

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

ESCUELA DE POSTGRADO

PROGRAMA DOCTORAL EN FARMACIA Y BIOQUIMICA



**“VARIACION DEL INDICE DE OXIDABILIDAD EN
ACEITE DE *Zea mays* EXPUESTO A FACTORES
AMBIENTALES Y CALENTAMIENTO EN FRITURAS DE
CARNES FRESCAS Y DESECADAS”**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO DE :
DOCTOR EN FARMACIA Y BIOQUIMICA**

AUTOR : MsC. DEMETRIO RAFAEL JARA AGUILAR

ASESOR : Dra. NELLY CITA JAVE MORALES

TRUJILLO - PERU

2009

Nº de Registro

JURADO EVALUADOR

Dra. Elena Mantilla Rodríguez
PRESIDENTE

Dra. Carmen Ayala Jara
MIEMBRO

Dra. Nelly Jave Morales
MIEMBRO

Demetrio Rafael Jara Aguilar

Químico Farmacéutico CQFP 2615

Maestro en Ciencias Químicas

Domicilio: Urb. Huerta Bella Mz. A – 12

Email: rdja66@yahoo.com

DEDICATORIA

A Dios, mi familia, y amigos,
por permitirme hacer sentir que:

Ni el dolor ni La miseria me harán retroceder.

AGRADECIMIENTO

A mi Institución y a la Dra. Nelly Jave Morales asesora del trabajo de investigación, una gran maestra, mi reconocimiento sincero.

INDICE

Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Introducción	1
Material y Métodos	5
Resultados	8
Discusión	15
Propuesta	19
Conclusiones	20
Referencias Bibliográficas	21

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se estudió la “ Variación del Índice de Oxidabilidad de aceite de *Zea mayz* expuesto a factores ambientales y calentamiento en frituras de carne fresca y desecada. Para el estudio se utilizaron 17.0 litros de aceite de *Zea mayz* marca Arcor, y 19.0 kg. de carne fresca y desecada de res, respectivamente. Para el análisis 7.0 litros de aceite fueron sometidos al proceso de calentamiento en la fritura de carne fresca y la misma cantidad para carne desecada y 3.0 litros sometidos a factores ambientales. La técnica empleada consistió en medir el Índice de Oxidabilidad, realizando la experiencia cada 12 horas. Después del Análisis se obtuvieron los siguientes resultados, para el Índice de Oxidabilidad del aceite de *Zea mayz* sometido a calentamiento en frituras de carne fresca, desecada y a factores ambientales, cuyos valores son de 2.8, 3.0, y 2.8 respectivamente. Lo que demuestra que solamente se puede utilizar hasta el segundo, tercer y quinto día por la mañana respectivamente, mediante este tipo de tratamiento.

Palabra clave: Aceite *Zea mayz*, índice de oxidación, factores ambientales, carne fresca.

ABSTRACT

In this research work the variation of oxidation rate in zea corn oil was carried out, exposed to environmental factors and heating in fried fresh meat and dried meat. In this study, 17.0 litres of zea corn oil (arcor brand), 19.0 kilograms of fresh cow meat and dried meat respectively. In this analysis 07.0 litres of oil were submitted to the heating process in the fried fresh cow and the same quantity for dried meat and 03.0 litres submitted to environmental factors. The used technique was through the measurement of the oxidity rate doing this experience every 12 hours. After the analysis the following results were obtained, the found values of the oxidation rate in Zea corn oil, submitted to heating in fried fresh meat, are 2.8, 3.8, and 2.8 respectively. This shows that it can only be used till the second, thirt and fifth day in the morning with this kind of treatment.

Key words: *Zea mayz*, oxidation rate, environmental factors, fried fresh meat

I INTRODUCCION

Los alimentos proveen al cuerpo de energía, como material necesario para el crecimiento y mantenimiento, abasteciéndolo de principios esenciales para su buen funcionamiento. Estos están constituidos por grasas, proteínas, carbohidratos, sales minerales y vitaminas. La salud del cuerpo depende de la calidad y cantidad de nutrientes en la dieta (Birch; 1984. Bloomfield; 1984. Genaro; 1998).

Los lípidos tienen un rol importante en la alimentación, su función nutricional básica se debe a su aporte energético (8,5 cal/g), ácidos grasos esenciales y vitaminas liposolubles, unidas a características organolépticas tales como su textura, sabor de los alimentos y aplicaciones culinarias. (Desrosier; 1993. Berk; 1980)

Los representantes más importantes de la gran familia de los lípidos pertenecen al grupo de nutrimentos conocidos como grasas y aceites vegetales y animales, los cuales son ésteres glicéridos de ácidos grasos. Solamente hay una característica física que diferencia las sustancias grasas, si son líquidos a la temperatura ambiente, es catalogada como aceite; si son sólidos, se le llama grasa (Astiasaran; 1999. Claude-Chefiel; 1992).

Los lípidos son un grupo de biomoléculas estructuralmente muy heterogéneas pero con características comunes de solubilidad; generalmente son solubles en éter, cloroformo y demás disolventes orgánicos, pero escasamente solubles en agua; y con los hidratos de carbono y las proteínas forma las estructuras celulares. Son los componentes mayoritarios del tejido adiposo, sirven de aislamiento térmico del organismo y protección de los órganos internos y también contribuyen a la configuración del cuerpo (Alais; 1990. Badui; 1999).

Los aceites de fritura, que se preparan para trabajar hasta 200°C, deben resistir la oxidación y polimerización; por lo que deben ser muy pobres

en ácido linolénico. Generalmente, los aceites de fritura industrial son aceites hidrogenados. Además, se requiere que no contengan ácidos grasos libres, ni mono o diglicéridos, sustancias que se descomponen a 200°C con producción de humos y compuestos de olor acre, tal como la acroleína (Kirk; 1998. Lindner; 1984).

Las grasas y los aceites pueden sufrir diferentes transformaciones que además de reducir el valor nutritivo del alimento, producen compuestos volátiles que imparten olores y sabores desagradables, debido a un proceso de enranciamiento (Desrosier; 1993. Kirschenbauer; 1964).

La acción de determinadas enzimas, el calentamiento y las reacciones químicas rompen el enlace éster de los lípidos fenómeno conocido como "lipólisis", "rancidez lipolítica" o "hidrolítica". Las grasas se enrancian también como consecuencia de procesos de oxidación. Esta "rancidez oxidativa" es una de las causas más importantes del deterioro de los alimentos. La rancidez de tipo lipolítico presenta menos problemas reales relacionados con el gusto, ya que únicamente se originan gustos extraños en aquellas grasas que contienen ácidos grasos de cadena corta, la rancidez oxidativa, es la más importante en el deterioro de este tipo de macronutrientes, produciendo olores nauseabundos y sabor a sebo (Coultate; 1998. Hart; 1984).

La energía, ya sea en forma de calor, luz o radiaciones ionizantes, favorece el proceso de oxidación; asimismo coadyuva a él, la acción catalizada de agentes prooxidantes o enzimas, y también la presencia de oxidantes químicos. Los alimentos grasos y los lípidos en general se alteran fundamentalmente por la acción del oxígeno sobre los ácidos grasos insaturados; esta oxidación de las grasas se conoce como autooxidación, debido al hecho que el grado de las mismas aumenta a medida que progresa la reacción (Bello; 2000. Braverman; 1993).

Cuando los lípidos se calientan persistentemente en presencia del oxígeno del aire, da lugar a la formación de peróxidos, los cuales son

compuestos muy activos y responsables de la autooxidación. Si se alimenta a los animales con tales grasas se produce una irritación del tracto digestivo. La administración de cantidades elevadas de grasa sobrecalentada produce hipertrofia del hígado, detención del crecimiento e incluso la muerte. La carencia de vitamina E agrava los síntomas tóxicos. Se supone que las grasas sobrecalentadas aumentan las necesidades de vitamina E y de ácidos grasos insaturados (Astiasaran; 1999. Claude-Chefiel; 1992).

Los peróxidos actúan sobre algunas proteínas generando sustancias que por su naturaleza química pueden ser dañinas para el hombre. Su efecto en estos nutrimentos es muy importante ya que reduce su calidad como tal, debido a pérdidas de ciertos aminoácidos, como metionina, triptófano, histidina y lisina (Fennema; 2000. Fessenden; 1983).

Los iones de metales pesados son poderosos catalizadores de la oxidación de los lípidos. La fuente de metales pesados en los alimentos puede ser, por contaminación o componentes naturales de los alimentos. El principal componente alimenticio que contiene metales es el grupo de las metaloporfirinas, tales como la hemoglobina, presente en las carnes, la bioglobina y los citocromos. La catálisis de hematina es de especial importancia en la carne, pero no se conoce el mecanismo exacto, su acción podría deberse a la oxidación-reducción del átomo de hierro en la molécula de hematina. Tappel sugiere la formación de un complejo peróxido-hematina, la descomposición de este complejo generaría radicales libres que luego dan lugar a una etapa de propagación de los mismos en la cadena insaturada de los ácidos grasos, que conforman la estructura de los triglicéridos (Desrosier; 1983. Potter; 1997).

Cuando el 20% de una dieta administrada a animales de experimentación (ratas) está formada por lípidos sobrecalentados, muere el 95% al cabo de 8 semanas, mientras que una proporción del 5% en la dieta, no causa la muerte a ningún animal. Se supone que los lípidos sobrecalentados aumentan la necesidad de vitamina E y de ácidos grasos insaturados (Coulter;1998. Lindner;1984).

Las grasas y los aceites constituyen uno de los principales alimentos de consumo de nuestra población haciéndose necesario comprender las alteraciones que sufren al ser sometidas a sobrecalentamiento, lo que contribuye a acelerar el aumento de la acidez y en consecuencia el Índice de Oxidabilidad.

Ante la falta de control en el uso y conservación de los aceites y del daño que originan los productos de su oxidación, la investigación está orientada a determinar el estado de alteración (rancidez oxidativa) que sufren estos productos expuestos a factores ambientales y al calentamiento en frituras de carne fresca y desecada. Utilizándose para ello el Índice de Oxidabilidad, específicamente referido al aceite de *Zea mays*.

Por los antecedentes expuestos se espera que el Índice de Oxidabilidad en el aceite de *Zea mays* expuesto a calentamiento en frituras de carne fresca sea mayor, que el expuesto a frituras de carne desecada y factores ambientales, respectivamente.

II MATERIAL Y METODOS

2.1. MATERIAL:

2.1.1. Material Biológico:

17 Litros de Aceite de *Zea mays* marca Arcor del mismo lote

19 Kg. de carne fresca de bovino.

19 Kg. de carne desecada de bovino.

2.1.2. Material de Laboratorio:

Material de uso común para este tipo de investigación

2.2. MÉTODO:

2.2.1. Tipo de estudio

Estudio descriptivo

2.2.2. Obtención de la muestra de aceite de *Zea mays*

2.2.2.1. Expuesta a factores ambientales

- Se colocó el contenido de 3.0 L de aceite de *Zea mays* en un recipiente abierto.
- Muestra basal: al inicio de la experiencia, 50 mL
- Muestra cada 12.00 horas de iniciada la experiencia, 50 mL.
- Se recolectó un total de 38 muestras, para la evaluación correspondiente.

2.2.2.2. Expuesta a calentamiento en fritura de carne fresca.

- Muestra basal: al inicio de la experiencia, 50 mL.
- Muestra calentada en fritura de carne fresca, 50 mL.
- Se colocaron 7.0 L de aceite en un recipiente adecuado.
- Se calentó a la temperatura adecuada (160 -180 °C), y se procedió a realizar la fritura, de carne fresca (500 g) por cinco minutos, luego del cual se tomó una muestra de 50 mL. El calentamiento y fritura se realizó cada 12.00 horas.
- Repetir el procedimiento en el mismo aceite por 38 veces (19 días)

2.2.2.3. Expuesta a calentamiento en fritura de carne desecada.

- Muestra basal: al inicio de la experiencia, 50 mL.
- Muestra calentada en fritura de carne fresca, 50 mL.

- Se colocaron 7.0 L de aceite en un recipiente adecuado.
- Se calentó a la temperatura adecuada (160 -180 °C), y se procedió a realizar la fritura, de carne desecada (500 g) por cinco minutos, luego del cual se tomó una muestra de 50 mL. El calentamiento y fritura se realizó cada 12.00 horas.
- Repetir el procedimiento en el mismo aceite por 38 veces (19 días)

2.3. DETERMINACIÓN DEL INDICE DE OXIDABILIDAD (Ronalds; 1997)

Definición: Es el número de miligramos de oxígeno necesarios para oxidar los productos orgánicos volátiles aldehídicos y cetónicos, destilados por vapor de agua y contenidos en 100 gramos de materia grasa.

Procedimiento

En un vaso pequeño tarado se pesó entre 20 a 25g. de la muestra tal cual y se pasó el contenido a un balón de 500mL. de fondo redondo y cuello largo que contenía 100 mL. de agua destilada. Se volvió a pesar el vaso y por diferencia se obtuvo la cantidad de muestra empleada.

El balón que contenía la muestra se adaptó a un balón generador de vapor de agua y a un refrigerante.

Se destiló haciendo pasar corriente de vapor de agua, a la vez se calentó en baño hirviente el balón que contenía la muestra problema.

Fue necesario destilar unos 100 mL.

En un matraz de capacidad adecuada se colocó 10 mL. de destilado, 50 mL. de agua destilada, 10 mL. de H₂SO₄ al 20% y 50 mL. de KMnO₄ 0.01 N recién preparado a partir de una solución 0.100 N, se llevó a baño de agua hirviente con refrigerante de reflujo durante 5 minutos, se dejó enfriar a 30°C y se agregó 50 mL. de ácido oxálico 0.01 N, el líquido quedó completamente decolorado. Luego se tituló el exceso de ácido oxálico con KMnO₄ 0.01 N hasta una coloración ligeramente rosada y se anotó el número de mL. gastados .

Paralelamente se realizó un blanco, para lo cual en otro matraz de capacidad conveniente, se colocó en lugar del destilado 10 mL. de agua destilada y se anotó el número de mL. gastados .

Cálculos:

$$I.O = (N - n) 80/p$$

Donde:

I.O. = Índice de oxidabilidad

N = $KMnO_4$ 0.01N gastados en muestra

n = $KMnO_4$ 0.01N gastados en el blanco.

80 = equivalente de oxígeno en porcentaje.

p = cantidad de muestra en gramos.

Se aceptan valores de Índice de Oxidabilidad de 3, pero si este índice es mayor, se estima que se trata de un aceite rancio no apto para el consumo (Ronalds; 1997).

III RESULTADOS

Los resultados del trabajo de investigación se muestran en los siguientes cuadros:

Cuadro N° 1: Porcentaje de acidez en aceite de *Zea mays*, sometidas a calentamiento en frituras de carne fresca.

Cuadro N° 2: Índice de Oxidabilidad en aceite de *Zea mays*, sometida a calentamiento en frituras de carne fresca.

Cuadro N° 3: Porcentaje de acidez en aceite de *Zea mays*, expuesta a factores ambientales.

Cuadro N° 4: Índice de Oxidabilidad en aceite de *Zea mays*, expuesta a factores ambientales.

Cuadro N° 5: Porcentaje de acidez en aceite de *Zea mays*, sometidas a calentamiento en frituras de carne desecada.

Cuadro N° 6: Índice de Oxidabilidad en aceite de *Zea mays*, sometida a calentamiento en frituras de carne desecada.

Cuadro N° 1: Porcentaje de acidez en aceite de *Zea mays*, sometida a calentamiento en frituras de carne fresca.

DÍA	MUESTRA	% ACIDEZ
1º día	Mañana	0.33
	Tarde	0.34
2º día	Mañana	0.35
	Tarde	0.34
3º día	Mañana	0.35
	Tarde	0.33
4º día	Mañana	0.34
	Tarde	0.34
5º día	Mañana	0.35
	Tarde	0.35
6º día	Mañana	0.28
	Tarde	0.31
7º día	Mañana	0.31
	Tarde	0.36
8º día	Mañana	0.27
	Tarde	0.29
9º día	Mañana	0.31
	Tarde	0.26
10º día	Mañana	0.39
	Tarde	0.37
11º día	Mañana	0.28
	Tarde	0.35
12º día	Mañana	0.46
	Tarde	0.38
13º día	Mañana	0.42
	Tarde	0.40
14º día	Mañana	0.49
	Tarde	0.47
15º día	Mañana	0.41
	Tarde	0.52
16º día	Mañana	0.48
	Tarde	0.53
17º día	Mañana	0.48
	Tarde	0.50
18º día	Mañana	0.74
	Tarde	0.54
19º día	Mañana	0.54
	Tarde	0.56

BASAL: 0.11

Cuadro N° 2: Índice de Oxidabilidad en aceite de *Zea mays*, sometida a calentamiento en frituras de carne fresca.

DÍA	MUESTRA	ÍNDICE DE OXIDABILIDAD
1º día	Mañana	1.9
	Tarde	2.4
2º día	Mañana	2.6
	Tarde	2.8
3º día	Mañana	3.1
	Tarde	3.2
4º día	Mañana	3.1
	Tarde	3.6
5º día	Mañana	6.3
	Tarde	9.6
6º día	Mañana	6.9
	Tarde	6.5
7º día	Mañana	6.8
	Tarde	7.3
8º día	Mañana	7.7
	Tarde	9.2
9º día	Mañana	15.0
	Tarde	11.8
10º día	Mañana	12.5
	Tarde	16.6
11º día	Mañana	15.3
	Tarde	16.7
12º día	Mañana	17.4
	Tarde	18.2
13º día	Mañana	16.3
	Tarde	16.6
14º día	Mañana	14.7
	Tarde	14.3
15º día	Mañana	11.4
	Tarde	10.6
16º día	Mañana	10.9
	Tarde	12.0
17º día	Mañana	15.7
	Tarde	13.3
18º día	Mañana	16.6
	Tarde	14.3
19º día	Mañana	14.5
	Tarde	11.2

BASAL: 0.11

Cuadro Nº 3: Porcentaje de acidez en aceite de *Zea mays*, expuesta a factores ambientales.

DÍA	MUESTRA	% ACIDEZ
1º día	Mañana	0.27
	Tarde	0.29
2º día	Mañana	0.29
	Tarde	0.34
3º día	Mañana	0.27
	Tarde	0.19
4º día	Mañana	0.20
	Tarde	0.19
5º día	Mañana	0.22
	Tarde	0.20
6º día	Mañana	0.21
	Tarde	0.20
7º día	Mañana	0.20
	Tarde	0.20
8º día	Mañana	0.19
	Tarde	0.19
9º día	Mañana	0.24
	Tarde	0.21
10º día	Mañana	0.19
	Tarde	0.21
11º día	Mañana	0.22
	Tarde	0.24
12º día	Mañana	0.27
	Tarde	0.29
13º día	Mañana	0.27
	Tarde	0.33
14º día	Mañana	0.35
	Tarde	0.28
15º día	Mañana	0.28
	Tarde	0.29
16º día	Mañana	0.30
	Tarde	0.28
17º día	Mañana	0.29
	Tarde	0.30
18º día	Mañana	0.24
	Tarde	0.22
19º día	Mañana	0.20
	Tarde	0.21

BASAL : 0.11

Cuadro Nº 4: Índice de Oxidabilidad en aceite de *Zea mays*, expuesta a factores ambientales.

DÍA	MUESTRA	ÍNDICE DE OXIDABILIDAD
1º día	Mañana	1.6
	Tarde	1.8
2º día	Mañana	1.9
	Tarde	2.2
3º día	Mañana	2.3
	Tarde	2.5
4º día	Mañana	2.7
	Tarde	2.8
5º día	Mañana	2.8
	Tarde	4.1
6º día	Mañana	4.7
	Tarde	9.0
7º día	Mañana	5.2
	Tarde	9.9
8º día	Mañana	7.7
	Tarde	8.0
9º día	Mañana	8.2
	Tarde	7.7
10º día	Mañana	9.9
	Tarde	11.1
11º día	Mañana	10.5
	Tarde	7.8
12º día	Mañana	7.6
	Tarde	6.5
13º día	Mañana	8.5
	Tarde	7.7
14º día	Mañana	7.5
	Tarde	7.3
15º día	Mañana	9.8
	Tarde	9.5
16º día	Mañana	7.9
	Tarde	8.2
17º día	Mañana	8.0
	Tarde	8.5
18º día	Mañana	9.0
	Tarde	8.7
19º día	Mañana	7.8
	Tarde	7.9

BASAL : 0.2

Cuadro N° 5: Porcentaje de acidez en aceite de *Zea mays*, sometida a calentamiento en frituras de carne desecada.

DÍA	MUESTRA	% ACIDEZ
1º día	Mañana	0.28
	Tarde	0.29
2º día	Mañana	0.30
	Tarde	0.34
3º día	Mañana	0.33
	Tarde	0.33
4º día	Mañana	0.31
	Tarde	0.35
5º día	Mañana	0.30
	Tarde	0.33
6º día	Mañana	0.36
	Tarde	0.35
7º día	Mañana	0.36
	Tarde	0.36
8º día	Mañana	0.32
	Tarde	0.28
9º día	Mañana	0.30
	Tarde	0.25
10º día	Mañana	0.29
	Tarde	0.35
11º día	Mañana	0.30
	Tarde	0.36
12º día	Mañana	0.42
	Tarde	0.40
13º día	Mañana	0.40
	Tarde	0.42
14º día	Mañana	0.45
	Tarde	0.44
15º día	Mañana	0.39
	Tarde	0.44
16º día	Mañana	0.52
	Tarde	0.54
17º día	Mañana	0.50
	Tarde	0.54
18º día	Mañana	0.60
	Tarde	0.55
19º día	Mañana	0.57
	Tarde	0.52

BASAL : 0.11

Cuadro N° 6: Índice de Oxidabilidad en aceite de *Zea mays*, sometida a calentamiento en frituras de carne desecada.

DÍA	MUESTRA	ÍNDICE DE OXIDABILIDAD
1º día	Mañana	1.6
	Tarde	1.7
2º día	Mañana	2.5
	Tarde	2.8
3º día	Mañana	2.8
	Tarde	3.0
4º día	Mañana	3.1
	Tarde	3.8
5º día	Mañana	3.3
	Tarde	3.7
6º día	Mañana	6.3
	Tarde	6.1
7º día	Mañana	7.1
	Tarde	6.6
8º día	Mañana	7.3
	Tarde	7.9
9º día	Mañana	6.7
	Tarde	6.9
10º día	Mañana	12.7
	Tarde	14.8
11º día	Mañana	11.2
	Tarde	10.5
12º día	Mañana	15.5
	Tarde	11.2
13º día	Mañana	14.2
	Tarde	15.6
14º día	Mañana	14.6
	Tarde	15.3
15º día	Mañana	12.2
	Tarde	10.1
16º día	Mañana	10.5
	Tarde	12.5
17º día	Mañana	13.6
	Tarde	12.5
18º día	Mañana	15.7
	Tarde	14.4
19º día	Mañana	12.3
	Tarde	12.1

BASAL : 0.2

IV DISCUSION

Una de las principales aplicaciones de las grasas comestibles es su utilización para freír alimentos. Durante la fritura se puede producir una absorción del aceite por parte del alimento y un intercambio de compuestos lipídicos entre el alimento y el baño de fritura (aceite). La intensidad de estos fenómenos dependerá de la naturaleza del aceite, así como del tipo de tratamiento al que son sometidos (Astiasaran; 1999).

En este trabajo de investigación se pretende conocer, cuáles son las modificaciones que sufre el aceite de *Zea mays*, tanto por procesos hidrolíticos y autoxidativos en frituras de carne fresca y desecada de bovino, y de esta manera ver hasta qué momento pueden ser utilizadas en nuestra alimentación.

En el cuadro N° 1 se muestran los resultados de porcentaje de acidez de aceite de *Zea mays* sometidos a calentamiento en frituras de carnes frescas desde el 1º hasta el 19avo día de uso, observándose que el porcentaje de acidez se va incrementando en forma general a medida que se usa en las frituras, en el 1º día, en la prueba basal se obtuvo un valor de 0.11% y después del proceso de fritura 0.33% en la mañana y 0.34% en la tarde, al 2º día, se obtuvo un valor de 0.35% en la mañana y en la tarde de 0.34%, esto se explicaría por la liberación de ácidos grasos libres, debido a la presencia de agua, los cuales son más susceptibles a ser atacados por el oxígeno y convertidos con ayuda del calor y humedad presentes en la carne fresca, en compuestos volátiles y de bajo peso molecular.

El aceite frío, en el transcurso del día, está sometido a la acción de algunos microorganismos, y también la presencia de agua en el alimento, favorece la hidrólisis de los triglicéridos, de tal manera que incrementa la acidez, es por ello que los valores obtenidos en algunos casos, son mayores por la mañana que en la tarde.

Así, a partir del 10º día se observa una fluctuación más pronunciada entre aumento y disminución del porcentaje de acidez. Este comportamiento de los triglicéridos es posible ya que, los aceites en su mayoría están constituidos por glicerol y ácidos grasos poliinsaturados, los que al hidrolizarse, se liberan y luego son oxidados en compuestos volátiles.

También se observa en el cuadro N° 1, que en el proceso de fritura en la cual el agua ejerce un factor muy importante, la acidez se incrementa en forma paulatina a partir del 12º día por la mañana, obteniéndose un valor de 0.46% expresado en ácido oleico, y en la tarde de 0.38%, este valor disminuido se debería a las mismas razones explicadas anteriormente, de tal modo que en el 18º día se obtuvo un máximo de 0.74%.

Los valores de Índice de Oxidabilidad, mostrados en el cuadro N° 2 en el 1º día son 1.9 y 2.4, a partir del 2º día los valores se van incrementando llegando a valores de 15.0 y 11.8 en el 9º día, lo que pone de manifiesto que el uso del aceite solo debería permitirse hasta el 2º día por la tarde; es decir cuando los valores son 2.6 por la mañana y por la tarde de 2.8. Desde el 3º día en adelante, se convierte en un producto dañino para la salud ya que los valores de Índice de Oxidabilidad se incrementan notoriamente superando el valor máximo aceptado de 3.0 llegando a un valor máximo de 18.2 en el 12º día por la tarde. Así mismo, se observa que después de obtener valores altos, el siguiente es un valor menor, esto se debería a que antes de tomar la muestra se somete a un proceso de calentamiento, produciéndose pérdida de los compuestos que son cuantificados al determinar dicho índice. Estos compuestos se pierden por ser de naturaleza volátil tales como aldehídos, cetonas, alcoholes y los productos de su reacción; por eso se obtienen valores altos y bajos. Los que teóricamente deberían ir incrementándose.

En los cuadros N° 03 y 04, se presentan los valores de porcentaje de acidez e Índice de Oxidabilidad de aceite de *Zea mayz* expuesto a factores ambientales. En la determinación del porcentaje de acidez también se obtienen valores diferentes de un día a otro y dentro del mismo día de la determinación, que se deberían a las causas explicadas anteriormente. A diferencia del

cuadro N° 1 todos los valores se encuentran en los intervalos permitidos. Estos resultados se deberían que el producto es sometido a condiciones en las que no intervienen el calor y la humedad directa del alimento, y solo puede influir la actividad enzimática de algunos microorganismos los cuales hidrolizan los ésteres de los triglicéridos.

Así mismo respecto al Índice de Oxidabilidad, hay un aumento en general de los valores obtenidos para luego obtener una disminución de los mismos, dándose un comportamiento similar a los valores observados cuando el aceite es usado en frituras de carne fresca. En este caso, el aceite de *Zea mays* solo podría utilizarse hasta el 5º día como máximo, siguiendo este procedimiento de fritura, en un periodo de dos veces por día.

El porcentaje de acidez y el índice de oxidabilidad son dos parámetros que en muchos casos se complementan, ya que para que actúe el oxígeno es más fácil en aquellas moléculas que no tienen impedimento estérico como los diacilglicérols, monoacilglicérols y ácidos grasos libres, por lo que es más difícil que ocurra en los triglicéridos, por lo tanto cuando hay mayor porcentaje de acidez, mayor es la probabilidad de oxidación de la molécula lipídica.

Es así que a partir del 5º día por la tarde, se observan valores que sobrepasan el máximo permitido, lo que demuestra que el aceite expuesto sólo a factores ambientales, es más estable que cuando es sometido a calentamiento.

En los cuadros N° 05 y 06 se muestran los valores de porcentaje de acidez e Índice de Oxidabilidad del aceite de *Zea mays* sometido a calentamiento en frituras de carnes desecadas. Respecto a la acidez, los valores obtenidos, son en la mayoría de los casos, menores a los que se obtuvieron en frituras de carne fresca, esto se debería a que en el producto no hay la cantidad suficiente de agua como para producir la hidrólisis de los triglicéridos y como consecuencia de ello la liberación de los ácidos grasos libres. Por este proceso de fritura el aceite llega al valor máximo permitido de 0.35% al 4º día por la tarde, sobrepasando el mismo, al 6º día, con un valor de

0.36; en consecuencia, por el comportamiento de los mismos y los productos que resultan de su oxidación es que se obtienen valores mayores que luego disminuyen, llegándose a obtener un máximo de acidez de 0.60% en el 18º día por la mañana. En cuanto al Índice de Oxidabilidad al freír la carne desecada, se obtiene en el 1º día un valor de 1.6, luego se va incrementando y en el 4º día por la mañana el resultado es de 3.1 y por la tarde de 3.8, lo que significa que el aceite utilizado solamente en fritura de carne desecada se puede utilizar seis veces bajo este procedimiento, por lo tanto solo debería permitirse su uso hasta el 3º día; a partir del 4º día los valores se van incrementando y en algunos casos disminuyen, por las mismas razones explicadas con anterioridad, llegando a un valor máximo de 15.7 al 18º día por la mañana, en comparación con el aceite que fue sometido a fritura de carne fresca que sólo se puede utilizar hasta el 2º día, y el sometido a factores ambientales hasta el 5º día por la mañana.

Los valores encontrados del Índice de Oxidabilidad del aceite de *Zea mays* sometido a calentamiento en frituras de carne fresca, desecada y a factores ambientales que se obtuvieron en este trabajo de investigación son de 2.8, 3.0, y 2.8, respectivamente. Lo que demuestra que solamente se puede utilizar en la alimentación hasta el 2º, 3º y 5º día por la mañana, respectivamente, mediante este tipo de tratamiento.

V PROPUESTA

Los resultados de la presente investigación contribuyen con una información valiosa para los investigadores en el campo de la alimentación y nutrición, por que se demuestra que factores externos como el calor y humedad, contribuyen a la modificación de las estructuras y el valor biológico de los lípidos, llegando a no ser aptos para el consumo y dañinos para la salud, en un corto periodo de uso.

Sin embargo, sería necesario ampliar el estudio de estos productos con Índice de Oxidabilidad mayor de 3.0, evaluando el coeficiente de digestibilidad y su valor biológico.

Finalmente, se propone realizar coordinaciones con las autoridades pertinentes en el área de salud pública (municipalidades), para ejecutar inspecciones a todos los locales de expendio de alimentos, los cuales hacen uso de aceite sobrecalentado en forma continua, para evaluar su estado de conservación mediante la medición del Índice de Oxidabilidad, y evitar de esa manera, que la población esté expuesta al consumo de estos productos dañinos y no aptos para su consumo.

VI CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se concluye que:

- Los valores encontrados del Índice de Oxidabilidad del aceite de *Zea mayz* sometido a calentamiento en frituras de carne fresca, desecada y a factores ambientales, son de 2.8, 3.0, y 2.8 respectivamente. Lo que demuestra que se puede utilizar en la alimentación hasta el 2º, 3º y 5º día por la mañana respectivamente.

- El aceite de *Zea mayz* sometido al proceso de calentamiento en frituras de carnes frescas es más oxidado que el sometido a frituras de carnes desecadas y el expuesto a factores ambientales, con valores de 3.1, 3.1, 4.1, respectivamente, por consiguiente no aptos para el consumo en la alimentación en el 3º, 4º y 5º día por la tarde respectivamente.

VII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALAI S. C. 1990 "Bioquímica de los alimentos". 2da Edición. Editorial. Masson S.A. Baelona (España).
- ASTIASARAN I. 1999. "Alimentos". 1ra Edición. Editorial. Mc. Graw –Hill Interamericana de España, S.A. Madrid (España).
- BADUI S. 1999. "Química de los alimentos". 3ra Edición. Editorial. Wesley Logman. México (México).
- BELLO J. 2000. "Ciencia Bromatológica". 1ra Edición. Editorial. Díaz de Santos, S. A. Madrid (España).
- BERK Z. 1980. "Bioquímica de los alimentos de JBS Brawerman". 2da Edición. Editorial El Manual Moderno S.A. México (México).
- BIRCH G., CAMERON, A. 1984. "Ciencia de los Alimentos". 2da Edició. Editorial. Hemisferio Sur, Argentina.
- BLOOMFIELD M. 1984. "Conservación de los Alimentos". 2da Edición. Editorial. Acribia S.A. Zaragoza (España).
- BRAVERMAN J. 1993. "Introducción a la Bioquímica de los Alimentos".2da Edición. Editorial. El Manual Moderno S.A. México (México).
- CLAUDE-CHEFIEL C. 1992. "Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos".2da Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza(España).
- COULTATE T. 1998. "Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos". 2da Edición. Editorial. Acribia S.A. Zaragoza(España).
- DESROSIER W. 1993. "Conservación de Alimentos" 2da Edición. Editorial. Continental S.A. De C.V. México (México).
- DESROSIER W. 1982. "Elementos de Tecnología de Alimentos". 1ra Edición. Editorial. Continental S.A. de C.V. México (México).
- FENNEMA R. 2000. "Introducción a la Ciencia de los Alimentos". 2da Edición. Editorial. Reverte S.A. Madrid (España).
- FESSENDEN R, 1983. "Química Orgánica". 2da Edición. Editorial. Iberoamericana. México (México).
- GENNARO R, 1998. "Farmacia Práctica de Remington". Tomo II, 19ava Edición. Editorial. Médica Panamericana. Buenos Aires(Argentina).

- HART F. 1984. "Análisis Moderno de los Alimentos". 3ra Edición. Editorial. Acribia S.A Zaragoza(España).
- KIRK L, OTHMER. 1998. "Enciclopedia de la Tecnología Química". 2da. Edición. Editorial Limusa. México (México).
- KIRSCHENBAUER H.G. 1964. "Grasas y Aceites". 1ra Edición. Editorial Continental. S.A. México(México).
- LINDNER E. 1984. " Toxicología de los Alimentos ". 1ra.Edición.Editorial Acribia, Zaragoza (España).
- POTTER N. 1997. "La Ciencia de los Alimentos". 2da Edición. Editorial. Harla. México (México).
- RONALD.S.HAROL.E.1993. "Análisis Químico de los Alimentos de Pearson" 3ra Edición. Editorial Continental, S.A. DE.CV. México