y evaluación de los chifles calificando las características organoléptico de rancidez (olor), sabor, textura y color, según el ensayo realizado.

Se realizaron cambios en el proceso como: filtrado y recargas de aceite, tiempo de envasado de los chifles, material de envasado, etc. Esto permitió incrementar el tiempo de vida de los chifles de 5 semanas a 4,5 meses con aceite de soya + algodón.

Este tiempo de vida de los chifles se incrementa más cuando se utiliza antioxidante en el aceite de fritura (0,05 % del peso del aceite). Los chifles fritos con aceite de soya + algodón aumentan su durabilidad de 4,5 meses a 6,5 meses, y de los chifles fritos con aceite de palma de 5 meses a 8 meses.

Se propone un método alternativo al método de extracción Soxhlet, el cual consiste en realizar la extracción de aceite de los chifles sin que el aceite sufra alteraciones, es decir la extracción se realiza a temperatura ambiente. Los resultados de la comparación de los dos métodos son valores similares, e inclusive se obtienen mejores resultados con el método de extracción en frío.

## ÍNDICE

<b>Introducción</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I: Generalidades</b> .....	2
<b>1.1. Función del aceite en la fritura profunda</b> .....	2
<b>1.2. Alteraciones del aceite durante la fritura</b> .....	3
1.2.1. Formación de color.....	4
1.2.2. Oxidación.....	4
1.2.3. Polimerización.....	6
1.2.4. Hidrólisis.....	8
<b>1.3. Estabilizantes para el aceite de fritura</b> .....	10
1.3.1. Tipos de aditivos.....	10
1.3.2. Normas de la FDA para la adición de los antioxidantes.....	12
1.3.2. Pautas para seleccionar el antioxidante apropiado.....	12
<b>1.4. Prolongación del tiempo de vida del aceite de fritura</b> .....	13
1.4.1. Condiciones de la materia prima.....	13
1.4.2. Calidad del aceite.....	13
1.4.3. Tipo de freidora.....	14
1.4.4. Operaciones adecuadas en el proceso.....	14
1.4.5. Recarga y renovación del aceite.....	15
1.4.6. Filtrado del aceite.....	15
<b>1.5. Control de calidad en productos fritos</b> .....	17
1.5.1. Control de calidad al aceite de fritura.....	17
1.5.2. Control de calidad en productos fritos.....	21
<b>1.6. Antecedentes bibliográficos sobre aceites de fritura y antioxidantes</b> .....	23
1.6.1. Estudio técnico sobre la elaboración y conservación de los chifles.....	23
1.6.2. Evaluación de antioxidantes para aceites vegetales refinados.....	24
1.6.3. Evaluación del antioxidante para papas fritas.....	27
1.6.4. Porcentaje de antioxidante en la recarga de aceite de fritura.....	27
1.6.5. Estudio de los aceites de fritura realizado por el Instituto de la Grasa de España.....	28

<b>CAPÍTULO II: Parte experimental</b> .....	30
<b>2.1. Breve descripción del proceso de elaboración de los chifles</b> .....	31
<b>2.2. Materiales</b> .....	32
2.2.1. Materia prima e insumos.....	32
2.2.2. Equipos, reactivos y material de laboratorio.....	38
<b>2.3. Métodos</b> .....	39
2.3.1. Análisis del aceite.....	39
2.3.2. Extracción de aceite.....	40
2.3.3. Prueba de durabilidad en el Rancimat.....	41
2.3.4. Ensayos de fritura.....	42
2.3.5. Envejecimiento acelerado de los chifles.....	50
2.3.6. Pruebas a temperatura ambiente.....	51
<b>CAPÍTULO III: Resultados y discusión</b> .....	52
<b>3.1. Ensayos con distintos aceites comerciales</b> .....	53
<b>3.2. Ensayo a diferentes tiempos de trabajo del aceite de fritura</b> .....	62
<b>3.3. Ensayo con recarga y filtrado de aceite en el proceso de fritura</b> .....	63
<b>3.4. Influencia del tiempo de enfriamiento antes del envasado</b> .....	65
<b>3.5. Ensayo con dos materiales de envasado (polipropileno y BOPP metalizado)</b> .....	66
<b>3.6. Ensayos con antioxidantes comerciales</b> .....	67
<b>CONCLUSIONES</b> .....	76
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	80
<b>ANEXOS</b> .....	

## INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del presente estudio es incrementar el tiempo de vida de los chifles, para lo cual se realiza un estudio detallado a todo el proceso de elaboración de los chifles, en especial al proceso de fritura, debido a que el aceite es un componente muy importante de los chifles.

El trabajo está organizado en tres capítulos, conclusiones y anexos. En el Capítulo I: Generalidades, se investigó sobre procesos de productos de *snacks*, para poder así tener referencias sobre el proceso de fritura, debido a que casi no existe bibliografía sobre frituras de hojuelas de plátanos (chifles), este capítulo constituye la parte fundamental para el desarrollo de la parte experimental.

En el Capítulo II: Parte experimental, se realizó una breve descripción del proceso de elaboración de los chifles. Además se detallan cada uno de los ensayos como: ensayos con diferentes aceites comerciales, con diferentes tiempos de trabajo del aceite de fritura, realizando filtrado y recarga de aceite, con dos materiales de envasado, con antioxidantes comerciales y otros. También se definen los materiales, métodos y condiciones de trabajo de cada uno de ellos.

El Capítulo III: Resultados y discusiones, se muestran los resultados de cada uno de los ensayos antes mencionados y discusiones sobre la discrepancia entre algunos métodos de evaluación. Para la evaluación organoléptica de los chifles, se consideró, que cuando una de las características de los chifles (rancidez, sabor, textura y color), se encontraba mala, se procedía a descartar el producto, aunque las demás características indiquen lo contrario.

Finalmente se exponen las conclusiones del trabajo realizado, también se realizó un apartado de anexos, el cual contiene información técnica de algunos productos comerciales, y además información detallada de algunos ensayos y análisis realizados.

## CAPÍTULO I: GENERALIDADES

En este capítulo se presenta una recopilación bibliográfica de diferentes libros y páginas *web*, con la finalidad de tener un conocimiento más profundo sobre los fundamentos teóricos y estudios precedentes de la elaboración de *snacks* fritos, orientados a su aplicación en la elaboración de chifles.

En los *snacks* fritos el componente principal es el aceite, y de su calidad y estabilidad dependerá la calidad del producto final elaborado.

El presente estudio busca además extender el tiempo de vida del producto, para ampliar su mercado a nivel nacional e internacional. Por ello, se analizan también otros factores como el uso de antioxidantes y el tipo de envase.

### 1.1. FUNCIÓN DEL ACEITE EN LA FRITURA PROFUNDA

**La fritura profunda** es un método muy importante de cocción, ya que es rápido y práctico, siendo la rapidez un parámetro fundamental en las sociedades industrializadas actuales. Los alimentos de fritura profunda son generalmente apetecibles por su sabor y textura.

En la fritura, el aceite actúa como medio transmisor del calor. Las altas temperaturas empleadas (175-185 °C) forman una capa en la superficie del producto evitando que el producto desprenda el vapor rápidamente, facilitando así la cocción en el interior del alimento, además esta superficie sufre un proceso de tostado, caramelización o pardeamiento no enzimático (reacción de *Maillard*) que da un aspecto agradable al producto [16].

La función del aceite en la fritura es doble, por un lado actúa como **medio transmisor** del calor: proporciona la energía en forma de calor dentro del alimento y evapora parte del agua de éste, favoreciendo de ese modo una deshidratación o secado del alimento. La tasa de absorción de calor es función de los surfactantes presentes en el aceite (jabones, polímeros, etc.), y pueden causar un contacto excesivo entre el aceite y el alimento, formando un producto que puede estar cocido inapropiadamente, de color oscuro y excesivamente aceitoso. Por otro lado el aceite llega a ser un **ingrediente del producto frito** al ser absorbido por el mismo alimento. 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.

El aceite hace que la superficie del alimento sufra un proceso llamado tostado o caramelizado, apareciendo colores entre dorados y pardos que dan un aspecto agradable al producto y desarrolla sabores deseados en los productos fritos.

Los *snacks* que se producen a escala industrial tales como las hojuelas (*chips*) de papas, camote o plátanos (chifles), generalmente se fríen en aceites parcialmente hidrogenados para obtener estabilidad del producto frito.

Sin embargo, si se fríen las hojuelas en una grasa dura (manteca) adquieren una apariencia cristalina y un sabor indeseado. Muchos fabricantes de hojuelas en otros países prefieren aceite de algodón debido a su rendimiento y sabor característico original [17]. Hoy en día es difícil conseguir aceite de algodón en el mercado peruano debido a su elevado costo, pero sí se comercializa aceite de soya con un porcentaje pequeño de aceite de algodón.

Siendo mucha la importancia de los aceites en la obtención de un sabor adecuado en el producto, resulta obvio que se deba utilizar aceites en buenas condiciones (no rancios).

## 1.2. ALTERACIONES DEL ACEITE DURANTE LA FRITURA

Todos los procesos químicos y enzimáticos se aceleran al aumentar la temperatura. Se acepta que dentro de ciertos límites, la velocidad de dichos procesos se dobla al aumentar 10 °C de la temperatura [16]. Por este motivo es fácil comprender que un aceite calentado, tiende a degradarse más rápido, en especial si en él hay sustancias o residuos que actúan como catalizadores o potenciadores de la alteración.

Si no se controla bien el proceso de producción, la temperatura excesiva puede producir reacciones indeseables que pueden comprometer el desempeño del aceite como ingrediente del producto, originando olores y sabores indeseados, y hacer que el alimento o el aceite se tornen inservibles.

Otras causas que pueden acelerar las reacciones de degradación o alteración del aceite es el calor, la luz (especialmente ultravioleta), presencia de metales, sales y agua.

Además de las transformaciones químicas (formación de color, oxidación, polimerización e hidrólisis), se observan otros cambios físicos como el desarrollo de

olor y sabor. A continuación se describen algunas de las alteraciones químicas del aceite de fritura.

### 1.2.1. Formación de color

Los alimentos al freírse aportan sustancias al aceite, como: azúcares, almidón, proteínas, fosfatos, compuestos de azufre y trazas de metales, que se van acumulando durante el proceso de fritura. Estas sustancias se doran y reaccionan con el aceite causando el oscurecimiento del mismo.

Al oscurecerse el aceite, los alimentos fritos en él se oscurecen a una velocidad más rápida, alcanzando con el tiempo un punto en el cual las hojuelas pueden tener un color oscuro y no estar completamente cocinadas, dando la apariencia de estar cocidas o presentar un aspecto indeseado: color gris, sin brillo, color desigual, etc.

La velocidad de formación de color en el aceite es diferente según cada alimento. Las papas producen poco color en el aceite de fritura, sin embargo el pollo acelera el oscurecimiento del color a mucha más velocidad que la papa, porque los componentes que contienen proteínas, como es el caso del pollo, causan el oscurecimiento a una velocidad más alta que el almidón en el caso de la papa [15].

En el caso de los chifles, los plátanos verdes tienen un bajo porcentaje de proteínas (1-1,45 %), pero tienen fósforo, azufre y trazas de metales, que causan el oscurecimiento del aceite. En la **tabla 1.1** se muestra la composición de minerales del plátano verde (mg/100g) [1]:

**Tabla 1.1.** Minerales y vitaminas en el plátano verde (mg/100g)

Calcio	8,0	Manganeso	0,6
Fierro	*0,6	Cobre	*0,2
Magnesio	*31,0	Potasio	*373,0
Sodio	42,0	Fósforo	28
Azufre	12,0	*Elementos inorgánicos	

Fuente: María Isabel Alayza Carrera [1].

La velocidad de oscurecimiento del aceite de fritura depende también de la velocidad de renovación del aceite en el recipiente. Como ya se ha mencionado el producto al freírse por inmersión absorbe aceite, y entonces éste debe ser reemplazado por aceite nuevo. A mayor velocidad de renovación de aceite, menor nivel de oscurecimiento del aceite. Para disminuir la velocidad de oscurecimiento del aceite es necesario no elevar la temperatura más de lo requerido, y realizar limpieza frecuente de las partículas o restos del producto frito, que al carbonizarse oscurecen al aceite y transfieren sabores desagradables al aceite, y como consecuencia al producto frito.

### 1.2.2. Oxidación

La primera reacción de degradación del aceite y la más frecuente es la oxidación, también conocida como enranciamiento.

La oxidación del aceite puede producir sabores indeseados, lo que causará que el alimento sea rechazado por el consumidor. Estos sabores y olores indeseados son resultado de la formación de hidrocarburos, cetonas, aldehídos y alcoholes.

El oxígeno del aire al reaccionar con el aceite de fritura, da lugar a compuestos intermedios inestables denominados hidroperóxidos o peróxidos que dan lugar a la formación de radicales libres.

Con el proceso de oxidación van apareciendo cambios organolépticos del aceite (alteración del sabor, palatabilidad, oscurecimiento del aceite) y cambios físicos (aumento de viscosidad) y cambios químicos (formación de polímeros, compuestos volátiles).

Este proceso se ve favorecido y potenciado por la incidencia de la luz (especialmente los rayos ultravioleta), que actúa como catalizador y por la presencia de sustancias fotosensibles, como riboflavina y la eritrosina, en el medio. El plátano verde contiene 0,5 ppm de riboflavina [1].

A temperatura ambiente la oxidación suele ser un proceso relativamente lento. A mayor temperatura mayor será la velocidad de oxidación, por lo tanto, es importante que la temperatura del aceite de fritura no sea más elevada de la necesaria para realizar el trabajo de cocinado.

Otros factores, aparte de la luz y de la temperatura, que afectan a la velocidad de oxidación son:

1. La velocidad a la cual el aceite es absorbido por el alimento desde el sistema y reemplazado por aceite nuevo.
2. La presencia de metales como cobre y latón, que aceleran la oxidación (pro-oxidantes).
3. La presencia de antioxidantes a altas temperaturas.
4. La calidad del aceite de fritura.
5. El calor.

Para mantener el nivel de oxidación al mínimo en el aceite de fritura es importante usar aceite de buena calidad y seguir las normas de fritura que permitan la máxima velocidad de renovación del aceite. También es importante la eliminación de partículas de alimento que se encuentran en el aceite de fritura y no elevar más de lo necesario la temperatura.

Al ser la oxidación una reacción en cadena, es fácil comprender que la idea 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 es beneficioso, porque acelera la alteración del aceite nuevo. En cambio, es mejor ir reemplazando pequeñas cantidades de aceite a medida que éste se consume.

Los ácidos grasos insaturados son los más sensibles a la oxidación que los saturados, y pueden ser protegidos del oxígeno, utilizando antioxidantes y/o por medio del empaque.

El investigador Pablo Rojas [16] afirma que R.J. Hamilton en su libro “*The chemistry of rancidity in foods*”, distingue en el proceso de oxidación lipídica tres fases:

Fase de iniciación o inducción: en esta fase se forma el radical libre (R\*), ya sea a partir de un hidroperóxido (ROOH) que se favorece por la alta temperatura y la luz, o a partir de un ácido graso (RH).

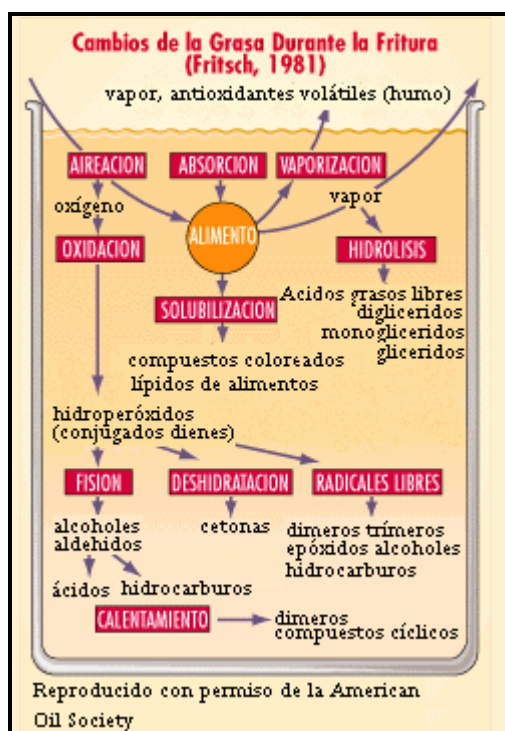
Fase de propagación o continuación: los radicales libres formados en la fase anterior, dada su gran reactividad, reaccionan con el oxígeno o con otras cadenas de ácidos grasos, provocando de esta forma una reacción en cadena.

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.

### 1.2.3. Polimerización

Una oxidación excesiva va a menudo acompañada de una polimerización. El calentar el aceite da como resultado una serie de reacciones en el aceite, en el diagrama de *Fritsch*, **figura 1.1**, podemos observar esas reacciones [17].

También se observa la formación de varios productos de descomposición del aceite, estos pueden ser volátiles y no volátiles.



**Figura 1.1.** Diagrama de *Fritsch*.

Fuente: *National Cottonseed Products Association* [17]

Los productos de descomposición no volátiles son: compuestos polares, monómeros (cíclicos y no cíclicos), dímeros, trímeros y otros compuestos de alto

peso molecular, cuyas reacciones dan lugar a la formación de grandes moléculas. Estas grandes moléculas o polímeros, pueden resultar pegajosas. La formación de pegotes se evidencia en grado extremo sobre todo en los laterales de las pailas o freidoras, donde la superficie del aceite y el metal entran en contacto con el oxígeno del aire.

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, por otro lado producen un arrastre mayor de aceite por parte del alimento frito debido a que el aceite gotea o escurre con mayor dificultad. Además contribuyen también al oscurecimiento del aceite.

Los polímeros forman el mayor grupo individual de compuestos en el aceite que se están degradando y es considerado por muchos como el mejor indicador de la degradación del aceite [17].

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 negativamente en la salud del consumidor. Muchas de estas sustancias están reconocidas como tóxicas o potencialmente cancerígenas, como el caso del benzopireno producido por ciclación del colesterol.

La formación de espuma se debe al desarrollo de más y más polímeros de elevado peso molecular, y el aceite de fritura contendrá ácidos grasos de longitudes de cadena considerablemente diferentes. Esta diferencia en longitudes de cadena produce la formación de espuma en los aceites de fritura. El exceso de proteínas en el aceite de freír contribuye también en la formación de espuma, pero es un factor menos importante.

Esta formación de espuma consiste en la formación de burbujas que se deslizan hacia arriba por los lados de las pailas o freidoras. Si esto sucede en el proceso, exceso de espuma, entonces el aceite tiene que ser eliminado incluso cuando el alimento tiene buen sabor, ya que la espuma en el aceite plantea serios problemas de seguridad e incendios. La formación de espuma no deberá confundirse con el burbujeo que resulta de la violenta evaporación de la humedad de los alimentos. Las burbujas de evaporación son mayores y tienden a desaparecer cuando gran parte de la humedad ha sido eliminada.

En la **figura 1.2** se puede observar el efecto de la cantidad de alimento sobre la formación de espuma (debido a la evaporación de agua del alimento) en un aceite de fritura. Debe notarse que en la proporción cero (ninguna hojuela frita, solamente calentamiento) se observa también una proporción bastante alta de oxidación, polimerización y formación de espuma [15].

Cuando se fríe poco alimento o ninguno, el aceite de fritura no recibe ninguna protección por parte del vapor generado por el alimento o por renovación del aceite como consecuencia de la absorción del mismo. Para proporciones bajas se observa un incremento de formación de espuma esto se debe a la introducción de sustancias

del alimento que aceleran la oxidación, sin que se fría cantidad suficiente de alimento (o sin absorberse la grasa suficiente para ser reemplazada por aceite nuevo) como para compensar esto. Cuando hay proporciones altas de alimento fríéndose tiende a disminuir la cantidad de espuma formada; más rápida es la sustitución del aceite usado por aceite nuevo.

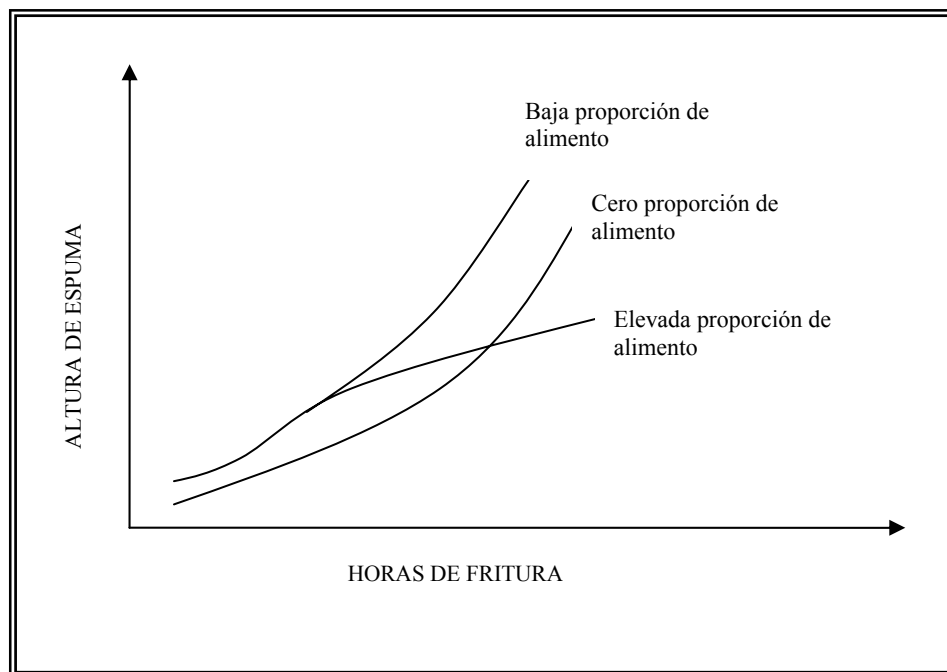


Figura 1.2. Desarrollo de espuma durante la fritura profunda.

#### 1.2.4. Hidrólisis

Es la reacción del agua del alimento con el aceite de fritura para formar ácidos grasos libres. Los triglicéridos del aceite en contacto con la humedad o agua (proveniente del producto a freír), se descomponen en diglicéridos y monoglicéridos liberando una o dos cadenas de ácidos grasos. Los triglicéridos con ácidos grasos de cadenas cortas, son más sensibles que los triglicéridos con ácidos grasos de cadena larga [16].

Según Pablo Rojas [16], Blumenthal en su libro "*A new look at the chemistry and physics of deep fat frying foods technology*" (1991), dice que según algunos autores el proceso de hidrólisis a temperaturas de fritura de 180-190 °C tiene poca importancia, debido que a esa temperatura el agua se elimina en forma de vapor, y que otros autores afirman la existencia de agua del 0,5-1,5 % incluso a esas temperaturas lo que dará origen a la hidrólisis.

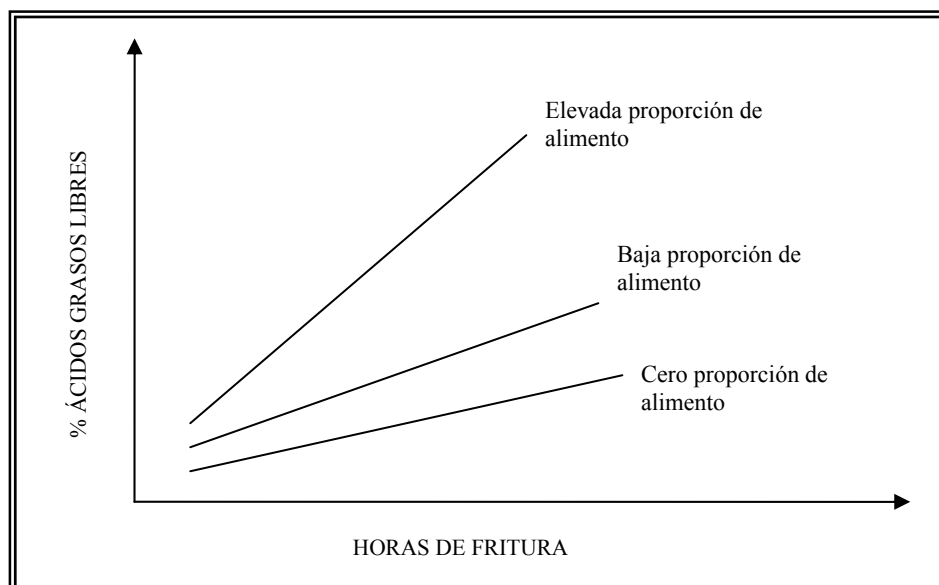
El resultado de la hidrólisis es la aparición de ácidos grasos libres, que aumentan la acidez del aceite y en menor cantidad la formación de metilcetonas y lactonas que pueden producir aromas desagradables. La aparición de ácidos libres provoca una mayor tendencia a la formación de humo. Los ácidos grasos de cadena media y corta (menores de 16 carbonos) son más volátiles y algunos de ellos pueden

producir olores y sabores indeseables, en especial el ácido láurico que deja gusto a jabón, por este motivo hay que tener cuidado cuando se utilizan aceites como los de coco o palma, los cuales son ricos en este ácido graso.

La formación de ácidos grasos libres depende de los siguientes factores:

1. Cantidad de agua liberada: el agua que generalmente proviene del alimento que se fríe. Las mayores alteraciones ocurren si existe humedad en el momento de calentar o enfriar el aceite (cuando la temperatura es menor de 100 °C) y durante el almacenamiento.
2. La temperatura del aceite de fritura: a mayor temperatura, más elevada es la velocidad de producción de ácidos grasos libres.
3. La velocidad de recarga del aceite es también importante; manteniéndose las demás condiciones iguales y a más rápida renovación del aceite utilizado por aceite nuevo, más lenta es la velocidad de desarrollo de los ácidos grasos libres.
4. El número de ciclos de calentamiento/enfriamiento del aceite. Se debe tratar en lo posible que la temperatura sea constante.
5. A mayor cantidad de migajas y partículas quemadas, mayor será la velocidad de desarrollo de ácidos grasos, por eso hay que limpiar el aceite y filtrarlo correctamente.

La formación de ácidos grasos libres formados es directamente proporcional a la cantidad de vapor eliminado por el alimento y además hay que tener en cuenta que a mayor cantidad de alimento que se fría mayor será la humedad presente en el aceite. En la **figura 1.3** se muestra este efecto [15].



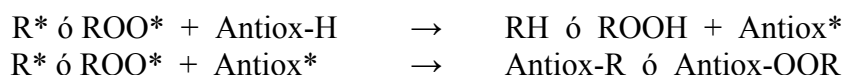
**Figura 1.3.** Desarrollo de los ácidos grasos libres durante la fritura.

### 1.3. ESTABILIZANTES PARA EL ACEITE DE FRITURA

Desde años atrás, 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. Según 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.

La mayoría de los antioxidantes contienen estructuras tipo fenol que actúan a un doble nivel: transfiriendo un átomo de H al radical hidropéroxido y actuando a su vez como receptores 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, veamos algunas de estas reacciones [16]:



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.

Los antioxidantes frenan la reacción de oxidación, pero a costa de destruirse ellos mismos. El resultado de la utilización de antioxidantes es de retrasar la alteración oxidativa del alimento, pero no la evita de una forma definitiva.

La utilización de antioxidantes en los procesos de fritura tiene como inconveniente, la poca estabilidad de la mayoría de ellos frente a las altas temperaturas.

#### 1.3.1 Tipos de aditivos

Las sustancias empleadas como aditivos para retardar la oxidación de las grasas/aceites son [16]:

##### ➤ 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 y delta. Su potencia biológica como vitamina E decrece según la secuencia alfa, beta, gamma y delta; en ese mismo orden su actividad aumenta como antioxidante. 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.

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

**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 el butil-hidroxitolueno (BHT).

Se ha 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. 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 de 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 que también se utiliza en aceites vegetales comerciales. Su mayor estabilidad a las altas temperaturas y la menor volatilización hacen de él un antioxidante para aceites de fritura más adecuado que la asociación BHA-BHT.

**f) Otras sustancias vegetales naturales**

Son productos obtenidos del romero, té, clavo, pimienta y muchas otras especias, considerándose 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. Hay opiniones contradictorias respecto a su utilidad como agentes antioxidantes para aceites de frituras.

**➤ Sinérgicos antioxidantes**

La presencia de hierro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) en el producto graso produce compuestos coloreados oscuros que ennegrecen el medio. Para evitar este fenómeno se deben asociar sustancias quelantes de metales. 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.

### ➤ Antiespumantes

Las siliconas, concretamente el dimetilpolisiloxano, se ha utilizado en EE.UU., a dosis de 5-10 ppm, con el fin de disminuir la formación con el oxígeno. 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, entonces por ese motivo se recomienda evitar este aditivo.

### 1.3.2. Normas de la FDA para la adición de los antioxidantes

En los Estados Unidos muchas de las aplicaciones que sugieren el uso de antioxidantes están sujetas a las normas publicadas por la U.S *Food and Drug Administration* (FDA) según lo indica *Eastman Chemical Company* [11, 12, 13] en sus publicaciones, sin embargo otras fuentes [22] afirman que la reglamentación no autoriza el antioxidante TBHQ en la éste país, el que sí es utilizado en otros países.

Según el reglamento de la Comunidad Europea sobre aditivos alimentarios (ver **anexo A**, según la fuente [11]), en el Perú está permitido agregar BHA (E320), BHT (E321) TBHQ y Tocoferoles (E306), solos o combinados, en una proporción que no exceda del 0,02 % del peso del contenido de aceite o grasa de un alimento.

Con respecto al etiquetado, la FDA indica que en los ingredientes de los productos comestibles deben constar los aditivos en la etiqueta en orden descendente de cantidad. Los antioxidantes se deben identificar por su nombre común y su propósito. Por ejemplo: “TBHQ añadido para proteger el sabor”.

### 1.3.3. Pautas para seleccionar el antioxidante apropiado

1. **Situación legal.** La selección de antioxidantes se limita a compuestos aprobados bajo los reglamentos pertinentes.
2. **Tipo de grasa o aceite.** El antioxidante seleccionado debe ser altamente efectivo en la grasa o aceite que se quiera estabilizar.
3. **Facilidad de dispersión.** Para máxima eficiencia, el antioxidante debe ser uno que pueda ser disuelto fácilmente y totalmente en el aceite o el producto. Se debe elegir dónde es mejor añadir el antioxidante, casi siempre es mas fácil añadirlo en el aceite que en el producto terminado.
4. **Tendencia a alteración del color.** Los iones metálicos (cobre y fierro) pueden formar complejos de colores con galatos de propilo. Algo de cambio de color puede ocurrir con el TBHQ en presencia de pH alcalino, ciertas proteínas y sales de sodio.
5. **Método de aplicación.** La técnica para la aplicación puede ser decisiva para elegir qué antioxidantes se pueden usar.

## 1.4. PROLONGACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA DEL ACEITE DE FRITURA

La necesidad de prolongar el tiempo de vida del aceite de freír es primordial, ya que de este depende la calidad del producto frito.

Son muchos los factores a considerar como el tipo de alimento, calidad del aceite, el tipo de freidora y el proceso de fritura. Otros factores son la recarga, renovación y la filtración del aceite.

### 1.4.1. Condiciones de la materia prima

El alimento debe ser el adecuado para ser sometido al proceso de fritura. La superficie del alimento debe ser lo más seca posible, debido a que la humedad favorece los procesos de hidrólisis y la formación de espuma, lo que conlleva que se acelere la oxidación del aceite.

La materia prima debe contar con el manejo adecuado durante su cultivo y así como el manejo post-cosecha, de manera tal que se garantice que el producto estará en las condiciones físicas adecuadas (grado madurez, sin daños mecánicos), para su procesamiento como fritura. En algunas empresas de snack, como Laurel S.A, que produce papas fritas “PapiRicas”, se preocupa por obtener la mejor materia prima desde la siembra de la papa, ellos entregan a los agricultores semillas seleccionadas, con la finalidad de obtener la mejor variedad de papa [2].

### 1.4.2. Calidad del aceite

El aceite utilizado es determinante en la calidad y rendimiento resultante del proceso de fritura. Por ello hay que seleccionar el mejor aceite, este no sólo debe ser el que mejor soporte las condiciones de trabajo, sino además tiene que transferir un sabor apetecible para el consumidor.

Los snacks como las hojuelas, mayormente son fritos en aceites que han sido hidrogenados ligeramente, dándole una mayor estabilidad. Al freír las hojuelas en una grasa dura le dará una apariencia cristalina y un sabor indeseado. Por eso muchos fabricantes de hojuelas (*chips*) prefieren el aceite de algodón debido a que trasfiere un sabor característico original y porque tiene un mayor rendimiento [17].

Las menos idóneas son las grasas sólidas, que proceden en su gran mayoría de los aceites de palma y coco; un factor negativo muy importante es que estas grasas tienen un alto grado de ácidos grasos saturados, que fisiológicamente son muy inferiores comparándolos con los aceites líquidos.

Uno de los mejores es el aceite de oliva que alcanza cómodamente la temperatura de fritura pues su temperatura de ebullición está por encima de los 200 °C.

El aceite de fritura debe reunir las siguientes características [16]:

- El punto de fusión debe ser bajo.
- Debe ser resistente al oscurecimiento.

- Debe ser resistente a la hidrólisis y a la oxidación.
- No debe formar espuma.
- No debe transferir ningún flavor (olor y sabor) desagradable al producto frito.
- Debe tener larga vida útil en el proceso de fritura.
- Capacidad para producir un producto apetitoso, dorado y sin grasa superficial y con una excelente textura y sabor.
- Mínima formación de pegotes, permitiendo mantener limpio el equipo.
- Mínima producción de humo tras su uso continuo.

### 1.4.3. Tipo de freidora

Se recomienda freidoras equipadas con resistencia eléctrica o un intercambiador de calor de gas; y de termostato para el control de temperatura. Muy importante es la correcta regulación y control de la temperatura para evitar que ésta sea mayor de la requerida, logrando que el aceite no se queme, ni se consuma, Según Lawson [15], la mayoría de los alimentos se pueden freír a una temperatura de 177 °C en las operaciones de hostelería y restauración, pero en las industrias esta temperatura es bastante superior, puede llegar a superar los 204,4 °C.

El material de la freidora será acero inoxidable; y el fondo debería ser oblicuo para facilitar el vaciado diario del aceite y las partículas procedentes del alimento.

### 1.4.4. Operaciones adecuadas en el proceso

El personal debe tener conciencia de realizar las operaciones que se le encargan de manera correcta, debido a que éstas influyen en la vida del aceite, una mala maniobra puede estropear todo el aceite de la producción. Para ello se deben considerar las siguientes pautas:

- a) **La temperatura del aceite debe ser la adecuada para el proceso.** Ya que las altas temperaturas deterioran el aceite y con bajas temperaturas se obtienen productos grasosos y un mayor tiempo de cocción. Los termostatos sirven para la regulación de la temperatura, estos equipos permiten tener una lectura de la temperatura de trabajo y también regulan la temperatura, para evitar que el aceite alcance temperaturas mayores que aceleran su descomposición.
- b) **Los equipos deben estar limpios.** Los polímeros que se han formado en las paredes laterales de las freidoras o pailas, deben ser retirados en su totalidad, de igual manera los accesorios utilizados deben estar libres de grasa.

Se pueden hervir con un limpiador cáustico y luego se neutraliza el limpiador cáustico, enjuagando con una solución ácida y posteriormente se vuelve a enjuagar para remover el jabón y las sales residuales.

- c) **No exponer a la luz ultravioleta.** La luz ultravioleta cataliza la degradación de los triglicéridos. La luz ultravioleta actúa sobre todo en los enlaces dobles de los ácidos grasos insaturados produciendo subproductos, los que actúan como

material prooxidante. Éstos pueden originar sabores indeseados y comprometer la vida del producto en el anaquel.

- d) **No mezclar sal y otras fuentes de metales con el aceite.** Los metales son fuentes catalizadoras y prooxidantes. El cobre en pequeñas cantidades puede arruinar grandes cantidades de aceite y disminuir la vida útil del aceite en un 20-30 %. La capacidad oxidativa varía entre los metales, el sodio y el calcio son débiles si se les compara con el cobre y otros metales pesados y de transición (por ejemplo: Cu > latón > Fe > Zn > acero inoxidable > Mg > Ca > Na).

#### 1.4.5. Recarga y renovación del aceite

Se define como **recargar** el aceite a la acción de adicionar aceite nuevo o limpio al aceite que está en uso, y **renovar** es la acción de cambiar o descartar el aceite en uso.

A lo largo de la producción el nivel de aceite inicial va a disminuir debido a la alta temperatura y principalmente porque el alimento frito absorbe gran parte de éste, por ello tiene que ser renovado cada cierto tiempo.

Es importante conocer si el estado del aceite es bueno o aceptable para poder recargar el aceite, de lo contrario es necesario reemplazar o renovarlo todo el aceite para evitar que el aceite nuevo se estropee.

El grado de recarga 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 alimento frito, en la siguiente ecuación se expresa el grado de recarga.

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

Normalmente se acepta como grado de recarga correcto el superior al 10 % [16]. Para lo cual el nivel de producción debe ser lo más alto posible con el fin de aumentar el grado de recarga del aceite y disminuir el tiempo en que éste se encuentra sometido a altas temperaturas. Por ello se aconseja realizar producciones máximas en periodos cortos.

#### 1.4.6. Filtrado del aceite

Continuamente se debe realizar limpieza al aceite, se puede ayudar con una coladera de acero inoxidable de malla muy fina que permita atrapar los residuos del alimento frito, pero cuando dichos residuos llegan a ser muy pequeños y forman sedimentos en el fondo de la freidora, debe procederse a filtrar el aceite.

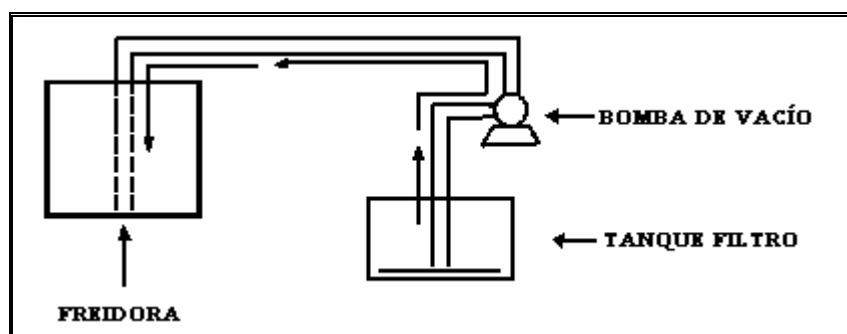
El propósito del filtrado es retirar todas las migajas y sedimentos (los cuales son muy finos) de la freidora antes de que estos estropeen o deterioren el aspecto y el sabor de los alimentos fritos.

Los problemas que pueden ocasionar si estos sólidos no se retiran son:

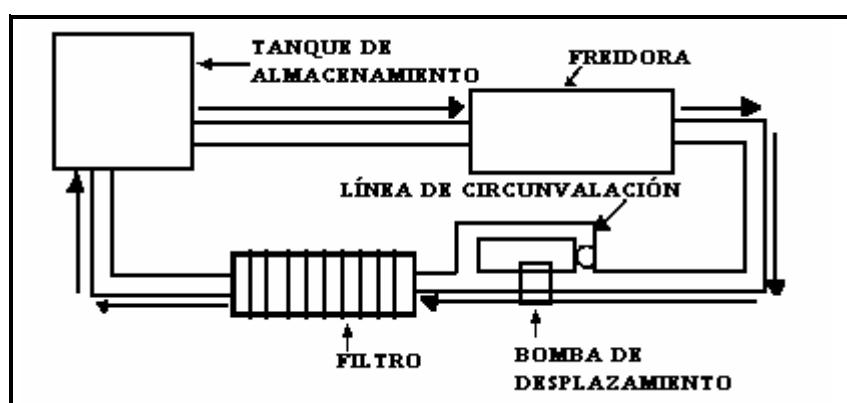
- Oscurecimiento excesivo y/o prematuro del aceite.
- Desarrollo de mal sabor o sabor a quemado en el producto.
- Color oscuro y la mala apariencia de los alimentos.
- Formación excesiva de humo a la temperatura de fritura.
- Acumulación de migajas en el producto frito.

Un buen filtrado nos ayuda a asegurar un alimento frito de buena presentación y calidad, también prolonga el tiempo de vida útil del aceite.

Existen varios métodos de filtración, como filtración por gravedad (para operaciones relativamente pequeñas), filtración mecánica (al vacío y por presión). La filtración por gravedad es una filtración simple que se realiza a través de un papel de filtro o paño; y en la filtración mecánica al vacío utiliza una bomba de vacío para pasar el aceite por el filtro y el sistema de filtración mecánica por presión emplea una bomba de desplazamiento positivo para empujar el aceite a través de un filtro, las **figuras 1.4 y 1.5** muestran los diagramas que ilustran los dos métodos de filtración.



**Figura 1.4.** Sistema de filtración por vacío simplificado (reflejando un sistema de bombeo de sentido único).



**Figura 1.5.** Sistema simplificado de filtración mecánica a presión.

Ahora existen adyuvantes de filtración que permiten que el filtrado del aceite sea más efectivo. La mayoría de los adyuvantes son algún tipo de tierra de diatomeas.

En el filtrado hay que considerar la temperatura del aceite, ésta no debe ser menor a 66 °C para asegurar la completa licuefacción de sus componentes y para disminuir la viscosidad del aceite de modo que pueda pasar fácilmente a través del filtro [15].

Cuando se utiliza el adyuvante de filtración normalmente este se mezcla con el aceite caliente y luego se pasa por el papel de filtro o paño.

## 1.5. CONTROL DE CALIDAD EN PRODUCTOS FRITOS

Es necesario realizar un control de calidad a los productos fritos, y éste suele constar de dos controles principales, uno durante el proceso de fritura, con esto se evita producir productos rancios, y control de calidad en el producto terminado.

### 1.5.1. Control de calidad al aceite de fritura

La calidad de un ingrediente es la base fundamental para la preparación de alimentos de buena calidad. Por lo tanto, el establecimiento de un programa de evaluación de calidad de los ingredientes es un componente primordial de una empresa dedicada a la preparación de alimentos destinados para el consumo humano.

Un control de calidad al aceite de fritura se efectúa por:

1. La pérdida del valor nutritivo del aceite, que puede formar materiales tóxicos o nocivos como consecuencia de la exposición al calor y al oxígeno.
2. Los cambios en el medio de fritura influyen en la calidad sensorial del aceite y la del alimento frito en él.

Como se ha visto anteriormente, las reacciones dadas en la alteración del aceite de fritura son: oxidación, hidrólisis y polimerización. Los productos resultantes de estas reacciones influirán en la aceptabilidad del producto por parte del consumidor.

Unos productos de las reacciones de alteración del aceite son volátiles y otros no, pero ambos tipos se consideran importantes, los primeros porque serán inhalados por el personal, los segundos porque permanecerán en el alimento frito. Al penetrar en el producto frito son ingeridos y como el sabor se relaciona con el olor, colaboran en la aceptación del alimento frito [16].

La Norma Técnica Peruana NTP 209.226 recomienda que el aceite destinado al consumo humano de los productos fritos deben cumplir con los siguientes requisitos:

Índice de peróxido Máx. 5 meq O<sub>2</sub>/kg.

Acidez Máx 0,30 % (expresado como ácido oleico)

Para cumplir con los requerimientos de la norma técnica peruana es necesario realizar un control del mismo el cual se puede realizar de dos maneras, a nivel de laboratorio y los ensayos rápidos que se pueden realizar en la planta.

➤ **Control analítico en laboratorio**

Este tipo de análisis requiere de equipos y personal debidamente capacitados para obtener resultados confiables.

El deterioro de los aceites de fritura se observa en la variación de los productos de descomposición no volátiles. Para ello se usan los siguientes métodos [14,15]:

- a) **Ácidos grasos libres o índice de acidez (AGL):** es un indicador de calidad, de la frescura del aceite, generalmente se expresa como equivalentes en ácido oleico, si bien indica un criterio de deterioro, no siempre guarda correlación directa y estricta con el grado de oxidación de la muestra. El aumento de la acidez libre (rancidez hidrolítica) es producido por la hidrólisis de los triacilglicéridos del lípido, mas no corresponde a un proceso de oxidación.
- b) **Color:** el colorímetro Lovibond es el más empleado; consta de un estuche de baquelita que contiene una serie de bastidores también de baquelita, en los que van alojados vidrios de coloreados Lovibond de determinados índices de color, en este colorímetro se ve la muestra de aceite y los vidrios simultáneamente a través de un monocular, y los portaobjetos se manipulan de forma que los vidrios den la misma tonalidad de la muestra.

El color es utilizado como un indicador de calidad para la fritura y sirve también como una especificación para los aceites ya terminados. Los rangos de color del Lovibond son: rojo, amarillo y azul, cuando se realice una evaluación al sistema de fritura y cuando desarrolle estándares de calidad [17].

- c) **Índice de peróxido (IP):** es una medida del estado de oxidación de un aceite o grasa. Es poco confiable en el examen de los aceites para freír ya que los peróxidos se pierden durante la fritura. Consiste en determinar la cantidad de peróxidos orgánicos formados en un lípido como producto de la rancidez, evaluando el yodo liberado a partir del yoduro de potasio por el efecto oxidante de los peróxidos. El yodo liberado se titula con tiosulfato de sodio estandarizado. Los resultados se expresan como equivalentes de oxígeno por kilogramo de muestra. Los valores obtenidos deben ser analizados cuidadosamente, porque si el proceso de rancidez se encuentra muy avanzado, es posible que no se detecte la presencia de peróxido, debido a que los peróxidos cuando se encuentran en etapas de oxidación avanzada tienden a disminuir, lo que produce resultados erróneos. Este método sirve para evaluar estados de rancidez iniciales y medianamente avanzados.
- d) **Determinación de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS):** las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico son productos de oxidación secundaria de los ácidos grasos, este procedimiento a diferencia del índice de peróxidos, evalúa productos terminales. Uno de los productos terminales del proceso de rancidez oxidativa es el **malondialdehído (MDA)**, un aldehído hidrosoluble y de gran reactividad. El MDA puede ser cuantificado a través de su reacción con el ácido tiobarbitúrico (TBA), ya que forma una solución coloreada que puede ser cuantificada espectrofotométricamente. Este método

evalúa productos terminales, por lo cual sus valores, mg de MDA/kg de muestra o como milimoles de MDA por gramo de la muestra, son bajas en las primeras etapas de oxidación y altos en las etapas tardías.

- e) **Índice de anisidina:** proporciona una estimación de los productos carbonilo formados durante las etapas intermedias del proceso de oxidación (propagación). Los reactivos (p-anisidina, iso-octano y ácido acético glacial) son de alto costo y los resultados no siempre son reproducibles, debido principalmente a la dinámica de la oxidación.
- f) **Índice totox:** el índice de totox (índice de oxidación total) mide el deterioro del aceite, su fórmula es =  $(2 \times \text{IP} + \text{índice de anisidina})$ .
- g) **Índice de estabilidad del aceite (IEA) – Rancimat:** este método es automático y acelerado. El aceite es evaluado por un instrumento llamado Rancimat a una temperatura constante de 110-130 °C y con una corriente de aire purificado. Con el tiempo empieza a oxidarse liberando ácidos orgánicos volátiles. Una célula de conductividad examina continuamente los productos volátiles de la descomposición, quedando atrapados en el vaso medidor lleno de agua destilada. El periodo de inducción es aquel en que ocurre la aceleración rápida de la oxidación, y se registra por el número de horas.

Algunos autores han intentado definir parámetros válidos para establecer el punto de descarte del aceite de fritura, como por ejemplo la relación entre la cantidad de polímeros y la constante dieléctrica; la relación entre compuestos polares, índice de acidez y constante dieléctrica; la acidez por sí sola; y la combinación del color y la acidez.

Existen otros métodos para conocer el deterioro del aceite de fritura, pero debido a su complejidad, falta de equipo y su elevado costo no son muy usados. A continuación se mencionan:

- h) **Compuestos polares:** se pueden medir mediante cromatografía en columna. El porcentaje de compuestos polares debe ser inferior al 25 %.
- i) **Ácidos dienoicos conjugados:** mediante la absorción en el rango ultravioleta; niveles en meseta durante el uso continuado, probablemente debido a que los dienos forman polímeros.
- j) **Análisis de ácidos grasos y cociente C 18:2/16:0:** mediante cromatografía gas líquido.
- k) **Triglicéridos polimerizados:** mediante filtración en gel, HPLC.

#### ➤ **Ensayos rápidos**

Los métodos anteriores son a veces largos para su realización completa y la lentitud en la obtención del resultado hace que dada la rapidez con que puede llegar a deteriorarse el aceite, el control mediante la aplicación de los métodos oficiales no resulten prácticos.

Existen también las pruebas rápidas comerciales, que pueden realizarse “*in situ*” por personal no especializado, ver **anexo B**. Estos métodos se basan en los cambios físicos o químicos que manifiesta el aceite durante la fritura, y permiten al usuario de la freidora saber cuando debe reemplazarse el aceite.

1. **Constante dieléctrica medida por el *Food Oil Sensor (FOS)***: mide las moléculas polares. Un investigador afirma que el FOS es el más conveniente para fines de control de calidad. Este equipo antiguamente era llamado ***Oxifrit***.
2. ***RAU-Test (colorimétrico)***: mide los compuestos oxidados.
3. ***Fritest (colorimétrico)***: mide los compuestos carbonilos.
4. ***Spot Test (colorimétrico)***: mide el índice de acidez.
5. **Materiales alcalinos contaminantes (colorimétrico)**: mide los jabones.
6. ***Veri-Fry [18]***: ver **anexo B-1**, es otro equipo de pruebas rápidas de aceite de fritura, que mide los compuestos polares, los ácidos grasos libres y los compuestos alcalinos totales.
7. ***Fri-Check [20]***: ver **figura 1.6**, verifica el tiempo de caída del aceite y calcula el porcentaje correspondiente de materiales polares. Este equipo es rápido y sencillo manejar. Nos permite conocer cuándo el aceite del proceso ya no está apto para el consumo.



**Figura 1.6.** *Fri-Check*

Su lectura exacta se proporciona en menos de minutos 5-7 minutos. Evita el desecho prematuro del aceite de freír usar los aceites y grasas. No requiere ningún reactivo químico, ni materiales de la prueba. De fácil mantenimiento, y es portátil. Asegura que la fritura esté conforme a las regulaciones legales oficiales para la seguridad e higiene de los alimentos.

8. **PCT 120 [21]**: ver **anexo B-2**, la firma 3M ha desarrollado un nuevo medidor de calidad del aceite, denominado PCT120, que es capaz de detectar la calidad del aceite de fritura a través de la determinación del grado de concentración de los compuestos polares. El PCT120 permite que el aceite se renueve en el momento justo y óptimo. El PCT 120 consiste en un aparato de calor y unas

tiras de test que permiten el cambio de aceite de acuerdo con la legislación española (O.M. de 26-01-1989) cuando el aceite de fritura contiene más del 25 % de compuestos polares, quedando inhabilitado para el consumo.

9. **Viscofrit [19]:** ver **anexo B-3**, se basa en el aumento de la viscosidad que sufre el aceite a medida que se degrada. El aumento de la viscosidad se debe al incremento de la presencia de polímeros y polares; es por ello que el aumento de la viscosidad está directamente relacionado con el nivel de alteración del aceite. Además, la viscosidad aumenta exponencialmente con el porcentaje de polares y polímeros totales. Esto hace que la confianza en el ensayo *Viscofrit* aumente con el grado de alteración del aceite. No utiliza reactivos químicos, ni electricidad, ni pilas, ni clase alguna de material consumible, siendo su coste de mantenimiento, sencillamente, nulo.

El sistema *Viscofrit* consiste en un pequeño cono de medidas estándar que incorpora un termómetro con escalas de temperatura y tiempo. Todo el sistema está calibrado, de tal modo que si el tiempo de vaciado del cono supera el tiempo indicado en el termómetro, significa que el aceite contiene un nivel de polares y polímeros superior al límite del 25 % marcado por la ley (en España, O.M. de 26-01-1989). La diferente composición de los aceites hace que la viscosidad de los aceites sin usar varíe ligeramente entre ellos; pero en los aceites usados dicha diferencia tiende a desaparecer. En cualquier caso, el sistema *Viscofrit* incorpora diferentes termómetros que son intercambiables y que están calibrados para los diferentes aceites que pueden emplearse en la fritura.

Así, pues, la determinación del grado de alteración con el sistema *Viscofrit* tiene la ventaja, respecto de otros sistemas de evaluación "*in situ*", de ser económico, sencillo, robusto, fiable, y de vida ilimitada. El costo de *Viscofrit* es de 160 Euros (S/. 564).

### 1.5.2. Control de calidad en productos fritos

La calidad de un ingrediente o alimento está determinada por diferentes factores y dentro de éstos están su composición química y la biodisponibilidad de los componentes nutricionales de los alimentos consumidos. Además, es necesario que los alimentos estén libres de impurezas y sobretodo libres de contaminación microbiana y de sus productos metabólicos (toxinas).

Blumenthal [17] afirma que el aceite pasa por 5 fases a lo largo de su período de utilización en cuanto a calidad del producto frito se refiere, éstas son:

**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 monoglicéridos 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.

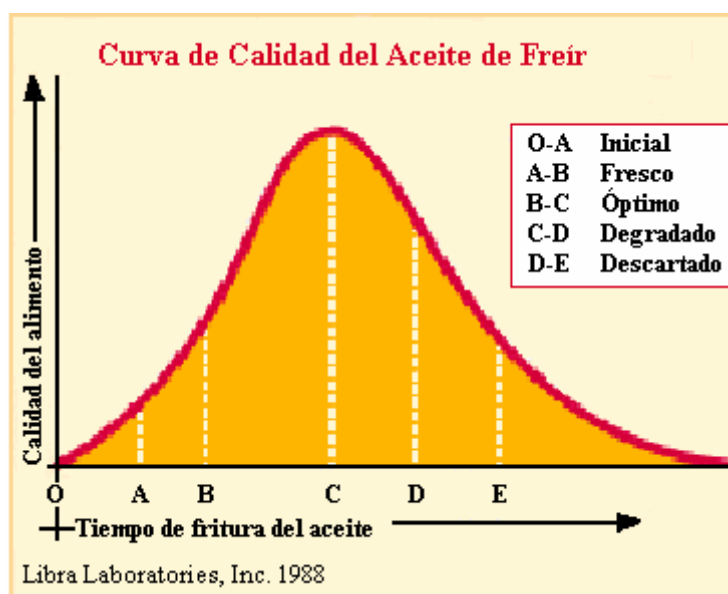
**Fase 5ª (aceite descartado):** se agravan los problemas de la fase anterior. Aparecen sabores y olores anómalos, y se produce humo dando origen a atmósferas irritantes en la sala de fritura. Se va alcanzando el punto de ignición o inflamación ("*flash point*") del aceite, con el peligro que ello conlleva.

La relación directa que existe entre la calidad del aceite y la del alimento, se aprecia mejor en la **figura 1.7**, en la curva de calidad del aceite de freír, desarrollada por Libra Laboratories de los E.U.A.

Existen métodos de oxidación acelerada para conocer la duración de los productos en un tiempo corto, algunos de ellos son:

#### ➤ **Ensayo de Schaal**

Las muestras se someten a una temperatura de 60 °C, con la finalidad de acelerar el proceso de oxidación, al retirar las muestras del horno se dejan enfriar unos minutos y se realiza una evaluación de las mismas. Para ello se realiza un cronograma, para conocer el tiempo que permanecerá la muestra en el horno y su respectivo pronóstico a temperatura ambiente, la conversión del tiempo de vida a temperatura ambiente se muestra en la **tabla 1.2**. [1].



**Figura 1.7.** Influencia en el aceite de freír en la calidad del producto.  
Fuente: *National Cottonseed Products association*.

**Tabla 1.2.** Tabla de conversión de *Schaal*.

Tiempo a 60 °C	Tiempo a temperatura ambiente (32,1 °C)
5 días	1 mes
10 días	2 meses
20 días	4 meses

Fuente: María Isabel Alayza Carrera [1].

Para la evaluación de muestras pueden realizarse los siguientes análisis:

1. **Análisis sensorial u organoléptico:** es el análisis más real, ya que la aceptación de un producto depende de la percepción del consumidor. Se realiza con un panel de degustadores quienes siguen algunos criterios de evaluación. La principal desventaja es la subjetividad del análisis.
2. **Análisis químicos:** es de gran valor ya que pueden avisar de la posible inestabilidad o de un mal proceso. Pueden realizarse análisis de índice de peróxido, índice totox, tiobarbitúrico, índice de estabilidad del aceite (mediante el Rancimat) o cromatografía del hexanal.

➤ **Índice de estabilidad del aceite (Rancimat):** también utilizado para conocer la duración del aceite, con la diferencia que en los productos con alto contenido de aceite, como productos fritos, se realiza la extracción previa del aceite.

## 1.6. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS SOBRE ACEITES DE FRITURA Y ANTIOXIDANTES

### 1.6.1. Estudio técnico sobre la elaboración y conservación de los chifles

Este estudio fue realizado por la ingeniera Maribel Alayza [1], en las instalaciones del Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Piura, el año 1991, el cual ha sido de gran utilidad para el presente trabajo.

En su trabajo se concluyó que los chifles de mejor calidad son los preparados con plátano verde con las siguientes características: humedad de 57-58 %, con 6,5-7,7 % de azúcar y con rodajas de 2,3-2,7 mm de espesor con corte transversal fritas a 180 °C, y sin ningún tratamiento previo a la fritura.

Utiliza el antioxidante sintético TBHQ, y resulta efectivo en todos sus ensayos.

Las muestras de los ensayos fueron sometidas a ensayo de oxidación acelerada (ensayo de *Schaal*), y se les realizó pruebas organolépticas. Y estos resultados coinciden con las pruebas por determinación cromatográfica del hexanal.

También realizó un ensayo con dos aceites diferentes (compuesto y vegetal), con antioxidante TBHQ (0,02 % del peso de aceite del alimento), el antioxidante fue

mezclado con la sal y adicionado al producto terminado, las muestra fueron envasado en bolsas de polipropileno con antioxidante y evaluadas por el ensayo de *Schaal*, y se obtuvo los siguientes resultados ( ver **tabla 1.3**):

**Tabla 1.3.** Comparación del tiempo de vida de los chifles con aceite vegetal y compuesto

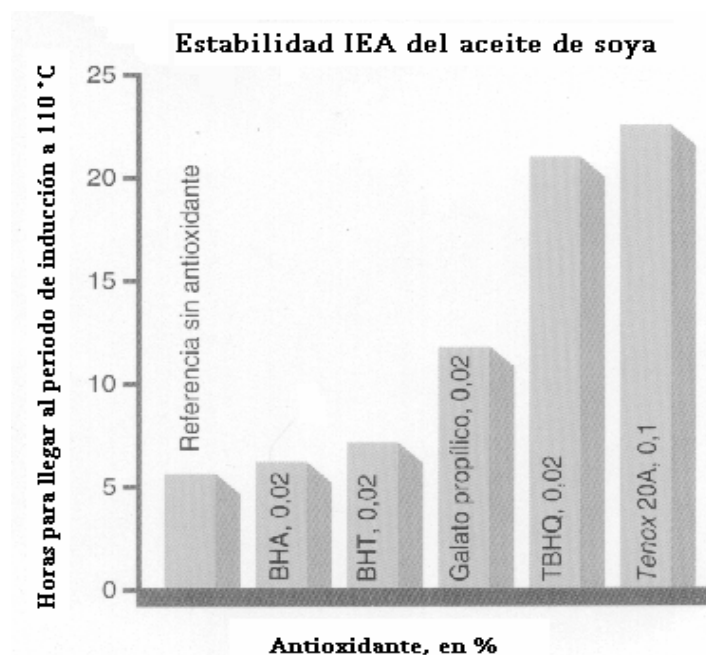
	<b>Aceite vegetal</b>	<b>Aceite compuesto</b>
<b>Chifles sin antioxidante</b>	2 meses	1,2 meses
<b>Chifles con antioxidante</b>	4 meses	2,8 meses

Concluyendo que el aceite compuesto tiende a enranciarse más rápido que el aceite vegetal. Y que el tiempo de vida de los chifles con antioxidante se duplica.

También realizó ensayos con chifles con p prika molida (antioxidante natural), con aceite vegetal y envasados en polipropileno, el resultado fue un sabor “bueno” hasta los 90 días, para posteriormente decaer con mayor rapidez; en este mismo ensayo pero con aceite compuesto, los chifles se encontraban “aceptables” a los 45 días. Pero señala que los degustadores no se mostraron muy de acuerdo con el sabor característico del p prika.

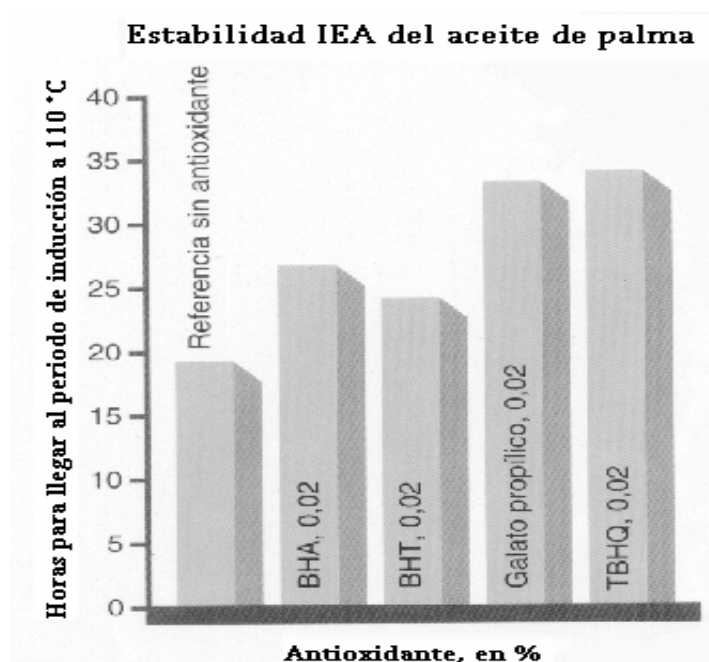
### 1.6.2. Evaluación de antioxidantes para aceites vegetales refinados

El laboratorio *Eastman Chemical* ha realizado estudios adicionando sus antioxidantes a los diferentes tipos de aceites; el método de evaluación es el método de oxidación acelerada IEA. A continuación en las **figuras 1.8, 1.9, 1.10 y 1.11**, se muestran los resultados de los ensayos realizados con aceite de soya, palma, girasol y algodón [12].



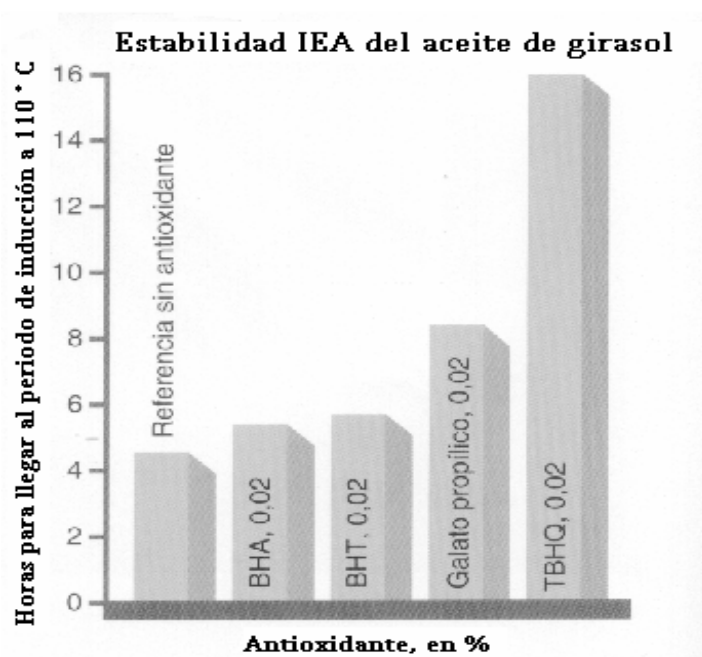
**Figura 1.8.** Estabilidad del aceite de soya con diferentes antioxidantes Tenox.

Fuente: Publicaciones de la *Eastman Chemical Company*.



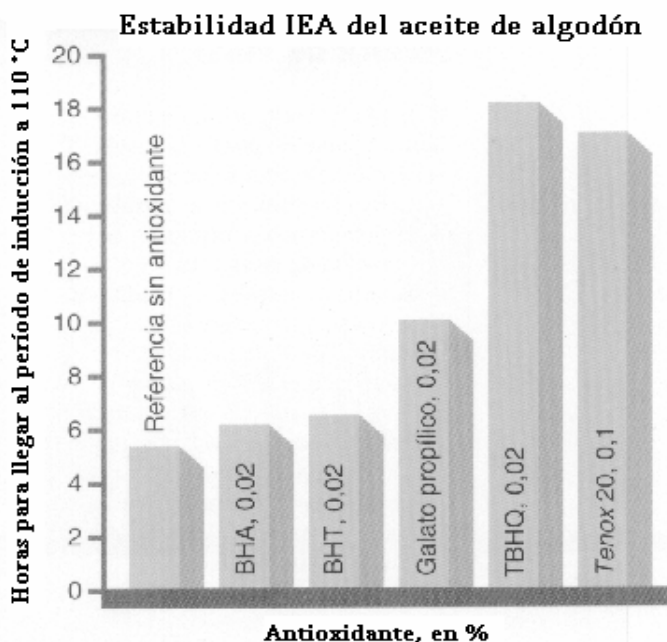
**Figura 1.9.** Estabilidad del aceite de palma con diferentes antioxidantes Tenox.

Fuente: Publicaciones de la *Eastman Chemical Company*.



**Figura 1.10.** Estabilidad del aceite de girasol con diferentes antioxidantes Tenox.

Fuente: Publicaciones de la *Eastman Chemical Company*.



**Figura 1.11.** Estabilidad del aceite de algodón con diferentes antioxidantes Tenox.  
Fuente: Publicaciones de la *Eastman Chemical Company*.

En este estudio realizado a los aceites refinados se concluyó que el aceite de palma tiene el mayor tiempo de vida con o sin antioxidante, sin tener en cuenta el sabor a jabón que puede desarrollarse en la fritura con este tipo de aceite.

Se aprecia que el antioxidante TBHQ al 0,02 % y Tenox 20A al 0,1 % son los que conservan mejor el aceite vegetal refinado.

En la información técnica de *Eastman* se recomienda utilizar los siguientes antioxidantes [11,13]:

**Aceites de freír:**

- Tenox 20
- Tenox 20 A
- Tenox 20 B
- Tenox 21
- Tenox GT-1
- Tenox GT-2
- Tenox TBHQ

**Papas fritas:**

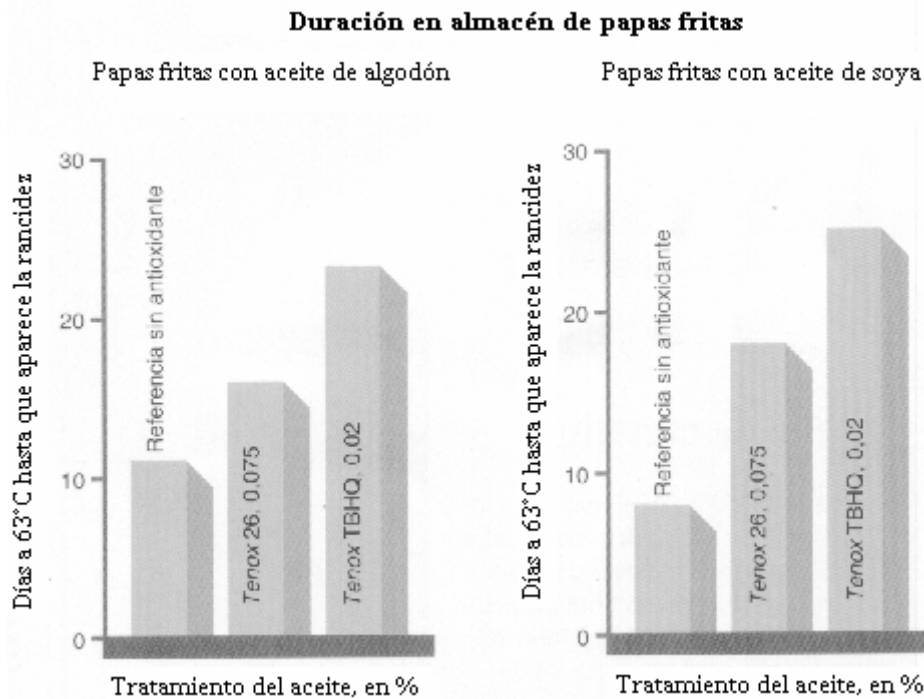
- Tenox 20
- Tenox 20A
- Tenox 20B
- Tenox 21
- Tenox TBHQ

**Productos de snack:**

- |           |            |
|-----------|------------|
| Tenox 7   | Tenox 25   |
| Tenox 20  | Tenox 27   |
| Tenox 20A | Tenox GT-1 |
| Tenox 20B | Tenox GT-2 |
| Tenox 21  | Tenox TBHQ |

### 1.6.3. Evaluación del antioxidante para papas fritas

El laboratorio *Eastman* realizó ensayos de papas fritas con aceites de algodón y de soya. El método de evaluación de las muestras fue de *Schaal*, se estudia también los diferentes tipos de antioxidantes Tenox [12 ,13]. Los resultados se muestran en la figura 1.12.



**Figura 1.12.** Durabilidad de papas fritas con aceite de algodón y soya (ensayo de *Schaal*).

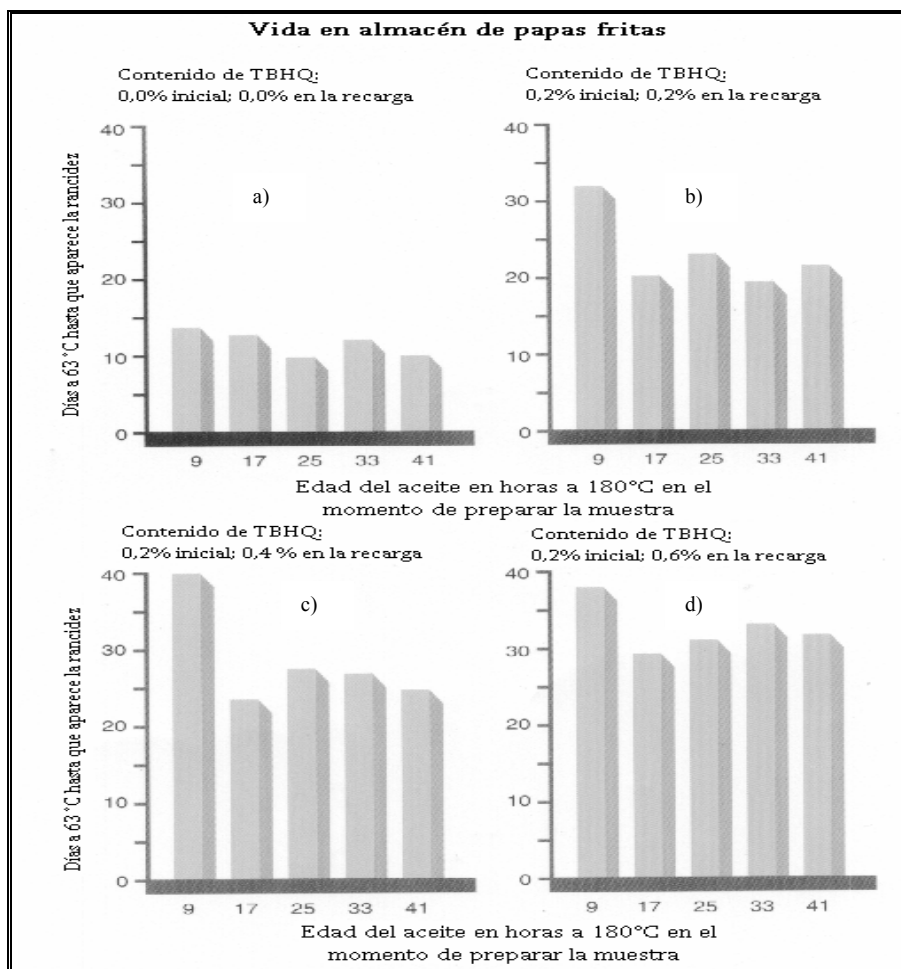
Fuente: Publicaciones de la *Eastman Chemical Company*.

El aceite que tiene un mejor comportamiento es el aceite de soya con el antioxidante Tenox TBHQ (0,02 %) con 26 horas en el horno a 63 °C, en comparación con las 22 horas que obtuvo el aceite de semilla de algodón con el mismo tipo de antioxidante.

### 1.6.4. Porcentaje de antioxidante en la recarga de aceite de fritura

Cuando la fritura es prolongada y se agrega más aceite (recarga), hay que considerar que el antioxidante también se consume, debido a la alta temperatura que está sometido y además porque parte de éste se va en el alimento, entonces al agregar aceite nuevo, la mezcla debe volver a tener la misma cantidad de la concentración inicial, para que sea efectiva. Se necesita que el porcentaje de concentración de antioxidante en la recarga sea mayor, para estabilizar el aceite usado y el aceite nuevo.

La siguiente **figura 1.13** muestra el tiempo de vida (según el método de *Schaal* a 63 °C) obtenido con diferentes porcentajes de antioxidante en la recarga de aceite. Se comprobó que porcentajes más altos de antioxidante en la recarga alargan el tiempo de vida del producto, pero debe cuidarse de no sobrepasar las concentraciones permitidas por las normas de la FDA [12,13].



**Figura 1.13.** Durabilidad de papas fritas con diferentes porcentajes de recarga (ensayo de *Schaal*): a) recarga 0 % b) recarga 0,2 %, c) recarga 0,4 % y d) recarga 0,6 %. Fuente: Publicaciones de la *Eastman Chemical Company*.

### 1.6.5. Estudio de los aceites de fritura realizado por el Instituto de la Grasa de España

El Instituto de la Grasa de España ha realizado varios estudios sobre aceites de frituras, algunos de sus resúmenes obtenidos de la página *web* de este instituto son:

**“Evaluación del nuevo sistema *Viscofrit* para el control de calidad de los aceites y grasas de fritura en el sector de restauración”.** *Viscofrit* es un sistema de utilización rápida y simple que permite obtener información *in situ* sobre la calidad de los aceites y grasas de fritura y, principalmente, sobre el momento en que el aceite o grasa debe ser reemplazado, el equipo *Viscofrit* resulta ser confiable en un 96 % [6].

**“Control de calidad de las grasas de fritura. Validez de los métodos de ensayos rápidos en sustitución de la determinación de compuestos polares”** [7]. Se estudia la validez de los ensayos rápidos de descarte del aceite de fritura, para sustituir la determinación de compuestos polares establecida en la norma de calidad de aceites y grasas calentadas (BOE, 1989), ya que ésta tiene que ser desarrollada en laboratorios especializados y requiere de un periodo de tiempo de 2 horas para conocer el resultado, lo que resulta incompatible con las características de la fritura

en el sector restauración, que necesita pruebas rápidas para evaluar la calidad de un determinado aceite en uso.

Existe un elevado número de métodos analíticos que pueden sustituir a la cuantificación de compuestos polares y que permiten conocer la calidad de la grasa con mayor rapidez. Así por ejemplo, la amplia utilización en laboratorios industriales de la acidez libre o la medida del color de la grasa está bien justificada cuando se ha realizado previamente un estudio para definir la relación entre el método más simple y la determinación de compuestos polares, que permite garantizar el cumplimiento de la norma de calidad. Pero como en este sector de restauración no existen laboratorios especializados, y para que el usuario de la freidora no descarte el aceite de manera subjetiva, se realizó este ensayo para comprobar la validez de algunos ensayos rápidos comerciales.

Se realizan las pruebas considerando dos ensayos comerciales (*Veri-Fry* y *Oxifrit*) y dos pruebas rápidas de laboratorio (Perevalov y Solubilidad en Acetona-Metanol 90:10), donde el ensayo comercial *Oxifrit* dio el menor número de errores, pero las dos pruebas comerciales contribuyen a mejorar la calidad de los aceites de fritura.

**“Regulación de las grasas de frituras y validez de las pruebas rápidas para desechar las grasas”**, en este estudio se demuestra la validez de los métodos de ensayos rápidos como el *Very-Fry*, *Oxifrit* y *Viscofrit*. Estos ensayos rápidos fueron comparados con los métodos analíticos de determinación de compuestos polares y polímeros [8].

**“Control de Calidad en frituras consecutivas”**, evalúa la recarga del aceite de fritura, y concluye lo siguiente: “cuando la renovación es lenta, el aceite se degrada más rápidamente, que cuando se realiza una renovación más frecuente. Cuando hay una renovación constante, los niveles de compuestos polares no llegan a 25 %, existe un deterioro en las primeras frituras hasta llegar a un estado de equilibrio en las sucesivas frituras” [5].

**“Comparación de aceites monoinsaturados y poliinsaturados en fritura continua de papas fritas”** [10], donde se ensayaron aceites monoinsaturados: aceite de oliva y de oleína de palma; y aceites poliinsaturados: aceite de girasol y de soya. Se realizaron pruebas físico-químicas del aceite de fritura: color, punto de humo, altura de espuma, ácidos grasos, índice de yodo, índice de peróxido, índice de anisidina, índice totox, contenido de polímeros y compuestos polares.

En este ensayo los aceites monoinsaturados obtuvieron una mayor puntuación, en la mayoría de los análisis. Y no se pudo determinar el tiempo de vida de las papas fritas, ya que su consumo es inmediato. Lo que recomiendan es utilizar aceite monoinsaturados para los productos fritos que se preparan con la finalidad de almacenarlos y someterlos a una amplia distribución, ya que estos productos tendrán un tiempo de vida mayor.

## CAPÍTULO II : PARTE EXPERIMENTAL

En el proceso de producción actual de la empresa en estudio existen factores que afectan la calidad y la durabilidad de los chifles. Para estudiarlos se realizó una serie de ensayos que permitirán conocer cómo influye cada uno de estos factores en el producto final. En la **tabla 2.1** se muestra de manera resumida las pruebas realizadas. Siendo el aceite el ingrediente principal de los chifles, la durabilidad de éstos dependerán directamente de la estabilidad del aceite.

**Tabla 2.1.** Factores que influyen en la estabilidad del aceite de fritura.

Factores que influyen en la estabilidad del aceite de fritura	Muestras tomadas para el ensayo	Tipos de pruebas	Objetivo del ensayo
Tipo de aceite	Aceite y chifles	Análisis físico- químico del aceite: índice de peróxido, acidez y color; pruebas de <i>Schaal</i> y a temperatura ambiente de los chifles.	Conocer el tipo de aceite que mejor se comporta en el proceso de fritura.
Tiempo de trabajo del aceite	Chifles	Prueba a temperatura ambiente.	Conocer la influencia del tiempo de trabajo del aceite de fritura en la calidad del chifle.
Filtrado del aceite	Aceite	Análisis físico químico: índice de peróxido, acidez y color.	Investigar el comportamiento del aceite de fritura realizando filtrado y recarga de aceite.
Recarga del aceite (añadir aceite nuevo o limpio al aceite en uso)			
Temperatura de fritura	Aceite y chifles	Pruebas de <i>Schaal</i> y a temperatura ambiente de los chifles; y prueba en el Rancimat al aceite y chifles.	Conocer el tipo de antioxidante comercial adecuado para el proceso y el tiempo de vida de los chifles con este aditivo.

Existen otros factores que influyen en la durabilidad de los chifles (ver **tabla 2.2**), estos factores no están vinculados al aceite de fritura, pero influyen en la calidad y el tiempo de vida de los chifles.

**Tabla 2.2.** Otros factores que influyen en la vida de anaquel de los chifles.

Otros Factores que influyen en la vida de anaquel de los chifles	Muestras tomadas para el ensayo	Tipos de pruebas	Objetivo del ensayo
Tiempo de enfriamiento de los chifles antes del envasado.	Chifles	Prueba a temperatura ambiente	Verificar la influencia del tiempo de enfriado de los chifles en la calidad de los mismos.
Tipo de material de envasado.	Chifles	Prueba a temperatura ambiente	Conocer el tiempo de vida de los chifles en dos tipos de envases (polipropileno y BOPP metalizado).

La evaluación del aceite de fritura se realizó tomando muestras de aceite en diferentes etapas del proceso. Los análisis químicos (índice de peróxido, acidez y color) del aceite se llevaron a cabo en los laboratorios de UCISA S.A., Alicorp S.A. y LARESA. Además se optó por ensayar varios aceites con la finalidad de conocer su comportamiento en el proceso y poder seleccionar el más adecuado.

Otro objetivo del estudio es prolongar el tiempo de vida del producto haciendo uso de antioxidantes que ayuden a retardar el proceso de enranciamiento del aceite en la fritura y/o en los chifles como producto terminado. Se obtuvo información técnica de varias empresas proveedoras de antioxidantes y se compararon las características de dichos aditivos.

Para la evaluación de los chifles se utilizaron dos tipos de pruebas, según las condiciones de conservación a las que fueron sometidos antes de ser ensayados: 1) pruebas de envejecimiento acelerado (ensayos de *Schaal* y Rancimat) y 2) prueba a temperatura ambiente; estas pruebas se efectuaron en la Universidad de Piura, UCISA S.A. y la empresa en estudio.

Para un mejor entendimiento de las pruebas efectuadas, a continuación se describe de manera general el proceso de elaboración de los chifles.

## 2.1. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS CHIFLES

En la empresa donde se hizo el estudio, la elaboración de los chifles se realiza de manera semi-industrial y sus operaciones son:

**Recepción e inspección del plátano:** al ingresar el plátano a la planta de producción se realiza una inspección visual de sus características (grado de madurez, grosor y tamaño del plátano).

**Selección:** se procede a retirar del proceso los plátanos malogrados, maduros y/o pintones (a punto de madurar). Los plátanos malogrados son desechados, y los

plátanos maduros y/o pintones son utilizados para la elaboración de otro producto similar (chifles dulces).

**Escaldado y pelado:** la eliminación de la cáscara constituye una de las operaciones más tediosas, debido a la adherencia de ésta a la pulpa y a la presencia de látex en la cáscara. Para disminuir el látex y la adherencia de la cáscara se realiza un escaldado (sumergir los plátanos en agua caliente) a 60 °C por medio minuto. El pelado se realiza manualmente con un cuchillo. Finalmente, los plátanos son contados y colocados en cestas plásticas.

**Rebanado:** en la empresa donde se realiza el estudio la forma de hojuela es ovalada y el espesor de hojuela es de 1,2 mm aproximadamente.

La empresa cuenta con una máquina rebanadora de plátanos semi- automática. Esta operación se realiza directamente sobre las pailas con aceite caliente, para evitar que las hojuelas se adhieran unas con otras.

**Fritura:** Esta operación se realiza por batch, en pailas de acero inoxidable de aproximadamente 15 L de capacidad, pero normalmente se trabaja con 10 L de aceite. Se frien 6 plátanos rebanados como máximo por batch (lo que equivale a 2,5 kg de chifles).

Las hojuelas se sumergen en el aceite a una temperatura de 175-180 °C. Es necesario mover las hojuelas constantemente para evitar que se adhieran unas con otras, teniendo cuidado que no se rompan. Cuando las hojuelas están en su punto de cocción (aproximadamente 3,5 minutos), se retiran del aceite en coladeras.

La temperatura se verifica empíricamente, sumergiendo una hojuela en el aceite caliente, si esta sale rápidamente a la superficie, es señal que el aceite se encuentra en la temperatura adecuada.

Con ayuda de una coladera de malla muy fina de acero inoxidable, se realiza la limpieza del aceite después de que termine cada batch de chifles. También se realiza filtrado de aceite cada cierto tiempo, dependiendo de cómo se encuentre el color del aceite (cuando se encuentra oscuro), el filtrado consiste en pasar el aceite caliente por una tela (yute), esta operación es muy peligrosa debido a que pueden producirse derrames de aceite caliente (175-180 °C).

**Ecurrido:** se suspende la coladera con chifles en un recipiente dejando escurrir por 3 minutos aproximadamente, cada cierto tiempo el aceite del recipiente se vierte a la paila. Luego los chifles son colocan sobre papel absorbente para terminar su escurrido.

**Salado y selección:** la adición de sal se realiza con ayuda de una coladera de malla fina, y se espolvorea uniformemente para evitar que queden hojuelas sin salar o muy saladas, moviendo con cuidado para evitar que las hojuelas se rompan. La sal empleada es fina y seca.

Conjuntamente a esta operación se realiza una inspección rápida con la finalidad de eliminar los chifles que no se encuentren aptos para ser envasados, como hojuelas quemadas, pegadas, crudas o gruesas.

**Envasado:** cuando los chifles se encuentren fríos a temperatura ambiente, se colocan en bolsas de polipropileno biaxialmente orientado (siglas en inglés BOPP), luego se añade cancha y cecina (carne de res seca, frita y deshilachada), según la presentación. Se aclara que las muestras de chifles para el presente estudio fueron envasadas sin cancha ni cecina, por ser el estudio exclusivamente referido a los chifles.

**Pesado:** se realiza según la presentación de los chifles, las presentaciones de 250 y 500 g se pesan una por una, pero en las presentaciones pequeñas se toman muestras de las bolsas en cada lote para verificar el peso.

**Sellado y empacado:** se procede a sellar la bolsa tratando de dejar la menor cantidad de aire dentro de ella, ya que esto facilitaría la oxidación de la grasa. Posteriormente se colocan las bolsas en cajas de cartón.

El diagrama de bloques del proceso de elaboración de los chifles se muestra en la **figura 2.1**.

## 2.2. MATERIALES

En este apartado se detallan la materia prima e insumos utilizados para la preparación de las muestras de chifles que fueron evaluados, así como los equipos y reactivos necesarios para los análisis del aceite de fritura y pruebas de durabilidad de los chifles.

### 2.2.1. Materia prima e insumos

La elaboración de las muestras se hizo en todos los casos en las instalaciones de la planta de producción de la empresa, mientras que las pruebas de conservación y los análisis respectivos se realizaron en el Laboratorio de Control de Calidad de UCISA y en el Laboratorio de Química de la Universidad de Piura. Para todos los ensayos realizados se utilizó lo siguiente:

#### **Insumos:**

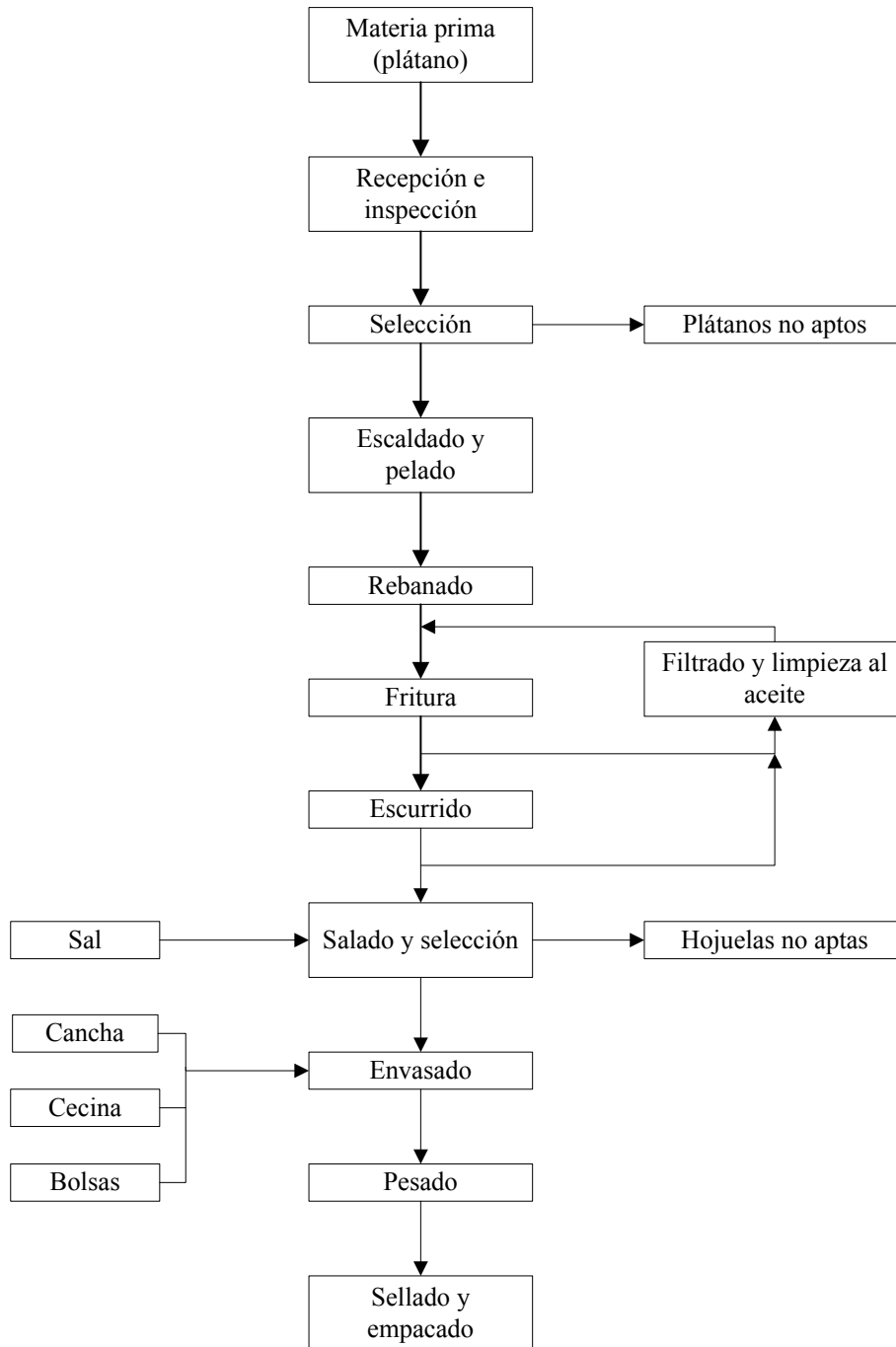
##### **a) Aceites**

Además de ser el medio de cocción, el aceite es el ingrediente que realza el sabor de los chifles, por eso la importancia de utilizar aceites de calidad que mantengan sus características físicas y químicas a lo largo del proceso productivo. Por otro lado, su costo debe ser razonable ya que el aceite es el insumo con mayor incidencia de costo en la producción.

Debemos utilizar un aceite que soporte la temperatura de fritura que en el caso de los chifles es de 175-180 °C, ya que a esa temperatura el proceso de oxidación del aceite es bastante rápido.

Para la selección de los aceites, se tomó como referencia el estudio realizado por el Instituto de la Grasa y Aceite de España, “comparación de aceites monoinsaturados y poliinsaturados en frituras continuas” [10], y se decidió evaluar dos de los tipos de

aceite estudiados por este instituto, cuales son el aceite de girasol y aceite de palma. Y como en Piura se produce aceite de soya puro y aceite de soya con un pequeño porcentaje de aceite algodón, se consideraron estos otros dos tipos también en la evaluación.



**Figura 2.1.** Diagrama de bloques del proceso de elaboración de chifles en la planta donde se realizó el estudio.

A continuación se detallan los cuatro tipos de aceite utilizados en los ensayos:

**Aceite A:** aceite vegetal, 100 % puro de girasol; producido por una empresa Argentina.

Según el fabricante, la temperatura ideal de fritura de este aceite es de 180 °C. No contiene conservantes ni agregados químicos y tiene un mayor nivel de pureza por su quintuple filtrado.

**Aceite B:** aceite vegetal 100 % de soya; producido por una industria local.

Según información verbal del proveedor este producto contiene antioxidante (TBHQ) en un 0,02 % del peso del aceite.

**Aceite C:** aceite vegetal de soya y algodón; también es producido en Piura.

Según el fabricante, la proporción de aceite de soya varía entre 80 y 100% siendo el resto aceite de algodón; cuando se realizaron los ensayos estos porcentajes fueron de 95 % aceite de soya y 5 % de aceite de algodón.

Se informó verbalmente que este aceite contiene antioxidante Tenox 20 en un porcentaje de 0,05 % del peso del aceite. Cuando se realizó el estudio, la empresa de chifles compraba usualmente este aceite.

**Aceite D:** es un aceite vegetal 100 % puro de palma; producido en el departamento de San Martín.

De este aceite no se ha logrado obtener información técnica, sólo se conoce que tiene un tiempo de vida de 1 año.

En la **tabla 2.3** se muestra la información técnica recopilada de los aceites.

**Tabla 2.3.** Composición química de los aceites usados en el estudio.

Características	Unidades	Aceite A	Aceite B	Aceite C
Acidez libre	%	Max 0,1	Máx 0,1	0,04 a 0,05
Color Lovibond	Celda 5 ¼"	Max 0,7 R Max 10 A	Máx 1,8 R	0,5 a 1,5 R
Índice de peróxido	(meq O <sub>2</sub> /kg)	1,5	Máx 0,6	Max 1,0
Sabor		Suave	Muy bueno	*
Índice de refracción	$\eta_D$	1,4719 – 1,4740 a 25 °C	*	1,4605 a 1,4610 a 60 °C
Índice de yodo	$W_{iis}$	119 - 140	*	130 - 132
Antioxidante	% sobre el peso del aceite	No contiene	*	0,05
Tiempo de vida		2 años	1 año	8 meses

(\*) Dato no especificado por el proveedor.

## b) Antioxidantes

Los antioxidantes son productos químicos que retardan la oxidación de los aceites y grasas. Deben utilizarse responsablemente, añadiendo al aceite la dosis que especifica la FDA (máximo 0,02 % del peso del aceite) y en la forma correcta.

Para el caso de los chifles y los *snacks* en general, se puede adicionar de dos maneras, una es agregando el antioxidante al aceite de fritura (método directo, concentrado o proporcional), y otra es aplicándolo al producto terminado (método atomizado o con la sal). La adición directa a los chifles puede ser ineficiente cuando no se realiza uniformemente.

La manera más eficiente es al añadirlo al aceite de fritura, porque tiene un doble efecto: protege el aceite durante la fritura, aumentando su tiempo de vida útil; y prolonga la vida de anaquel del producto frito ya que el antioxidante pasa al producto final.

En el capítulo anterior se mencionó que los antioxidantes sintéticos que se adecuan mejor en el proceso de fritura profunda y los que están permitidos en el Perú son: butil-hidroxianisol (BHA), terc-butil-hidroquinona (TBHQ) y tocoferoles; los galatos son poco resistentes a altas temperaturas y están prohibidos en nuestro país, pero existen antioxidantes comerciales en el Perú que contienen este tipo de antioxidante, por ese motivo han sido considerados en este estudio. Los antioxidantes comerciales a ensayar son:

**Tenox 20**, producido por *Eastman Chemical* (E.U.A.) y distribuido en el Perú por Química Anders S.A.C.

Tenox 20 es un líquido de color ámbar claro a pardo dorado, compuesto por antioxidante terc-butil hidroquinona TBHQ (E-319), ácido cítrico y propilenglicol (E-1520).

El porcentaje de Tenox 20 permitido por la FDA es 0,1 % del peso del aceite. Se conoce por la empresa proveedora del aceite C que utilizan antioxidante Tenox 20 en un 0,05 %, para lo cual el proveedor de Tenox 20 sugirió que se considere el porcentaje de antioxidante que contiene el aceite y que se añadiera el porcentaje restante al 0,1 %, es decir 0,05 % del peso del aceite.

Los antioxidantes Tenox tienen diferentes métodos de aplicación (ver métodos de aplicación en **anexo C**), siendo el método directo el más conveniente para el proceso, este se realiza calentando el aceite entre 63-80 °C y luego se agita vigorosamente hasta que toda la masa esté en movimiento, cuidando que no se incorpore una cantidad excesiva de aire, entonces se agrega el antioxidante lentamente, una vez terminada la adición se debe continuar agitando durante 20 minutos para que el antioxidante quede total y uniformemente mezclado.

**Ecoprol 2021**, es producido por Ecopro S.A. (Perú)

Ecoprol 2021 es un líquido de color ámbar claro, soluble en aceites y grasas, compuesto por galato de propilo (E-310), extracto de tocoferoles (E-306), palmitato de ascorbilo (E-304), emulsificador (E-471), propilenglicol (E-1520) y aceite de algodón (E-236)

La dosis de este antioxidante a añadir es de 0,1 % del peso del aceite.

Ecoprol 2021 se adiciona al aceite y se calienta hasta 60 °C, se agita hasta lograr una distribución uniforme y el aceite queda listo para ser usado.

**Montanox**, producido por Montana S.A. (Perú)

En este estudio se consideró dos productos de la línea Montanox: Montanox BT-27 compuesto por terc-butil hidroquinona TBHQ (E-319), hidroxianisol butilado BHA (E-320), otros elementos funcionales; y Montanox GS-30 compuesto por hidroxianisol butilado BHA (E-320), galato de propilo (E-310), ácido cítrico, otros elementos funcionales.

La dosis de Montanox BT-27 y GS-30 es 0,05 % del peso del aceite.

El método de aplicación es igual para ambos antioxidantes. Los antioxidantes Montanox tienen dos métodos de aplicación: método directo y atomizado (ver métodos de aplicación en **anexo D**), siendo el más conveniente el método directo, se realiza añadiendo la cantidad de antioxidante Montanox, previamente pesado y agitando el aceite por 15 minutos en forma lenta para asegurar la distribución uniforme.

Se sabe que a medida que se realizan las frituras, el producto absorbe el antioxidante, por eso el representante de la empresa Montana S.A. recomienda añadir un 20% de antioxidante para compensar el gasto del mismo. También recomienda discontinuar su uso cuando el aceite toma un color marrón oscuro.

### **c) Sal**

Es un condimento que realza el sabor de los alimentos, tiene que añadirse adecuadamente para lograr un salado uniforme. Se utilizó la sal de marca PuraSal con yodo y flúor, elaborada por QUIMPAC S.A.

Los ingredientes especificados en el envase son: cloruro de sodio, yoduro de potasio y fluoruro de potasio.

### **d) Material de envasado**

El material de envase debe ser el adecuado, de manera que ayude a la conservación de los chifles. Las láminas plásticas transparentes, como polipropileno, permiten el paso de los rayos de luz, que favorecen el enranciamiento de los chifles.

Existen láminas opacas como las de BOPP metalizado (las siglas en inglés BOPP significan polipropileno biaxialmente orientado); es una película de polímero termoplástico de polipropileno, con una estructura molecular ordenada formada por el proceso de orientación biaxial, donde las moléculas son mecánicamente inducidas a seguir las mismas líneas de fuerza tanto en sentido longitudinal como transversal.

El resultado es como un tramado molecular que da gran resistencia mecánica e impermeabilidad al comparar esta película con la no orientada. La película biorientada entonces, deja de ser termoplástica precisamente por esa alta tenacidad que adquieren sus moléculas.

El espesor de las láminas de polipropileno y BOPP metalizado es de 50 micras.

Con estas láminas se confeccionan las bolsas para el envasado de los chifles. Para ello se usa una selladora de impulso eléctrico, teniendo en cuenta que el sellado debe ser resistente, impermeable y debe facilitar la apertura de la bolsa. La mayoría de pruebas de chifles se realizó en bolsas de BOPP metalizado, a excepción del primer ensayo con distintos aceites que se realizó en bolsas de polipropileno transparente.

### 2.2.2. Equipos, reactivos y material de laboratorio

Los equipos, materiales y reactivos para los análisis de aceite (índice de peróxido, acidez y color) y las pruebas de envejecimiento acelerado de los chifles (ensayos de *Schaal* y *Rancimat*) se mencionan a continuación:

#### **Equipos:** (ver figura 2.2)

- Rancimat marca *Metrohm* 8.679.1013
- Rotavapor a vacío marca *Büchi*, tipo R110.
- Estufa con ventilación forzada marca *Memmert*, tipo ULM 500.
- Colorímetro de Lovibond marca *Tintometer* modelo F.

#### **Material de laboratorio:**

- Material de vidrio: matraz, erlenmeyer, pipeta y bureta.
- Material convencional: cocina de una hornilla y balanza digital.
- Equipo para extracción de aceite tipo Butt: Condensador de agua fría, matraz de 50-100 cc y tubo Butt.

**Reactivos:** todos los reactivos utilizados fueron del tipo para análisis (p.a.), estos son los siguientes:

- **Para extracción *Soxhlet*:** hexano o éter de petróleo.
- **Para análisis del índice de peróxido:** ácido acético clorofórmico, solución de yoduro de potasio, tiosulfato (0,01 N), indicador de almidón, agua destilada (**ver anexo E**).
- **Para análisis de acidez:** alcohol neutralizado, hidróxido de sodio 0,1 N, fenoltaleína.

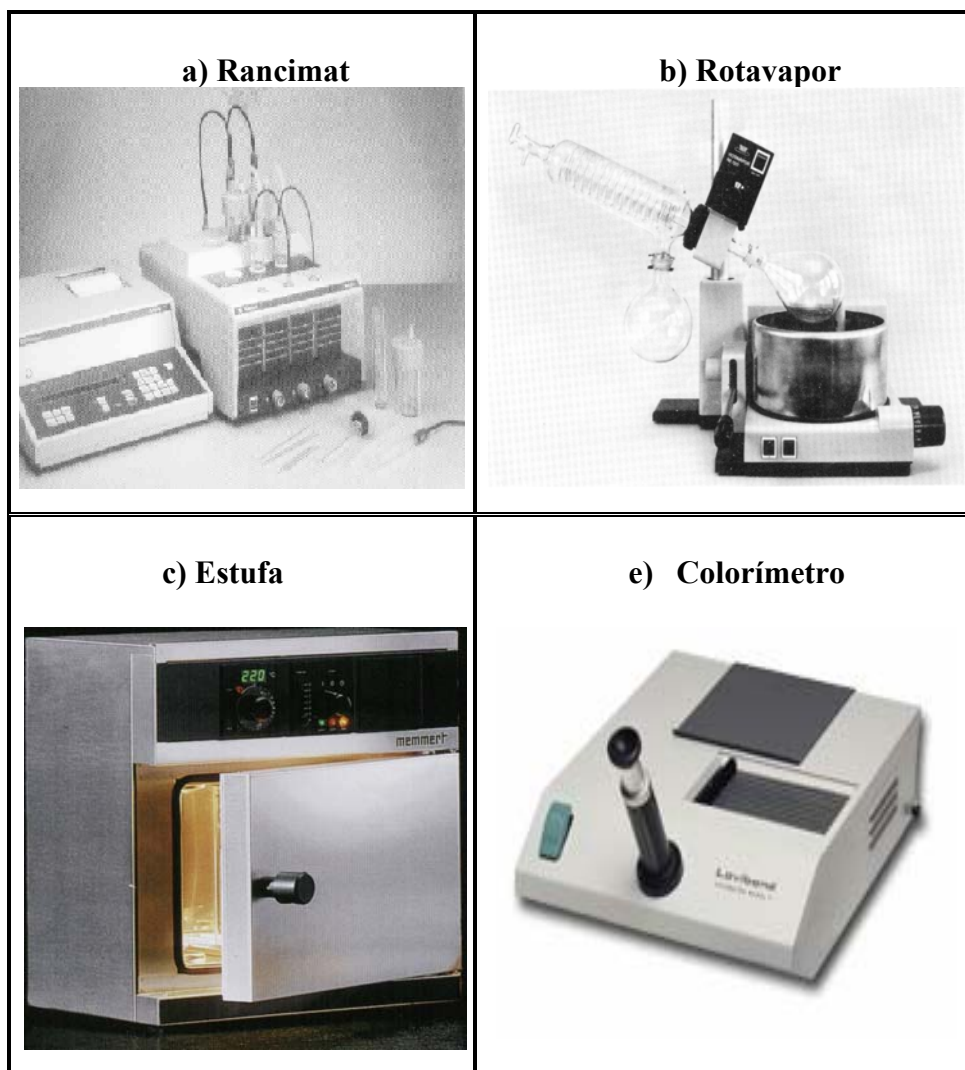


Figura 2.2. Equipos utilizados en los ensayos: a) Rancimat, b) rotavapor, c) estufa y d) colorímetro.

## 2.3. Métodos

Los métodos utilizados para los análisis del aceite se basaron en los “*Official methods and recommended practices of the American oil chemists’ society*” [9], de donde se tomaron los siguientes métodos para nuestro estudio:

### 2.3.1. Análisis del aceite

#### a. Determinación del índice de peróxido

##### Procedimiento:

- Tarar un erlenmeyer y pesar 5 g de muestra del aceite.
- Agregar 30 mL de ácido acético clorofórmico, y agitar.
- Agregar 0,5 mL de solución de yoduro de potasio y agitar por 1 minuto.
- Agregar 30 mL de agua destilada.

- Titular con tiosulfato (0,01N) y agitar constantemente hasta que la muestra tome un color amarillo medio, aproximadamente 0,5 mL, esto para eliminar la cantidad de yodo en la muestra.
- Agregar 1 mL de indicador de almidón y agitar. Si la coloración de la solución cambia a un tono marrón es por que la muestra tiene peróxido y se procede a continuar con el último paso, de lo contrario no tiene peróxidos y termina el análisis.
- Titular con tiosulfato agitando constantemente el erlenmeyer, hasta que la solución tome un color blanco.

**Cálculo:**

$$\text{IP (meq O}_2\text{/kg)} = \text{Gasto de tiosulfato} \times 2$$

**b. Determinación de acidez**Procedimiento:

- Talar un erlenmeyer y pesar 28,2 g de aceite.
- Agregar 50 mL de alcohol neutralizado.
- Agregar unas gotas de fenoltaleína, y agitar.
- Titular con hidróxido de sodio 0,1 N; hasta que tome un color rosado grosella.

**Cálculo:**

$$\text{AGL (\%)} = \text{Gasto de hidróxido de sodio} \times$$

**c. Determinación de color (Lovibond):**Procedimiento:

- Colocar la muestra de aceite en el portaobjetos del colorímetro.
- Observar a través de monocular y manipular de forma que los vidrios de colores coincidan en la misma tonalidad que la muestra.
- Anotar el valor del color de la muestra.

**2.3.2. Extracción de aceite**

Para las pruebas de envejecimiento acelerado de los chifles en el Rancimat fue necesario realizar extracciones de aceite a los chifles, para ello se utilizaron dos métodos:

### a. Método Soxhlet

#### Procedimiento:

- Triturar los chifles en un mortero de porcelana (lo más fino posible).
- Tarar el papel de filtro.
- Pesar 5 g de chifles.
- Envolver los chifles triturados en el papel de filtro (**ver anexo F**) y amarrar el cartucho con un hilo.
- Montar el equipo de extracción *Soxhlet* (**ver anexo F**).
- Colocar el cartucho en el equipo *Soxhlet* y agregar hexano/éter de petróleo, hasta que el balón tenga aproximadamente 250 mL .
- Recircular agua en el condensador de agua del equipo *Soxhlet*.
- Calentar a la temperatura de ebullición del solvente, 68 °C si es hexano y a 40-60 °C si es éter de petróleo.
- Se deja la muestra por 4 horas, contabilizando después del primer ciclo de recirculación del hexano/éter de petróleo.
- Llevar al rotavapor, para eliminar el solvente, a una temperatura de baño de agua igual a la temperatura de ebullición del solvente utilizado, y una presión reducida que se consiguió con una trompa de vacío. Cuando no se perciba olor del solvente, la muestra de aceite queda lista para ser evaluada en el Rancimat.

### b. Método de extracción de aceite en frío

Es la manera más sencilla de extraer el aceite de los chifles y se ha realizado para comparar los resultados del método de extracción *Soxhlet*, el cual tiene un procedimiento estándar.

#### Procedimiento:

- Triturar los chifles en un mortero de porcelana (lo más fino posible).
- Colocar la muestra de chifles en un matraz.
- Agregar hexano hasta que cubra la muestra.
- Tapar el matraz y dejar reposar durante 2 horas, agitar cada cierto tiempo.
- Filtrar la solución.
- Observar el color de los chifles, si aún tienen un color amarillo incorporar más hexano y dejar reposar durante 2 horas más, agitar cada cierto tiempo y filtrar cuando los chifles estén blancos.
- Llevar el extracto al rotavapor, para eliminar el solvente, igual que el método *Soxhlet*. Cuando no se perciba olor del solvente, la muestra de aceite queda lista para ser evaluada en el Rancimat.

### 2.3.3. Prueba de durabilidad en el Rancimat

Esta prueba se utiliza para determinar el tiempo de vida de aceites, grasas y productos sólidos con contenido de aceite; en el primer caso la muestra se lleva directamente al Rancimat, en el segundo la grasa tiene que llevarse a estado líquido, y en el último se realiza una previa extracción del aceite al producto sólido.

**Procedimiento:**

- Ingresar los parámetros de marcha del Rancimat (temperatura: 120 °C y caudal de aire de 20 L/h).
- Colocar 2,5 g de la muestra de aceite en el canal del Rancimat.
- Realizar todas las conexiones respectivas.
- Poner en marcha y dejar hasta que termine automáticamente el ensayo.
- Convertir el tiempo de vida del reporte (h) a meses.

**Cálculo del tiempo de vida:**

El reporte que emite el Rancimat nos da el tiempo expresado en horas y haciendo las conversiones correspondientes se expresa el tiempo en meses.

$$\text{Tiempo de vida (meses)} = \text{Dato del reporte (h)} \times 2 \times F \text{ (d/h)} \div 30 \text{ (d/mes)}$$

F: factor de conversión del Rancimat

**Consideraciones:**

El factor de conversión F que utiliza el laboratorio de UCISA S.A. para su aceite es 8 (d/h) y se ha considerado el mismo valor debido a que no se tiene un factor de conversión para productos como los chifles.

La temperatura de trabajo normal del método es de 110 °C, pero para mayor rapidez se trabajó con 120 °C por ello hay que multiplicar por 2 (debido a que el tiempo de vida del aceite se reduce a la mitad al elevar la temperatura 10 °C), según indicaciones del personal del laboratorio de dicha empresa.

**2.3.4. Ensayos de fritura**

Se realizó una inspección detallada del proceso para conocer cuales son los posibles factores que pueden influir en la duración de este producto. Para lo cual se han realizado diferentes ensayos variando: el tipo aceite, tiempo de fritura del aceite, tiempo de enfriamiento de los chifles, tipo de envase, filtrado y recarga del aceite. Y para prolongar la vida de anaquel de los chifles se han ensayado antioxidantes como: Tenox 20; Montanox BT-27 y GS-30; y Ecoprol 2021.

Todos los ensayos se han llevado a cabo en condiciones normales de producción con una temperatura de fritura de 175-180 °C, la que se disminuye a 160-170 °C para terminar la cocción de los chifles; y con ayuda de una máquina rebanadora a excepción del primer ensayo donde el rebanado fue manual.

Además con estos ensayos podemos verificar si el producto está cumpliendo con la Norma Técnica Peruana de bocaditos (NTP 209.226).

El procedimiento para la preparación de muestras de aceite y chifles fue el siguiente:

**Procedimiento para la toma de muestras de aceite:**

- Marcar las pailas (cuando se trabaja con más de un aceite o antioxidante).
- Retirar la cantidad necesaria de aceite de la paila en un recipiente de acero inoxidable, hay que tener mucho cuidado y utilizar los accesorios adecuados ya que la temperatura del aceite es muy alta (175-180 °C).
- Dejar enfriar por un tiempo corto evitando su contaminación.
- Colocar el aceite en las botellas de vidrio esterilizadas y codificadas.
- Llevar las muestras a los laboratorios para realizar los análisis químicos respectivos.

**Procedimiento para la toma de muestras de chifles:**

- Rotular las mesas donde se van a enfriar los chifles, para evitar confusiones de muestras.
- Salar los chifles y dejar enfriar.
- Envasar en bolsas de polipropileno/BOPP metalizado codificadas y sellarlas.
- Llevar las muestras para realizar las pruebas respectivas.

A continuación se detallan las condiciones en la que se llevaron a cabo los ensayos:

**1. Ensayos con distintos aceites comerciales**

En este ensayo se llevaron a cabo dos pruebas con diferentes aceites vegetales, la primera se realizó con tres tipos de aceite y el segundo con cuatro, donde se evaluó el aceite de fritura y el producto terminado.

**a) Primera prueba**

Los aceites en estudio fueron: A (girasol), B (soya) y C (soya + algodón), y la **tabla 2.4** nos indica las fechas de vencimiento y su tiempo en el mercado (tiempo transcurrido desde su producción hasta la fecha que se realizó el ensayo), estos datos nos permiten verificar que los aceites utilizados en el ensayo no se encontraban vencidos, y además son relativamente frescos con respecto a su tiempo de vida (ver **tabla 2.3**).

**Tabla 2.4.** Fechas de vencimiento y tiempo en el mercado de los aceites de ensayo con distintos aceites – primera prueba.

<b>Aceite</b>	<b>Fecha de vencimiento</b>	<b>Tiempo en el mercado</b>
A	10/2003	4 meses
B	07/02/2003	1 día
C	10/09/2002	1 mes

Se utilizó una paila para cada aceite, con una cantidad inicial de 10 L de aceite por paila.

El rebanado del plátano se realizó de forma manual con un rebanador de madera con cuchillas de acero inoxidable; se rebanó igual cantidad de plátanos en cada paila.

Se realizó dos recargas de aceite de 2,5 L, la primera se realizó a los 45 minutos y la segunda recarga a la 1,5 horas.

En la **tabla 2.5** se indican las diferentes etapas en las que se tomaron las muestras de aceite, con su respectivo tiempo de fritura.

**Tabla 2.5.** Muestras de aceite del ensayo con distintos aceites - primera prueba, con su respectivo tiempo de fritura y etapa.

<b>Etapas</b>	<b>Muestra de aceite</b>	<b>Tiempo de fritura</b>
0	Inicial	0 min
1	Antes de la 1 <sup>a</sup> recarga	45 min
2	Después de la 1 <sup>a</sup> recarga (2,5 L)	45 min
3	Antes de la 2 <sup>a</sup> recarga	1 h 35 min
4	Después de la 2 <sup>a</sup> recarga (2,5 L)	1 h 35 min
5	Final	2 h 30 min

Los chifles de este ensayo fueron envasados en bolsas de polipropileno. Las muestras de chifles fueron tomadas en las etapas 1 y 5 (primera y última fritura) con la finalidad de comparar el tiempo de vida de los chifles y evaluar la influencia del aceite que ha pasado varias horas sometido a las condiciones del proceso.

Los análisis realizados a las muestras de aceite fueron: acidez, índice de peróxido y color; y a las muestras de chifles se les realizó pruebas de durabilidad de *Schaal* (en estufa a 60 °C) y a temperatura ambiente.

Se decidió realizar un segundo ensayo donde se evaluarán los chifles (no el aceite de la paila), un nuevo tipo de aceite, mayor cantidad de aceite en la recarga y un nuevo material de envasado.

### **b) Segunda prueba**

Los aceites ensayados fueron: A (girasol), B (soya), C (soya y algodón) y D (palma), en la **tabla 2.6** se muestran las fechas de vencimiento y tiempo en el mercado, donde verificamos que los aceites utilizados no se encontraban vencidos y que se trataban de aceites frescos.

Cada uno de los aceites se encontraba en una paila diferente y la cantidad de aceite al inicio del proceso fue 10 L.

El rebanado de plátano se realizó con la máquina rebanadora semi-automática. Se rebanaron 6 plátanos en cada paila.

**Tabla 2.6.** Fechas de vencimiento y tiempo en el mercado de los aceites del ensayo con distintos aceites - segunda prueba.

<b>Aceite</b>	<b>Fecha de vencimiento</b>	<b>Tiempo en el mercado</b>
A	10/11/2003	5 meses
B	15/03/2003	22 días
C	19/10/2002	2 meses
D	25/02/2003	2 meses

Se realizó dos recargas de aceite de 6,5 L cada una, pero como el aceite D se volatilizaba y/o consumía más rápido que los demás aceites, las recargas para este aceite fueron de 8,5 L.

Las muestras de chifles se envasaron en bolsas de BOPP metalizado, y se prepararon muestras de chifles de la primera y última fritura (etapas 1 y 5). Los ensayos realizados de durabilidad fueron: *Schaal* (a 60 °C) y a temperatura ambiente.

## 2. Ensayo a diferentes tiempos de trabajo del aceite de fritura

El tiempo que el aceite de fritura soporta las condiciones de trabajo (temperatura, humedad de la materia prima, oxígeno al que está expuesto, migajas quemadas del alimento frito) ocasiona que la calidad del aceite se deteriore y consecuentemente, la calidad del producto final. En este ensayo se quiere conocer cómo influye el tiempo de trabajo del aceite de fritura en la de vida de anaquel de los chifles.

Los chifles fueron fritos con aceite C, y el aceite tenía un grado de recarga (GR) de 20 %, las muestras fueron tomadas en diferentes tiempos de frituras, posteriormente envasadas en bolsas de BOPP metalizado previamente codificadas, los códigos de las muestras de chifles con el respectivo tiempo de fritura se indican en la **tabla 2.7**.

Los chifles de este ensayo fueron evaluados con la prueba de durabilidad a temperatura ambiente.

**Tabla 2.7.** Tiempo de trabajo del aceite de fritura en cada una de las muestras de chifles.

<b>Muestra de chifles</b>	<b>Tiempo de trabajo del aceite de fritura (h)</b>	<b>Muestra de chifles</b>	<b>Tiempo de trabajo del aceite de fritura (h)</b>
E2-01	0	E2-05	3
E2-02	1	E2-06	5
E2-03	1,5	E2-07	6
E2-04	2	E2-08	7

### 3. Ensayo con recarga y filtrado de aceite en el proceso de fritura

Este ensayo se divide en dos partes, y son:

#### a) Proceso de fritura realizando sólo filtrado de aceite

En este ensayo se realizaron dos filtrados de aceite, cuando el aceite tenía 2 y 6 horas de fritura. Con el objetivo de conocer como varían la acidez, índice de peróxido y color del aceite; y comparar los resultados con el siguiente ensayo realizando recarga y filtrado de aceite. No se incorporó antioxidante al aceite.

En la **tabla 2.8** se puede ver las muestras de aceite tomadas y su tiempo de fritura.

**Tabla 2.8.** Muestras de aceites de fritura del proceso cuando se realiza filtrado.

<b>Etapas</b>	<b>Muestras de aceite</b>	<b>Tiempo de fritura (h)</b>
0	Inicial	0
1	Antes del 1° filtrado	2
2	Después del 1° filtrado	2
3	Después del 2° filtrado	6

#### b) Proceso de fritura realizando recarga y filtrado del aceite

En esta prueba además del filtrado se ha realizado dos recargas de aceite donde se añadió 5 L a cada paila, estas se realizaron inmediatamente después del filtrado de aceite. En la **tabla 2.9** se puede ver las muestras de aceite tomadas y su tiempo de fritura. De la fórmula citada en el capítulo I apartado 1.4.5 se obtiene que el grado de recarga (GR) en éste proceso es de 20 %.

**Tabla 2.9.** Muestras de aceites de fritura del proceso cuando se realiza filtrado y recarga de aceite de 20 %.

<b>Etapas</b>	<b>Muestra de aceite</b>	<b>Tiempo de fritura (h)</b>
0	Inicial	0
1	Antes del 1° filtrado	1
2	Después del 1° filtrado y recarga de 5 L de aceite	1
3	Antes del 2° filtrado	3
4	Después del 2° filtrado y recarga de 5 L de aceite	3
5	Final	5

Los análisis químicos realizados a las muestras de aceite fueron: acidez, índice de peróxido y color.

#### 4. Influencia del tiempo de enfriamiento antes del envasado

El producto frito se ve afectado por el medio donde se enfría ya que el aire, clima y humedad pueden favorecer la oxidación, causando disminución en el tiempo de vida del producto.

El aceite utilizado en este ensayo fue el C (soya y algodón), y las muestras fueron preparadas en envases BOPP metalizado.

Los chifles de la primera fritura fueron separados y envasados después de un cierto tiempo de enfriamiento, como se detalla en la **tabla 2.10**:

**Tabla 2.10.** Muestras de chifles con diferentes tiempos de enfriamiento antes de ser envasados.

<b>Código de la muestra de chifles</b>	<b>Tiempo de enfriamiento de los chifles (h)</b>
E4-01	0,5
E4-02	1
E4-03	2
E4-04	4
E4-05	5

Las muestras de chifles fueron evaluadas por el método a temperatura ambiente.

#### 5. Ensayo con dos materiales de envasado (polipropileno y BOPP metalizado)

El envase de un alimento debe ser el adecuado para lograr que el producto sea apetecible a los consumidores, evitar el enranciamiento y en general conservar el buen sabor, olor y textura crocante. Como se ha explicado, los chifles tienen un porcentaje de 35 a 40 % de grasa, por eso el envase no debe reducir o evitar el paso de la luz y del oxígeno que son los factores que más afectan a las grasas y aceites. Las películas de BOPP metalizado tienen excelentes propiedades de barrera frente a estos factores.

Las muestras fueron tomadas en iguales condiciones de trabajo para ambos envases y el aceite utilizado fue el aceite C (soya + algodón). La prueba utilizada para éste ensayo fue a temperatura ambiente.

#### 6. Ensayo con antioxidantes comerciales

Debido a que la empresa se encuentra ampliando su mercado nacional y con perspectiva de ingresar al mercado internacional, necesita incrementar la vida de anaquel de los chifles, puesto que va a tomar un mayor tiempo de transporte y exhibición hasta que el producto llegue al consumidor final.

En estos ensayos se procedió a preparar el aceite con antioxidante, se estimó la cantidad necesaria para el día de producción y se almacenó temporalmente para su posterior uso, esto se realizó al inicio de la fritura.

Se hicieron los siguientes ensayos de fritura con los antioxidantes descritos anteriormente:

#### a. Ensayo con antioxidantes Montanox

Los antioxidantes ensayados fueron: Montanox BT-27 y GS-30. El porcentaje de antioxidante utilizado fue de 0,05 % del peso de aceite y el aceite utilizado durante el ensayo fue el C (soya + algodón). Las muestras de chifles se envasaron en bolsas BOPP metalizado.

Debido a que la cantidad disponible del antioxidante Montanox GS-30 era muy pequeña, el proceso de fritura debió acortarse.

Los análisis del aceite fueron realizados en el laboratorio de la empresa UCISA S.A., pero por motivos de fuerza mayor, no se pudo concluir el análisis de algunas muestras.

Las muestras de aceite se tomaron en diferentes etapas con su respectivo tiempo de fritura, estas se muestran en la **tabla 2.11 y 2.12**:

Las muestras de chifles se sometieron a prueba de durabilidad de *Schaal*.

**Tabla 2.11.** Muestras de aceite de fritura con antioxidante Montanox BT-27 con su respectivo tiempo de fritura.

<b>Etapas</b>	<b>Muestras de aceite</b>	<b>Tiempo de fritura</b>
0	Inicio	0
1	Antes del 1° filtrado	2 h
2	Después del 1° filtrado	2 h
3	Después de la recarga 5 L	2 h
4	Después de la recarga 4 L	2 h 45 min

**Tabla 2.12.** Muestras de aceite de fritura con antioxidante Montanox GS-30 con su respectivo tiempo de fritura.

<b>Etapas</b>	<b>Muestras de aceite</b>	<b>Tiempo de fritura (h)</b>
0	Inicio	0
1	Antes del 1° filtrado	2
2	Después del 1° filtrado	2

#### b. Ensayo con antioxidante Ecoprol 2021 y Tenox 20

Durante este ensayo se utilizó el aceite C (soya + algodón), se emplearon 3 pailas diferentes, en la primera se colocó aceite sin antioxidante, en la segunda aceite con antioxidante Ecoprol 2021 y en la última aceite con antioxidante Tenox 20.

Los chifles de la primera fritura fueron colocados en bolsas BOPP metalizadas para la evaluación de durabilidad: *Schaal*.

### c. Prueba con antioxidante Tenox 20 en dos tipos de aceites

En esta prueba se utilizó dos tipos de aceites: C y D, cada uno en diferentes pailas e igual cantidad inicial de aceite. Se mantuvo los parámetros de trabajo uniformes para los dos tipos de aceite: temperatura y cantidad de plátanos para ambos tipos de aceite. Durante el ensayo se observó que el aceite de palma se volatiliza con mayor rapidez que el aceite de soya, por esa razón se realizaron recargas de aceite de palma mayores y además al terminar la producción se procedió a medir el aceite residual para hallar el consumo de cada aceite. Las muestras del aceite de fritura y de chifles se evaluarán en las etapas que indica la **tabla 2.13**:

**Tabla 2.13.** Etapas del aceite de fritura y de los chifles durante la prueba del antioxidante Tenox en dos aceites distintos.

<b>Etapas</b>	<b>Muestra de aceite</b>	<b>Tiempo de fritura</b>
0	Inicio del proceso	0 h
1	Mitad del proceso	2,5 h
2	Final del proceso	5,5 h

A estas muestras de aceite se le realizaron análisis de índice de peróxido y prueba de durabilidad en el Rancimat. Además se tomó muestras de chifles a mitad y última fritura del proceso, y han sido envasadas en bolsas de BOPP metalizado, para su evaluación en el Rancimat con extracción *Soxhlet* y en frío; y a temperatura ambiente.

Los aceites fueron comprados a sus distribuidores locales, en la **tabla 2.14** se muestran de fechas de producción, vencimiento y tiempo en el mercado que tenían hasta la fecha en que se realizó el ensayo, en esta tabla podemos verificar que los aceites utilizados no se encontraban vencidos.

**Tabla 2.14.** Fechas de producción y vencimiento de los aceites y tiempo en el mercado, prueba con el antioxidante Tenox en dos distintos aceites.

<b>Aceite</b>	<b>Fecha de producción</b>	<b>Fecha de vencimiento</b>	<b>Tiempo en el mercado</b>
C	26/06/02	26/02/03	2,5 meses
D	26/08/02	26/08/03	15 días

### 2.3.5. Envejecimiento acelerado de los chifles

Los métodos utilizados para conocer la duración de los chifles fueron los siguientes:

**a. Método de oxidación acelerada en la estufa (método *Schaal*).**

Las muestras de chifles una vez envasadas, se someten a una temperatura de 60 °C, con la finalidad de acelerar el proceso de oxidación. Trascurrido el tiempo previsto se retiró las muestras de la estufa, se dejaron enfriar unos minutos y se realizó evaluaciones organolépticas de las mismas. Para ello se realizó un cronograma de evaluación de las muestras, donde se especificó el tiempo de permanencia de la muestra en la estufa y su respectivo pronóstico a temperatura ambiente.

La conversión del tiempo de vida de las muestras en la estufa a 60 °C a tiempo de vida a temperatura ambiente, según lo recomendado por algunos autores [1], se indica en la **tabla 2.15**.

**Tabla 2.15.** Tabla de conversión de *Schaal*

Tiempo a 60 °C	Tiempo a temperatura ambiente (32,1°C)
5 días	1 mes
10 días	2 meses
20 días	4 meses

**Fuente:** María Isabel Alayza Carrera [1]

La evaluación sensorial u organoléptica de los chifles refleja de modo real la aceptación del producto pues depende de la percepción del consumidor. Las características evaluadas fueron: rancidez (olor), sabor, textura y color, utilizando la siguiente tabla de puntuación (**tabla 2.16**).

**Tabla 2.16.** Escala de calificación de los chifles.

Puntaje	Nivel de preferencia
0-2	Bueno
2-3	Aceptable
3-5	Malo

Los criterios para los paneles de degustación fueron los siguientes:

- Se realizó en una habitación bien ventilada e iluminada.
- Cada degustador realizó la evaluación de la muestra de chifles por separado, evitando así que los demás influyan en su decisión.
- Se usó agua para tomar y enjuagarse la boca entre muestras.
- Las muestras con olor fuerte se evaluaron al final.
- Las pruebas deben olerse antes de probarse.

En la evaluación organoléptica hay que tener en cuenta que la rancidez (olor) se presenta cuando los compuestos volátiles están en la fase terminal del proceso oxidativo, habiendo casos que existen rancidez sin presencia de olor. Además hay que tener en cuenta que es un criterio subjetivo (depende del ánimo de la persona

que realiza las pruebas, de los diferentes gustos, del clima y de otros factores), y no es cuantificable.

Para las evaluaciones organolépticas se abrieron dos bolsitas de chifles (aproximadamente 35 g cada bolsa) de cada tipo de muestra, los chifles sobrantes de las muestras fueron descartadas para evitar variaciones en los resultados, debido a que la acción de abrir y cerrar la bolsa de chifles implica cambios en el estado de conservación de los chifles, como por ejemplo: oxígeno.

Cabe aclarar que en la mayoría de los ensayos el cronograma de evaluación de las muestras fue modificado, debido a la evolución de las características organolépticas de las muestras. Por ejemplo, cuando se observó que el deterioro de las muestras se aceleraba, entonces el tiempo de evaluación se tenía que disminuir, para encontrar el tiempo de vida con mayor exactitud, esto llevó a realizar pruebas organolépticas que no estaban programadas, lo que produjo que faltaran muestras de chifles para concluir el ensayo.

#### **b. Prueba de durabilidad de los chifles en el Rancimat**

Como se explicó antes, este procedimiento consiste en extraer el aceite de los chifles para luego ser evaluado en un tiempo breve en el Rancimat. La extracción del aceite se realizó por dos métodos antes mencionados: *Soxhlet* y extracción en frío. Cabe aclarar que en esta prueba no se realiza evaluación organoléptica, el Rancimat tiene un sistema automático, que mediante una célula de conductividad examina continuamente los productos volátiles de descomposición. El Rancimat emite durante la prueba un reporte impreso del tiempo de vida de las muestras de aceite de los chifles, con estos resultados se realizan los cálculos correspondientes para obtener el tiempo de vida de los chifles.

### **2.3.6. Pruebas a temperatura ambiente**

Este tipo de ensayo es el más sencillo, pero el período de evaluación es muy largo (por ejemplo semanal, mensual) para conocer las características organolépticas del producto, según los criterios y escala de calificación anteriormente indicados.

Las muestras se colocaron en un ambiente fresco y protegidos de la luz solar, siendo la temperatura ambiente promedio 25 °C. En cierta forma se puede decir que es el método más acertado de conocer el tiempo de vida del producto, ya que se ajusta más a la realidad y toma los parámetros de condiciones ambientales reales.

Este método tiene bajo costo, pero tiene la desventaja, que los resultados toman mucho más tiempo que las pruebas de laboratorio (ensayo de *Schaal* o Rancimat).

## C APÍTULO III : RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la evaluación del aceite de fritura de los ensayos con distintos aceites y en el ensayo con filtrado y recarga en el proceso de fritura, se ha considerado que el índice de peróxido debe ser menor de 5 meq O<sub>2</sub>/kg y la acidez debe ser menor de 0,30 % expresado como ácido oleico, según la Norma Técnica Peruana NTP 209.226.

En casi todos los ensayos se han realizado evaluaciones organolépticas de la calidad de los chifles con un grupo de degustadores semi-entrenados. Los resultados de las pruebas organolépticas de los chifles de la primera y última fritura se han promediado para obtener un tiempo de vida promedio de los chifles.

Los resultados de las pruebas organolépticas (rancidez, sabor, textura y color) de los chifles se presentan en gráficas en las que se distinguen tres grados o niveles de aceptabilidad: buenos (situada en la parte superior), aceptables (situada en la parte intermedia) y malos (situada en la parte inferior). Para la estimación del tiempo de vida de los chifles se consideran las 4 características organolépticas; basta que en una de ellas sea inaceptable o mala para que los chifles sean inaceptables.

No se encontró correlación entre los dos métodos de oxidación acelerada (ensayo de *Schaal* y Rancimat) y el método a temperatura ambiente. No obstante, la oxidación acelerada es muy útil para comparar los ensayos con diferentes tratamientos. En el método de oxidación acelerada en el Rancimat, se tomó el factor de conversión que la empresa UCISA S.A. utiliza para su aceite.

### 3.1. ENSAYOS CON DISTINTOS ACEITES COMERCIALES

El objetivo de este ensayo fue comparar el comportamiento de varios tipos de aceite vegetal en la fritura de chifles, con la finalidad de seleccionar uno de ellos.

#### a) Primer prueba

En la **tabla 3.1** y en la **figura 3.1** se muestran los resultados de los análisis físico-químicos del aceite de fritura en las diferentes etapas del primer ensayo. Se puede ver que la acidez del aceite, en todos los casos, está por debajo de los valores máximos permitidos. Con respecto al color, los aceites no presentaron señales de deterioro según los análisis, pero algo que llamó mucho la atención al finalizar la fritura fue que el aceite A tenía a simple vista un aspecto cristalino y color verde-negruzco. Los valores del índice de peróxido (IP) del aceite A fueron muy elevados, sin embargo en el IP de los otros dos aceites no existe mucha diferencia, siendo el aceite C el que tiene menor IP y se acerca más a la línea de valores máximos (5 meq O<sub>2</sub>/ kg).

Podemos decir que la mejor estabilidad en el proceso de fritura de los chifles, se obtiene con el aceite C (mezcla de aceite de soya + algodón), debe ser que el aceite de algodón hace que los chifles sean más estables, de allí que muchos fabricantes de productos de *snack* prefieren éste tipo de aceite [17]. La diferencia se evidencia más cuando se compara el IP del aceite B (soya) y del aceite C (aceite de soya + algodón). Es de esperar que a mayor proporción de aceite de algodón mayor será la estabilidad del aceite durante la fritura. En el caso del aceite A, aceite de girasol, los resultados muestran que es muy inestable para el proceso de fritura.

Para comprobar la influencia del aceite de fritura en el tiempo de vida de los chifles, éstos fueron evaluados organolépticamente después de haber sido conservados por dos métodos: prueba de envejecimiento acelerado (ensayo *Schaal*) y prueba a temperatura ambiente. Las características resultantes (rancidez, sabor, textura y color) se muestran en la **figura 3.2 y 3.3**.

Para el ensayo de *Schaal* (**figura 3.2**), a los 15 días de almacenamiento, la rancidez, sabor y color de los chifles fritos con los aceites A y B se encontraban inaceptables, mientras que todas las características de los chifles fritos con aceite C se encontraban aceptables.

Se puede observar también que la textura de todos los chifles se mantiene entre los rangos buenos y valores máximos aceptables, a pesar que la rancidez de los chifles fritos con aceites A y B se está iniciando. Algo similar sucede con el color de los chifles hasta el décimo día, degradándose rápidamente en los posteriores 5 días. Como la textura depende de la humedad relativa ambiental y el color depende de la incidencia de luz, se supone que estas características no se afectan con el ensayo *Schaal*, porque al elevarse la temperatura (60 °C) la humedad relativa es baja y al encontrarse las muestras al interior de la estufa, están en un ambiente oscuro.

Basándose en los datos bibliográficos del ensayo de *Schaal* [1], se puede predecir que el tiempo de vida equivalente de los chifles a temperatura ambiente de 32,1°C es:

Para los chifles fritos con aceite A:	3 meses
Para los chifles fritos con aceite B:	3 meses
Para los chifles fritos con aceite C:	Más de 3 meses

Los chifles que alcanzan mayor tiempo de vida son los chifles fritos con aceite C, coincidiendo con la evaluación anteriormente realizada al aceite de fritura; resulta lógico que al estar en buenas condiciones el aceite de fritura (índice de peróxido, acidez y color dentro de los límites permitidos, ver **figura 3.1**) se obtendrán chifles de mayor calidad y mayor vida de anaquel. Llama la atención el tiempo de vida relativamente alto de los chifles fritos con aceite A, a pesar de los elevados índices de peróxidos (IP), ver la **figura 3.1 a**, lo cual no ha podido ser explicado en el ámbito de este trabajo.

Los resultados de la prueba a temperatura ambiente (**figura 3.3**), revelan que la rancidez de los chifles fritos con aceite A es inaceptable antes de cumplir un mes, y la rancidez y textura de los chifles fritos con aceite de B y C es inaceptable antes del mes y medio.

Podemos decir que el tiempo de vida aproximado de los chifles a temperatura ambiente es:

Para los chifles fritos con aceite A:	3 semanas
Para los chifles fritos con aceite B:	1 mes y 1 semana
Para los chifles fritos con aceite C:	1 mes y 1 semana

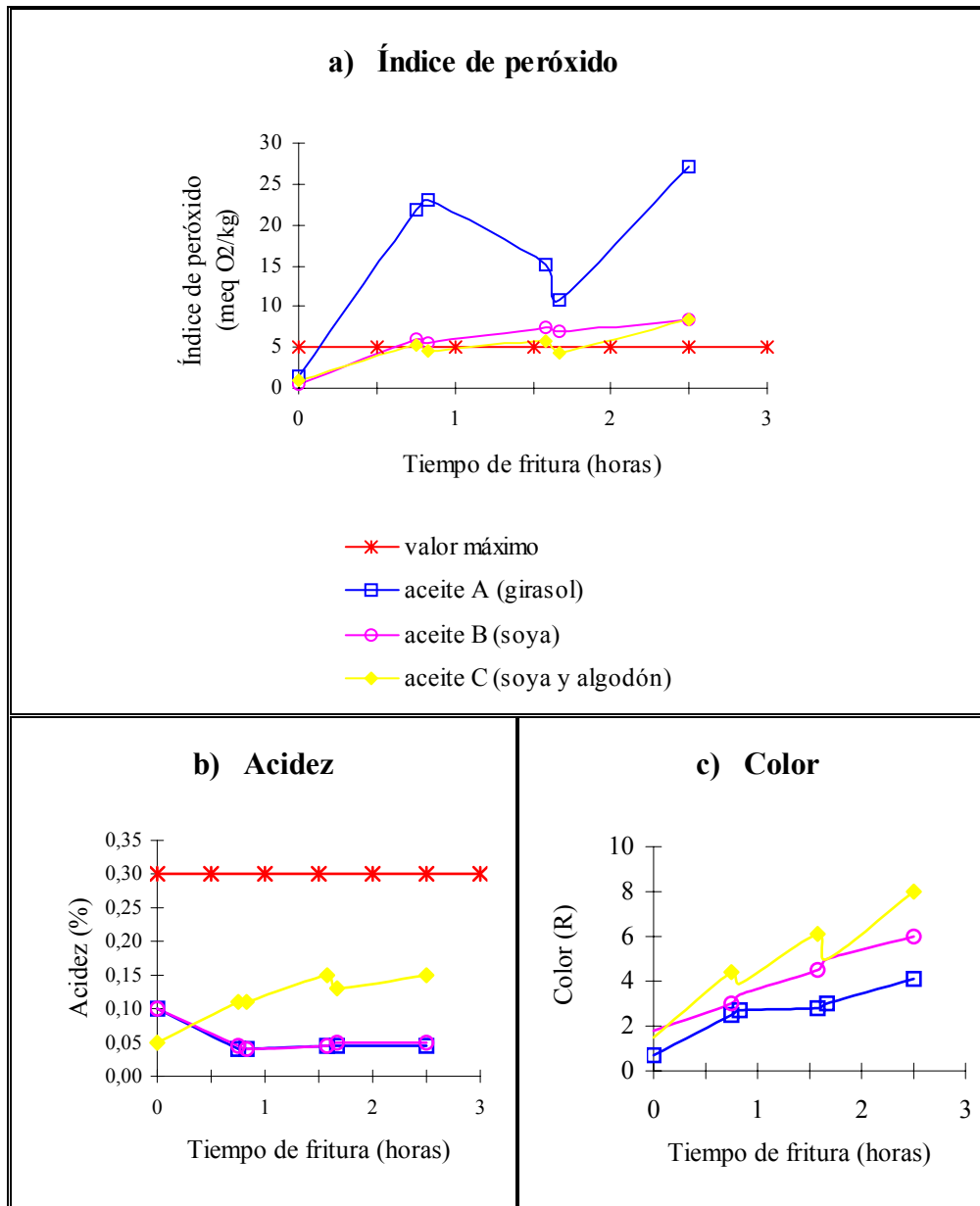
Los resultados obtenidos con esta prueba concuerdan mejor con la evolución del índice de peróxido del aceite de fritura de la **figura 3.1.a**, donde el aceite A que tiene valores de IP muy por encima de los valores máximos, alcanza el menor tiempo de vida de los chifles. Los aceites B y C cuyo comportamiento en la curva de IP es similar, tienen igual tiempo de vida.

Por los dos métodos utilizados para estimar la durabilidad de los chifles se obtienen tiempos diferentes y en ambos casos muy cortos. Por ello se vio la necesidad de realizar una segunda prueba, considerando otro tipo de aceite (D: palma), estableciendo un mayor grado de recarga del aceite y eligiendo otro material de envasado (BOPP metalizado). En esta segunda prueba se evaluaron solamente los chifles (no el aceite durante la fritura), ya que los aceites B y C se encontraron previamente por debajo de los límites permitidos y se espera que mejoren al aumentar el grado de recarga del aceite.

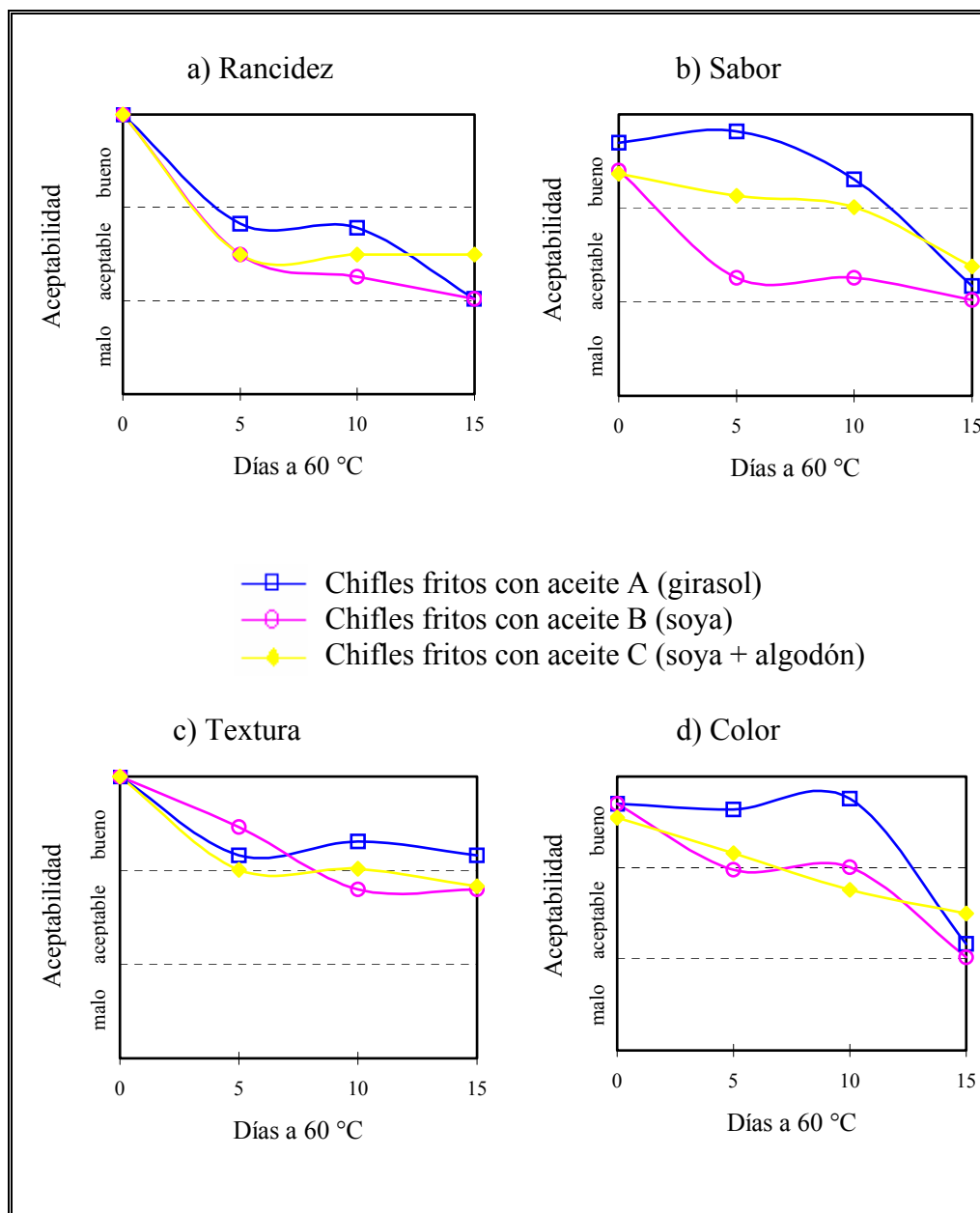
**Tabla 3.1.** Cambios físicos y químicos del aceite de fritura en las diferentes etapas del proceso durante la primera prueba con distintos aceites.

Tipo de aceite Etapas	Índice de peróxido (meq O <sub>2</sub> /kg)			Acidez (%)			Color (R)		
	Girasol (A)	Soya (B)	Soya + Algodón (C)	Girasol (A)	Soya (B)	Soya + Algodón (C)	Girasol (A)	Soya (B)	Soya + Algodón (C)
0 (*)	1,50	0,60	1,00	0,1	0,1	0,05	0,7	1,8	0,5
1	21,8	6,0	5,2	0,040	0,045	0,11	2,50	3,00	4,40
2	23,0	5,4	4,6	0,040	0,040	0,11	2,70	3,40	3,90
3	15,2	7,40	5,8	0,045	0,045	0,15	2,80	4,50	6,10
4	10,9	7,00	4,4	0,045	0,050	0,13	3,00	5,00	5,00
5	27,2	8,40	8,4	0,045	0,050	0,15	4,10	6,00	8,00

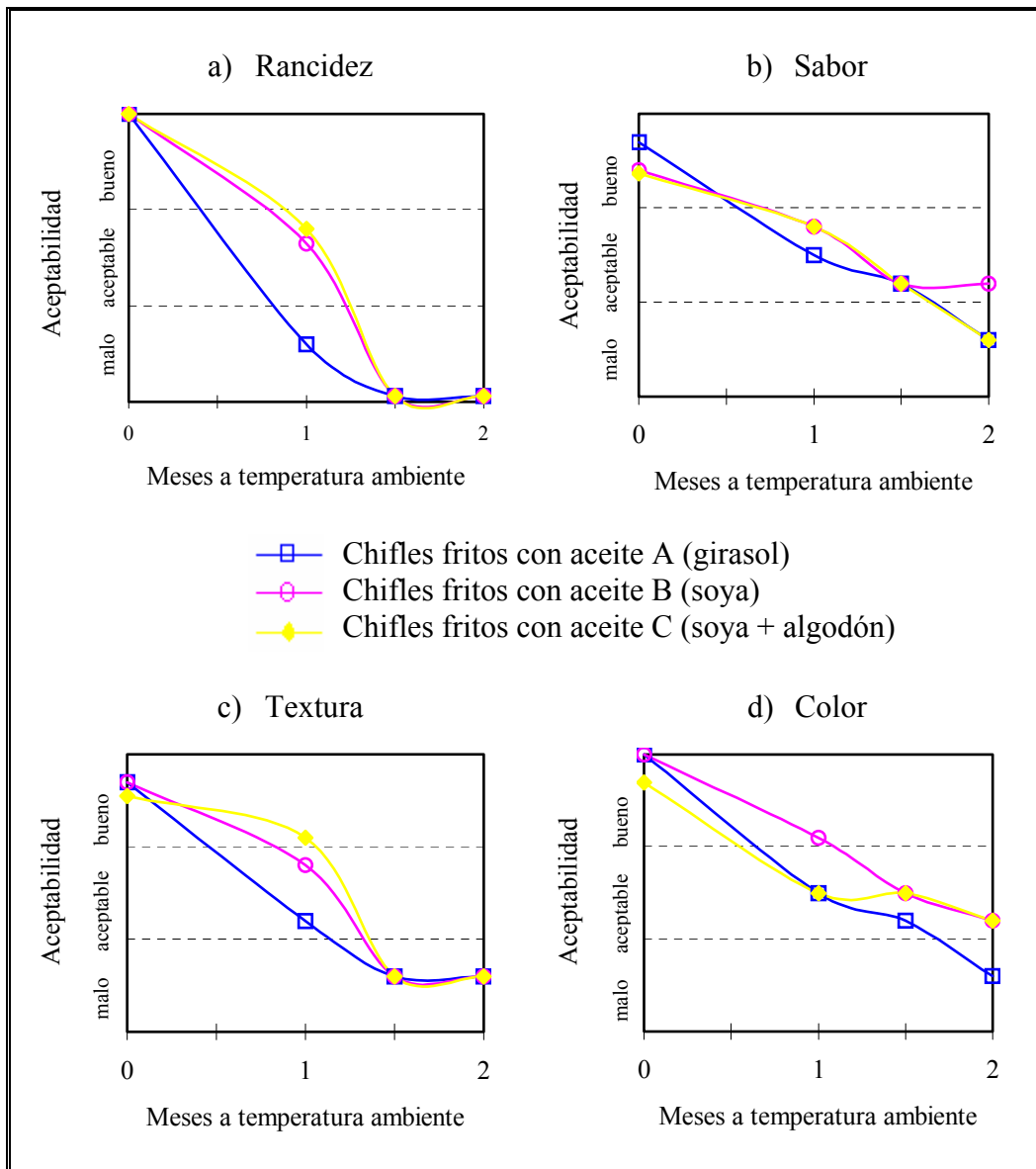
(\*) Datos obtenidos de la información técnica del aceite.



**Figura 3.1.** Evolución del: a) índice de peróxido, b) acidez y c) color del aceite de fritura en la primera prueba con distintos aceites.



**Figura 3.2.** Evaluación organoléptica de los chifles: a) rancidez, b) sabor, c) textura y d) color, de la prueba de *Schaal* en el primer ensayo de fritura con distintos aceites.



**Figura 3.3** Evaluación organoléptica de los chifles: a) rancidez, b) sabor, c) textura y d) color, con la prueba a temperatura ambiente del primer ensayo.

**b) Segunda prueba**

Los resultados de los chifles del ensayo de *Schaal* de la segunda prueba se presentan en la **figura 3.4**, se observa que al quinto día el color de los chifles fritos con aceite A se encontraron inaceptables y su sabor está muy cercano a la zona de inaceptabilidad, mientras que en los chifles fritos con aceite B, su duración se define con el deterioro del color que se presenta cuando tienen 10 días. A los 15 días de almacenamiento, los chifles fritos con aceite C ya se encontraban rancios, sin embargo los chifles fritos con aceite D aún presentaban características aceptables.

En esta prueba los chifles fritos con aceite D resultan tener un tiempo de vida mayor que los fritos con aceite C, esto demuestra que el aceite de palma tiene una mayor estabilidad. Esto concuerda con un estudio [10] donde se comparó aceites monoinsaturados y poliinsaturados en frituras sucesivas y se concluye que los aceites monoinsaturados, como el de oleína de palma, tienen mayor estabilidad en este tipo de fritura.

Según los datos bibliográficos [1] el tiempo de vida de los chifles a una temperatura de 32,1 °C es:

Para los chifles fritos con aceite A:	1 mes
Para los chifles fritos con aceite B:	2 meses
Para los chifles fritos con aceite C:	3 meses
Para los chifles fritos con aceite D:	Más de 3 meses

La **figura 3.5** muestra los resultados de la evaluación organoléptica de los chifles de la prueba de conservación a temperatura ambiente. Se observa que entre el tercer y cuarto mes los chifles fritos con aceite A y B presentan un deterioro brusco en el sabor y la textura, pasando de la zona donde los chifles se encuentran buenos a la zona donde estos se encuentran malos, este deterioro se manifiesta además con la rancidez pero de forma leve. Al quinto mes los chifles fritos con aceite C ya se encontraban inaceptables, manifestándose en casi en todas sus características, mientras los chifles fritos con aceite D iniciaba su enranciamiento y deterioro del sabor.

El tiempo de vida aproximado de los chifles que se determinó con la prueba a temperatura ambiente (temperatura promedio de 25 °C) es:

Para los chifles fritos con aceites A:	3,5 meses
Para los chifles fritos con aceites B:	3,5 meses
Para los chifles fritos con aceites C:	4,5 meses
Para los chifles fritos con aceites D:	5 meses

La vida de anaquel de los chifles de la segunda prueba ha aumentado considerablemente, al aumentar la recarga de aceite y cambiar el material de envasado (BOPP metalizado). Sin embargo, al igual que en la primera prueba, no existe congruencia entre los resultados obtenidos por el método de oxidación acelerada y por el método a temperatura ambiente. Se puede decir que la prueba a temperatura ambiente es la que más se aproxima a las preferencias del público dado que los chifles han sido almacenados en las condiciones ambientales reales.

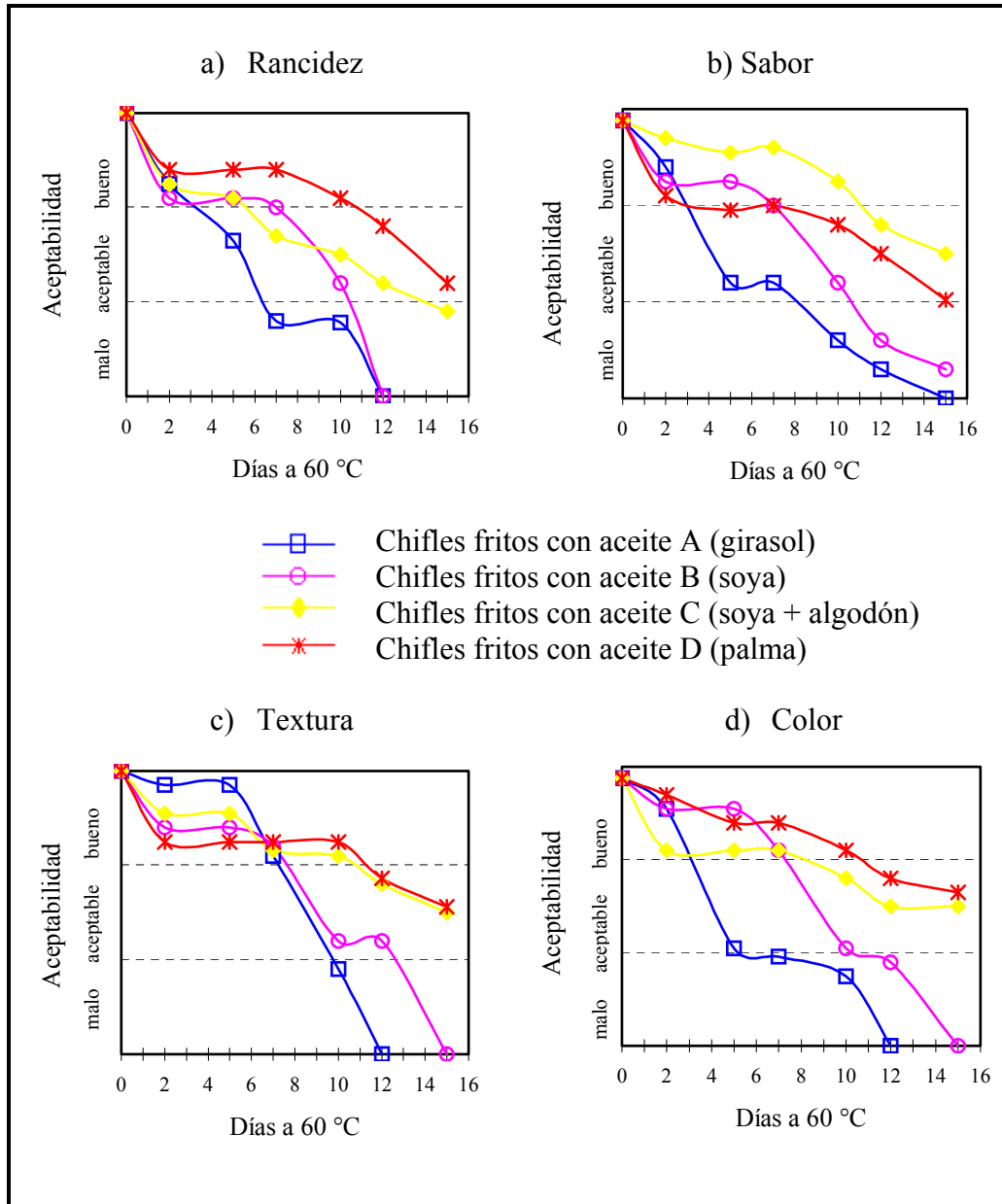
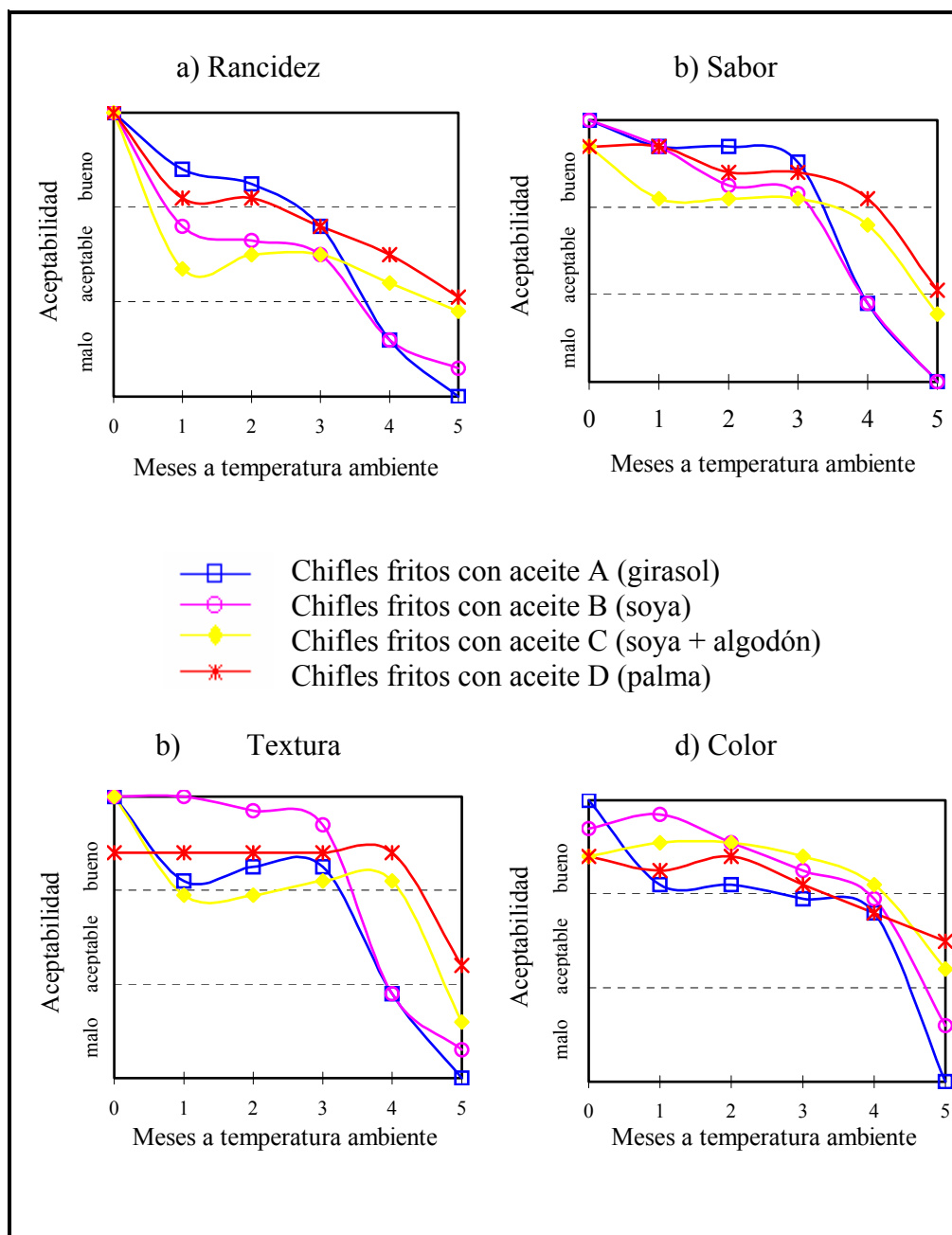
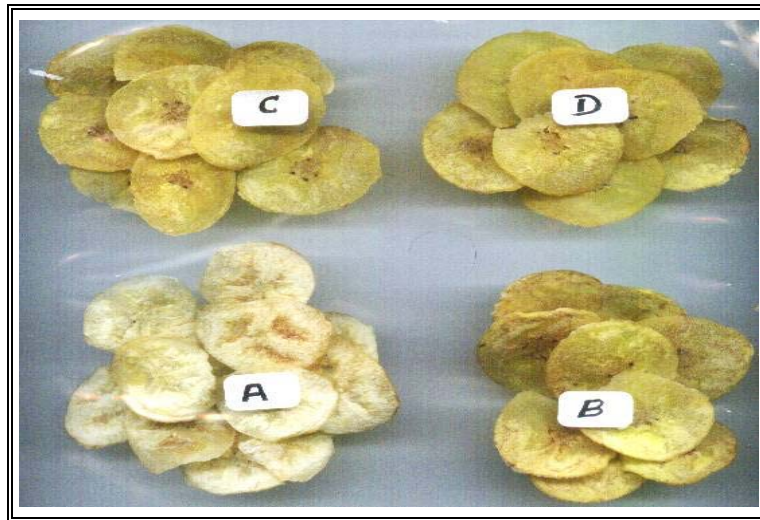


Figura 3.4. Evaluación organoléptica de los chifles: a) rancidez, b) sabor, c) textura y d) color, con la prueba de *Schaal* en el ensayo con distintos aceites – segunda prueba.



**Figura 3.5.** Evaluación organoléptica de los chifles: a) rancidez, b) textura, c) color y d) sabor, con la prueba a temperatura ambiente del segundo ensayo con distintos aceites – segunda prueba.

En la **figura 3.6** se muestra una fotografía de los chifles fritos con cada uno de los 4 tipos de aceite: A, B, C y D cuando tenían un tiempo de vida de 5 meses. Podemos apreciar que los chifles con aceite A se encuentran en un estado avanzado de deterioro por decoloración, mientras que en los chifles fritos con aceite B ésta decoloración se presenta pero menos pronunciada.

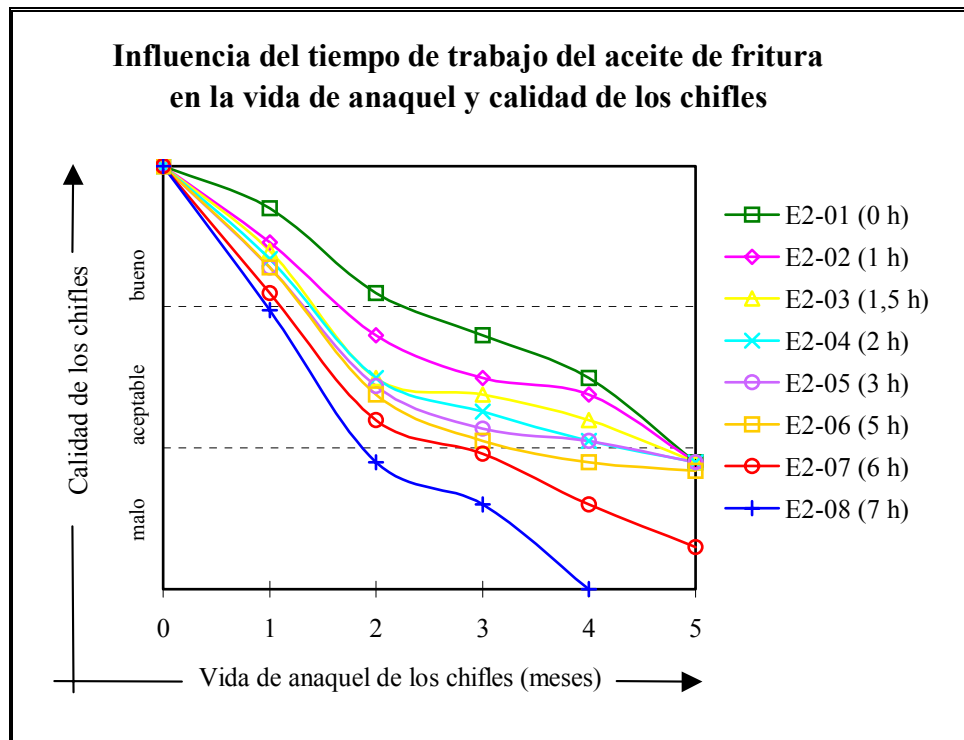


**Figura 3.6.** Chifles fritos con los aceites A, B, C y D después de 5 meses de a temperatura ambiente.

**3.2. ENSAYO A DIFERENTES TIEMPOS DE TRABAJO DEL ACEITE DE FRITURA**

Este ensayo se realizó con el objetivo de conocer la influencia del tiempo de trabajo del aceite de fritura sobre el producto terminado.

Los resultados de la evaluación organoléptica de los chifles tomados en diferentes etapas de la fritura se aprecian en la **figura 3.7**. Se demuestra que la calidad y la vida de anaquel de los chifles disminuyen a medida que procede la fritura.

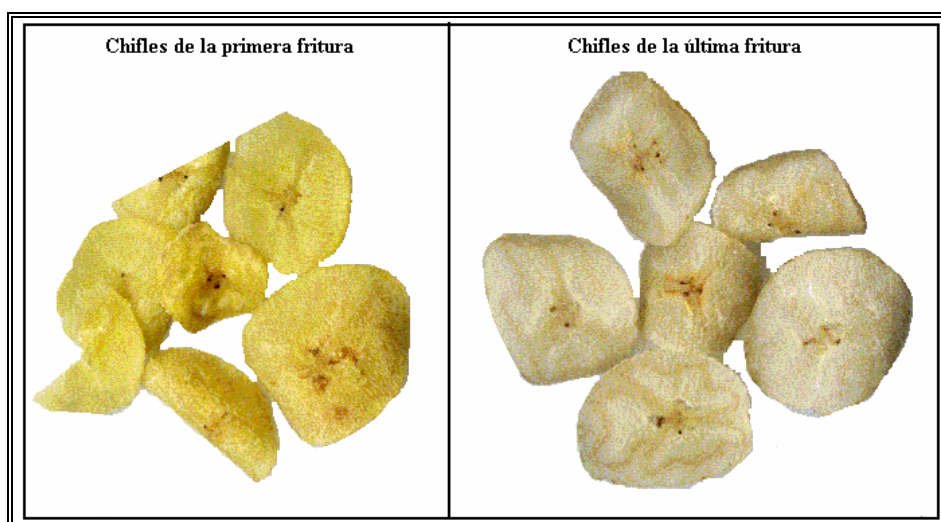


**Figura 3.7.** Influencia del tiempo de trabajo del aceite de fritura en la vida de anaquel y calidad de los chifles.

Observamos que las muestras E2-01 hasta E2-05, con un tiempo de fritura de aceite de 0-3 horas pueden llegar a tener hasta un tiempo de vida de 5 meses, la diferencia de cada una de ellas está en su calidad, mientras mayor es el tiempo que permanece el aceite en las condiciones de trabajo, mayor es el deterioro del mismo y en consecuencia menor calidad y tiempo de vida de los chifles.

La diferencia se observa claramente en las muestras E2-06, E2-07 y E2-08 que tienen un tiempo de fritura de aceite de 5, 6 y 7 horas respectivamente, siendo su vida de anaquel aproximadamente de 3 meses para E2-06 y E2-07, y de 2 meses para E2-08, es decir que el tiempo de vida de los chifles al final del proceso de fritura tuvieron menos de la mitad del tiempo de vida de los chifles de la primera fritura (E2-01). Se observó que a partir de la tercera hora de fritura del aceite, se acelera la velocidad de rancidez de los chifles.

La evolución de los chifles de la primera y última fritura es muy diferente, tal como se evidencia en la fotografía tomada cuando los chifles tienen un tiempo de vida de 4 meses (ver **figura 3.8**). En este ensayo el grado de recarga del aceite de fritura fue de 20 %; al parecer este grado debe ser mayor para lograr que los chifles al final de la fritura tengan un tiempo de vida mayor de 2 meses.



**Figura 3.8.** Chifles de la primera y última fritura cuando tienen 4 meses.

### 3.3. ENSAYO CON RECARGA Y FILTRADO DE ACEITE EN EL PROCESO DE FRITURA.

Este ensayo tuvo el objetivo de conocer el comportamiento del aceite de fritura, cuando se realizó el filtrado y recarga de aceite durante el proceso de fritura de los chifles.

Se pudo comprobar que el filtrado de aceite durante el proceso de fritura, por sí solo, no es suficiente para disminuir el deterioro del aceite, esto lo podemos observar en la **tabla 3.2**, en la que se muestran los resultados de los análisis de acidez, índice de peróxido y color del aceite de fritura en varias etapas del proceso.

**Tabla 3.2.** Análisis químicos al aceite de fritura durante el proceso realizando solamente filtrado de aceite.

<b>Etapas</b>	<b>Muestra de aceite</b>	<b>Acidez (%)</b>	<b>Índice de peróxido (meq O<sub>2</sub>/kg)</b>	<b>Color (R)</b>
0	Inicial	0,05	0	1
1	Antes del 1° filtrado	0,18	6	7,4
2	Después del 1° filtrado	0,18	6	5,8
3	Después del 2° filtrado	0,23	7,5	8+ 2 Azul

Aunque con el filtrado de aceite no se logra disminuir la acidez, ni el índice de peróxido, el color del aceite sí disminuye, pero al final de la producción los resultados de color en el colorímetro dan valores de azul (el color azul en el aceite es una señal de alerta e indica que el aceite se encuentra en estado de deterioro muy avanzada) [17].

Mejores resultados se lograron cuando se realizó filtrado y recarga de aceite al mismo tiempo (ver la **tabla 3.3**). Si se comparan los resultados de los análisis antes de filtrar el aceite, y después de realizar el filtrado y la recarga, vemos que con este procedimiento la acidez, el índice de peróxido y el color del aceite disminuyen considerablemente.

**Tabla 3.3.** Análisis químicos al aceite de fritura durante el proceso realizando filtrado y renovación de aceite del 20 %.

<b>Etapas</b>	<b>Muestra de aceite</b>	<b>Acidez (%)</b>	<b>Índice de peróxido (meq O<sub>2</sub>/kg)</b>	<b>Color (R)</b>
0	Inicial	0,05	0	1
1	Antes del 1° filtrado	0,16	4	5,6
2	Después del 1° filtrado y recarga	0,10	2,8	4,5
3	Antes del 2° filtrado	0,18	7,2	6,8
4	Después del 2° filtrado y recarga	0,10	5,4	4,3
5	Final	0,20	7,2	7,8

Se observa que a partir del segundo filtrado y recarga los valores de índice de peróxidos superan los 5 meq O<sub>2</sub>/kg, lo cual se sugiere que el grado de recarga para este tipo de proceso debería ser mayor (aunque es 20 %, superior a lo recomendado [16]), o que la frecuencia de recarga del aceite debe incrementarse, esto se aprecia claramente en el primer filtrado y recarga, donde los índices de peróxido son menores que 5, siendo el tiempo de recarga de 1 hora, lo que no sucede en el segundo filtrado y recarga donde el tiempo de recarga es de 2 horas.

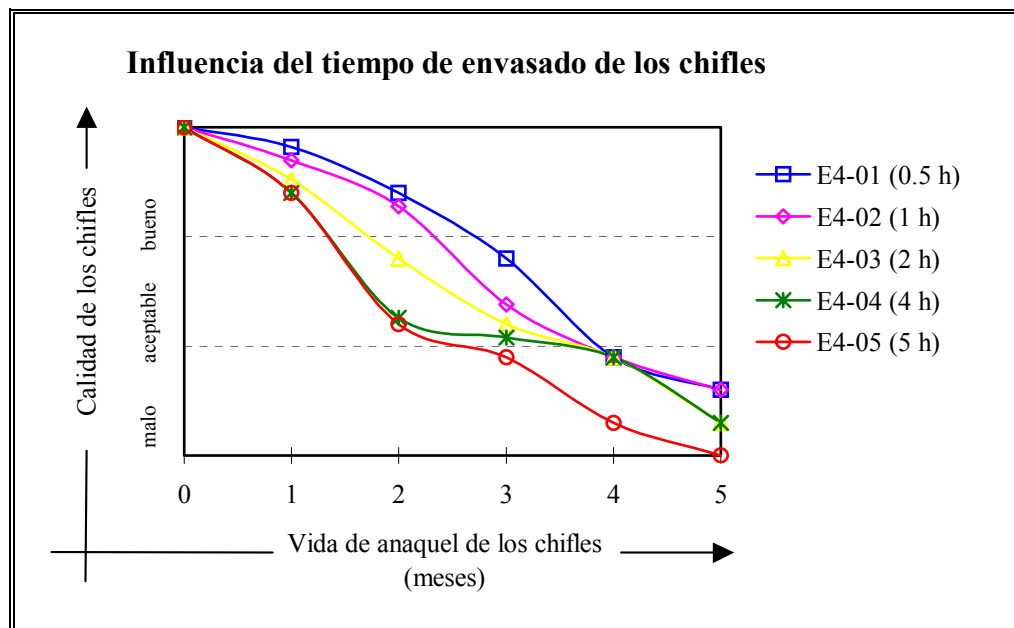
Para obtener índices de peróxidos inferiores a 5, se recomienda aumentar el grado de recarga, y además, realizar la recarga y el filtrado de aceite cada hora. Esto no significa que el consumo de aceite se elevará, pues se pueden realizar recargas más frecuentes con pequeñas cantidades de aceite, como por ejemplo recargas de 2 L cada hora.

### 3.4. INFLUENCIA DEL TIEMPO DE ENFRIAMIENTO ANTES DEL ENVASADO

La carga de trabajo del personal, ocasiona muchas veces que los chifles pasen varias horas expuestos al aire antes de ser envasados, con el riesgo de acelerarse la oxidación. Por eso la necesidad de conocer la influencia de los chifles al pasar largos periodos de tiempo sin ser envasados.

Los resultados del ensayo se muestran en la **figura 3.9**, siendo los chifles que tuvieron media hora de enfriamiento (E4-01) los de mejor calidad. La vida de anaquel de los chifles envasados hasta 4 horas después de ser fritos (E4-04) es todavía larga, pero hay una disminución notoria de su calidad.

Se observa que existe un límite en la disminución de la calidad de los chifles, a partir de la quinta hora de espera; a partir de entonces se reduce bastante el tiempo de vida, como es el caso de la muestra E4-05.



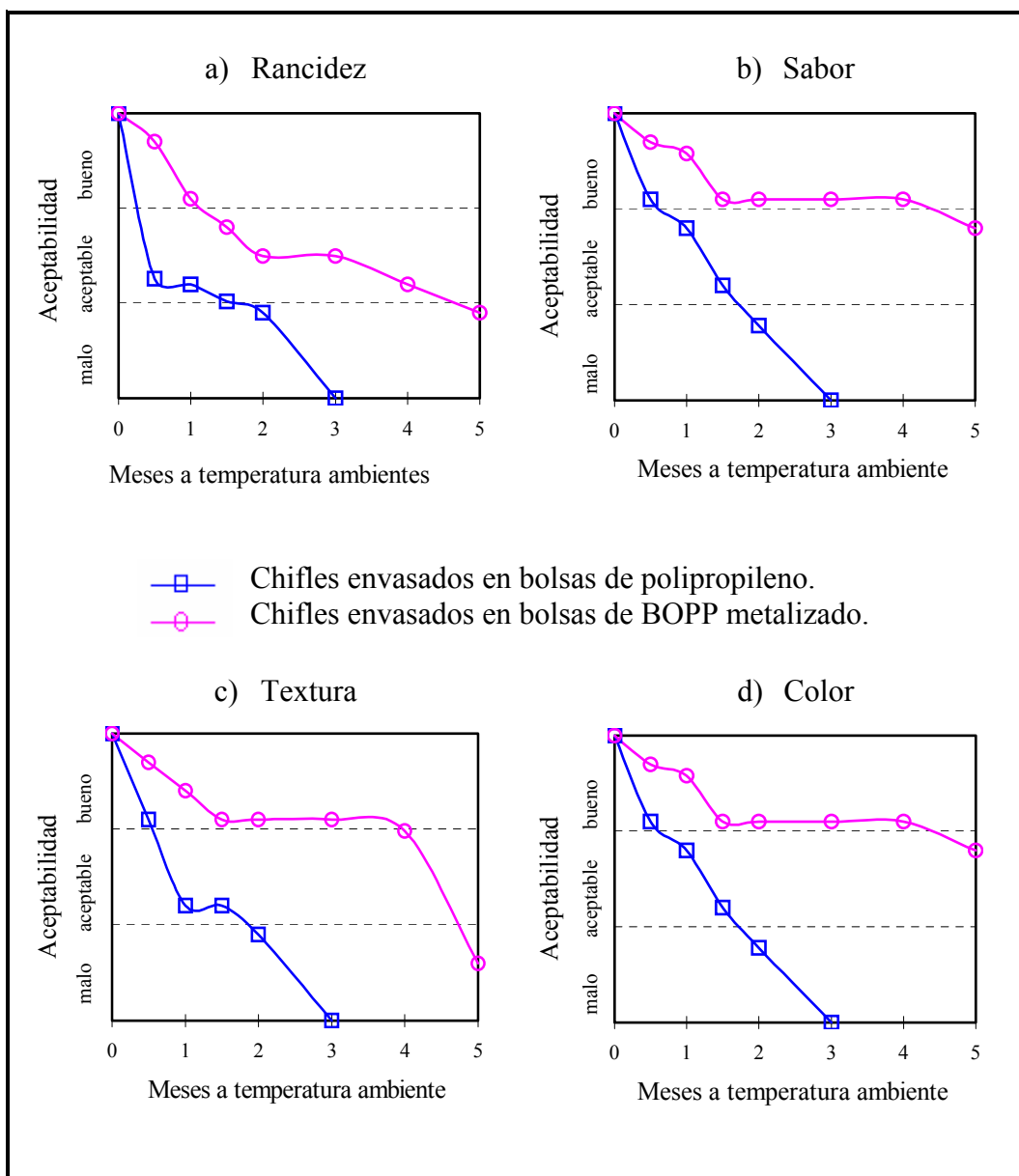
**Figura 3.9.** Influencia del tiempo de envasado de los chifles en su calidad y vida de anaquel.

Por los resultados obtenidos, se recomienda que los chifles sean envasados a la brevedad posible. En estos ensayos se pudo comprobar que media hora después de ser fritos los chifles, ya se encuentran fríos y pueden ser envasados.

### 3.5. ENSAYO CON DOS MATERIALES DE ENVASADO (POLIPROPILENO Y BOPP METALIZADO)

El objetivo de este ensayo fue comparar la conservación de los chifles en dos tipos de material de envasado, como: polipropileno y BOPP metalizado.

La **figura 3.10** muestra los resultados de esta prueba, donde se comprueba que la conservación de los chifles es mejor en bolsas de BOPP metalizado, este tipo de material de envasado permite prolongar el tiempo de vida de los chifles, conservando mejor su textura, color, sabor y evita su rancidez.



**Figura 3.10.** Evaluación de las características organolépticas de los chifles: a) rancidez, b) sabor, c) textura y d) color, envasados en bolsas de polipropileno y BOPP metalizado.

En las curvas de rancidez, sabor, textura y color de los chifles se aprecia claramente que aquellos envasados en bolsas de polipropileno, se deterioran rápidamente, mientras que con bolsas de BOPP metalizado se mantienen y alcanzan un periodo de vida mayor.

La duración de los chifles envasados en bolsas de polipropileno es de 1 mes y 3 semanas, mientras tanto el tiempo de vida de los chifles envasados en bolsas de BOPP metalizado es de 4,5 meses.

Al comparar los resultados de esta prueba con el ensayo con varios tipos de aceite (ver **figura 3.3**) donde los chifles fueron envasados también en bolsas de polipropileno, se nota que la duración ahora es mayor debido al cambio de proceso realizado en este ensayo.

### 3.6. ENSAYOS CON ANTIOXIDANTES COMERCIALES

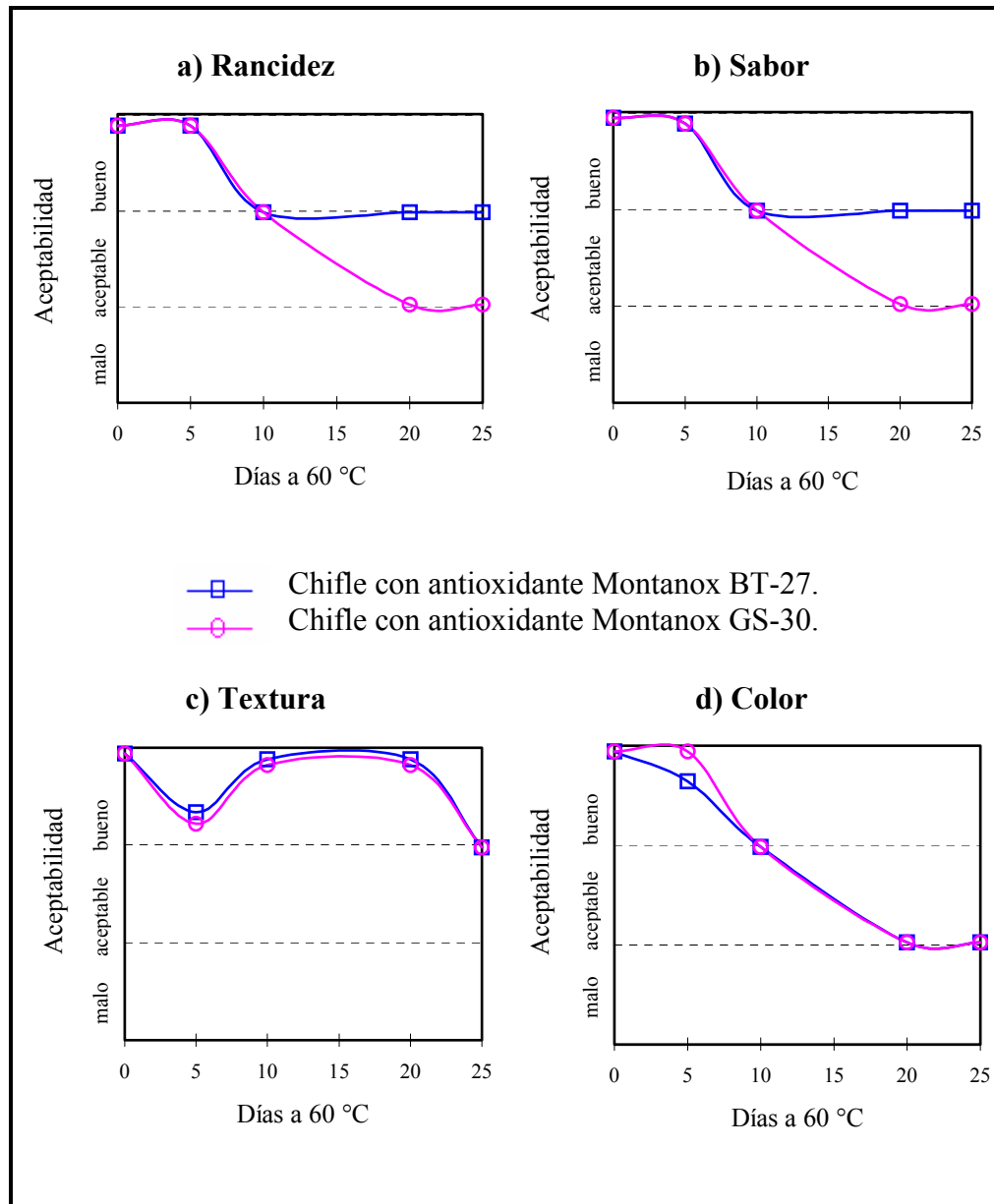
De los ensayos realizados anteriormente se determinó que el tiempo de vida de los chifles fritos con aceite C en envases de BOPP metalizado es de 4,5 meses. Ahora se requiere incrementar dicho tiempo de vida con la ayuda de antioxidantes.

Para evaluar los chifles fritos con distintos antioxidantes y seleccionar el más adecuado, se utilizó el ensayo de *Schaal* y test en el Rancimat, pero sólo de forma comparativa. Además de las muestras fritas con antioxidante, se tomó una muestra de control (sin antioxidante). El tiempo de vida de los chifles se definió finalmente con el método de durabilidad a temperatura ambiente.

#### a. Prueba con antioxidantes Montanox:

Los resultados de la evaluación organoléptica de los chifles después del ensayo de *Schaal* se muestran en la **figura 3.11**, donde se aprecia que el tiempo de vida de los chifles con antioxidante Montanox BT-27 es de 20 días con un deterioro más acentuado del color. Con antioxidante Montanox GS-30 tienen un tiempo de vida de 20 días, pero el deterioro se presenta tanto en rancidez, sabor y color.

Durante el ensayo *Schaal*, se percibía un olor fuerte en la estufa y en las muestras, que no era un olor a rancio. Se supone que el motivo es el contenido de BHA en ambos tipos de antioxidante, ya que esta sustancia produce olores fenólicos [16]. Al parecer la temperatura del ensayo de *Schaal* (60 °C) no favorece los antioxidante Montanox, ya que se pudo comprobar que en las pruebas a temperatura ambiente no se presento esta anomalía. Como no conocemos cual es la temperatura donde este antioxidante desprende dicho olor fenólico, se descartó su uso debido a que el antioxidante no debe transmitir olor alguno al producto.



**Figura 3.11.** Evaluación de las características organolépticas: a) rancidez, b) sabor, c) textura y c) color de los chifles con antioxidante Montanox BT-27 y GS-30, con la prueba de oxidación acelerada o ensayo de *Schaal*.

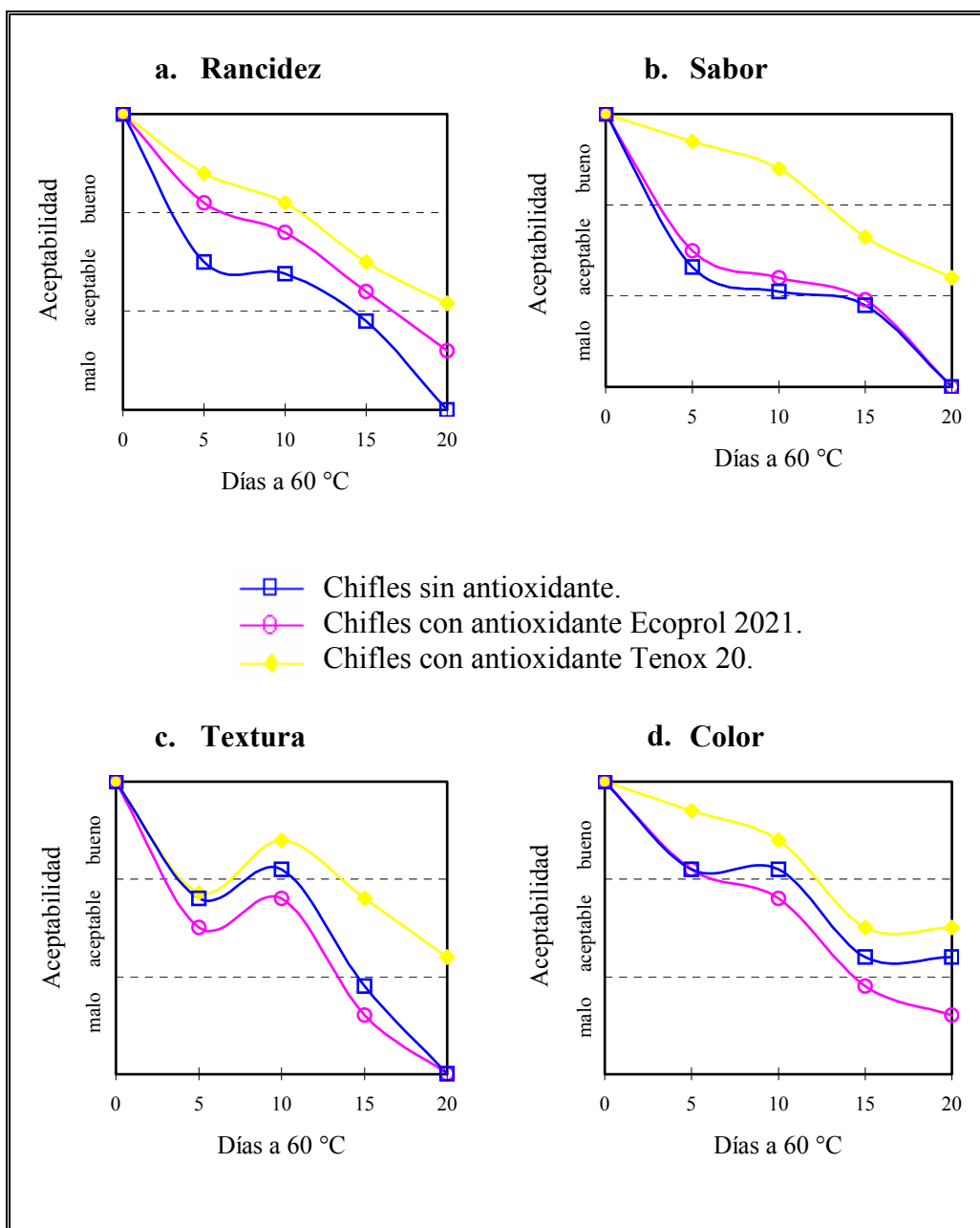
**b. Prueba con antioxidantes Ecoprol 2021 y Tenox 20**

En esta prueba podemos comparar la evolución de las características organolépticas de los chifles sin antioxidante, con antioxidante Ecoprol 2021 y con antioxidante Tenox 20.

En la **figura 3.12** podemos observar que el antioxidante Ecoprol 2021 ocasiona un efecto contrario al esperado en cuanto a textura y color, que se pueden ver afectadas aun más cuando se almacenan a temperatura ambiente (como se comprobó anteriormente estas características durante el ensayo *Schaal* se benefician). Sin embargo el tiempo de vida de los chifles con antioxidante Tenox 20, aumenta con

relación a los chifles control, esto se observa con una mayor aceptabilidad en todas sus características.

Según los resultados obtenidos en el ensayo de *Schaal*, el antioxidante que le proporciona mayor tiempo de vida a los chifles y mejores características organolépticas es el antioxidante Tenox 20.



**Figura 3.12.** Evaluación de las características organolépticas de chifles: sin antioxidante, con antioxidante Ecoprol 2021 y Tenox 20 en el ensayo *Schaal*, a) rancidez, b) sabor, c) textura y d) color.

### c. Prueba con antioxidante Tenox 20 en dos tipos de aceites

En este ensayo vamos a trabajar con los dos aceites que mejor se comportan en el proceso de fritura y con el antioxidante más efectivo. Este ensayo se dividió en dos apartados, en el primero se realiza la comprobación del consumo de aceite, debido a que se observó durante el ensayo un mayor consumo de aceite D, y en el segundo apartado se realiza la evaluación de los dos aceites y la validez del método de extracción en frío.

#### Comprobación del consumo de aceite:

Tanto en esta prueba como en la segunda prueba del ensayo con distintos aceites, se observó un mayor consumo de aceite D (palma), lo que hacía suponer que los chifles absorbían una mayor cantidad de este tipo de aceite. Por ese motivo se realizó un análisis de absorción de grasa en el laboratorio de UCISA, cuyos resultados se presentan en la **tabla 3.4**; se encontró que el porcentaje de absorción es similar en los dos aceites y en conclusión el aceite D se volatiliza con mayor rapidez que los demás aceites.

**Tabla 3.4.** Porcentaje de absorción de los aceites C y D.

Chifles con aceite	Porcentaje de aceite
C	40,5 %
D	39 %

La explicación a este suceso puede estar en que el componente mayoritario del aceite de palma es el ácido palmítico (43-47 %) con 16 carbonos y punto de ebullición de 179 °C, mientras el componente mayoritario del aceite de soya es el ácido linoleico (48-58 %) con 18 carbonos y punto de ebullición de 202 °C, como se aprecia en el **anexo G**.

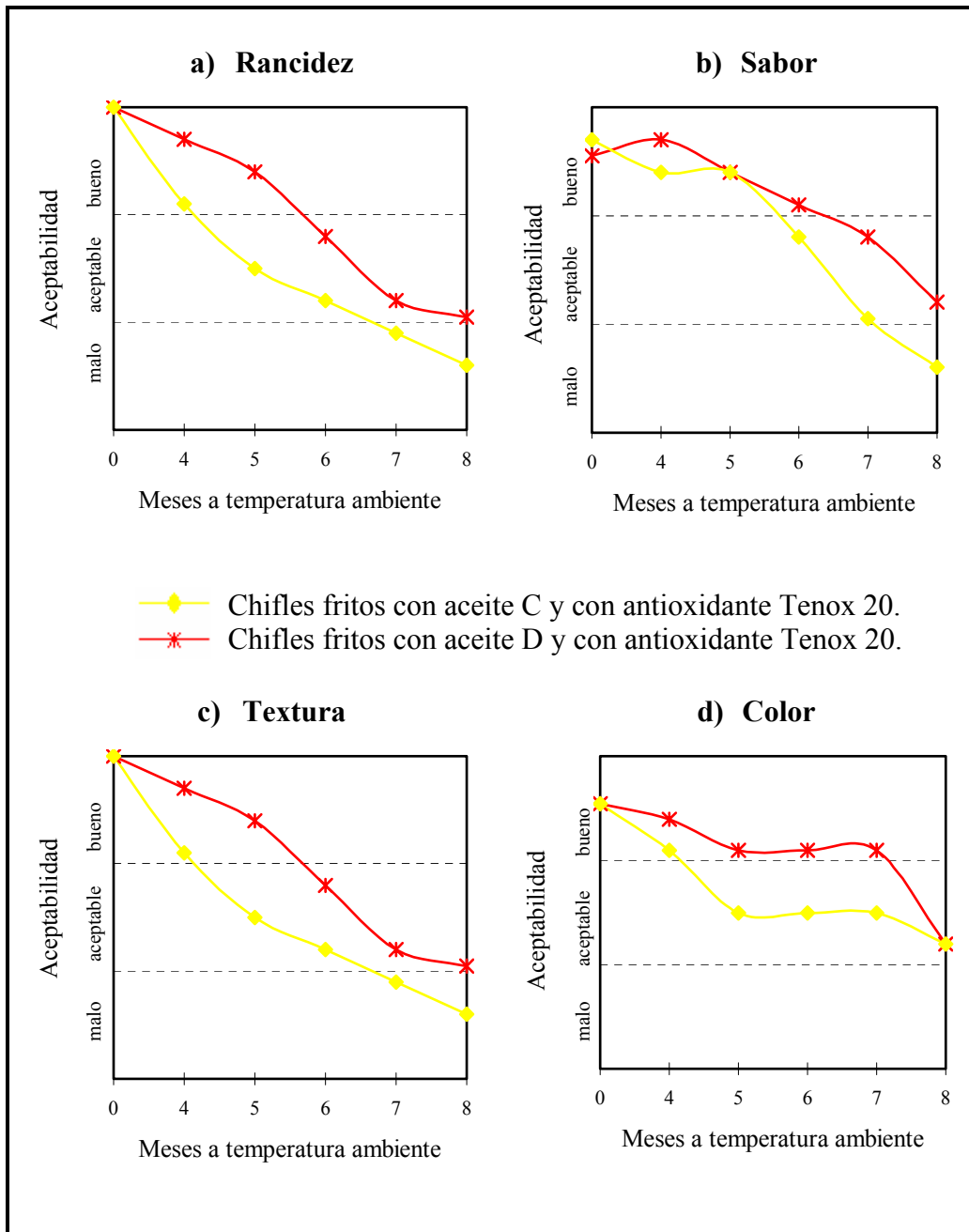
#### Evaluación de los aceites C y D utilizando antioxidante Tenox 20

En la evaluación organoléptica de las muestras de chifles con antioxidante Tenox 20 mantenidos a temperatura ambiente (ver **figura 3.13**), se observa que los chifles fritos con aceite C (soya) a los 6,5 meses ya se encontraban rancios, de mal sabor y textura, y que los chifles fritos con aceite D (soya + algodón) a los 8 meses se iniciaba su enranciamiento y la textura era mala.

En la siguiente **tabla 3.5** compara los resultados del ensayo con diferentes aceites donde no se utilizó antioxidante y los de este ensayo donde se utilizó antioxidante Tenox 20.

**Tabla 3.5** Tiempo de vida de los chifles sin antioxidante y con antioxidante

	Chifles sin antioxidante	Chifles con antioxidante	Incremento del tiempo de vida (%)
Aceite C	4,5 meses	6,5 meses	45
Aceite D	5 meses	8 meses	60



**Figura 3.13.** Evaluación de las características organolépticas de chifles con antioxidante Tenox 20: a) rancidez, b) sabor, c) textura y d) color, en muestras a temperatura ambiente.

Además se realizó una evaluación al aceite de fritura y al aceite extraído de los chifles a mitad del proceso, estas muestras fueron sometidas a oxidación acelerada con el Rancimat, ver **tabla 3.6**. Demostrándose que el tiempo de vida de los chifles también se puede obtener evaluando el aceite de fritura.

Se observa que el tiempo de vida del aceite de fritura D (palma) a mitad de proceso es el doble del aceite C (soya + algodón). Estos resultados comparados con los resultados de durabilidad de los aceites extraídos de los chifles a mitad de proceso, por el

método *Soxhlet* (**tabla 3.7**) y extracción en frío (**tabla 3.8**), difieren en unas semanas. En el **anexo H** se encuentran los reportes emitidos por el Rancimat.

**Tabla 3.6.** Durabilidad en el Rancimat de los aceites de fritura C y D con antioxidante Tenox 20 a mitad del proceso de fritura.

Chifles con aceite	Rancimat (h)	Tiempo de vida
C	2,65	≅ 1 mes y 2 semanas
D	6,17	≅ 3 meses y 1 semana

**Tabla 3.7.** Durabilidad en el Rancimat del aceite extraído de los chifles con antioxidante Tenox 20, por el método *Soxhlet*.

	Muestra	Rancimat (h)	Tiempo de vida
Mitad de proceso	Chifles fritos con aceite C	1,93 h	≅ 1 mes
	Chifles fritos con aceite D	7,45 h	≅ 4 meses
Final de proceso	Chifles fritos con aceite C	1,70 h	≅ 1 mes
	Chifles fritos con aceite D	4,33 h	≅ 2 meses y 1 semana

**Tabla 3.8.** Resultados en el Rancimat del aceite extraído de los chifles con antioxidante Tenox 20, por el método de extracción en frío.

	Muestra	Rancimat (h)	Tiempo de vida
Mitad de proceso	Chifles fritos con aceite C	2,97 h	≅ 1,5 meses
	Chifles fritos con aceite D	7,52 h	≅ 4 meses
Final de proceso	Chifles fritos con aceite C	3,4 h	≅ 1 mes y 3 semanas
	Chifles fritos con aceite D	5,28 h	≅ 2 meses y 3 semanas

Podemos apreciar que los tiempos de vida obtenidos con el método de extracción en frío son ligeramente mayores que los del método de extracción *Soxhlet*; esto puede deberse a que en la extracción *Soxhlet* el aceite está sometido a un calentamiento (en el caso del hexano a su temperatura de ebullición, 68 °C) que podría acelerar la oxidación. Se sugiere comprobar y estandarizar el método de extracción en frío para que pueda usarse alternativamente al método estándar *Soxhlet* para la extracción de muestras de aceite cuando la oxidación es un parámetro a evaluar.

El tiempo de vida de los chifles fritos con aceite C a mitad y final de proceso, está comprendido entre 1 y 1,8 meses, sin embargo los chifles fritos con aceite D a mitad y final de proceso tienen un tiempo de vida de 4 y 2,8 meses respectivamente.

Tanto en el método de oxidación acelerada en el Rancimat como en el método de durabilidad a temperatura ambiente, se obtiene que los chifles con antioxidante Tenox 20 fritos con aceite D tienen mayor tiempo de vida que los fritos con aceite C.

Se supone que la diferencia de los resultados de durabilidad en el Rancimat frente al método a temperatura ambiente se debe al factor de conversión del Rancimat, ya que se ha considerado el factor que UCISA utiliza para el aceite refinado de soya (igual a 8), que no está validado para los productos fritos.

# **CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

- ✚ El tiempo de vida de los chifles en las condiciones de trabajo cuando se inició el estudio (con aceite vegetal de soya + algodón, con un grado de recarga de 20% pero sin realizar filtrado de aceite y envasados en bolsas de polipropileno), era de cinco semanas.
- ✚ Este tiempo de vida aumenta considerablemente realizando cambios en el proceso de elaboración de los chifles, y envasados con bolsas de BOPP metalizado, alcanzando un tiempo de vida de 4,5 meses con el aceite de soya + algodón, y de 5 meses con el aceite de palma.
- ✚ No se encontró una clara correlación entre la prueba de oxidación acelerada (ensayo *Schaal*) y la prueba a temperatura ambiente. Pero resulta útil para realizar estudios comparativos con diferentes tratamientos.
- ✚ Se pudo comprobar que conviene realizar la recarga constante de aceite, preferentemente cada 1 hora como mínimo, y se pueden realizar mayor número de renovaciones con cantidades de aceite menores, tratando que no sean menores de 2 L.
- ✚ El grado de recarga óptimo para el proceso de fritura de los chifles en las condiciones de trabajo de la empresa en estudio, es de 29 %, esto hace que el aceite no se deteriore, que el producto al final del proceso tenga un tiempo de vida mayor, y que no exista demasiada diferencia del tiempo de vida entre los chifles de la primera y última fritura, evitando problemas de devolución de producto terminado, ya que el tiempo de vida es único para todos los chifles.
- ✚ El deterioro del aceite se disminuye realizando filtrado y recarga de aceite al mismo tiempo, logrando con el filtrado eliminar las migajas que se queman, que oscurecen el aceite y que transfieren olor y sabor desagradables tanto al aceite como a los chifles. Con la recarga se logra disminuir tanto el índice de peróxido como la acidez. Actualmente en la empresa, la operación de filtrado del aceite es muy tediosa y peligrosa para los trabajadores, un derrame de aceite caliente puede ocasionar graves quemaduras, como se mencionó en el capítulo I. Este riesgo se evitaría con la adquisición de un equipo de filtrado de aceite de fritura, que hoy está disponible en el mercado.
- ✚ El control del aceite de fritura debe realizarse *in-situ*, por ello la empresa debería implementar un pequeño laboratorio donde se puedan realizar análisis químicos rápidos como índice de peróxido y acidez; otra opción factible, sería adquirir un equipo de *test* rápido que no requeriría mano de obra especializada, ni muchos reactivos, obteniéndose resultados rápidos y confiables; además es económico.
- ✚ Los chifles deben ser envasados a la brevedad posible, inmediatamente después de haberse enfriado. La exposición de los chifles al aire ambiental influye negativamente en la calidad y tiempo de vida, y podría dar lugar a cualquier contaminación.

- ✚ La calidad de los chifles se ve mejorada con las bolsas de BOPP metalizadas.
- ✚ El antioxidante que proporciona mayor tiempo de vida a los chifles es el antioxidante Tenox 20. Los chifles fritos con el aceite de soya + algodón aumentan su durabilidad de 4,5 a 6,5 meses, y los chifles fritos con aceite de palma de a 8 meses.
- ✚ El aceite de palma tiene un mayor consumo en el proceso productivo, debido a que se volatiliza con mayor rapidez a la temperatura de trabajo. Se recomienda realizar una evaluación económica para evaluar la factibilidad de usar dicho aceite en la producción habitual de la empresa para aumentar el tiempo de vida de los chifles en un mes.
- ✚ En los análisis del aceite contenido en los chifles, la extracción de aceite en frío resulta práctica, rápida y económica; permite trabajar volúmenes mayores de muestra que la extracción *Soxhlet*, y el aceite se obtiene con menores riesgos de deterioro por la temperatura. Como se pudo comprobar en la parte experimental la diferencia de los resultados entre dichas extracciones es mínima.

# **BIBLIOGRAFÍA**

**BIBLIOGRAFÍA:**

- (1) Alayza Carrera, María Isabel. “Estudio técnico sobre la elaboración y conservación de los chifles (hojuelas de plátano fritas)”. Tesis de la Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Piura. (1991)
- (2) Aguirre, Carlos. “Papirica ganó premio la mejor empresa del año en categoría snack”. Publicado en el Diario Correo. Piura. (02/04/2004)
- (3) Amelotti, Giovanni; Montarfano, Patricia. “Sostanze grasse alimentari”. Editorial Clesav. Milán, Italia. (1984)
- (4) Bernardini, E. Tecnología de aceites y grasa. “Tecnología de aceites y grasas”. Editorial Alambra S.A. Madrid, España. (1986)
- (5) Cuesta, C; Sánchez Muñiz, F.J. “Control de calidad en frituras consecutivas”. Revista Grasas y Aceites, Instituto de las Grasas y Aceites. España. Volumen 49. Fascículo 3-4. Páginas 310-318 (1998)
- (6) Dobarganes, M.C. “Evaluación del nuevo sistema Viscofrit para el control de calidad de los aceites y grasas de fritura en el sector de restauración”. Informe Emitido por el Instituto de las Grasas y Aceites. España.  
<http://www.viscofrit.com/igs.htm> (05/12/2002)
- (7) Dobarganes, M.C; Márquez Ruiz, G. “Control de calidad de las grasas de frituras. Validez de los ensayos rápidos en sustitución de la determinación de compuestos polares”. Revista Grasas y Aceites, Instituto de las Grasas y Aceites. España. Volumen 46. Fascículo 3. Páginas 196-201. (1995)
- (8) Dobarganes, M.C; Márquez Ruiz, G. “Regulación de las grasas de frituras usadas y validez de las pruebas rápidas para desechar las grasas”. Revista Grasas y Aceites, Instituto de las Grasas y Aceites. España. Volumen 49. Fascículo 3-4. Páginas 331-335. (1998)
- (9) Mehlembacher, V.C; Hopper, T.H; Sallee, E.M; Link, W.E; Walker, R.O; Walker, R.C; Firestone, D. “Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists’ Society”. Editorial AOCS PRESS. (1994)
- (10) Pantzaris, T.P. “Comparación de aceites monoinsaturados y poliinsaturados en frituras continuas”. Revista Grasas y Aceites, Instituto de las Grasas y Aceites. España. Volumen 49. Fascículo 3-4. Páginas 319-325. (1998)
- (11) Eastman Chemical Company. “Antioxidantes alimenticios”. (1995)

- (12) Eastman Chemical Company. “Antioxidantes de calidad alimentaria para aceites refinados”. (1996)
- (13) Eastman Chemical Company. “Food-Grade antioxidants for cereals, flavoring materials, confectioneries and snack foods”. (1998)
- (14) Ecopro S.A. “Evaluación química de la rancidez oxidativa” Folleto informativo de la empresa Ecopro S.A. Lima (2001)
- (15) Lawson, Harry. “Aceites y grasas alimentarios: tecnología, utilización y nutrición”. Editorial Acribia S.A. España. (1994)
- (16) Rojas, Pablo; Treguear, Willy. “Aceites de fritura”. Biblioteca de ingeniería de los alimentos. BDN Alimentación/Ingal)  
<http://www.geocities.com/collegePark/Lab/2960/Biblioteca.htm>. (15/02/2001)
- (17) Stier, Richard F; Dimarco, Nancy; Blumenthal, Michael; Farr, Walter. “Guía para la aplicación del aceite de semilla de algodón”. National cottonseed products association (NCPA).  
<http://www.cottonseed.com> (15/02/2001)
- (18) Veri Fry  
[http://www.libralabs.com/TKT/Information/RefVerify\\_pro.htm](http://www.libralabs.com/TKT/Information/RefVerify_pro.htm) (15/02/2001)
- (19) Viscofrit  
<http://www.viscofrit.com> (15/02/2001)
- (20) Fri Check  
<http://www.miroil.com/FriCheck.htm> (15/02/2001)
- (21) 3M PCT 120  
<http://www.cms.3m.com/cms/CH/de/0-34/elckEU/view.jhtml> (15/02/2001)
- (22) Web médica de Terragona – España.  
<http://www.medicadeterragona.es/consejos/200210.htm> (01/05/2005)

# **ANEXO A**

## NORMAS PUBLICADAS POR LA U.S *FOOD AND DRUG* *ADMINISTRATION* (FDA)

### REGLAMENTACIÓN FUERA DE LOS EE.UU

La siguiente información proporciona una vasta indicación de la amplia aceptación de los antioxidantes fenólicos y tocoferoles más importantes para uso de muchos países. Los futuros usuarios de antioxidantes deben consultar a la agencia reguladora en su país, en lo que concierne al uso de antioxidantes.

Esta información no debe tomarse como una presentación completa y actualmente precisa del estado reglamentario de los antioxidantes para alimentos en los países listados, ni tiene la intención de dar a entender que los antioxidantes no están permitidos en los países que no se incluyen en la lista.

#### Comunidad Europea (CE)

Antioxidante permitido	Reglamento de la CE	Limitación o tolerancia (Por ciento en peso del alimento a menos que se especifique de otra manera)
BHA	E320	Cada país miembro de la CE tiene el privilegio de establecer sus niveles máximos permitidos para cualquier uso final que escoja.
BHT	E321	
Galato de propilo	E310	
TBHQ	---	
Tocoferoles	E306	

Fuente: Publicaciones de la *Eastman Chemical Company*, antioxidantes Tenox.

**Uso permitido-otros países**

<b>País</b>	<b>BHA</b>	<b>BHT</b>	<b>Galatos</b>	<b>TBHQ</b>	<b>Tocoferoles</b>
Afganistán	✓	✓	—	—	✓
Alemania	✓	✓	✓	—	✓
Arabia Saudita	✓	✓	✓	✓	✓
Argentina	✓	✓	✓	✓	✓
Australia	✓	✓	✓	✓	✓
Austria	✓	—	—	—	✓
Bahrein	✓	✓	✓	✓	✓
Barbados	—	—	—	✓	—
Bélgica	✓	✓	✓	—	✓
Bolivia	✓	✓	✓	✓	✓
Brasil	✓	✓	✓	✓	✓
Canadá	✓	✓	✓	—	✓
Chile	✓	✓	✓	✓	✓
China (Hong Kong)	✓	✓	—	—	✓
China Popular	✓	✓	✓	✓	✓
China (Taiwan)	✓	✓	✓	✓	✓
Chipre	✓	✓	—	—	✓
Colombia	✓	✓	✓	✓	—
Corea del Sur	✓	✓	✓	✓	✓
Dinamarca	✓	✓	✓	—	✓
Ecuador	✓	✓	—	✓	✓
España	✓	✓	✓	—	✓
Filipinas	✓	✓	✓	✓	✓
Finlandia	✓	✓	✓	—	✓
Francia	✓	✓	✓	—	✓
Gibraltar	✓	✓	—	—	✓
Grecia	✓	✓	✓	—	✓
Hungría	✓	✓	—	—	—
Indonesia	✓	✓	✓	✓	✓
Irlanda	✓	✓	✓	—	✓
Israel	✓	✓	—	—	—
Italia	✓	✓	✓	—	✓
Jamaica	—	—	—	✓	✓
Japón	✓	✓	✓	—	✓
Kenia	✓	—	✓	—	—
Luxemburgo	✓	✓	✓	—	✓
Malsia	✓	✓	✓	✓	✓
Malta	✓	✓	—	✓	✓
Marruecos	—	—	—	✓	—
Mauritania	✓	✓	✓	—	✓
México	✓	✓	✓	✓	✓
Nigeria	✓	✓	—	—	—
Noruega	✓	✓	✓	—	✓
Nueva Zelandia	✓	✓	✓	✓	✓
Países Bajos	✓	✓	✓	—	✓
Pakistan	✓	✓	—	—	✓
Panamá	✓	✓	✓	✓	✓
Papua Nueva Guinea	✓	—	—	—	✓
Perú	✓	✓	—	✓	✓

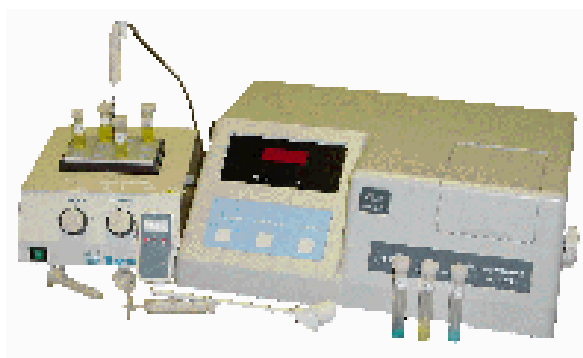
Portugal	✓	✓	✓	—	—
Reino Unido de Gran Bretaña	✓	✓	✓	—	✓
Singapur	✓	✓	✓	✓	✓
Sur África	✓	✓	✓	✓	✓
Suecia	✓	✓	✓	—	✓
Suiza	✓	✓	✓	—	✓
Tailandia	✓	✓	✓	✓	✓
Trinidad y Tobago	✓	✓	✓	—	—
Turquía	✓	✓	✓	✓	✓
Uruguay	✓	✓	✓	✓	✓
Venezuela	✓	✓	✓	✓	✓
Zambia	✓	✓	✓	—	—
Zimbabwe	✓	—	—	—	—

Los BHA, BHT y Tocoferoles tienen una gran aceptación casi universal en todos los países listados, mientras que los galatos y, hasta cierto grado, el TBHQ, principalmente en EE.UU. no han sido tan ampliamente aceptados. Con lo que respecta a los galatos, debe notarse que en la mayoría de los países donde están aprobados, los ésteres de n-propilo y octilo, y dodecilo son aceptables. Las excepciones a esto son Canadá, Japón, Corea, México, Panamá, Filipinas, y los EE.UU., donde solamente el éster de n-propilo está aprobado para usarse en alimentos. El TBHQ siendo uno de los más importantes antioxidantes fenólicos producidos más recientemente, para grasa y aceites alimenticios, hasta aquí ha tenido su uso justificado en relativamente pocos países. En lo que se refiere a los tocoferoles, debe notarse que hay una amplia diversidad con relación a los tipos permitidos para uso como antioxidante de alimentos en los distintos países.

# **ANEXO B**

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE TEST RÁPIDO PARA ACEITES DE FRITURA

### **VERI FRY**



El equipo y suministros para realizar el test *VERI-FRY*® PRO son:

1. SP-830 Espectrómetro y tubo blanco.
2. LAD-01 Cucharón de aceite.
3. THM-1 Termómetro digital.
4. WAR-ANA-12 Tubo resistente al calor.
5. BL-SQ-12 Stand para 12 Tubos.
6. FTR-5 Filtros del disco disponibles.
7. SYR-5 Jeringas disponibles.
8. 50 WET Tubos de reactivo gel.
9. 50 FFA-350 Tubos de reactivo gel.

### 3M - PCT 120



El *set* de 3M PCT 120 contiene:

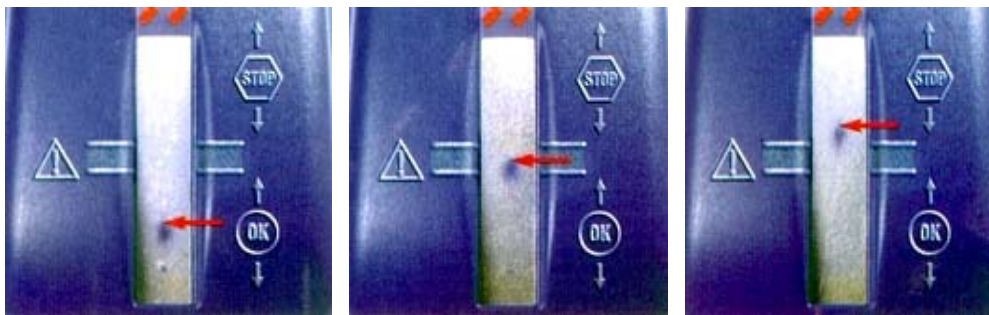
- 1 Unidad 3M PCT 120.
- 20 Tiras medidoras.
- 1 cuchara para muestras.

#### ¿Cómo funciona?

El *test* se lleva a cabo con las tiras 3M PCT 120. El proceso de evaluación comienza al situar una tira dentro de la unidad y al introducir la muestra de aceite en su receptáculo. La unidad indica cuándo ha concluido el *test* (la luz verde parpadea).

#### Interpretación:

La situación del punto azul sobre la tira indica el grado de degradación del aceite.



Aceite en buen estado

Se recomienda cambiar el aceite

Desechar el aceite

**Duración del test:** 35 minutos.

**Determina:** el grado de deterioro del aceite de fritura midiendo el nivel de compuestos polares.

**Garantiza la calidad de los alimentos según** los requisitos europeos para la higiene (HACCP), el límite indicado por el PCT 120 está en concordancia con la actual legislación española, que obliga a desechar el aceite cuando el porcentaje de compuestos polares supera el 25 %.

## ***VISCOFRIT***



El set contiene:

- 1 unidad de *Viscofrit*.
- 2 termómetros.
- 1 cepillo para limpieza.

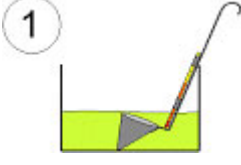
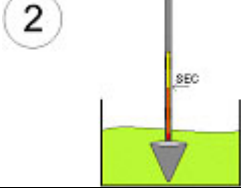
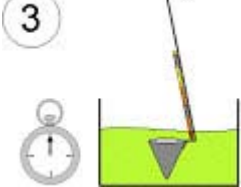
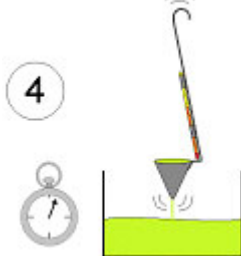
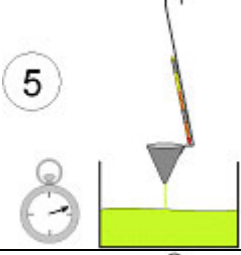
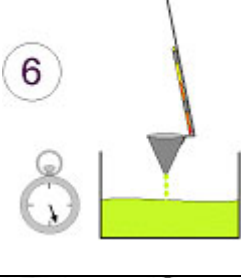
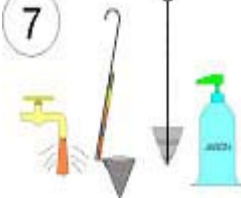
**Determina:** el grado de deterioro del aceite de fritura midiendo el nivel de compuestos polares.

### **¿ Qué debo hacer si el aceite está caliente?**

Si desea conocer el estado de alteración de un aceite caliente, deberá enfriarlo previamente. Para ello debe realizar los siguientes pasos:

- Recoja ½ litro de aceite en un recipiente metálico.
- Sumérjalo en un baño de agua enfriada con cubitos de hielo.
- Remueva de cuando en cuando.
- Pasados unos 10 minutos compruebe que el aceite está a menos de 50 °C.
- Transfiera el aceite a un recipiente estrecho y alto que permita la inmersión completa del *Viscofrit*.
- Lleve a cabo el ensayo siguiendo las instrucciones de uso.

¿Cómo funciona?

 <p>1</p>	<p>1. Sumerja el <i>Viscofrit</i> en el aceite completamente líquido y frío (15-50 °C) (temperatura recomendada: 20-30 °C), procurando que la base del termómetro también quede sumergida, se deja unos minutos hasta que la lectura del termómetro se estabilice.</p>
 <p>2</p>	<p>2. Sin sacar el <i>Viscofrit</i> del baño de aceite, leer y memorizar el tiempo (en segundos) indicado por la columna en la escala derecha del termómetro.</p>
 <p>3</p>	<p>3. Deslizar el dedo índice bajo el extremo curvado del mango del <i>Viscofrit</i> y levántelo, procurando que el cono quede sumergido en su totalidad. Tenga a mano un cronómetro o un reloj con segundero.</p>
 <p>4</p>	<p>4. Retire el <i>Viscofrit</i> rápidamente y por completo del baño, y, simultáneamente, comience a contar el tiempo.</p>
 <p>5</p>	<p>5. Manténgalo en esta posición mientras se vacía.</p>
 <p>6</p>	<p>6. Detenga el cronómetro en el momento justo en que el aceite deje de fluir continuamente y empiece a gotear. Si el tiempo transcurrido es superior al que se observó en el termómetro antes de sacarlo del baño (2), el aceite debe ser retirado. De lo contrario, si el tiempo transcurrido es inferior al indicado, el aceite puede seguir siendo utilizado.</p>
 <p>7</p>	<p>7. Cuando haya terminado de utilizar su <i>Viscofrit</i>, límpielo bien por fuera y por dentro con agua caliente y jabón, utilizando el cepillo especial que contiene el set de <i>Viscofrit</i>, séquelo completamente con un papel.</p>

### ¿Qué termómetro debe incorporar el *Viscofrit* para mi proceso?

El modelo de termómetro que debe incorporar su *Viscofrit* estará en función del tipo de aceite que esté utilizando. Actualmente, *Viscofrit* utiliza dos modelos de termómetro:

- El modelo "L" está diseñado para ser utilizado con aceites linoleicos, es decir, aceites cuyo ácido graso mayoritario es el linoleico, como: girasol, soja, maíz, etc.
- El modelo "O" está diseñado para ser utilizado con aceites oleicos, es decir, aceites cuyo ácido graso mayoritario es el oleico, como: oliva (orujo), girasol alto oleico, canola, oleína de palma, etc.

### ¿ Qué tipo de aceite está utilizando ?

Si no está seguro de qué tipo de aceite está utilizando, *Viscofrit* le sacará de dudas. Simplemente, realice un ensayo sobre el aceite fresco y compare el tiempo de vaciado con la siguiente tabla:

T (°C)	t lím (seg)
30	45 (± 3)
29	46 (± 3)
28	47 (± 4)
27	48 (± 4)
26	49 (± 4)
25	51 (± 4)
24	52 (± 5)
23	54 (± 5)
22	56 (± 5)
21	58 (± 6)
20	60 (± 6)

- El aceite será del **tipo oleico** si el tiempo medido es **mayor** que el tiempo límite.
- El aceite será del **tipo linoleico** si el tiempo medido es **menor** que el tiempo límite.

Los valores entre paréntesis indican los valores máximos de desviación.

El tiempo hallado no debe superar la desviación máxima a la temperatura de medida, por ejemplo, a 23 °C el tiempo límite es 54 s, entonces el intervalo de tiempo que debe demorar en vaciar el aceite, según la desviación de  $\pm 5$ , debe ser de 49 s a 59 s. Contacte con su proveedor de *Viscofrit* si observa que se supera este intervalo.

# **ANEXO C**

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ANTIOXIDANTES

### MÉTODOS DE APLICACIÓN PARA ANTIOXIDANTES TENOX

**Método directo:** se calienta entre 63 °C y 80 °C y luego se agita vigorosamente hasta que toda la masa esté en movimiento. La agitación no debe ser tan vigorosa que incorpore una cantidad excesiva de aire. Entonces se agrega el antioxidante lentamente. Una vez terminada la adición se debe continuar agitando durante 20 minutos para que el antioxidante quede total y uniformemente mezclado.

**Método de antioxidante concentrado:** se pueden preparar soluciones concentradas de antioxidante disolviendo el antioxidante Tenox en una pequeña cantidad de grasa o aceite calentado a 93-121 °C. El concentrado caliente o una formulación prediseñada de antioxidante Tenox puede introducirse en el cuerpo principal de la grasa o el aceite. Se requiere agitación para una completa distribución.

**Método proporcional:** el antioxidante, o concentrado del antioxidante en el aceite que se va a estabilizar, se dosifica o se mide y se mezcla con el resto de aceite caliente (mínimo 60 °C). El antioxidante o el concentrado de antioxidante se mide mediante una bomba dosificadora de acero inoxidable, para incorporarlo al aceite en la proporción deseada. La disolución antioxidante se alimenta a la toma de la bomba de circulación.

El buen resultado de la técnica proporcional depende de la longitud de la tubería y de la turbulencia que cause la bomba de circulación. Se sugiere que la tubería tenga un diámetro mínimo de 51 mm y una longitud aproximada de 1 metro. La turbulencia debe ser suficiente para mezclar perfectamente el antioxidante con el aceite antes de que la mezcla llegue al depósito donde se almacene definitivamente.

**Método de atomizado o rociado:** algunos alimentos pueden rociarse directamente con una solución diluida de antioxidante. La solución deberá ajustarse para proporcionar la cantidad deseada de antioxidante y asegurar una distribución uniforme en la superficie de los productos.

## SOLUCIONES DE ANTIOXIDANTES TENOX

	Tenox 2	Tenox 4	Tenox 4B	Tenox 5	Tenox 5B	Tenox 6	Tenox 7
<b>MÁXIMOS NIVELES DE USO</b> (% en peso de grasa o aceite)							
FDA	0,076	0,05	0,1	0,04	0,04	0,076	0,05
USDA	0,05	0,05	0,05	0,04	0,02	0,076	0,035
<b>COMPOSICIÓN, %</b>							
Hidroxianisol butilado (BHA)	20	20	20	25	50	10	28
Hidrotolueno butilado (BHT)	---	20	---	25	---	10	---
Terc-butilhidroquinona (TBHQ)	---	---	---	---	---	---	---
Galato de propilo (PG)	6	---	---	---	---	6	12
Ácido cítrico	4	---	---	---	---	6	6
Aceites vegetales	---	60	80	---	---	28	---
Monooleato de glicerilo	---	---	---	---	---	28	20
Propilén glicol	70	---	---	---	---	12	34
Alcohol etílico desnaturalizado	---	---	---	50	50	---	---
<b>PROPIEDADES TÍPICAS</b>							
Color	Incoloro a levemente ámbar	levemente ámbar	Ámbar claro	Incoloro a levemente ámbar	Incoloro a levemente ámbar	Marrón	Marrón claro
Viscosidad* (cP) a 25 °C	95	61	69	12	12	333	291
Gravedad específica, 20°C/20°C	1,064	0,942	0,951	0,884	0,913	1,008	1,081
Solubilidad en grasas y aceites	Buena	Excelente	Excelente	Baja	Baja	Excelente	Muy Buena
Efectividad en aceites vegetales	Muy Buena	Buena	Buena	---	---	Muy Buena	Muy Buena
“Mantiene sus propiedades” en alimentos horneados	Muy Buena	Excelente	Excelente	Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena

	Tenox 8	Tenox 20	Tenox20A	Tenox20B	Tenox 21	Tenox 22	Tenox 25
<b>MÁXIMOS NIVELES DE USO</b>							
<b>(% en peso de grasa o aceite)</b>							
FDA	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,076	0,10
USDA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10
<b>COMPOSICIÓN, %</b>							
Hidroxianisol butilado (BHA)	---	---	---	---	---	20	---
Hidrotolueno butilado (BHT)	20	---	---	--	---	---	10
Terc-butilhidroquinona (TBHQ)	---	20	20	20	20	6	10
Galato de propilo (PG)	---	---	---	---	---	---	---
Ácido cítrico	---	10	3	3	1	4	3
Aceites vegetales	80	---	30	---	32	---	31
Monooleato de glicerilo	---	---	32	---	32	---	31
Propilén glicol	---	70	15	77	15	70	15
Alcohol etílico desnaturalizado	---	---	---	---	---	---	---
<b>PROPIEDADES TÍPICAS</b>							
Color	Levemente ámbar a ámbar claro	Ámbar claro a café	Café	Ámbar claro a marrón	Marrón	Ámbar claro a marrón claro	Marrón
Viscosidad* (cP) a 25 °C	49	235	369	120	284	91	190
Gravedad específica, 20°C/20°C	0,925	1,087	0,998	1,047	0,991	1,054	0,938
Solubilidad en grasas y aceites	Excelente	Buena	Excelente	Buena	Excelente	Buena	Excelente
Efectividad en aceites vegetales	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Muy buena	Excelente
“Mantiene sus propiedades” en alimentos horneados	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Muy buena	Excelente

	Tenox 26	Tenox 27	Tenox A	Tenox R	Tenox S-1
<b>MÁXIMOS NIVELES DE USO</b> (% en peso de grasa o aceite)					
FDA	0,076	0,05	0,05	0,1	0,1
USDA	0,076	0,035	0,025	0,05	0,05
<b>COMPOSICIÓN, %</b>					
Hidroxianisol butilado (BHA)	10	28	40	20	---
Hidrotolueno butilado (BHT)	10	---	---	---	---
Terc-butilhidroquinona (TBHQ)	6	12	---	---	---
Galato de propilo (PG)	---	---	---	---	20
Ácido cítrico	6	6	8	20	10
Aceites vegetales	28	---	---	---	---
Monooleato de glicerilo	28	20	---	---	---
Propilén glicol	12	34	52	60	70
Alcohol etílico desnaturalizado	---	---	---	---	---
<b>PROPIEDADES TÍPICAS</b>					
Color	Marrón	Marrón	Levemente ámbar	Levemente ámbar	Ámbar claro
Viscosidad* (cP) a 25 °C	235	279	144	229	244
Gravedad específica, 20°C/20°C	0,997	1,047	1,071	1,117	1,127
Solubilidad en grasas y aceites	Excelente	Muy buena	Buena	Buena	Buena
Efectividad en aceites vegetales	Muy buena	Muy buena	Buena	Buena	Excelente
“Mantiene sus propiedades” en alimentos horneados	Muy buena	Muy buena	Excelente	Excelente	Regular

## USOS POPULARES

Varios antioxidantes *Tenox* se recomiendan para cada producto en la siguiente guía de usos. Esto se debe a las vastas diferencias en los reglamentos existentes en diversos países.

### Alimentos para animales

<i>Tenox</i> 2	<i>Tenox</i> 26
<i>Tenox</i> 6	<i>Tenox</i> 27
<i>Tenox</i> 7	<i>Tenox</i> GT-1
<i>Tenox</i> 20	<i>Tenox</i> GT-2
<i>Tenox</i> 20A	<i>Tenox</i> R
<i>Tenox</i> 22	<i>Tenox</i> S-1
<i>Tenox</i> 25	

### Productos horneados

<i>Tenox</i> 4	<i>Tenox</i> 25
<i>Tenox</i> 4B	<i>Tenox</i> 26
<i>Tenox</i> 6	<i>Tenox</i> 27
<i>Tenox</i> 7	<i>Tenox</i> GT-1
<i>Tenox</i> 8	<i>Tenox</i> GT-2

### Mezclas para repostería

<i>Tenox</i> 4	<i>Tenox</i> 26
<i>Tenox</i> 4B	<i>Tenox</i> 27
<i>Tenox</i> 6	<i>Tenox</i> GT-1
<i>Tenox</i> 7	<i>Tenox</i> GT-2
<i>Tenox</i> 25	

### Grasa para repostería

<i>Tenox</i> 4	<i>Tenox</i> GT-1
<i>Tenox</i> 25	<i>Tenox</i> GT-2
<i>Tenox</i> 27	

### Mezcla para bebidas

<i>Tenox</i> 4B	<i>Tenox</i> BHA
<i>Tenox</i> A	

### Dulces

<i>Tenox</i> 4	<i>Tenox</i> 25
<i>Tenox</i> 4B	<i>Tenox</i> 27
<i>Tenox</i> 7	<i>Tenox</i> GT-1
<i>Tenox</i> 20A	<i>Tenox</i> GT-2

### Cereales

<i>Tenox</i> 4	<i>Tenox</i> 8
<i>Tenox</i> 4B	

### Goma de mascar

<i>Tenox</i> BHA	<i>Tenox</i> GT-1
<i>Tenox</i> BHT	<i>Tenox</i> GT-2

### Aceites cítricos

<i>Tenox</i> 4B	<i>Tenox</i> GT-1
<i>Tenox</i> BHA	<i>Tenox</i> GT-2

### Galletas dulces

<i>Tenox</i> 4	<i>Tenox</i> 27
<i>Tenox</i> 4B	<i>Tenox</i> GT-1
<i>Tenox</i> 20A	<i>Tenox</i> GT-2
<i>Tenox</i> 25	

### Cosméticos

<i>Tenox</i> 2	<i>Tenox</i> 25
<i>Tenox</i> 4	<i>Tenox</i> 26
<i>Tenox</i> 4B	<i>Tenox</i> BHA
<i>Tenox</i> 6	<i>Tenox</i> BHT
<i>Tenox</i> 20B	<i>Tenox</i> GT-1
<i>Tenox</i> 22	<i>Tenox</i> GT-2

### Galletas

<i>Tenox</i> 4	<i>Tenox</i> 25
<i>Tenox</i> 4B	<i>Tenox</i> 27
<i>Tenox</i> 6	<i>Tenox</i> GT-1
<i>Tenox</i> 7	<i>Tenox</i> GT-2
<i>Tenox</i> 8	

### Mezclas de postres

<i>Tenox</i> 4B	<i>Tenox</i> BHA
<i>Tenox</i> A	

### Grasas comestibles

<i>Tenox</i> 4	<i>Tenox</i> BHA
<i>Tenox</i> 4B	<i>Tenox</i> BHT
<i>Tenox</i> 7	<i>Tenox</i> GT-1
<i>Tenox</i> 20A	<i>Tenox</i> GT-2
<i>Tenox</i> 25	<i>Tenox</i> TBHQ
<i>Tenox</i> 27	

### Aceites de pescado

<i>Tenox</i> 20	<i>Tenox</i> GT-2
<i>Tenox</i> 20A	<i>Tenox</i> S-1
<i>Tenox</i> GT-1	<i>Tenox</i> TBHQ

### Productos de pescado

<i>Tenox</i> 20	<i>Tenox</i> GT-2
<i>Tenox</i> 20A	<i>Tenox</i> S-1
<i>Tenox</i> GT-1	<i>Tenox</i> TBHQ

### Condimentos

<i>Tenox</i> 4B	<i>Tenox</i> GT-1
<i>Tenox</i> BHA	<i>Tenox</i> GT-2

### Aceites para freír

<i>Tenox</i> 20	<i>Tenox</i> GT-1
<i>Tenox</i> 20A	<i>Tenox</i> GT-2
<i>Tenox</i> 20B	<i>Tenox</i> TBHQ
<i>Tenox</i> 21	

### Grasas no comestibles

<i>Tenox</i> 2	<i>Tenox</i> 27
<i>Tenox</i> 20	<i>Tenox</i> GT-1
<i>Tenox</i> 20A	<i>Tenox</i> GT-2
<i>Tenox</i> 22	<i>Tenox</i> R

### Manteca de cerdo

<i>Tenox</i> 4	<i>Tenox</i> GT-1
<i>Tenox</i> 25	<i>Tenox</i> GT-2
<i>Tenox</i> 27	

<b>Margarinas</b>		<b>Papas fritas</b>		<b>Snacks</b>	
Tenox 7	Tenox 25	Tenox 20	Tenox 20B	Tenox 7	Tenox 25
Tenox 20A	Tenox 27	Tenox 20A	Tenox 21	Tenox 20	Tenox 27
Tenox 21	Tenox TBHQ			Tenox 20A	Tenox GT-1
				Tenox 20B	Tenox GT-2
				Tenox 21	
<b>Productos de carne</b>		<b>Papas (Instantáneas)</b>			
Tenox 4	Tenox 8	Tenox 5	Tenox 5B		
Tenox 4B	Tenox 20A	<b>Grasa de aves de corral</b>		<b>Especies</b>	
Tenox 6	Tenox 25	Tenox 7	Tenox GT-2	Tenox 4	Tenox 26
Tenox 7	Tenox 27	Tenox 20A	Tenox PG	Tenox 6	Tenox 27
		Tenox 27	Tenox S-1	Tenox 7	Tenox GT-1
		Tenox GT-1	Tenox TBHQ	Tenox 20A	Tenox GT-2
				Tenox 25	
<b>Aceite mineral</b>		<b>Productos de aves de corral</b>		<b>Sebo</b>	
Tenox 2	Tenox BHA	Tenox 6	Tenox 26	Tenox 4	Tenox 25
Tenox 4B	Tenox BHT	Tenox 7	Tenox 27	Tenox 6	Tenox 27
Tenox 7	Tenox GT-1	Tenox 20	Tenox GT-1	Tenox 7	Tenox GT-1
Tenox 22	Tenox GT-2	Tenox 20A	Tenox GT-2	Tenox 20A	Tenox GT-2
Tenox 27		Tenox 20B	Tenox S-1		
				<b>Aceites vegetales</b>	
<b>Nueces</b>		<b>Arroz</b>		Tenox 20	Tenox 27
Tenox 4	Tenox BHA	<b>(Obscuro, pulido, y salvado de arroz)</b>		Tenox 20A	Tenox PG
Tenox 4B	Tenox BHT	Tenox 4	Tenox 8	Tenox 20B	Tenox S-1
Tenox 8	Tenox GT-1	Tenox 4B	Tenox A	Tenox 21	Tenox TBHQ
Tenox 20A	Tenox GT-2				
Tenox 27	Tenox TBHQ				
		<b>Arroz (Enriquecido)</b>		<b>Vitaminas</b>	
		Tenox 8		Tenox 4	Tenox A
<b>Materiales de empaque</b>		<b>Salchichones</b>		Tenox 4B	Tenox BHA
Tenox 4	Tenox BHA	Tenox 4	Tenox 25	Tenox 8	
Tenox 4B	Tenox BHT	Tenox 4B	Tenox 26		
Tenox 8		Tenox 6	Tenox 27	<b>Ceras</b>	
		Tenox 7	Tenox GT-1	Tenox BHA	Tenox GT-2
<b>Alimentos para mascotas</b>		Tenox 20A	Tenox GT-2	Tenox BHT	Tenox TBHQ
Tenox 2	Tenox 26			Tenox GT-1	
Tenox 6	Tenox 27	<b>Camarón (Empanado)</b>		<b>Levadura</b>	
Tenox 7	Tenox GT-1	Tenox 4	Tenox A	Tenox 4B	Tenox BHA
Tenox 20	Tenox GT-2	Tenox 4B	Tenox GT-1		
Tenox 20A	Tenox R	Tenox 8	Tenox GT-2		
Tenox 22	Tenox S-1				

# ANEXO D

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ANTIOXIDANTES MONTANOX

### MÉTODOS DE APLICACIÓN PARA ANTIOXIDANTES MONTANOX

**Método directo:** añadir la cantidad de antioxidante Montanox, previamente pesado, agitarlo por 15 minutos en forma lenta para asegurar la distribución uniforme. A medida que se realiza la fritura, el producto absorbe el antioxidante, se recomienda añadir un 20 % de antioxidante para compensar el gasto del mismo. No seguir usando el antioxidante si el aceite toma un color marrón oscuro.

**Método atomizado o rociado:** se aplica sobre el producto que se va a estabilizar, únicamente para productos no fluidos como mezclas secas, salvado, etc.

# ANEXO E

## PREPARACIÓN DE REACTIVOS PARA ANÁLISIS DE ÍNDICE DE PERÓXIDO

### **Solución de yoduro de potasio:**

1. Pesar 10 g de yoduro de potasio.
2. Agregar 10 mL de agua aproximadamente, agitar e incorporar más agua hasta que el yoduro de potasio ya no se disuelva (aparecen dos fases, una líquida en la parte superior y una sólida en la parte inferior).

### **Solución de almidón:**

1. Medir 100 mL de agua y hervirla.
2. Agregar 1 g de almidón (almidón soluble puro), mover hasta que se disuelva.
3. Dejar enfriar.

### **Solución de tiosulfato de sodio 0,1N:**

Se disuelve 24,8 g de tiosulfato de sodio (solución standarizada) en agua destilada y se diluye hasta 1 L.

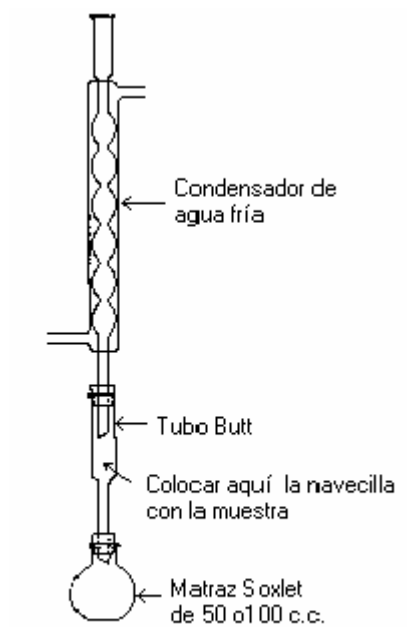
### Solución estandarizada:

1. Con la pipeta medir 25 mL de solución estándar de bicromato de potasio y se introducen en un vaso de 400 mL.
2. Se agregan 5 mL de ácido clorhídrico, 10 mL de solución de yoduro de potasio, y se rota para mezclar.
3. Dejar reposar durante 5 minutos, luego agregar 100 mL de agua destilado.
4. Se titula la solución de tiosulfato de sodio agitando vigorosamente, hasta que el color amarillo desaparezca.
5. Se añaden 1 a 2 mL de solución indicadora de almidón y se continua la titulación añadiendo la solución de tiosulfato de sodio lentamente hasta que el color marrón desaparezca.
6. La concentración de tiosulfato está expresado en términos de su normalidad.

$\text{Normalidad de tiosulfato de sodio} = 2,5 / (\text{ mL de tiosulfato requeridos } )$
--

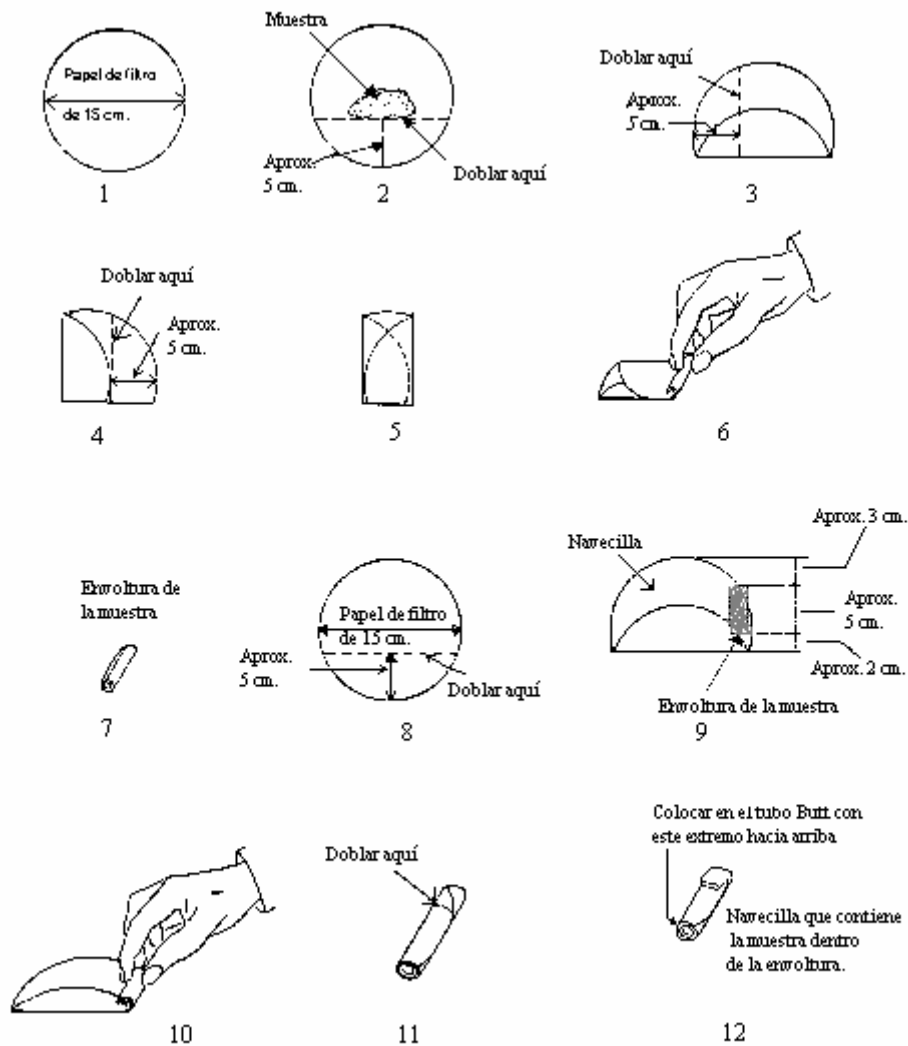
# **ANEXO F**

## EQUIPO DE EXTRACCIÓN *SOXHLET*



**Equipo de extracción de aceite  
(tipo Butt)**

## PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA LA EXTRACCIÓN *SOXHLET*



**Forma de doblar el papel de filtro para extracciones  
cuantitativas de aceite**

# **ANEXO G**

**PORCENTAJE DE ÁCIDOS GRASOS Y PUNTO DE EBULLICIÓN  
EN LOS ACEITES DE SOYA Y DE PALMA.**

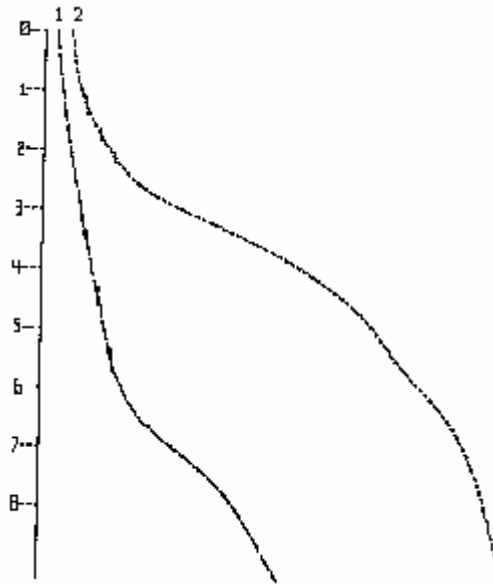
Ácidos grasos	Número de carbonos: enlaces dobles	Aceite de soya	Aceite de palma	Punto de ebullición (°C)
Laúrico	C <sub>12:0</sub>	---	Máx. 0,3	141,9
Mirístico	C <sub>14:0</sub>	Máx. 0,1	0,8 – 1,3	161
Pentadecanoico	C <sub>15:0</sub>	---	Trazas	158
Palmítico	C <sub>16:0</sub>	9,0 – 13,0	43,0 – 47,0	179
Palmitoleico	C <sub>16:1</sub>	Máx. 0,3	Máx. 0,3	---
Esteárico	C <sub>18:0</sub>	3,0 – 5,0	4,5 – 6,5	---
Oleico	C <sub>18:1</sub>	19,0 – 30,0	35,0 – 40,0	255
Linoleico	C <sub>18:2</sub>	48,0 – 58,0	8,5 – 11,0	202
Linolénico	C <sub>18:3</sub>	5,0 – 9,0	Máx. 0,4	158
Aráquico	C <sub>20:0</sub>	Máx. 1,0	Máx. 0,4	---
Eicosenoico	C <sub>20</sub>	Máx. 0,5	Máx. 0,1	----
Behénico	C <sub>22:0</sub>	Máx. 0,5	---	---

Tabla elaborada de la recopilación bibliográfica de algunos autores: [1,3,4]

# ANEXO H

## REPORTES DEL RANCIMAT

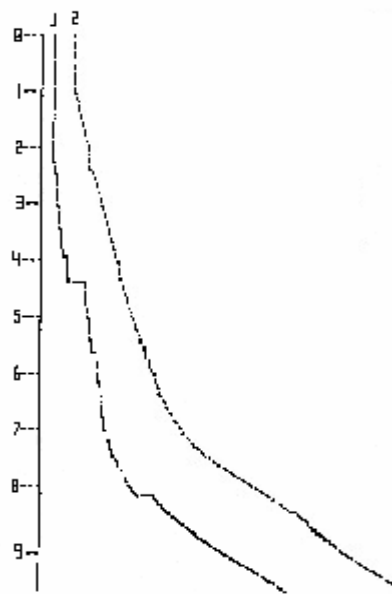
### Reporte del Rancimat del aceite de fritura C y D



Canal	Muestra	Evaluación
1	Aceite D	6,17 h
2	Aceite C	2,65 h

## Reporte del Rancimat de los chifles fritos con aceite D a mitad de proceso

### (Extracción *Soxhlet*)



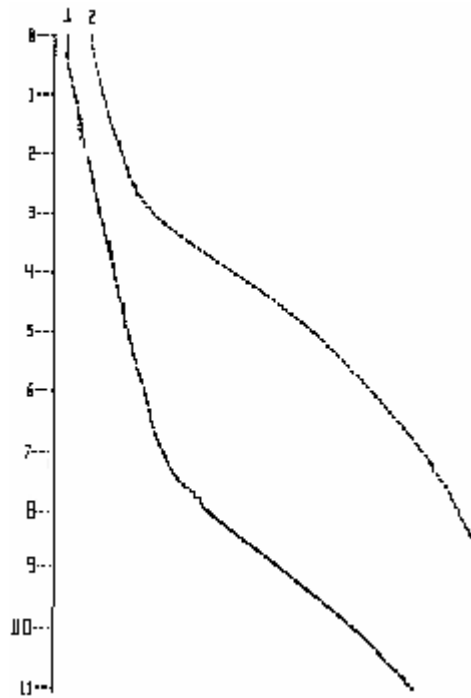
Canal	Muestra	Evaluación
1	Chifles fritos con aceite D	7,45 h
2	Chifles fritos con aceite D	7,05 h

**Reporte del Rancimat de los chifles fritos con aceite C a mitad de proceso (Extracción Soxhlet)**



Canal	Muestra	Evaluación
1	Chifles fritos con aceite C	1,93 h
2	Chifles fritos con aceite C	1,33 h

**Reporte del Rancimat de los chifles fritos con aceite D y C a mitad de proceso (Extracción de aceite en frío)**



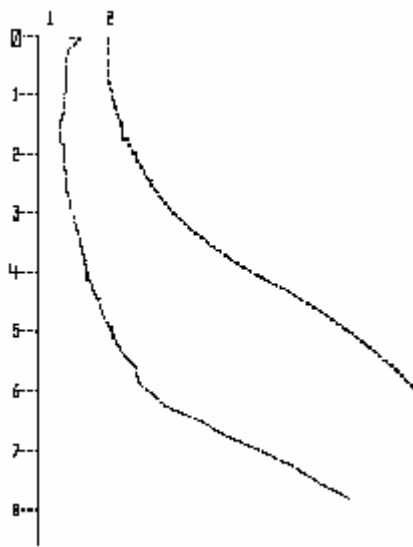
Canal	Muestra	Evaluación
1	Chifles fritos con aceite D	7,52 h
2	Chifles fritos con aceite C	2,97 h

**Reporte del Rancimat de los chifles fritos con aceite de D y C al final del proceso (Extracción *Soxhlet*)**



Canal	Muestra	Evaluación
1	Chifles fritos con aceite D	4,33 h
2	Chifles fritos con aceite C	1,70 h

**Reporte de los chifles fritos con aceite de D y C al final del proceso  
(Extracción en frío)**



Canal	Muestra	Evaluación
1	Chifles fritos con aceite D	5,28 h
2	Chifles fritos con aceite C	3,40 h

