

**“EVALUACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE SALSAS DE  
TOMATE A BASE DE ACEITE ROJO DE PALMA  
AFRICANA (*Elaeis guineensis*) ”**

# Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ciencias y Humanidades

**“EVALUACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE SALSAS DE  
TOMATE A BASE DE ACEITE ROJO DE PALMA  
AFRICANA (*Elaeis guineensis*) ”**



Mónica Ninnette Orozco Figueroa

Guatemala  
2004

# Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ciencias y Humanidades

**“EVALUACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE SALSAS DE  
TOMATE A BASE DE ACEITE ROJO DE PALMA  
AFRICANA (*Elaeis guineensis*) ”**



Mónica Ninnette Orozco Figueroa

**Trabajo de investigación presentado para optar al grado de  
MSc en Ciencia y Tecnología de Alimentos**

Guatemala  
2004

Vo.Bo.

(f) Anastasia Cole Ruiz  
Licenciada Ana Silvia Colmenares

Tribunal:

(f) Patricia Palacios  
Licenciada Patricia Palacios

(f) Ricardo Bressani  
Doctor Ricardo Bressani

Fecha de aprobación: 1 de Abril de 2004.

## ÍNDICE

LISTA DE CUADROS .....	i.
LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE GRÁFICAS.....	iii
RESUMEN.....	iv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
A. Vitamina A .....	3
B. Carotenoides.....	4
C. Tocoferoles y tocotrienoles .....	5
D. Estrategias de suplementación basadas en alimentos .....	8
F. Aceite de Palma .....	9
G. Formulación y evaluación de salsas de tomate .....	22
D. Evaluación de capacidad antioxidante en alimentos .....	26
III. JUSTIFICACIÓN.....	28
IV. OBJETIVOS .....	29
V. HIPÓTESIS .....	30
VI. MATERIALES Y MÉTODOS .....	31
VII. RESULTADOS .....	33
VIII. DISCUSIÓN .....	45
IX. CONCLUSIONES .....	51
X. RECOMENDACIONES .....	53
XI. BIBLIOGRAFÍA .....	54
APÉNDICES .....	58

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Ingestas recomendadas de vitaminas A y E para individuos según el Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies .....	7
Cuadro 2: Composición de ácidos grasos y triglicéridos del aceite de palma .....	10
Cuadro 3: Ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados en algunos aceites y grasas .....	10
Cuadro 4: Características físicas típicas del aceite de palma crudo .....	11
Cuadro 5: Características físicas de los productos "Carotino" .....	11
Cuadro 6: Características del aceite de palma crudo y oleína de palma roja .....	14
Cuadro 7: Composición de carotenos (%) del aceite de palma rojo y la oleína de palma roja .....	15
Cuadro 8: Contenido de carotenoides del aceite "Carotino" .....	15
Cuadro 9: Composición de vitamina E en aceite de palma comercial, oleína comercial y oleína de palma RBD .....	16
Cuadro 10: Composición de ácidos grasos (%) del aceite de palma crudo, oleína de palma roja comercial y oleína de palma .....	16
Cuadro 11: Actividad de vitamina A del aceite de palma rojo comparado con el de otras fuentes vegetales .....	17
Cuadro 12: Contenido de carotenos, tocoferoles y tocotrienoles en los productos "Carotino" .....	19
Cuadro 13: Aplicaciones y adecuación del aceite de palma y sus diferentes fracciones en varios productos .....	21
Cuadro 14: Formulación de base para salsa de tomate .....	33
Cuadro 15: Análisis proximal de las tres formulaciones de salsa de tomate con diferentes tipos de aceite .....	33
Cuadro 16: Ingredientes utilizados por mujeres del área rural en la preparación de recetas con salsa de tomate con aceite de palma rojo .....	35

Cuadro 17: Ingredientes utilizados por mujeres del área urbana en la preparación de recetas con salsa de tomate con aceite de palma rojo .....	36
Cuadro 18: Puntuaciones de la evaluación general de apariencia, color, textura, olor y sabor para tres concentraciones de aceite en salsa de tomate.....	37
Cuadro 19: Contenido de carotenoides en aceites de maíz, palma refinado, palma rojo, salsas preparadas con estos aceites y sus adecuaciones a las Ingestas Dietéticas Recomendadas (DRI) un niño de 4 a 8 años y una mujer mayor de 18 años .....	39
Cuadro 20: Posibles aplicaciones del aceite de palma rojo y su contenido de Equivalentes de Actividad de Retinol (RAE) según la cuantificación espectrofotométrica de carotenoides totales .....	40
Cuadro 21: Lecturas de parámetros “a”, “b” y “L” para las salsas hechas con tres tipos de aceite (palma rojo, maíz y palma refinado) .....	41
Cuadro 22: Análisis de varianza para determinar diferencias en parámetros de color entre muestras de salsas con diferentes tipos de aceite .....	41
Cuadro 23: Conteos microbiológicos de aerobios totales para determinación de vida de anaquel de salsas de tomate preparadas con aceite de palma rojo .....	44
Cuadro 24: Análisis de costos de salsa de tomate hecha con aceite de palma rojo....	44

## ÍDICE DE FIGURAS

Figura 1: Conversión de beta caroteno a retinol (vitamina A) .....	4
Figura 2: Fórmulas de algunos carotenoides comunes .....	5
Figura 3: Estructura básica del tocoferol .....	6
Figura 4: Procesamiento típico de aceites y grasas .....	13
Figura 5: Absorción y bioconversión de la provitamina A ingerida a retinol basado en los factores de equivalencia nuevos .....	15
Figura 6: Jerarquía de biodisponibilidad de los carotenoides .....	18
Figura 7: Métodos físico, químico y modificado de refinamiento de aceite de palma ...	19
Figura 8: Espectro de absorbancia de muestra de aceite de palma rojo y estándar de DPPH .....	43

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Resultados de la Prueba de Preferencia efectuada con mujeres de escasos recursos de las áreas rural (n = 14) y urbana (n = 14) para determinar preferencia entre los aceites utilizados para la formulación de salsa de tomate.....	34
Gráfica 2: Resultados de la Prueba de Preferencia de salsas de tomate preparadas con aceites de palma rojo, palma refinado y maíz .....	38
Gráfica 3: Lecturas de absorbancia para medir actividad removedora de radicales para tres tipos de aceites usando el ensayo de DPPH .....	42
Gráfica 4: Porcentaje de actividad removedora de radicales de diferentes extractos de aceites a diferentes concentraciones .....	42

## RESUMEN

Como un problema de salud pública, la deficiencia de vitamina A ocurre cuando la ingesta habitual de vitamina A biodisponible es muy pequeña para llenar las necesidades fisiológicas bajo condiciones prevalecientes. Estas necesidades se incrementan durante periodos de crecimiento y cuando infecciones frecuentes causan la utilización ineficiente de esta vitamina. En los años sesenta, Guatemala fue identificada como un país donde un gran porcentaje de su población menor de 15 años, tenía una deficiencia de vitamina A. La fortificación de azúcar con vitamina A tuvo un impacto positivo significativo y resultó ser una estrategia modelo a nivel mundial. Aunque esta estrategia resultó ser eficiente, en 1997 Guatemala todavía estaba categorizada como un país cuya población sufría una deficiencia moderada de vitamina A.

En este trabajo de tesis se pretende formular una salsa de tomate utilizando un aceite de palma fortificado con carotenoides, tocoferoles y tocotrienoles que sea aceptable sensorialmente. Se evaluarán características físicas y químicas del producto así como su contenido de carotenoides en las salsas para determinar la pérdida de los mismos durante el procedimiento.

Se formuló una salsa de tomate en base de aceite de palma rojo con una buena aceptabilidad sensorial y alto contenido de carotenoides de pro-vitamina A. Una porción de 50 g de salsa podría suplir el 61.78% de los requerimientos de vitamina A para una mujer adulta.

## I. INTRODUCCIÓN

La vitamina A es un nutriente esencial requerido en pequeñas cantidades para mantener una salud normal. Lleva a cabo varias funciones críticas en el organismo, incluyendo el funcionamiento normal de los ojos y la protección del cuerpo contra enfermedades e infección. Se requiere para mantener la integridad de los tejidos oculares, tracto gastrointestinal, y sistema respiratorio; y para asegurar el funcionamiento óptimo del sistema inmune, crecimiento y desarrollo. (2)

Como un problema de salud pública, la deficiencia de vitamina A ocurre cuando la ingesta habitual de vitamina A biodisponible es muy pequeña para llenar las necesidades fisiológicas bajo condiciones prevalecientes. Estas necesidades se incrementan durante periodos de crecimiento y cuando infecciones frecuentes causan la utilización ineficiente de esta vitamina (26). La deficiencia de esta vitamina aún contribuye enormemente a la alta mortalidad infantil en algunos países en vías de desarrollo (24). En los años sesenta, Guatemala fue identificada como un país donde un gran porcentaje de su población menor de 15 años, tenía deficiencia de vitamina A (1). La fortificación del azúcar con vitamina A tuvo un impacto positivo significativo y resultó ser una estrategia modelo a nivel mundial. Aunque esta estrategia resultó ser eficiente, en 1997 Guatemala todavía estaba categorizada como un país cuya población sufría una deficiencia moderada de vitamina A (13).

Recientemente los alimentos funcionales han tenido un auge acrecentado. Los consumidores buscan opciones nuevas de alimentos que tengan un valor agregado y que puedan proveer un beneficio para su salud. Estudios científicos han comprobado que los tocotrienoles presentes en el aceite de palma ayudan en la disminución del colesterol, previenen la formación de coágulos en las arterias, inhiben el crecimiento de células en ciertos cánceres y protege la piel, retardando el envejecimiento. (9)

En la actualidad se están explorando y diseñando nuevas estrategias de suplementación de micronutrientes, en las que se utilizan alimentos como vehículos para nutrientes esenciales. Hay un consenso general de que las estrategias basadas en alimentos son opciones viables y sostenibles para combatir la deficiencia de vitamina A en poblaciones (1). Estas estrategias deben tomar en consideración ciertos aspectos para que sean eficientes y sostenibles (costos, disponibilidad, palatabilidad y seguridad bacteriológica) (10). Además, para la implementación de estos programas es de vital importancia conocer la cultura del grupo al que va dirigido, sus hábitos, gustos, medio, accesibilidad, poder adquisitivo, etc.

En este trabajo de tesis se pretende formular una salsa de tomate utilizando un aceite de palma fortificado con carotenoides, tocoferoles y tocotrienoles que sea aceptable sensorialmente. Se evaluarán características físicas y químicas del producto así como su contenido de carotenoides en las salsas para determinar la pérdida de los mismos durante el procesamiento. También se estudiará la capacidad antioxidante proporcionada por los tocoferoles y tocotrienoles presentes en la salsa.

## II. ANTECEDENTES

### A. Vitamina A

1. Generalidades. La vitamina A es un liposoluble esencial para los humanos.

Comprende de una familia de moléculas que contienen estructuras de 20 carbonos con un anillo de ciclohexenil sustituido (anillo beta-ionona) y una cadena lateral tetraénica con un grupo hidroxilo (retinol), grupo aldehído (retinal), grupo carboxílico (ácido retinóico) o un grupo éster (éster de retinil) en el carbono 15. (4)

El término vitamina A incluye a los carotenoides de provitamina A que son precursores del retinol. El término retinoides se refiere al retinol, sus metabolitos y los análogos sintéticos que tienen una estructura similar. De los múltiples carotenoides que existen en la naturaleza, muchos tienen actividad de provitamina A, pero sólo existe información alimenticia de tres de ellos ( $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno y  $\beta$ -criptoxantina). Los carotenoides usualmente contienen 40 átomos de carbono y un sistema extenso de dobles enlaces conjugados, y contienen una o dos estructuras cíclicas al final de cada cadena conjugada. La vitamina A pre-formada se encuentra únicamente en productos de origen animal mientras que los carotenoides se presentan principalmente en aceites, frutas y vegetales de colores rojo, naranja o amarillo. (4)

Para que ocurra la actividad de provitamina A, son necesarios ciertos requerimientos estructurales. El compuesto debe incluir, al menos, un anillo  $\beta$ -ionona no sustituido y una cadena lateral de polieno. El otro extremo de la cadena puede tener una estructura cíclica o acíclica. El alargamiento de la cadena reduce la actividad de provitamina A. (13)

2. Funciones. El 11-cis-retinaldehído (retinal) es necesario para la transducción de luz en señales neurales necesarias para la visión. El ácido retinóico es necesario para mantener la diferenciación normal de las membranas de la córnea y la conjuntiva, así como para los bastoncillos y las células de los conos en la retina. La vitamina A se requiere para

la integridad de las células epiteliales a lo largo del organismo, para la regulación de la expresión de genes estructurales, enzimas y proteínas de unión de retinol y receptores. El ácido retinóico es importante en el desarrollo embrional y en el mantenimiento de la función inmune. (4)

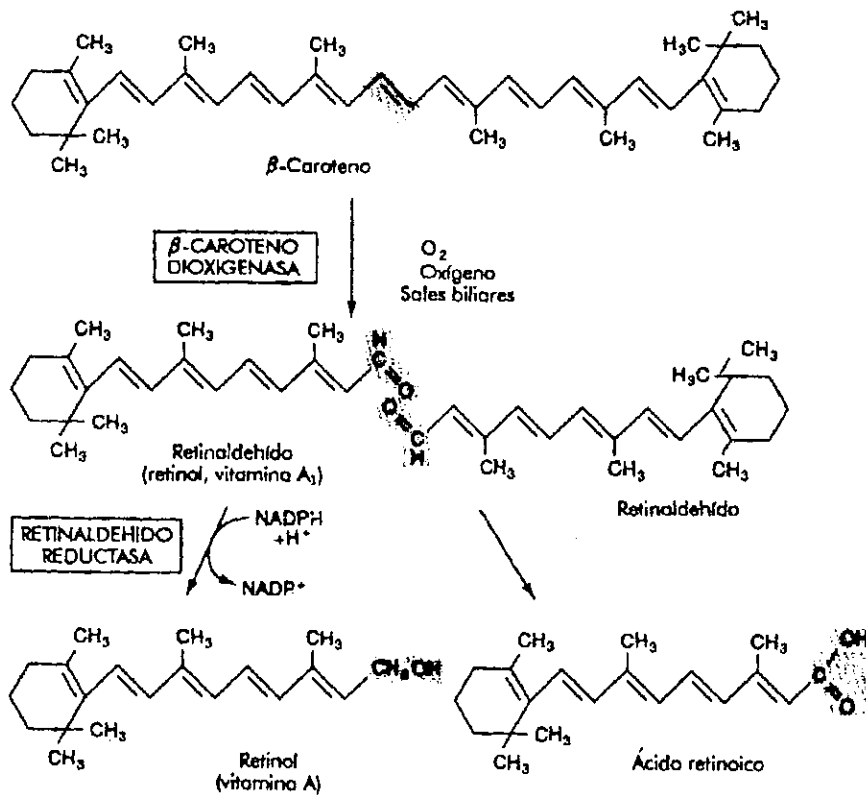


Figura 1: Conversión de beta caroteno a retinol (vitamina A) (4)

## B. Carotenoides

Los carotenoides son precursores de vitamina A. Presentan colores rojo, naranja o amarillo y se encuentran en muchas plantas y animales. La luteína, violaxantina, neoxantina son los tres principales carotenoides y ninguno es capaz de convertirse en

vitamina A. Hasta el presente, más de 600 carotenoides se han aislado y caracterizado.

(4)

Ciertos carotenoides son capaces de convertirse en vitamina A. Esto ocurre en insectos, peces, reptiles, aves y mamíferos. Se conocen 50 de estos carotenoides de provitamina A.

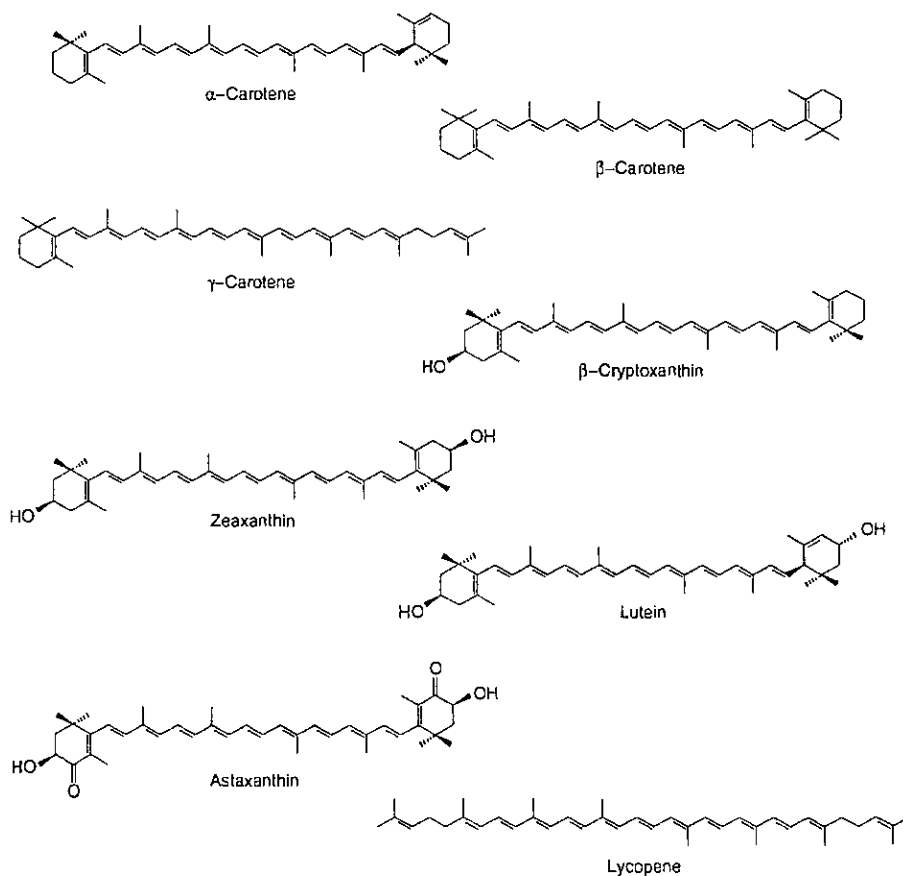


Figure 1.2. Formulae of some common carotenoids.

Figura 2: Fórmulas de algunos carotenoides comunes (4)

### C. Tocoferoles y tocotrienoles

La vitamina E consiste de dos familias de vitámeros, los tocoferoles y los tocotrienoles, cada uno de los cuales comprende de cuatro formas estructurales

(estereoisómeros), alfa, beta, gamma y delta. Estos vitámeros tienen un núcleo central aromático y una cadena lateral de 16 carbonos. A diferencia de los tocoferoles, los tocotrienoles poseen una cadena lateral insaturada que le confiere actividad antioxidante a estos compuestos contra radicales libres. (9)

Factores externos como inflamación, fumar, contaminación ambiental, radiación, carcinógenos y ejercicio promueven la formación de radicales libres en el organismo. Personas expuestas a estos factores requieren mayores ingestas de antioxidantes dietéticos. Se ha encontrado que los tocotrienoles ayudan a reducir los niveles de colesterol, previene la formación de coágulos arteriales, ayuda en la regresión de las placas arteriales, inhibe el crecimiento de células cancerosas y protege la piel. (9)

El aceite de palma es la fuente natural más rica de tocotrienoles. Estos representan un 70% (700 µg/g) mientras que los tocoferoles conforman un 30% (300 µg/g) de la vitamina E del aceite de palma. Otras fuentes de tocotrienoles son el germen y el afrecho de cereales como arroz y cebada. (9)

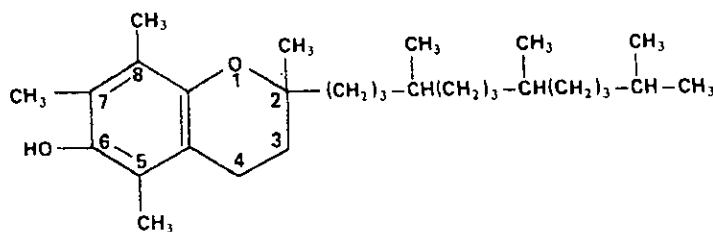


Figura 3: Estructura básica del tocoferol

1. Recomendaciones dietéticas diarias. Son las cantidades de energía y nutrientes que los alimentos deben aportar para satisfacer las necesidades nutricionales de todos los individuos sanos de una población. (25)

**Cuadro 1**

Ingestas Recomendadas de vitaminas A y E para Individuos según el Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies (4)

Grupo	Ingestas recomendadas para individuo	
	Vitamina A (µg/día)	Vitamina E (mg/día)
<i>Infantes</i>		
0-6 meses	400	4
7-12 meses	500	5
<i>Niños</i>		
1-3 años	300	6
4-8 años	400	7
<i>Hombres</i>		
9-13 años	600	11
14-18 años	900	15
19-30 años	900	15
31-50 años	900	15
51-70 años	900	15
> 70 años	900	15
<i>Mujeres</i>		
9-13 años	600	5
14-18 años	700	5
19-30 años	700	5
31-50 años	700	5
51-70 años	700	10
> 70 años	700	15
<i>Embarazo</i>		
≤ 18 años	750	5
19-30 años	770	5
31-50 años	770	5
<i>Lactancia</i>		
≤ 18 años	1200	5
19-30 años	1300	5
31-50 años	1300	5

## B. Estrategias de suplementación basadas en alimentos

La deficiencia de vitamina A fue un problema severo de salud pública en Guatemala por mucho tiempo. Se diseñaron estrategias de suplementación para luchar contra este problema, entre ellas la suplementación por vía oral (“Gotita de amor”) en la cual se proporcionaban 200,000 UI de vitamina A a niños menores de 5 años de edad una vez al año. Además se estableció el programa de fortificación del azúcar con vitamina A. A pesar de estos esfuerzos, en 1997 Guatemala todavía se categorizaba como un país con deficiencia moderada de vitamina A (13). Esto lleva a buscar nuevas estrategias de suplementación que sean adecuadas al medio en el que se van a aplicar. Recientemente se están probando nuevas estrategias basadas en alimentos.

Los programas basados en alimentos tienen el potencial de prevenir y aliviar la deficiencia de vitamina A, proporcionando soluciones sostenibles a largo plazo. Existen diferentes alimentos que pueden ser utilizados en este tipo de programa los cuales se definen como enteros, refinados, procesados, fortificados o una combinación de estos. Con respecto a la suplementación con vitamina A, se encuentran muchas fuentes que proporcionan vitamina A o pro-vitamina A, siendo estas especies animales o vegetales o sus grasas o aceites. (8)

Cuando se implementa una estrategia basada en alimentos a nivel nacional y de hogares, éstas deben ser examinadas en el contexto de seguridad alimentaria y factibilidad. Tradicionalmente, la seguridad alimentaria está categorizada en tres determinantes: disponibilidad alimentaria, acceso alimentario y utilización alimentaria. La disponibilidad alimentaria se refiere a la producción agrícola, el acceso alimentario se refiere al poder adquisitivo de los hogares y la habilidad para asegurar alimentos del mercado y otras fuentes.

La utilización alimentaria incluye aspectos diversos como hábitos alimenticios, preferencias, seguridad alimentaria, distribución en el hogar y prácticas de cuidado. (6)

### C. Aceite de palma

1. Características generales. El aceite de palma se deriva del fruto de la palma de aceite, *Elaeis guineensis*, la cual tiene la apariencia de una palma de dátiles con una cabeza grande, con frondas en forma de pluma creciendo de un tronco robusto. El fruto crece en racimos que generalmente pesan como máximo 40 libras, con 400 a 2000 frutos individuales. Cada fruto individual consiste en una pulpa externa, la cual es la fuente del aceite de palma crudo; una caparazón interna que se utiliza como combustible; y dos o tres nueces que son la fuente de otro tipo de aceite, el aceite de nuez de palma. (11,12,17)

2. Características químicas. El fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) es la fuente de dos tipos de diferentes aceites. La pulpa externa contiene aceite de palma y la nuez en la fruta contiene nueces que son la fuente del aceite de nuez de palma. El aceite de palma y el aceite de nuez de palma difieren considerablemente en sus características y propiedades aunque provengan de la misma planta. (17) El aceite de palma se utiliza como alimento mientras que el aceite de la nuez se usa en la industria oleoquímica mayormente. (18) El aceite de la nuez de la palma es similar al aceite de coco en su color claro y sus altos contenidos de ácido láurico y mirístico, los cuales tienen una excelente estabilidad oxidativa. (17)

El aceite de palma crudo tiene un color naranja rojizo oscuro, el cual se debe a su alto contenido de carotenos: 0.03 - 0.15%, de los cuales 90% consisten de alfa y beta carotenos. (17)

**Cuadro 2**

Composición de ácidos grasos y triglicéridos del aceite de palma (17)

Compuesto		Porcentaje (%)
<i>Ácido graso</i>		
Láurico	C12:0	0.1
Mirístico	C14:0	1.0
Palmitico	C16:0	44.3
Palmitoléico	C16:1	0.15
Esteárico	C18:0	4.6
Oléico	C18:1	38.7
Linoléico	C18:2	10.5
Linolénico	C18:3	0.3
Araquídico	C20:0	0.3
<i>Triglicérido</i>		
Trisaturado	S <sub>3</sub>	7.9
Monoinsaturado	SUS	42.8
Monoinsaturado	SSU	6.6
Diinsaturado	SU <sub>2</sub>	35.7
Triinsaturado	U <sub>3</sub>	6.8

**Cuadro 3**

Ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados en algunos aceites y grasas (18)

Aceite o grasa	Saturado (%)	Monoinsaturado (%)	Poliinsaturado (%)
Colza	5	71	24
Canola	7	61	32
Girasol	11.7	18	68.6
Oliva	13	79.1	7.9
Maíz	13.3	28.4	58.3
Soya	16	23.5	60.5
Maní	20	38.7	41.3
Algodón	27.7	19.8	52.5
Manteca	43	47	10
<b>Oleína de palma</b>	<b>46.8</b>	<b>41.5</b>	<b>12</b>
<b>Palma</b>	<b>49.5</b>	<b>40.32</b>	<b>9.6</b>
Manteca de cacao	60.1	36.5	3.4
Mantequilla	63.4	32.5	4.5
Soya hidrogenada	64 + <i>trans</i>	26	4
Semilla de palma	84	14	2
Coco	92.2	6.2	1.6

3. Características físicas. El aceite de palma crudo tiene un sabor característico a nuez el cual puede ser removido fácilmente con el refinamiento. El aceite de palma procesado generalmente desarrolla un olor distintivo a violetas con la oxidación. La estabilidad oxidativa del aceite de palma se ve afectado por la presencia de niveles altos de beta-caroteno, el cual actúa como un pro-oxidante hasta en presencia de concentraciones altas de tocoferoles. (17)

**Cuadro 4**  
Características físicas típicas del aceite de palma crudo (17)

Característica física	Típico	Rango
Gravedad específica 5°C/25°C		0.8919 – 0.8932
Valor de yodo		46.0 – 56.0
Valor de saponificación		196 – 202
Materia insaponificable, %		0.2 – 0.5
Rango de fusión, °C		36.0 – 45.0
Contenido de carotenos, mg/kg		500 – 600
Indice de sólidos de grasa, %		
a 10.0 °C	34.5	30.0 – 39.0
a 21.1 °C	14.0	11.5 – 17.0
a 33.3 °C	7.4	4.0 – 11.0
a 37.8 °C	5.6	2.5 – 9.0
a 40.0 °C	4.7	2.0 – 7.0
Punto de fusión, °C	37.5	35.5 – 39.5

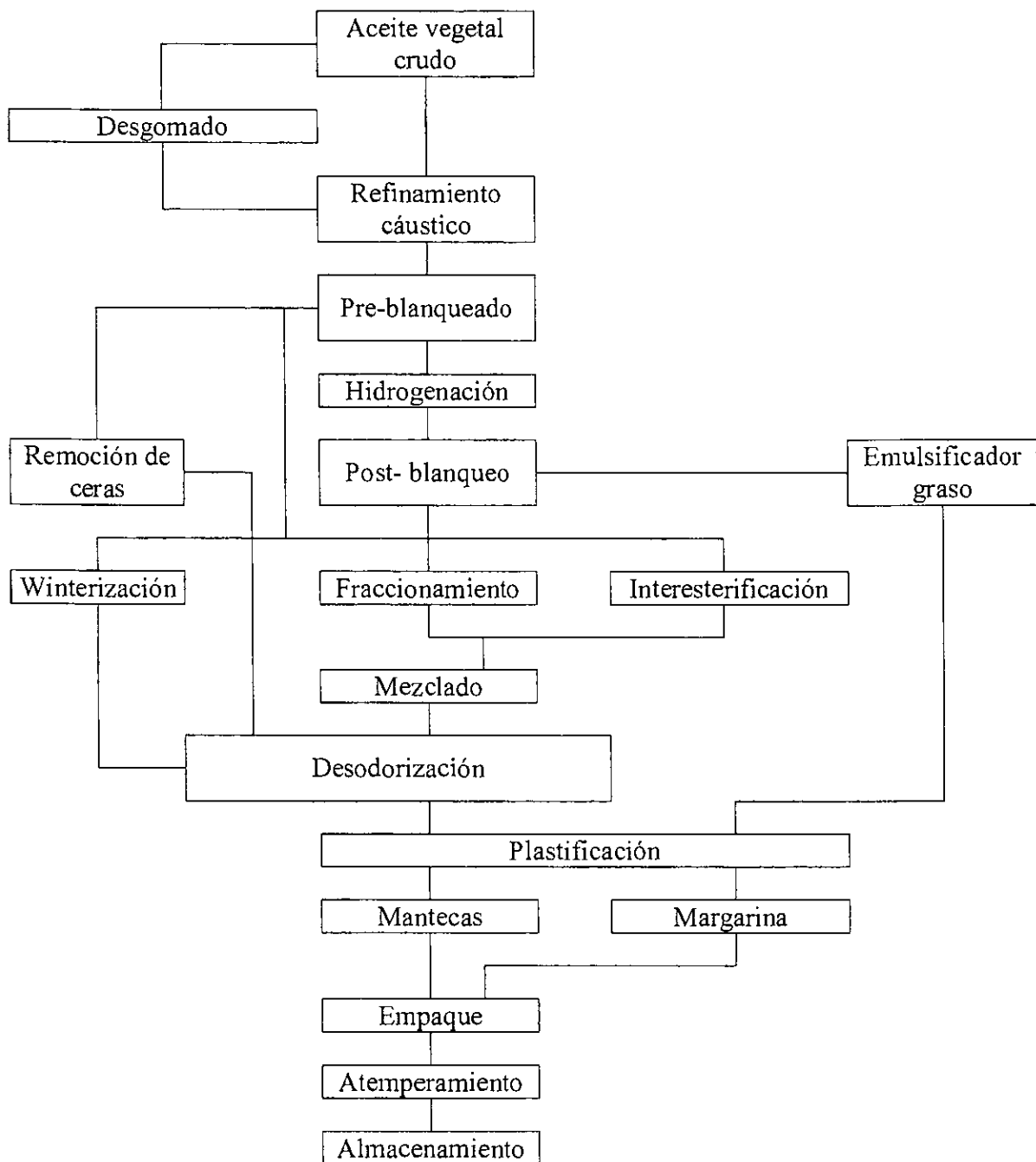
**Cuadro 5**  
Características físicas de los productos "Carotino" (11)

<b>Producto</b>	<b>Ácidos grasos libres</b>	<b>Humedad</b>	<b>Índice de yodo</b>	<b>Punto de fusión</b>
Aceite	0.1 % max.	0.1 % max.	50 - 55	33 – 39 °C
Oleína	0.1 % max.	0.1% max.	56 min	25 °C
Margarina	0.15 % max.	16 % aprox.	48 - 52	37 – 41 °C

4. Procesamiento del aceite de palma. Los aceites crudos pueden variar de productos con olores agradables que contienen pocas impurezas, a materiales altamente impuros con olores ofensivos. Las técnicas de procesamiento permiten refinar, eliminar olores y sabores, endurecer, ablandar, cambiar el comportamiento de los cristales, reorganizar la estructura molecular y modificar las características de los aceites para que se adecuen a los requerimientos de determinados productos. (17)

Los aceites vegetales crudos principalmente consisten de triglicéridos o aceite neutral con impurezas liposolubles ya sea en suspensión verdadera o en suspensión coloidal. Las cantidades de impurezas varían según la fuente del aceite, el proceso de extracción, la temporada, y la fuente geográfica. La purificación de la porción neutral del aceite es el principal objetivo del proceso de refinamiento. La porción no-triglicéridica contiene cantidades variables de impurezas como ácidos grasos libres, gomas que consisten de fosfolípidos y lecitinas crudas, complejos metálicos, peróxidos y sus sub-productos, pigmentos, esteroides, tocoferoles, humedad y tierra. (17)

5. Procesamiento típico de grasas y aceites (17). El procesamiento de aceites consiste de una serie de procesos unitarios en los cuales ocurren cambios físicos y químicos en la materia prima. A continuación se esquematiza un proceso típico de aceite vegetal.



A. Figura 4: Procesamiento típico de aceites y grasas (17)

6. Aceite de palma rojo. El aceite de palma en su forma original es rojo, debido a la presencia de carotenos, tocoferoles y tocotrienoles (7). Estos componentes le proporcionan estabilidad oxidativa al aceite, además de conferirle valor nutricional. Su importancia nutricional radica en que compuestos como los  $\alpha$  y  $\beta$  carotenos son precursores de vitamina A, los cuales son convertidos en vitamina A *in vivo*. Los tocoferoles y tocotrienoles son isómeros de vitamina E y potentes antioxidantes (14).

Algunos compuestos no glicéricos en el aceite de palma crudo, como ácidos grasos libres, humedad e impurezas, y metales traza, contribuyen a la inestabilidad del aceite; mientras que algunos componentes odoríferos reducen su palatabilidad. Por las razones anteriores, es necesario someter el aceite crudo a un proceso de refinamiento que elimine todos estos compuestos indeseables. Los métodos de refinamiento pueden ser químicos o físicos. Desafortunadamente, los procesos de refinamiento remueven algunos tocoferoles y tocotrienoles y destruyen los carotenoides presentes en el aceite. Se han diseñado procesos de refinamiento modificados en los cuales el aceite de palma retiene la mayoría de los carotenoides y la vitamina E presente en el aceite. (14)

**Cuadro 6**  
Características del aceite de palma crudo y oleína de palma roja (14)

Muestra	Ácidos grasos libres (%)	Carotenos (ppm)	Vitamina E (ppm)	Hierro (ppm)	Valor de peróxido (mEq/kg)	Humedad e impurezas
Aceite de palma crudo	3.53	643	869	-	2.32	-
Oleína de palma pre-tratada	3.53	514	864	-	0.44	-
Oleína de palma roja	0.04	513	707	1.6	0.10	0.02
Oleína de palma RBD	0.04	no determinado	561	1.6	0.10	0.03

\* RBD = refinada, blanqueada, desodorizada

Cuadro 7

Composición de carotenos (%) del aceite de palma rojo y la oleína de palma roja (14)

Caroteno	Aceite de palma		Oleína de palma		
	Aceite de palma crudo	Aceite de palma	Oleína de palma cruda	Oleína de palma roja	Oleína de palma roja comercial
Fitoeno	1.3	2.0	0.9	3.6	0.61-0.68
Fitoflueno	0.1	1.2	0.4	0.7	0.15-0.17
Cis- $\beta$ -caroteno	0.7	0.8	0.7	0.7	
$\beta$ -caroteno	56.0	47.4	49.4	33.3	40.0-42.0
$\alpha$ -caroteno	35.1	37.0	36.9	44.2	40.6-41.9
cis- $\alpha$ -caroteno	2.5	6.9	5.0	7.5	9.0-11.4
$\zeta$ -caroteno	0.7	1.3	0.8	0.6	0.5-0.72
$\gamma$ -caroteno	0.3	0.5	0.4	0.6	0.45-1.07
$\delta$ -caroteno	0.8	0.6	0.7	3.3	0.72-0.83
Neurosporeno	0.3	traza	-	-	0.11-0.26
$\beta$ -zeacaroteno	0.7	0.5	2.1	1.6	1.17-1.33
$\alpha$ -zeacaroteno	0.2	0.3	0.7	-	0.50-0.56
Licopeno	1.3	1.5	1.8	3.9	0.86-1.07
<b>Total (ppm)</b>	673	545	643	513	665

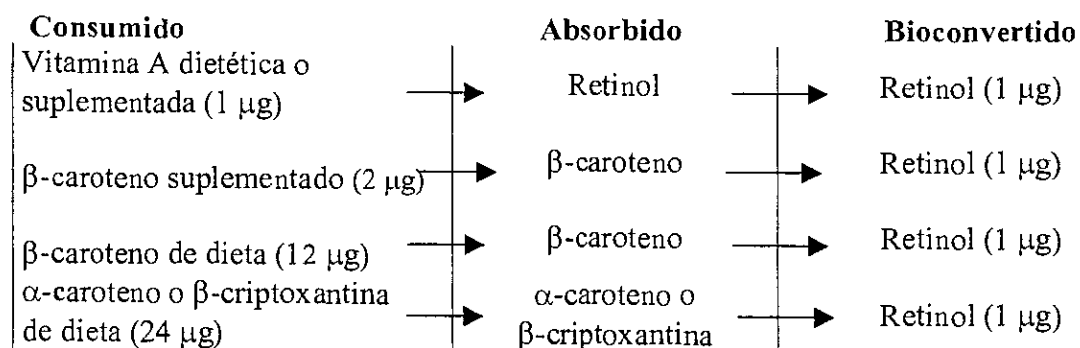


Figura 5: Absorción y bioconversión de la provitamina A ingerida a retinol basado en los factores de equivalencia nuevos (4)

Cuadro 8

Contenido de carotenoides del aceite Carotino (24)

Carotenoide	Contenido ( $\mu$ g/100g)	Porcentaje	RE	RAE
$\beta$ -caroteno	28000	60.9	4666.66	13999.8
$\alpha$ -caroteno	17500	38.1	1458.3	4374
cis- $\alpha$ -caroteno	125	0.3	10.4	31.2
$\gamma$ -caroteno	15	0.03	1.3	3.9
$\beta$ -zeacaroteno	35	0.08	2.9	8.7
Otros	275	0.6	-	
<b>Total</b>	45950		6139.5	18418.5

**Cuadro 9**

Composición de vitamina E en aceite de palma comercial, oleína comercial y oleína de palma RBD (14)

Muestra	Composición de vitamina E (%)				Contenido de vitamina E (ppm)
	$\alpha$ -T	$\alpha$ -T3	$\gamma$ -T3	$\delta$ -T3	
Aceite de palma crudo	21	24	43	11	600-1000
Oleína de palma comercial	19	29	41	10	717-863
Oleína de palma RBD	25	29	36	10	515-800

La composición lipídica es diferente a la de los otros aceites. El ácido palmítico es el mayor componente del aceite de palma, pero contienen grandes cantidades de ácido oléico. A diferencia de otros aceites de cocina, el aceite de palma no requiere hidrogenación para la mayoría de los usos alimenticios; además, no posee colesterol. (24)

**Cuadro 10**

Composición de ácidos grasos (%) del aceite de palma crudo, oleína de palma roja comercial y oleína de palma (14)

Ácido graso	Aceite de palma crudo	Oleína de palma roja comercial	Oleína de palma roja
C12:0	0.20	0.25	0.27
C14:0	1.10	1.07	1.09
C16:0	44.00	36.60	40.93
C16:1	0.10	-	-
C18:0	4.50	3.70	4.18
C18:1	39.20	46.70	41.51
C18:2	101.10	12.80	11.64
C18:3	0.40	-	0.40
C20:0	0.40	-	0.37

a. Características nutricionales del aceite de palma rojo. El aceite de palma africana es la fuente conocida más rica de carotenoides biológicamente activos (24). A continuación se muestra la actividad de vitamina A del aceite de palma rojo en comparación con otras fuentes vegetales.

**Cuadro 11**

Actividad de vit A del aceite de palma rojo comparado con otras fuentes vegetales (24)

Fuente	Equivalentes de retinol/100g	Actividad relativa*
Aceite de palma crudo	30000	1
Zanahoria	2000	15
Vegetales de hojas verdes	685	44
Durazno	250	120
Tomate	100	300
Banano	30	1000
Naranja o jugo de naranja	8	3750

\* No. de veces abajo del valor del aceite de palma crudo

El aceite de palma contiene entre 500 a 700 ppm de carotenoides, de los cuales 37% son  $\alpha$ - y 50% son  $\beta$ -carotenos. Los  $\beta$ -carotenos tienen una actividad de vitamina A mayor, expresadas en equivalentes de retinol, que los  $\alpha$ -carotenos (1 eq ret = 1  $\mu$ g retinol = 12  $\mu$ g de otros carotenos de provitamina A). (4)

Los carotenos en el aceite de palma rojo pueden ser mejor absorbidos que los carotenos de fuentes vegetales debido a que están en un medio oleoso. El valor del aceite de palma como una fuente de carotenos para curar y prevenir la deficiencia de vitamina A fue reconocida en India en los años treinta. Durante la década del 80, estudios en animales y humanos establecieron su seguridad, aceptabilidad y potencial nutricional. En los años 90, se llevaron a cabo estudios comunitarios utilizando aceite de palma crudo para mejorar el estatus de vitamina A en niños y sus madres. (7)

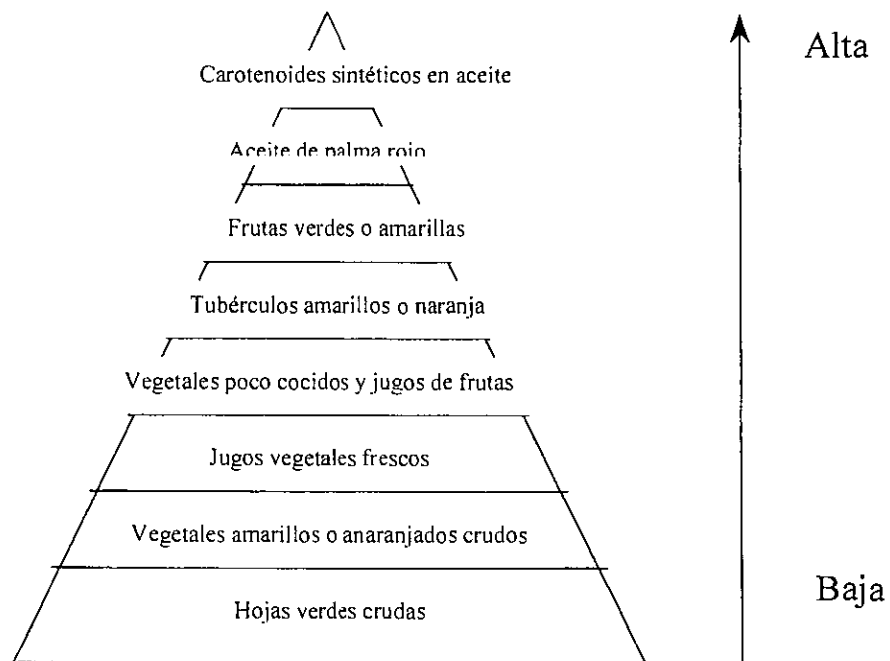


Figura 6: Jerarquía de biodisponibilidad de los carotenoides (10)

Una evaluación nutricional del aceite de palma rojo desodorizado y desacidificado en ratas, y estudios toxicológicos multigeneracionales en ratas; indicaron que la alimentación con este producto no mostraba efectos adversos en el crecimiento, reproducción, desempeño reproductivo o no se presentaban anomalías histopatológicas. De manera similar, las comidas fritas en aceite de palma crudo calentado repetidamente no tenían mutagenicidad. (7)

b. Producción comercial del aceite de palma rojo refinado. El aceite de palma rojo tiene un sabor fuerte, pero puede ser refinado para proporcionar un aceite con palatabilidad que retiene su color rojo y su actividad de provitamina A. En Malasia se desarrolló un método que produce un aceite palatable que conserva el mismo contenido de carotenos que el aceite de palma crudo. (24) A continuación se muestran los métodos tradicionales de refinamiento de aceite de palma y el método modificado.

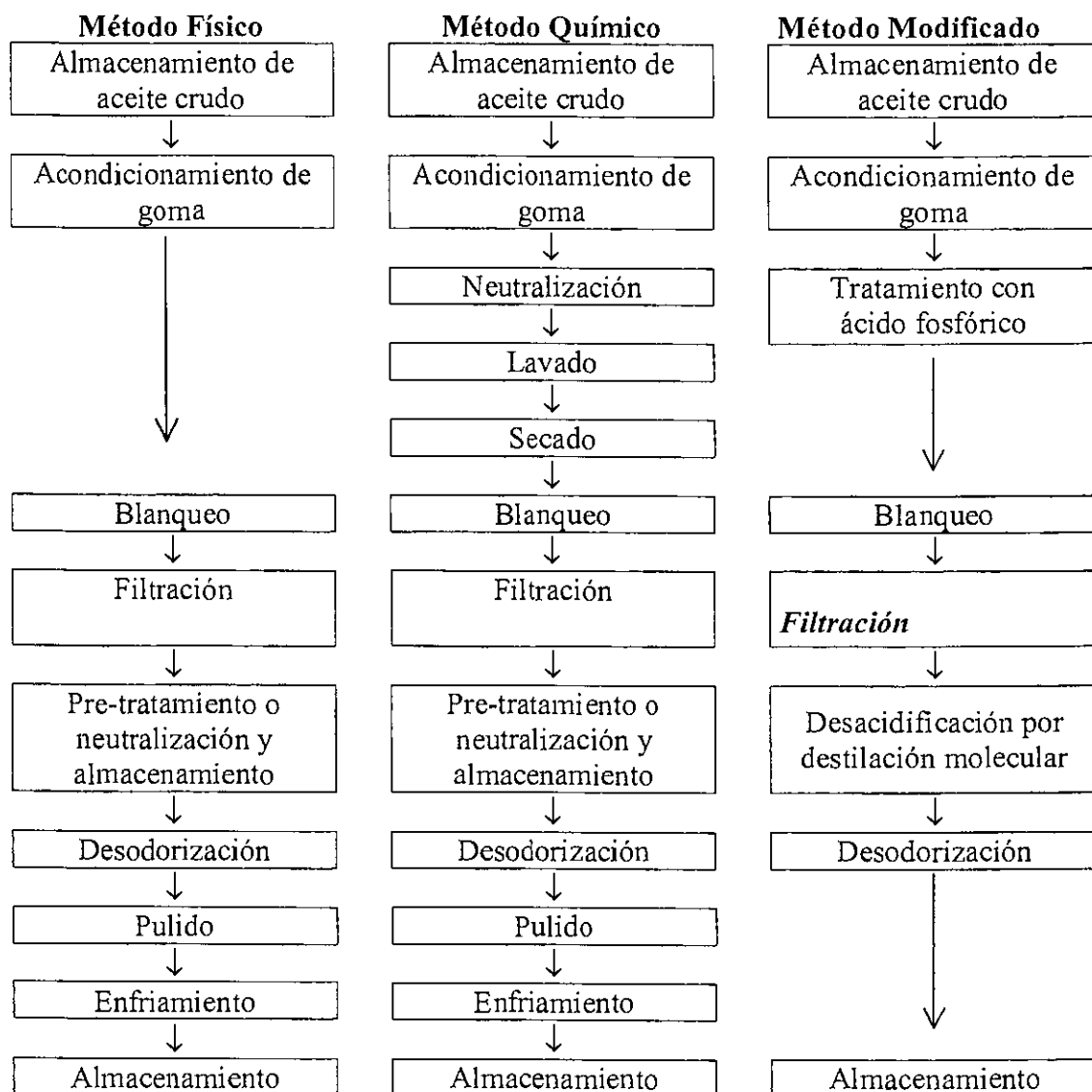


Figura 7: Métodos físico, químico y modificado de refinamiento de aceite de palma (14)

El proceso modificado da como producto un aceite inodoro, estable y sin sabor, al que comercialmente se le denominó “*Carotino*”. (24) Este producto tiene un alto contenido de carotenoides, tocoferoles y tocotrienoles.

### Cuadro 12

Contenido de carotenos, tocoferoles y tocotrienoles en los productos *Carotino* (12)

A. Producto <i>Carotino</i>	Contenido de carotenos	Contenido de tocoferoles y tocotrienoles
B. Aceite	500 ppm aprox.	800 ppm aprox.
C. Oleína	500 ppm aprox.	800 ppm aprox.
Margarina	80 ppm aprox.	350 ppm aprox.

Aunque este producto actualmente es producido comercialmente únicamente en Malasia, el proceso puede ser aplicado donde haya un suministro adecuado de aceite de palma y haya demanda del mismo. (24)

c. Aplicaciones alimenticias del aceite de palma rojo. El aceite de palma tiene un largo historial de uso como alimento, se ha utilizado desde hace más de 5000 años. Se utiliza a nivel mundial como aceite para cocinar, margarina, mantecas y se incorpora a otros aceites para producir mezclas utilizadas en una variedad de productos. (24)

Para su uso doméstico, la oleína de palma es adecuada para freír en sartén así como para freír profundamente (por ejemplo papas fritas). (14)

En Guatemala, el aceite de palma africana refinado es utilizado en la elaboración de aceites, margarinas y mantecas vegetales. El aceite de palma rojo puede ser usado en aderezos de ensalada, salsas, curries y otros platos. Evaluaciones sensoriales han mostrado que el producto tiene buena calidad y aceptabilidad comparado el aceite de palma RBD (refinado, blanqueado, desodorizado). Su color le permite ser utilizado en la formulación de margarinas ya que le da un color adecuado al producto final. (14) El aceite de palma rojo "Carotino" puede ser mezclado con aceites comunes comestibles a niveles de 10% a 15% sin afectar las propiedades organolépticas de las comidas preparadas con estas mezclas. (15) A continuación se muestra las aplicaciones de las distintas fracciones del aceite de palma rojo.

**Cuadro 13**

Aplicaciones y adecuación del aceite de palma y sus diferentes fracciones en varios productos (14)

Producto	Aceite de palma rojo	Oleína de palma roja	Estearina de palma roja	Oleína roja super	Fracción media de palma roja
Mantecas para repostería	AA	A	AA	NA	M
Margarinas	AA	A	AA	NA	M
Aceite para cocinar	AA	A	NA	AA	NA
Helados	NA	A	NA	AA	NA
Mezclas de pasteles	AA	A	AA	NA	NA
Cubiertas de pasteles	A	NA	NA	NA	A
Sustitutos de lácteos	M	NA	A	NA	NA
Pan y panecillos	AA	A	AA	NA	AA
Aceite de ensalada	NA	A	NA	AA	NA
Aderezo de ensalada	NA	A	NA	AA	NA
Loción para la piel	NA	A	NA	AA	NA

Abreviaturas: AA, altamente adecuado; A, adecuado; M, aplicaciones menores únicamente; NA, no adecuado

Los efectos de los diferentes métodos de cocción en la estabilidad del contenido total de beta carotenos en el aceite de palma rojo indican una pérdida de carotenos del 10% al 30% en los alimentos cocinados. Estudios efectuados en otros productos como panecillos y pepinillos preparados con aceite de palma rojo o sus mezclas, reportaron pérdidas de 20% a 50%. El aceite de palma rojo puede ser usado en operaciones de cocción que involucran períodos cortos de calentamiento. En la cocción con agua, se puede retener hasta un 70% de los carotenos presentes en el aceite original. (15)

d. Efecto del procesamiento y almacenamiento en el contenido de carotenoides

(23). La alteración y pérdida de carotenoides se lleva a cabo principalmente durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos, en los cuales ocurre la remoción física (por ejemplo el pelado), isomerización geométrica y oxidación enzimática o no enzimática. El mayor daño es ocasionado por la oxidación enzimática o no enzimática. La isomerización de trans- a cis-carotenoides altera la actividad biológica y el decoloramiento de los alimentos.

La retención de carotenoides disminuye con mayores tiempos de procesamiento, temperaturas más altas y la acción mecánica de cortar y machacar. Los procesos a altas temperaturas y tiempos cortos son una buena opción.

e. Aceptabilidad de comidas preparadas con aceite de palma rojo. Se han efectuado ensayos en donde se ha probado la aceptabilidad de diferentes alimentos preparados con aceite de palma procesado de distintas formas. Estos estudios indicaron que los alimentos cocinados con el aceite de palma crudo eran inaceptables. La aceptabilidad de estos productos fue aumentando a medida que se utilizaban aceites con mayor procesamiento o mezclas con otros aceites tradicionales. Alimentos preparados con el aceite de palma rojo refinado, "Carotino", han sido aceptados completamente y han sido indistinguibles de las comidas preparadas con aceites tradicionales. (15)

#### F. Formulación y evaluación de salsas de tomate

1. Formulación de salsas de tomate. La salsa de tomate se puede definir como un alimento preparado a partir de puré de tomate, azúcar, vinagre, sal y especias, y la cual puede contener un espesante, colorante, cebollas, etc.

Los tomates utilizados en la preparación de salsas deben ser frescos y estar en buenas condiciones, libres de mohos y deben haber alcanzado un grado adecuado de maduración. Deben ser lavados antes de su utilización.

Las salsas pueden contener vinagre, azúcar, sal y especias. Entre las especias las más utilizadas son la nuez moscada, cardamomo, semilla de culantro, canela y clavos. También se utiliza cebolla en las formulaciones y esta puede ser fresca o de conserva.

Las gomas vegetales naturales tales como el tragacanto y la goma de karaya son utilizadas por algunos fabricantes para agregar viscosidad a estos productos. No hay necesidad de utilizar gomas si la calidad del puré de tomate es buena.

a. Manufactura industrial de salsas de tomate con calentamiento al vacío. Este método incluye una planta de cocción al vacío que consiste de un tanque de pre-calentamiento, el dispositivo de calentamiento al vacío, un tamiz, un tanque de retención ajustado con una línea al vacío y máquinas llenadora y selladora. Los pasos incluyen:

- i) Tomate, azúcar y agua se mezclan en el tanque de pre-calentamiento y se calientan a 120°F.
- ii) Se agregan las cebollas y especias a la retorta al vacío y parte de la mezcla pre-calentada se lleva a la misma.
- iii) Comienza la cocción al vacío y se agrega el resto de la mezcla pre-calentada. La temperatura de cocción debe ser entre 140° - 160°F.
- iv) Se concentra hasta obtener la consistencia deseada y luego se agrega el vinagre y la sal, después de lo cual se rompe el vacío.
- v) La salsa se calienta a 190°F bajo presión atmosférica y luego se le agregan los saborizantes, después de la cual la salsa se pasa al tamiz.
- vi) La salsa se pasa a un tanque de retención donde se le elimina el aire bajo control termostático.
- vii) Bajo presión atmosférica, la salsa se calienta a 190°F y se transfiere a la máquina llenadora y selladora.

Una formulación estándar de salsa de tomate se muestra a continuación:

- Puré de tomate	100 galones
- Vinagre	12 galones
- Acido acético	1 galón
- Azúcar	123 a 125 lb
- Cebolla picada	25 lbs
- Clavos molidos	15 oz
- Pimienta negra	3 oz
- Ajo picado	4 oz
- Sal	27 a 29 lbs

El puré de tomate y el vinagre se hierven juntos por una hora. La porción mayor de azúcar, sal, cebolla y ajo se agregan a la mitad del tiempo de ebullición. Las especias se agregan al final del tiempo de cocción y se cocinan por dos horas.

Los principales problemas de calidad que se presentan en las salsas son el fenómeno de “cuello negro” y la separación de la salsa. El primero se debe a la reacción entre el hierro de la salsa y los taninos naturales los cuales forman compuestos férricos negros, los cuales necesitan del oxígeno para oxidar el hierro a su estado férrico. Este problema puede reducirse utilizando tapaderas que reduzcan el ingreso de oxígeno a la botella. La temperatura de almacenamiento es un factor importante en el desarrollo de este cuello negro. Un incremento en la temperatura aumenta la frecuencia de reacción por lo que es necesario mantener controles adecuadas de temperatura.

La separación de la salsa ocasionalmente ocurre durante la manufactura de la salsa y se debe a la separación del agua. Si la salsa no es desaireada después de terminar el proceso, las burbujas de aire atrapadas en el producto se expandirán el producto si éste se envasa en caliente. Las burbujas de aire se expandirán y causarán un incremento en el espacio de cabeza, dando lugar a un cuello negro. Esto puede evitarse haciendo un llenado al vacío.

2. Análisis sensorial de los alimentos. El análisis sensorial de los alimentos depende de la evaluación a través de los sentidos. Aunque en años recientes el uso de equipos altamente sensibles y sofisticados ha proporcionado una gran herramienta para el análisis de los alimentos, éstos únicamente analizan componentes individuales, mientras que los sentidos proporcionan una impresión total del aroma, sabor, temperatura y componentes táctiles. El análisis sensorial incluye la medición con los sentidos, el uso de métodos exactos y el uso de estadística para el análisis de los resultados obtenidos. (5)

El gusto y el olfato se denominan los sentidos químicos, debido a que el proceso sensorial primario que inician las sensaciones de olfato y sabor debe ser el enlace

químico de sustancias con propiedades de sabor y olor en las superficies de las células receptoras respectivas o de sus procesos. (20)

a) Análisis de color (20). El color es una de las principales características de los alimentos ya que muchas veces está relacionado con parámetros de calidad, por ejemplo la maduración de las frutas o la asociación del cambio de color con el deterioro. La apariencia es la combinación de la información visual percibida por la luz absorbida, transmitida o dispersada por el objeto. La translucidez y opacidad es importante en describir la apariencia así como el color y la reflectancia direccional de la superficie.

Los alimentos tienen características de apariencia variadas, las cuales pueden ser mojadas, secas, brillantes, mate, opacas, traslúcidas etc. y la pigmentación puede ser uniforme o parchada.

Para la medición de color, en la actualidad se utilizan colorímetros, los cuales usan escalas tridimensionales basadas en diagramas de cromaticidad y una escala de luminosidad, con factores de escala que hacen las diferencias de cromaticidad perceptual igual a las diferencias de luminosidad. Los espacios de color de importancia práctica son los espacios de color oponentes L, a y b de Hunter.

3. Pruebas orientadas al consumidor. Estas incluyen las pruebas de preferencia, aceptabilidad y pruebas hedónicas (grado en que gusta un producto). Estas pruebas se consideran pruebas del consumidor, ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados. Aunque a los panelistas se les puede pedir que indiquen su satisfacción, preferencia o aceptación de un producto, a menudo se usan pruebas hedónicas para medir el grado de preferencia o aceptabilidad. (20)

a. Pruebas de preferencia. Estas pruebas permiten a los consumidores escoger entre varias muestras, indicando si prefieren una muestra sobre otra o si no tienen preferencia. Entre las pruebas de preferencia se encuentran la prueba de preferencia pareada; las pruebas de ordenamiento y de las categorías. (20)

En las pruebas de ordenamiento tres o más muestras se ordenan de acuerdo al incremento o decremento de cierto atributo, la calidad total o respuesta (preferencia o aceptabilidad) en una misma ocasión. Es una prueba muy útil cuando las muestras pueden ser evaluadas y re-evaluadas con el mínimo de tiempo entre muestras. Su uso principal es en el monitoreo preliminar de un producto y en mediciones de actitud, donde ofrece un método rápido y fácil para jueces no entrenados. Los resultados pueden ser analizados por referencia de las sumas de rangos a tablas, las cuales están basadas en estadísticas no paramétricas. (20,27)

Las muestras son presentadas a cada juez codificadas y colocadas al azar. Al juez se le pide que asigne un orden específico y que luego revise esto. El número de muestras a presentar depende de la naturaleza de las mismas, se deben presentar como máximo tres muestras que tengan sabores fuertes y persistentes. Para evaluación visual se pueden presentar hasta diez muestras. (20,27)

#### G. Evaluación de capacidad antioxidante en alimentos

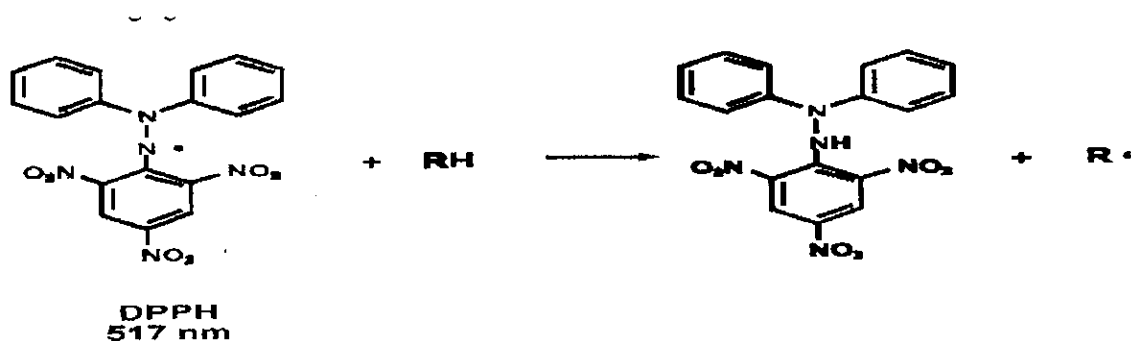
Los compuestos antioxidantes juegan un rol importante como un factor de protección a la salud. Estudios científicos sugieren que los antioxidantes reducen el riesgo de enfermedades crónicas como el cáncer y enfermedades coronarias. Se ha reconocido que antioxidantes de origen vegetal como vitamina C, vitamina E, carotenos, ácidos fenólicos, fitatos y fitoestrógenos tienen el potencial de reducir estas enfermedades. (22)

La principal característica de un antioxidante es su habilidad para atrapar radicales libres. Estos radicales libres pueden oxidar ácidos nucleicos, proteínas, lípidos o ADN y

pueden iniciar enfermedades degenerativas. (22) Hay varias fuentes endógenas de radicales libres: reducción del oxígeno molecular en la mitocondria durante la respiración celular; fagocitosis, en la cual hay liberación de óxido nítrico, y la degradación de ácidos grasos y otras moléculas las cuales producen peróxido de hidrógeno. (3)

Un método simple y rápido involucra la medición de la capacidad antioxidante de alimentos por medio del uso del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH). El DPPH es usado ampliamente para probar la habilidad de los compuestos para actuar como removedores de radicales libres o donadores de hidrógeno. El método de DPPH puede usarse con muestras sólidas o líquidas y no es específico para ningún antioxidante específico, pero se aplica a la capacidad antioxidante total. Una medida de la capacidad antioxidante total ayuda a entender las propiedades funcionales de un alimento. (22)

A continuación se muestra la estructura del DPPH y su reducción por un antioxidante.



El electrón libre en el radical de DPPH da una fuerte absorción a 517 nm y tiene un color púrpura. El color se vuelve de púrpura a amarillo a medida que la absorbancia molar del radical de DPPH a 517 nm se reduce de 9660 a 1640 cuando el electrón libre del DPPH se aparea con un hidrógeno de un antioxidante eliminador de radicales libres para formar el DPPH-H reducido. La decoloración resultante es estequiométrica con respecto al número de electrones capturados. (22)

Los compuestos antioxidantes pueden ser hidrosolubles, liposolubles, insolubles o adheridos a paredes celulares. (22)

### III. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad los estándares de calidad de los productos alimenticios son cada vez más altos. La industria de alimentos se preocupa más por desarrollar productos que sean aceptables por el consumidor y a la vez funcionales. La calidad nutricional de un alimento se ha convertido en un factor de preocupación entre los consumidores, los cuales exigen productos con buenas características sensoriales y nutricionales.

La dieta de la población guatemalteca proviene básicamente de fuentes vegetales. El consumo de alimentos provenientes de fuentes animales es muchas veces restringido, por lo que la ingesta de vitaminas liposolubles como la vitamina A es reducida. Actualmente muchas compañías y organismos internacionales preocupados por la salud y la alimentación de la población, buscan nuevas alternativas de alimentos que provean una buena fuente de nutrientes y que a la vez sean aceptados culturalmente por las poblaciones a las que van dirigidos. La ventaja de la fortificación con carotenoides es que no existe riesgo de intoxicación como sucede cuando hay un exceso en la ingesta de vitamina A, lo que puede causar la muerte.

Gracias a los avances tecnológicos, se han diseñado procesos en la industria aceitera que permiten conservar algunas características nutricionales del aceite de palma como lo son su alto contenido de carotenoides, tocoferoles y tocotrienoles. Estos aceites tienen muchas aplicaciones en la industria de alimentos por lo que una salsa de tomate puede ser un buen vehículo para la fortificación con carotenoides ya que el tomate es un ingrediente común en la dieta guatemalteca. Con esto se pretende crear un producto económicamente accesible que sea sensorialmente aceptable y que provea de una fuente inocua de vitaminas A y E.

## **IV. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Formular y evaluar la aceptabilidad y algunas características físicas y químicas de una salsa de tomate preparada con aceite de palma rojo fortificado con carotenos y tocoferoles.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Preparar varios tipos de salsas de tomate utilizando diferentes formulaciones y diferentes tipos de aceite (aceite de palma rojo, aceite de palma refinado y aceite de maíz).
2. Comparar la aceptabilidad de las formulaciones de salsas de tomate y elegir la mejor de ellas utilizando pruebas de aceptabilidad con un grupo de mujeres de escasos recursos.
3. Evaluar y comparar las características de color de las salsas preparadas con el aceite de palma rojo, el aceite de palma refinado y el aceite de maíz, empleando un colorímetro.
4. Efectuar un análisis proximal para determinar el contenido nutricional de la salsa de tomate fortificada con carotenoides.
5. Realizar ensayos de cuantificación de carotenoides en las salsas de tomate preparadas con los diferentes aceites.
6. Determinar la capacidad antioxidante de las salsas la cual es proporcionada por los tocotrienoles, carotenoides y tocoferoles presentes en ella.

## V. HIPÓTESIS

1. Existen diferencias significativas de características sensoriales entre las salsas preparadas con el aceite de palma rojo y las demás salsas .
2. Las salsas preparadas con el aceite de palma rojo tendrán mejor aceptabilidad que las demás salsas.
3. Es posible formular una salsa de tomate que sea un buen vehículo para la fortificación con carotenoides.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Materiales y Equipo

#### 1. Materiales y reactivos

Cristalería y Utensilios		Reactivos
	<i>Especificaciones</i>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Cuchillos		NaOH
Ollas		BF <sub>3</sub>
Paletas		Metanol
Tabla de picar		NaCl
Beakers	50, 100, 500, 1000 ml	Heptano
Probetas	10, 50, 100 ml	Sulfato de sodio anhidro
Tubos de ensayo		Eter
Crisoles		Nitrógeno
Pinzas para crisol		α,α difenil β-picril hidrazilo
Buretas		Acetato de sodio tri-hidratado
Soporte de buretas		Acido acético glacial
Erlenmeyers	50, 100, 250 ml	Acetona
Celdas para espectrofotómetro		Petrifilm 3M para conteo de aerobios totales
Balones aforados	50, 100, 500 ml	
Embudos buchner		
Papel filtro		
Erlenmeyers para filtración		
Mangueras de hule		
Pipetas graduadas	1, 5, 10 ml	
Agitador magnético		
Espátulas		

#### 2. Equipo:

- Estufa eléctrica
- Agitador magnético con estufa CORNING
- Horno secador
- Mufla
- Balanza analítica
- Balanza de tres brazos
- Digestor
- Destilador Labconco
- Espectrofotómetro Spectronic 21D
- Colorímetro HunterLab ColorQUEST Sphere, StdzMode: RS

## B.Métodos

1. Definición del producto. Salsa de tomate condimentada, que contiene aceite de palma africana fortificado con carotenoides, tocoferoles y tocotrienoles. Dirigido al público en general y enfocado al consumo general.
2. Evaluación sensorial. Se efectuaron pruebas de preferencia y de ordenamiento para las diferentes etapas del estudio.
3. Evaluación de color. Se usó un colorímetro HunterLab. Se analizaron las muestras en triplicado.
4. Análisis proximal. Las determinaciones de humedad, cenizas, proteína y grasas se hicieron según los métodos de la AOAC. Ver Apéndice 4 para la metodología detallada.
5. Determinación de carotenoides sin saponificación y cuantificación espectrofotométrica (carotenoides totales como equivalentes de  $\beta$ -caroteno).
6. Determinación de la actividad antioxidante utilizando el método colorimétrico del  $\alpha, \alpha$  difenil  $\beta$ -picril hidrazilo (DPPH). Ver Apéndice 4 para metodología.
7. Conteo de aerobios totales usando Petrifilm®. Ver Apéndice 4 para metodología.

## VII. RESULTADOS

### A. Formulación de las salsas de tomate con aceites de palma refinado, maíz y palma rojo

**Cuadro 14**  
Formulación de base para salsa de tomate

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Pasta de tomate	227 g	25.77
Cebolla picada	90 g	10.22
Laurel seco	1 g	0.11
Orégano seco	1 g	0.11
Albahaca seca	1 g	0.11
Sal	10 g	1.14
<b>Aceite</b>	<b>50 g</b>	<b>5.68</b>
Sorbato de potasio	0.9 g	0.1
Agua	500 ml	56.76
<b>TOTAL</b>	<b>880.9 g</b>	<b>100</b>

#### Preparación:

- Se frió la cebolla con el aceite por dos minutos a fuego medio hasta que la cebolla estaba tierna.
- Se agregó el agua y el resto de ingredientes, excepto el sorbato de potasio.
- Se cocinó por seis minutos a fuego lento.
- Se dejó enfriar.
- Se agregó el sorbato de potasio al final.
- Se envasó en frascos de vidrio previamente esterilizados.

Se prepararon cuatro salsas usando aceite de palma rojo (Carotino®), aceite de maíz y aceite de palma y soya, la última salsa se preparó sin aceite.

**Cuadro 15**  
Análisis proximal de las tres formulaciones de salsa de tomate con diferentes tipos de aceite

	<b>Aceite de maíz</b>	<b>Aceite de palma refinado</b>	<b>Aceite de palma rojo</b>	<b>Valor "p"</b>
Proteína	1.93 ± 0.18	2.33 ± 0.20	2.11 ± 0.04	0.59
Grasa	5.48 ± 0.12	5.40 ± 0.007	5.32 ± 0.014	0.77
Humedad	83.52 ± 0.40	82.88 ± 0.44	82.44 ± 0.95	0.42
Cenizas	0.76 ± 0.08	0.95 ± 0.01	0.86 ± 0.05	0.69

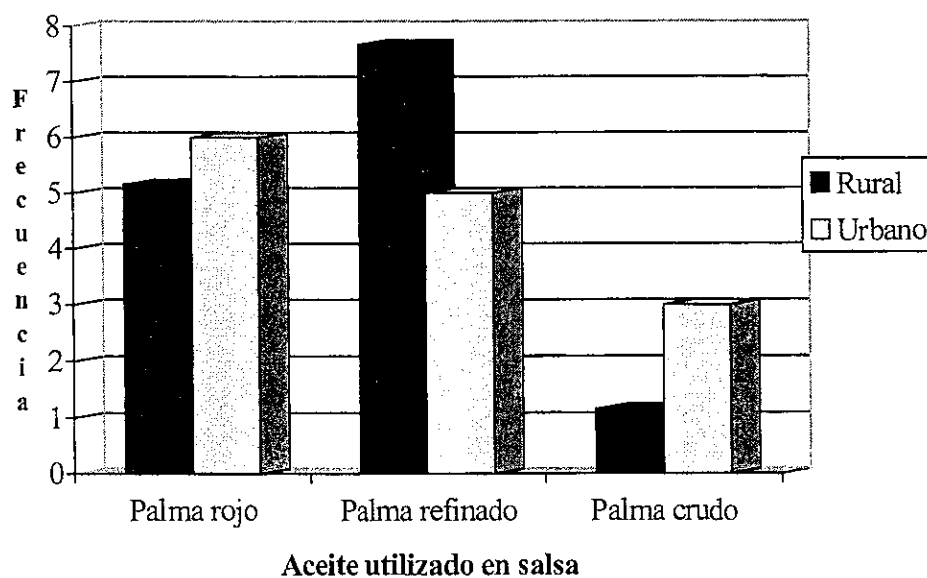
B. Análisis de aceptabilidad salsas de tomate y sugerencias de utilización de salsa de tomate dadas por mujeres de escasos recursos del área rural y urbano marginal

1. Evaluación de preferencia de salsas de tomate en mujeres de escasos recursos

**Sujetos:** 28 mujeres de escasos recursos, 14 casos pertenecientes a la comunidad de Magdalena, Milpas Altas, Sacatepéquez y 14 casos de la Colonia El Mezquital, zona 12 de Guatemala.

**Gráfica 1**

Resultados de la Prueba de Preferencia efectuada con mujeres de escasos recursos de las áreas rural (n = 14) y urbana (n = 14) para determinar preferencia entre los aceites utilizados para la fonnulación de salsa de tomate.



Para determinar si existían diferencias significativas entre las salsas preparadas con diferentes tipos de aceites se realizó una Prueba binomial de dos colas (30) y se determinó que no había diferencias significativas entre las muestras ( $p = 0.067$ )

Cuadro 16

Ingredientes utilizados por mujeres del área rural en la preparación de recetas con salsa de tomate con aceite de palma rojo

R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6
<b>Pollo guisado</b>	<b>Spaghetti con salsa de tomate</b>	<b>Spaghetti con salsa de tomate</b>	<b>Spaghetti con salsa de tomate</b>	<b>Pollo rostizado</b>	<b>Carne molida con salsa de tomate</b>
Pollo Salsa de tomate Consomé Sal de cebolla	Spaghetti Salsa de tomate Sal	Spaghetti Salsa de tomate Sal	Spaghetti Salsa de tomate Margarina Sal	Pollo Cebolla Aceite Salsa de tomate	Carne de res Salsa de tomate Salsa picante Aceite Cebolla
R-7	R-8	R-9	R-10	R-11	R-12
<b>Carne con salsa de tomate</b>	<b>Pizza</b>	<b>Huevos con salsa</b>	<b>Spaghetti con salsa de tomate</b>	<b>Tortitas de carne con salsa</b>	<b>Ensalada de remolacha con salsa</b>
Carne de res Salsa de tomate Cebolla Ajo	Masa de pizza Jamón Queso Chile pimiento Salsa de tomate	Huevos Salsa de tomate Sal	Pasta Salsa de tomate Sal	Carne de res Salsa de tomate Cebolla Sal	Remolacha Cebolla Perejil Salsa de tomate Vinagre
	R-13	R-14	R-15	R-16	
	<b>Pollo guisado</b>	<b>Pollo con arroz</b>	<b>Tortitas de carne con salsa</b>	<b>Pasta con salsa</b>	
	Pollo Salsa de tomate Tomates Laurel Sal de cebolla Consomé	Pollo Salsa de tomate Arroz	Carne de res Salsa de tomate Chile pimiento Cebolla Ajo Tomates	Salsa de tomate Pasta	

**Cuadro 17**

Ingredientes utilizados por mujeres del área urbana en la preparación de recetas con salsa de tomate con aceite de palma rojo

<b>U-1</b>	<b>U-2</b>	<b>U-3</b>	<b>U-4</b>	<b>U-5</b>
<b>Pollo guisado</b>	<b>Huevos con salsa de tomate</b>	<b>Huevos con salsa de tomate</b>	<b>Pizza</b>	<b>Pollo guisado</b>
Pollo Salsa de tomate Harina Ajo Cebolla	Huevos Salsa de tomate	Huevos Salsa de tomate	Chile pimiento Jamón Queso Cebolla Harina Salsa de tomate Azúcar Agua	Pollo Papas Salsa de tomate
<b>U-6</b>	<b>U-7</b>	<b>U-8</b>	<b>U-9</b>	<b>U-10</b>
<b>Pollo guisado</b>	<b>Empanada de loroco</b>	<b>Bistec</b>	<b>Huevos con salsa</b>	<b>Tostadas</b>
Cebolla Pollo Pasta de tomate Ajo Sopa instantánea de res Salsa de tomate	Loroco Harina de maíz Aceite Salsa de tomate	Carne de res Pasta de tomate Salsa de tomate	Huevos Salsa de tomate	Tostadas Salsa de tomate
<b>U-11</b>	<b>U-12</b>	<b>U-13</b>	<b>U-14</b>	<b>U-15</b>
<b>Pasta con salsa de tomate</b>	<b>Pasta con salsa de tomate</b>	<b>Carne guisada</b>	<b>Pollo guisado</b>	<b>Pollo guisado</b>
Spaghetti Salsa de tomate	Ajo Pasta Cebolla Salsa de tomate	Ajo Cebolla Carne de res Consomé Coca Cola Salsa de tomate	Pollo Cebolla Salsa de tomate	Spaghetti Salsa de tomate

## 2. Evaluación de preferencia de salsas preparadas con diferentes concentraciones de aceite

### Sujetos

15 estudiantes y profesionales, entre 25 y 60 años de edad. A los participantes se les pidió que proporcionaran su consentimiento verbal para participar en la evaluación.

**Cuadro 18**

Puntuaciones de la evaluación general de apariencia, color, textura, olor y sabor para tres concentraciones de aceite en salsa de tomate.

No. de sujeto	Apariencia general			Color			Textura			Olor			Sabor		
	% aceite	4%	6%	8%	4%	6%	8%	4%	6%	8%	4%	6%	8%	4%	6%
1	1	3	2	2	3	1	1	3	2	2	1	3	2	1	3
2	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	1	3	2
3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	3	2	2	3	1
4	2	1	3	1	3	1	2	1	3	3	1	2	1	2	3
5	2	1	3	3	3	3	3	1	2	2	1	3	2	3	1
6	3	2	1	3	2	1	2	3	1	3	2	1	3	1	2
7	3	2	1	1	1	1	3	2	1	2	3	1	1	3	2
8	3	2	1	3	3	3	2	1	3	2	1	3	2	3	1
9	3	2	1	3	3	1	2	3	1	3	2	1	2	1	3
10	3	1	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3
11	1	2	3	1	3	2	1	2	3	1	3	2	2	3	1
12	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	3	2	1
13	1	2	3	1	2	3	3	2	1	2	3	1	2	3	1
14	1	2	3	1	2	3	1	3	2	1	3	2	1	2	3
15	1	2	3	1	2	3	1	3	2	2	3	1	3	1	2
<b>Sumatoria</b>	<b>30</b>	<b>29</b>	<b>31</b>	<b>28</b>	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>29</b>	<b>32</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>32</b>	<b>29</b>

### Análisis estadístico:

Los datos resultantes del ensayo de ordenamiento para determinar diferencias entre las distintas formulaciones de salsa de tomate con aceite de palma rojo fueron analizados con la prueba de ordenamiento para intensidad, en donde las comparaciones se hicieron a

1% de nivel de significancia (30). Las pruebas estadísticas no mostraron diferencias significativas en ninguno de los parámetros para ninguna de las formulaciones.

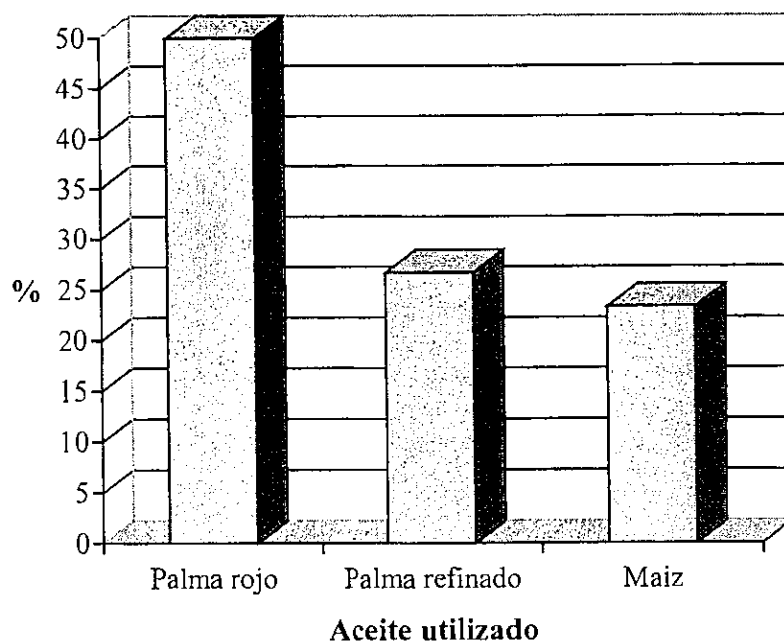
3. Evaluación de preferencia de tres tipos de salsa de tomate preparadas con aceites de maíz, palma refinado y palma rojo

**Sujetos:**

30 estudiantes y profesionales, entre 22 y 76 años de edad. A los participantes se les pidió que proporcionaran su consentimiento verbal para participar en la evaluación.

**Gráfica 2**

Resultados de la Prueba de Preferencia de salsas de tomate preparadas con aceites de palma rojo, palma refinado y maíz



C. Contenido de carotenoides totales en salsas de tomate preparadas y aceites de maíz, palma refinado y aceite de palma rojo

**Cuadro 19**

Contenido de carotenoides en aceites de maíz, palma refinado, palma rojo, salsas preparadas con estos aceites y sus adecuaciones a las Ingestas Dietéticas Recomendadas (DRI) para un niño de 4 a 8 años y una mujer mayor de 18 años

<b>Muestra</b>	<b>Concentración de carotenoides (ppm)</b>	<b>Equivalentes de Actividad de Retinol/100 g</b>	<b>% de DRI para un niño de 4 – 8 años (µg/día)<sup>c</sup></b>	<b>% de DRI para una mujer de 18 a &gt;70 años (µg/día)<sup>c</sup></b>
Aceite de palma rojo	427.4 ± 10.2	17070 <sup>a</sup>	2133.7%	1219.3%
<i>Aceite de palma refinado</i>	0.7 ± 0.3	30 <sup>a</sup>	3.7%	2.1%
Aceite de maíz	1.2 ± 0.1	45 <sup>b</sup>	5.6%	3.2%
Salsa de tomate con aceite de palma rojo	21.6 ± 1.5	865	108.1%	61.8%
Salsa de tomate con aceite de palma refinado	No detectable	-	-	-
Salsa de tomate con aceite de maíz	No detectable	-	-	-
Azúcar fortificada	-	980 (no analizado)	122.5%	70%

<sup>a</sup> Se asume que 60.9% de los carotenoides totales son β-caroteno y 38.1% son α-caroteno

<sup>b</sup> Asumiendo que 50% de carotenoides son β-caroteno y 50% zeaxantina

<sup>c</sup> Asumiendo una porción de 50 gramos

**Cuadro 20**

Posibles aplicaciones del aceite de palma rojo y su contenido de Equivalentes de Actividad de Retinol (RAE) según la cuantificación espectrofotométrica de carotenoides totales

<b>Producto</b>	<b>Contribución del aceite de palma rojo en el producto (RAE/ 50 g de producto)</b>
<u>Mayonesa</u> 90 g de aceite 1 yema de huevo 1/8 cdta de pimienta ¼ cdta de mostaza ½ cdta de azúcar ¼ cdta de sal ½ cdta de vinagre	5428 RAE
<u>Panqueques de banano</u> 1 ¼ taza de harina 2 bananos ½ cdta de nuez moscada 2 cdta de royal 1 ¼ tazas de leche 2 claras de huevo 9 g de aceite 1 cdta de vainilla 1 pizca de sal	90 RAE
<u>Sopa de tomate</u> 18 g de aceite 1 cebolla picada 2 tomates 1 taza de leche 5 dientes de ajo 2 cds de perejil ½ de agua sal	26 RAE
<u>Galletas</u> 230 g de margarina 9 g de aceite 1 huevo 1 cdta de vainilla 125 g de azúcar 300 g de harina ½ cdta de royal	107 RAE

D. Análisis de color con colorímetro Hunter Lab**Cuadro 21**

Lecturas de parámetros “a”, “b” y “L” para las salsas hechas con tres tipos de aceite (palma rojo, maíz y palma refinado)

Muestra	Repetición	“L”	X ± SD	“a”	X ± SD	“b”	X ± SD
Palma rojo	1	31.88	31.96 ± 0.13	17.33	17.21 ± 0.12	11.36	11.55 ± 0.24
	2	31.89		17.20		11.48	
	3	32.11		17.09		11.82	
Maíz	1	27.97	28.49 ± 0.48	14.59	15.36 ± 0.67	9.65	10.11 ± 0.41
	2	28.60		15.79		10.25	
	3	28.90		15.69		10.44	
Palma refinado	1	28.47	28.64 ± 0.71	14.74	14.88 ± 0.18	9.98	10.35 ± 0.46
	2	29.41		14.82		10.86	
	3	28.03		15.08		10.22	
Sin aceite	1	30.78	30.99 ± 0.21	14.32	14.86 ± 0.47	9.61	9.80 ± 0.20
	2	31.20		15.17		10.00	
	3	30.98		15.10		9.80	

**Cuadro 22**

Análisis de varianza para determinar diferencias en parámetros de color entre muestras de salsas con diferentes tipos de aceite

Comparación	“a”	“b”	“L”
PR – SA	p = 0.000032	p = 0.00001	p = 0.0001
M – SA	p = 0.325	p = 0.2729	p = 0.000032
P – SA	p = 0.95	P = 0.09	p = 0.00055
M – P	p = 0.264	p = 0.517	p = 0.772
PR – P	p = 0.000	p = 0.0037	p = 0.00004
PR – M	p = 0.0014	p = 0.00078	p = 0.000002

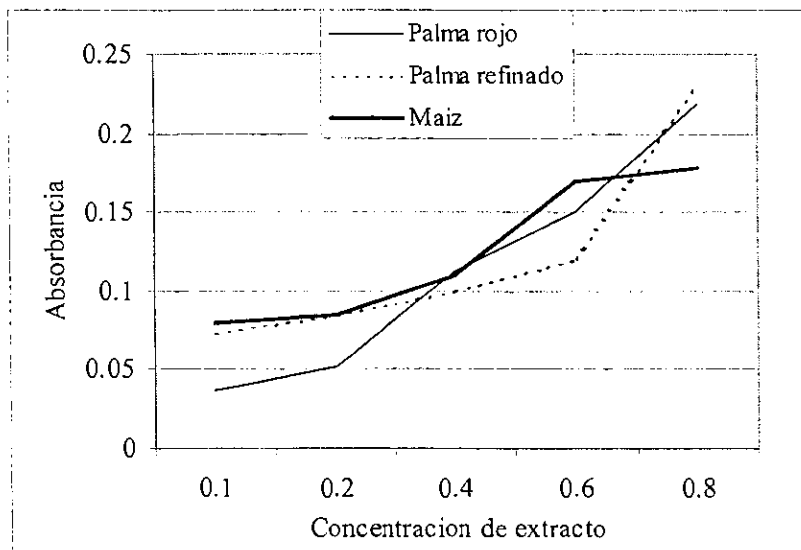
Abreviaturas: PR = palma rojo, M = maíz, P = palma refinado, SA = sin aceite

\* Las comparaciones que tienen diferencias significativas están sombreadas en gris

E. Determinación de la actividad antioxidante utilizando  $\alpha,\alpha$  difenil  $\beta$ -picril hidrazilo (DPPH)

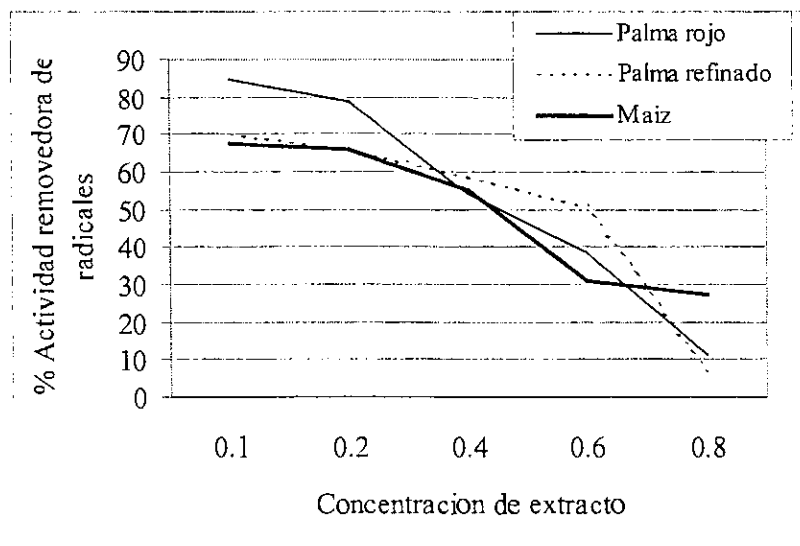
**Gráfica 3**

Lecturas de absorbancia para medir actividad removedora de radicales para tres tipos de extractos de aceites a diferentes concentraciones usando el ensayo de DPPH



**Gráfica 4**

Porcentaje de actividad removedora de radicales de diferentes extractos de aceites a diferentes concentraciones

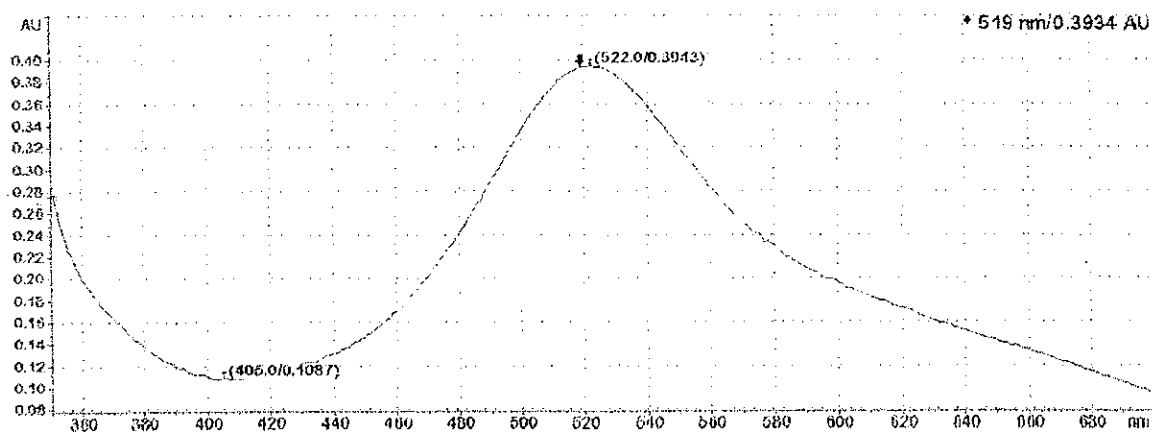


**Figura 8**  
Espectro de absorbancia de estándar de DPPH (a) y muestra de aceite de palma rojo (b)

UNIVERSIDAD DEL VALLE

Print Window

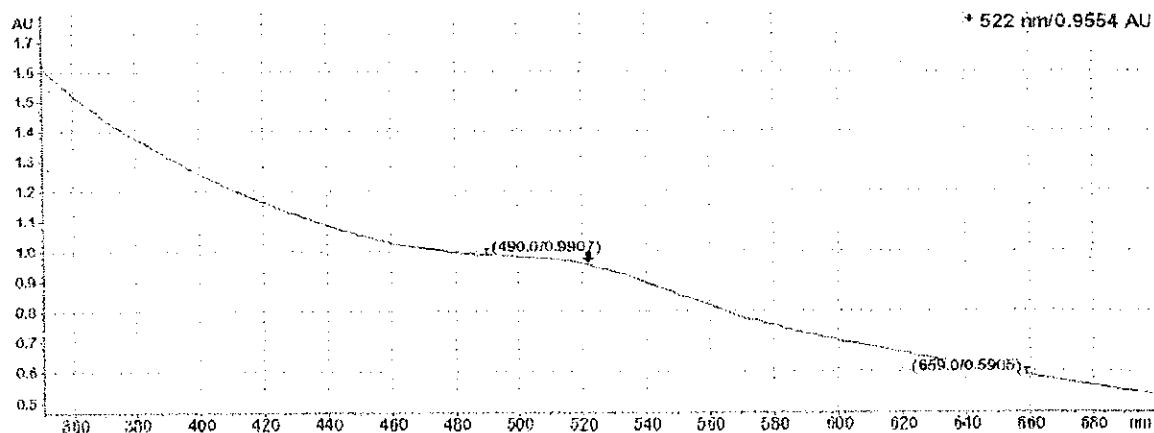
Mar 10, 2004 16:28



UNIVERSIDAD DEL VALLE

Print Window

Mar 10, 2004 16:34



F. Análisis microbiológico**Cuadro 23**

Conteos microbiológicos de aerobios totales en salsas de tomate preparadas con aceite de palma rojo

Tiempo de almacenamiento de muestra	Conteo de aerobios totales
Salsa fresca (1 día de preparación)	350 UFC/g
5 semanas	10,000 UFC/g

G. Análisis de costos**Cuadro 24**

Análisis de costos de salsa de tomate hecha con aceite de palma rojo

Ingrediente	Cantidad	Costo (Q)	Costo de una salsa de tomate comercial (880.9 g)	Costo de una salsa de tomate hecha en casa (880.9g)*
Pasta de tomate	227 g	5.00		
Cebolla picada	90 g	0.47		
Laurel seco	1 g	0.10		
Orégano seco	1 g	0.10		
Albahaca seca	1 g	0.10		
Sal	10 g	0.10		
<b>Aceite</b>	<b>50 g</b>	<b>8.00</b>		
Sorbato de potasio	0.9 g	0.10		
Agua	500 ml	0.50		
Frasco de vidrio	1	1.50		
<b>TOTAL</b>	<b>880.9 g</b>	<b>Q 15.97</b>	<b>Q 21.43</b>	<b>Q8.81</b>

\* No se toma en cuenta en costo del frasco de vidrio ni el sorbato de potasio y se utiliza un aceite comercial, no el de palma rojo.

## VIII. DISCUSIÓN

Los problemas de deficiencia de micronutrientes alrededor del mundo han empujado a científicos e industria a crear soluciones nuevas e innovadoras para entregar micronutrientes de una manera segura y eficiente. Innovaciones tecnológicas han permitido maximizar los beneficios nutricionales del aceite de palma en términos de su contenido de vitamina E y de carotenoides precursores de vitamina A. El aceite utilizado en este estudio es un aceite de palma rojo que no es procesado en Guatemala, sino en Malasia. Actualmente Guatemala posee una creciente industria de aceite de palma, con muy buenos índices de producción, pero sin interés en invertir en procesos innovadores como el utilizado en la producción de este aceite. Con este estudio se pretende dar evidencia sobre los beneficios que este aceite puede tener en la salud de la población en general y de alguna manera incentivar a la industria privada a invertir en tecnología e investigación. Además, se pretende explorar la utilización de un aceite de palma con alto contenido de carotenoides y vitamina E en una salsa de tomate como vehículo de fortificación.

Se han efectuado estudios previos en donde se exploró la aceptabilidad que estas salsas tienen en algunas poblaciones de escasos recursos tanto del área urbana como rural. La gráfica 1 muestra los resultados de la prueba de preferencia realizada en ambos lugares de estudio. A los sujetos se les dio a probar tres tipos de salsas preparadas con aceites de palma crudo, palma refinado y palma rojo, y se les pidió que eligieran la que más les gustaba. Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre ninguna de las salsas en ninguno de los sitios, pero en el área rural se notó cierta tendencia de preferencia por la salsa hecha con aceite de palma refinado. Se observó que tres de las mujeres no tuvieron preferencia por ninguna de las salsas y les gustaron por igual. Además se les entregó una muestra de salsa de tomate y se les pidió que prepararan un plato utilizando la salsa. Los cuadros 16 y 17 muestran las recetas preparadas por las mujeres. Los platos varían desde tostadas con salsa hasta recetas con más preparación como pizza y guisos.

A raíz de estas pruebas se hizo la formulación de la salsa y se hicieron los ensayos químicos para su estudio. Debido a que se quiere maximizar la entrega de carotenoides y tocoferoles en la salsa pero sin alterar la palatabilidad del producto, se hizo una evaluación de aceptabilidad en donde se pretendía establecer la concentración de aceite a usar en la formulación final. El Cuadro 16 muestra los resultados de la evaluación de aceptabilidad de tres formulaciones de salsas de tomate con tres concentraciones distintas de aceite de palma rojo (4, 6 y 8%). Se evaluaron parámetros de color, sabor, textura, olor y apariencia general. Los análisis estadísticos mostraron de que no hay diferencias significativas en ninguno de los parámetros descritos anteriormente para ninguna de las tres preparaciones de salsa de tomate. Para las pruebas estadísticas se utilizó un nivel de significancia del 1%. A partir de esta evaluación se decidió formular las salsas de tomate usando un 6% de aceite. De esta manera se maximiza la entrega de carotenoides pero se evita obtener un producto demasiado grasoso. La formulación final se muestra en el Cuadro 14.

La gráfica 2 muestra los resultados del ensayo de aceptabilidad realizado con salsas preparadas con aceites de palma rojo, palma refinado y maíz. El objetivo de esta prueba era determinar si los potenciales consumidores detectaban diferencias entre las diferentes salsas y si tenían preferencias por alguna en especial. Los resultados mostraron que un 50% de los panelistas prefirieron la salsa preparada con aceite de palma rojo. Las pruebas estadísticas chi cuadrado y la prueba binomial de dos colas indicaban que esta preferencia no era significativa ( $p = 0.32$  y  $p = 856$  respectivamente).

Existe la preocupación por el tipo de grasas que posee el aceite de palma ya que un 45.6% de ellas son saturadas. El alto consumo de grasas saturadas ha sido asociado con enfermedades cardiovasculares por lo que la Organización Mundial de la Salud recomienda un consumo de grasas del 15 al 30%, de las cuales únicamente un 10% deberían corresponder a grasas saturadas. (31) Una porción de 50 g de salsa preparada con este aceite proveería solo un 6% de la recomendación para este tipo de grasas. Por

otro lado, varios estudios han reportado que dietas con aceite de palma produjeron una reducciones de un 5 a 36% en los niveles de colesterol sanguíneo (19). La explicación de esto se centra en la estructura de los triglicéridos que conforman las grasas más que en su contenido. Se ha encontrado que la posición 2 en la estructura del triglicérido es determinante en la absorción de la grasa, mientras que las posiciones 1 y 3 son menos absorbidas, especialmente si son ácidos grasos saturados de cadena larga. En el aceite de palma, los ácidos grasos mono y poliinsaturados constituyen un 87% de los ácidos grasos totales en la posición 2, por lo que el aceite de palma se comporta como un aceite monoinsaturado. Además, se ha demostrado que los tocoferoles (presentes en grandes cantidades en el aceite de palma) disminuyen la agregación de plaquetas, previniendo trombosis coronarias.

Los resultados del análisis proximal se muestran en el Cuadro 15. El análisis de proteína muestra que las salsas poseían aproximadamente un 2% de proteína. Estos porcentajes no deberían de variar mucho ya que la formulación es la misma y lo único que varía es el tipo de aceite empleado. De igual manera, se muestran los resultados de los análisis de grasa, humedad y cenizas. Los porcentajes no variaron mucho entre las muestras y las diferencias no eran significativas estadísticamente. El contenido de aceite agregado a las salsas no varía los porcentajes teóricos con respecto a los experimentales.

El Cuadro 19 muestra el contenido de carotenoides totales en muestras de aceite de palma rojo, palma refinado y maíz, así como de las salsas preparadas con dichos aceites. Para hacer esta cuantificación se utilizó el método espectrofotométrico el cual tiene la limitante de subestimar el contenido real de carotenoides. Para los fines de este estudio se encontró una limitante ya que no hace distinciones entre carotenoides. Los fabricantes del aceite de palma rojo reportan que éste tiene 516 ppm de carotenoides, pero al cuantificarlo por medio de este ensayo se cuantificaron 427.4 ppm. Esto se puede deber a varias razones: la poca sensibilidad del método, la fácil degradación de los carotenoides al ser expuestos a la luz o al tiempo en el que el aceite ha estado en

almacenamiento. Se observó que los otros aceites no contenían cantidades significativas de carotenoides bioconvertibles a vitamina A. Utilizando las nuevas conversiones de carotenoides a Equivalentes de Actividad de Retinol (RAE), se determinó que el aceite de palma rojo contenía 17070 RAE por 100 g. Con el fin de tener un parámetro de comparación se emplearon las Ingestas Dietéticas Recomendadas (DRI) para un niño de 4 a 8 años de edad y una mujer adulta. Se determinó que con un consumo de 50 g de este aceite se cubren en un 2133.8% el DRI para un niño y en un 1219.3% para una mujer adulta. La ventaja de suplementar con carotenoides bioconvertibles a vitamina A en vez de palmitato de retinol es que no hay peligro de intoxicación ya que la bioconversión a retinol es “autorregulada”. Los otros aceites poseían pequeñas cantidades de carotenoides que aportan poco a las recomendaciones de vitamina A. Se hicieron ciertas suposiciones con respecto a la conversión de ppm de carotenoides totales a RAE. En el caso del aceite de palma rojo se conoce que el 60.9% de los carotenoides totales son  $\beta$ -caroteno y 38.1% son  $\alpha$ -carotenos, (24) y se utilizó el factor de conversión de 1:2 para  $\beta$ -carotenos en aceite de y 1:4 para  $\alpha$ -carotenos en aceite. En el caso del aceite de palma se hizo la misma suposición. En el caso del aceite de maíz, se asumió que el 50% de los carotenoides eran  $\beta$ -carotenos y el otro 50% es zeaxantina.

El análisis de carotenoides totales en las salsas tenía como propósito cuantificar los carotenoides presentes después del procesamiento. Se determinó que la salsa preparada con aceite de palma rojo contenía 21.64 ppm de carotenoides al final. A partir de esto se determinó que había una pérdida del 10.8%, lo que concuerda con datos reportados en otras fuentes en los que se han observado pérdidas entre el 10 y 30% (7). Si una persona consumiera 50 gramos de esta salsa, estaría consumiendo 865 RAE, lo que equivale al 108.1% del DRI para un niño de 4 a 8 años y a 61.8% del DRI para una mujer adulta.

Se realizó un modelaje en donde se exploraba el uso del aceite de palma rojo en productos como mayonesa, galletas, sopa y panqueques. Estas podrían ser otras opciones

para ser vehículos de fortificación con este aceite. Se observó que teóricamente, la mayonesa podría ser un buen vehículo ya que el aporte de RAE's es considerablemente alto. Los alimentos sometidos a tratamientos térmicos a altas temperaturas, como por ejemplo las galletas, podrían no ser un buen vehículo ya que habrían pérdidas muy altas de carotenoides por el calor.

El Cuadro 20 muestra los resultados del análisis de color realizados con el colorímetro Hunter Lab. Los parámetros "a" (rango de rojo a verde) "b" (rango de azul a amarillo) y "L" (claridad) se compararon con un estándar de salsa preparada sin aceite. Se observó que las salsas preparadas con aceite de palma rojo eran significativamente diferentes al control y a las otras salsas de tomate preparadas con aceite de maíz y de palma refinado. Mientras que las salsas con aceite de maíz y de palma refinado no eran significativamente diferentes al estándar con respecto a los parámetros "a" y "b", pero sí eran significativamente diferentes en términos de claridad. Esto confirma que el alto contenido de carotenoides del aceite de palma rojo provee una coloración más rojiza a la salsa. En el Anexo 3 se muestra el Diagrama de color para las muestras de salsa de tomate. Aquí se observa que las salsas preparadas con aceite rojo son en efecto más rojas y más amarillas que las otras muestras.

Inicialmente se tenía planificado realizar el ensayo de capacidad antioxidante con DPPH para las salsas y aceites. El ensayo consiste en medir el cambio de color de una especie química, en este caso el DPPH ( $\alpha, \alpha$  difenil  $\beta$ -picril hidrazilo), el cual al pasar de un estado oxidado a uno reducido por la pérdida de un electrón, cambia de color morado a incoloro. Con esto se pretende cuantificar la capacidad que tiene un antioxidante para "atrapar" radicales libres, lo que es una medida indirecta de medir el efecto protector de una sustancia. Las gráficas 3 y 4 muestran los resultados de pruebas que se efectuaron con extractos metanólicos de los tres diferentes aceites usados en la formulación de las salsas de tomate. En teoría se debería de haber observado un descenso en la absorbancia a medida que se aumentaba la concentración del extracto de aceite, pero en este caso en particular se observó todo lo contrario. De igual forma, al calcular y graficar el porcentaje de actividad removedora de radicales, se observó que a medida que se

aumentaba la concentración de extracto, ésta disminuía. Se hicieron varios ensayos en donde se probaron diferentes métodos de extracción pero se obtenían los mismos resultados. Para averiguar las posibles causas del problema se hizo un espectro de absorbancia con el control de DPPH y una muestra de aceite de palma rojo, los resultados se muestran en la figura 8. Aquí se observó que el control de DPPH (DPPH + tampón + metanol) se comporta adecuadamente, teniendo un pico máximo de absorbancia a los 522 nm como se esperaba, pero al observar el espectro de la muestra se notó que había interferencia de color y turbidez. Esto puede deberse a la naturaleza oleosa de la muestra, la cual al ser mezclada con el tampón a base de agua, forma micelas insolubles que crean turbidez. Se hicieron pruebas en donde se eliminaba el tampón pero se formaban sub-productos que también interferían con las lecturas. La estandarización de este ensayo requiere de mas tiempo y más pruebas.

El Cuadro 22 muestra los resultados del conteo de aerobios totales para determinar la calidad microbiológica del producto. Inicialmente la muestra fresca tenía un conteo de aerobios totales de 350 UFC/g, después de 5 semanas de almacenamiento la muestra contenía 10,000 UFC/g. Estos todavía son rangos microbiológicos permitidos. Se acepta que un conteo de 100,000 UFC/g ya no es un rango permisible para consumo por lo que se estima que a este ritmo de crecimiento bacteriano, en dos semanas el producto podría ya no ser apto para consumo.

El análisis de costos se hizo tomando en cuenta únicamente los ingredientes y envase, por lo que es un costo aproximado del producto final. El ingrediente más caro es el aceite como era de esperarse, pero si se compara el precio de esta salsa (Q15.97) con los precios de otras salsas (Q21.43) en el mercado se puede notar que es inferior. Se pueden hacer formulaciones en donde se puedan reducir costos. Esta salsa es bastante concentrada por lo que podría hacerse una formulación con un mayor porcentaje de agua. El costo de una salsa de tomate hecha en casa es menor, ya que no se toma en cuenta el costo del aceite de palma rojo, sino que el de un aceite comercial, ni el costo del envase.

## IX. CONCLUSIONES

1. Las salsas preparadas con aceite de palma refinado tuvieron mejor aceptabilidad entre las mujeres de escasos recursos de la comunidad de Magdalena, Milpas Altas y la colonia El Milagro, Guatemala, aunque estas diferencias no eran significativas estadísticamente.
2. Las mujeres pertenecientes a la comunidad de Magdalena y a la colonia El Milagro prepararon diversas recetas con las salsas de tomate que se les entregó. Entre los platillos preparados se encontraban guisos de pollo y carne, pasta y huevos, entre otros.
3. No se detectaron diferencias significativas entre las distintas formulaciones de salsa de tomate al usarse diferentes porcentajes de aceite de palma rojo.
4. Las salsas preparadas con aceite de palma rojo fueron preferidas por la mitad de los panelistas en comparación a las salsas preparadas con aceite de palma refinado y aceite de maíz, pero estas diferencias no eran estadísticamente significativas.
5. El aceite de palma rojo en la salsa de tomate aporta una cantidad considerable de carotenoides precursores de vitamina A, los cuales podrían contribuir a alcanzar las Recomendaciones Dietéticas Diarias (DRI's) de vitamina A para varios grupos etáreos.
6. Las pérdidas de carotenoides por procesamiento (10.8%) se encuentran dentro de los rangos esperados, reportados por la literatura según las fuentes consultadas.
7. Se detectaron diferencias significativas en los parámetros de color "a", "b" y "L" entre las salsas preparadas con aceite de palma rojo y las demás salsas preparadas con aceites de palma refinado y de maíz.

8. Se formuló una salsa de tomate a base de aceite de palma rojo con una buena aceptabilidad sensorial y alto contenido de carotenoides precursores de vitamina A.

## X. RECOMENDACIONES

1. Realizar más pruebas para estandarizar el ensayo de capacidad antioxidante con DPPH en aceites.
2. Realizar estudios de intervención en poblaciones deficientes de vitamina A utilizando estas salsas de tomate con el fin de evaluar su efectividad.
3. Evaluar otros vehículos de fortificación con carotenoides precursores de vitamina A, utilizando este aceite fortificado.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Benadé, A.J.S. 2001. "The potential of red palm oil-based shortening as a food fortificant for vitamina A in the baking industry". Food and Nutrition Bulletin. 22(4): 416-418.
- 2) Chakravarty, I. 2000. "Food-based strategies to control vitamin A deficiency". Food and Nutrition Bulletin. 21(2):135-143.
- 3) Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. 2001 . Institute of Medicine. National Academy Press. Washington D.C.
- 4) Guan, T.T., Whiteman, M. "Antioxidant activities of some tropical fruits". Consultado el 19/03/2004.  
[www.staff.science.nus.edu.sg/~scilooe/srp2002/sci\\_papers/biochem/research\\_paper/tan%20tze%20guan1.pdf](http://www.staff.science.nus.edu.sg/~scilooe/srp2002/sci_papers/biochem/research_paper/tan%20tze%20guan1.pdf)
- 5) Jellinek, G. 1985. "Sensory Evaluation of Food: Theory and Practice". The Camelot Press. Inglaterra. 250 pp.
- 6) Kiess, L.; R. Moench-Pfanner,.; M.W. Bloem. 2001 "Food-based strategies: Can they play a role in international development? Food and Nutrition Bulletin. 22(4): 436-442.
- 7) Kritchevsky, D. 2000. "Impact of red palm oil on human nutrition and health". Food and Nutrition Bulletin. 21(2): 182-188.

- 8) Kuhnlein, H.V. "Finding food sources of vitamin A and provitamin A". Food and Nutrition Bulletin. 2000. 21:2,130-134.
- 9) Lim, C; C.S. Koh. 1999. "Tocotrienols: An exciting member of the vitamin E family with positive health effect". Scientific and Technical Services Department Malaysian Palm Oil Promotion Council. 13 pp.
- 10) Lopriore, C; F. Branca. 2001. "Strategies to fight anaemia and growth retardation in Saharawi refugee children". Publicación del INRAN (Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione). 64 pp.
- 11) Malaysian Palm Oil Promotion Council. 1995. "Malaysian Palm Oil". Boletín.
- 12) Malaysian Palm Oil Promotion Council. 2000. "An endorsement on Health, Nutrition and Palm Oil". Boletín. 33 pp.
- 13) McLaren, D.S.; M.Frigg. 1997. "Sight and Life Manual on Vitamin A Deficiency Disorders (VADD). Task Force SIGHT AND LIFE. 138 pp.
- 14) Nagewndran, B.; U.R. Unnithan; Y.M. Choo y K. Sundram. 2000. "Characteristics of red palm oil, a carotene- and vitamin E- rich refined oil for food uses". Food and Nutrition Bulletin. 21(2): 189-194.
- 15) Narasinga R. 2000. "Potential use of red palm oil in combating vitamin A deficiency in India". Food and Nutrition Bulletin. 21(2): 189-194.
- 16) Narasinga, R. 2001. "Dietary approaches to the prevention of vitamin A deficiency: Indian experience with red palm oil as a source of vitamin A". Food and Nutrition Bulletin. 22(4): 395-399.

- 17) O'Brien, R.D. 1998. "Fats and Oils: Formulation and Processing for Applications". Technomic Publishing Company. 694 pp.
- 18) Ong, A.S.H; S.H. Goh. 2002. "Palm oil: A healthful and cost-effective dietary component". Food and Nutrition Bulletin. 23(1): 11-22.
- 19) Piggott, J.R. (Ed.) 1984. "Sensory Analysis of Foods". Elsevier Applied Science Publishers. Inglaterra. 320 pp.
- 20) Pinetta, C. 2002. "Capacidad antioxidante de algunas plantas comestibles autóctonas de la etnia quiché". TESIS Universidad de San Carlos de Guatemala.
- 21) Prakash, A. 2001. "Antioxidant Capacity". Analytical Progress. Medallion Laboratories. 19( 2).
- 22) Rodríguez-Amaya, D. 2002. "Effects of processing and storage on food carotenoids. Sight and Life. Newsletter 3/2002. pp 25-35.
- 23) Scrimshaw, N. "Nutritional potential of red palm oil for combating vitamin A deficiency". Food and Nutrition Bulletin. 2000. 21:2, 195-201.
- 24) Tan D.T; H.T. Khor; W.H. Low; A. Ali y A. Gapor. 1991. "Effect of a palm-oil-vitamin E concentrate on the serum and lipoprotein lipids in humans". American Journal of Clinical Nutrition. 53(4 suppl): 10275 – 10305.
- 25) Torún, B; M.T. Menchú. y L.G. Elías. 1996. "Recomendaciones dietéticas diarias del INCAP". 1era. Ed. Publicación INCAP ME/057. 137 pp.

- 26) Underwood, B. 2000. "Dietary approaches to the control of vitamin A deficiency: An introduction and overview". Food and Nutrition Bulletin. 21(2):117-123.
- 27) Watts, B.M. et.al., 1989. "Basic sensory methods for food evaluation". International Development Research Centre. Ottawa, Canadá. 160 pp.
- 28) [www.clinidiabetes.com/es/infodiabetes/02\\_educacion/03\\_tratamiento/2\\_nutrici3n/1\\_1.htm](http://www.clinidiabetes.com/es/infodiabetes/02_educacion/03_tratamiento/2_nutrici3n/1_1.htm) Consultado el 18/02/2004.

**APÉNDICE 1: Formato de boletas para la prueba de ordenamiento y prueba de preferencia**

**A. Boleta prueba de ordenamiento**

Nombre _____	Fecha _____
Edad _____	
<b>Instrucciones:</b> A continuación se le presentan tres muestras de salsa de tomate. Pruebe cada muestra empezando con la izquierda. Entre cada galleta que pruebe tome un trago de agua y luego pruebe la siguiente. Al terminar señale el orden en que usted las prefiera, colocando en primer lugar la que más le gusta y el último lugar la que menos le gusta.	
Muestra que más le gusta _____	(Escriba el número de la muestra)
_____	(Escriba el número de la muestra)
Muestra que menos le gusta _____	(Escriba el número de la muestra)
Comentarios _____	
_____	
<i>Muchas gracias</i>	

**B. Boleta Prueba de Preferencia**

Nombre _____	Fecha _____
Edad _____	
<b>Instrucciones:</b> A continuación se le presentan tres muestras de salsa de tomate. Pruebe cada muestra empezando con la izquierda. Entre cada galleta que pruebe tome un trago de agua y luego pruebe la siguiente. Al terminar indique cuál fue la muestra que más le gustó.	
Código de la muestra que más le gustó _____	
Comentarios _____	
_____	

**APÉNDICE 2: Análisis estadístico para los parámetros de color a, b y L usando  
EPI-INFO 6 (Versión 6.04 b – c)**

- Estadística descriptiva y ANOVA para parámetro “a”

A	ID				Total
	C	M	O	S	
14.32	0	0	0	1	1
14.59	0	1	0	0	1
14.74	0	0	1	0	1
14.82	0	0	1	0	1
15.08	0	0	1	0	1
15.10	0	0	0	1	1
15.17	0	0	0	1	1
15.69	0	1	0	0	1
15.79	0	1	0	0	1
17.09	1	0	0	0	1
17.20	1	0	0	0	1
17.33	1	0	0	0	1
Total	3	3	3	3	12

ID	Obs	Total	Mean	Variance	Std Dev
C	3	52	17.207	0.014	0.120
M	3	46	15.357	0.443	0.666
O	3	45	14.880	0.032	0.178
S	3	45	14.863	0.223	0.472

ID	Minimum	25%ile	Median	75%ile	Maximum	Mode
C	17.090	17.090	17.200	17.330	17.330	17.090
M	14.590	14.590	15.690	15.790	15.790	14.590
O	14.740	14.740	14.820	15.080	15.080	14.740
S	14.320	14.320	15.100	15.170	15.170	14.320

ANOVA  
(For normally distributed data only)

Variation	SS	df	MS	F statistic	p-value
Between	11.098	3	3.699	20.784	0.000392
Within	1.424	8	0.178		
Total	12.522	11			

Bartlett's test for homogeneity of variance

Bartlett's chi square = 5.139 deg freedom = 3 p-value = 0.161923

The variances are homogeneous with 95% confidence.

If samples are also normally distributed, ANOVA results can be used.

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance

Kruskal-Wallis H (equivalent to Chi square) = 6.897

Degrees of freedom = 3

p value = 0.075240

- Estadística descriptiva y ANOVA para parámetro "b"

b	ID				Total
	C	M	O	S	
9.61	0	0	0	1	1
9.65	0	1	0	0	1
9.80	0	0	0	1	1
9.98	0	0	1	0	1
10.00	0	0	0	1	1
10.22	0	0	1	0	1
10.25	0	1	0	0	1
10.44	0	1	0	0	1
10.86	0	0	1	0	1
11.36	1	0	0	0	1
11.48	1	0	0	0	1
11.82	1	0	0	0	1
Total	3	3	3	3	12

ID	Obs	Total	Mean	Variance	Std Dev
C	3	35	11.553	0.057	0.239
M	3	30	10.113	0.170	0.412
O	3	31	10.353	0.207	0.455
S	3	29	9.803	0.038	0.195

ID	Minimum	25%ile	Median	75%ile	Maximum	Mode
C	11.360	11.360	11.480	11.820	11.820	11.360
M	9.650	9.650	10.250	10.440	10.440	9.650
O	9.980	9.980	10.220	10.860	10.860	9.980
S	9.610	9.610	9.800	10.000	10.000	9.610

ANOVA  
(For normally distributed data only)

Variation	SS	df	MS	F statistic	p-value
Between	5.274	3	1.758	14.901	0.001225
Within	0.944	8	0.118		
Total	6.218	11			

Bartlett's test for homogeneity of variance

Bartlett's chi square = 1.545 deg freedom = 3 p-value = 0.671924

The variances are homogeneous with 95% confidence.  
If samples are also normally distributed, ANOVA results can be used.

- Estadística descriptiva y ANOVA para parámetro "L"

L	C	ID			Total	
		M	O	S		
27.97		0	1	0	0	1
28.03		0	0	1	0	1
28.47		0	0	1	0	1
28.60		0	1	0	0	1
28.90		0	1	0	0	1
29.41		0	0	1	0	1
30.78		0	0	0	1	1
30.98		0	0	0	1	1
31.20		0	0	0	1	1
31.88		1	0	0	0	1
31.89		1	0	0	0	1
32.11		1	0	0	0	1
Total		3	3	3	3	12

ID	Obs	Total	Mean	Variance	Std Dev
C	3	96	31.960	0.017	0.130
M	3	85	28.490	0.225	0.475
O	3	86	28.637	0.497	0.705
S	3	93	30.987	0.044	0.210

ID	Minimum	25%ile	Median	75%ile	Maximum	Mode
C	31.880	31.880	31.890	32.110	32.110	31.880
M	27.970	27.970	28.600	28.900	28.900	27.970
O	28.030	28.030	28.470	29.410	29.410	28.030
S	30.780	30.780	30.980	31.200	31.200	30.780

ANOVA  
(For normally distributed data only)

Variation	SS	df	MS	F statistic	p-value
Between	26.858	3	8.953	45.719	0.000022
Within	1.567	8	0.196		
Total	28.424	11			

Bartlett's test for homogeneity of variance  
Bartlett's chi square = 4.748 deg freedom = 3 p-value = 0.191246

The variances are homogeneous with 95% confidence.  
If samples are also normally distributed, ANOVA results can be used.

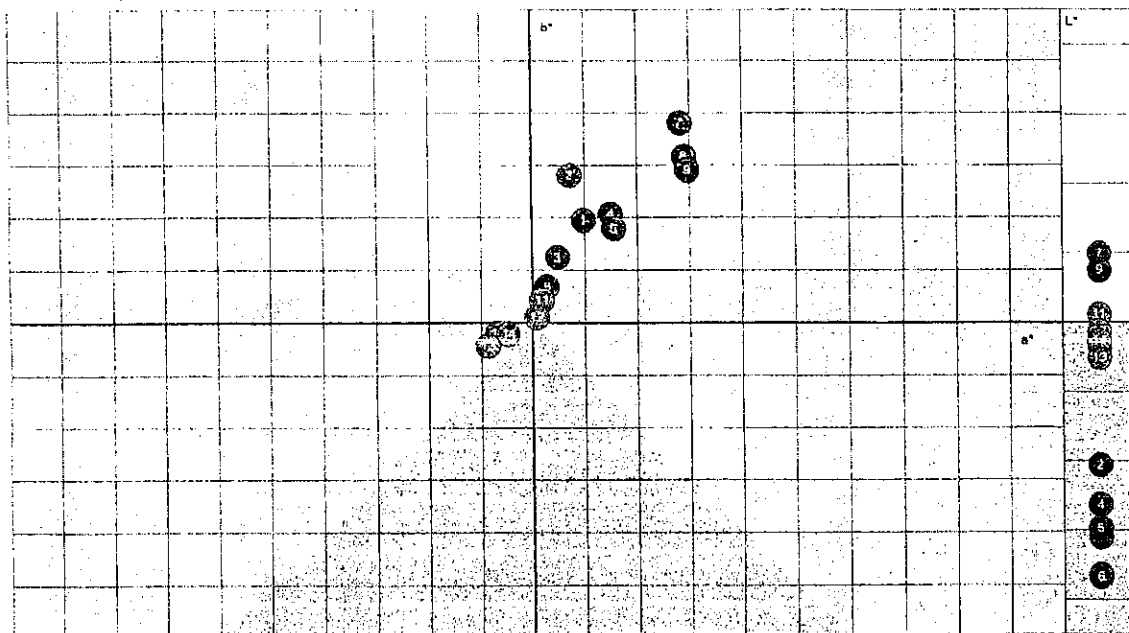
Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance

Kruskal-Wallis H (equivalent to Chi square) = 9.359  
Degrees of freedom = 3

**APÉNDICE 3: Diagrama de color para muestras de salsa de tomate preparadas con aceite de palma rojo, aceite de maíz y aceite de palma refinado (Usando colorímetro Hunter Lab, ColorQUEST Sphere, StdzMode: RSIN)**

HunterLab Universal Software  
Color Plot (CIELAB 10°/D65)

L\* = 36.60, a\* = 19.41, b\* = 15.46 Grid = 1.0/ 1.0



Muestras 1,2 y 3 corresponden a salsas preparadas con aceite de palma refinado; muestras 4,5 y 6 a salsas con aceite de maíz; muestras 7,8 y 9 a salsas con aceite de palma rojo y muestras 10, 11, 12, 13 y 14 a salsas sin aceite

#### APÉNDICE 4: Metodologías de análisis

##### A. Evaluación de preferencia de salsas preparadas con diferentes aceites (palma refinado, palma rojo y palma crudo)

- a) Se llevó a cabo una Prueba de preferencia en ambos lugares de estudio.
- b) A los sujetos de estudio se les pidió que seleccionaran la muestra que más le gustaba de las tres. Las muestras se ofrecieron acompañadas con galletas soda, colocadas en platos individuales e identificadas con códigos de tres dígitos seleccionados al azar. Entre cada degustación, se les pidió que tomen un sorbo de agua para eliminar el sabor residual. Ver boleta utilizada en Anexo 1.
- c) A las mujeres participantes se les entregó una muestra de 250 ml de salsa preparada con aceite de palma rojo y se les pidió que prepararan un platillo utilizándola. Al día siguiente se les preguntó sobre los ingredientes que utilizaron, así como las cantidades.
- d) Análisis estadístico: Los rangos asignados a cada muestra son sumados y luego se analiza si existen diferencias significativas usando la Prueba de Binomial de dos colas. Las tabulaciones se comparan con valores teóricos de tablas específicas para esta prueba en donde se indican los valores “p”. (30)

##### B. Evaluación de color

Se analizaron triplicados de las tres bases de salsa de tomate (palma rojo, palma refinado y maíz) con un colorímetro HunterLab. Se evaluaron los parámetros L, a y b de todas las muestras y se utilizó como estándar de comparación una salsa de tomate preparada sin aceite. Para determinar si existían diferencias significativas entre las tres salsas, se realizó un análisis de varianza y luego una prueba de T-test para encontrar diferencias entre las medias de los parámetros estudiados.

C. Evaluación de preferencia de las salsas de tomate usando pruebas de ordenamiento para determinar porcentaje de aceite a usar en formulación

1. Se llevaron a cabo pruebas de ordenamiento para determinar preferencias de las salsas entre los sujetos de estudio.
2. A los sujetos de estudio se les dieron instrucciones para llevar a cabo la prueba. Las muestras se ofrecieron acompañadas con galletas soda, colocadas en platos individuales e identificadas con códigos de tres dígitos seleccionados al azar. Entre cada degustación, se les pidió que tomen un sorbo de agua para eliminar el sabor residual. Ver boleta utilizada en anexo 1
3. Análisis estadístico: Los rangos asignados a cada muestra son sumados y luego se analiza si existen diferencias significativas usando la Prueba de Friedman. Se usó un nivel de significancia del 1%. Si la diferencia entre pares de los rangos totales es mayor que el valor crítico tabulado, el par de muestras son significativamente diferentes al nivel de significancia seleccionado. (30)

D. Evaluación de salsas de tomate preparadas con tres tipos de aceite usando pruebas de preferencia

1. Se llevaron a cabo pruebas de preferencia determinar que tipo de salsa tenía mejor aceptación entre los sujetos de estudio.
2. A los sujetos de estudio se les dieron instrucciones para llevar a cabo la prueba. Las muestras se ofrecieron acompañadas con galletas soda, colocadas en platos individuales e identificadas con códigos de tres dígitos seleccionados al azar. Entre cada degustación, se les pidió que tomen un sorbo de agua para eliminar el sabor residual.
3. Análisis estadístico: Para el análisis de estos resultados se usaron la prueba de chi cuadrado y la prueba binomial de dos colas (30).

E. Análisis proximal:

1. Determinación de proteína:

- Pesar de 0.2 a 0.25 g de muestra
- Colocar en un balón Kjeldahl junto con 1.5 g de sulfato de sodio y 100 mg de óxido de zinc.
- Agregar 5 ml de ácido clorhídrico y colocar en el digestor con el mínimo de calor y digerir hasta que la muestra quede incolora.
- Dejar enfriar y agregar aproximadamente 2 ml de agua destilada.
- Agregar 250 ml de agua destilada en balón para destilación más 5 ml de solución de ácido bórico 4%, 13 ml de solución de tiosulfato de sodio 8% y 3 gotas de indicador.
- Destilar hasta llegar a un volumen final de 125 ml.
- Titular con HCl 0.1N
- Para la conversión a % de proteína usar la siguiente fórmula:

$$\% N = \frac{(\text{ml gastados}) (0.014) (0.31) (100)}{\text{peso de muestra}}$$

$$\% \text{ Proteína} = (\%N) (6.25)$$

2. Determinación de humedad

- Colocar en horno las cajas metálicas para que se sequen por 30 minutos.
- Poner en desecadora mientras se pesan muestras.
- Tarar las cajas sin tapadera.
- Pesar 5 g de cada muestra en duplicado.
- Colocar en el horno medio tapadas a 80°C por 6 horas.
- Pesar y calcular la pérdida de humedad respecto al peso inicial de la muestra.

### 3. Determinación de cenizas

- Pesar 1 g de muestra en un crisol limpio y seco. Hacer duplicados de cada muestra.
- Quemar la muestra en una estufa hasta que esté totalmente negra.
- Poner en mufla a 600°C por 8 horas.
- Pesar y calcular el porcentaje de cenizas con respecto al peso inicial de la muestra.
- Determinación de grasas: Según método de Soxhlet de AOAC

### F. Determinación de carotenoides sin saponificación y cuantificación espectrofotométrica (carotenoides totales como equivalentes de $\beta$ -caroteno)

- a) Se pesan de 1 a 2 gramos del material (salsa o aceite) en un beaker de 50 ml. Se le adicionan 2 ml de acetona analítica hasta formar una pasta.
- b) Se agregan de 15 a 20 ml de acetona. Se mezcla bien y se filtra con papel filtro Whatman No. 4.
- c) Se lava el material con porciones sucesivas de acetona hasta dejarlo libre de pigmentos. Se recibe directamente el filtrado en un balón de 50 ml.
- d) Se preparan extractos de los aceites, de las salsas y de una salsa sin aceite (como blanco 2).
- e) Se lee la absorbancia a 450 nm y se usa acetona como blanco. Se hacen las correcciones con los dos blancos (acetona y salsa sin aceite).
- f) Se calculan los carotenoides totales con la siguiente ecuación:

$$\text{ppm de carot.} = \left[ \frac{\text{abs}}{2500} \right] \times \left[ \frac{\text{vol. total}}{100 \text{ ml}} \right] \times \left[ \frac{1 \times 10^6 \mu\text{g}}{1 \text{ g}} \right] \times \left[ \frac{\text{---} 1 \text{ g}}{\text{peso de muestra}} \right]$$

### G. Método colorimétrico para determinar la capacidad antioxidante

1. Obtención del extracto:
  - Pesar 10 g de la muestra y agregar 25 ml de metanol, saturar la atmósfera con nitrógeno gaseoso por 30 segundos.
  - Agitar por dos horas utilizando un agitador magnético, protegiendo de la luz.
  - Filtrar en embudo y papel filtro.
  - Repetir las extracciones con fracciones de 25 ml hasta que el extracto salga incoloro.
2. Determinación de la actividad antioxidante utilizando  $\alpha,\alpha$  difenil  $\beta$ -picril hidrazilo (DDPH) (33)
  - Preparar una serie de cuatro tubos de reacción por ensayo.
  - Al primer tubo que es el blanco de control agregar 1 ml de una solución tampón de acetato y 2 ml de metanol
  - Al segundo tubo, control, agregar 1 ml de tampón de acetato, 1.5 ml de metanol y 0.5 ml de solución de DPPH.
  - Al tercer tubo, blanco, agregar 1 ml de tampón de acetato, 1.9 ml de metanol y 0.1 ml del extracto de la muestra vegetal.
  - Al cuarto tubo, ensayo, agregar 1 ml de tampón de acetato, 1.4 ml de metanol, 0.1 ml del extracto de la muestra y 0.5 de solución de DPPH.
  - Agitar con vortex por 30 segundos e incubar a temperatura ambiente por 30 minutos, protegiendo de la luz.
  - Leer la absorbancia en el espectrofotómetro, a una longitud de onda de 517 nm contra el blanco respectivo.
  - Calcular el porcentaje de disminución de la abs (517) causado por el extracto  $[(\text{abs b control} - \text{abs e}) / \text{abs b control}] * 100 = \% \text{ dis abs (517)}$ .
  - Repetir el ensayo con diluciones del extracto (0.2, 0.4, 0.6 y 0.8)
  - Graficar la concentración del extracto (eje x) vrs % dis abs (517) (eje y). Interpolar el valor  $IC_{50}$ .

- La actividad antioxidante se expresa en términos de la concentración de inhibición al 50% ( $IC_{50}$ ), que es la concentración del extracto requerida para dar un 50% de disminución de la absorbancia de DPPH.

#### H. Conteo de aerobios totales usando Petrifilm®

- Pesar 11 g de muestra y mezclar con 99 ml de diluyente estéril (agua destilada, solución salina o agua peptonada) para hacer dilución de 1 en 10.
- Dispensar 1 ml de dilución 1:10 en placa de Petrifilm.
- Tomar 0.9 ml de dilución 1:10 y mezclarlo con 0.9 ml de diluyente y colocarlo en placa.
- Tomar 1 ml de dilución 1:10 y agregarlo a 99 ml de diluyente estéril para hacer dilución de 1:1000.
- Tomar un 1ml de dilución 1:1000 y colocarlo en placa Petrifilm.
- Incubar por 48 horas a 36°C.
- Hacer conteo de UFC/g.