

300627  
32  
24



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

**ESCUELA DE QUIMICA**

Incorporada a la U. N. A. M.

**ESTABILIDAD QUIMICA, MICROBIANA Y SENSORIAL  
DE UN PRODUCTO SECO-SALADO DE SARDINA  
(Sardinops caerula) ADICIONADO DE CEREALES**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
QUIMICO FARMACEUTICO BILOGO  
P R E S E N T A

**MARIA ELENA VALLIN MAGAÑA**

MEXICO, D. F.

1987



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E

|  | Pág. |
|--|------|
| I. INTRODUCCION  | 1    |
| II. OBJETIVO   | 5    |
| III. GENERALIDADES   | 6    |
| III.1 Aspectos generales de <u>Sardinops caerulea</u>        | 6    |
| III.2 Composición  | 8    |
| III.2a Depósito de Lípidos                                   | 11   |
| III.2b Factores que influyen en la naturaleza de los lípidos | 11   |
| III.2c Características generales de los lípidos de pescado   | 13   |
| III.3 Lípidos  | 14   |
| III.3a Acidos grasos   | 14   |
| III.4 Oxidación, tipos de oxidación y mecanismo              | 16   |
| III.4a Oxidación en los alimentos                            | 18   |
| III.5 Rancidez oxidativa                                     | 20   |
| III.6 Determinación del grado de oxidación                   | 22   |
| III.7 Métodos de análisis                                    | 22   |
| III.7a Métodos químicos                                      | 23   |
| III.7b Métodos físicos                                       | 28   |
| III.8 Empaque para alimentos                                 | 32   |
| III.9 Actividad acuosa                                       | 38   |
| IV. METODOLOGIA  | 42   |
| IV.1 Desarrollo Experimental                                 | 42   |

|  | Pág. |
|--|------|
| IV.2 Métodos de análisis                       | 44   |
| IV.2.1 Análisis químico proximal               | 44   |
| IV.2.2 Análisis microbiológico                 | 46   |
| IV.2.3 Determinación del índice de peróxidos   | 46   |
| IV.2.4 Determinación de ácido 2-tiobarbitúrico | 50   |
| IV.3 Determinación de actividad acuosa         | 54   |
| IV.4 Evaluación sensorial                      | 56   |
| V. RESULTADOS Y DISCUSION                      | 58   |
| VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES             | 102  |
| VII. BIBLIOGRAFIA                              | 104  |

## I INTRODUCCION

El problema de alimentar adecuadamente a los habitantes de los países pobres sigue siendo serio. Una posible manera de abocarse a la solución de este problema es la de aprovechar las bastas riquezas del mar para el beneficio de la humanidad (13).

El mar constituye un excelente recurso para mejorar la alimentación, el pescado desde un punto de vista nutricional tiene igual valor que la carne, su precio es el más bajo por gramo de proteína entre los alimentos de origen animal, sin embargo, el bajo consumo de pescado y otras especies marinas se debe en parte a su escasa explotación, a su rápida descomposición, manejo inadecuado y transporte demasiado costoso del producto fresco. A estas razones se suma la falta de hábito de consumo, el desconocimiento de las diversas especies comestibles de productos marinos, la escasa información del valor nutritivo de los mismos, así como de las técnicas culinarias (41, 55).

El problema de la conservación del pescado está casi totalmente resuelto en los países altamente desarrollados que utilizan principalmente la refrigeración y la congelación, puesto que en la actualidad son los métodos más efectivos pa-

ra la preservación del mismo, aunque los productos finales -- sean relativamente muy caros, por el costo de la energía utilizada, el transporte y la distribución de los mismos lo que hace que este tipo de técnicas de conservación resulten inadecuadas para países como el nuestro, en el que gran parte de la población no cuenta con las condiciones apropiadas, de tal forma que este tipo de productos quedan fuera del alcance de las zonas rurales marginadas, las que desafortunadamente tienen los mayores problemas de nutrición (55).

Debido al problema que presenta el manejo de pescado enfresco, se han desarrollado productos de pescado de bajo costo como lo es la línea de investigación que ha venido realizando el Instituto Nacional de la Nutrición donde se han obtenido productos mediante el salado, prensado y secado del pescado.

Se tienen antecedentes de la elaboración de un producto por Del Valle et al. (13), que desarrollaron un procedimiento para la elaboración de un producto seco y salado de pescado, cuya conservación es buena debido a su alta concentración de sal sin embargo organolépticamente no tuvo una buena aceptación.

Camacho et al. (10), lograron disminuir el contenido de sal en el producto final y añadieron a la formulación otras materias primas como maíz y condimentos.

Morales et al. (41), adaptaron este procedimiento a especies con alto contenido de grasa y menor costo como la sardina (Sardinops caerulea). Los resultados fueron satisfactorios ya que se disminuyó la concentración de sal, se introdujo una etapa de ahumado lo que le impartió características agradables que contribuyeron a la mejor aceptación del producto.

Sin embargo, uno de los principales problemas que no han permitido la diversificación y desarrollo de dichos productos, además del problema referente al empaque, es el de la rancidez debido a que el almacenaje prolongado requerido por éstos frecuentemente deriva en cambios deteriorativos, con efectos adversos a la calidad. La presencia de elevados niveles de grasas insaturadas, que están presentes en muchas especies de pescados, explica parcialmente la facilidad con la cual tales productos presentan rancidez oxidativa y desarrollan sabores extraños detectables por el consumidor final.

Marcuse (37), afirma que no existe ningún método seguro de fácil aplicación para la determinación de la rancidez oxidativa ya que generalmente se han adoptado métodos para la medición de los productos responsables del deterioro de las grasas por pruebas de rancidez y sabor. El método más usado, es decir, la determinación de peróxidos, es aplicable solamente a falta de uno mejor. Un nuevo método para determinar la rancidez se desarrolló cuando Bernheim et al (5), demostraron -- que al incubar ciertos tejidos con ácido 2-tiobarbitúrico --

(TBA) en muestras intactas prescindiendo de la fase de extracción de las grasas, además de que es un proceso simple puede dar resultados reproducibles en aceites de pescado y productos elaborados a base de pescado; indicando que los resultados de este método pueden ser usados para la medición de la rancidez oxidativa en productos de este tipo (63).

Patton y Kurtz (47), presentaron un número de componentes de la prueba del ácido 2-tiobarbitúrico, concluyendo que el malonaldehído era el componente responsable para el máximo color rojo a 532 nm y que este componente era el resultado en la oxidación de la grasa.



## II OBJETIVO

Evaluar la estabilidad química mediante la evaluación de la rancidez oxidativa por los métodos: Índice de peróxidos y Acido 2-tiobarbitúrico de un producto con base en pescado y cereales y determinar su calidad microbiana y sensorial durante su almacenamiento.

### III GENERALIDADES

#### III.1 Aspectos Generales de Sardinops caerulea

La especie conocida como sardina Monterrey (Sardinops caerulea) pertenece a la familia Clupeidae. Son peces pequeños, alargados, de color verde oscuro al azul. La parte ventral es plateada; el color del dorso varía del verde oscuro al azul y el costado tiene manchas oscuras (53).

Su alimentación la constituyen pequeños crustáceos, algas y fitoplancton (52).

La sardina Monterrey es una de las especies de mayor importancia en la pesca mexicana, ocupa un área que se extiende desde Alaska hasta la península de Baja California y el mar de Cortés por lo que se encuentra incluida en el sistema de la corriente de California característicamente fría y de baja salinidad que según sus condiciones oceanológicas tiene alta productividad biológica.

La temperatura óptima para la existencia de la especie se encuentra entre 9 y 16°C. Las temperaturas más favorables para el desove van de 13 a 22°C, se localiza con mayor frecuencia en las áreas de surgencias costeras donde existe ele-

vada producción de plancton y el agua posee alto contenido de oxígeno (52).

Son peces migratorios; las migraciones dependen de los cambios estacionales: durante el invierno se dirigen hacia el sur, que coincide con la época de desove, y en verano se trasladan hacia el norte para crecer. Al iniciarse los desplazamientos migratorios de invierno hacia las costas de Sonora, la sardina presenta un contenido de grasa muy alto. Esta es aprovechada como reserva energética tanto en el proceso de maduración gonadal como en la propia migración. La actividad migratoria es provocada por tres factores: en primer lugar la temperatura ambiental, luego la reproducción y finalmente el factor alimentario (52, 53).

Forman cardúmenes agrupados por edades; habitan las capas superficiales de los océanos, cerca de las costas; la temporada de pesca se considera todo el año, pero la mayor actividad pesquera es durante el verano; la talla máxima registrada es de 41 cm de longitud siendo el mejor representado el de 18 a 21 cm y con un peso hasta de 100 g (15, 53).

La distribución de la sardina Monterrey se encuentra localizada en la parte nororiental del Pacífico (la isla Tiburón, Guaymas, Yavaros, Topolobampo, Mazatlán, isla de Cedros y San Carlos) y constituye el principal foco productor de sardina, particularmente abundante en las cercanías del puerto -

de Guaymas donde se descarga el 80% de la captura de todas -- las especies registradas como sardina (52, 53).

Las áreas de distribución descritas coinciden con la ubi cación de las zonas de captura y los puertos de descarga (52).

Se vende fresca, seco-salada, ahumada, en salmuera, enla tada (cocida en tomate o en aceite), como harina de pescado y para carnada (53).

Su carne es de color gris, oscura, grasosa y de sabor - fuerte (53).

### III.2 Composición

La composición química de los alimentos marinos es muy - semeiante a la de los animales terrestres.

Los constituyentes principales son: Agua 66-84%, Protef na 15-24%, Lípidos 0.1-22% y sustancias minerales 0.8-2%, tam bién tienen numerosas vitaminas hidrosolubles y liposolubles- (7).

Los factores que afectan la composición química son nume rosos siendo ya sea de naturaleza intrínseca desde genética, - morfología y fisiología hasta aquéllas relacionadas con las - condiciones de vida como el medio ambiente y particularmente la alimentación. Existen diferencias en la composición de -- una especie a otra particularmente en el contenido de lípidos:

En la práctica se debe hacer una distinción entre las especies con carne magra y aquéllas con tejidos grasos como se muestra en el cuadro 1.

No se debe, sin embargo, tener una división estricta entre las especies grasas y magras debido al rango de variaciones dentro de la misma especie y de una especie a otra; por ejemplo el Salmón contiene entre 0.35 y 14% de lípidos dependiendo de cuando sea su captura, por lo que algunas veces es magro y algunas veces graso (7).

El significado de las variaciones en las estaciones es complejo y es casi imposible distinguir el efecto de los muchos factores que juegan parte de esto, siendo los principales la etapa del desarrollo sexual y la alimentación, ya que se han encontrado variaciones apreciables algunas veces debidas a estos factores. De acuerdo a Goncalves Ferreira (21), la sardina del Atlántico contiene 2% de lípidos en la primavera y 8.6% en el otoño. De la misma forma varía el contenido de proteína entre un 16% en marzo y un 20.6% en julio. Se han encontrado variaciones similares en muchas otras especies marinas que se alimentan del plancton cuya abundancia y composición varía grandemente (7, 11).

El desarrollo de la etapa sexual influye en la composición del pescado; Legendre (34), remarca que durante los dos primeros años de vida, cuando la sardina es inmadura su conte

CUADRO 1  
CLASIFICACION DE ESPECIES GRASAS Y MAGRAS

| GRASO    | SEMIGRASOS | MAGRO   |
|----------|------------|---------|
| Sardina  | Barracuda  | Bacalao |
| Arenque  | Tiburón    | Merluza |
| Macarela | Perca      |         |
| Salmón   | Robalo     |         |
| Trucha   |            |         |
| Tuna     |            |         |

Fuente: Borgstrom Georg. FISH AS FOOD. Academic Press. U.S.A. Vol. I (1962).

nido de grasa permanece alrededor del 3% mientras que al final del tercer año cuando se reproduce, oscila entre el 5-15% dependiendo de la estación. Debe tenerse en mente que la composición química del pescado puede variar grandemente de una especie a otra y aún dentro de la misma especie (7).

### III.2a Depósito de lípidos

El hígado y las vísceras constituyen en todas las especies la localización de los depósitos grasos, sin embargo las grasas también se encuentran en el tejido muscular, la piel, el bazo y la hueva.

En las ballenas y otros, la grasa solamente se encuentra en los tejidos conectivos donde la mayor proporción se localiza en la carne de la cola, la carne dorsal mantiene más de 3 al 6% de grasa y los músculos ventrales del 5 al 17%. En los pescados planos se ha encontrado que el esqueleto y el hígado son ricos en grasas, mientras que las vísceras y la carne son pobres en este aspecto (7).

### III.2b Factores que influyen en la naturaleza de los lípidos

De acuerdo a Lovern (36), las causas que ocasionan la variación de la composición de los lípidos en animales acuáticos puede resumirse como sigue:

a) Especies. Existen factores genéticos que causan profundas diferencias en los tipos de grasa. Ciertas especies revelan que no hay especialidad en este aspecto.

b) Dieta. La influencia de la dieta puede algunas veces ser importante; la tendencia general es depositar grasa con una composición similar a la que se ingiere (alimento). Este factor se vuelve esencial únicamente cuando la dieta contiene proporciones apreciables de grasa.

c) Temperatura. A baja temperatura es mayor el grado de insaturación de ácidos grasos; este efecto no es muy pronunciado.

d) Salinidad. La composición grasa de los pescados de agua fresca es diferente al de las especies marinas. La salinidad parece ser un factor crítico en este aspecto. Estas condiciones parecen tener un efecto similar sobre eslabones de la cadena alimenticia tales como crustáceos y plancton y pueden consecuentemente ser importantes como una influencia dietética en especies más alejadas de la cadena alimenticia.

e) Movilización selectiva. Las moléculas lipídicas más pequeñas son más rápidamente utilizadas cuando los depósitos de grasa son metabolizados. Esto influye la composición de grasas y aceites remanentes.

f) Distribución selectiva. La grasa es distribuida a to



das las partes del cuerpo y órganos con un cierto diseño (patrón). Algunas veces este proceso selectivo opera casi en -- una base molecular y en algunas ocasiones causando notables - modificaciones en la composición.

### III.2c Características generales de los lípidos de pescado

Se encuentran las siguientes características comunes en los aceites de pescado:

- Como ácidos grasos saturados el ácido palmítico está - siempre presente de un 10 a 18% de la cantidad total de los - ácidos grasos; los ácidos mirístico y esteárico ocurren en me - nores cantidades.

- Como componentes altamente insaturados presentes en - cantidades esenciales en pescados de agua de mar, los ácidos- grasos con 18, 20 y 22 átomos de carbono son los más abundan- tes con una variación en el grado de insaturación. En los -- pescados de agua dulce los ácidos grasos predominantes son de 16 y 18 átomos de carbono; contrariamente a los aceites vege- tales y grasas animales los lípidos de los pescados casi no - contienen ácido linolénico.

- Como estructuras de moléculas de glicéridos, los tres- grupos alcohol pueden estar esterificados por el mismo ácido- graso o por diferentes tales como:

- 1) Ácidos monoenoicos como el ácido palmitoleico (C16), ácido gadoléico (C20), ácido cetoléico (C22).
- 2) Ácidos polienoicos como el ácido araquidónico (C20)-(7).

### III.3 Lípidos

Los lípidos son un grupo de compuestos de estructura heterogénea al cual pertenecen las grasas y aceites que son los representantes más importantes (17).

Se les define como sustancias generalmente solubles en éter, cloroformo y otros disolventes no polares, e insolubles en agua.

Además de su valor nutritivo, los lípidos contribuyen en muchos aspectos a la textura de los alimentos, sirven como -- vehículo de las vitaminas liposolubles e influyen en el sabor de varios productos alimenticios (17).

Las grasas y los aceites se clasifican como lípidos simples y son la clase de lípidos más abundantes de la naturaleza, seguidos de otros como las ceras, los fosfolípidos, los -- glucolípidos, las lipoproteínas y los ácidos grasos libres (4).

#### III.3a Ácidos Grasos

Los ácidos grasos son los componentes más abundantes de-

los lípidos, aunque generalmente no se encuentran en estado libre, sino en forma esterificada. La presencia de ácidos grasos libres en los alimentos se utiliza como índice de una posible hidrólisis de los acilglicéridos, que según el sistema de que se trate, puede ser positiva o negativa para la calidad organoléptica de cada producto (4).

Los ácidos grasos se han dividido en dos grupos: saturados e insaturados, dependiendo de la presencia o ausencia de dobles ligaduras en su molécula hidrocarbonada (4).

Acidos grasos saturados. Los ácidos grasos saturados de importancia biológica varían de 2 a 20 átomos de carbono, - - siendo los más comunes el ácido palmítico (C16) y el ácido esteárico (C18), aunque algunas grasas también contienen cantidades razonables de ácido araquídico (C20) y ácidos de cadena más larga (17).

Acidos grasos insaturados. Los ácidos grasos insaturados tienen una mayor reactividad química que los saturados - debido a la presencia de dobles ligaduras. Estos ácidos predominan sobre los saturados especialmente en los aceites vegetales y en las grasas de animales marinos. Los enlaces dobles varían en: número, situación, configuración y conjugación. La conjugación de los enlaces dobles es un caso especial, en que dos de ellos únicamente están separados por un enlace carbono-carbono. El número de insaturaciones de los -

ácidos grasos de  $n$  carbonos es de una a seis y normalmente -- los que contienen varios enlaces dobles cuentan con un grupo metileno ( $\text{CH}_2$ ) hacia el extremo terminal de la cadena y por -- tanto el sistema no es conjugado sin embargo no es condición-- necesaria para la no conjugación un metileno terminal (17).

Los ácidos grasos que contienen sólo una doble ligadura-- se llaman monoinsaturados o monoenoicos, y a los de más de -- una se les denomina poliinsaturados o polienoicos. La mayo-- ría de los ácidos grasos poliinsaturados que se encuentran en la naturaleza tienen sistemas no conjugados; los principales-- representantes son los ácidos linoleico, linolénico y araquid-- ónico (4, 17).

#### III.4 Oxidación, Tipos de oxidación y Mecanismo

Debe entenderse por estabilidad de una grasa o alimento-- graso la capacidad de mantener un gusto y olor adecuados du-- rante el almacenamiento y consumo.

Esta propiedad está relacionada con la composición y na-- turaleza de la parte lípida, la presencia de prooxidantes o -- antioxidantes y las características del envase. Las grasas -- con elevado grado de insaturación son inestables o poco esta-- bles, lo cual se refleja en los alimentos que los contienen -- (17).

El deterioro de los lípidos se ha dividido en dos grupos de reacciones: Lipólisis y Autooxidación.

Lipólisis. Se debe a la acción de las lipasas sobre los enlaces éster de los lípidos y es muy notable en productos -- lácteos. Los ácidos grasos con longitud de cadena comprendida entre (C4) y (C12) contribuyen al desarrollo de olores y -- sabores rancios en las grasas (4).

Autooxidación. Los lípidos en general, se alteran fundamentalmente por la acción del oxígeno sobre los ácidos grasos insaturados y se ha encontrado que el mecanismo de los ácidos grasos poliinsaturados es del tipo de reacción en cadena, que consiste esencialmente de tres pasos: Iniciación, Propagación y Terminación o constitución de productos no radicales -- (cuadro 2) (17, 39).

La reacción de iniciación es catalizada principalmente -- por la presencia de oxígeno, luz y temperatura. En términos -- generales se requiere de algún iniciador para efectuar este -- primer paso dando origen a radicales libres.

En esta primera etapa se sustrae uno de los átomos de hi -- drógeno adyacentes a la doble ligadura, formándose un radical -- libre al cual el oxígeno puede unirse fácilmente. Posteriormente el radical hidroperóxido reacciona con nuevos ácidos -- grasos, formándose más radicales libres, con lo cual se propa -- ga la reacción. En teoría, bastaría una sola molécula que --

inicie la reacción de oxidación para deteriorar toda la grasa.

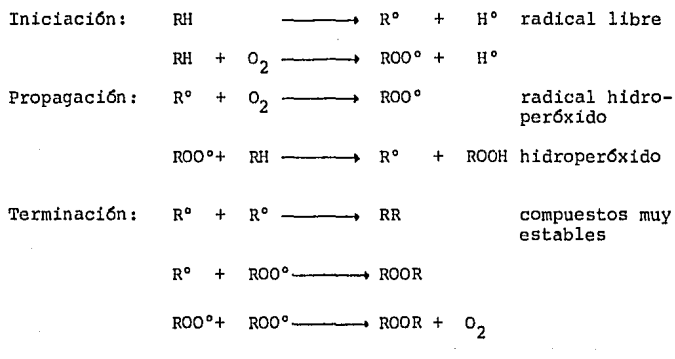
El paso final de las reacciones de oxidación se efectúa a través de reacciones de condensación, en las que los diferentes radicales interaccionan formando compuestos muy estables; por lo tanto termina cuando ya no existen radicales libres activos (4, 17, 39, 54).

Los hidroperóxidos formados en la etapa de propagación - continúan proveyendo de radicales libres a la reacción, pero además - tienen la capacidad de reaccionar con otras moléculas o de intervenir en reacciones secundarias generando nuevas sustancias. Las reacciones de descomposición de los hidroperóxidos (intermediarios inestables) producen diferentes compuestos; - pueden sufrir polimerización que da dímeros y polímeros de alto peso molecular; pueden originarse también compuestos tales como aldehídos, cetonas, alcoholes, ácidos y epóxidos, asimismo pueden ocurrir deshidrataciones que producen cetoglicéridos (figura 1) (23, 26, 39).

#### III.4a Oxidación en los alimentos

En los alimentos se presenta con frecuencia el fenómeno de oxidación el cual en la mayoría de los casos incluye cambios químicos y sensoriales que se dan en presencia de oxígeno atmosférico.

CUADRO 2  
MECANISMO DE OXIDACION DE LIPIDOS



Fuente: Melton, L. Sharon. METHODOLOGY FOR FOLLOWING LIPID OXIDATION IN MUSCLE FOOD. Food Technol. 37: 7(1983).

La oxidación de lípidos insaturados en productos marinos puede generar gran variedad de compuestos que van desde sustancias polimerizadas hasta moléculas volátiles, que producen olores y sabores desagradables en el alimento (4, 26).

Se sabe que los compuestos responsables de las alteraciones sensoriales son principalmente los aldehídos ya que son los que más fácilmente se perciben en los alimentos (9).

La intensidad y la forma de oxidación, así como los compuestos formados, dependen en gran parte de las condiciones de oxidación.

### III.5 Rancidez oxidativa

Lea (32), define la rancidez como "cualquier olor o sabor desagradable que se ha desarrollado en un aceite o grasa, como resultado del deterioro por almacenamiento".

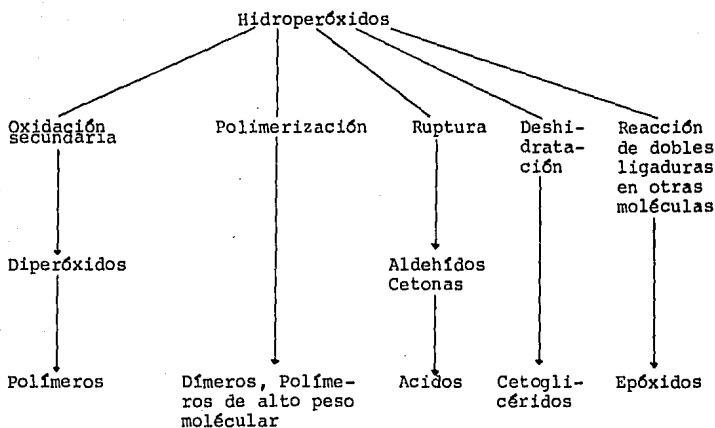
La rancidez oxidativa o autooxidación, es el deterioro más común de las grasas utilizadas en la industria alimentaria.

El grado de rancidez depende del tipo de grasa o aceite, siendo los más susceptibles a estos cambios los de origen marino seguidos por los aceites vegetales y finalmente las grasas animales (4, 7).



FIGURA 1

## SUSTANCIAS PRODUCIDAS A PARTIR DE HIDROPEROXIDOS



Fuente: Gray, J.I. MEASUREMENT OF LIPID OXIDATION: A REVIEW. Journal of the American Oil Chemists Society. 55: 2- (1978).

### III.6 Determinación del grado de oxidación

La industria alimentaria requiere de métodos sistemáticos para la determinación de la oxidación de los lípidos, condición imprescindible para su control de calidad (4). Actualmente estos métodos varían desde evaluaciones sensoriales sencillas hasta algunos análisis químicos o físicos que requieren de instrumentos más complejos.

Los métodos fisicoquímicos para determinar el grado de oxidación: índice de peróxidos (IP), prueba del ácido 2-tio-barbitúrico (TBA) y determinación de aldehídos grasos entre otros, son poco usados para evaluar el grado de rancidez de una grasa en su estado natural, para ello son más frecuentes las evaluaciones sensoriales, sin embargo los métodos analíticos tienen gran aplicación para determinar el grado de oxidación de una grasa después de haber sido sometida a situaciones especiales (23,33).

### III.7 Métodos de Análisis

No existe algún método químico ideal que se correlacione con los cambios en las propiedades sensoriales de los lípidos oxidados a través del curso de la autooxidación. Los métodos que se discutirán a continuación dan información acerca de las etapas particulares del proceso autooxidativo y algunos son más aplicables a ciertos sistemas de lípidos que a otros.

El método a seleccionar depende de un número de factores que incluyen la naturaleza de la muestra oxidada, tipo de información requerida, tiempo disponible y las condiciones de prueba (23).

### III.7a Métodos Químicos

#### III.7a1 Índice de Peróxidos o valor de peróxidos (IP):-

Los hidroperóxidos comúnmente llamados peróxidos, son los productos primarios de la oxidación de los lípidos; por lo tanto es posible determinar la concentración de peróxidos después de que los lípidos hayan sido extraídos del alimento. Los procedimientos de extracción más comunes son los empleados por Bligh and Dyer (6), Folch et al (19) y Ostrander y Dugan (45).

Numerosos procedimientos analíticos para la medición del valor peróxido han sido descritos en la literatura (23, 39). Los métodos más comunes emplean técnicas yodométricas similares a las del AOAC (43) y el valor peróxido se reporta en miliequivalentes de yodo por Kilogramo de grasa. Los resultados y la validez de la prueba dependen de las condiciones experimentales empleadas (51).

El método yodométrico originalmente reportado y más ampliamente usado es el de Lea (31) y Wheeler (60) que se basan en la medición del yodo producido por el yoduro de potasio a-

partir de los peróxidos presentes en el aceite (23).

El índice de peróxidos es un valioso indicador del desarrollo de rancidez en aceites almacenados a temperatura ambiente o a bajas temperaturas provee un medio de predecir el riesgo del desarrollo de sabores rancios además de que es aplicable a todas las grasas y aceites normales (23).

El empleo de esta prueba a nivel de investigación ha dado resultados, Hudson (25), dice que el índice de peróxidos no se correlaciona adecuadamente con los valores asignados en la evaluación organoléptica mientras que Gould y Peters (22), concluyen que el índice de peróxidos, al igual que muchas pruebas de frescura, son válidos solamente después de que ha ocurrido una considerable reducción en la calidad y por lo tanto no es un buen indicativo de la aceptabilidad del producto.

Existen dos fuentes principales de error en estos métodos de titulación yodométrica: a) la absorción de yodo por los enlaces insaturados del material graso y b) la liberación del yodo a partir del yoduro de potasio por el oxígeno presente en la solución que va a ser titulada. Este último se le llama "error de oxígeno" y nos conduce a resultados elevados del índice de peróxidos (38).

Otros tipos de errores incluyen la variación en las condiciones de reacción tales como tiempo y temperatura, varia--

ción en el peso de la muestra, tipo y grado del solvente usado, así como la constitución y reactividad de los peróxidos - que están siendo titulados (23).

Otros métodos que han sido recomendados para la determinación del índice de peróxidos incluyen: un método colorimétrico basado en la oxidación del ion ferroso a ion férrico y la determinación de este último como tiocianato férrico. Una variación en el método yodométrico fue reportado por Swoda y Lea (57), que consiste en un ensayo colorimétrico en el cual el yodo liberado es convertido en un complejo azul: almidón--yodo; la ventaja de este método es que la cantidad de material requerido para la prueba es de 1-50 mg.

El método oficial es susceptible a errores en la medición adecuada de valores bajos de peróxidos debido a la dificultad en la determinación del punto final de la titulación. Una nueva modificación tendiente a corregir esta falla consiste en una técnica electroquímica en la cual el yodo liberado es reducido en un electrodo de platino mantenido a un potencial constante. Es fundamental que durante la determinación se elimine de la solución la presencia de oxígeno debido a -- que esto puede provocar formación posterior de peróxidos (23).

III.7a2 Prueba del Acido 2-tiobarbitúrico (TBA): Es uno de los métodos más comúnmente empleado para la medición del grado de deterioro oxidativo de los lípidos de los músculos (23, 49).

Esta prueba expresa la oxidación de lípidos en miligramos de malonaldehído por kilogramo de muestra o número de TBA, inicialmente reportado por Sinnhuber et al. para medir solamente el malonaldehído. El malonaldehído demostró ser un producto de oxidación secundaria de los ácidos grasos poliinsaturados que contengan tres o más dobles enlaces (12, 56, 63).

Hay tres formas de como la prueba del ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) puede ser llevada a cabo: 1) directamente en el alimento seguido por una extracción del complejo colorido; 2) en un extracto del alimento y 3) en una porción del destilado del alimento (56, 58, 63, 64).

El método que involucra la destilación desarrollado por Tarladgis et al. (58), es el más usado para medir el número de TBA que consiste en la destilación del producto bajo condiciones ácidas y posteriormente se añade a una porción del destilado la solución de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) el cual es calentado para el desarrollo de color y se mide directamente en el espectrofotómetro. Este método ofrece la ventaja de ser más sensible, hay mejor remoción del malonaldehído de sustancias que interfieren en el análisis. El malonaldehído se obtiene como una solución acuosa y clara que no requiere ser extraído con solventes como en el método de extracción en el cual la solución ácida de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) es añadido al producto seguido de un calentamiento en un baño de agua para obtener el desarrollo de color, después el compues-

to colorido es extraído con un solvente apropiado y se mide en el espectrofotómetro (63). Los mismos autores dicen que es difícil conocer cual de los métodos es mejor, ya que cada uno tiene aspectos positivos; ninguno garantiza la correlación con el sabor y hay muchos factores que pueden confundir los resultados de cualquiera de los métodos en el análisis -- por lo que recomiendan la necesidad de unificar un método que cualquier investigador pueda seguir (62).

Rhee utilizando los dos métodos sobre muestras de pescado y carne encontró que en el método de destilación los valores obtenidos son mayores que los obtenidos mediante el método de extracción posiblemente debido a la descomposición-térmica de los precursores del malonaldehído y también a la liberación por calor del malonaldehído durante la destilación a partir de su estado de unión con las proteínas. Apoya también la adición de etilendiamino tetra acetato disódico (EDTA) y galato de propilo (PG) durante la etapa de destilación notando que minimizan sustancialmente los valores de TBA.

III.7a3 Prueba de Kreis: Fue una de las primeras pruebas empleadas para evaluar la oxidación de las grasas. Implica la producción de un color rojo cuando el fluoroglucinol -- reacciona con la grasa oxidada en solución ácida. Los responsables directos del color son los epoxialdehídos o sus acetales. Es una prueba rápida y da una indicación incipiente de la rancidez (23, 27).

III.7a4 Determinación de compuestos carbonilos: Una alternativa para la medición del grado de deterioro de la oxidación de los lípidos es la medición de compuestos carbonilos formados por la degradación de los hidroperóxidos.

Se miden principalmente compuestos carbonilos no volátiles aunque éstos son probablemente los precursores de compuestos volátiles olorosos que no contribuyen directamente al sabor.

Una ventaja de este método es que intenta medir productos que contribuyen a la rancidez del sabor. Esta no está limitada como en la determinación de peróxidos a las etapas primarias de la oxidación. Es extremadamente sensible y cuantitativa. Sin embargo es necesario establecer que las condiciones experimentales no descompongan a los precursores de los compuestos carbonilos que van a ser analizados (23).

### III.7b Métodos Físicos

III.7b1 Dienos Conjugados: Es uno de los métodos más usados para medir el grado de rancidez de la grasa contenida en el alimento.

La oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados está acompañada por el incremento en absorción ultravioleta. Ácidos grasos con insaturaciones conjugadas absorben fuertemente



en la región 230 a 375 nm, dienos a 234 nm y trienos a 268 nm.

La magnitud del cambio no está rápidamente relacionada - con el grado de oxidación porque los efectos sobre ácidos grasos insaturados varía en calidad y magnitud. Sin embargo los cambios en el espectro ultravioleta de una sustancia pura puede ser empleada como medida relativa de oxidación.

Este método es más rápido que el método de índice de peróxidos, no requiere de reactivos químicos, no depende de una reacción que desarrolle color y pueden manejarse muestras pequeñas. Diversas investigaciones concluyen que los métodos - de índice de peróxidos y dienos conjugados tienen el mismo nivel de significancia numérica (23).

III.7b2 Fluorescencia: Recientemente se ha desarrollado cierto interés en la detección de productos oxidados mediante el empleo de métodos fluorescentes.

Ha sido aplicado principalmente como una medida para determinar el grado de oxidación de los lípidos en tejidos biológicos.

El método es muy sensible y puede detectar compuestos -- fluorescentes en una parte por billón y se ha encontrado que es de 10 a 100 veces más sensible que la prueba del ácido - - 2-tiobarbitúrico (TBA). El desarrollo de fluorescencia está cercanamente paralelo a la absorción de oxígeno aún en etapas

avanzadas de peroxidación y puede ser usado para cuantificar el daño acumulado en muestras biológicas (23).

III.7b3 Espectroscopia Infrarroja: La espectroscopia infrarroja es particularmente valiosa en el reconocimiento de grupos funcionales específicos y en el estudio de ácidos grasos con dobles enlaces en posición trans.

Es posible medir el curso de los compuestos formados por la oxidación de una grasa y se tiene reportado que: a) la aparición de bandas a  $2.93\mu$  indica formación de hidroperóxidos, b) la desaparición de la banda a  $3.2\mu$  indica el intercambio de un  $H^+$  de una doble ligadura con algún otro radical posiblemente indica una polimerización; c) la aparición de una banda adicional aproximada a  $5.72\mu$  indica la formación de aldehídos, cetonas o ácidos y d) cambios en la banda en la región de  $10$  a  $11\mu$  indica, isomerización cis, trans y probable formación de enlaces conjugados (23).

Ahlers y McTaggart (1), indican que este método es simple, de rápida operación y requiere de cantidades pequeñas de la muestra. Ha sido usado para determinación de productos oxidados en leche. Este método es bueno como un índice cualitativo especialmente en las etapas iniciales de la formación de peróxidos (23).

III.7b4 Polarografía: Este método ha sido desarrollado para la cuantificación de peróxidos en grasas, éteres e hidrocarburos.

Se utiliza para el estudio de los estados iniciales de oxidación de una grasa.

El método polarográfico puede diferenciar entre la estructura de peróxidos:  $-O-O$  y  $OOH$  y dar una mayor precisión en los resultados que otros métodos que evalúan peróxidos. Sin embargo esta técnica no es ampliamente usada en la industria en el control de calidad (23, 35).

III.7b5 Cromatografía de gases: Ha sido ampliamente usada en la separación e identificación de productos formados por oxidación de lípidos en sistemas modelo con el fin de elucidar el mecanismos de oxidación (23).

Presenta la ventaja de ser un método de gran versatilidad, exactitud y rapidez; aún cuando está limitado a la determinación de compuestos volátiles, existe la posibilidad de convertir muchos compuestos en un derivado volátil lo que amplía su aplicación (61).

Se utiliza con mucha regularidad para la medición de la rancidez en aceites vegetales y quesos.

III.7b6 Refractometría: Ayra et al. (3), observaron un fuerte incremento en el índice de refracción coincidiendo con la detección de olores rancios. Apoya que el índice de refracción cambia de acuerdo a tres etapas conocidas de la auto oxidación en grasas.

En el período o etapa de inducción cuando los peróxidos formados son pocos el índice de refracción permanece constante. Durante la segunda etapa cuando hay mayor formación de peróxidos el índice de refracción se incrementa bruscamente hasta que el valor peróxido alcanza un máximo. Esto es atribuido a la conjugación que antecede a la formación de hidroperóxidos. En la tercera etapa que es la descomposición de los peróxidos, el índice de refracción continúa incrementándose hasta un valor constante, y el incremento es menor que el de la segunda etapa. Se piensa que los responsables de estos cambios en el índice de refracción se debe a la polimerización parcial de las grasas oxidadas (23).

### III.8 Empaque para alimentos

El empaque, además de proporcionar una medida constante del contenido (peso y volumen) y de estimular la compra del producto, debe también proteger a éste contra la destrucción natural o la pérdida de su calidad. Esto sólo puede lograrse si el material de empaque de que está constituido posee las cualidades precisas en cuanto a su impermeabilidad y a su resistencia mecánica.

Se requiere de cierto grado de impermeabilidad para evitar la contaminación del contenido con cualquier sustancia nociva o para impedir que atraviese el empaque. Con esto se pretende que el contenido pueda mantenerse durante el mayor

tiempo posible en su estado original. Las propiedades mecánicas que el material de empaque deberá cumplir son del tipo -- que permitan su utilización en las máquinas de gran producción y la confección de un empaque que pueda soportar las tensiones a las que pueda ser sometido durante su transporte o almacenamiento (24).

La base para cualquier tipo de consideración en el empaque de un producto debe ser siempre la naturaleza de éste y su grado de sensibilidad; debe conocerse también que tipo de protección se requiere; contra la influencia del agua, su vapor, el oxígeno, la luz, la captación de sabores y olores extraños o cualquier otro tipo de protección. Estos factores son determinantes en el momento de seleccionar el tipo de material de empaque a utilizar, ya que a excepción de las láminas metálicas, no todos los tipos de materiales flexibles protegen simultáneamente con la misma eficiencia de las influencias externas (24).

Es importante conocer los factores que intervienen en la conservación de los productos alimenticios, para entender en que grado el empaque puede prolongar su vida de anaquel. Con respecto al empaque debe considerarse: la naturaleza de la materia prima del alimento, el proceso de elaboración y su distribución al consumidor contemplándose como una unidad. La selección del empaque depende de la valoración de factores tales como: costo, capacidad de consumo en el mercado, capaci--

dad técnica para el manejo de materiales y equipos, las exigencias especiales para su conservación durante el almacenamiento y las condiciones a las que va a ser sometido el producto en su ciclo de distribución (24).

Los requerimientos para un empaque ideal son:

1) El empaque debe suministrar al consumidor un alimento de igual calidad a la de un producto fresco; es preciso -- además conocer las condiciones climáticas y las tensiones mecánicas a las que va a ser sometido el producto, así como aspectos desfavorables en su trayecto del productor al consumidor y el tiempo transcurrido entre su producción y consumo.

2) El material de empaque debe ser compatible con el -- producto garantizando que el material que lo constituye no imparta olores o aromas extraños al producto, que no existan -- efectos tóxicos en el material que constituye el empaque; debe tener una transmisión de humedad-vapor baja, pero también debe ser capaz de ser hermético por lo cual se espera que proteja de esporas de hongos, polvo y otras partículas extrañas.

3) El empaque debe ser práctico, es decir que pueda llenarse fácil y rápidamente y cerrarse a la perfección y además almacenarse y distribuirse convenientemente de manera que contribuya a la estabilidad del producto.

4) Que el producto se venda por sí mismo, lo cual se --

consigue con una esmerada presentación. El consumidor espera que el producto sea protegido por el empaque, pero también -- que éste proporcione una información abundante sobre el producto, su contenido, condiciones y tiempo de almacenamiento, posibilidades de uso y demás detalles (2).

Las principales formas de alteración de un producto son:

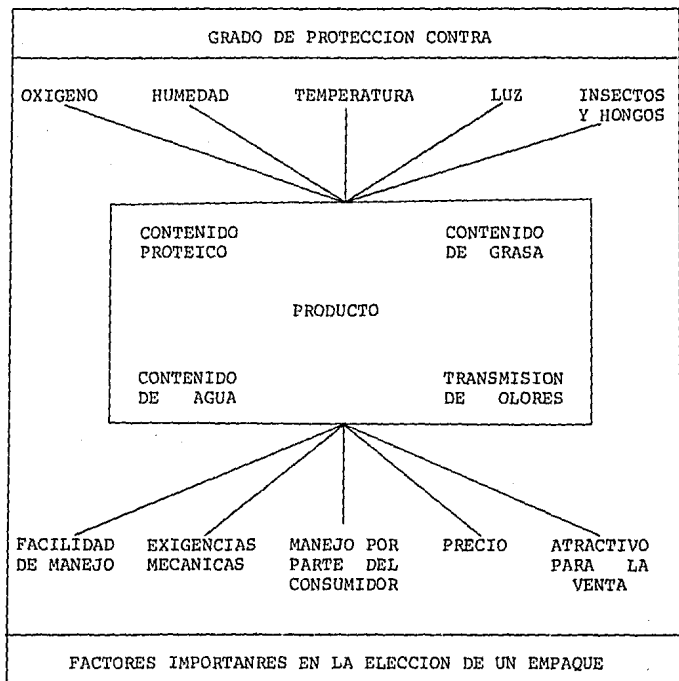
a) Alteraciones biológicas: es producida por el envejecimiento de los organismos vivos, como verduras y frutas, especialmente las tropicales, incluye también los cambios microbiológicos producidos por las bacterias, las levaduras y los hongos.

b) Alteraciones abióticas: Es producida por todos los tipos de reacciones químicas, tales como las reacciones de -- obscurecimiento no enzimático y por la acción del oxígeno sobre las grasas por mencionar las más frecuentes, se incluye -- también todos los cambios físicos indeseables, como la hidratación, la desecación, cristalización, la fusión y la disolución (24).

Todos estos tipos de alteraciones indican que en la mayor parte de los casos éstas pueden reducirse grandemente, pero no de una forma completa, mediante un empaque adecuado -- (figra 2).

Para productos elaborados con pescado se requiere que el

FIGURA 2  
FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA SELECCION  
DE UN EMPAQUE



Fuente: Heiss, R. PRINCIPIO DE LOS ENVASADOS DE LOS ALIMENTOS. Ed. Acribia. Zaragoza, España. (1970).



empaque presente cierta impermeabilidad frente al oxígeno y - el vapor de agua, impermeable a los olores, a las grasas y -- que sea opaco como medida de precaución (24).

Los alimentos ya sean industrializados o no, mantienen - una actividad biológica, manifestada por alteraciones de naturaleza química, física, microbiológica o enzimática, que los lleva a un deterioro de su calidad, ocasionando con esto que los productos no sean aptos para consumo humano como resultado de una contaminación microbiana o de insectos, a la pérdida de ciertos atributos como olor, color, sabor, textura, viscosidad o a la presencia de contaminantes químicos. Sin embargo el deterioro más importante en la calidad de los alimentos es de orden químico, el cual se va produciendo lentamente durante su almacenamiento. Por lo tanto se le ha dado el nombre de vida útil o vida de anaquel al período de tiempo en -- que es mantenida la aceptabilidad del producto por el consumidor, utilizando como criterio un determinado parámetro de calidad (24, 46).

La vida de anaquel varía con el tipo de alimento, la temperatura de almacenamiento, la humedad relativa y el empaque utilizado. La velocidad de deterioro aumenta con las altas - temperaturas y con el uso de empaques inadecuados, así como - durante el procesamiento (16).

En general, los alimentos empacados en materiales flexibles

bles están sujetos a sufrir los siguientes daños:

- Penetración de oxígeno a través del empaque.
- Pérdida de peso por evaporación de agua.
- Ganancia de humedad por el producto.
- Reacciones de oxidación.
- Migración de monómeros, solventes o aditivos.
- Pérdida de las cualidades sensoriales (9).

### III.9 Actividad acuosa

La importancia del agua en los alimentos no reside únicamente en su cantidad total, sino también en el estado en el que se encuentre, pues siendo disponible, se pueden llevar a cabo reacciones químicas y desarrollo microbiano. Uno de los métodos más usuales para la medida de esta capacidad es la actividad acuosa, la cual determina el grado de interacción del agua con los demás componentes del alimento y es una medida indirecta del agua disponible para llevar a cabo las diferentes reacciones a las que están sujetos los alimentos (4).

La actividad acuosa es una medida de la presión de vapor parcial que ejerce el agua en el alimento, lo cual da una idea del grado de retención de ésta por el mismo.

El agua en los alimentos puede distribuirse en diferentes zonas de acuerdo con su isoterma de adsorción. La isoterma es una representación gráfica que nos indica el valor de -

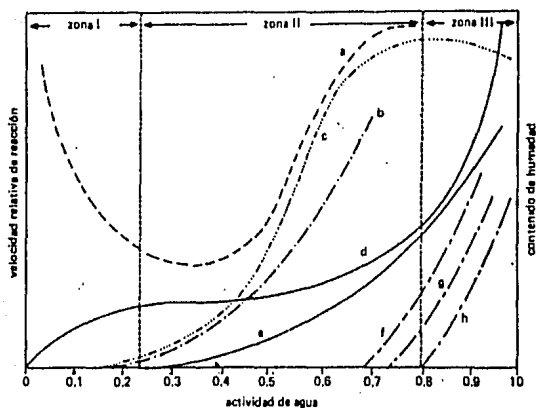
la actividad acuosa o humedad relativa de un alimento que contiene una determinada cantidad de agua y es mantenido a temperatura constante (17).

De acuerdo a la figura 3 el agua de la zona III es agua libre que se encuentra en macrocapilares y forma parte de las soluciones que disuelven las sales, los azúcares y las sustancias de bajo peso molecular; es la más abundante en la mayoría de los alimentos y está disponible para las diferentes --reacciones químicas y para el crecimiento de microorganismos. Este tipo de agua es el primero en eliminarse durante todos - los tratamientos térmicos de deshidratación a los que se sujetan los alimentos. En la zona II el agua se encuentra distribuida en diferentes capas más estructuradas y en microcapila-res. Es más difícil de eliminarla que la de la zona III. Se puede observar que las reacciones químicas se reducen considerablemente y además se evita el crecimiento microbiano en todos los alimentos que tienen una cantidad de agua que está -- dentro de la zona II. El agua de la zona I representa la capa monomolecular y es la más difícil de eliminar en los procesos comerciales de secado. Su actividad como solvente es nula, no se elimina por congelamiento. Las reacciones de oxidación de lípidos se efectúan más fácilmente (4, 17).

Labuza et al (28), estudiaron la cinética de oxidación - de los alimentos en función de la actividad de agua. Con esto mostraron que el agua ejercía un efecto protector para los

FIGURA 3

CAMBIOS QUE OCURREN EN LOS ALIMENTOS EN FUNCION DE  
LA ACTIVIDAD ACUOSA



- a = oxidación de lípidos
- b = reacciones hidrolíticas
- c = oscurecimiento no enzimático
- d = isoterma del contenido de humedad
- e = actividad enzimática
- f = crecimiento de hongos
- g = crecimiento de levaduras
- h = crecimiento de bacterias

Fuente: Badui Dergal S. QUIMICA DE LOS ALIMENTOS. Alhambra Mexicana. 1a. reimpresión. México, D.F. (1982).

alimentos deshidratados, esto es, los alimentos con una actividad acuosa de 0.1 se oxidaban muy rápidamente y conforme la actividad acuosa se incrementaba (0.2 a 0.50) el grado de oxidación decrecía, como se puede apreciar en la figura 3.

#### IV METODOLOGIA

##### IV.1 Desarrollo Experimental

Las materias primas fueron: Sardina Monterrey (Sardina caerula), harina de soya desgrasada, harina de maíz, sal y mezcla de condimentos, las cuales se obtuvieron de diversos mercados en el Distrito Federal.

Las materias primas se analizaron en cuanto a composición (humedad, cenizas, proteína, extracto etéreo y fibra cruda) y calidad sanitaria (cuenta total, hongos y levaduras y grupo coliforme).

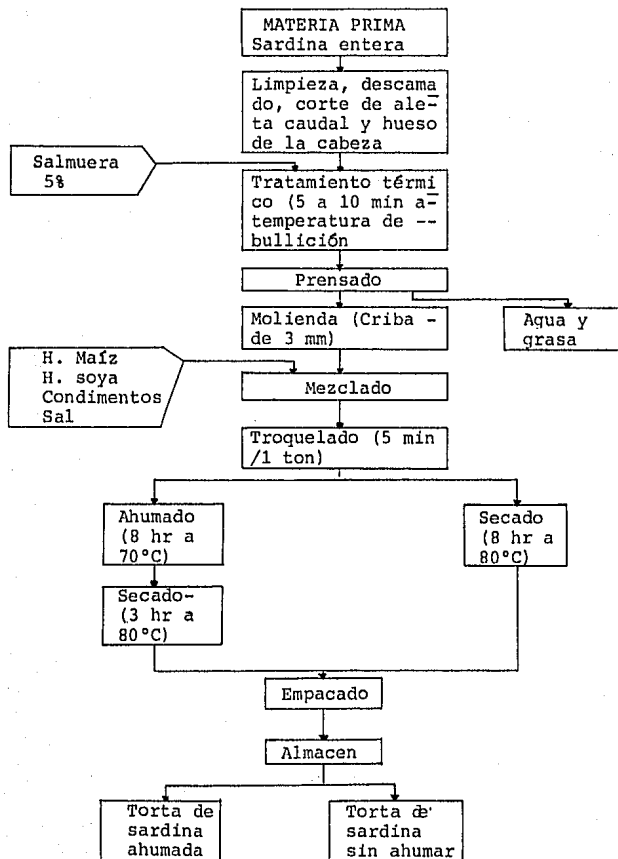
A la Sardina Monterrey se le determinó además el índice de peróxidos y la prueba del ácido 2-tiobarbitúrico ya que se escogieron en base a que son empleados para medir rancidez.

Se elaboró un lote de 40 kg de "Torta de Sardina" con un peso de 130 g cada una de acuerdo al procedimiento (figura 4) que se lleva a cabo en la planta piloto del Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán, Depto. de Ciencia y Tecnología de los Alimentos del cual se obtuvo un producto ahumado y uno sin ahumar.

Las muestras de "torta de sardina" se mantuvieron sin -

FIGURA 4

PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACION DE LA TORTA SECA AHUMADA Y SIN AHUMAR CON BASE EN PESCADO, CEREAL Y SOYA



empaques y empacadas en dos diferentes materiales flexibles: - celopolyal y polietileno de baja densidad y se almacenaron durante 3 meses en cámaras climáticas marca Ojeda S.A. bajo las siguientes condiciones: 1.- 23°C/50% de humedad relativa - - (H.R.) (simulación de temperatura y H.R. promedio en zonas -- templadas) 2.- 35°C/80% H.R. (simulación de temperatura y H.R. promedio en zonas tropicales) (cuadro 3).

En intervalos de 7 días se tomaron muestras de ambas cámaras sin empaque y con empaque, a las cuales se les determinó el índice de peróxidos, prueba del ácido 2-tiobarbitúrico y la actividad acuosa.

Se efectuaron análisis proximales del producto al inicio (tiempo cero) y al final (12 semanas) del período de almacenamiento.

Se efectuaron análisis microbiológicos y sensoriales al inicio (tiempo cero), a las 6 y 12 semanas de almacenamiento.

## IV.2 Métodos de Análisis

### IV.2.1 Análisis químico proximal

Se realizó aplicando los métodos oficiales del A.O.A.C.-- (43).

- Determinación de Humedad por el método de estufa de ai  
re 14.004



CUADRO 3  
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

| CONDICIONES  | 23°C/50% H.R. |            | 35°C/80% H.R. |            |
|--|---------------|------------|---------------|------------|
|  | AHUMADAS      | SIN AHUMAR | AHUMADAS      | SIN AHUMAR |
| Sin empaque  | X             | X          | X             | X          |
| Con empaque Polietileno<br>de baja densidad                              | X             | X          | X             | X          |
| Con empaque Celopolyal<br>(Celofán/polietileno/<br>Aluminio/Polietileno) | X             | X          | X             | X          |

- Determinación de cenizas por incineración 7.010
- Determinación de Proteínas por el método de Kjeldahl-Gunning 2.049
- Determinación de Extracto etéreo por el método de extracción continua 7.045
- Determinación de Fibra cruda 7.054
- Carbohidratos por diferencia

#### IV.2.2 Análisis microbiológico

Se aplicaron las técnicas generales para el análisis microbiológico de los alimentos de la Secretaría de Salud (18).

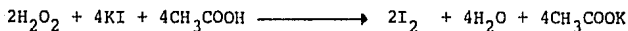
- Cuenta total de bacterias mesófilas aerobias.
- Cuenta de hongos y Levaduras.
- Grupo Coliforme.

#### IV.2.3 Determinación de índice de peróxidos

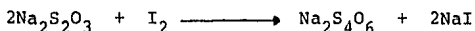
Para esta determinación se siguió el método oficial -- 26.024 del A.O.A.C. (43) con las modificaciones propuestas -- por Pearson (48).

Fundamento.

El peróxido en general, reacciona con el yoduro de potasio en solución ácida dejando yodo reactivo:



El yodo en libertad, cuya cantidad es equivalente a la - del oxidante que se desea valorar, se cuantifica con una solución titulada de tiosulfato de sodio (59):



### Material

Estufa de secado, Mechanical Convection Oven GCA.

Aparato extractor de grasa Goldfish, Labconco modelo - - 35001.

Agitador mecánico, Junior Orbit Shaker. Lab-Line Ins- - truments, Inc. (Melrose Park, Illinois).

Balanza analítica Sartorius modelo 2001 MP2 (max 170 g - d = 0.1 mg).

Balanza granataria, Ohaus (600 g).

Matraces Yodométricos de 250 ml con tapón esmerilado.

Matraces Erlenmeyer de 250 y 125 ml.

Vasos de precipitados de 100 ml.

Vasos para extracción de grasa.

Embudos de separación de 250 ml con tapón esmerilado y - llave de teflón.

Embudos de vidrio de cola corta.

Desecador de vidrio de 25 cm con plato de porcelana y -- cloruro de calcio como desecante.

Probeta de 100 ml.

Pipetas graduadas de 1, 5 y 10 ml.

Pipetas volumétricas de 25 ml.

Bureta de 50 ml.

Recolectores de vidrio.

Papel filtro Whatman # 4.

Tapones de hule del No. 5 y 6.

### Reactivos

Cloroformo, grado reactivo analítico (J.T. Baker S.A.).

Metanol, grado reactivo analítico (J.T. Baker S.A.).

Acido acético glacial, grado reactivo analítico (J.T. Baker S.A.).

Agua Bidestilada.

Yoduro de potasio, grado reactivo analítico (May&Baker - LTD. Dagenham, England).

Yoduro mercúrico rojo, grado reactivo analítico (Merck - A.G. Darmstadt, Germany).

Almidón, grado reactivo analítico (Merck A.G. Darmstadt, Germany).

Tiosulfato de sodio, grado reactivo analítico (J.T. Baker S.A.).

### Procedimiento

Para la extracción de la grasa de la muestra se siguió la metodología propuesta por Bligh G. and Dyer J. (7) con al-

gunas modificaciones de acuerdo al tipo de producto que se es taba analizando.

Se homogenizan 10 g de muestra, previamente pulverizada, con 100 ml de una mezcla cloroformo-metanol (1:1) en un ma- -  
traz Erlenmeyer de 250 ml con tapón de hule. Se agita la mez  
cla durante un tiempo de 20 minutos en un agitador mecánico, -  
transcurrido el cual se procede a filtrar con papel whatman -  
#4. El filtrado se coloca en un embudo de separación de 250-  
ml al que se le añaden 40 ml de agua destilada. Se agita y -  
se dejan separar las fases. Se extrae la fracción clorofórm  
ica y se transfiere una alícuota de 25 ml. a un vaso de grasa,  
puesto previamente a peso constante, y se procede a colocarlo  
en el aparato Goldfish donde se recolecta el solvente, poste-  
riormente se deja enfriar en un desecador y se pesa para de--  
terminar la cantidad de lípidos en dicha alícuota.

De la extracción clorofórmica anterior se transfiere una  
alícuota de 25 ml a un matraz yodométrico de 250 ml. Se ña-  
den 37 ml de ácido acético glacial y 0.5 ml de solución satu-  
rada (recién preparada) de yoduro de potasio. Se deja repo--  
sar en la obscuridad durante 1 minuto. Se añaden 30 ml de --  
agua destilada, enjuagando el tapón y las paredes interiores-  
del matraz y se procede a titular el yodo liberado con una so  
lución de tiosulfato de sodio 0.01 N usando almidón como indi  
cador.

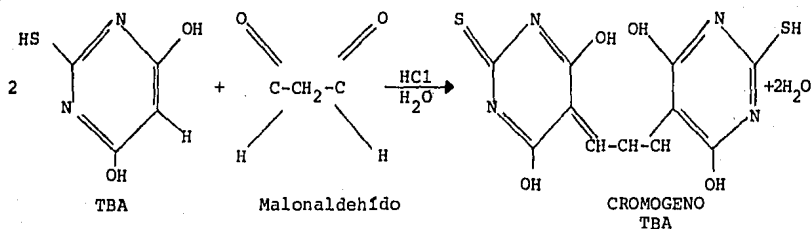
$$\text{Cálculos} \quad \text{meq/Kg} = \frac{\text{ml gastados} \times N \times 1000}{\text{peso de los lípidos en la alícuota}}$$

#### IV.2.4 Determinación de ácido 2-tiobarbitúrico

Para esta determinación se siguió el método de destilación de Tarladgis et. al. (50, 58) con algunas modificaciones de acuerdo al tipo de producto que se estaba analizando.

##### Fundamento

El método se basa en la medición a 538 nm del compuesto colorido obtenido mediante la reacción de condensación entre 2 moles de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) y una mol de malonaldehído, compuesto formado por la oxidación de las grasas:



##### Material

Espectrofotómetro Gilford 250 con lámpara de tungsteno.

Celdillas de vidrio de 1 cm y capacidad para 4 ml.

Aparato de destilación Kjeldahl, Labconco modelo 20700.

Potenci6metro, Orion Research modelo 601 A. Digital - -  
Analyser.

Parrilla el6ctrica Sybron/Thermolyne, Nuova 7 stir plate.

Balanza anal6tica Sartorius modelo 2001 MP2 (max 170 g -  
d = 0.1 mg).

Agitador Vortex.

Matraces Kjeldahl de 800 ml.

Matraces Erlenmeyer de 250 ml.

Matraces volum6tricos de 50, 100, 200 y 1000 ml.

Vasos de precipitados de 100 y 1000 ml.

Tubos de tap6n de rosca de 15 x 125 mm.

Pipetas graduadas de 1 y 5 ml.

Pipetas volum6tricas de 5 ml.

#### Reactivos

Acido ac6tico glacial, grado reactivo anal6tico (J.T. -  
Baker S.A.).

Acido clorh6drico, grado reactivo anal6tico (J.T. Baker-  
S.A.).

1,1,3,3,-Tetraetoxipropano (TEP), grado reactivo anal6ti-  
co (Sigma Chemical Company).

Agua Bidestilada.

Acido 2-Tiobarbit6rico (TBA), grado reactivo anal6tico -  
(Sigma Chemical Company).

Galato de propilo, grado reactivo anal6tico (Laborato- -  
rios Griffith S.A. de C.V.).

Acido Etilendiaminotetracético (EDTA), grado reactivo -- analítico (J.T. Baker S.A.).

#### Preparación de Reactivos

- Acido 2-Tiobarbitúrico (TBA): 0.576 g de TBA cuidadosamente pesados, se transfieren a un matraz volumétrico de 200-ml. Se añaden 20 ml de agua destilada y se agita tratando de disolver el material. Posteriormente se agrega ácido acético glacial hasta las 2/3 partes del matraz y se continúa la agitación hasta la completa disolución. Se añade más ácido acético glacial hasta completar el volumen.

- Solución patrón de 1,1,3,3,-Tetraetoxipropano (TEP): - 0.2889 g de TEP cuidadosamente pesados son transferidos a un matraz volumétrico de 100 ml. Se añade agua destilada para disolver. Posteriormente se lleva a volumen con agua destilada.

Se toma una alícuota de 10 ml de esta solución y se - - transfiere a un matraz volumétrico de 1000 ml para tener una concentración de  $1.011 \times 10^{-4}$  M. Posteriormente se prepara una solución de trabajo que tenga una concentración de  $1.011 \times 10^{-5}$  M tomando 10 ml de la solución anterior y llevándola a un volumen de 100 ml con agua destilada (solución de trabajo).

-- Preparación de la Curva Estándar.



Alícuotas de 0, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 y 5.0 ml. de la solución de trabajo de 1,1,3,3,-tetraetoxipropano (TEP) son cuidadosamente medidas y transferidas a tubos con tapón de rosca. Se añade una cantidad de agua tal para obtener un volumen de 5 ml. Posteriormente se añaden 5 ml de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), cierre, agite y caliente en un baño de agua hirviendo durante 45 minutos. Se enfría al chorro de agua y se determina la absorbancia de las soluciones a 538 nm, ajustando a cero con el blanco (0.0 ml de TEP).

Se construye la curva al graficar la absorbancia de cada alícuota contra su concentración en moles/litro (M).

#### Procedimiento

10 g de muestra finamente pulverizada es transferida a un matraz Kjeldahl de 800 ml. Se añaden 100 mg de galato de propilo y de EDTA respectivamente. Se agregan 97.5 ml de agua y ácido clorhídrico 4 N de tal forma que se tenga un pH de 1.5.

Se coloca el matraz al aparato de destilación y se procede a destilar. Se colectan 50 ml del destilado en un matraz volumétrico. Debe tenerse especial cuidado de llevar a cabo la destilación en un tiempo no mayor a 35 minutos.

Se transfieren 0.2 ml del destilado a un tubo con tapón-

de rosca y se añaden 4.8 ml de agua para obtener un volumen - de 5 ml.

Posteriormente se agregan 5 ml de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA). Se cierra, se agita y se calienta en un baño de agua-hirviendo durante 45 minutos. Se enfría al chorro de agua y se determina la absorbancia a 538 nm, ajustando a cero con el blanco. Con referencia a la curva estándar obtenida se calcu la la concentración en cada uno de los problemas.

Cálculos:

$$\frac{5 \text{ (ml)}}{\text{alícuota (ml)}} \times C \times 10^7 = \# \text{ TBA } (\mu \text{ moles de malonaldehído/Kg de "Torta de Sardina"}).$$

$$\# \text{ TBA} \times 0.072 = \text{mg/kg}$$

Donde:

C = representa la concentración equivalente en moles/litro de TEP determinado en la curva estándar.

Peso molecular malonaldehído 72 g.

#### IV.3 Determinación de Actividad Acuosa

Para esta determinación se utilizó un medidor digital de humedad y temperatura NOVASINA AG (CH-8050 Zürich/Switzerland) modelo DAL-20.

Este aparato consiste en una celda de polivinilpirrolidona (PVP), con un sensor metálico que registra eléctricamente tanto la humedad relativa (%H.R.) como la temperatura (°C) en un rango de operación que va de 2 - 100 %H.R. y de -20°C a -- +80°C.

La actividad acuosa del producto será igual al cociente que resulte de dividir la humedad relativa en el equilibrio - entre 100:

$$A_a = \text{H.R.} / 100$$

#### Procedimiento

Para efectuar estas determinaciones se procedió a sacar de las cámaras climáticas a 23°C/50%H.R. y 35°C/80%H.R., una muestra a la cual se le permitió que adquiriera la temperatura ambiente (5 minutos), posteriormente se tomó una cantidad de 5 g de producto, se colocó en una charola de aluminio y se introdujo en la celda de (PVP) para que estuviera en contacto con el sensor durante una hora, ya que de acuerdo a la información técnica reportada (29) es el tiempo requerido para que se alcance el equilibrio entre la humedad de la celda y la humedad del producto; al cabo del cual, se registró tanto la humedad relativa como la temperatura.

#### IV.4 Evaluación Sensorial

Se seleccionó una prueba de preferencia (30) para realizar la evaluación sensorial del producto durante su almacenamiento, en la cual la característica a evaluar fue el sabor: utilizando una escala hedónica de 7 puntos (ver cuestionario en la siguiente hoja).

Para aplicar la prueba se seleccionaron 10 jueces no entrenados que evaluaron cada una de las muestras sin empaque y empacadas en los materiales flexibles celopolyal y polietileno de baja densidad, ahumadas y sin ahumar y a las condiciones de almacenamiento establecidas.

El platillo que se elaboró fue 'relleno para tacos' del recetario para torta de sardina existente en el Depto. de - - Ciencia y Tecnología de los Alimentos del I.N.N.S.Z. el cual se eligió en base a que su sencilla elaboración facilitaba el que no se enmascarará el posible sabor rancio.

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante un análisis de varianza de dos vías con el fin de conocer la relación entre el tiempo de almacenamiento y el nivel de grado en cuanto a sabor.

## PRUEBA DE PREFERENCIA

Fecha \_\_\_\_\_

Prueba para evaluar SABOR

Producto \_\_\_\_\_

INSTRUCCIONES: Evalúe las siguientes muestras por su sabor.-  
Use la escala apropiada que muestre su evaluación y marque el  
punto que mejor describa su gusto acerca de la característica  
mencionada.

(1) Excelente

(2) Muy Bueno

(3) Bueno

(4) Ni bueno ni malo

(5) Malo

(6) Muy malo

(7) Pésimo

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |

Comentarios: \_\_\_\_\_

MUCHAS GRACIAS.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis proximal y microbiológico de las materias primas utilizadas para la elaboración del lote de tortas de sardina se presentan en las tablas 1 y 2.

El aporte proteínico de la torta de sardina está dado -- principalmente por la harina de soya desgrasada (51.2% b.s.) -- y la sardina Monterrey (58.8% b.s.) esta última como puede -- apreciarse tiene también un gran contenido de grasa (34.4% -- b.s.) por lo que la probabilidad de que el producto presente -- enranciamiento se incrementa.

Con respecto al análisis microbiológico, la harina de -- maíz presentó una cuenta de bacterias mesofílicas aerobias de 15,000 col/g; y de hongos 270 col/g que de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (12) estos valores se encuentran dentro de -- los límites establecidos (bacterias mesofílicas aerobias -- 50,000 col/g; y 1000 col/g de hongos). Los resultados obtenidos para la harina de soya desgrasada fueron de bacterias -- mesofílicas aerobias 4,800 col/g; y de hongos 110 col/g, las cuales están de acuerdo a las especificaciones del proveedor -- (dado que no existe norma oficial para este producto).

Con referencia a la sardina Monterrey tuvo una cuenta de

TABLA 1

ANALISIS PROXIMAL DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN LA ELABORACION DE LAS TORTAS DE SARDINA (g/100g)

| DETERMINACION   | HARINA DE MAIZ |      | HARINA DE SOYA<br>DESGRASADA |      | SARDINA MONTERREY |      | MEZCLA DE<br>CONDIMENTOS |      |
|-----------------|----------------|------|------------------------------|------|-------------------|------|--------------------------|------|
|                 | b.h.           | b.s. | b.h.                         | b.s. | b.h.              | b.s. | b.h.                     | b.s. |
| HUMEDAD         | 11.7           | 0.0  | 8.0                          | 0.0  | 68.7              | 0.0  | 8.6                      | 0.0  |
| CENIZAS         | 1.3            | 1.5  | 6.4                          | 7.0  | 1.3               | 4.3  | 6.2                      | 6.7  |
| PROTEINA*       | 9.4            | 10.7 | 47.1                         | 51.2 | 18.4              | 58.8 | -                        | -    |
| GRASA           | 3.9            | 4.4  | 1.6                          | 1.7  | 10.7              | 34.4 | 7.3                      | 8.0  |
| FIBRA CRUDA     | 3.2            | 3.6  | 3.7                          | 4.1  | -                 | -    | 33.5                     | 36.6 |
| CARBOHIDRATOS** | 70.1           | 79.5 | 33.0                         | 35.8 | 0.7               | 2.3  | -                        | -    |

\*Nitrogeno X 6.25

\*\*Por diferencia

TABLA 2

ANALISIS MICROBIOLOGICO DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN LA ELABORACION DE LAS  
TORTAS DE SARDINA

| MATERIAS PRIMAS              | BACTERIAS MESOFILICAS<br>AEROBIAS<br>(col/g) | HONGOS<br>(col/g) | LEVADURAS<br>(col/g) | COLIFORMES<br>TOTALES<br>(NMP/g) | COLIFORMES<br>FECALES<br>(NMP/g) |
|------------------------------|--|-------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| HARINA DE MAIZ               | 15,100                                       | 270               | 0                    | 7.3                              | -3.0                             |
| HARINA DE SOYA<br>DESGRASADA | 4,800  | 110               | 0                    | -1.0                             | -3.0                             |
| SARDINA MONTERREY            | 150,000                                      | 50                | 0                    | Negativo                         | Negativo                         |
| MEZCLA DE<br>CONDIMENTOS     | 4,600,000                                    | 2,100             | 0                    | 460.0                            | 11.0                             |



bacterias mesofílicas aerobias considerada baja ya que según el límite establecido para pescado fresco congelado es de - - 1,000,000 col/g.

Para la mezcla de condimentos no existe una norma con especificaciones sólo se indica que no debe contener microorganismos que puedan afectar la salud del consumidor o provocar el deterioro del producto.

Para todas las materias primas la cuenta de levaduras - fue negativa.

Aún cuando algunos resultados presentan cuentas elevadas, se considera que el tratamiento térmico para la elaboración - del producto final disminuirá la carga microbiana.

Las características iniciales de la sardina Monterrey en cuanto a rancidez se muestran en la tabla 3. Se observa que al comparar estos valores con los obtenidos por otros autores (43, 55) para especies de pescado fresco congelado la materia prima ya presentaba cierto grado de rancidez (65.29 meq/kg), - además de que ésta se emplea entera (excepto cabeza y cola), - lo cual implica que el contenido de grasa sea mayor ya que se encuentra en mayor proporción en la piel que en el músculo -- (7). Por otra parte Khayat (26) demostró que el proceso de - oxidación continúa aún durante la congelación. Este punto no pudo controlarse debido a que dada la época en que se realizó este estudio, la disponibilidad de materia prima fresca es mi

TABLA 3

## CARACTERISTICAS DE LA MATERIA PRIMA: SARDINA MONTERREY

---

| DETERMINACION                        |              |
|--------------------------------------|--------------|
| INDICE DE PEROXIDOS                  | 65.29 meq/kg |
| PRUEBA DEL ACIDO<br>2-TIOBARBITURICO | 121.50 mg/kg |
| ACTIVIDAD ACUOSA                     | 0.969        |

---

nima. Por otra parte debía transportarse a la Cd. de México, lo cual definitivamente implica la congelación y por tanto favorece la aparición de las reacciones de oxidación.

En la tabla 4 se muestran los resultados del análisis -- proximal efectuado a las tortas de sardina ahumadas y sin ahumar recién elaboradas; los valores obtenidos se encuentran dentro de los informados por otros autores (41).

Se trataron estadísticamente los datos mediante un análisis de varianza por bloques (40) para saber si había o no diferencia significativa a) entre el tipo de empaque utilizado y el tiempo de almacenamiento; b) entre el empleo o no de la etapa de ahumado y el tiempo de almacenamiento tanto para los resultados obtenidos del índice de peróxidos como de la prueba del ácido 2-tiobarbitúrico.

En cuanto al índice de peróxidos de las tortas ahumadas y sin ahumar a 23°C/50% H.R. los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5 y gráficamente en la figura 5. Estadísticamente se encontró que existe diferencia significativa con respecto al empaque como se observa en la gráfica 1 en donde podemos ver el tiempo en que alcanzaron su valor más alto de I.P., siendo la 5a. semana (105.03 meq/kg) el punto máximo de deterioro para las tortas ahumadas, seguidas por las tortas -- empacadas en polietileno que lo alcanzaron a la 7a. semana -- (85.35 meq/kg) y finalmente las empacadas en celopolyal a la

TABLA 4  
ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS TORTAS DE SARDINA AHUMADAS  
Y SIN AHUMAR RECIÉN ELABORADAS

| DETERMINACION   | TORTA DE SARDINA<br>AHUMADA |       | TORTA DE SARDINA<br>SIN AHUMAR |       |
|-----------------|-----------------------------|-------|--------------------------------|-------|
|                 | b.h.                        | b.s.  | b.h.                           | b.s.  |
|                 | (g/100g)                    |       |                                |       |
| HUMEDAD         | 2.79                        | 0     | 2.43                           | 0     |
| CENIZAS         | 12.75                       | 12.93 | 11.63                          | 11.91 |
| PROTEINA*       | 38.76                       | 39.87 | 37.97                          | 38.91 |
| GRASA           | 10.50                       | 10.80 | 10.26                          | 10.51 |
| FIBRA CRUDA     | 3.27                        | 3.36  | 2.72                           | 2.78  |
| CARBOHIDRATOS** | 34.72                       | 35.71 | 37.42                          | 38.35 |

\*Nitrógeno X 6.25

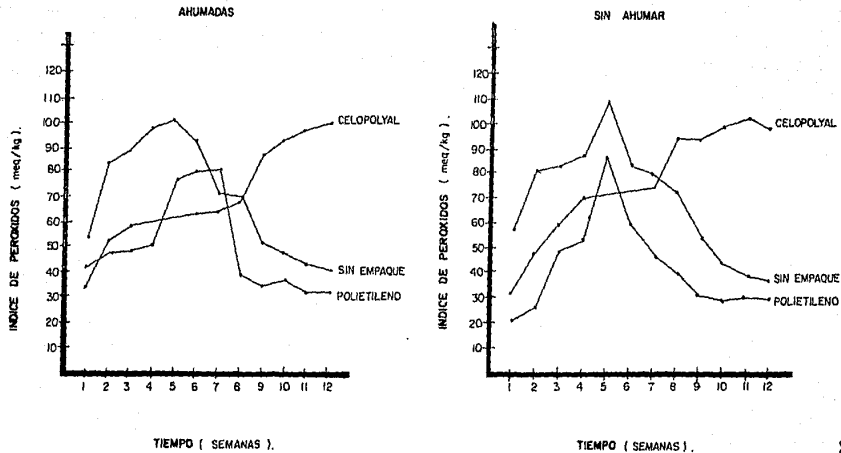
\*\*Por diferencia

TABLA 5  
 INDICE DE PEROXIDOS DE LAS TORTAS DE SARDINA AHUMADAS  
 (A) Y SIN AHUMAR (SA) DURANTE EL ALMACENAMIENTO A - -  
 24°C/50% H.R.

| TIEMPO<br>(Semanas) | Sin empaque |        | MUESTRAS<br>Poliuretano |       | Celopolyal |        |
|---------------------|-------------|--------|-------------------------|-------|------------|--------|
|                     | A           | SA     | A                       | SA    | A          | SA     |
|                     | (meq/kg)    |        |                         |       |            |        |
| 1                   | 56.60       | 58.06  | 43.46                   | 21.81 | 37.21      | 31.51  |
| 2                   | 88.64       | 81.58  | 50.58                   | 26.34 | 57.45      | 47.94  |
| 3                   | 93.85       | 84.97  | 51.97                   | 49.71 | 62.28      | 60.41  |
| 4                   | 102.35      | 88.62  | 54.81                   | 53.17 | 63.31      | 70.80  |
| 5                   | 105.03      | 110.02 | 80.71                   | 87.65 | 64.43      | 71.58  |
| 6                   | 97.36       | 84.05  | 84.46                   | 60.58 | 67.53      | 73.65  |
| 7                   | 76.10       | 81.20  | 85.35                   | 48.50 | 68.09      | 74.64  |
| 8                   | 74.63       | 73.89  | 42.78                   | 41.73 | 71.83      | 95.49  |
| 9                   | 55.14       | 55.89  | 38.98                   | 32.05 | 91.41      | 95.51  |
| 10                  | 50.42       | 45.68  | 40.15                   | 30.95 | 97.69      | 100.75 |
| 11                  | 47.75       | 40.07  | 35.84                   | 31.47 | 103.47     | 103.00 |
| 12                  | 44.23       | 38.68  | 35.22                   | 30.00 | 105.08     | 98.75  |

FIGURA 5

RESULTADOS DEL INDICE DE PEROXIDOS DE LAS TORTAS DE SARDINA (Almacenadas a 23°C/50% H.R.).



ANÁLISIS DE VARIANZA POR BLOQUES

TORTAS DE SARDINA ALMACENADAS A 23°C/50% H.R. EN LA DETERMINACION DEL INDICE DE PEROXIDOS

| Empaque     | *Duración en Semanas |                 | Yi./A | Yi.    |
|-------------|----------------------|-----------------|-------|--------|
|             | Ahumada (A)          | Sin Ahumar (SA) |       |        |
| Sin Empaque | 5                    | 5               | 5.00  | 10.000 |
| Poliétileno | 7                    | 5               | 6.00  | 12.000 |
| Celopolyal  | 12                   | 11              | 11.50 | 23.000 |
| Y.j         | 24                   | 21              |       | 45.000 |

\*Tiempo en que alcanzaron el valor más alto de I.P.

Análisis de Empaque

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado promedio | Fo      |
|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------|
| Empaque             | 49.0000           | 2                  | 24.5000           | 49.0000 |
| Bloque (A/SA)       | 1.5000            | 1                  | 1.5000            |         |
| Error               | 1.0000            | 2                  | 0.5000            |         |
| Total               | 51.5000           | 5                  | 10.3000           |         |
| F 0.05 (2,2):       |                   | 19.000             |                   |         |

El efecto es significativo

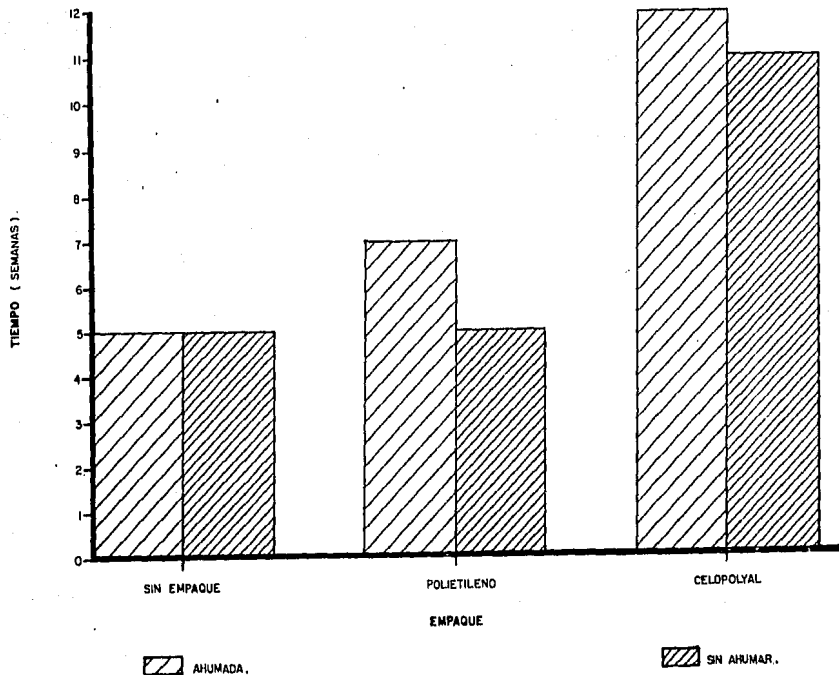
Análisis de Proceso

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Promedio | Fo     |
|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------|
| Proceso             | 1.5000            | 1                  | 1.5000            | 3,0000 |
| Bloque (Empaque)    | 49.0000           | 2                  | 24.5000           |        |
| Error               | 1.0000            | 2                  | 0.5000            |        |
| Total               | 51.5000           | 5                  | 10.3000           |        |
| F 0.05 (2,2):       |                   | 18,5100            |                   |        |

El efecto no es significativo

# GRAFICA I

RELACION ENTRE LOS DIFERENTES EMPAQUES UTILIZADOS Y EL TIEMPO EN QUE ALCANZARON LAS TORTAS DE SARDINA ( Almacenada a 23°/50% H.R.), EL VALOR MAXIMO DE INDICE DE PEROXIDOS.





12a. semana (105.03 meq/kg); mientras que, para las tortas -- sin ahumar, aunque siguieron el mismo comportamiento que las ahumadas, mostraron cierta tendencia a enranciarse antes, así por ejemplo sin empaque a la 5a. semana ya alcanzaron su punto máximo de deterioro (110.02 meq/kg); en polietileno a la 5a. semana (87.65 meq/kg) y en celopolyal a la 11a. semana -- (103.0 meq/kg). Estos resultados nos confirman que el ahumado protege al producto de la oxidación además de conferirle - características organolépticas. agradables. El poder antioxi dante que se atribuye al ahumado se debe principalmente a los compuestos fenólicos que se forman al quemarse la madera (7,8).

El comportamiento de las tortas ahumadas y sin ahumar -- cuando se almacenaron a 35°C/80% H.R. en relación al índice - de rancidez se muestra en la tabla 6 y gráficamente en la fi- gura 6 donde se observa que los valores obtenidos son más ele vados en comparación con los obtenidos por las tortas de sar- dina almacenadas a 23°C/50% H.R.; lo que sugiere que las con- diciones aplicadas (35°C/50% H.R.) aceleran el proceso oxida- tivo; se observa en la gráfica 2 que las muestras presentan - diferencia significativa con respecto al empaque y en ambos - casos el celopolyal demostró ser el más adecuado para prote-- ger el producto de la oxidación.

Tanto para las tortas de sardina a 23°C/50% H.R. como pa ra las mantenidas a 35°C/80% H.R. se encontró que no existe - diferencia significativa entre las muestras con respecto a la

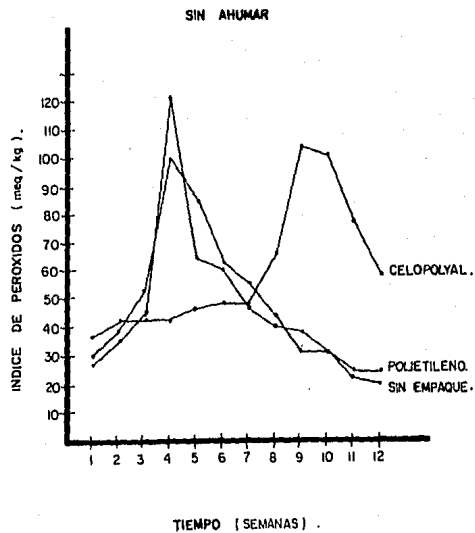
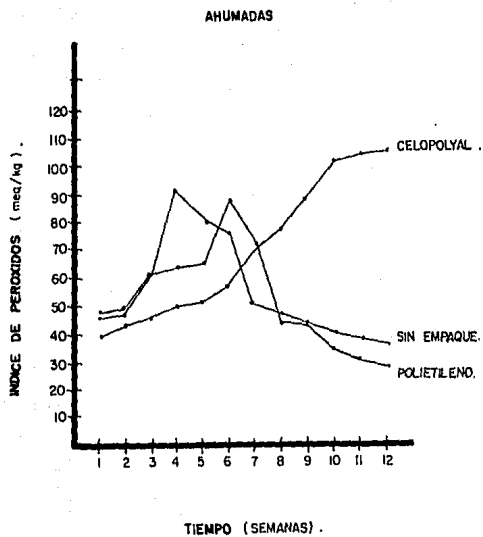
TABLA 6

INDICE DE PEROXIDOS DE LAS TORTAS DE SARDINA AHUMADAS  
(A) Y SIN AHUMAR (SA) DURANTE EL ALMACENAMIENTO A  
35°C/80% H.R.

| TIEMPO<br>(Semanas) | Sin empaque |        | MUESTRAS  |               | Celopolyal |        |
|---------------------|-------------|--------|-----------|---------------|------------|--------|
|                     | A           | SA     | Poli<br>A | etileno<br>SA | A          | SA     |
| 1                   | 46.05       | 27.72  | 47.08     | 30.85         | 39.11      | 36.78  |
| 2                   | 47.89       | 35.88  | 49.30     | 38.10         | 43.19      | 40.05  |
| 3                   | 61.28       | 44.41  | 61.15     | 52.34         | 46.18      | 42.63  |
| 4                   | 91.74       | 120.83 | 64.42     | 100.95        | 50.51      | 42.84  |
| 5                   | 81.27       | 64.79  | 64.43     | 85.34         | 51.70      | 46.30  |
| 6                   | 75.03       | 59.83  | 89.69     | 60.51         | 57.91      | 47.13  |
| 7                   | 50.85       | 45.77  | 72.44     | 55.72         | 70.85      | 47.85  |
| 8                   | 47.72       | 39.68  | 44.01     | 44.56         | 78.77      | 66.83  |
| 9                   | 44.37       | 37.58  | 43.55     | 31.41         | 90.00      | 104.79 |
| 10                  | 40.07       | 30.51  | 34.72     | 30.86         | 101.32     | 100.00 |
| 11                  | 38.73       | 22.79  | 30.05     | 24.21         | 104.05     | 76.38  |
| 12                  | 36.51       | 19.39  | 28.15     | 24.000        | 105.21     | 58.83  |

FIGURA 6

RESULTADOS DEL INDICE DE PEROXIDOS DE LAS TORTAS DE SARDINA (Almacenadas a 35°C/80% H.R.).



## ANÁLISIS DE VARIANZA POR BLOQUES

TORTAS DE SARDINA ALMACENADAS A 35°C/80% H.R. EN LA DETERMINACION DE INDICE DE PEROXIDOS

| Empaque     | *Duración en Semanas |                 | Yi./A | Yi.    |
|-------------|----------------------|-----------------|-------|--------|
|             | Ahumada (A)          | Sin Ahumar (SA) |       |        |
| Sin Empaque | 4                    | 4               | 4.00  | 8.000  |
| Polietileno | 6                    | 4               | 5.00  | 10.000 |
| Celopolyal  | 12                   | 9               | 10.50 | 21.000 |
| Y.j         | 22                   | 17              |       | 39.000 |

\*Tiempo en que alcanzaron el valor más alto de I.P.

Análisis por Empaque

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | de Grados de Libertad | Cuadrado Promedio | Fo      |
|---------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|---------|
| Empaque             | 49.0000           | 2                     | 24.5000           | 21.0000 |
| Bloque(A/SA)        | 4.1667            | 1                     | 4.1667            |         |
| Error               | 2.3333            | 2                     | 1.1667            |         |
| Total               | 55.5000           | 5                     | 11.1000           |         |

F 0.05 (2,2); 19.0000  
El efecto es significativo

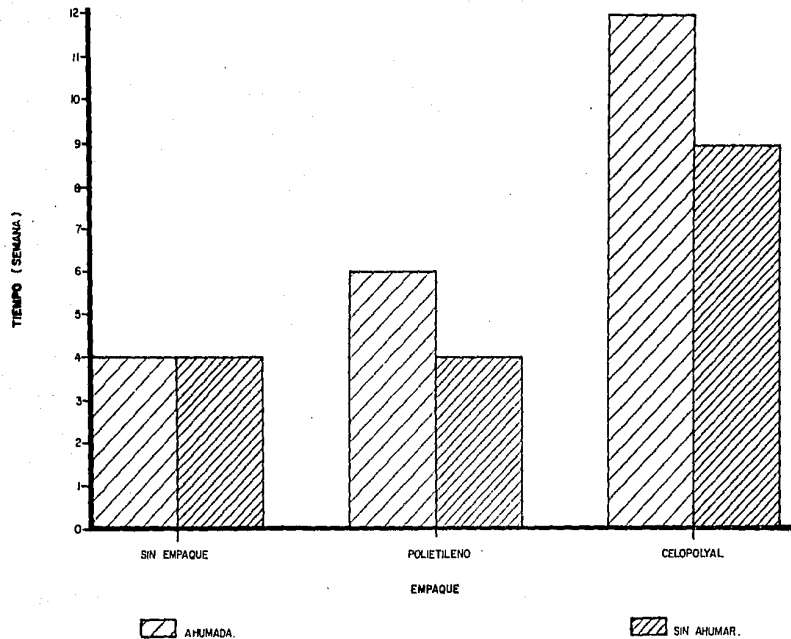
Análisis por Proceso

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | de Grados de Libertad | Cuadrado promedio | Fo     |
|---------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|--------|
| Proceso             | 4.1667            | 1                     | 4.1667            | 3.5714 |
| Bloque(Empaque)     | 49.0000           | 2                     | 24.5000           |        |
| Error               | 2.3333            | 2                     | 1.1667            |        |
| Total               | 55.5000           | 5                     | 11.1000           |        |

F 0.05 (1,2); 18,5100  
El efecto no es significativo

GRAFICA 2.

RELACION ENTRE LOS DIFERENTES EMPAQUES UTILIZADOS Y LOS TIEMPOS EN QUE ALCANZARON LAS TORTAS DE SARDINA (Almacenadas a 35°C/80% H.R.) EL VALOR MAXIMO DE INDICE DE PEROXIDO.



etapa de ahumado o sin ahumar que se lleva a cabo en la elaboración de la torta de sardina.

En la tabla 7 y gráficamente en la figura 7 se muestran los resultados de la prueba del ácido 2-tiobarbitúrico para las tortas de sardina ahumadas y sin ahumar a 23°C/50% H.R. El análisis estadístico con respecto al empaque mostró que -- existe diferencia significativa como se observa en la gráfica 3 donde las tortas ahumadas en el empaque celopolyal tuvieron una mayor estabilidad con respecto a las sin ahumar (12a. semana-392 mg/kg; 10a. semana-684 mg/kg respectivamente) seguido por el polietileno (8a. semana-576 mg/kg ; 6a. semana-756 mg/kg respectivamente) y las tortas sin empaque (6a. semana--594 mg/kg; 5a. semana-792 mg/kg respectivamente) datos que se refieren al tiempo en que alcanzaron el valor más alto de -- T.B.A.

Con respecto a las tortas de sardina ahumadas y sin ahumar a 35°C/80% H.R. se presentan los resultados obtenidos para la prueba del ácido 2-tiobarbitúrico en la tabla 8 y gráficamente en la figura 8; los cambios se presentaron siguiendo el mismo patrón de comportamiento que para las tortas en la condición anterior. En la gráfica 4 el tratamiento estadístico mostró que no existe diferencia significativa con respecto al empaque; lo que puede deberse a que en la condición 35°C/-80% H.R. los cambios son más severos ya que se encuentran directamente expuestas a factores ambientales como presencia de

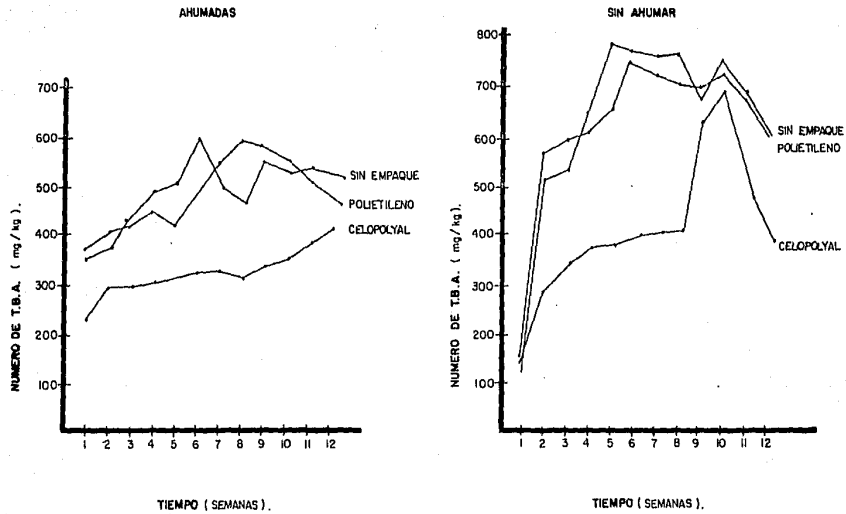
TABLA 7

PRUEBA DEL ACIDO 2-TIOBARBITURICO DE LAS TORTAS DE  
SARDINA AHUMADAS (A) Y SIN AHUMAR (SA) DURANTE EL  
ALMACENAMIENTO A 23°C/50% H.R.

| TIEMPO<br>(Semanas) | Sin empaque |     | MUESTRAS         |     | Celopolyal |     |
|---------------------|-------------|-----|------------------|-----|------------|-----|
|                     | A           | SA  | Polietileno<br>A | SA  | A          | SA  |
| (mg/kg)             |             |     |                  |     |            |     |
| 1                   | 358         | 133 | 367              | 167 | 243        | 148 |
| 2                   | 360         | 517 | 403              | 567 | 295        | 291 |
| 3                   | 439         | 525 | 414              | 594 | 295        | 333 |
| 4                   | 496         | 685 | 432              | 597 | 298        | 367 |
| 5                   | 502         | 792 | 415              | 640 | 304        | 367 |
| 6                   | 594         | 779 | 459              | 756 | 306        | 374 |
| 7                   | 501         | 777 | 534              | 738 | 313        | 385 |
| 8                   | 484         | 779 | 576              | 707 | 304        | 388 |
| 9                   | 545         | 666 | 568              | 698 | 327        | 604 |
| 10                  | 513         | 774 | 541              | 720 | 337        | 684 |
| 11                  | 545         | 667 | 502              | 662 | 367        | 473 |
| 12                  | 536         | 597 | 453              | 586 | 392        | 374 |

FIGURA 7

RESULTADOS DE LA PRUEBA DEL ACIDO 2-TIOBARBITURICO DE LAS TORTAS DE SARDINAS (Almacenadas a 23°C/50% H.R.).





ANÁLISIS DE VARIANZA POR BLOQUES

TORTAS DE SARDINA ALMACENADAS A 23°C/50% H.R. EN LA PRUEBA DEL ACIDO 2-TIOBARBITÚRICO

| Empaque     | *Duración en Semanas |                 | Yi./A | Yi.    |
|-------------|----------------------|-----------------|-------|--------|
|             | Ahumada (A)          | Sin Ahumar (SA) |       |        |
| Sin Empaque | 6                    | 5               | 5.50  | 11.000 |
| Poliétileno | 8                    | 6               | 7.00  | 14.000 |
| Celopolyal  | 12                   | 10              | 11.00 | 22.000 |
| Y.j         | 26                   | 21              |       | 47.000 |

\*Tiempo en que alcanzaron el valor más alto de T.B.A.

Análisis de Empaque

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Promedio | Fo      |
|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------|
| Empaque             | 32.3333           | 2                  | 16.1667           | 97.0000 |
| Bloque (A/SA)       | 4.1667            | 1                  | 4.1667            |         |
| Error               | 0.3333            | 2                  | 0.1667            |         |
| Total               | 36.8333           | 5                  | 7.3667            |         |
| F 0.5 (2,2):        |                   | 19,0000            |                   |         |

El efecto es significativo

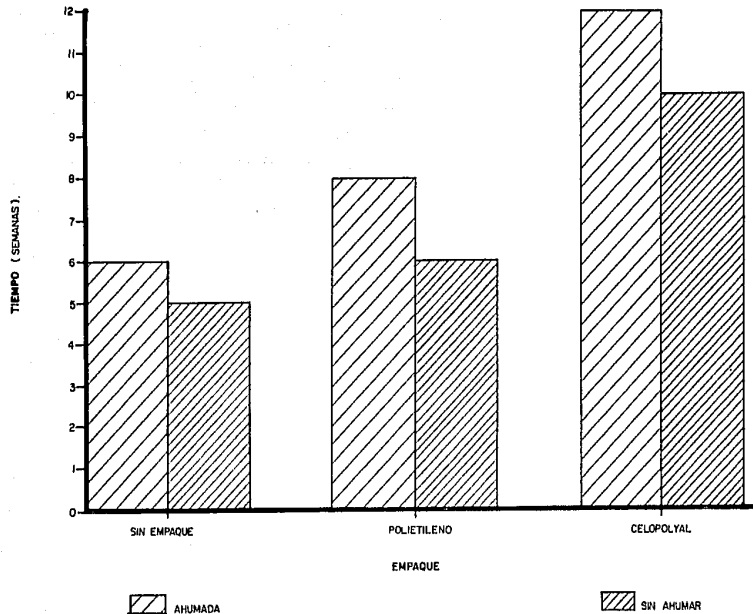
Análisis de Proceso

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Promedio | Fo      |
|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------|
| Proceso             | 4.1667            | 1                  | 4.1667            | 25.0000 |
| Bloque (Empaque)    | 32.3333           | 2                  | 16.1667           |         |
| Error               | 0.3333            | 2                  | 0.1667            |         |
| Total               | 36.8333           | 5                  | 7.3667            |         |
| F 0.05 (1,2):       |                   | 18.5100            |                   |         |

El efecto es significativo

GRAFICA 3

RELACION ENTRE LOS DIFERENTES EMPAQUES UTILIZADOS Y EL TIEMPO EN QUE ALCANZARON LAS TORTAS DE SARDINA (Almacenadas a 23°C/50% H.R.) EL VALOR MAXIMO DE ACIDO 2-TIOBARBITURICO.



ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

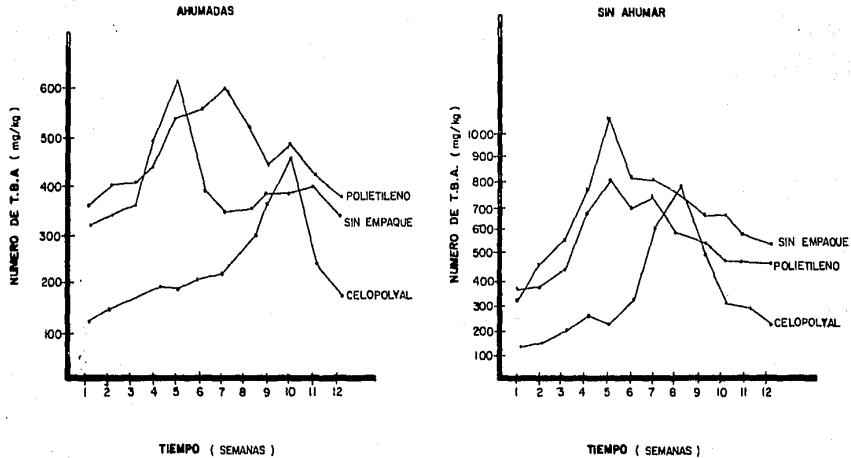
TABLA 8

PRUEBA DEL ACIDO 2-TIOBARBITURICO DE LAS TORTAS DE SARDINA AHUMADAS (A) Y SIN AHUMAR (SA) DURANTE EL ALMACENAMIENTO A 35°C/80% H.R.

| TIEMPO<br>(Semanas) | Sin empaque |      | MUESTRAS<br>Politieliemo |     | Celopolyal |     |
|---------------------|-------------|------|--------------------------|-----|------------|-----|
|                     | A           | SA   | A                        | SA  | A          | SA  |
|                     | (mg/kg)     |      |                          |     |            |     |
| 1                   | 306         | 315  | 374                      | 369 | 126        | 104 |
| 2                   | 318         | 426  | 397                      | 369 | 138        | 128 |
| 3                   | 334         | 540  | 397                      | 410 | 151        | 156 |
| 4                   | 455         | 716  | 414                      | 604 | 159        | 214 |
| 5                   | 597         | 1080 | 540                      | 790 | 156        | 190 |
| 6                   | 396         | 759  | 545                      | 660 | 160        | 284 |
| 7                   | 363         | 720  | 583                      | 714 | 164        | 586 |
| 8                   | 316         | 707  | 513                      | 550 | 286        | 779 |
| 9                   | 334         | 640  | 439                      | 505 | 358        | 482 |
| 10                  | 387         | 658  | 475                      | 430 | 441        | 282 |
| 11                  | 392         | 541  | 414                      | 426 | 225        | 273 |
| 12                  | 320         | 511  | 388                      | 424 | 164        | 192 |

FIGURA 8

RESULTADO DE LA PRUEBA DEL ACIDO 2-TIOBARBITURICO DE LAS TORTAS DE SARDINA ( Almacenadas a 35°C/80% H.R. ).



## ANÁLISIS DE VARIANZA POR BLOQUES

TORTAS DE SARDINA ALMACENADAS A 35°C/80% H.R. EN LA PRUEBA DEL ÁCIDO 2-TIOBARBITÚRICO

| Empaque     | *Duración en Semanas |                 | Yi./A | Yi.    |
|-------------|----------------------|-----------------|-------|--------|
|             | Ahumada (A)          | Sin Ahumar (SA) |       |        |
| Sin Empaque | 5                    | 5               | 5.00  | 10.000 |
| Polietileno | 7                    | 5               | 6.00  | 12.000 |
| Celopolyal  | 10                   | 8               | 9.00  | 18.000 |
| Y.j         | 22                   | 18              |       | 40.000 |

\*Tiempo en que alcanzaron el valor más alto de T.B.A.

Análisis de Empaque

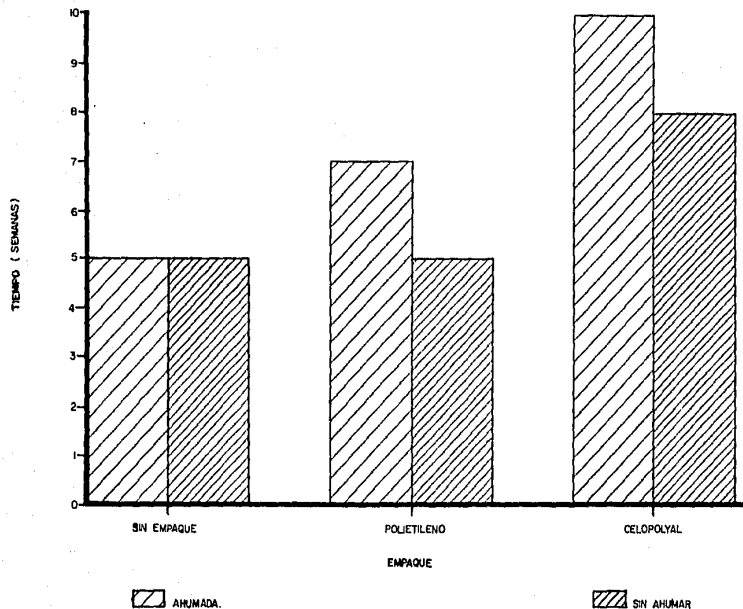
| Fuente de Variación           | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Promedio | Fo      |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------|
| Empaque                       | 17.3333           | 2                  | 8.6667            | 13.0000 |
| Bloque (A/SA)                 | 2.6667            | 1                  | 2.6667            |         |
| Error                         | 1.3333            | 2                  | 0.6667            |         |
| Total                         | 21.3333           | 5                  | 4.2667            |         |
| F 0.05 (2,2):                 |                   | 19,0000            |                   |         |
| El efecto no es significativo |                   |                    |                   |         |

Análisis de Proceso

| Fuente de Variación           | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Promedio | Fo     |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------|
| Proceso                       | 2.6667            | 1                  | 2.6667            | 4.0000 |
| Bloque (Empaque)              | 17.3333           | 2                  | 8.6667            |        |
| Error                         | 1.3333            | 2                  | 0.6667            |        |
| Total                         | 21.3333           | 5                  | 4.2667            |        |
| F 0.05 (1,2):                 |                   | 18,5100            |                   |        |
| El efecto no es significativo |                   |                    |                   |        |

GRAFICA 4

RELACION ENTRE LOS DIFERENTES EMPAQUES UTILIZADOS Y EL TIEMPO EN QUE ALCANZARON LAS TORTAS DE SARDINA (Almacenado a 35°C / 80% H.R.) EL VALOR MAXIMO DE ACIDO 2-TIOBARBITURICO.



oxígeno, luz y temperatura que favorecen la oxidación (4, 17, 46) además de que en los empaques se observaron daños en su constitución.

En cuanto al efecto que causa en el proceso de elaboración la etapa de ahumado en las tortas almacenadas en la condición 23°C/50% H.R. se observó que las muestras presentaron diferencia significativa ya que en las muestras sin ahumar -- los valores de oxidación son mayores que en las tortas ahumadas lo cual corrobora el efecto antioxidante que proporciona la etapa de ahumado. Mientras que para las tortas de sardina ahumadas y sin ahumar a 35°C/80% H.R. las muestras no presentaron diferencia significativa lo que posiblemente nos indica que estas condiciones son tan drásticas que el efecto del ahumado no fue representativo.

En virtud de que la prueba del ácido 2-tiobarbitúrico se emplea para medir rancidez en productos "frescos", no se tiene una escala que indique en que punto este tipo de productos (seco-salados con base en pescado) se encuentran rancios; por lo que para poder interpretar los resultados obtenidos en esta prueba se relacionaron con una evaluación sensorial. Se realizó el análisis estadístico (40) con el fin de conocer la relación entre el tiempo de almacenamiento y el nivel de -- agrado en cuanto a sabor. En la tabla 9 se muestran las calificaciones de preferencia para las tortas de sardina ahumadas

y sin ahumar a 23°C/50% H.R. y 35°C/80% H.R. y en las gráficas 5, 6, 7 y 8 se esquematizan estos resultados encontrándose que no existe diferencia significativa entre las muestras en los diferentes empaques y el tiempo de almacenamiento lo cual nos indica que el grupo de panelistas no logro discernir entre las muestras ya que las calificaciones otorgadas se mantuvieron desde el inicio entre 3 y 4.5 (bueno a ni bueno ni malo) debido a que en los comentarios se indicó que la torta presentaba un sabor 'fuerte' a pescado.

En la tabla 10 se muestran los resultados del análisis microbiológico de la torta de sardina ahumada y sin ahumar a 23°C/50% H.R. las tortas empacadas en celopolyal presentaron una cuenta de bacterias mesofílicas aerobias de (2,600 col/g; 4,300 col/g respectivamente) seguidas por las empacadas en polietileno (6,200 col/g; 6,800 col/g respectivamente) y finalmente las sin empaque (26,000 col/g; 32,000 col/g respectivamente). Se observa en los resultados que la torta sin ahumar presenta cuentas bacterianas mayores.

En la tabla 11 se muestran los resultados del análisis microbiológico de la torta de sardina ahumada y sin ahumar a 35°C/80% H.R. se observa que las cuentas en las tortas ahumadas son menores que en las sin ahumar ya que la acción conservadora del ahumado se debe a los efectos combinados de la desecación y a las sustancias químicas bactericidas (combinaciones fenólicas) presentes en el humo (7, 41).



TABLA 9  
EVALUACION SENSORIAL DE LAS TORTAS DE SARDINA AHUMA  
DAS (A) Y SIN AHUMAR (SA)

| MUESTRAS             | CALIFICACIONES |     |                  |     |      |     |
|----------------------|----------------|-----|------------------|-----|------|-----|
|                      | CERO (0)       |     | TIEMPO (semanas) |     | DOCE |     |
|                      | A              | SA  | A                | SA  | A    | SA  |
| <b>23°C/50% H.R.</b> |                |     |                  |     |      |     |
| Sin empaque          | 3.5            | 4.1 | 3.9              | 4.1 | 3.9  | 4.7 |
| Polietileno          | 3.5            | 4.1 | 4.3              | 4.2 | 3.9  | 4.2 |
| Celopolyal           | 3.5            | 4.1 | 3.8              | 3.7 | 3.6  | 4.1 |
| <b>35°C/80% H.R.</b> |                |     |                  |     |      |     |
| Sin empaque          | 3.5            | 4.1 | 3.7              | 4.7 | 4.3  | 4.9 |
| Polietileno          | 3.5            | 4.1 | 3.3              | 4.2 | 3.8  | 4.2 |
| Celopolyal           | 3.5            | 4.1 | 4.3              | 4.1 | 3.7  | 2.9 |

ANÁLISIS DE VARIANZA (2 VIAS)

EVALUACION SENSORIAL DE LAS TORTAS DE SARDINA AHUMADAS ALMACENADAS A 23°C/50% H.R.

Calificaciones otorgadas por los jueces  
(1 = Excelente, 7 = Pésimo)

| Empaques    | TIEMPO    |   |           |   |            |   |
|-------------|-----------|---|-----------|---|------------|---|
|             | 0 Semanas |   | 6 Semanas |   | 12 Semanas |   |
| Sin Empaque | 3         | 4 | 4         | 3 | 4          | 4 |
|             | 3         | 2 | 3         | 5 | 3          | 3 |
|             | 6         | 3 | 2         | 4 | 5          | 3 |
|             | 4         | 2 | 5         | 3 | 4          | 5 |
|             | 4         | 4 | 4         | 6 | 4          | 4 |
| Polietileno | 3         | 4 | 6         | 5 | 5          | 3 |
|             | 3         | 2 | 5         | 5 | 3          | 7 |
|             | 6         | 3 | 4         | 4 | 5          | 2 |
|             | 4         | 2 | 3         | 4 | 2          | 3 |
|             | 4         | 4 | 3         | 4 | 4          | 5 |
| Celopolyal  | 3         | 4 | 4         | 5 | 4          | 4 |
|             | 3         | 2 | 5         | 5 | 3          | 7 |
|             | 6         | 3 | 3         | 4 | 4          | 3 |
|             | 4         | 2 | 5         | 3 | 2          | 3 |
|             | 4         | 4 | 2         | 2 | 2          | 4 |

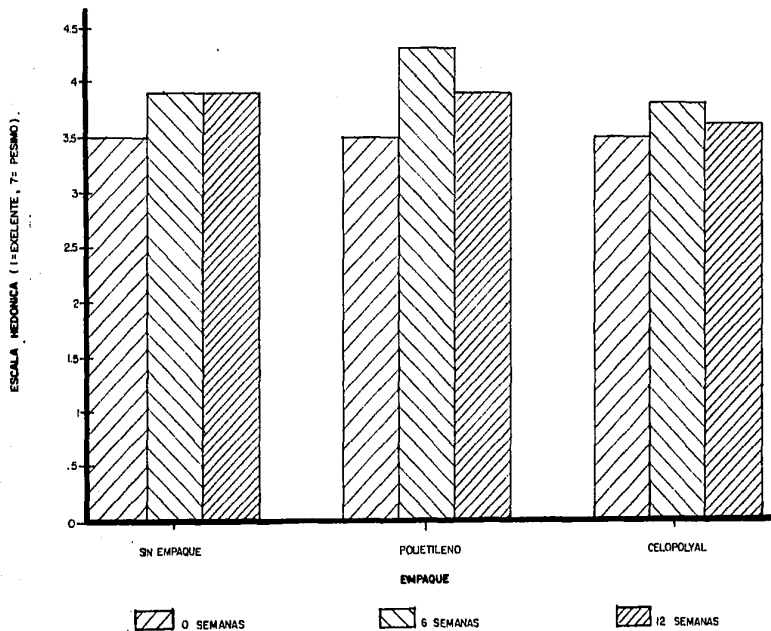
Análisis por Empaque y Tiempo

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Promedio | Fo     |
|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------|
| Empaque             | 0.1185            | 2                  | 0.0593            | 0.0025 |
| Duración            | 0.4222            | 2                  | 0.2111            | 0.0025 |
| Subtotales          | 0.6444            |                    |                   |        |
| Interacción         | 0.1037            | 4                  | 0.0259            | 0.0050 |
| Error               | 1258.4778         | 801                | 1.5711            |        |
| Total               | 1259.1222         | 809                | 1.5564            |        |
| Fo 0.05 (2,801)     | 3.0000            |                    |                   |        |
| Fo 0.05 (2,801)     | 3.0000            |                    |                   |        |
| Fo 0.05 (4,801)     | 2,3700            |                    |                   |        |

Empaque: El efecto no es significativo  
 Duración: El efecto no es significativo  
 Interacción: El efecto no es significativo

GRAFICA 5

EVALUACION SENSORIAL DE LAS TORTAS DE SARDINA AHUMADAS (Almacenadas a 23°C/50% H.R.).



ANÁLISIS DE VARIANZA 2 (VIAS)

EVALUACION SENSORIAL DE LAS TORTAS DE SARDINA SIN AHUMAR ALMACENADAS A 23°C/50% H.R.

Calificaciones otorgadas por los jueces  
(1 = Excelente, 7 = Pésimo)

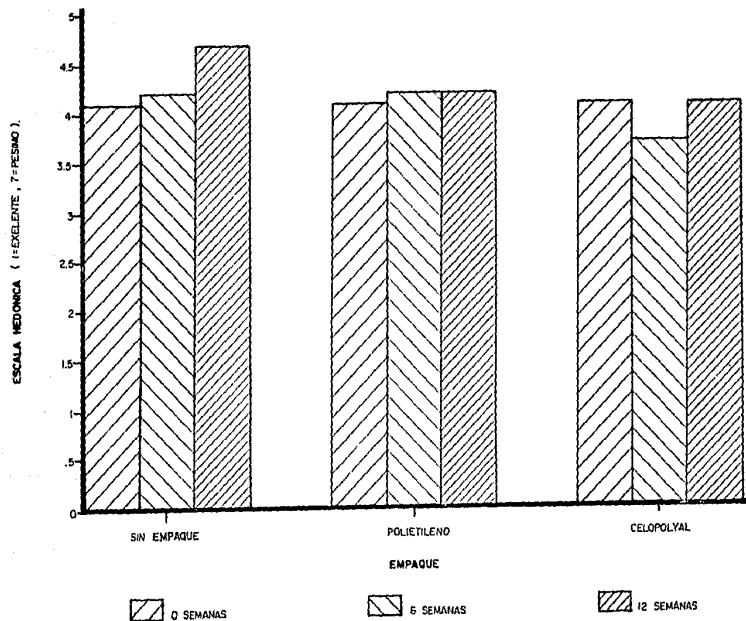
| Empaques    | TIEMPO    |   |           |   |            |   |
|-------------|-----------|---|-----------|---|------------|---|
|             | 0 Semanas |   | 6 Semanas |   | 12 Semanas |   |
| Sin Empaque | 5         | 3 | 5         | 4 | 3          | 5 |
|             | 4         | 5 | 3         | 4 | 5          | 5 |
|             | 5         | 4 | 4         | 2 | 6          | 6 |
|             | 3         | 3 | 6         | 5 | 3          | 4 |
|             | 5         | 4 | 4         | 5 | 5          | 5 |
| Polietileno | 5         | 3 | 4         | 3 | 6          | 3 |
|             | 4         | 5 | 3         | 4 | 3          | 5 |
|             | 5         | 4 | 5         | 4 | 4          | 4 |
|             | 3         | 3 | 4         | 5 | 3          | 4 |
|             | 5         | 4 | 5         | 5 | 3          | 7 |
| Celopolyal  | 5         | 3 | 4         | 4 | 5          | 5 |
|             | 4         | 5 | 6         | 3 | 4          | 3 |
|             | 5         | 4 | 2         | 3 | 5          | 4 |
|             | 3         | 3 | 4         | 3 | 2          | 5 |
|             | 5         | 4 | 4         | 4 | 2          | 6 |

Análisis por Empaque y Tiempo

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados             | Grados de Libertad | Cuadrado Promedio | Fo     |
|---------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|--------|
| Empaque             | 0.2247                        | 2                  | 0.1123            | 0.0025 |
| Duración            | 0.1654                        | 2                  | 0.0827            | 0.0025 |
| Subtotales          | 0.5802                        |                    |                   |        |
| Interacción         | 0.1901                        | 4                  | 0.0475            | 0.0050 |
| Error               | 1478.7333                     | 801                | 1.8461            |        |
| Total               | 1479.3136                     | 809                | 1.8286            |        |
| Fo 0,05(2,801)      | 3.0000                        |                    |                   |        |
| Fo 0,05(2,801)      | 3.0000                        |                    |                   |        |
| Fo 0,05(4,801)      | 2.3700                        |                    |                   |        |
| Empaque:            | El efecto no es significativo |                    |                   |        |
| Duración:           | El efecto no es significativo |                    |                   |        |
| Interacción:        | El efecto no es significativo |                    |                   |        |

GRÁFICA 6

EVALUACION SENSORIAL DE LAS TORTAS DE SARDINA SIN AHUMAR (Almacenados a 25°C/60% H.R.)



ANÁLISIS DE VARIANZA (2 VIAS)

EVALUACION SENSORIAL DE LAS TORTAS DE SARDINA AHUMADAS ALMACENADAS A 35°C/80% H.R.

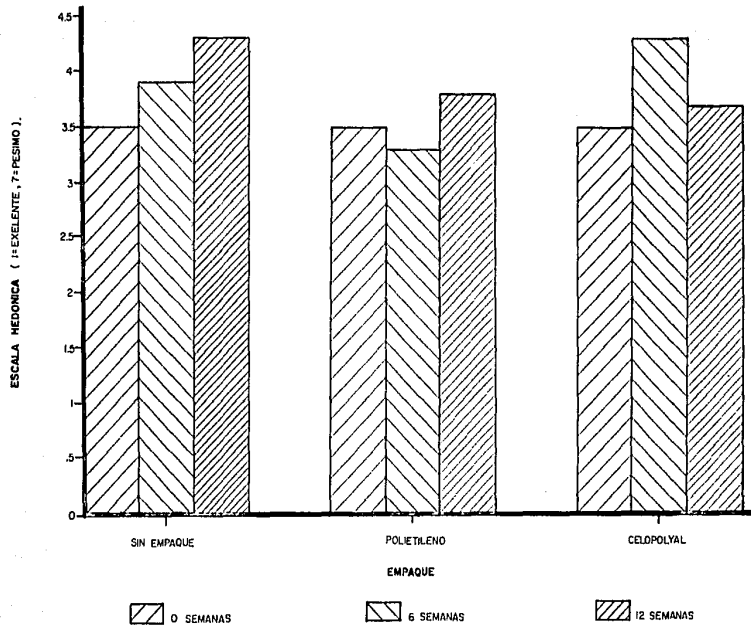
| Calificaciones otorgadas por los jueces<br>(1 = Excelente, 7 = Pésimo) |           |   |           |   |            |   |
|--|-----------|---|-----------|---|------------|---|
| Empaques   | TIEMPO    |   |           |   |            |   |
|  | 0 Semanas |   | 6 Semanas |   | 12 Semanas |   |
| Empaques   | 3         | 4 | 3         | 4 | 6          | 4 |
|  | 3         | 2 | 5         | 3 | 5          | 4 |
|  | 6         | 3 | 3         | 6 | 4          | 4 |
| Sin Empaque  | 4         | 2 | 3         | 4 | 3          | 5 |
|  | 4         | 4 | 5         | 3 | 3          | 5 |
|  | 3         | 4 | 3         | 3 | 4          | 2 |
| Polietileno  | 3         | 2 | 2         | 4 | 5          | 3 |
|  | 6         | 4 | 1         | 4 | 3          | 4 |
|  | 4         | 2 | 4         | 4 | 5          | 5 |
| Celopolyal   | 4         | 4 | 3         | 5 | 2          | 5 |
|  | 3         | 4 | 4         | 4 | 3          | 5 |
|  | 3         | 2 | 3         | 5 | 4          | 2 |
| Celopolyal   | 6         | 3 | 3         | 4 | 2          | 3 |
|  | 4         | 2 | 6         | 3 | 3          | 5 |
|  | 4         | 4 | 6         | 5 | 5          | 5 |

| Análisis por Empaque y Tiempo |                               |                    |                   |        |  |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|--------|--|
| Fuente de Variación           | Suma de Cuadrados             | Grados de Libertad | Cuadrado Promedio | Fo     |  |
| Empaque                       | 0.2543                        | 2                  | 0.1272            | 0.0025 |  |
| Duración                      | 0.3432                        | 2                  | 0.1716            | 0.0025 |  |
| Subtotales                    | 1.1358                        |                    |                   |        |  |
| Interacción                   | 0.5383                        | 4                  | 0.1346            | 0.0050 |  |
| <u>Error</u>                  | <u>1245.8222</u>              | <u>801</u>         | <u>1.5553</u>     |        |  |
| Total                         | 1246.9580                     | 809                | 1.5414            |        |  |
| Fo 0.05(2,801)                | 3.0000                        |                    |                   |        |  |
| Fo 0.05(2,801)                | 3.0000                        |                    |                   |        |  |
| Fo 0.05(4,801)                | 2,3700                        |                    |                   |        |  |
| Empaque:                      | El efecto no es significativo |                    |                   |        |  |
| Duración:                     | El efecto no es significativo |                    |                   |        |  |
| Interacción:                  | El efecto no es significativo |                    |                   |        |  |

### GRAFICA 7

EVALUACION SENSORIAL DE LAS TORTAS DE SARDINA AHUMADAS ( Almacenadas a 35°C/80% H.R. ).



ANÁLISIS DE VARIANZA (2 VIAS)

EVALUACION SENSORIAL DE LAS TORTAS SARDINA SIN AHUMAR ALMACENADAS A 35°C/80% H.R.

| Calificaciones otorgadas por los jueces<br>(1 = Excelente, 7 = Pésimo) |           |           |            | Análisis por Empaque y Tiempo |                   |                    |                   |                |
|--|-----------|-----------|------------|-------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|----------------|
| EMPAQUES   | TIEMPO    |           |            | Fuente de Variación           | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Promedio | F <sub>o</sub> |
|  | 0 Semanas | 6 Semanas | 12 Semanas |                               |                   |                    |                   |                |
| Sin Empaque  | 5         | 3         | 3          | 5                             | 6                 | 7                  |                   |                |
|  | 4         | 5         | 5          | 5                             | 5                 | 3                  |                   |                |
|  | 5         | 4         | 6          | 6                             | 7                 | 5                  |                   |                |
|  | 3         | 3         | 3          | 4                             | 3                 | 3                  |                   |                |
|  | 5         | 4         | 5          | 5                             | 3                 | 7                  |                   |                |
|  | 5         | 3         | 6          | 3                             | 4                 | 5                  |                   |                |
| Polietileno  | 4         | 5         | 3          | 5                             | 3                 | 3                  |                   |                |
|  | 5         | 4         | 4          | 4                             | 6                 | 3                  |                   |                |
|  | 3         | 3         | 3          | 4                             | 5                 | 3                  |                   |                |
|  | 5         | 4         | 3          | 7                             | 5                 | 5                  |                   |                |
|  | 5         | 3         | 5          | 6                             | 3                 | 3                  |                   |                |
|  | 4         | 5         | 4          | 5                             | 2                 | 2                  |                   |                |
| Celopolyal   | 5         | 4         | 5          | 4                             | 5                 | 2                  |                   |                |
|  | 3         | 3         | 2          | 3                             | 2                 | 3                  |                   |                |
|  | 5         | 4         | 2          | 5                             | 3                 | 4                  |                   |                |
|  |           |           |            |                               |                   |                    |                   |                |

|                             |                               |     |        |        |
|-----------------------------|-------------------------------|-----|--------|--------|
| Empaque                     | 1.2543                        | 2   | 0.6272 | 0.0025 |
| Duración                    | 0.1951                        | 2   | 0.0975 | 0.0025 |
| Subtotales                  | 2.7136                        |     |        |        |
| Interacción                 | 1.2642                        | 4   | 0.3160 | 0.0050 |
| Error                       | 1510.5222                     | 801 | 1.8858 |        |
| Total                       | 1513.2358                     | 809 | 1.8705 |        |
| F <sub>o</sub> 0.05 (2,801) | 3.0000                        |     |        |        |
| F <sub>o</sub> 0.05 (2,801) | 3.0000                        |     |        |        |
| F <sub>o</sub> 0.05 (4,801) | 2.3700                        |     |        |        |
| Empaque:                    | El efecto no es significativo |     |        |        |
| Duración:                   | El efecto no es significativo |     |        |        |
| Interacción:                | El efecto no es significativo |     |        |        |



GRAFICA 8

EVALUACION SENSORIAL DE LAS TORTAS DE SARDINA SIN AHUMAR ( Almacenadas a 35°C/80% )

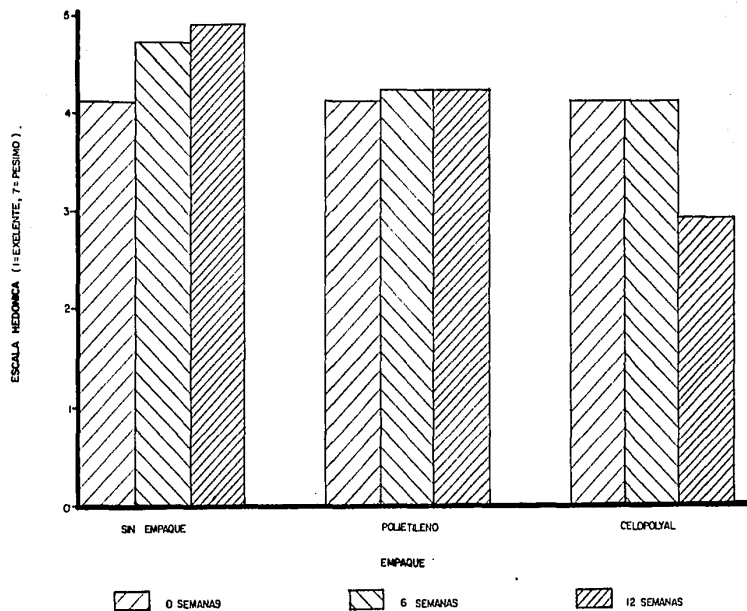


TABLA 10  
 ANALISIS MICROBIOLOGICO DE LAS TORTAS DE SARDINA  
 AHUMADAS (A) Y SIN AHUMAR (SA) DURANTE EL ALMACENAMIENTO A 23°C/50% H.R.

| MUESTRAS    | CERO (0)          |        | TIEMPO (Semanas) |         |        |        |
|-------------|-------------------|--------|------------------|---------|--------|--------|
|             | A                 | SA     | SEIS             |         | DOCE   |        |
|             | A                 | SA     | A                | SA      | A      | SA     |
|             | CUENTA BACTERIANA |        | TOTAL (col/g)    |         |        |        |
| Sin empaque | 44,000            | 55,000 | 60,000           | 100,000 | 26,000 | 32,000 |
| Polietileno | 44,000            | 55,000 | 26,000           | 24,000  | 6,200  | 6,800  |
| Celopolyal  | 44,000            | 55,000 | 10,000           | 9,100   | 2,600  | 4,300  |

TABLA 11

ANALISIS MICRIBIOLOGICO DE LAS TORTAS DE SARDINA AHUMADAS (A) Y SIN AHUMAR (SA) DURANTE EL ALMACENAMIENTO A 35°C/80% H.R.

| MUESTRAS                        | CERO (0) |        | TIEMPO (semanas) |         |        |        |
|---------------------------------|----------|--------|------------------|---------|--------|--------|
|                                 | A        | SA     | SEIS             |         | DOCE   |        |
|                                 | A        | SA     | A                | SA      | A      | SA     |
| CUENTA BACTERIANA TOTAL (col/g) |          |        |                  |         |        |        |
| Sin empaque                     | 44,000   | 55,000 | 69,000           | 110,000 | 24,000 | 42,000 |
| Polietileno                     | 44,000   | 55,000 | 28,000           | 67,000  | 19,000 | 40,000 |
| Celopolyal                      | 44,000   | 55,000 | 15,000           | 24,000  | 12,000 | 16,000 |

En general se puede decir que las tortas en ambas condiciones de almacenamiento (23°C/50% H.R. y 35°C/80% H.R.) presentaron el comportamiento esperado (decrecimiento de la carga microbiana al final del almacenamiento) ya que es necesario que exista una determinada actividad acuosa en el alimento que favorezca el crecimiento. En la tabla 12 y 13 se observan los resultados de la actividad acuosa en la torta de sardina, los valores son menores a 0.62 en la 12a. semana lo cual corrobora la disminución de la carga bacteriana. Los alimentos deshidratados por lo general presentan una actividad acuosa menor a 0.62, a esta actividad acuosa se inhibe el desarrollo de cualquier tipo de microorganismos (13). Para ambas condiciones no hubo presencia de hongos, levaduras y grupo coliforme lo cual indica también que la elaboración de los productos y su manejo se realizaron bajo condiciones higiénicas mismas que se siguieron durante su almacenamiento.

Las tortas de sardina en las condiciones (23°C/50% H.R. y 35°C/80% H.R.) ahumadas y sin ahumar fueron sometidas a un análisis proximal al final del almacenamiento cuyos resultados se muestran en las tablas 14 y 15; los resultados muestran que la calidad de las tortas de sardina se mantienen sin cambio significativo durante el almacenamiento a excepción de la humedad en donde únicamente las tortas empacadas en celopolyal mantuvieron una humedad menor a 3% lo que comprueba que el empaque confiere una mejor protección del producto, mientras que las-

TABLA 12

ACTIVIDAD ACUOSA DE LAS TORTAS DE SARDINA AHUMADAS  
(A) Y SIN AHUMAR (SA) DURANTE EL ALMACENAMIENTO A  
23°C/50% H.R.

| TIEMPO<br>(Semanas) | Sin empaque |       | MUESTRAS<br>Poliuretano |       | Celopolyal |       |
|---------------------|-------------|-------|-------------------------|-------|------------|-------|
|                     | A           | SA    | A                       | SA    | A          | SA    |
| 1                   | 0.154       | 0.148 | 0.152                   | 0.143 | 0.155      | 0.146 |
| 2                   | 0.159       | 0.623 | 0.155                   | 0.170 | 0.229      | 0.186 |
| 3                   | 0.555       | 0.644 | 0.524                   | 0.512 | 0.229      | 0.124 |
| 4                   | 0.586       | 0.675 | 0.598                   | 0.571 | 0.172      | 0.122 |
| 5                   | 0.640       | 0.787 | 0.480                   | 0.607 | 0.294      | 0.127 |
| 6                   | 0.633       | 0.657 | 0.649                   | 0.508 | 0.228      | 0.124 |
| 7                   | 0.564       | 0.632 | 0.593                   | 0.484 | 0.222      | 0.076 |
| 8                   | 0.677       | 0.656 | 0.518                   | 0.477 | 0.130      | 0.092 |
| 9                   | 0.581       | 0.582 | 0.463                   | 0.462 | 0.067      | 0.082 |
| 10                  | 0.525       | 0.563 | 0.469                   | 0.468 | 0.081      | 0.064 |
| 11                  | 0.515       | 0.543 | 0.450                   | 0.466 | 0.055      | 0.049 |
| 12                  | 0.515       | 0.523 | 0.444                   | 0.462 | 0.053      | 0.048 |

TABLA 13

ACTIVIDAD ACUOSA DE LAS TORTAS DE SARDINA AHUMADAS  
(A) Y SIN AHUMAR (SA) DURANTE EL ALMACENAMIENTO A  
35°C/80% H.R.

| TIEMPO<br>(Semanas) | Sin empaque |       | MUESTRAS<br>Poliuretano |       | Celopolyal |       |
|---------------------|-------------|-------|-------------------------|-------|------------|-------|
|                     | A           | SA    | A                       | SA    | A          | SA    |
| 1                   | 0.159       | 0.145 | 0.156                   | 0.147 | 0.158      | 0.149 |
| 2                   | 0.661       | 0.549 | 0.275                   | 0.213 | 0.210      | 0.150 |
| 3                   | 0.710       | 0.690 | 0.536                   | 0.562 | 0.342      | 0.373 |
| 4                   | 0.898       | 0.725 | 0.721                   | 0.605 | 0.251      | 0.166 |
| 5                   | 0.700       | 0.720 | 0.584                   | 0.707 | 0.314      | 0.162 |
| 6                   | 0.601       | 0.661 | 0.570                   | 0.608 | 0.266      | 0.152 |
| 7                   | 0.584       | 0.621 | 0.530                   | 0.597 | 0.248      | 0.146 |
| 8                   | 0.649       | 0.703 | 0.623                   | 0.539 | 0.088      | 0.123 |
| 9                   | 0.582       | 0.634 | 0.556                   | 0.496 | 0.087      | 0.110 |
| 10                  | 0.572       | 0.582 | 0.544                   | 0.558 | 0.082      | 0.059 |
| 11                  | 0.565       | 0.581 | 0.537                   | 0.537 | 0.076      | 0.045 |
| 12                  | 0.540       | 0.578 | 0.519                   | 0.531 | 0.071      | 0.025 |

TABLA 14

ANALISIS PROXIMAL DE LAS TORTAS DE SARDINA AHUMADAS  
(A) Y SIN AHUMAR (SA) DURANTE EL ALMACENAMIENTO A  
23°C/50% H.R.

| DETERMINACION   | Sin empaque |       | MUESTRAS Polietileno |       | Celopolyal |       |
|-----------------|-------------|-------|----------------------|-------|------------|-------|
|                 | A           | SA    | A                    | SA    | A          | SA    |
| HUMEDAD         | 12.53       | 12.91 | 5.92                 | 7.64  | 2.35       | 2.44  |
| CENIZAS         | 12.80       | 10.76 | 13.10                | 11.72 | 12.95      | 12.17 |
| PROTEINA*       | 36.98       | 36.74 | 36.82                | 36.79 | 38.29      | 37.89 |
| GRASA           | 10.04       | 10.53 | 10.68                | 10.27 | 10.41      | 10.19 |
| FIBRA CRUDA     | 2.87        | 2.14  | 3.15                 | 2.58  | 2.64       | 1.93  |
| CARBOHIDRATOS** | 24.75       | 26.92 | 30.33                | 31.00 | 33.36      | 35.38 |

\*Nitrógeno X 6.25

\*\*Por diferencia

TABLA 15  
 ANALISIS PROXIMAL DE LAS TORTAS DE SARDINA AHUMADAS  
 (A) Y SIN AHUMAR (SA) DURANTE EL ALMACENAMIENTO A  
 35°C/80% H.R.

| DETERMINACION   | Sin empaque |       | MUESTRAS        |       | Celopolyal |       |
|-----------------|-------------|-------|-----------------|-------|------------|-------|
|                 | A           | SA    | Politileno<br>A | SA    | A          | SA    |
| (g/100g)        |             |       |                 |       |            |       |
| HUMEDAD         | 10.56       | 11.00 | 9.56            | 10.06 | 1.18       | 2.28  |
| CENIZAS         | 12.02       | 11.12 | 11.43           | 10.93 | 13.20      | 12.81 |
| PROTEINA*       | 38.60       | 38.76 | 36.78           | 36.70 | 38.18      | 37.19 |
| GRASA           | 10.85       | 10.14 | 10.73           | 10.24 | 10.68      | 10.38 |
| FIBRA CRUDA     | 3.10        | 2.89  | 3.22            | 2.79  | 3.20       | 2.77  |
| CARBOHIDRATOS** | 24.75       | 27.01 | 30.41           | 29.27 | 32.91      | 34.27 |

\*Nitrogeno X 6.25

\*\*Por diferencia



tortas en polietileno tuvieron aumento de humedad debido a -- que este material no ofrece una impermeabilidad suficiente -- (24) y las tortas sin empaque presentaron los valores más altos.

## VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se comprobó que el proceso de ahumado confiere propiedades antioxidantes y bactericidas al producto lo cual favorece la buena calidad y la buena aceptación.

- Debido a que hubo diferencia significativa en los valores de índice de peróxidos y la prueba del ácido 2-tiobarbitúrico entre los diferentes empaques utilizados y tiempos de almacenamiento, se confirmó que el celopolyal fue el empaque -- que brindó una mayor protección al producto tanto ahumado como sin ahumar.

- Las cuentas microbiológicas encontradas en las tortas de sardina a lo largo del almacenamiento se consideran que no presentan riesgo para su consumo.

- Debido a que se trabajó con una materia prima que ya presentaba cierto grado de rancidez es recomendable tratar de conseguirla lo más fresca posible para de esta forma evitar - posibles alteraciones en el producto terminado.

- Los resultados de las pruebas sensoriales indican que los consumidores no detectan diferencias en el deterioro con los distintos empaques empleados, lo cual significa que podría usarse cualquier empaque a las condiciones y tiempo de almace

namiento estudiados, o bien que la vida de anaquel con el mejor empaque podría ser más larga que el tiempo estudiado.

- Las pruebas sensoriales indican que desde el inicio, el nivel de aceptación por consumidores de este producto no es óptimo.

- Es recomendable, con miras a una futura comercialización de un producto como éste, hacer más aceptable por el consumidor la formulación de este producto.

- Debe tenerse en cuenta también que para poder seleccionar el empaque adecuado es necesario conocer a qué región del país va a ser destinado el producto, con el fin de conocer las condiciones ambientales a las que va a ser sometido. También se deben considerar los requerimientos de protección del producto, las propiedades del empaque y las necesidades socioeconómicas del consumidor e industrial.

## VII BIBLIOGRAFIA

1. Ahlers, N.H.E. and N.G. McTaggart. *Analyst*. 79:70, 1954.
2. Apuntes Curso General de Envase y Embalaje. I.M.E.E., - - S.I.C. (70-72, 230,231), 1975.
3. Arya, S.S.; S. Ramaujam, and P.K. Vijayaraghavan. *J. Am.- Oil Chem. Soc.* 46:28, 1969.
4. Badui Dergal S. QUIMICA DE ALIMENTOS. Alhambra Mexicana. México, D.F. (185-190), 1982.
5. Bernheim, F.; Bernheim, M.L.G. and Wilbur, K.M. THE REACTION BETWEEN THIOBARBITURIC ACID AND THE OXIDATION PRODUCTS OF CERTAIN LIPIDS. *J. Biol. Chem.* 174 (257-264), - 1947.
6. Bligh, G.E. and Dyer, J.W. A RAPID METHOD OF TOTAL LIPID- EXTRACTION AND PURIFICATION. *Can. J. Biochem. Physiol.* - 37:8 (911-917), 1959.
7. Borgstrom Georg. FISH AS FOOD. Academic Press. U.S.A. - Vol. I y III. 1962.
8. Bracco, U; Löliger, J. and Viret, L.J. PRODUCTION AND USE OF NATURAL ANTIOXIDANTE. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 58:6 -

(686-689), 1981.

9. Cabral, A.C.D. DETERMINACAO DE HEXANAL EM ALIMENTOS COM - ALTO TEOR DE MATERIA GRAXA POR CROMATOLOGRAFIA GASOSA. Boletim do ITAL No. 10 (73-97), 1979.
10. Camacho, J.L.; Rebollo, D.,; Bourges H. y Chávez A. UN - PRODUCTO DE PESCADO DE FACIL CONSERVACION PARA CONSUMO DI RECTO. Tecnología de Alimentos 6(18-20), 1979.
11. Clucas, J.I. and Sutcliffe, J.P. AN INTRODUCTION TO FISH- HANDLING AND PROCESSING. Tropical Products Institute. G. (143, 144, 154), (1981).
12. Dahle, L.K.; Hill, E.G., and Holman, R.T. THE THIOBARBITU RIC ACID REACTION AND THE AUTOXIDATIONS OF POLYUNSATURA-- TED FATTY ACID METHYL ESTERS. Archives of Biochemistry - and Biophysics. 98 (253-261), 1962.
13. Del Valle, R.F. UN METODO NUEVO PARA LA CONSERVACION RAPI DA Y BARATA DE PESCADO. Tecnología de Alimentos. 1(12-20), 1972.
14. Del Valle, R.F. LA ACTIVIDAD Y SU RELACION CON LA ESTABI LIDAD DE LOS ALIMENTOS. Tecnología de Alimentos. 20:3 - (23-30), 1985.
15. Dirección General de Planeación, Informática y Estadísti ca. SARDINA. México, D.F. 1979.

16. Fennema, O.R.; Powrie, W.D. and Math, E.H. LOW TEMPERATURE PRESERVATION OF FOODS AND LIVING MATTER. Marcel -- Dekker, New York. 1973.
17. Fennema, R. Owen. INTRODUCCION A LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS. Reverté S.A. Barcelona, España. Vol. I. (162--217), 1980.
18. Fernández, E.; Costarrica, M. TECNICAS PARA EL MUESTREO Y ANALISIS MICROBIOLOGICO DE LOS ALIMENTOS. Dirección - General de Salud Pública. S.S.A. 1975.
19. Folch, J.M.; Lees, M. and Stanley, G.H.S. A SIMPLE METHOD FOR THE ISOLATION AND PURIFICATION OF TOTAL LIPIDS FROM ANIMAL TISSUES. J. Biol. Chem. 226 (497), 1957.
20. Gerhardt, U. ESPECIAS Y CONDIMENTOS. Acribia. Zaragoza, España. (13-18), 1975.
21. Goncalves Ferreira, F.A. COMPOSIÇÃO E VALOR ALIMENTAR DE ALGUMAS ESPÉCIES DE PEIXE. Boletim de Pesca 33 (89--92), 1951.
22. Gould, E. and Peter, J.A. ON TESTING THE FRESHNESS OF FROZEN FISH. Eyre and spottiwoode Ltd., Grosrenor Press England. 1971.
23. Gray, J.I. MEASUREMENT OF LIPID OXIDATION: A REVIEW. J. Am. Oil Chem. Soc. 55:6 (539-546), 1978.

24. Heiss, R. PRINCIPIO DE LOS ENVASADOS DE LOS ALIMENTOS.-  
Acribia. Zaragoza, España. 1970.
25. Hudson, B.J.F. EVALUATION OF OXIDATIVE RANCIDITY - -  
TECHNIQUES. Applied Science Publishers Ltd. England. -  
1983.
26. Khayat, Ali and Schwall, Don. LIPID OXIDATION IN SEAFOOD.  
Food Technol. 37:7 (130-140), 1983.
27. Kreis, H., Chem. Ztg. 26, 1902.
28. Labuza, T.P.; Mc Nally, L.; Gallagher, D.; Hawkes, J. --  
and Hurtado, F. STABILITY OF INTERMEDIATE MOISTURE FOODS.  
1-Lipid oxidation. J. Food Sci. 37:1 (154-159), 1972.
29. Labuza, T.P; Acott, K.; Tatini, R.S. and Lee, Y.R. WATER  
ACTIVITY DETERMINATION: A COLLABORATIVE STUDY OF DIFFE--  
RENT METHODS. J. Food. Scie. 41 (910-917), 1976.
30. Larmond, E. LABORATORY METHODS FOR SENSORY EVALUATION OF  
FOOD. Canada Department of Agriculture. Publication --  
1639. 1977.
31. Lea, C.H., Proc. Royal Soc. London 108B, 1931.
32. Lea, C.H., J. Sci. Food Agric. 3, 1952.
33. Lee, F.A. BASIC FOOD CHEMISTRY. The AVI Publishing Co.-  
U.S.A. 1980.

34. Legendre, R. "LE POISSON" Herman, Paris. 1938.
35. Lewis, W.R.; Quackenbush F.W. and deVries T. Anal. Chem. 21, 1949.
36. Lovern, J.A. SOME CAUSES OF VARIATIONS IN THE COMPOSITION OF FISH OILS. J. Soc. Leather trade's Chemists. 34 (7-23), 1950.
37. Marcuse, R. SIMPOSIUM ON CURED AND FROZEN FISH. Technology, SIK-100. Swedish Institute for Food Preservation-Research, Goteborg. 1954.
38. Mehlenbacher, V.C. THE ANALYSIS OF FATS AND OILS. Garrad Press, Champaign, IL, 1960.
39. Melton, L. Sharon. METHODOLOGY FOR FOLLOWING LIPID OXIDATION IN MUSCLE FOOD. Food Technol. 37:7 (105-111), -- 1983.
40. Montgomery C. Douglas. DESIGN AND ANALYSIS OF EXPERIMENTS. John Wiley & Sons, Inc. U.S.A. 1976.
41. Morales de León, J.; Bourges, H.; Baez, F.M. y López, M.Y. ESTUDIO DE ACEPTACION DE TORTAS SECAS DE SARDINA - (Sardinops caerulea), REALIZADO EN UNA COMUNIDAD RURAL.- Tecnología de Alimentos. 18:5 (27-31), 1983.
42. Norma Oficial Mexicana. Harina de maíz nixtamalizado. - F-46-1980. México, D.F.



43. "OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS". Association of Official Analytical Chemists. A.O.A.C. 20th. Ed. Washington D.C. (15, 22, 135, 137, 223), 1975.
44. Operational Groundfish and Laboratory. METHODS GUIDE. - Department of Fisheries and Oceans. Fisheries Development Branch. Halifax, Nova Scotia Canada. 1984.
45. Ostrander, J. and Dugan, L.R. A RAPID QUANTITATIVE LIPID EXTRACTION METHOD. No. 50. Am. Meat Inst. Found., Chicago. 1961.
46. Passy, N. and Mannheim, C. VIDA-DE-PRATELEIRA PARA ALIMENTOS In: I Congresso Brasileiro de Embalagem, Sao Paulo, Brasil. 1977.
47. Patton, S. and Kurtz, G.W. 2-THIOBARBITURIC ACID AS A REAGENT FOR DETECTING MILK FAT OXIDATION. J. Dairy Sci. 34, 1951.
48. Pearson, D. LABORATORY TECHNIQUES IN FOOD ANALYSIS. -- Butterworth & Co. Publishers Ltd. London. 1973.
49. Rhee, K.S. MINIMIZATION OF FURTHER LIPID PEROXIDATION - IN THE DISTILLATION 2-THIOBARBITURIC ACID TEST OF FISH - AND MEAT. J. Food Sci. 43, 1978.
50. Robles, C.M.; Cervantes, E. and Ke, J.P. RECOMMENDED - METHOD FOR TESTING THE OBJECTIVE RANCIDITY DEVELOPMENT IN FISH BASED TBARS FORMATION. Canadian Technical Report -

of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1089. Department-  
of Fisheries and Oceans. Fisheries Development Branch.-  
Halifax, Nova Scotia Canada. 1982.

51. Rossell, J.B. MEASUREMENT OF RANCIDITY. Applied Science Publishers Ltd. England. 1983.
52. Secretaría de Pesca. RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES-  
DEL PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION DE LA SARDINA. -  
Boletín No. 13, 1984.
53. Secretaría de Pesca. PESCADOS Y MARISCOS DE LAS AGUAS -  
MEXICANAS. Catálogo-recetario. 1985.
54. Schultz, H.W. LIPIDS AND THEIR OXIDATION. The AVI Pu-  
blishing Co. U.S.A. 1962.
55. SIC. IX Censo General de Población 1970. Secretaría de-  
Industria y Comercio. Depto. de Estadística, México. --  
1972.
56. Sinnhuber, O. Russell and Yu, T.C. 2-THIOBARBITURIC ACID  
METHOD FOR THE MEASUREMENT OF RANCIDITY IN FISHERY PRO-  
DUCTS, THE QUANTITATIVE DETERMINATION OF MALONALDEHIDE.  
Food Technol. 12:1 (9-11), 1958.
57. Swoboda, P.A.T. and Lea, C.H. Chem. Ind. 1958.
58. Tarladgis, G.B.; Watts, M.B. and Younathan, T.M. A DIS-  
TILLATION METHOD FOR THE QUANTITATIVE DETERMINATION OF -

- MALONALDEHYDE IN RANCID FOODS. J. Am. Oil Chem. Soc. --  
37:1 (44-48), 1960.
59. THE UNITED STATES PHARMACOPEIA. NATIONAL FORMULARY. USP  
XXI; NF XVI. Washington D.C. (860, 1428, 1433), 1985.
60. Wheeler, D.H. Oil Soap, 9, 1932.
61. Willard, H.H.; Merritt, L.L. Jr. and Dean, J.A. INSTRU--  
MENTAL METHODS OF ANALYSIS. Litton Educational Publi- -  
shing, Inc. U.S.A. 1978.
62. Williams, C.J.; Field, A.R.; Miller, J.G. and Welke, A.R  
EVALUATION OF TBA METHODS FOR DETERMINATION OF LIPID - -  
OXIDATION IN RED MEAT FROM FOUR SPECIES. J. Food. Scie.  
45:2 (274, 275, 278), 1980.
63. Yu, T.C. and Sinnhuber, O.R. 2-THIOBARBITURIC ACID ME- -  
THOD FOR THE MEASUREMENT OF RANCIDITY IN FISHERY PRODUCTS  
Food. Technol. 11 (104-108), 1957.
64. Yu, T.C. and Sinnhuber, O.R. AN IMPROVED 2-THIOBARBITU--  
RIC ACID (TBA) PROCEDURE FOR THE MEASUREMENT OF AUTOXIDA  
TION IN FISH OILS. J. Am. Oil Chem. Soc. 44 (256-258),  
1967.