



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

**Implementación de un plan para la
evaluación sensorial de aceite de soya.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS.**

**P R E S E N T A :
MARIA ISABEL CUATZO LOZANO.**

**A S E S O R E S :
M. en C. MARIA GUADALUPE LOPEZ PALACIOS.
Q. I. RAUL CHACON RODRÍGUEZ**

Cuautilán Izcalli, Estado de México 2005

m340572



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

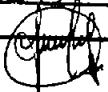
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

Auténtica a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Marcia Isabel Cortez
Lozano

FECHA: 08 - Octubre - 2004

FIRMA: 



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de
Exámenes Profesionales

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Implementación de un plan para la evaluación sensorial
de aceite de soya.

que presenta la pasante: María Isabel Quatzo Lozano
con número de cuenta: 9755412-9 para obtener el título de
Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 4 de mayo de 2004

PRESIDENTE	<u>IBQ. Leticia Figueroa Villarreal</u>	
VOCAL	<u>IBQ. Saturnino Maya Ramirez</u>	
SECRETARIO	<u>MC. Ma. Guadalupe López Palacios</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>IA. Ma. Eugenia Ramirez Ortiz</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>IA. Patricia Muñoz Aguilar</u>	

A G R A D E C I M I E N T O S .

- ☞ *A mis padres, Ricardo y Gloria, que me dieron el maravilloso regalo de la vida y me inculcaron valores para disfrutarla responsablemente; que siempre me han brindado su amor y apoyo, y que han respetado mis decisiones y forma de ser. No existe riqueza en el mundo para recompensar todos sus esfuerzos en hacer de mi una persona de bien, sólo puedo compartirles mi éxito y amarlos toda la vida.*
- ☞ *A mi familia, Ricardo, Alberto, José, Paty, Juana, Carlos y Lalito, porque han sido y serán mi pilar de apoyo y porque hemos aprendido que a pesar de las experiencias amargas seguiremos unidos por nuestro cariño.*
- ☞ *Gracias, Juan Carlos, por darme tu amor, cuidado, paciencia, y porque con tu fortaleza interior y forma de ser complementas mi vida y das seguridad a mi camino.*
- ☞ *A mi profesor Roberto, porque fuiste ejemplo y amigo, siempre estarás en mi corazón y serás mi ángel de la guarda.†*
- ☞ *Gracias Elena Acosta y Ely, por darme su amistad sincera, su incondicional apoyo y una sonrisa cálida y amorosa cuando lo necesito.*
- ☞ *A Raúl Chacón, Mayra, Rafael y Saúl, por su generosa disposición y apoyo para llevar a cabo este trabajo.*
- ☞ *Agradezco a todos los profesores que compartieron sus conocimientos y experiencia, contribuyendo a mi formación universitaria, en especial a mi asesora Guadalupe López Palacios, por ser mi guía y brindarme siempre su apoyo con una cordial sonrisa.*
- ☞ *Al Centro Escolar Morelos que me dio no sólo conocimientos, me enseñó que el carácter y la nobleza son complementos del éxito.*
- ☞ *Sobre todo, agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme tener una formación integral y ser parte de esta gran institución, porque siempre seré de piel dorada y sangre azul, ¡ Gracias!*

INDICE GENERAL

	RESUMEN	1
	OBJETIVOS	2
	INTRODUCCION	3
1	CAPITULO I. ANTECEDENTES	6
1.1	Generalidades de la soya	5
1.1.1	Aspectos socioeconómicos de la soya	5
1.1.2	La soya como oleaginosa	7
1.1.2.1	Estructura del grano de soya	7
1.1.2.2	Etapas de desarrollo de la soya	8
1.1.2.3	Características geográficas y climáticas asociadas a la producción de la soya	9
1.1.2.4	Índices y métodos de cosecha	9
1.1.2.5	Transporte a la planta procesadora	11
1.1.2.6	Almacenamiento de la soya	11
1.1.2.7	Cambios fisiológicos post-cosecha	12
1.2	Procesamiento de la soya para la elaboración de aceite	13
1.2.1	Definición del aceite de soya	13
1.2.2	Operaciones básicas en la planta procesadora	14
1.2.3	Proceso de extracción del aceite de soya	14
1.2.4	Proceso de refinado del aceite de soya	16
1.2.4.1	Desgomado	17
1.2.4.2	Neutralización	18
1.2.4.3	Blanqueo	20
1.2.4.3.1	Arcillas decolorantes	20
1.2.4.3.2	Estructura y efecto de las arcillas decolorantes	20
1.2.4.4	Desodorización	22
1.3	Características del aceite de soya	23
1.4	Evaluación sensorial	25
1.4.1	Los aceites y la evaluación sensorial	25
1.4.2	Consideraciones de la evaluación sensorial	27
1.4.2.1	Sabores básicos	28
1.4.2.2	Olores básicos	29
1.4.3	Jueces sensoriales	30
1.4.3.1	Tipos de jueces	30
1.4.3.2	Selección de jueces	31
1.4.3.3	Entrenamiento de jueces	33
1.4.4	Muestras sensoriales	34
1.4.4.1	Consideraciones generales para la presentación de muestras	34
1.4.5	Consideraciones de la prueba	35
1.4.5.1	Tipos de errores en una prueba sensorial	36
1.4.5.2	Area de prueba y preparación de muestras	37
1.4.6	Métodos de evaluación sensorial	39
1.4.7	Etapas del perfil sensorial	40
1.4.8	Desarrollo de la evaluación sensorial	42

2	CAPITULO II . METODOLOGÍA	46
2.1	Objetivo particular I	47
2.1.1	Desarrollo del plan de evaluación sensorial	47
2.1.1.1	Diseño o adecuación del área de evaluación	48
2.1.1.2	Preparación de muestras	49
2.1.1.3	Selección de jueces	55
2.1.1.4	Elaboración de cuestionarios sensoriales	55
2.1.1.4.1	Hoja de vaciado de datos y resultados	56
2.2	Objetivo particular II	56
2.2.1	Tipo de prueba sensorial a realizar	58
2.2.2	Entrenamiento de los jueces	58
2.3	Objetivo particular III	59
2.3.1	Elaboración de aceites para la prueba definitiva	59
2.3.2	Análisis fisicoquímico de los aceites	60
2.4	Análisis estadístico	60
3	CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSION	61
3.1	Entrenamiento de los jueces	62
3.1.1	Prueba de umbral de sabores básicos	62
3.1.2	Prueba de identificación de sustancias de referencia	67
3.1.3	Prueba de intensidad de sustancias de referencia	69
3.2	Pruebas sensoriales definitivas (perfil sensorial)	81
3.2.1	Comparación de propiedades sensoriales de arcillas A 0.6% y A 0.8%	83
3.2.2	Comparación de propiedades sensoriales de arcillas B 0.8% y B 1.0%	84
3.2.3	Comparación de propiedades sensoriales de arcillas A y B	85
3.2.4	Comparación de propiedades fisicoquímicas de los aceites clarificados con las arcillas A y B	86
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
	LITERATURA CONSULTADA	91
	ANEXO I	92
	ANEXO II	95
	ANEXO III	106
	ANEXO IV	115

INDICE DE FIGURAS

1.1	Valor de la producción nacional de soya	6
1.2	Consumo nacional de soya	6
1.3	Estructura del grano de soya	8
1.4	Diagrama del proceso general del frijol soya	16
1.5	Diagrama del proceso de refinación del aceite de soya	19
2.1	Cuadro metodológico para la implementación de un panel de evaluación sensorial de aceite de soya	46
2.2	Esquema de la sala de evaluación sensorial	48
2.3	Diseño de un cubículo empleado en la evaluación sensorial	49
2.4	Presentación y preparación de las muestras	50
2.5	Programa de evaluación sensorial	57
3.1	Porcentajes de percepción totales para sabores básicos	64
3.2	Valores de frecuencia de estímulo percibido y estímulo no percibido por los jueces para el sabor ácido	64
3.3	Valores de frecuencia de estímulo percibido y estímulo no percibido por los jueces para el sabor dulce	66
3.4	Valores de frecuencia de estímulo percibido y estímulo no percibido por los jueces para el sabor salado	66
3.5	Valores de frecuencia de estímulo percibido y estímulo no percibido por los jueces para el sabor amargo	67
3.6	Porcentajes totales de percepción para identificación de sustancias de referencia	68
3.7	Porcentaje del total para las sustancias de referencia al 50 y 25% para el sabor	70
3.8	Porcentaje del total para las sustancias de referencia al 50 y 25% para el olor	71
3.9	Porcentaje del total para las sustancias de referencia al 10 y 5% para el olor	72
3.10	Porcentaje del total para las sustancias de referencia al 10 y 5% para el sabor	72
3.11	Porcentajes de identificación de concentración percepción por los jueces para la referencia mantequilla en olor	73
3.12	Porcentajes de identificación de concentración por los jueces para la referencia mantequilla en sabor	74
3.13	Porcentajes de identificación de concentración en olor por los jueces para la referencia crudo	74
3.14	Porcentajes de identificación de concentración por los jueces en sabor para la referencia crudo	77
3.15	Porcentajes de identificación de concentración por los jueces en olor para la referencia pintura	77
3.16	Porcentajes de identificación de concentración por los jueces en sabor para la referencia pintura	78
3.17	Porcentajes de identificación de concentración por los jueces	78

	en olor para la referencia rancio	
3.18	Porcentajes de identificación de concentración por los jueces el sabor para la referencia rancio	79
3.19	Porcentajes de identificación de concentración por los jueces en olor para la referencia maíz	79
3.20	Porcentajes de identificación de concentración por los jueces en sabor para la referencia maíz	80
3.21	Porcentajes de identificación de concentración por los jueces el sabor para la referencia amargo	80
3.22	Comparación de propiedades sensoriales de arcillas A 0.6% y A 0.8%	83
3.23	Comparación de propiedades sensoriales de arcillas B 0.8% y B1.0%	84
3.24	Comparación de propiedades sensoriales de arcillas A y B	85
3.25	Comparación de propiedades fisicoquímicas entre los aceites clarificados con las arcillas A y B	87

INDICE DE CUADROS

1.1	Tiempo máximo (días) de almacenamiento de soya a diferentes humedades y temperaturas	12
1.2	Influencia de la tierra clarificante	22
1.3	Características del aceite de soya comestible	23
2.1	Olores/sabores de sustancias de referencia	53
2.2	Porcentajes de olores/sabores de sustancias de referencia	53
2.3	Porcentaje de sustancias de referencia para pruebas de ensayo	54
3.1	Valores de frecuencia de estímulo percibido (A) y estímulo no percibido (B) por cada juez para cada sabor básico	65
3.2	Valores de frecuencia de estímulo percibido (A) y estímulo no percibido (B) por cada juez para cada sustancia de referencia	69
3.3	Valores de frecuencia de concentración identificada (C) y concentración no identificada (D) por cada juez para cada sustancia de referencia al 50 y 25%	75
3.4	Valores de frecuencia de concentración identificada (C) y concentración no identificada (D) por cada juez para cada sustancia de referencia al 10 y 5%	76
3.5	Resultados color Lovibond de los aceites problema	82
3.6	Valores promedio de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los aceites problema	82

RESUMEN

El presente trabajo describe las etapas para implementar un panel sensorial para evaluar el aceite de soya en olor y sabor.

El panel sensorial estuvo conformado por tres jueces que se sometieron a un entrenamiento que consistió en dos fases, la primera con sabores básicos y la segunda con sustancias de referencia (crudo, mantequilla, rancio, amargo, pintura y maíz), de tal forma que los jueces fueran capaces de realizar un análisis descriptivo conocido como perfil sensorial.

La etapa de la sustitución de referencia se basa en la práctica de la Cg28-3 Flavor panel evaluation of vegetables oil de la American Oil Chemist's Society (AOCS) en la que se describen los olores y sabores que se pueden encontrar en el aceite de soya como son: crudo, mantequilla, rancio, amargo, pintura y maíz.¹⁰

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente con medidas, desviaciones estándar y análisis de varianza (ANOVA) a través del programa SPSS para Windows versión 9.0.

Una vez teniendo el entrenamiento, el panel sensorial analizó muestras de aceite de soya que fueron sometidas a clarificación con dos arcillas a diferentes dosificaciones, para encontrar diferencias sensoriales en los aceites problema a través de la presencia de los olores y sabores que se pueden presentar en el aceite de soya, así como de su intensidad.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

Evaluar sensorialmente aceites comestibles sometidos a dos diferentes procesos de clarificación, empleando un panel semientrenado de jueces a fin de identificar posibles cambios en sus características sensoriales, según la especificación obtenida de la evaluación sensorial.

OBJETIVOS PARTICULARES

- I.** Desarrollar un plan de evaluación sensorial para aplicarse a nivel industrial en la evaluación de aceite de soya.

- II.** Definir las características sensoriales para la evaluación del aceite de soya en cuanto al olor y sabor.

- III.** Realizar la evaluación sensorial del aceite de soya blanqueado con diferentes arcillas clarificantes y con diferente dosificación para determinar si hay relación entre las características fisicoquímicas y las sensoriales entre los aceites sometidos a estos procesos.

INTRODUCCIÓN.

La acción de los aceites comestibles tiene un papel importante en el sabor de los alimentos. Influyen en la textura y en la sensación de un alimento en la boca, además, sirven como medio de calentamiento en la cocción de alimentos. De esta forma pueden influir en la calidad final de un alimento, al atribuirle sabores desagradables al aceite, de ahí la importancia de relacionar las propiedades sensoriales con la presencia de algunos compuestos, quedando relacionadas la calidad fisicoquímica y sensorial del aceite.

Una vez establecida la relación de la evaluación sensorial con los aceites comestibles, es necesario mencionar su definición, así, la evaluación sensorial se puede definir como la ciencia utilizada para provocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a determinadas características de los alimentos tal y como son percibidas por los sentidos del gusto, olfato, vista, oído y tacto, pero puede emplear solamente algunos de ellos dependiendo del tipo de alimento a analizar. En el caso de los aceites, los principales sentidos que se utilizan son el olfato y el gusto.

La evaluación sensorial de los alimentos mediante la técnica del panel sensorial tiende cada vez mas a establecerse como un método científico de control de calidad en la industria moderna, es por eso que se debe contar con una metodología bien establecida para seleccionar y entrenar jueces sensoriales, ya que de ello depende en gran medida la validez de los resultados obtenidos de dicha evaluación.

En el presente trabajo se establece esta metodología incluyendo no solo la selección y el entrenamiento de los jueces, también se establece la forma de preparación de las muestras, las consideraciones del diseño de área de evaluación, así como el tratamiento estadístico de los datos obtenidos.

La aplicación formal del plan para la evaluación sensorial de aceites comestibles se enfoca en el aceite de soya como muestra problema, debido a que este aceite es ampliamente utilizado por la industria alimenticia como aceite de consumo directo (puro o mezcla con otros aceites) o bien, como parte del proceso de alimentos, ya sea formando parte de la formulación o como medio de calentamiento (fritura), es por ello que se ha suscitado un interés especial en su evaluación sensorial.

Las características químicas y sensoriales están, a su vez relacionadas con el tipo de grano de soya, con los procesos de extracción y almacenamiento, así como de la evolución posterior del aceite hasta llegar al consumidor. En este sentido, los granos de soya sanos, de una variedad determinada, aportan atributos sensoriales positivos al aceite de soya puro y durante su proceso de refinación se pueden originar atributos negativos del aceite por un mal proceso.

Las arcillas clarificantes juegan un papel fundamental en el proceso de refinación ya que se encargan de eliminar impurezas de color así como de catalizadores de reacciones de oxidación como los peróxidos y los ácidos grasos libres, por lo tanto son determinantes en las propiedades sensoriales del aceite ya procesado.

El objetivo principal de este estudio sensorial a realizar consiste en comparar las características sensoriales y fisicoquímicas de los aceites clarificados usando dos arcillas con dos dosificaciones cada una y determinar si existe alguna influencia de ésta sobre dichas propiedades a través de la elaboración del perfil sensorial, la cual es una técnica analítica en que las respuestas de los jueces se representan a través de puntuaciones que son reproducibles gracias al entrenamiento correcto del panel para que pueda llegar a medir la intensidad de las propiedades sensoriales del aceite de soya.

CAPITULO I.

ANTECEDENTES

1.1 GENERALIDADES DE LA SOYA

No existe un grano alimenticio que sobrepase al frijol soya en valor nutricional. Esta maravillosa semilla contiene una gran cantidad de proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales, que son los cinco grandes grupos de nutrientes. Sus proteínas de alta eficiencia y excelente composición de aminoácidos son tan apreciadas y calificadas como las de origen cárnico, la soya se considera más una fuente proteínica que una oleaginosa; sin embargo, su contenido de aceite es tan importante que han hecho del aceite de soya el más consumido a nivel mundial.¹

1.1.1 Aspectos socioeconómicos de la soya

En México la industria de molienda de soya dispone de granos provenientes de la producción nacional y de importación principalmente de los Estados Unidos de Norteamérica (EUN).²

La soya nacional proviene en su mayoría de la cosecha otoño-invierno que se produce en los estados de Sinaloa, Chihuahua, Tamaulipas, Veracruz y Chiapas, desde luego con una gran variedad agro-climática, lo que impacta la calidad de la producción.²

El grano importado de EUN proviene principalmente del Puerto de New Orleans por vía marítima, es descargado en los Puertos de Veracruz, Progreso, Tampico, Coatzacoalcos, Guaymas, Manzanillo y Lázaro Cárdenas. Otra parte de la importación estadounidense es por ferrocarril, ingresando por las fronteras de Nuevo Laredo, Ciudad Juárez y Matamoros.²

La producción nacional de soya en México no satisface el consumo debido a que la variedad del uso industrial que de ella se hace sobrepasa la cosecha. En el 2000 la producción nacional de soya fue de 102.4 miles de toneladas y en el año 2001 se incrementó a 121.8 miles de toneladas, pero no es suficiente para cubrir la demanda nacional, por lo que se recurre a las importaciones. En la figura 1.1 se puede observar el valor de la producción nacional de soya en millones de pesos, así mismo se

observa un decremento para el año 2000 debido a la baja producción provocada por factores climáticos y económicos.³

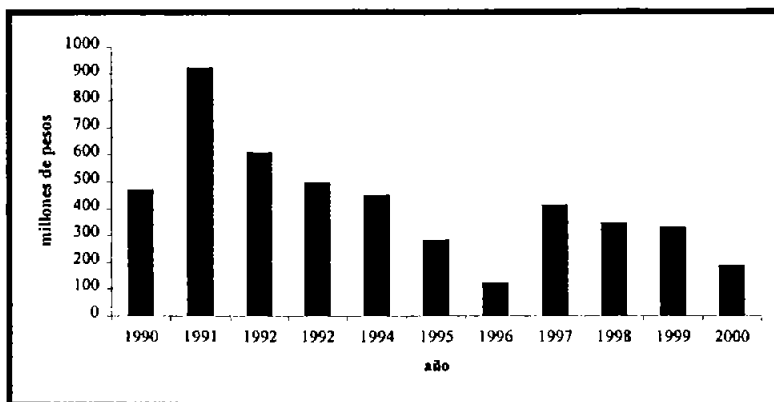


Figura 1.1 Valor de la Producción Nacional de Soya.

FUENTE: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (Sistema de Información Agropecuaria de Consulta) 1980-2000 (SIACON). México, 2001

En la figura 1.2 se presenta el consumo nacional de soya de 1996-2001 donde se puede observar que ha ido incrementando debido a su mayor uso a nivel industrial por la diversificación de productos.³

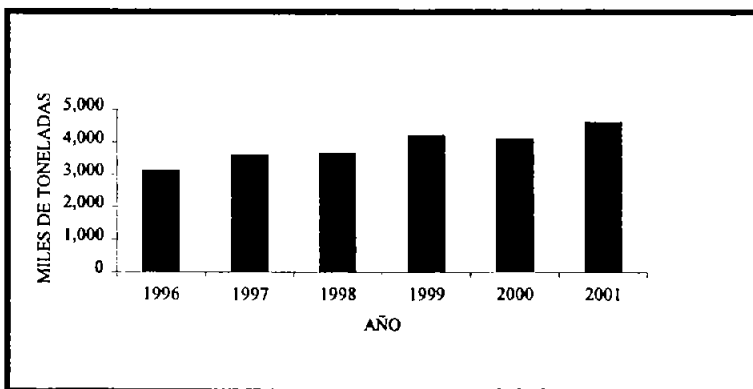


Figura 1.2. Consumo Nacional de Soya

FUENTE: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera .2003

1.1.2 La soya como oleaginosa

1.1.2.1 Estructura del grano de soya

La soya (también conocida como soja), es el nombre común de una leguminosa anual y de las semillas que forma. Aunque la soya procede del Sureste asiático; en la actualidad se cultiva en muchos otros lugares. La planta es erguida, pubescente ^a, de 0,5 a 1,5 m de altura, con grandes hojas trifoliadas ^b, flores pequeñas de color blanco o púrpura y vainas cortas que encierran entre una y cuatro semillas. La planta alcanza la madurez entre los 100 y 150 días después de la plantación. ⁴

Las semillas de soya presentan un peso promedio de 120 a 180 mg, de los cuales, la capa que las recubre constituye aproximadamente el 10%. Las variedades de semillas grandes Kanrich, Disoy, Magna y Price, producen semillas que pesan aproximadamente 260 mg. ⁵

A la planta están unidas pequeñas vainas vellosas que contienen de dos a tres semillas. La forma y el tamaño de éstas varían desde pequeñas y redondas, similares a chícharos, hasta frijoles más largos y elongados. Su color suele ser amarillo aunque también hay café, verde y hasta negro. El frijol se compone principalmente de epidermis, hipocotilo y dos cotiledones. ⁵ La estructura del grano de soya se puede observar en la figura 1.3. ⁶

Los cotiledones, que representan prácticamente la totalidad del volumen y peso de la semilla, contienen casi todo el aceite y la proteína albergados en el grano. Suministran alimento a la plántula durante unas dos semanas aproximadamente, en el periodo de germinación y las primeras etapas del desarrollo. ⁶

El pericarpio protege al embrión contra hongos y bacterias, antes y después de la siembra. Si esta cubierta protectora se resquebraja, la semilla tiene pocas posibilidades de desarrollarse y convertirse en una plántula sana. ⁶

El embrión del grano de soya consta de tres partes: la radícula, el hipocotilo y el epicotilo. La radícula que viene a ser la raíz primaria y el hipocotilo que impulsa a los cotiledones hacia la superficie exterior, se hallan situados debajo del pericarpio,

^a Pubescente: abundancia de vello en la superficie.

^b Trifoliadas: hijas parecidas al trébol.

en un extremo del hilo o surco de la semilla. La tercer estructura del embrión, el epicotilo, constituye el tallo principal y el punto de crecimiento, es muy pequeño y se halla apretado entre el par de cotiledones.⁶

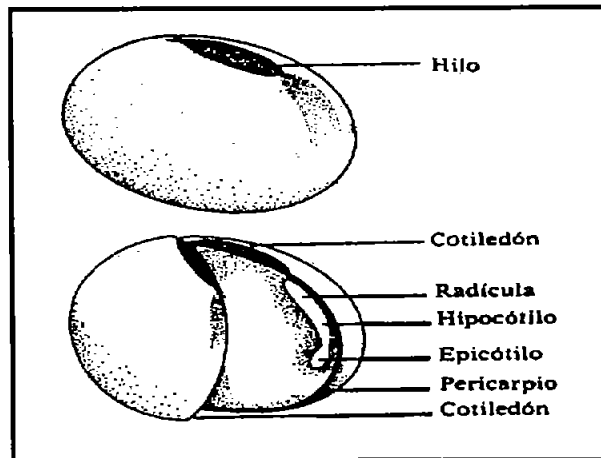


Figura 1. 3: Estructura del grano de soya.

La estructura del frijol entero de soya tiene la siguiente composición química: 40% proteínas, 34% carbohidratos, 21% grasas y 5% cenizas, por lo que se puede comprender el alto uso que se le da como oleaginosa.⁶

1.1.2.2 Etapas de desarrollo de la soya

La soya pertenece a la familia leguminoseae, subfamilia Papiliomidae y género *Glycine*. Este género comprende muchas especies, de las cuales la de mayor importancia económica es la *Glycine max (L) Merril* por su contenido de aceite.⁷

El grano de soya recién formado contiene casi un 90% de humedad. En los comienzos del periodo de llenado del grano y también en el momento de madurar, el contenido de humedad disminuye rápidamente. La reducción inicial rebaja el contenido inicial hasta un 65-70%. A partir de ese momento la humedad disminuye lentamente hasta llegar a un 60-65%, mientras el grano acumula materia seca y

aumenta de tamaño. Al cesar la acumulación de materia seca, el contenido de humedad disminuye hasta un 10-15% en término de 1 a 2 semanas. Como consecuencia de esta brusca y rápida disminución de la humedad, el cultivo suele volverse a veces demasiado seco para una cosecha óptima y se origina una sensible pérdida por dehiscencia^c poco antes de la cosecha mecánica o en el momento de efectuarse ésta. El grano continúa acumulando materia seca después que las hojas de la planta han comenzado a perder su pigmentación verde y a ponerse amarillas. Los granos alcanzan finalmente su peso seco máximo cuando las hojas se han vuelto amarillas y la mitad de ellas han caído.⁶

1.1.2.3 Características geográficas y climáticas asociadas a la producción de la soya.

La soya puede cultivarse con éxito en una amplia variedad de condiciones de temperaturas; sin embargo, cuando el promedio de temperatura es inferior a 25°C, la floración se retrasa. La germinación es más rápida a los 30°C, aunque algunas variedades pueden germinar a 15°C. Cuando la temperatura mínima del suelo es superior a 20°C, las semillas germinan cinco días después de la siembra. La soya crece y se desarrolla bien en una gran variedad de suelos, aún en aquellos relativamente pobres, se inocula la semilla y se aplican fertilizantes. Antes de la floración, la planta tolera la sequía, pero después de ella y durante la formación de las vainas, no debe faltarle humedad. La soya prospera en suelos con pH de 5.5 a 7.0.⁷

1.1.2.4 Índices y métodos de cosecha.

Al iniciarse la maduración de las semillas de soya, las hojas inferiores comienzan a amarillearse y secarse. Cuando el 95% de las vainas están secas, las plantas están listas para la cosecha.⁷

Los métodos de cosecha pueden ser semi-manuales o mecánicos. En el primer caso se arrancan manualmente las plantas y posteriormente se efectúa la trilla. Esto

^c dehiscencia: fenómeno en el cual el fruto se abre para dejar salir la semilla.

permite el empaque de la semilla limpia en costales. En la cosecha mecánica la recolección se hace mediante la trilla, ésta corta las plantas por la base y efectúa la labor de recoger, desgranar y limpiar la semilla. Para la aplicación de este método, es indispensable una buena preparación y nivelación del terreno, mantener el cultivo libre de malezas y emplear la variedad adecuada.⁷

El aceite de soya presenta diversas características que son aprovechadas en la industria, a continuación se mencionan algunas de ellas: Sabor neutro, alto punto de humeo, libre de colesterol, ácidos grasos esenciales, estabilidad, emulsificante y ligador, adaptabilidad, se mantiene líquido en límites amplios de temperatura, contiene antioxidantes naturales y puede ser fácilmente hidrogenado. En comparación con otros aceites vegetales, el aceite de soya presenta ventajas que le dan preferencia en la industria para ser utilizado como materia prima, estas ventajas son:¹

1. Precio competitivo a nivel mundial
2. Disponibilidad y abundancia a nivel mundial
3. Un nivel importante de insaturación (Índice de Yodo de 125-140)
4. Hidrogenación selectiva para una variedad de aplicaciones en la industria
5. Obtención de productos muy estables
6. Contenido de ácidos grasos esenciales (linoléico y linolénico)
7. El aceite de soya desodorizado contiene tocoferoles (vitamina E), en promedio de 100 mg/ 100g que le confieren estabilidad al aceite y a los alimentos en que se utiliza.¹

En general algunos de los usos más frecuentes del aceite de soya en la industria alimentaria son:

- a) Producción de mayonesas y aderezos para ensalada.
- b) Producción de margarinas.
- c) Freído industrial.
- d) Industria panificadora y repostería.
- e) Industria galletera y botanas.
- f) Industria de sustitutos de derivados de la leche.
- g) Producción de dulces y chocolates.¹

1.1.2.5 Transporte a la planta procesadora

En la logística del manejo que se hace de la soya nacional e importada para abastecer a la industria, son fácilmente identificables los puntos por los que pasa el producto. Para la producción nacional, el grano de soya es cosechado y recibido en almacenes de acopio, que son bodegas ubicadas en las inmediaciones de las zonas productoras, después de un tiempo de almacenamiento de tres meses en promedio, el grano es embarcado por ferrocarril o trailer a grandes almacenes de concentración cercanos a las zonas industriales, o es enviado directamente a la industria. El producto importado es llevado a la planta de almacenamiento o es embarcado directamente en furgones o tolvas de ferrocarril. La soya importada que entra al país en trenes unitarios de ferrocarril a través de la frontera norte, también tiene como destino final los almacenes de concentración o los almacenes de las industrias.⁸

1.1.2.6 Almacenamiento de la soya.

La incidencia de pérdidas durante el almacenamiento de soya, al igual que para otros productos agrícolas, es un hecho de ocurrencia inexorable y que se deriva de la propia condición biológica del grano; sin embargo, es responsabilidad del almacenamiento el que esas pérdidas se mantengan en niveles razonablemente bajos. El guardar el grano de soya, conlleva el compromiso de mantener intactas las características de su composición en lo que se refiere a su contenido de proteínas y grasas, que lo hacen valioso como materia prima. La almacenabilidad del grano de soya puede definirse como la potencialidad que tiene el grano para ser almacenado con seguridad, ésto es, sin que quede en riesgo su integridad y sin que comprometa la conservación de su calidad. La almacenabilidad de la soya dependerá de varios factores como son: la calidad inicial del grano, el cumplimiento de las normas de calidad, el clima, las condiciones de almacén, las facilidades existentes para la vigilancia del producto y el control de plagas.²

La combinación de la humedad y la temperatura del grano de soya serán determinantes para predecir el tiempo que el producto puede ser almacenado sin riesgos para su calidad. En el cuadro 1.1 se indica el tiempo de almacenamiento en que el producto mantendrá su calidad. En la medida en que aumente la temperatura del grano y aumente su contenido de humedad, disminuirán los días en que el grano puede ser almacenado con seguridad.²

Cuadro 1.1. Tiempo máximo (días) de almacenamiento de soya a diferentes humedades y temperaturas.

Temperatura del grano (°C)	Contenido de humedad				
	12%	16%	18%	20%	30%
15.5	74	27	11	8	3
21.1	42	14	5	3	2
26.6	25	7	2	2	1

Fuente: Ortiz, C.A. Proceso industrial de la soya. Asociación Americana de Soya, A.C.

Típicamente la soya recibida se clasifica de acuerdo con la humedad como característica más importante. Para que no se dañe, no debe almacenarse a más de 13% de humedad. La soya se cosecha con alrededor de 20% de humedad.²

En climas muy cálidos con temperaturas máximas entre los 30 y 40°C, se debe enfriar el grano o cambiar de silo.²

1.1.2.7 Cambios fisiológicos post-cosecha

Por su naturaleza biológica y por su alto contenido en nutrientes, el grano de soya está expuesto a sufrir cambios de distintos órdenes durante su almacenamiento, los que afectarán su calidad y por consecuencia habrá cambios indeseables en los productos de su industrialización. Los cambios que pueden presentarse en la soya durante el almacenamiento son:

- a) **Cambios físicos, químicos y bioquímicos:** desde la cosecha hasta su entrada al proceso industrial, el grano de soya sufre daños mecánicos producidos por la maquinaria de todos los transportadores, como el quebrado y descascarillado. Como consecuencia del daño físico, los componentes quedarán expuestos al ambiente y ocurrirá tanto la invasión de patógenos e insectos, como la oxidación de grasas por contacto con la atmósfera del ambiente. Si no se proporciona la ventilación suficiente al grano durante el almacenamiento, la soya sufrirá el ataque de insectos y de hongos, lo que favorecerá el incremento de la temperatura y la humedad, así como la incidencia de daños por calor. Los calentamientos producirán reacciones químicas de oxidación, liberación de ácidos grasos libres y el enranciamiento y oscurecimiento del producto. El desarrollo de hongos de almacén podrá ser responsable de cambios bioquímicos en el producto, como la contaminación con aflatoxinas.⁸
- b) **Proceso de deterioro:** es un proceso natural que produce efectos negativos e irreversibles en la calidad del grano. Este deterioro comienza cuando la respiración del propio grano es estimulada por pequeños gradientes de humedad y temperatura, que provocan que el grano que se encuentra en vida latente aumente su metabolismo y su tasa de respiración por aceleración de procesos bioquímicos y activación de enzimas.⁸
- c) **Pérdidas de peso:** resultan del proceso de deterioro, han sido estimadas en un 30 a 50% con respecto a los volúmenes de productos cosechados.⁸

1.2 PROCESAMIENTO DE LA SOYA PARA LA ELABORACIÓN DE ACEITE.

1.2.1 Definición del aceite de soya

Al aceite que se extrae directamente del frijol soya se le conoce como aceite de soya crudo desgomado, es obtenido a partir de hojuelas de frijol soya por medio de un solvente, generalmente hexano, el cual es removido por evaporación. Posteriormente las gomas son removidas por hidratación y separación mecánica.²

1.2.2 Operaciones básicas en la planta procesadora

La semilla de soya se procesa de acuerdo a la secuencia presentada en la figura 1.4. El inicio del procesamiento del grano de soya es el acondicionamiento del grano, que incluye operaciones de limpieza, secado y eventualmente tratamientos por incorporación de insecticidas residuales directamente al grano, estas operaciones se realizan antes del almacenamiento para minimizar las pérdidas.²

La limpieza consiste en eliminar todos aquellos residuos de la trilla, mediante el uso de cribadoras especiales.²

El secado acondiciona al grano a humedades cercanas al 12%. Se puede realizar por lotes o en secadora a flujo continuo con aire caliente.²

Dependiendo de la capacidad del equipo y la humedad inicial del grano, una secadora puede eliminar entre 3 y 7% de humedad del grano. El factor limitante es que el calor daña a la semilla. Es necesario que se mantenga como máximo 63°C en el secado de la semilla para evitar dañar al grano. Una temperatura mayor ocasionará aumento significativo en el color del aceite y de la harina terminados, desnaturaliza la proteína haciéndola insoluble y aumenta los fosfátidos no hidratables en el aceite crudo.²

El tratamiento con impregnación de insecticidas implica la disposición de una película de insecticida residual sobre la superficie de los granos de soya. Este es un tratamiento preventivo aplicable al producto que se envía a un periodo prolongado de almacenamiento.⁸

1.2.3 Proceso de extracción del aceite de soya

Como se mencionó con anterioridad, el aceite es uno de los diversos productos de la soya. Las plantas modernas de procesamiento de aceite de soya utilizan el método de transferencia de líquido para efectuar la separación del aceite contenido en la soya. Antes de procesarse en la planta de extracción, el frijol se limpia y después la soya es quebrada en rodillos corrugados generalmente en dos o tres pasos. La semilla quebrada pasa por cribas donde se le retira la cáscara por

cribado y por aspiración.⁸ El diagrama del proceso general del frijol soya se muestra en la figura 1.4

En la mayoría de las plantas actuales se utiliza con mucho éxito algún tipo de extrusor para mejorar la preparación del frijol previo a la extracción. Para ser extraído con éxito el frijol debe hojuelarse entre 10 y 12 milésimas de pulgada de grueso y para que la extrusión sea efectiva debe ser entre 14 y 18 milésimas de pulgada. La humedad debe conservarse entre 9.5 y 11.5% y la temperatura alrededor de 55°C para hojuela directa y unos 10°C más para extrusión. Si estas condiciones no se sostienen, los resultados de la extracción serán variables. La mayoría de las plantas modernas cuentan con expansores que producen una masa porosa de soya en trozos pequeños y cilindricos. La industria les dio el nombre de "collets". La extracción se efectúa con mucha eficiencia y ahorro de hexano con collets de buena configuración. Los collets están calientes y húmedos al salir de la cabeza del expansor. En ocasiones tienen que enfriarse y secarse antes de entrar al extractor. La temperatura de la hojuela o los collets debe sostener la temperatura dentro del extractor de una planta al nivel correcto, que es alrededor de 55°C en la mayoría de los procesos.⁸ El collet es un proceso de maceración muy fino que liberará el aceite para una rápida extracción debido a la formación de múltiples poros en el collet, la humedad a la salida de la expansión es del 13%.²

La extracción se efectúa mediante lavados sucesivos de solvente hexano que fluye a contracorriente a la dirección en la que viaja la hojuela. Después que la hojuela ha pasado por la extracción llega por un transportador sellado para retirarle el solvente impregnado mediante la aplicación de vapor en un desolventizador compuesto de vasos encerrados aislados de la atmósfera. El hexano disuelto en el aceite es removido en evaporadores de película ascendente y con una destilación final al vacío.⁸

El hexano retirado a la harina y al aceite es recuperado en condensadores atmosféricos. La planta requiere una instalación totalmente a prueba de explosión y todas las piezas del equipo son selladas y a prueba de escape de vapores.⁸

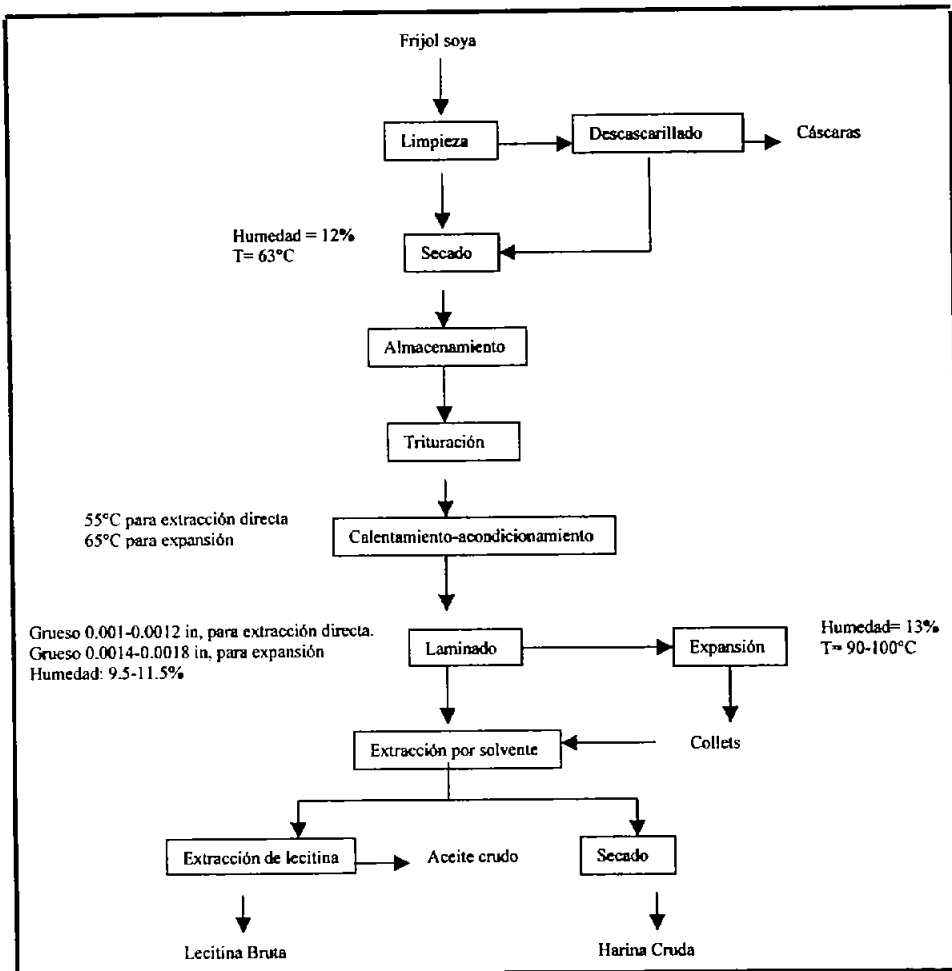


Figura 1.4. Diagrama del proceso general del frijol soya². Fuente: Samperio, JM. Proceso Industrial de la Soya

1.2.4 Proceso de refinado del aceite de soya

Después de su extracción se somete a un proceso de purificación debido a que las grasas y aceites crudos contienen sustancias que hay que eliminar para conseguir buenas propiedades de elaboración, tales como color, olor y sabor agradables, asegurando su conservación en productos acabados.

El diagrama del proceso de refinación se puede observar en la figura 1.5, el proceso de purificación consiste en las siguientes etapas:

- a) Separación de las sustancias en suspensión o dispersión coloidal mediante sedimentación, desgomado y lavado con ácidos
- b) Eliminación de los ácidos grasos libres (neutralización)
- c) Decoloración por blanqueo
- d) Desodorización o deodorización .⁹

1.2.4.1 Desgomado

La mayoría de los aceites comestibles contienen fosfolípidos también conocidos como fosfátidos o simplemente gomas. Estos fosfátidos son excelentes agentes de emulsificación y por ende aumentan las pérdidas durante el refinamiento químico. Los fosfátidos están unidos con parte de los metales en el aceite crudo. Por esta razón, ambos constituyentes, gomas y metales, son responsables de una estabilidad más baja del desodorizador o el aceite refinado.⁸

Hay dos tipos de gomas, los fosfátidos hidratables y los no-hidratables. Los diferentes aceites y grasas contienen cantidades varias de fosfolípidos. El aceite de soya crudo contiene de 700 a 1000 ppm de fósforo, lo que equivale a 17780 – 25400 fosfátidos. Por esta razón se realizan dos tipos de desgomado:⁸

- a) **Desgomado de agua:** Los fosfátidos hidratables pueden ser removidos fácilmente añadiendo agua, así las gomas son hidratadas y separadas fácilmente. El aceite se calienta a 70-80°C y se añade el agua, se mezcla perfectamente durante 10-30 minutos. Dependiendo del mezclador que se utilice. Las gomas son separadas en una centrífuga de discos, de esta forma se separa el agua residual y el aceite. Posteriormente, el aceite pasa a un tanque sometido a vacío para retirar los restos de agua que pudieran quedar. Este desgomado es aplicado cuando se quiere recuperar la lecitina (fosfátido).⁸

- b) **Desgomado ácido:** este proceso se aplica para que los fosfátidos no-hiratables pasen a una forma hidratable. Estos fosfátidos no-hidratables contienen sales de sodio, hierro y magnesio. Primero se calienta el aceite a 70°C, posteriormente se añade 0.1-0.3% de ácido concentrado y se mezcla. Los ácidos utilizados son el ácido fosfórico concentrado (75-85%) y el ácido cítrico (50%). La reacción se lleva a cabo de 3-5 minutos en un tanque, de esta forma los fosfátidos/metal son partidos en sales de metales insolubles y fosfátidos ácidos, que son hidratables y pueden ser removidos añadiendo agua y posteriormente precipitados. Con este proceso el contenido de fósforo puede bajar a menos de 30 ppm.⁸

1.2.4.2 Neutralización.

Con la neutralización se pretenden eliminar los ácidos grasos libres originados por lipólisis antes de la extracción de la grasa o aceite. Se adicionan soluciones de sosa cáustica a la grasa calentada, se agita con energía y rápidamente se deja sedimentar. Los sedimentos se recogen y aprovechan para hacer jabones, en el proceso de manera continua se mezclan constantemente proporciones adecuadas de solución de sosa cáustica y aceite a una temperatura de 20-23 °C, luego se pasa por un intercambiador de calor, donde se eleva más rápidamente a 55-70 °C para romper así la emulsión; a continuación se centrifuga, se lava con agua, finalmente, se vuelve a centrifugar. Con esta operación, además de los ácidos grasos libres, se eliminan también fosfátidos, algunas materias en suspensión y colorantes. Todos estos compuestos se arrastran con los jabones.⁹

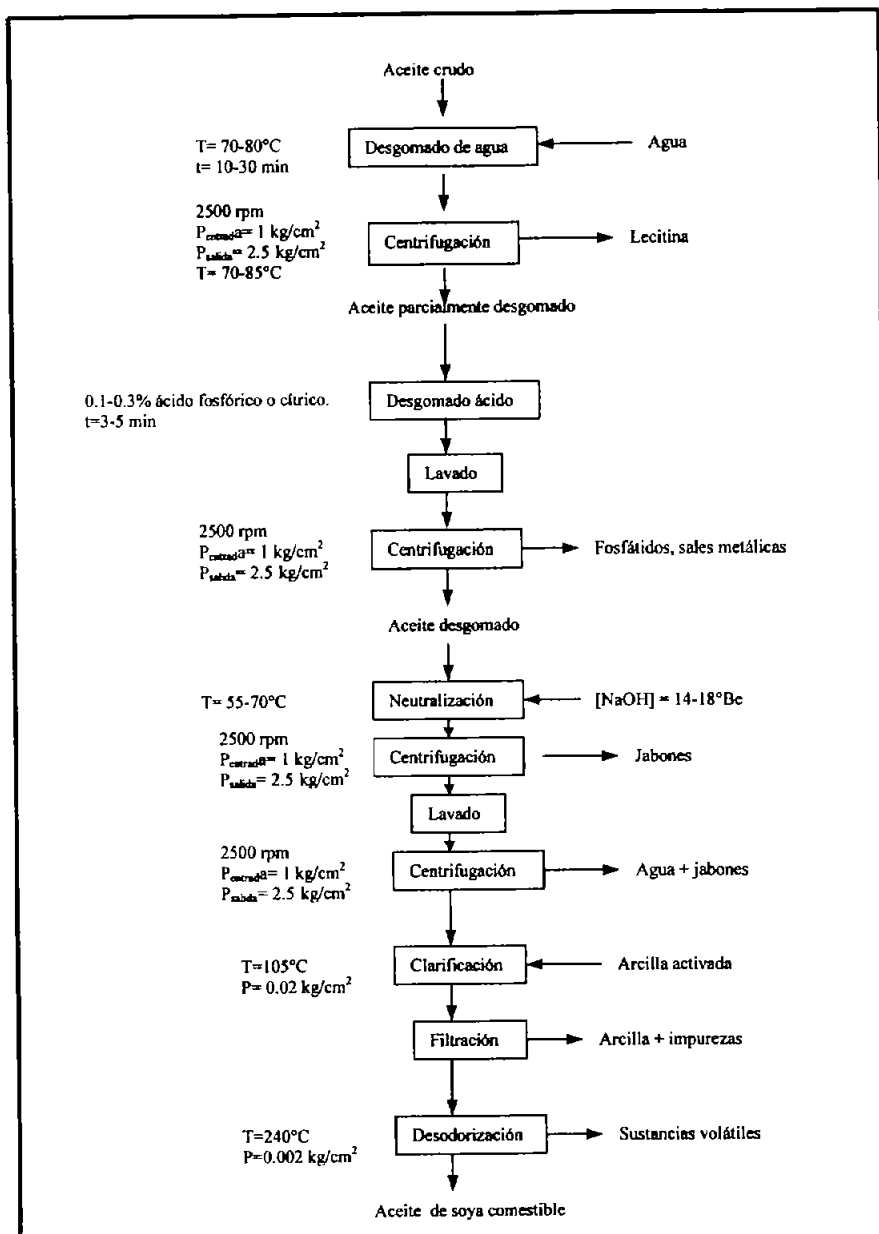


Figura 1.5. Diagrama del proceso de refinación del aceite de soya.¹

1.2.4.3 Blanqueo

Es la etapa de clarificación en la cual se usan arcillas activadas, se realizan las siguientes reacciones:

1. Neutralización y remoción de jabones.
2. Hidrólisis de triglicéridos.
3. Descomposición de hidroperóxidos.¹⁰

Esta operación se realiza con la aplicación de calor (105°C) y vacío (20mmHg) para que se efectúen las reacciones antes descritas y reducir impurezas como: ácidos grasos conjugados, cetonas, aldehídos, ácidos grasos dímeros, polímeros y ácidos grasos de cadena corta. También remueve fosfolípidos, clorofila, colorantes (carotenos), metales pesados (Fe, Cu, Ni). El papel que juegan las arcillas activadas en el blanqueo es primordial porque dependiendo del grado de activación que posean y la dosificación, se obtienen diferentes grados de remoción de impurezas.¹⁰

1.2.4.3.1 Arcillas decolorantes

Las arcillas decolorantes han sido usadas por más de 100 años en la refinación de aceites vegetales y animales así como en grasas y algunos aceites minerales. Su uso tradicional como producto decolorante, ha acompañado el desarrollo tecnológico en esta materia y hoy se les conoce mejor como arcillas absorbentes. Su capacidad de adsorción de impurezas indeseadas en los aceites y su capacidad de intercambio iónico, son propiedades de relevante importancia.¹¹

2.4.3.2 Estructura y efecto de las arcillas decolorantes

El mineral conocido como montmorillonita, es la materia principal de la arcilla decolorante. Un cristal de montmorillonita consiste en 15 láminas, cada una de las cuales está formada de dos láminas exteriores de sílice, compuestas de sílice tetraédrica y una laminilla central de iones de aluminio. Cada catión de aluminio

(Al⁺³) está rodeado en forma octaédrica por aniones oxidados de las moléculas de sílice.¹²

Por la introducción de iones trivalentes de aluminio (Al⁺³) y hierro (Fe⁺³) dentro de las laminillas de sílice o iones divalentes de magnesio (Mg⁺²) y hierro (Fe⁺²), dentro de la laminilla central, la lámina queda cargada negativamente, lo cual es compensado por la presencia de cationes en el espacio interlaminar. Estos cationes pueden ser reemplazados fácilmente por otros de mayor afinidad.¹²

No sería posible usar esta bentonita cruda en su presentación natural, ya que contiene más del 40% de agua y no posee función clarificante. Para ello se requiere someter al mineral un cuidadoso tratamiento químico con ácido mineral. Aunque algunas arcillas naturales pueden tener una actividad propia y no requieren activación.¹²

Después de varios pasos de preparación, la bentonita es atacada por ácido, intercambiando su carga de iones de calcio (Ca⁺) por iones de hidrógeno (H⁺). Se forma una H-bentonita. Durante el subsiguiente proceso de activación, el ácido mineral se abre camino entre las laminillas y disuelve iones de Al, Fe, Ca y Mg de la estructura, penetrando cada vez más en el cristal. Con ello aumenta la superficie interior de las laminillas y se forman centros de ácidos activos. Durante el proceso se optimiza el grado de activación. Un tratamiento químico excesivo reduciría nuevamente la actividad de la bentonita destrozando el cristal íntegramente dejando un ácido silícico al final.¹²

De esta descripción se desprende, que el proceso de activación pasa por un punto máximo antes del deterioro del cristal. En el punto máximo la arcilla poseerá las mejores características de blanqueo y adsorción. Las partículas activadas son lavadas con agua, eliminando el ácido remanente y los iones metálicos en solución.¹²

La torta de arcilla una vez lavada, es secada cuidadosamente en equipo especial para conservar su alta superficie de área.¹²

Las propiedades de las arcillas activadas tienen influencia directa sobre algunas impurezas de los aceites, esto se puede observar en el cuadro 1.2.¹²

Cuadro 1.2. Influencia de la tierra clarificante.

PROPIEDAD	EFECTOS
Acídica	Fosfátidos, clorofila, jabón, ácidos grasos libres
Catalítica	Dímeros, polímeros, ácidos grasos libres y trans, peróxidos, cetonas, aldehídos, cuerpos coloridos.
Intercambio iónico	Fosfátidos, clorofila, jabón, trazas de metales, ácidos grasos libres.
Adsorción	Fosfátidos, clorofila, carotenos, ácido fosfórico, ácidos grasos libres, dímeros y polímeros.

Fuente : American Oil Chemists' Society. Fundamental Short Course. Science and Technology of edible fats and oils.

Después de la clarificación, el aceite se filtra para retirar la arcilla y las impurezas removidas.¹²

1.2.4.4 Desodorización

Las grasas y aceites naturales contienen compuestos olorosos, los cuales se eliminan por medio de vacío y calor, las condiciones para el aceite de soya son 240°C y 2mmHg. Este proceso se efectúa vertiendo el aceite caliente en una torre de vacío por la que circula vapor a contracorriente. Este arrastra las sustancias odoríficas (tales como aldehídos o cetonas), destruye peróxidos y carotenoides, también elimina los ácidos grasos libres residuales. Es importante cortar el oxígeno en el sistema para evitar la oxidación con trazas de metales.⁹ La eliminación de compuestos odoríferos es factible debido a las diferencias en volatilidad entre los triglicéridos y las sustancias que confieren sabores y olores a las grasas. Estas sustancias son fácilmente eliminadas en el proceso de destilación, que se lleva a cabo a baja presión y elevada temperatura (alrededor de 204-288°C).¹³

El aceite desodorizado terminado puede clasificarse como "aceptable" dentro de una amplia gama de especificaciones que dependen del gusto de la gente. La mayor parte del mundo quiere que el aceite tenga un sabor fundamentalmente suave, incoloro y de ser posible casi tan blanco como el agua, insaboro y con un contenido de ácidos grasos libres menores a 0.03%. Además, este aceite podría tener una calificación de sabor de 7.5 o más cuando es sometido a las pruebas de sabor del panel aprobado por la American Oil Chemistry Society (AOCS) integrado por 10 catadores del sabor y olor del aceite.¹⁴

1.3 CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE DE SOYA

En el proceso de aceite de soya la reducción de color se presenta en cada uno de los pasos de la refinación; como son el desgomado, la refinación cáustica, el blanqueo y la desodorización. Se ha demostrado plenamente que el blanqueo mejora el sabor del aceite de soya. También se ha demostrado que las tierras de blanqueo ácidas son más efectivas en realzar el sabor neutro del aceite de soya que las tierras de blanqueo neutras.¹¹

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-F-252-1985, se tienen los siguientes parámetros para la evaluación de un aceite de soya comestible. (ver cuadro 1.3).¹⁵

Cuadro 1.3. Características del aceite de soya comestible

PARÁMETRO	VALOR
Sabor	Libre de sabores desagradables
Apariencia	Claro y brillante a 21°C
Sedimentos	Sin sedimentos a 21°C
Humedad, materia volátil	0.05% máximo.
Acidos grasos libres (oleico)	0.05% máximo
Color (Lovibond)	20a/2R máximo.
Materia insaponificable	2.0% máximo
Valor de peróxido	2.0 meq /Kg máximo
Hierro	1.5 mg/ Kg máximo
Cobre	0.1 mg/ Kg máximo
Plomo	0.1 mg/ Kg máximo
Níquel	0.1 mg/ Kg máximo

Fuente: Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, NOM-F-252-1985, Aceite comestible puro de soya, México D.F, 31 de julio de 1985.

El aceite de soya puede ser crudo o refinado dependiendo de las operaciones de purificación a las que ha sido sometido, al respecto, se tienen las siguientes definiciones:

- a) **Aceite de soya crudo desgomado:** es el aceite obtenido a partir de las hojuelas del frijol soya por medio de un solvente, generalmente hexano, el cual es removido por evaporación. Posteriormente las gomas son removidas por hidratación y separación mecánica.²
- b) **Aceite de soya refinado:** es el aceite puro de soya obtenido después de haber sometido el aceite crudo a un tratamiento químico y separación mecánica de los ácidos grasos libres presentes.²

Existen ciertos parámetros que son de gran utilidad en la evaluación de la calidad de un aceite.

1. **Valor de peróxidos.** El grado de oxidación que haya tenido lugar en una grasa o aceite se puede expresar en términos del índice de peróxido. Cuando los enlaces dobles de las grasas insaturadas se oxidan, los peróxidos se encuentran entre los productos formados por la oxidación, los cuales son determinados por la oxidación con yoduro de potasio a través de la titulación con tiosulfato de sodio.⁹
2. **Color:** depende del tipo de aceite. Se mide por el colorímetro Lovibond con la gama de rojos y amarillos. Los valores altos indican que el aceite tuvo un mal proceso, con excepción del aceite de maíz y algodón que pueden registrar valores altos y tener una excelente estabilidad. Un tono verde indica alta concentración de clorofila y se asocia con la utilización de granos o semillas inmaduros.¹⁰
3. **Valor de p-anisidina (VA):** el método es una medida del contenido de aldehídos no saturados, que son subproductos de la descomposición de peróxidos y que al estar presentes en una muestra reaccionan al disolverla en iso-octano en presencia de p-anisidina en una solución de ácido acético glacial.¹

4. **Estabilidad de aceites:** el método anteriormente utilizado para medir la estabilidad de un aceite era el método del oxígeno activo, el cual ha sido sustituido por el índice de estabilidad del aceite OSI (Oil Stability Index). Los aceites y grasas presentan una resistencia a la oxidación, la cual depende del grado de saturación, de la presencia de antioxidantes naturales o adicionados, de pro-oxidantes y de los procesos previos. Una vez que la resistencia es vencida, la oxidación aparece y se incrementa rápidamente. El tiempo previo a este incremento de la oxidación es una medida de la resistencia a la oxidación. El método consiste en burbujear una corriente de aire en la muestra calentada y determinar el tiempo en que se presenta la rancidez.¹⁶
5. **Metales Pesados:** la presencia de metales pesados es un indicativo de la eficacia del proceso al que ha sido sometido el aceite, además, a partir de la cantidad de éstos se determina si un aceite cumple con las normas oficiales. El método utilizado está basado en la espectrofotometría atómica, que involucra radiaciones electromagnéticas que al ser absorbidas y/o emitidas por cada átomo con características específicas nos permitan la caracterización de los elementos presentes en la muestra.¹⁶

1.4 EVALUACIÓN SENSORIAL

1.4.1 Los aceites y la evaluación sensorial.

La mayoría de los usos de aceites y grasas son para productos suaves. El procesamiento del aceite se lleva a cabo para retirar el sabor (flavor) y el olor, así como prevenir su formación. Los gustos naturales de los aceites de oliva y de cacahuate son deseados por algunos consumidores para su empleo en ensaladas y en la preparación de otros productos.¹³

La acción de los aceites y grasas tiene un papel importante en el sabor de los alimentos. Influyen en la textura y en la sensación en la boca, además sirven como medios de transporte y de calentamiento.¹³

Aunque los aceites y grasas pueden no influir en la selección del producto acabado porque hagan una amplia contribución a la calidad comestible, pueden contribuir, y lo hacen, al rechazo mediante gustos desagradables e inaceptables.¹³

El sabor se ha definido como la respuesta sensorial combinada del olor (olfativa), el gusto (tacto en la lengua) y el aroma (sensación en la boca).¹³

Todo contribuye a la percepción global del sabor, siendo el aroma la característica más importante o dominante. Los sabores percibidos en aceites y grasas, tales como alubia, oxidado, rancio, mantequilla y pescado, son muy detectados por las papilas olfativas.¹³

Los sabores de los productos de aceites y grasas se atribuyen generalmente a los ácidos grasos, a los ácidos grasos insaturados y a los ésteres de los ácidos, aldehídos y compuestos relacionados. Más específicamente, los compuestos volátiles relacionados con el sabor provienen principalmente de la degradación de los hidroperóxidos formados por la oxidación de los ácidos grasos insaturados.¹³

La causa más frecuente del mal sabor en los aceites y grasas es la oxidación, la cual produce aldehídos, cetonas, alcoholes y otros compuestos. Los métodos para valorar la calidad de los aceites, fueron diseñados para medir el grado de oxidación o ciertos subproductos. Entre estos métodos cabe mencionar el índice de peróxidos, índice de p-anisidina, el método del oxígeno activo que ayuda a predecir la vida de anaquel y la presencia de metales pesados. Así, podemos decir que un aceite puro es completamente insípido e inodoro y los sabores que percibimos son resultado de los productos generados por la oxidación o las moléculas de ácidos grasos. De ahí la importancia de relacionar las propiedades sensoriales con la presencia de algunos compuestos, quedando ligadas la calidad sensorial y la calidad fisicoquímica del aceite.¹⁰

1.4.2 Consideraciones de la evaluación sensorial.

Aunque la seguridad química y microbiológica de los alimentos es de vital importancia, no lo son menos sus características sensoriales (apariencia, aroma, textura y sabor). Toda vez que la seguridad e higiene de un alimento está garantizada, lo satisfactorio de sus propiedades sensoriales pasa a ser el criterio más importante, el que determina la elección y, más aún, la fidelidad de un consumidor hacia un producto o marca.¹⁷

Para los países desarrollados, la evaluación sensorial está íntimamente relacionada con la calidad y el comercio de las mercancías ya que la utilizan en la determinación de los atributos y el nivel de calidad del producto para el consumidor. Muchos estudios han sido dedicados a encontrar los mejores métodos y aproximaciones para hacer más eficientes las pruebas sensoriales. Para estas actividades, científicos del campo de la psicología, fisiología, química, ingeniería, tecnología de alimentos y estadística han unido esfuerzos para lograr un mejor entendimiento del ser humano como instrumento de medición de las propiedades de un producto y su relación con la aceptación y uso por las personas.¹⁸

Así, la evaluación sensorial se puede definir como la ciencia utilizada para provocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a determinadas características de los alimentos y materiales, tal y como son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído.¹⁹

La evaluación sensorial comprende un conjunto de técnicas para la medida precisa de las respuestas humanas a los alimentos y minimiza los potenciales efectos de desviación que la identidad de la marca y otras informaciones pueden ejercer sobre el juicio del consumidor. Es una ciencia cuantitativa en la cual los datos numéricos son recogidos para establecer relaciones entre las características de los productos y la percepción humana.¹⁹

La evaluación de un producto puede incluir el desarrollo de pruebas objetivas procedentes de datos sensoriales. Incluso puede haber una interrelación entre los estudios químicos, físicos y la evaluación sensorial.¹⁸

Como ya se mencionó anteriormente, la evaluación sensorial se vale de los cinco sentidos y puede emplear todos o solamente algunos de ellos dependiendo del tipo de alimento a analizar. En el caso de los aceites, los principales sentidos que se utilizan son el olfato y el gusto,¹⁸ así como la combinación entre ellos llamada sabor debido a que los compuestos volátiles son percibidos por los receptores olfativos o a través de la cavidad bucal. En la mayoría de los casos, el sabor es el análisis más sensible de las características sensoriales por que los volátiles están directamente relacionados con el nervio olfativo.²⁰

1.4.2.1 Sabores básicos.

Los alimentos al estar compuestos por un sin número de sustancias de diferente origen tienen olores y sabores característicos, algunos son tan complejos que se tienen que enlistar para definirlos, algunos otros son tan sencillos que los podemos definir como sabores básicos, los cuales se pueden resumir en cuatro:¹⁷

1. **Ácido:** hay compuestos activadores ácidos que son específicamente los iones hidrógeno (H^+). Usualmente a mayor concentración de iones H^+ , mayor acidez en la solución. El buffer de una solución ácida tiene una influencia apreciable sobre la concentración de H^+ y sobre el sabor de la muestra.¹⁸
2. **Dulce:** los compuestos activadores más comunes son los azúcares aunque hay otros compuestos de diferente naturaleza química que también funcionan como activadores; tal es el caso de algunas sales de plomo, la sacarina y los ciclamatos.¹⁸
3. **Salado:** el cloruro de sodio ($NaCl$) es la sal más pura que se prueba y es la que muestra la mayor solubilidad en compuestos orgánicos.
4. **Amargo:** hay muchos y muy variados compuestos que provocan este sabor. Algunos de los más fuertes son alcaloides como la cafeína, nicotina y quinina.¹⁸

La percepción y fatiga de los cuatro sabores básicos varía considerablemente, a saber:

1. **Ácido:** la adaptación a una fuente ácida reduce la sensibilidad a otros ácidos porque el único activador del sabor son los H^+ la sensibilidad se recupera rápidamente ya que los ácidos son altamente solubles y se enjuagan fácilmente con la salivación. La rapidez de estimulación y sudoración pueden ser modificadas fácilmente por buffers presentes en la saliva o boca al mismo tiempo.
2. **Dulce:** la adaptación a un agente dulce puede o no reducir la sensibilidad a otro. El azúcar y la sacarina no producen fatiga en la sensibilidad el uno con el otro. Recobrar la sensibilidad al sabor dulce es más fácil que para otro tipo de sabor.
3. **Salado:** alrededor de 24 diferentes sales producen la percepción del sabor y no interfieren o afectan en la sensibilidad de las otras.
4. **Amargo:** éste es el sabor que dura más con respecto a los otros sabores. La razón es que las sustancias amargas tienen una mayor afinidad con la piel y probablemente con los receptores gustativos. Para recuperar la sensibilidad del sabor amargo tiene que pasar alrededor de 1 minuto después de enjuagar.¹⁸

1. 4.2.2 Olores básicos.

Los olores de los alimentos son muy variados debido a la combinación de un sin número de compuestos volátiles, así que un alimento puede identificarse por ciertos olores característicos que permiten saber el estado del alimento, si es fresco o se encuentra en mal estado, esto debido a las sustancias liberadas de las reacciones de descomposición.²¹

En el análisis sensorial es importante conocer los olores característicos que puede poseer un alimento; por ejemplo, si se van a evaluar alimentos que contienen frutas, se buscarán olores dulces, ácidos, fermentados, etcétera.²¹

En el caso de soya, los olores más comunes son el rancio que es producido por reacciones de oxidación, la mantequilla que aparece durante las primeras reacciones

de la oxidación, el crudo que es el sabor del aceite de soya antes del refinado, la pintura que indica una reversión del aceite de soya y el maíz que puede indicar una adulteración del aceite de soya por la combinación de aceites.²¹

La reversión del sabor del aceite de soya se desarrolla incluso a bajos índices de peróxidos de sólo unos pocos miliequivalentes por kilogramo. Este sabor recuerda a la pintura. El ácido linolénico, componente del aceite de soya, se asocia a menudo al proceso de reversión del gusto. Los polímeros originados en la oxidación del aceite de soya no poseen el olor característico de reversión a temperatura ambiente, pero cuando se calientan en presencia de oxígeno por un largo periodo de tiempo se desarrolla un sabor muy característico, aunque se han podido aislar unos 71 componentes volátiles a partir de un aceite de soya que ha experimentado el fenómeno de la reversión.²¹

1.4.3 Jueces sensoriales

1.4.3.1 Tipos de jueces

La selección y el entrenamiento de las personas que tomarán parte en pruebas de evaluación sensorial son factores de los que dependen en gran parte el éxito y la validez de las pruebas.²⁰

Es necesario determinar, en primer lugar, el número de jueces que deben participar, y después hay que seleccionarlos, explicarles en forma adecuada cómo han de realizar sus evaluaciones, además de ofrecerles el entrenamiento adecuado.

Existen cuatro tipos de jueces: el juez experto, el juez entrenado, el juez semientrenado o de laboratorio y el juez consumidor.²⁰

1. **Juez experto:** es la persona que tiene una gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento, posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para distinguir y evaluar las características del alimento. Su habilidad, experiencia y criterio son tales que en las pruebas que efectúa sólo es necesario contar con su respuesta. Por lo general sólo intervienen en la degustación de productos caros, esto se debe a que su entrenamiento es muy largo y costoso y, además, a que cobran sueldos muy altos.²⁰

2. **Juez entrenado:** es una persona que posee bastante habilidad para la detección de una propiedad sensorial en particular, que ha recibido cierta enseñanza teórica y práctica acerca de la evaluación sensorial, y sabe qué es exactamente lo que se desea medir en una prueba. Además, suele realizar pruebas sensoriales con cierta periodicidad. Este tipo de jueces se emplean principalmente para pruebas sensoriales descriptivas.
3. **Juez semientrenado:** se trata de personas que han recibido un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas sensoriales con frecuencia y poseen suficiente habilidad, pero que generalmente participan en pruebas discriminatorias sencillas, las cuales no requieren de una definición muy precisa de términos o escalas.
4. **Juez consumidor:** se trata de personas que no tienen que ver con las pruebas, ni trabajan con alimentos, ni han efectuado evaluaciones sensoriales periódicas, son personas tomadas al azar, ya sea en la calle, en una tienda o escuela. Los jueces de este tipo deben emplearse solamente para pruebas afectivas y nunca para discriminativas o descriptivas. Es importante escoger jueces que sean los consumidores habituales del producto a probar o, en el caso de productos completamente nuevos, que sean los consumidores potenciales de dicho alimento.²⁰

1.4.3.2 Selección de jueces

Las personas pueden tener ciertas características que los hacen más o menos sensibles y esto permite considerarlos como una herramienta objetiva, a continuación se mencionan las más importantes:^{18,20}

1. **Habilidad:** es importante, ya que un juez incapaz de detectar una propiedad o de diferenciar entre dos muestras, lógicamente no va a ser adecuado para participar en las pruebas sensoriales y las respuestas que dé, no podrán ser tomadas en cuenta como válidas
2. **Disponibilidad:** la validez y el éxito de las pruebas sensoriales dependen de que se cuente con todos los jueces al mismo tiempo. Se debe determinar

desde un principio el número de jueces con el que hay que contar para cada prueba, es necesario establecer sus horarios de disponibilidad con el fin de no interferir con sus otras actividades ni arriesgarse a que vayan a tener que ausentarse en el último momento.

3. **Interés:** es la característica de mayor importancia para la evaluación sensorial. Si un juez no está interesado, no puede ser utilizado, esta indiferencia puede afectar los resultados ya que los participantes responden los cuestionarios sólo para salir del paso.
4. **Actitud:** una persona con buena actitud es fácilmente motivada.
5. **Integridad:** cada evaluación requiere que el juez sea lo más íntegro posible ya que debe responder exactamente lo que piensa o siente de la forma más honesta, sobre el producto que está probando. Las respuestas que da son poco válidas si el juez es deshonesto o responde lo que él cree que el director quiere que responda.
6. **Estabilidad:** implica precisión en las respuestas. Un juez con una gran sensibilidad sensorial tiene la habilidad de observar la más mínima diferencia entre muestras. Esta habilidad produce pruebas repetibles y reproducibles, por lo tanto, precisas.
7. **Ausencia de prejuicios:** tendencias de preferencia o tabúes.
8. **Características personales:** hay mucha relación entre la sensibilidad y la edad, las personas entre 20-50 años son más sensibles.
9. **Hábitos personales:**
 - a) **Fumar:** los fumadores pueden ser buenos jueces siempre y cuando no se trate de sabores amargos porque tienen poca sensibilidad a este sabor. Deben dejar pasar 20-30 minutos sin fumar antes de la prueba.
 - b) **Sueño:** se ha comprobado que si una persona lleva sin dormir más de 72 horas pierde sensibilidad. Además, hay poca capacidad de concentración si la persona tiene sueño.

- c) **Hambre:** puede influenciar las respuestas si las pruebas se hacen en horas próximas a la comida. Se deben hacer dos horas antes de la hora acostumbrada para tomar los alimentos.
- d) **Otros:** stress emocional, fatiga, falta de concentración, ansiedad, afectan la evaluación sensorial, si se encuentran en una situación así, es necesario que se les dé un tiempo para poder relajarse.

1.4.3.3 Entrenamiento de jueces

Esta es una etapa decisiva para obtener resultados confiables. Para entrenar a los jueces hay que tomar en cuenta los siguientes factores.²⁰

1. **El entrenador o director:** debe ser capaz de establecer un cierto “clima” en el grupo, es decir, un ambiente agradable de trabajo y un nivel adecuado de comunicación. Su personalidad debe ser tal que no intimide a los jueces, pero al mismo tiempo debe ser capaz de mantener un control sobre el grupo y que los jueces reconozcan su autoridad. Una personalidad demasiado fuerte puede ser contraproducente, ya que podría resultar que los jueces contesten lo que él (ella) quiere que digan y no lo que en realidad están percibiendo. Asimismo, una persona muy tímida y que acepta todo lo que dicen los demás, o que no dice las cosas con mucha firmeza puede hacer que los jueces pierdan interés hacia las pruebas o que las menosprecien.
2. **Elaboración del programa:** es necesario que el director elabore un programa de entrenamiento, el cual debe contener los objetivos, los temas a cubrir, así como la forma de medición del cumplimiento de los objetivos, los cuales deben ser planteados adecuadamente, tomando en cuenta no solamente las metas a alcanzar sino los medios y la forma de medir el alcance. Lo importante es que quede bien claro qué es lo que se desea que los jueces aprendan.
3. **Explicación:** se deben tener sesiones de explicación para mantener interesados a los jueces así como para iniciar su entrenamiento. Se les debe explicar en que consiste la evaluación sensorial, cuál es su importancia

tanto para la investigación como para el control de calidad, cuáles son los métodos sensoriales en los que ellos van a participar, qué consecuencias puede tener en que no contesten adecuadamente. Las sesiones de entrenamiento teórico deben ser completas en cuanto a su contenido pero no muy largas, para evitar la fatiga de los jueces, la cual podría predisponerlos contra las pruebas.

4. **Práctica:** es necesario que los jueces prueben alimentos y apliquen el uso de las escalas o instrumentos de evaluación que utilizarán en las pruebas reales. Y hay que llevar a cabo un control y monitoreo constante del desempeño de los jueces. Se debe verificar que realmente hayan entendido los conceptos explicados, para que su habilidad y sensibilidad aumenten o permanezcan constantes.
5. **Comprobación:** pueden aplicarse diversas pruebas estadísticas para medir la tendencia de la variabilidad de las respuestas de cada juez, ésto puede servir para una comprobación del entrenamiento o el adiestramiento de cada uno.²⁰

1.4.4 Muestras sensoriales

1.4.4.1 Consideraciones generales para la presentación de muestras

La presentación de las muestras es de fundamental importancia debido a que se deben tomar en cuenta ciertas consideraciones para evitar errores de los jueces y asegurar la validez de las pruebas, a continuación se mencionan los puntos clave a considerar en la presentación de las muestras.¹⁷

La codificación de cada muestra no debe proporcionar al juez ninguna información sobre la identidad de las muestras o del tratamiento que han sufrido. Por este motivo se usarán codificaciones de símbolos o de números aleatorios siguiendo las tablas de números aleatorios (ver anexo 1).¹⁷

Generalmente las muestras deben servirse a la temperatura a la cual suele ser consumido el alimento de que se trate.²⁰

Las evaluaciones sensoriales no deben hacerse a horas muy cercanas a las de las comidas. Si el juez acaba de comer o desayunar, no se sentirá dispuesto a ingerir alimentos y entonces podría asignar calificaciones demasiado bajas o podrían alterarse sus apreciaciones de los atributos sensoriales. Similarmente, si ya falta muy poco tiempo para la hora de la comida el juez tendrá hambre y cualquier cosa que pruebe le agradará, así que también puede afectar significativamente a sus respuestas.²⁰

Se recomienda que para las pruebas cada juez debe recibir al menos 16 ml de muestra líquida o 28 g de alimento sólido. En los alimentos que se presentan como una unidad pequeña que pueda comerse en un bocado (bombón, galleta) la muestra debe ser la unidad.²⁰

En la mayoría de las pruebas los alimentos se degustan sin diluirlos, ya que podrían alterarse sus características sensoriales. Pero, cuando el alimento tiene un sabor picante o muy intenso, es necesario realizar diluciones para probar las muestras. En las pruebas afectivas no deben diluirse las muestras y en las descriptivas, sólo se usan si las pruebas están diseñadas para evaluar diluciones.²⁰

En una sesión de evaluación sensorial, por lo general, no deben darse a probar a un juez más de 5 muestras al mismo tiempo, ya que puede ocasionarle fatiga o hastío, lo cual puede repercutir en sus respuestas.²⁰

1.4.5 Consideraciones de la prueba.

Como la evaluación sensorial es efectuada por seres humanos, los cuales tienen un gran número de estímulos y reaccionan de manera diferente a cada uno de ellos, cuando se llevan a cabo las pruebas de análisis sensorial puede haber interferencia de muchas de esas reacciones.²⁰

1.4.5.1 Tipos de errores en una prueba sensorial

Hay varios tipos de reacciones y errores que se pueden esperar de un juez en las pruebas sensoriales.^{18,20}

1. **Error de expectación:** los jueces no deben recibir información acerca de la prueba antes de realizarla ya que ésto podría afectar los resultados. Los jueces generalmente encuentran lo que ellos esperan encontrar. Por ello no deben participar en las pruebas las personas que estén involucradas en la realización del experimento o investigación, las claves asignadas a las muestras deben ser de tal forma que no hagan al juez formarse una idea acerca de las características de las muestras. Por ello es recomendable codificar las muestras usando claves de tres o cuatro dígitos tomados de una tabla de números aleatorios.
2. **Error de estímulo:** al desear responder correctamente el cuestionario, el juez puede verse influenciado por las características sin importancia del producto. Si está realizando una prueba de diferenciación, puede ponerse a considerar indicios en alguna diferencia aparente de la muestra, tal como el tamaño o el color, por ello es necesario uniformizar las muestras lo más posible en cuanto a su aspecto externo para evitar este tipo de interferencia con las respuestas de los jueces.
3. **Error lógico:** este tipo de error está muy relacionado con el anterior y consiste en que el juez derive conclusiones porque le parece que alguna característica del producto está lógicamente asociada con la propiedad.
4. **Efecto de halo:** se presenta cuando se trata de evaluar más de una propiedad en una misma muestra. El juez se crea una impresión global acerca de la muestra y según ella, asigna la calificación a la propiedad más resaltante en la muestra, después califica a los otros atributos con ± 1 punto de diferencia. Por lo tanto solo se debe evaluar un atributo sensorial a la vez, excepto en el caso de pruebas de perfiles sensoriales, donde es necesario calificar varias características en una misma evaluación.

5. **Efecto de la sugestión:** si el juez mira a los otros jueces, las expresiones de los rostros de éstos pueden afectar sus respuestas. Por ello es necesario contar con cubículos individuales, para evitar que los jueces puedan verse unos a otros para impedir la conversación durante las pruebas.
6. **Motivación:** es muy necesario, una vez que los jueces han sido admitidos al grupo, que las pruebas estén bien planeadas y se realicen en forma eficiente, ya que la desorganización puede provocar que los jueces dejen de tener interés en realizar las evaluaciones y esto afectará los resultados. Hay muchas formas en que un individuo puede ser motivado. En la mayoría de las evaluaciones sensoriales se utilizan las recompensas como dulces, chicles u otro alimento que se les da a los jueces al terminar la prueba y lo toman como una recompensa por su trabajo. También se les puede motivar si se incluyen sus nombres en el reporte o se les da un reconocimiento a los jueces regulares como diplomas. A veces, sólo una frase puede lograr la motivación, como “bien hecho” o un simple “gracias” son suficientes.
7. **Efecto de contraste:** cuando los jueces prueban una muestra desagradable después de una que les gusta, esto puede hacer que califiquen a la segunda más severamente de lo que ésta merece y viceversa. Esto no solo sucede en el caso de pruebas de calificación hedónica, sino también en las pruebas descriptivas, ya que entonces los jueces incurrirán además en el error lógico, al asociar dicha sensación agradable o desagradable con atributos del mismo alimento, por ello, es necesario presentar las muestras en un orden completamente aleatorio, con el fin de eliminar o compensar este efecto.
8. **Posición:** se ha observado que la posición en que se colocan las muestras puede tener un efecto sobre las respuestas de los jueces. Cuando es difícil detectar la diferencia entre las muestras, los jueces tienden a escoger la muestra que está colocada en el centro como si esta fuera diferente. Esto puede subsanarse variando la posición de las muestras en forma aleatoria.

1.4.5.2 Área de prueba y preparación de muestras

Para la mayoría de las pruebas sensoriales que se realizan en la industria alimentaria, es necesario contar con un lugar diseñado y destinado para las pruebas. Debe haber un ambiente tranquilo, donde sea posible impedir que algunos factores externos afecten a las respuestas de los jueces.²⁰ Estos factores pueden ser colores, olores, luz, temperatura, humedad y la construcción del cubículo de prueba.¹⁸

Se pueden encontrar diseños variados para la sala de pruebas con distintas posibilidades de equipamiento de accesorios y comodidades cuya finalidad no es otra que crear un clima confortable y facilitar los instrumentos necesarios para obtener la mayor seguridad en los resultados de las pruebas.¹⁷

El laboratorio de evaluación sensorial requiere especial atención el escoger su ubicación está en función del espacio y limitaciones de la industria, así como de la importancia que se le dé a la evaluación sensorial.¹⁸ El laboratorio debe estar situado lo suficientemente lejos del lugar de procesamiento para impedir la contaminación con olores. El área de preparación de las muestras debe estar separada del área de pruebas y por ningún motivo deberán los jueces ver al conductor de la prueba cuando él esté preparando las muestras, ya que ésto causaría el error de expectación. Esta área debe contar con todos los equipos y utensilios necesarios para preparar las muestras y presentárselas a los jueces.²⁰

Es importante que el cubículo tenga una superficie lo suficientemente amplia para que el juez pueda realizar cómodamente la prueba. Dentro se colocan las muestras y el cuestionario, así como un vaso con agua para que el juez se enjuague la boca entre una evaluación y otra, debe existir también un recipiente para que escupa el agua o las muestras que no quiera tragar.²⁰

Es posible improvisar un área de prueba. Para ello puede usarse una mesa larga con sillas a los lados y la superficie de la mesa puede dividirse usando un separador plegable y portátil. Esto se hace en caso de que se realicen evaluaciones sensoriales muy esporádicamente. El color de los cubículos no debe afectar a la apariencia del producto y además debe ser agradable y no irritante. Puede usarse un

color gris claro, beige o crema. La iluminación del área de pruebas es importante ya que resulta desagradable efectuar las pruebas sensoriales con poca luz, solo se disminuye la iluminación en el caso de enmascarar las muestras. La ventilación también es importante, ya que en el caso de las pruebas de olor hay que dejar que desaparezca el olor de una muestra antes de proceder a evaluar la siguiente. La temperatura debe ser lo más constante posible y debe estar en el rango de 18-23°C.²⁰

1.4.6 Métodos de evaluación sensorial.

Hay 2 tipos de evaluación sensorial que se pueden realizar sobre alimentos: los que se centran en las características de los alimentos, considerándolos de forma objetiva, que se agrupan normalmente bajo el nombre de pruebas analíticas. El segundo tipo de análisis sensorial mide las respuestas que este producto provoca en el consumidor, con lo cual se toma el punto de vista subjetivo. Se les conoce como pruebas hedónicas o de preferencia-aceptación.¹⁷ En estas pruebas el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro. Los resultados que se obtienen son muy difíciles de interpretar ya que se trata de interpretaciones completamente personales.²⁰

En las pruebas analíticas, las personas forman un grupo o panel sensorial que funciona como un instrumento de medida, sus juicios y puntuaciones han de ser exactos y reproducibles, debe existir un cierto grado de acuerdo entre los miembros del panel. Trabajar de este modo no es fácil e implica una formación, partiendo del hecho de que las personas seleccionadas han de mostrar, desde el principio, una agudeza gustativa superior a la normal. Este tipo de paneles sensoriales se emplea para medir la intensidad de uno o varios atributos sensoriales (ejemplo: intensidad de aroma de fresa en un yogurt) y para obtener una descripción completa de un alimento, que puede ser cualitativa o cuantitativa, si se emplean escalas para medir la intensidad de cada atributo. De esta forma, dicha descripción puede constituir una ficha estándar mediante la cual el alimento queda caracterizado. A este tipo de pruebas descriptivas se le llama perfil sensorial.¹⁷

La finalidad del análisis descriptivo es describir con un número mínimo de palabras y un máximo de eficacia, el producto a analizar de manera que tenga una carta de identidad precisa, reproducible y comprensible para todos.¹⁹

Una de las principales aplicaciones es: para estudiar la influencia de los factores que actúan sobre la materia prima así como los debidos a los procesos (envejecimiento de los productos, condiciones de conservación y almacenado). Puede determinarse qué características son las que más varían y en qué proporciones.¹⁹

1.4.7 Etapas del perfil sensorial.

El perfil sensorial es un procedimiento que comprende varias etapas que deben cubrir los jueces para poder asignar un perfil sensorial a un alimento, a continuación se mencionan dichas etapas:¹⁹

- a) Formación de un jurado o panel de jueces
- b) Elaboración de una lista de términos descriptivos.
- c) Reducción de la lista de términos.
- d) Elección de los productos de referencia.
- e) Entrenamiento.
- f) Elaboración y utilización del perfil sensorial y seguimiento del panel.

La formación del jurado es importante para la selección de los sujetos, su aptitud para la creatividad y capacidad de expresión verbal. Es importante que tengan un vocabulario extenso.¹⁹

Para la búsqueda del mayor número posible de términos descriptores conviene escoger una gama de productos semejantes entre sí, 3-4 por sesión, que permitan a los sujetos registrar el conjunto de diferencias cualitativas perceptibles.¹⁹

Los sujetos describirán todas las sensaciones generadas ya sean visuales, táctiles, olfativas y gustativas, deben anotar todos los términos que les vienen a la mente en un formulario al respecto, se trabajará en grupo bajo la dirección del director de la prueba. Generalmente el grupo llega a generar, tras varias sesiones, más

de un centenar de términos descriptivos. Se recogen todos los términos, inclusive los sinónimos. A lo largo de las primeras sesiones el director de la prueba, irá apartando poco a poco los descriptores:

- Términos hedónicos como agradable, bien, bueno.
- Términos cuantitativos como demasiado, poco, débil, fuerte.
- Términos que describan al producto por sí mismos: olor a
- Términos no pertinentes.¹⁹

Con la reducción de la lista de descriptores se eliminarán los términos que parezcan mal adaptados para describir o diferenciar los productos desde el punto de vista sensorial. Para hacer esta reducción se presentarán a los sujetos diferentes variantes del producto y se les pedirá para cada uno de los descriptores establecidos que juzguen la intensidad percibida.¹⁹

En la elección de productos o sustancias de referencia se pueden usar sustancias puras o productos naturales relativamente fáciles de encontrar y preparar, de tal forma que contengan el olor o sabor esencial que se busca cuantificar.¹⁹

El entrenamiento del panel empleando la lista reducida de referencias permite entrenar correctamente al panel con al menos un producto de referencia por descriptor. Se considera satisfactorio el entrenamiento hasta que el sujeto dé las mismas evaluaciones para los mismos estímulos de una sesión a otra. Es decir que se repita convenientemente y la desviación típica es pequeña para las repeticiones hechas con las mismas muestras.¹⁹

La elaboración del perfil sensorial es útil cuando el panel está bien entrenado y es capaz de cuantificar las percepciones con relación a unas referencias, ya está en condiciones de ser utilizado como instrumento de medida y con sus resultados se elabora el perfil del producto. Los perfiles sensoriales más utilizados son representaciones en forma de tela de araña en las que cada descriptor se sitúa en un segmento y sobre él se sitúan las diversas puntuaciones.¹⁹

1.4.8 Desarrollo de la evaluación sensorial.

Al planear un estudio sensorial es necesario contar con un desarrollo de la evaluación sensorial por escrito, el cual servirá de base para la investigación.

El punto de partida es la identificación del problema en cuestión, que puede referirse a un producto y sus características, a la introducción de un nuevo producto o alguna mejora en sus características. Una vez planteado el problema se puede obtener el objetivo general del estudio, el cual pretende lograr finalizar un estudio que pueda resolver el problema.²¹

Una vez definidos los puntos anteriores es necesario definir el objetivo del estudio sensorial para indicar el propósito que éste tendrá en la resolución del problema, en tal caso se recomienda ejecutar evaluaciones sensoriales preliminares, a fin de identificar con mayor claridad las características sensoriales a identificar.²²

La evaluación preliminar consiste en la selección de muestras que participan en el análisis, selección de características sensoriales sobresalientes, motivo del análisis, participa el investigador y todos aquellos involucrados con el estudio.²¹

Cuando se tienen los puntos anteriores se obtiene una perspectiva global del estudio sensorial y se prosigue con el diseño.²¹

El diseño del estudio sensorial indica los materiales y los procedimientos a seguir en la realización del estudio, para el desarrollo del diseño es indispensable conocer las características específicas del producto a evaluar, sin la evaluación preliminar se carece de una base bien estructurada y de racionalidad para llevar a cabo una evaluación sensorial confiable. Se deben cubrir los siguientes puntos.²¹

1. Planteamiento de hipótesis
2. Tipo de prueba sensorial adecuada
3. Condiciones apropiadas para el acondicionamiento del área de la prueba
4. Manejo y preparación de muestras
5. Panel sensorial de jueces
6. Métodos de análisis de datos

Respecto a las muestras, es necesario plantear cuidadosamente los siguientes puntos para evitar errores y retraso en las pruebas por falta de material.²¹

- a) **Selección de muestras:** eliminación de muestras por defecto, estimar la cantidad y tipo de muestras para la fase de selección y entrenamiento de jueces, seleccionar la muestra de referencia.
- b) **Muestra de referencia:** no siempre es necesaria, debe representar el material ideal que se tenga que evaluar sensorialmente, debe ajustarse al planteamiento general del estudio.
- c) **Adecuación de muestras:** enmascaramiento de características del producto que influyan con las variables del estudio, material adecuado para enjuagar la boca de los jueces, métodos de preparación de muestras, cantidad de muestra que se va a evaluar, preparación y arreglo de las muestras según la frecuencia de presentación.²¹

El siguiente paso es la selección del panel y el entrenamiento de los jueces, se debe hacer la selección y entrevistas, identificar cualidades propias de los jueces básicas en el estudio, no iniciar este punto sin haber seleccionado las muestras y sin saber cual es su adecuación, realizar el entrenamiento con las muestras seleccionadas bajo las mismas condiciones que se manejan con las muestras problema, hacer una revisión de las hojas de respuestas a fin de que se comprendan adecuadamente por los jueces y que cumplan con los objetivos del problema.²¹

Las hojas de vaciado de resultados y los cuestionarios sensoriales deben ser diseñados tomando en cuenta todos los puntos importantes que se quieren obtener de la prueba.²¹

- a) **Hoja de vaciado de resultados:** es una tabla de concentración de información sobre las muestras que debe contener el número de repeticiones, claves de cada muestra, orden de presentación de muestras a jueces, respuestas generadas por el juez.

b) **Hoja de cuestionario:** se debe contar con un cuestionario por juez, cada sesión se estructura por objetivos del estudio, sólo se realiza un tipo de prueba sensorial por sesión y cada hoja de respuestas debe tener un formato específico acorde al tipo de prueba, debe contener la identificación del juez (nombre) , las instrucciones claras a seguir según el tipo de prueba a realizar, espacios para las claves designadas a las muestras y espacios para marcar las impresiones de los jueces.²¹

Cuando el director de la prueba decide que el entrenamiento ha terminado de acuerdo a los resultados obtenidos por los jueces y que tienen la suficiente habilidad para identificar las características necesarias en el estudio, entonces se puede aplicar la prueba definitiva en la cual los jueces están preparados para evaluar las muestras y llenar adecuadamente los cuestionarios, los jueces conocen, identifican y perciben las características de variabilidad a evaluar, existe repetibilidad en las respuestas de los ensayos, es necesario realizar un simulacro bajo las mismas condiciones de la prueba definitiva para ver si los jueces ya están listos para evaluar.²¹

Los resultados obtenidos se deben someter a un análisis estadístico, que puede contener uno o varios métodos estadísticos dependiendo del tipo y la complejidad del estudio. Este análisis se plantea desde el diseño del estudio, la metodología debe estar definida. Los logros del estudio son el reflejo del conjunto de la evaluación sensorial y el análisis matemático de los datos.²¹

Dependiendo del tipo de evaluación se puede realizar una correlación con otros estudios debido a que las características sensoriales obedecen a cambios de diferente naturaleza ocurridos en el alimento, por lo que se pueden plantear: correlaciones, superficies de respuesta, análisis multivariado.²¹

En la interpretación de resultados se acepta o rechaza la hipótesis del planteamiento general del estudio, si existe diferencia entre las muestras estudiadas, se resolvieron las incógnitas que originaron el estudio, o bien, es necesario realizar otro estudio para resolver nuevos retos.²¹

Por último se debe presentar un informe que es un documento escrito, donde se comunican los logros, a quien se dirige el documento. Es importante que el lenguaje a emplear en el documento, sea claro y preciso en el planteamiento de los resultados, además de plantear algunas sugerencias para la solución del problema.²¹

CAPITULO II METODOLOGÍA

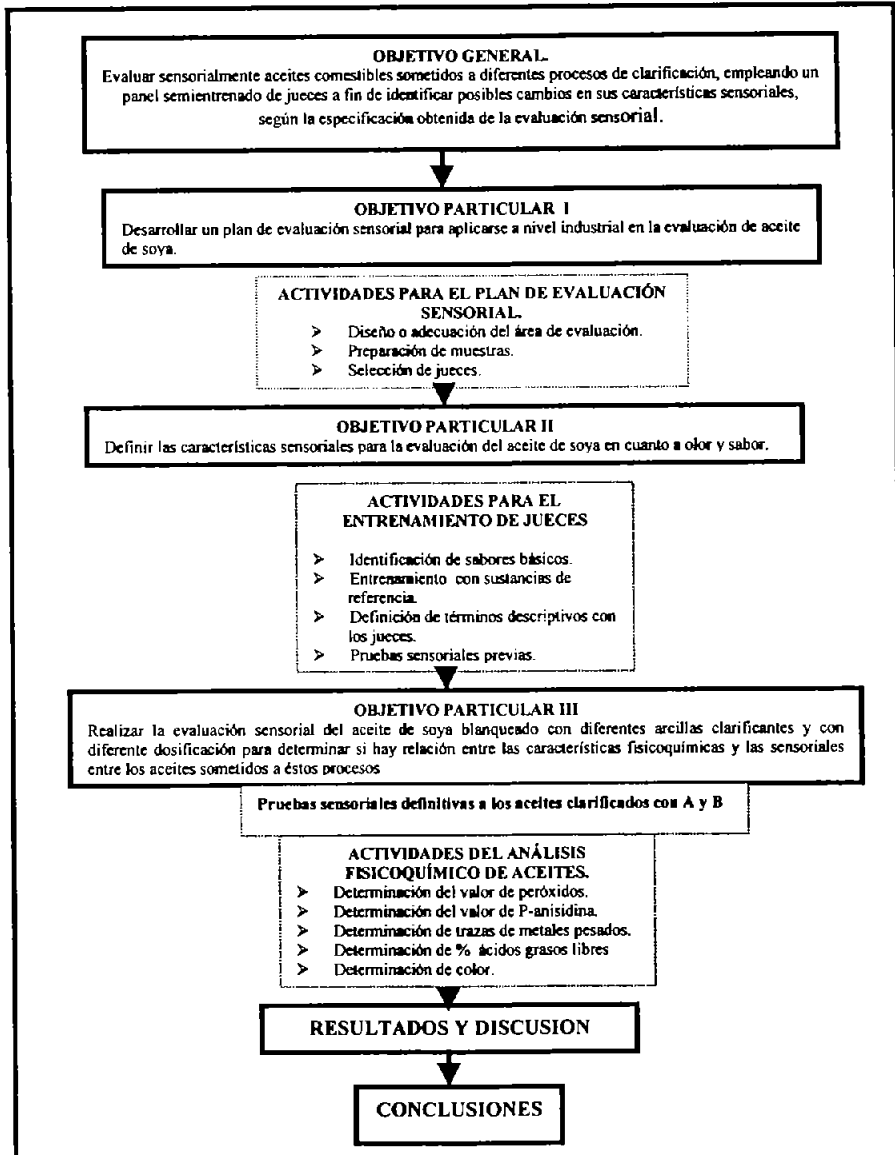


Figura 2.1: Cuadro metodológico para la implementación de un plan de evaluación sensorial de aceite de soya.

El presente trabajo se llevó a cabo en una empresa dedicada a la fabricación de filtros para la clarificación de aceites comestibles, ubicada en Puebla. La metodología empleada se muestra en la figura 2.1

La evaluación sensorial de aceite de soya sometido a diferentes procesos de clarificación, empleando un panel semientrenado de jueces para identificar posibles cambios en sus características sensoriales, se desarrolló a partir de 3 objetivos particulares.

El trabajo de investigación fue realizado a partir de muestras de referencia que se utilizaron para el entrenamiento de los jueces y con muestras blanqueadas con diferentes arcillas a diferentes dosificaciones.

A continuación se describe cada una de las partes contenidas en la figura 2.1, marcando las condiciones y la forma de trabajo en cada una de ellas.

2.1 OBJETIVO PARTICULAR I

Desarrollar un plan de evaluación sensorial para aplicarse a nivel industrial en la evaluación de aceite de soya.

2.1.1 Desarrollo del plan de evaluación sensorial

Para la realización de este estudio se llevó a cabo la elaboración del plan de evaluación sensorial que permitiera realizar la evaluación sensorial de aceite de soya sometido a diferentes procesos de clarificación.

En este apartado se hizo una revisión de la evaluación preeliminar en la que se llevó a cabo la selección de las muestras y las características sensoriales sobresalientes. Entre los materiales y procedimientos involucrados para desarrollar el plan de evaluación sensorial se revisaron las condiciones apropiadas para el acondicionamiento del área física, manejo y preparación de muestras y el panel sensorial de jueces.

ACTIVIDADES DEL OBJETIVO PARTICULAR I

2.1.1.1 Diseño o adecuación del área de evaluación

El área de evaluación sensorial fue instalada en una sala de capacitación de la empresa, esta sala cuenta con un espacio suficiente para instalar 3 cubículos y un área para manejo de las muestras y todo lo necesario para las pruebas. (Ver figura 2.2)

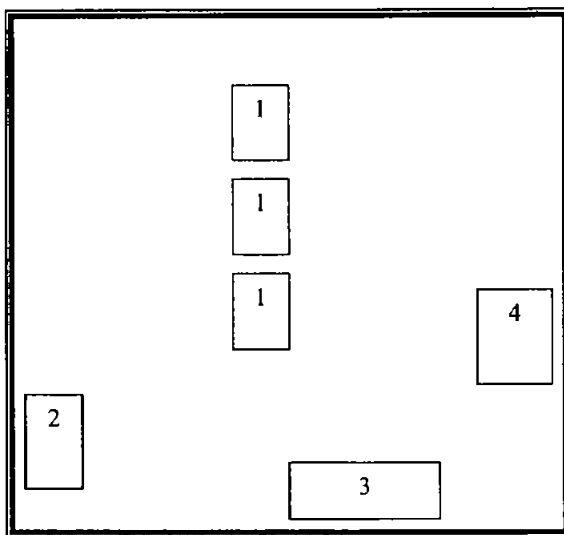


Figura 2.2. Esquema de la sala de evaluación sensorial. 1) cubículos, 2) puerta, 3) lugar de manejo de muestras, 4) mesa con agua, galletas y premios.

Los cubículos fueron diseñados de tal forma que la sala se pudiera ocupar para otras actividades de la empresa. Las dimensiones que se usaron fueron 1.65m de altura por 0.6m de ancho por 1m de largo; cada cubículo contaba con una silla, una mesa y una mampara de unicel que aislaba cada uno de los cubículos. En la figura 2.3 se muestra el diseño de un cubículo.

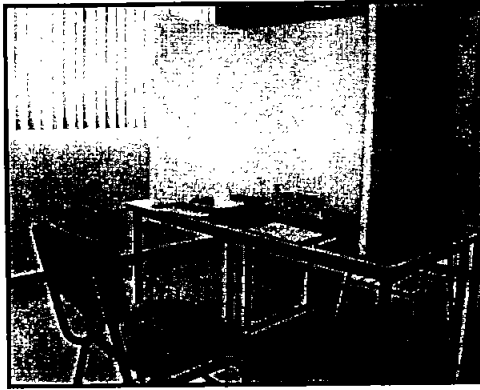


Figura 2.3: Diseño de un cubículo empleado en la evaluación sensorial

2.1.1.2 Preparación de muestras.

Todas las muestras que se presentaron a los jueces se prepararon de acuerdo a la etapa de avance del presente trabajo (entrenamiento-evaluación). Como reglas generales para la presentación y preparación de las muestras se observaron las siguientes, ver figura 2.4.

- Las muestras se presentaron en envases de vidrio ámbar para evitar que se impregnaran de olores o sabores extraños.
- Las muestras fueron homogéneas y representativas.
- Los envases tenían tapón para mantener el olor de las muestras.
- Todas las muestras que se sirvieron a los jueces fueron de 25 ml, cantidad suficiente para que el juez pueda percibir el olor y probar la muestra.
- Cada muestra se codificó con números aleatorios.

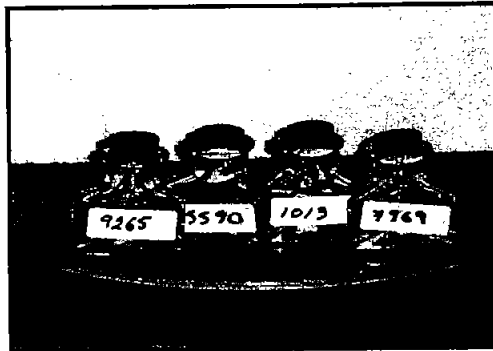


Figura 2.4: Presentación y preparación de las muestras.

Las muestras se presentaron al juez en un orden aleatorio y se debió planear el orden de presentación, incluso se elaboró una tabla con el orden y el tipo de prueba que se aplicó.

La cantidad de muestras dependió del tipo de prueba, pero no fueron más de 7 muestras por cada serie, para evitar que el juez se fatigara.

En el caso del entrenamiento, se realizaron varios tipos de pruebas, para la prueba de identificación de sabores básicos se presentaron series de 4 muestras cada una, incluso se presenta una muestra ciega (agua) para evitar que el juez se predispusiera a probar los 4 sabores. Para la prueba triangular de sabores básicos se presentaron series de 3 muestras cada una, 2 de las cuales tuvieron el mismo sabor y la tercera fue diferente. El procedimiento de preparación de las muestras con sabores básicos se menciona a continuación.

Preparación de soluciones

Se prepararon soluciones de agua con sal, azúcar, cafeína y ácido cítrico (grado alimenticio), para obtener los 4 sabores básicos (salado, dulce, amargo y ácido).

Las concentraciones empleadas fueron:

- Ácido cítrico : 10%, 5%, 2%, 1%, 0.5%
- Cloruro de sodio : 10%, 5%, 2%, 1%, 0.5%
- Azúcar: 10%, 5%, 2%, 1%, 0.5%
- Cafeína: 0.1%, 0.05%, 0.02%, 0.01%, 0.005%.

Presentación de las muestras para sabores básicos

Las muestras fueron de 25ml y se codificaron con números aleatorios. Se presentaron en series de 4 muestras y el orden de presentación fue al azar. En cada serie se presentaron los 4 diferentes sabores y ocasionalmente se presentó una muestra ciega (agua simple) para saber si el juez contestaba verazmente o solo al azar. En el anexo IV se muestra la tabla de números aleatorios utilizada.

Se ordenó toda la información en la hoja de vaciado de datos y resultados, para tener un control del número de repeticiones de cada concentración, empleada.

En la prueba triangular de sabores básicos se tomó la misma preparación y se presentaron series de 3 muestras cada una. En la cual 2 muestras tuvieron el mismo sabor y la otra fue diferente.

El objetivo de estas pruebas era conocer la sensibilidad de los posibles jueces a través de los 4 sabores básicos a diferentes concentraciones.

En las pruebas con sustancias de referencia tuvieron ciertas consideraciones al tratarse de aceites. Se presentaron codificadas con números aleatorios igual que en las pruebas con sabores básicos y los frascos empleados fueron color ámbar. Se presentaron series de 4 muestras cada una a temperatura de 40-50°C para que el juez pudiera percibir mejor los olores del aceite, además con esta temperatura se disminuye la viscosidad de la muestra proporcionando una sensación más agradable en la boca del juez.

Cabe aclarar que debido al horario de trabajo de los jueces y a sus hábitos alimenticios las pruebas se aplicaron a las 09:00 am.

Preparación de sustancias de referencia

La preparación de las sustancias de referencia es una adaptación de la práctica de la American Oil Chemist's Society Cg 2-83¹⁶, se realizaron algunas modificaciones debido a que no se contaba con el equipo necesario; sin embargo son modificaciones que se han probado rutinariamente.

El aceite de soya comercial sirvió de muestra control debido a que es un aceite neutro y al contener antioxidantes no se presentan olores o sabores extraños por oxidación.

Las sustancias de referencia que se emplearon se indican a continuación;

- a) Olor/sabor mantequilla: se agregó 25% de aceite de soya parcialmente hidrogenado al aceite comercial de soya.
- b) Sabor amargo: se agregó 0.1% de cafeína al aceite de soya comercial, se agito por un espacio de 30-60 minutos dependiendo de la cantidad de aceite y se calentó ligeramente (30-40° C) para facilitar la disolución.
- c) Olor/sabor crudo: se agregó 5% de aceite de soya sin desodorizar al aceite comercial de soya.
- d) Olor/sabor a maíz: se agregó 5% de aceite de maíz sin desodorizar al aceite de soya comercial.
- e) Olor/sabor rancio: el aceite de soya desodorizado sin antioxidantes se colocó en la estufa por 8 días a una temperatura de 60°C con circulación de aire. Hasta que llegó a un valor de peróxidos de 5-10 meq/kg.
- f) Olor/ sabor a pintura: se colocó el aceite de canola sin desodorizar en la estufa a 60°C por 8 días con circulación de aire hasta llegar a un valor de peróxidos de 15-20 meq/kg.

Preparación de las muestras para sustancias de referencia

La preparación de las muestras varió de acuerdo al tipo de prueba a realizar. La primer prueba fue la identificación de sustancias de referencia, en la cual se presentaron todos los sabores/olores antes mencionados, ver cuadro 2.1.

Cuadro 2.1: olores/sabores de sustancias de referencia

OLOR/ SABOR	CONCENTRACION DE SUSTANCIA DE REFERENCIA
Mantequilla	25% aceite hidrogenado de soya
Amargo	0.1% de cafeína
Crudo	5% de aceite de soya sin desodorizar.
Maíz	5% de aceite de maíz sin desodorizar
Rancio	100% de aceite de soya enranciado
Pintura	50% de aceite de canola enranciado

La siguiente prueba con sustancias de referencia fueron los porcentajes de olor/ sabor, para esta etapa del entrenamiento se utilizaron las siguientes diluciones de las sustancias de referencia (ver cuadro 2.2).

Cuadro 2.2: Porcentajes de olores/sabores de sustancias de referencia.

OLOR/SABOR	100%	75%	50%	25%
Mantequilla	100% aceite hidrogenado de soya	75% aceite hidrogenado de soya	50% de aceite hidrogenado de soya	25% de aceite hidrogenado de soya
Amargo	0.2% de cafeína	0.15% de cafeína	0.1% de cafeína	0.5% de cafeína
Crudo	25% aceite de soya sin desodorizar	18.75% aceite de soya sin desodorizar	12.5% aceite de soya sin desodorizar	6.25% aceite de soya sin desodorizar
Maíz	25% aceite de maíz sin desodorizar	18.75% aceite de maíz sin desodorizar	12.5% aceite de maíz sin desodorizar	6.25% aceite de maíz sin desodorizar
Rancio	100% aceite de soya enranciado	75% aceite de soya enranciado	50% aceite de soya enranciado	25% aceite de soya enranciado
Pintura	50% aceite de canola enranciado	37.5% aceite de canola enranciado	25% aceite de canola enranciado	12.5% aceite de canola enranciado

En la segunda etapa de esta parte del entrenamiento se utilizaron diluciones de menor intensidad a las anteriores para ir disminuyendo la escala al 5% y 10%. En el cuadro 2.3 se presentan dichas diluciones.

Cuadro 3.3 Porcentajes de sustancias de referencia para pruebas de ensayo.

OLOR/SABOR	10%	5%
Mantequilla	10% aceite hidrogenado de soya	5% aceite hidrogenado de soya
Rancio	10% aceite de soya enranciado	5% aceite de soya enranciado
Crudo	2.5% aceite de soya sin desodorizar	1.25% aceite de soya sin desodorizar
Amargo	0.02% de cafeína	0.0.1% de cafeína
Maíz	2.5% aceite de maíz sin desodorizar	1.25% aceite de maíz sin desodorizar
Pintura	5% aceite de canola enranciado	2.5% aceite de canola enranciado

El aceite que serviría de control para la dilución de las sustancias de referencia en las pruebas de ensayo se clarificó con la misma arcilla y a un alto porcentaje para retirar perfectamente las impurezas y que al salir del desodorizador presentara características sensoriales neutras (sin olor/ sabor).

Las condiciones para la clarificación/desodorización del aceite fueron:

- Clarificación: 105°C, 30 min, 20 mmHg con agitación.
- Desodorización: 240°C, 120min, 2 mmHg, 5% de vapor de agua como vehículo de arrastre de impurezas.

Una vez obtenidos los aceites se guardaron en frascos perfectamente sellados y en un lugar oscuro para evitar en lo posible la oxidación antes de que fueran probados por los jueces.

2.1.1.3 Selección de jueces

La selección de jueces se realizó entre el personal de laboratorio de la empresa, se eligieron tres personas que contaban con la habilidad suficiente para detectar los sabores básicos, además se les aplicó un cuestionario sobre hábitos alimenticios y estado de salud, conociendo de esta forma que se trataba de personas que no consumían alimentos de sabores fuertes y que su estado de salud era aceptable.

2.1.1.4 Elaboración de cuestionarios sensoriales

El cuestionario que se proporcionó a los jueces debía contener la siguiente información:

- 1) Nombre del juez.
- 2) Instrucciones claras según el tipo de prueba que se va a realizar.
- 3) Espacios para marcar las claves de las muestras.
- 4) Espacios para que el juez pueda dar algunas impresiones sobre la prueba.
- 5) Cada prueba requiere de un cuestionario especialmente diseñado para obtener la información que se desea.

El formato se puede observar en el cuestionario 1 del Anexo II.

Como el entrenamiento consta de varios tipos de pruebas se tuvo un cuestionario especialmente diseñado para cada una, los tipos de pruebas son las siguientes y los formatos de los cuestionarios se pueden observar en el Anexo II.

- a) Identificación de sabores básicos (cuestionario 2)
- b) Prueba triangular de sabores básicos (cuestionario 3)
- c) Identificación de sustancias de referencia (cuestionario 4)
- d) Uso de escalas para las sustancias de referencia y evaluación final (cuestionario 5 y 6)

2.1.1.4.1 Hoja de vaciado de datos y resultados

El director de la prueba debe contar con un formato especial que contenga toda la información sobre las muestras y los resultados de las pruebas: número de repeticiones, claves de cada muestra (se recomienda que sean números aleatorios de 3-4 dígitos), el orden de presentación de las muestras, las respuestas del juez, y de ser necesario algunas observaciones. En el Anexo II se puede observar un formato de hoja de resultados para las pruebas de entrenamiento (sabores básicos y sustancias de referencia).

Para la evaluación con escalas se utilizó un formato muy parecido y en los resultados se indican los valores que le asignan a los diferentes sabores y olores que perciben. (Ver Anexo II).

2.2 OBJETIVO PARTICULAR II

Definir las características sensoriales para la evaluación del aceite de soya en cuanto a olor y sabor.

Esta etapa consta del entrenamiento de los jueces para las características sensoriales que se definieron, para lo cual fue necesario realizar el entrenamiento de los jueces, que consto de las siguientes etapas:

- Identificación de sabores básicos (salado, dulce, ácido y amargo).
- Entrenamiento con sustancias de referencia.
- Definición de términos descriptivos con los jueces.
- Pruebas sensoriales previas.

Para comenzar con el entrenamiento fue necesario tener bien definido el tipo de prueba sensorial que se iba a realizar, así como las etapas que debía cubrir el entrenamiento, tal como se esquematiza en la figura 2.5.

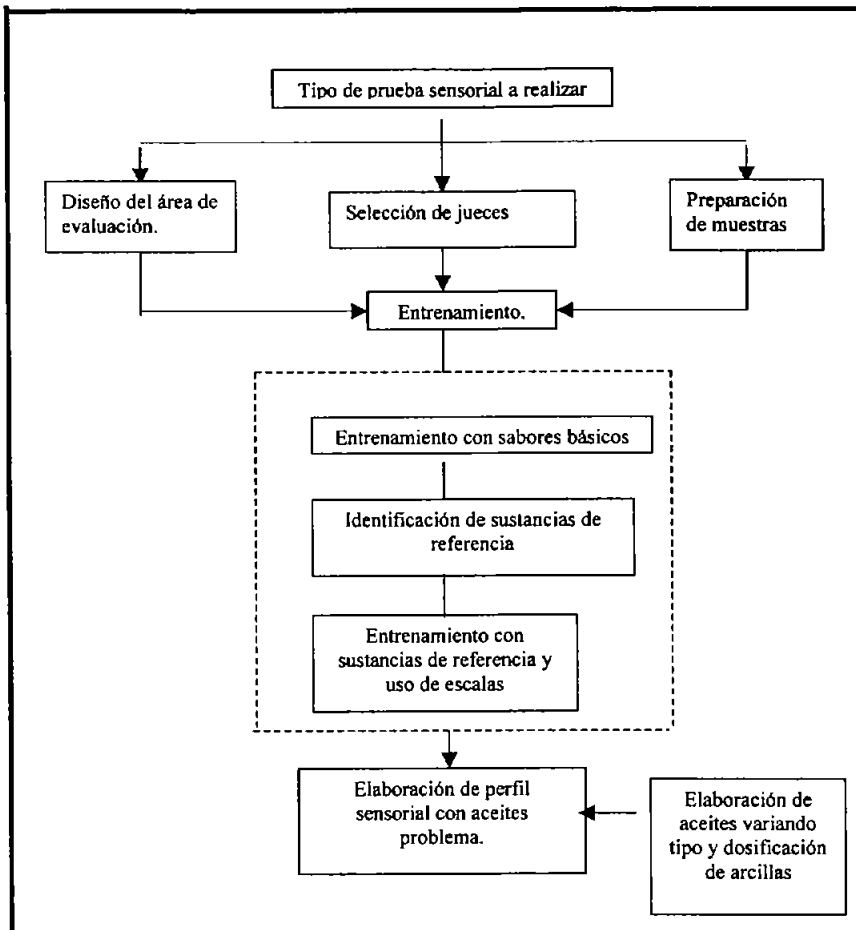


Figura 2.5. Programa de evaluación sensorial.

ACTIVIDADES DEL OBJETIVO PARTICULAR II

2.2.1 Tipo de prueba sensorial a realizar

El tipo de prueba sensorial que se llevó a cabo fue una prueba analítica descriptiva que se conoce como perfil sensorial, consiste en una especie de carta de identificación del aceite donde se describe la intensidad de ciertos sabores y olores por medio de una escala. Al graficar estos valores obtenemos un diagrama que nos permite observar las variaciones que se producen cuando hay un cambio en la materia prima, en el almacenamiento o en alguna operación del proceso. Este diagrama se puede observar en la parte final del capítulo de resultados y simula una telaraña.

2.2.2 Entrenamiento de los jueces

Es importante que el director de la prueba se mantenga al tanto del estado de salud de sus jueces durante todo el entrenamiento y la evaluación para evitar que los resultados se vean afectados.

Se aplicó la práctica de sabores básicos antes mencionada para saber si los jueces podían distinguir los sabores básicos (salado, dulce, amargo y ácido) y con las diferentes concentraciones que se manejaron en la práctica fue posible conocer cuál era la concentración mínima que detectaban. Esta prueba se aplicó 20 veces para saber si el juez tenía repetibilidad en sus respuestas o saber si estaba contestando al azar.

Una vez que el juez proporcionó respuestas reproducibles se procedió a aplicar pruebas triangulares, que consistieron en una serie de 3 muestras, 2 de las cuales eran iguales, de esta forma se pudo comprobar si el juez podía diferenciar correctamente un sabor cuando se le presentaban menos muestras, ya que en el caso de la prueba anterior podía parecer lógico que se encontraran presentes 3 o 4 sabores diferentes, pero en esta prueba se pudo saber si el juez identificaba las muestras de igual sabor. Incluso se trabajó a la menor concentración que podían detectar para ver si su sensibilidad no se había mermado.

La segunda etapa del entrenamiento consistió en identificar sustancias de referencia. Una vez que se tuvieron muestras que contenían los sabores ya

mencionados, se realizaron sesiones abiertas en las cuales el director de la prueba le indicó al panel cuales eran los sabores y los jueces tenían que tratar de definir el olor y sabor de la muestra y asignarle un nombre que debía ser perfectamente comprensible para todos, de esta forma se mantendrían en un mismo nivel de comunicación. Una vez que se tuvieron identificadas las sustancias de referencia se realizaron pruebas similares a las que se aplicaron para los sabores básicos, es decir, series que contenían las diferentes sustancias de referencia.

El panel sensorial estuvo correctamente entrenado después de 16 sesiones, al final de las cuales se obtuvo repetibilidad en sus respuestas, de tal forma que estaban listos para la siguiente etapa que consistió en la variación de intensidad de las sustancias de referencia, con lo cual, los jueces comenzaron a utilizar escalas para evaluar atributos (olor/sabor). En esta etapa los jueces analizaron 54 muestras en 18 sesiones.

2.3 OBJETIVO PARTICULAR III

Realizar la evaluación sensorial del aceite de soya blanqueado con diferentes arcillas clarificantes y con diferente dosificación para determinar si hay relación entre las características fisicoquímicas y las sensoriales entre los aceites sometidos a estos procesos.

En este punto se aplicó la prueba definitiva, donde se probaron los aceites blanqueados con las variaciones de arcilla, se hicieron tantas repeticiones como fue necesario para tener la cantidad de datos suficiente para el análisis estadístico.

ACTIVIDADES DEL OBJETIVO PARTICULAR III

2.3.1 Elaboración de aceites para la prueba definitiva

Se trabajó con dos arcillas activadas y dos dosificaciones de cada una: A(0.6%), A(0.8%), B(0.8%), B(1.0%). Los porcentajes se escogieron de acuerdo a los

resultados de la clarificación para que el aceite final tuviera características que entraran en especificaciones, en particular se tomó en cuenta la cantidad de clorofila en el aceite clarificado. Las condiciones de clarificación fueron: 105°C, 30 min, 20 mmHg con agitación y para la desodorización: 240°C, 120min, 2 mmHg, 5% de vapor de agua como vehículo de arrastre de impurezas.

2.3.2 Análisis fisicoquímico de aceites

A los aceites que probaron los jueces se les realizó las siguientes pruebas fisicoquímicas para establecer las correlaciones en caso de que existan.

- a) Determinación del valor de peróxidos
- b) Determinación del valor de P-anisidina
- c) Determinación de porcentaje de ácidos grasos libres
- d) Determinación de trazas de metales pesados
- e) Determinación de estabilidad oxidativa

2.4 Análisis estadístico.

Para el análisis de datos se usó un modelo de análisis de varianza (ANOVA). Para el caso de diferencias significativas se realizó una prueba de separación de medias empleando el método de Tukey. Se empleó el programa estadístico SPSS para la obtención de resultados estadísticos.

Las pruebas definitivas se analizaron con medias y desviaciones estándar para ver la variación y obtener valores promedio que permitieron elaborar las redes de telaraña del perfil sensorial.

CAPITULO III

ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

La implementación de un panel sensorial implica un exhaustivo trabajo que comprende desde la planeación de las pruebas, elaboración de cuestionarios, adecuación del área de prueba, selección y entrenamiento, pruebas definitivas y análisis estadístico que conlleva a un diseño de todas las actividades a realizar, así como de su estudio; el diseño que se aplicó tiene amplias similitudes con el realizado por González M (2001), en el cual se realiza la configuración de un panel sensorial, la obtención de escalas normalizadas y la correlación con el análisis instrumental para la calidad sensorial de las mieles de Madrid, ambos diseños incluyen en la etapa de selección y entrenamiento la aplicación de los sabores básicos, identificación y memorización de sustancias de referencia, aunque en nuestro caso en particular no se aplicó la parte de evaluación de textura por no ser un atributo característico del aceite de soya.²³

Una parte fundamental de la evaluación sensorial es el análisis estadístico, ya que de éste depende la interpretación de los datos, para este estudio se realizaron medidas de centralización (medias y desviaciones estándar) para la obtención de frecuencias y el análisis de varianza (ANOVA) para establecer la eficacia de los jueces, es decir, evaluar la consistencia de sus respuestas y su habilidad en la discriminación de las diferencias, éste análisis consiste en analizar los valores de las calificaciones dadas por cada juez para cada descriptor o parámetro evaluado y determinar si el valor estadístico correspondiente a los tratamientos o muestras es significativo.²⁴

Como primer paso para implementar el panel sensorial para la evaluación del aceite de soya, durante la selección de jueces, fueron necesarias varias pruebas para conocer la habilidad y sensibilidad a los sabores básicos (dulce, salado, ácido y amargo), estas pruebas fueron de gran utilidad debido a que los jueces demostraron si tenían credibilidad en sus respuestas y en base a eso fueron seleccionados, para ello resultó de gran utilidad el uso de una muestra ciega (agua), así como de las pruebas

triangulares para conocer a aquellas personas que contestaban al azar y a quienes en realidad tenían la habilidad de percibir dichos sabores.

Se seleccionaron tres jueces por presentar la mayor habilidad sensorial, así como de la mejor disposición y con hábitos personales más propicios para la evaluación sensorial, criterios establecidos por Anzaldua AM (1994) y se les aplicaron varias pruebas de sabores básicos a diferentes concentraciones para conocer su umbral, esta práctica fue realizada por Anzaldua AM (1994) y González M (2001) como primer paso para el entrenamiento de jueces sensoriales.

3.1 Entrenamiento de los jueces

El primer objetivo particular se refiere al desarrollo de un plan de evaluación sensorial para aplicarse a nivel industrial en la evaluación de aceite de soya, el cual se describe en la metodología, en lo referente al segundo objetivo particular que se refiere a la definición de las características sensoriales del aceite de soya en olor y sabor, los resultados obtenidos en lo referente al entrenamiento de jueces en identificación de sabores básicos, sustancias de referencia e intensidad se presentan a continuación.

3.1.1 Prueba de Umbral de Sabores Básicos

Al hacer la comparación entre una serie de concentraciones de un mismo estímulo entre muestras, se encontró que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre concentraciones de un mismo sabor. Los valores del análisis de varianza de los sabores básicos se muestran en los Cuadros del A al D del anexo III. Con el análisis de varianza ANOVA a las respuestas obtenidas para las muestras a diferentes concentraciones no se obtuvieron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre muestras de un mismo sabor, lo cual indica que los sabores fueron identificados claramente a diferentes concentraciones ya que aún la de menor intensidad fue percibida por los tres jueces, aunque cada uno mostró diferente nivel de percepción a estos sabores, los valores de frecuencia del estímulo percibido por cada juez para cada concentración de sabor básico se muestra en el cuadro 3.1, por ejemplo el juez 1

fue muy consistente en sus respuestas independientemente de la concentración, el juez 2 obtuvo el menor porcentaje de estímulo percibido para el sabor amargo y el juez 3 obtuvo los mayores porcentajes de estímulo percibido para todos los sabores, incluyendo el amargo, que en general presentó mayor dificultad de percepción sobre todo a bajas concentraciones.

Se detectó el estímulo percibido en el 90% de las muestras para el sabor ácido, el 86.67% de las muestras para el sabor dulce, el 88.33% de las muestras para el sabor salado y el 40% de las muestras para el sabor amargo. Aunque no existió diferencia significativa ($p>0.05$) entre los valores de frecuencia por juez, el estímulo percibido con mayor facilidad para los jueces es el sabor ácido, mientras que el estímulo percibido con menor facilidad para los jueces es el sabor amargo. Ver figura 3.1

Al analizar los valores de frecuencia de estímulo percibido para cada sabor, se observó que los sabores ácido y salado fueron los mejor identificados independientemente de la concentración, mientras que en el sabor dulce se aprecia que al disminuir la concentración disminuía también la diferencia entre el estímulo percibido (A) y el no percibido (B), para el sabor amargo se obtuvo que al disminuir la concentración disminuyó el estímulo percibido, apreciándose mayor diferencia entre estímulos (A y B). Estas diferencias en la percepción de cada sabor se deben al tipo de muestra utilizado, ya que al tratarse de un líquido y pasarlo por la superficie de la lengua fluye hacia los costados, lugares en los que se detectan los sabores ácido y salado, como lo menciona Anzaldúa AM (1994) y Sancho J (1999) de tal forma que estos sabores tuvieron la mayor frecuencia de estímulo percibido y el sabor amargo presentó la menor percepción ya que es más difícil mantener un líquido en la parte posterior de la lengua si deglutir la muestra ya que este es el lugar donde se percibe dicho sabor.^{20,25}

A continuación se presentan una serie de figuras en las que se observa el comportamiento entre estímulos (A y B) en cada sabor básico.

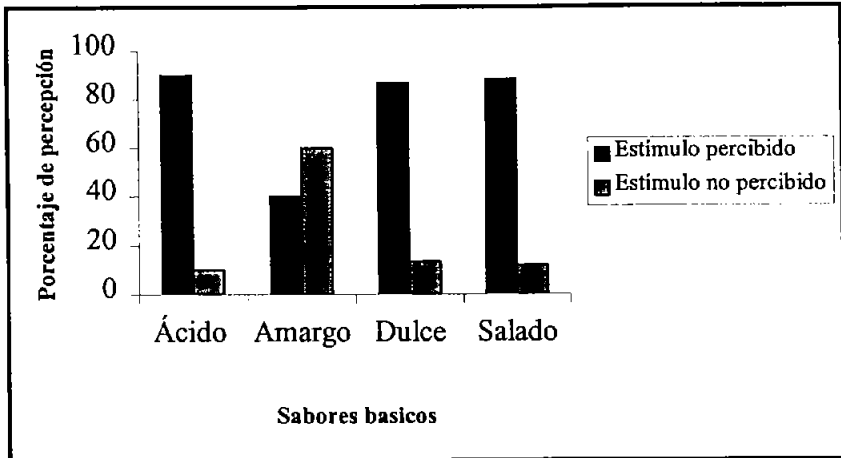


Figura 3.1. Porcentajes de percepción totales para sabores básicos

En el estímulo percibido para el sabor ácido (ver figura 3.2) se observa que al variar la concentración no disminuye en gran medida el estímulo percibido.

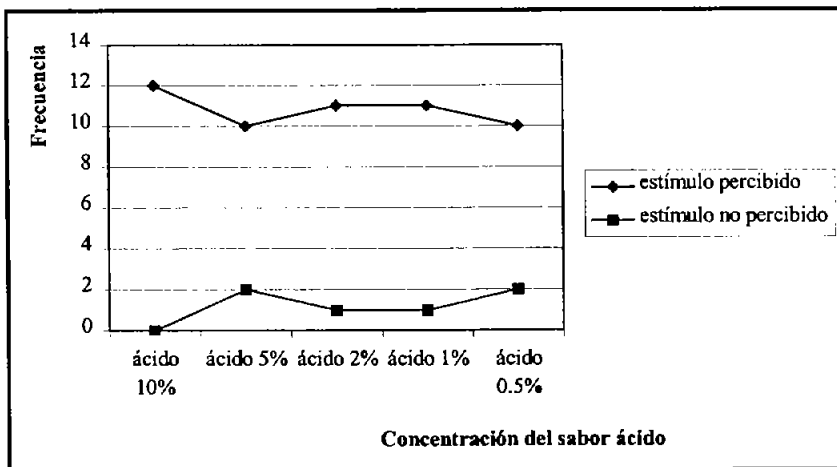


Figura 3.2: Valores de frecuencia de estímulo percibido y estímulo no percibido por los jueces para el sabor ácido.

Cuadro 3.1: Valores de frecuencia de estímulo percibido (A) y estímulo no percibido (B) por cada juez para cada sabor básico.

Sabor básico	Amargo		Dulce		Salado		Ácido		Total	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Acido 0.5%	3	1	3	1	4	0	10	2	83.30	16.70
Acido 1.0%	3	1	4	0	4	0	11	1	91.70	8.30
Acido 2%	4	0	3	1	4	0	11	1	91.70	8.30
Acido 5%	3	1	3	1	4	0	10	2	83.30	16.70
Acido 10%	4	0	4	0	4	0	12	0	100.00	0.00
Total	17	3	17	3	20	0	54	6	90.00	10.00
Amargo 0.005%	0	4	0	4	0	4	0	12	0.00	100.00
Amargo 0.01%	1	3	0	4	2	2	3	9	25.00	75.00
Amargo 0.02%	1	3	0	4	3	1	4	8	33.30	66.70
Amargo 0.05%	2	2	1	3	4	0	7	5	58.30	41.70
Amargo 0.1%	3	1	3	1	4	0	10	2	83.30	16.70
Total	7	13	4	16	13	7	24	36	40.00	60.00
Dulce 0.5%	3	1	3	1	3	1	9	3	75.00	25.00
Dulce 1.0%	3	1	3	1	4	0	10	2	83.30	16.70
Dulce 2.0%	3	1	3	1	4	0	10	2	83.30	16.70
Dulce 5.0%	4	0	3	1	4	0	11	1	91.70	8.30
Dulce 10.0%	4	0	4	0	4	0	12	0	100.00	0.00
Total	17	3	16	4	19	1	52	8	86.67	13.33
Salado 0.5%	4	0	3	1	3	1	10	2	83.30	16.70
Salado 1.0%	4	0	2	2	4	0	10	2	83.30	16.70
Salado 2.0%	4	0	4	0	4	0	12	0	100.00	0.00
Salado 5.0%	3	1	3	1	3	1	9	3	75.00	25.00
Salado 10.0%	4	0	4	0	4	0	12	0	100.00	0.00
Total	19	1	16	4	18	2	53	7	88.33	11.67

A: valor de las muestras que se describieron como estímulo percibido.

B: valor de las muestras que se describieron como estímulo no percibido.

Para el sabor dulce se observa en la figura 3.3 que al disminuir la concentración disminuye también el estímulo percibido

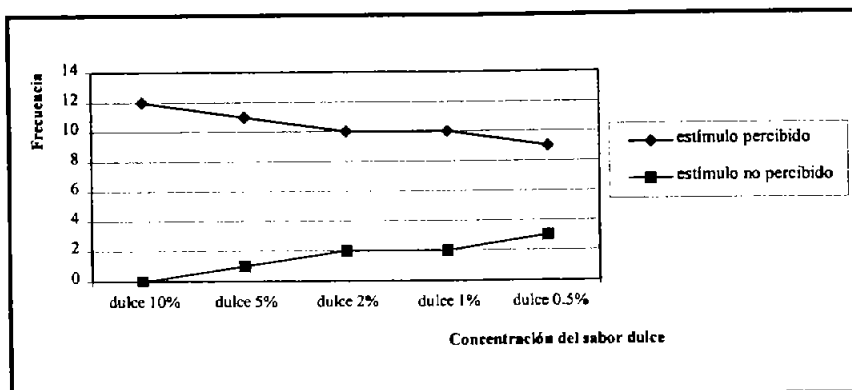


Figura 3.3: Valores de frecuencia de estímulo percibido y estímulo no percibido por los jueces para el sabor dulce

El sabor salado presenta una tendencia similar a la presentada para el sabor ácido, es decir fue claramente percibido independientemente de la concentración. Ver figura 3.4

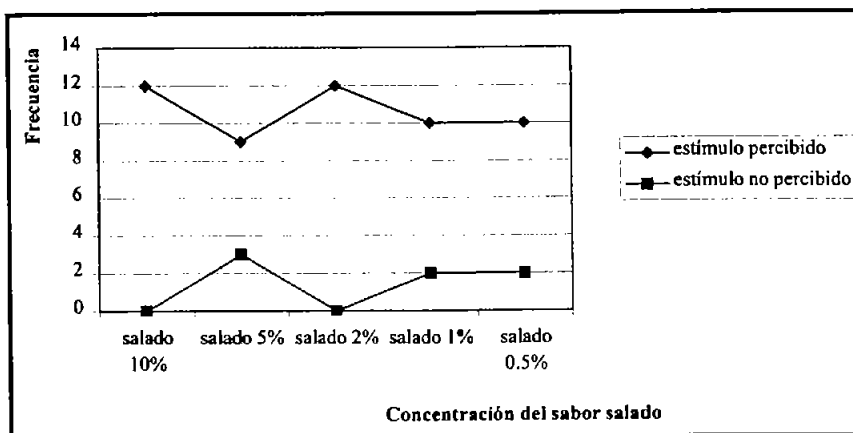


Figura 3.4: Valores de frecuencia de estímulo percibido y estímulo no percibido por los jueces para el sabor salado.

Por su parte, para el sabor amargo el estímulo percibido disminuyó de sobremanera al disminuir la concentración, de tal forma que a la menor concentración la percepción fue casi nula. Figura 3.5

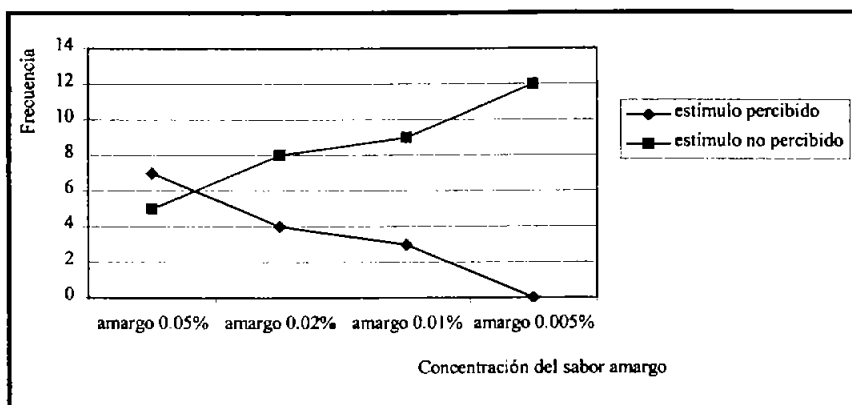


Figura 3.5: Valores de frecuencia de estímulo percibido y estímulo no percibido por los jueces para el sabor amargo.

3.1.2 Prueba de identificación de sustancias de referencia

El siguiente paso del entrenamiento fue la prueba de identificación de sustancias de referencia, para familiarizar a los jueces con los olores/sabores básicos más comunes en el aceite de soya de acuerdo a lo mencionado en la práctica Cg 28-3 Flavor Panel Evaluation of Vegetable Oils¹⁶, que son maíz, mantequilla crudo amargo, rancio y pintura . Al realizar el análisis de varianza entre las respuestas de los jueces para las sustancias de referencia, sólo la mantequilla, el crudo y la pintura mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$), es decir, que estas tres referencias contienen el olor/sabor más característico del aceite de soya. Los valores del análisis de varianza de la identificación de las sustancias de referencia se encuentran en el cuadro E del anexo III.

El estímulo percibido para la sustancia de referencia: mantequilla fue del 72.92% y el mismo porcentaje para el sabor amargo, de 68.75% para crudo, de 85.42% para maíz, de 83.33% para pintura y de 79.16% para rancio. El menor

estímulo percibido fue para la referencia crudo y el mayor estímulo percibido lo obtuvo la referencia maíz, seguido de la referencia pintura. Ver figura 3.6. Las referencias maíz, pintura y rancio mostraron los mayores valores de estímulo percibido (A) debido a que las características de los aceites proporcionan olores/sabores muy penetrantes, el maíz y la pintura por ser aceites crudos y el rancio por el prolongado periodo de oxidación al que fue sometido.

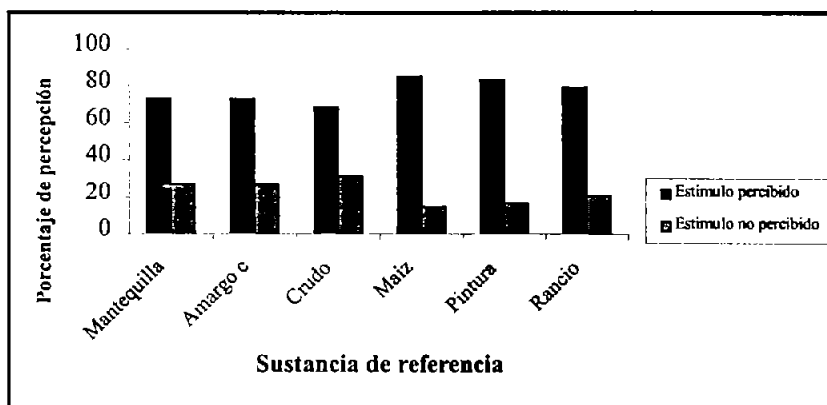


Figura 3.6: Porcentajes totales de percepción para identificación de sustancias de referencia.

Los valores de frecuencia del estímulo percibido por cada juez para cada sustancia de referencia se encuentran en el cuadro 3.2. Cabe mencionar que las sustancias de referencia mantequilla, amargo y rancio tuvieron la menor variación de frecuencia. Las mayores variaciones se presentan para las sustancias de referencia crudo, maíz y pintura, debidas al juez 2.

Cuadro 3.2: Valores de frecuencia de estímulo percibido (A) y estímulo no percibido (B) por cada juez para cada sustancia de referencia.

Sustancia de referencia	Juez 1		Juez 2		Juez 3		Juez 4		Porcentaje (A/B)	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Mantequilla	15	1	8	8	12	4	35	13	72.92	27.08
Amargo	10	6	12	4	13	3	35	13	72.92	27.08
Crudo	15	1	7	9	11	5	33	15	68.75	31.25
Maíz	14	2	13	3	14	2	41	7	85.42	14.58
Pintura	15	1	10	6	15	1	40	8	83.33	16.67
Rancio	14	2	12	4	12	4	38	10	79.16	20.84

A: valor de las muestras que se describieron como estímulo percibido.

B: valor de las muestras que se describieron como estímulo no percibido.

* para la sustancia de referencia amargo sólo se evaluó el sabor debido a que la caféina no contribuye con un olor característico.

3.1.3 Prueba de Intensidad de Sustancias de Referencia.

Una vez que los jueces identificaron las sustancias de referencia se aplicaron pruebas con diferentes concentraciones para que los jueces aprendieran a percibir la misma referencia con diferente intensidad.

Inicialmente se trabajaron dos concentraciones diferentes, a continuación se muestran los resultados obtenidos (ver cuadro 3.3). Al realizar el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas para la discriminación de concentraciones al 25% y 50%, lo que se puede observar en los cuadros F al K del anexo III.

Los valores de frecuencia para cada sustancia de referencia a concentraciones de 25 y 50% se encuentran en el cuadro 3.3, cabe señalar que solo se tomaron en cuenta estos porcentajes por ser los que presentaron variación en la percepción ya que al presentar evaluar las muestras del 100 y 75% no se mostró ninguna diferencia de percepción por parte de los jueces.

Para esta primera etapa cabe mencionar que en la etapa de identificación de sustancias de referencia se manejaron concentraciones del 100%, al disminuir la concentración se reforzó la etapa anterior al manejarse altas concentraciones debido a que los olores/sabores eran aún muy fuertes y no se percibía una diferencia clara en la intensidad.

Para la sustancia de referencia mantequilla se detectó un estímulo percibido del 57.15% en olor y sabor, para la referencia crudo el estímulo percibido fue del 45.24% en olor y 40.47% en sabor, para la referencia pintura el estímulo percibido fue del 26.19% en olor y 23.81% en sabor, el estímulo percibido para la referencia rancio fue del 23.81% en olor y 59.52% en sabor, para la referencia maíz, el estímulo percibido fue del 28.57% para olor y 38.09% para el sabor, para el amargo el estímulo percibido en sabor fue del 30.95%. El porcentaje del total para el sabor se observa en la figura 3.7 y para el olor en la figura 3.8.

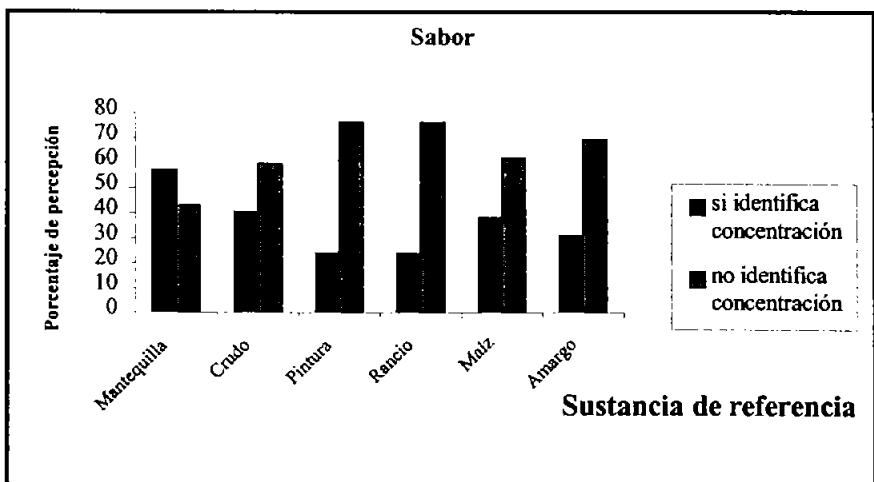


Figura 3.7: Promedio del porcentaje del total para las sustancias de referencia al 50 y 25 % para el sabor.

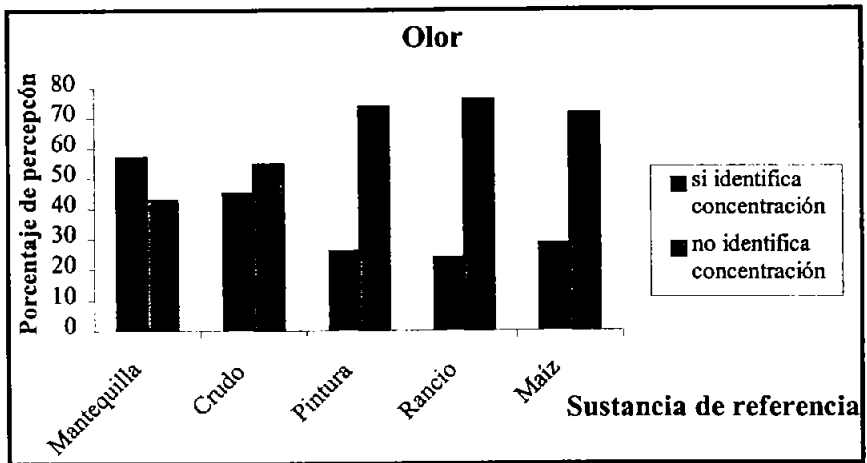


Figura 3.8: Promedio del porcentaje del total para las sustancias de referencia al 50 y 25 % para olor.

En la segunda etapa se manejaron menores concentraciones (5 y 10%) y se observó una clara identificación de las dos concentraciones manejadas, por lo que al disminuir la concentración mejoró la capacidad de los jueces para diferenciar intensidades. La única excepción fue la referencia amargo que no fue bien identificada al variar la concentración y como se presentó el mismo comportamiento en la etapa de sabores básicos, este panel en específico no fue confiable para identificar el sabor amargo.

Los resultados de frecuencias y valores promedio de estas pruebas se observan en el cuadro 3.4 y en los cuadros L y M del anexo III se encuentran los resultados del análisis de varianza.

En las figuras 3.9 y 3.10 se observa la identificación de las concentraciones de las sustancias de referencia al 5 y 10%. Es evidente que al disminuir la concentración mejoró la percepción de los jueces, con excepción de la referencia amargo que continuó con bajos porcentajes de identificación a diferentes concentraciones

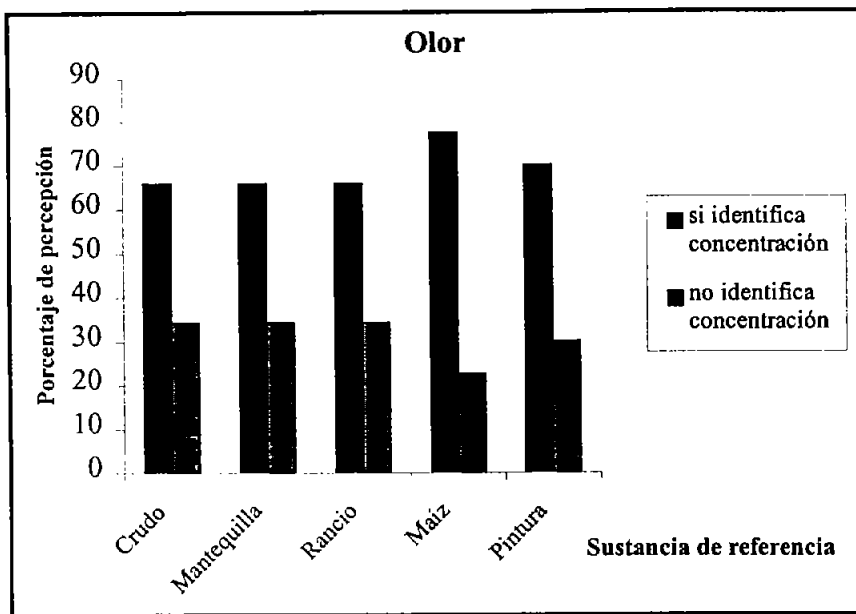


Figura 3.9: Promedio del porcentaje del total para las sustancias de referencia al 10 y 5 % para olor.

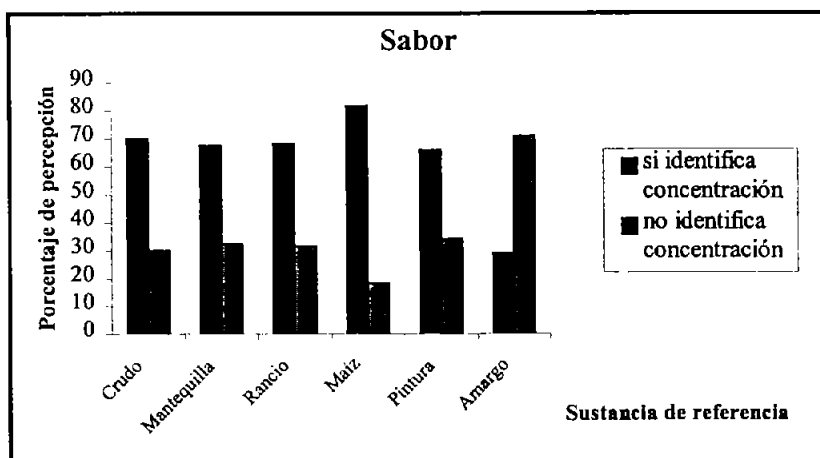


Figura 3.10: Promedio del porcentaje del total para las sustancias de referencia al 10 y 5 % para sabor.

A continuación se presentan varias figuras donde se puede observar la variación de la frecuencia de los jueces para cada sustancia de referencia. Estas variaciones de frecuencias de los jueces para cada sustancia de referencia no fue la misma para el olor y sabor, aunque en general se presentaron tendencias similares ya que al aumentar la concentración disminuyó la identificación de la misma; es decir, no existieron diferencias sensoriales notorias a altas concentraciones.

Para la sustancia de referencia mantequilla se tienen la misma tendencia para olor y sabor y no se observa gran diferencia de identificación de concentración al variar la concentración. Ver figura 3.11 y 3.12 . Esta sustancia de referencia mostró la mayor dificultad para identificar la variación de la concentración, ya que tanto a bajas como a altas concentraciones se obtuvo una frecuencia mayor de identificación.

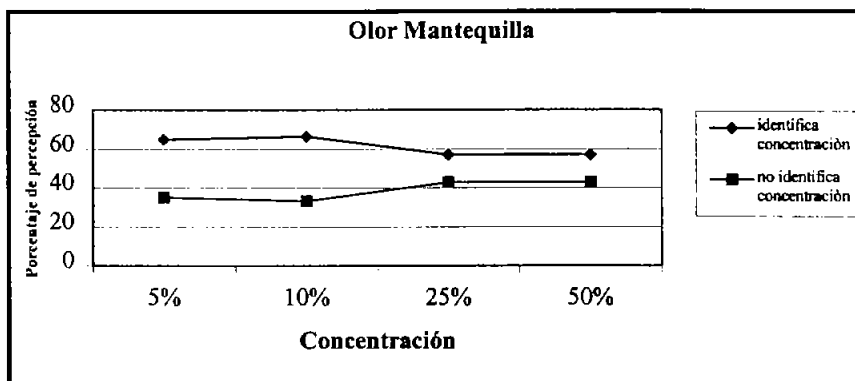


Figura 3.11. Porcentajes de identificación de concentración por los jueces para la sustancia mantequilla en olor.

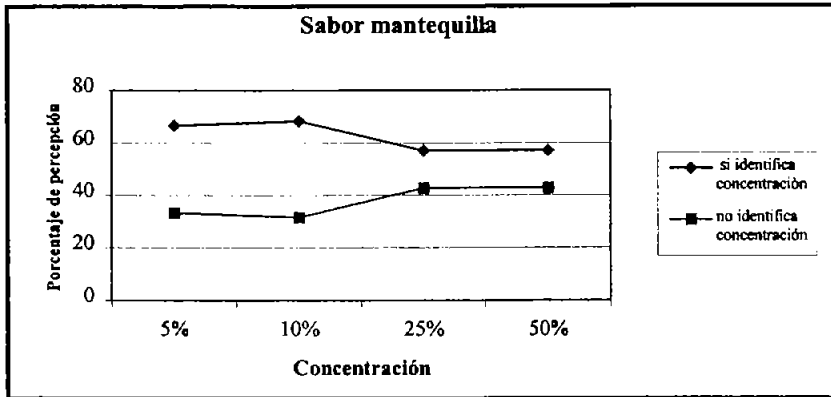


Figura 3.12. Porcentajes de identificación de concentración por los jueces para la referencia mantequilla

Para la sustancia de referencia crudo se observa en las figuras 3.13 y 3.14 que se presentó la misma tendencia aunque para el sabor al aumentar la concentración la tendencia es más marcada al aumentar la concentración. Es decir que se identificaron más las variaciones de concentración en el olor, no así para el sabor.

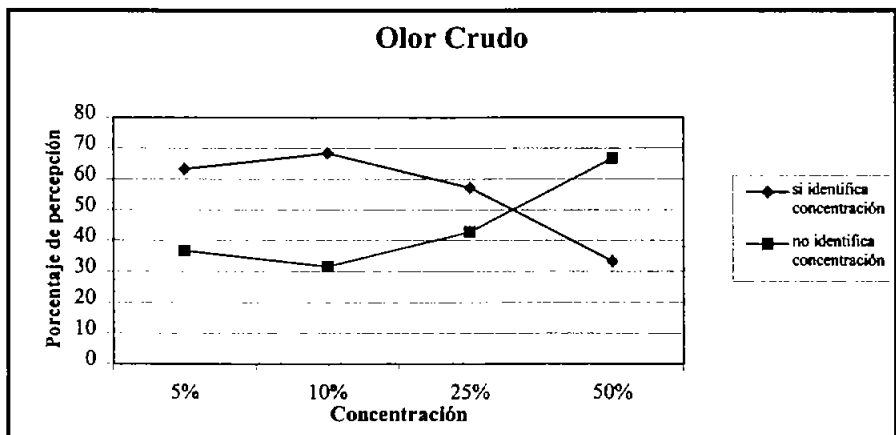


Figura 3.13. Porcentajes de percepción de estímulo percibido y estímulo no percibido en olor por los jueces para la referencia crudo.

Cuadro 3.3. Valores de concentración identificada (C) y concentración no identificada (D) para las sustancias de referencia al 50 y 25%.

Sustancia de referencia	Concentración (%)	Juez 1		Juez 2		Juez 3		Total		Porcentaje de total (%)									
		Olor	Sabor	Olor	Sabor	Olor	Sabor	Olor	Sabor	Olor	Sabor								
		C	D	C	D	C	D	C	D	C	D								
Mantequilla	25	5	2	5	2	5	2	5	12	9	57.15	42.85	42.85						
	50	5	2	4	3	5	2	4	12	9	57.15	42.85	42.85						
Total		10	4	10	4	9	5	10	24	18	57.15	42.85	57.15						
Crudo	25	6	1	4	3	5	2	4	3	1	6	12	9	57.15	42.85				
	50	3	4	3	4	4	3	1	6	1	6	7	14	8	33.33	66.67			
Total		9	5	7	7	8	6	2	12	1	12	19	23	17	25	45.24			
Pintura	25	1	6	1	6	2	5	2	5	2	5	5	16	5	16	23.81	76.19		
	50	3	4	3	4	1	6	0	7	1	6	6	15	5	16	28.57	71.43		
Total		4	10	4	10	5	9	3	11	2	12	3	11	10	32	26.19	73.81		
Rancio	25	0	7	6	1	2	5	7	0	4	3	4	3	6	15	17	4	28.57	71.43
	50	0	7	3	4	0	7	2	5	4	3	3	4	4	17	8	13	19.05	80.95
Total		0	14	9	15	2	12	9	5	8	6	7	7	10	32	25	17	23.81	76.19
Maiz	25	4	3	6	1	3	4	4	3	2	5	2	5	9	12	12	9	42.85	57.15
	50	1	6	2	5	1	6	2	5	1	6	0	7	3	18	9	17	14.28	85.72
Total		5	9	8	6	4	10	6	8	3	11	2	12	12	30	16	26	28.57	71.43
Amargo	25	--	3	4	--	4	3	--	2	5	--	9	12	--	--	--	--	42.85	57.15
	50	--	0	7	--	3	4	--	1	6	--	4	17	--	--	--	--	19.05	80.95
Total		--	3	11	--	7	7	--	3	11	--	12	39	--	--	--	--	30.95	69.05

Cuadro 3.4. Valores de concentración identificada (C) y concentración no identificada (D) para las sustancias de referencia al 10 y 5%

Sustancia de Referencia	10%		5%		10%		5%		10%		5%		10%		5%						
	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D					
Cruudo	5	13	7	15	5	15	5	13	7	13	7	38	22	43	17	63.33	37	71.66	28.34		
	10	14	6	12	8	13	7	12	8	14	6	41	19	41	19	68.33	32	68.33	31.67		
	Total	27	13	27	13	28	12	27	13	27	13	79	41	84	36	65.83	34	70	30		
Mantequilla	5	13	7	12	8	12	8	13	7	12	6	15	5	39	21	40	20	65	35	66.66	33.34
	10	13	7	14	6	13	7	13	7	14	6	14	6	40	20	41	19	66.6	33	68.33	31.67
	Total	26	14	26	14	25	15	26	14	26	14	29	11	79	41	81	39	65.83	34	67.5	32.5
Rancio	5	13	7	12	8	12	8	15	5	14	6	15	5	39	21	42	18	65	35	70	30
	10	15	5	13	7	13	7	13	7	14	6	14	6	42	18	40	20	70	30	66.66	33.34
	Total	28	12	25	15	25	15	27	13	28	12	29	11	81	39	82	38	65.83	34	68.33	31.67
Maíz	5	16	4	17	3	16	4	16	4	17	3	17	3	49	11	50	10	81.66	18	83.33	16.67
	10	14	6	15	5	14	6	16	4	16	4	17	3	44	16	48	12	73.33	27	80	20
	Total	30	10	32	8	30	10	32	8	33	7	34	6	93	27	98	22	77.5	23	81.66	18.34
Pintura	5	13	7	12	8	13	7	13	7	14	6	14	6	40	20	39	21	66.66	33	65	35
	10	15	5	14	6	15	5	13	7	14	6	13	7	44	16	40	20	73.33	27	66.66	33.34
	Total	28	12	26	14	28	12	26	14	28	12	27	13	84	36	79	41	70	30	65.83	34.17
Amargo	5	--	--	5	15	--	--	6	14	--	--	5	15	--	16	44	--	--	--	13.33	86.68
	10	--	--	5	15	--	--	7	13	--	--	7	13	--	19	41	--	--	--	15.83	84.17
	Total	--	--	10	30	--	--	13	27	--	--	12	28	--	35	85	--	--	--	29.16	70.84

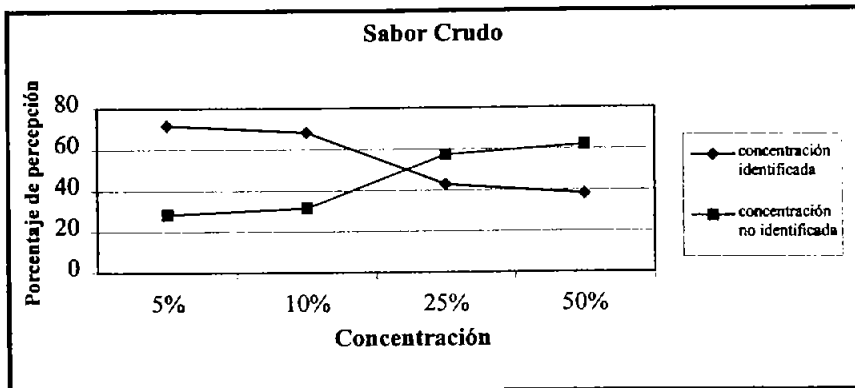


Figura 3.14. Porcentajes de identificación de concentración en sabor por los jueces para la referencia crudo.

En las figuras 3.15 y 3.16 se observan las tendencias de percepción para las frecuencias presentadas por los jueces para el olor/sabor pintura, en ambos casos se presenta la misma tendencia, al aumentar la concentración disminuye la identificación. Esta referencia mostró un cambio drástico al variar la concentración ya que a altas concentraciones la identificación fue mucho menor que la presentada a bajas concentraciones.

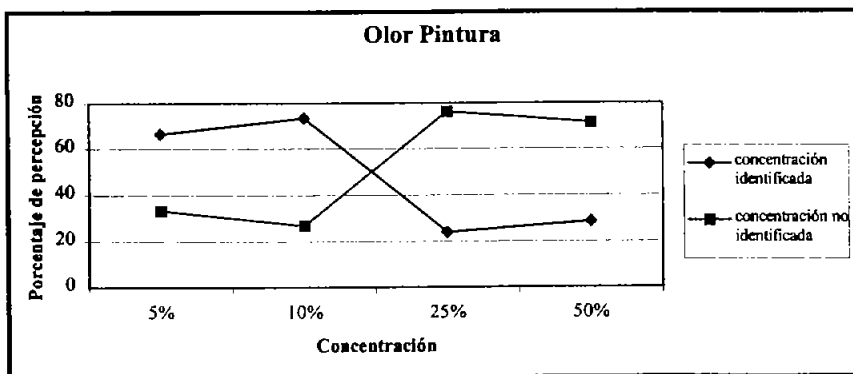


Figura 3.15. Porcentajes de identificación de concentración en olor por los jueces para la referencia pintura.

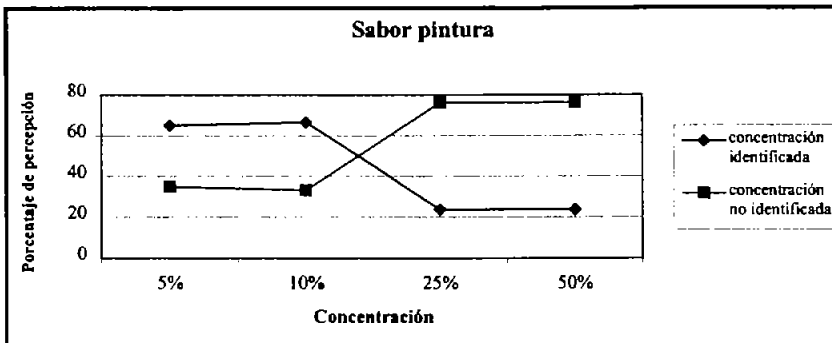


Figura 3.16. Porcentajes de identificación de concentración en sabor por los jueces para la referencia pintura.

En la referencia rancio para el olor se observa que hubo una clara diferencia de identificación de concentración al 25 y 50 % con respecto a la presentada al 10 y 5%, ya que al disminuir la concentración la identificación fue mayor. Ver figura 3.17. Para el sabor se observa una tendencia similar del 5 al 25%, pero la identificación disminuye al aumentar la concentración al 50%. Ver figura 3.18. esta referencia presentó el comportamiento opuesto al crudo ya que la mayor identificación de concentraciones ocurrió en el sabor.

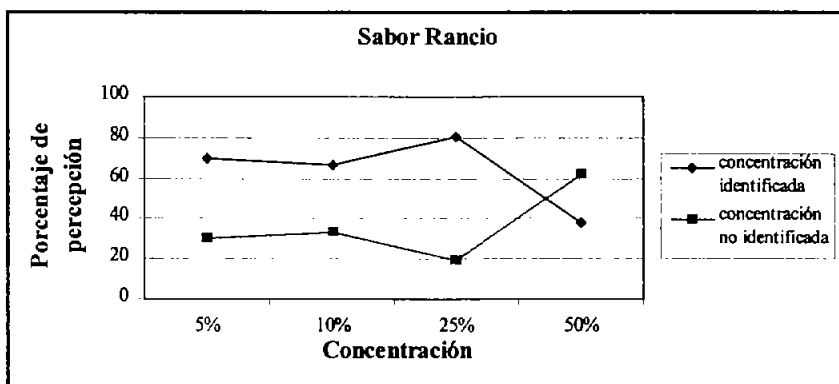


Figura 3.18. Porcentajes de identificación de concentración en sabor por los jueces para la referencia rancio.

La referencia maíz presenta tendencias similares para olor y sabor, aunque se presenta una mayor identificación de concentración en sabor. Ver figuras 3.19 y 3.20. Este comportamiento es similar al presentado por la referencia pintura.

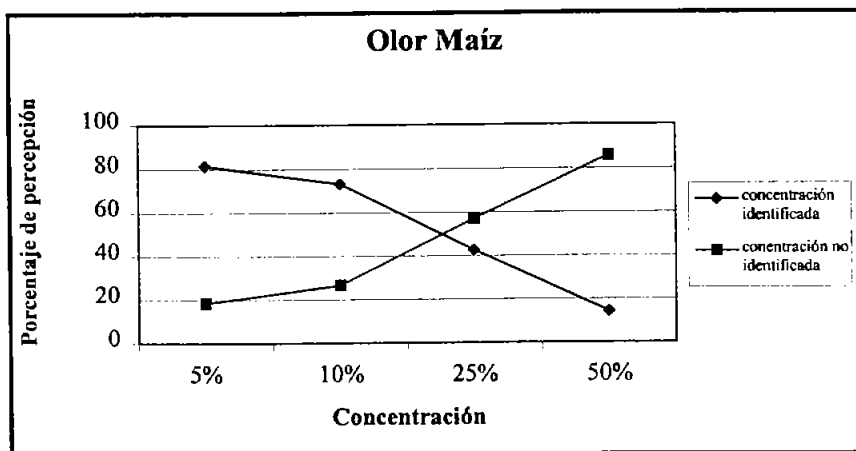


Figura 3.19 Porcentajes de identificación de concentración en olor por los jueces para la referencia maíz.

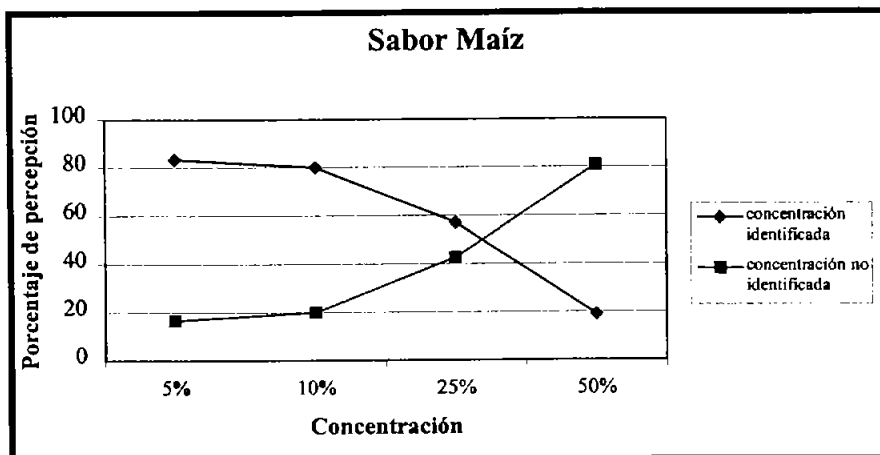


Figura 3.20. Porcentajes de identificación de concentración en sabor por los jueces para la referencia maíz.

La sustancia de referencia amargo presentó la mayor dificultad de identificación de concentración al disminuirla. Ver figura 3.21

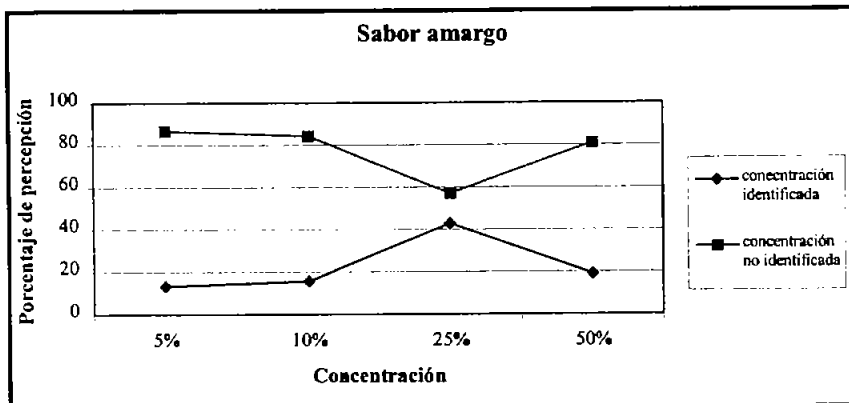


Figura 3.21. Porcentajes de identificación de concentración en sabor por los jueces para la referencia amargo

3.2 Pruebas sensoriales definitivas (perfil sensorial) para los aceites clarificados con las arcillas A y B.

Una vez que el panel sensorial quedó bien entrenado, de tal forma que sus respuestas fueran confiables, se llevaron a cabo ensayos con el uso de escalas estructuradas en porcentaje de 1 al 10%, para poder asignarle una calificación al aceite problema en intensidad de olor y sabor.

Al realizar la comparación entre los valores obtenidos para las propiedades sensoriales de olor y sabor en los aceites problema se puede observar cierta tendencia entre dosificaciones y arcillas, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre las muestras ($p > 0.05$), por lo que no se pueden establecer estadísticamente diferencias entre las muestras. Los resultados del análisis de varianza se encuentran en el cuadro N del anexo III.

A continuación se muestra un análisis comparativo de las propiedades sensoriales y fisicoquímicas obtenidas.

En lo referente al objetivo particular III, sobre la elaboración del perfil sensorial, a todos los aceites evaluados por el panel se les realizaron análisis de algunas propiedades fisicoquímicas (valor de peróxidos, valor de p-anisidina, porcentaje de ácidos grasos libres -%AGL-, estabilidad oxidativa en horas AOM y trazas de metales pesados – fósforo, magnesio, calcio, cobre-) de tal forma que se pudieran comparar dichas propiedades con los valores sensoriales obtenidos. Cabe señalar que las dosificaciones de las arcillas (A 0.6 y 0.8% y B 0.8 y 1.0%) se establecieron de tal forma que se obtuvieran resultados similares en el valor de clorofilas, lo que se puede observar en el cuadro 3.5.

Cuadro 3.5: Resultados de color Lovibond de los aceites problema.

		A 0.6%	A 0.8%	B 0.8%	B 1.0%
Clarificación	color rojo	3.933	2.836	4.755	3.45
	color amarillo	70	70	70	70
	clorofila A	0.029	0.016	0.019	0.011
	clorofila B	0.272	0.212	0.177	0.146
Desodorización	color rojo	0.756	0.7	0.588	0.57
	color amarillo	4.833	4.282	3.975	3.9
	clorofila A	0	0	0	0
	clorofila B	0.184	0.117	0.141	0.118

A 0.6%: arcilla A con dosificación 0.6%

A 0.8%: arcilla A con dosificación 0.8%

B 0.8%: arcilla B con dosificación 0.8%

B 1.0%: arcilla B con dosificación 1.0%

Los resultados de las calificaciones asignadas por los jueces a los aceites clarificados con diferentes arcillas a diferentes dosificaciones, se muestran en el cuadro 3.6, en el cual también se incluyen los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados. Estas respuestas fueron analizadas estadísticamente de igual forma que los resultados obtenidos durante el entrenamiento, con desviaciones estándar y promedios que permitieron elaborar las redes de telaraña.

Cuadro 3.6 Valores promedio de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los aceites problema.

PROPIEDADES	ARCILLAS				VALORES PROMEDIO	
	A 0.6%	A 0.8%	B 0.8%	B 1.0%	A	B
Olor crudo	0	1.0	3.75	0	0.5	1.875
Sabor crudo	2.33	2.25	5	4	2.29	4.5
Olor mantequilla	7.3	5.53	5.75	5.65	6.415	5.7
Sabor mantequilla	5.14	4.5	4.72	4.92	4.82	4.82
Olor rancio	5.27	6.04	3.95	4.58	5.65	4.26
Sabor rancio	6.7	8.67	5.02	5.38	7.685	5.2
Acidez	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peróxidos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grasos libres	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
...

A 0.6%: arcilla A con dosificación 0.6%
 A 0.8%: arcilla A con dosificación 0.8%

B 0.8%: arcilla B con dosificación 0.8%
 B 1.0%: arcilla B con dosificación 1.0%

3.2.1 Comparación de propiedades sensoriales de arcilla A 0.6% y A 0.8%

Como se puede observar en la figura 3.22, estos aceites presentan áreas similares en forma, con poca variación en los valores, por lo que hay una tendencia en el perfil sensorial de la arcilla A. Los aceites clarificados con A solo presentaron tres referencias: crudo, mantequilla y rancio, aunque en diferente intensidad. Se observó que los olores/sabores crudo y mantequilla fueron mayores a la concentración de 0.6% que al 0.8% ya que al aumentar la concentración se presentó mayor remoción de impurezas que propician estos olores sabores, pero no ocurrió lo mismo para el rancio ya que éste fue mayor a la concentración de 0.8% y se asocia con el valor de peróxidos y el porcentaje de ácidos grasos libres ya que éstos también aumentaron a la concentración de 0.8%, es decir, a pesar de aumentar la concentración de arcilla no se disminuyó la cantidad de estos compuestos, lo que tal vez indicaría que al

aumentar la concentración, esta arcilla propicie la pérdida de antioxidantes naturales y se facilite la oxidación provocando la formación del olor/sabor rancio. Ver figura 3.22.

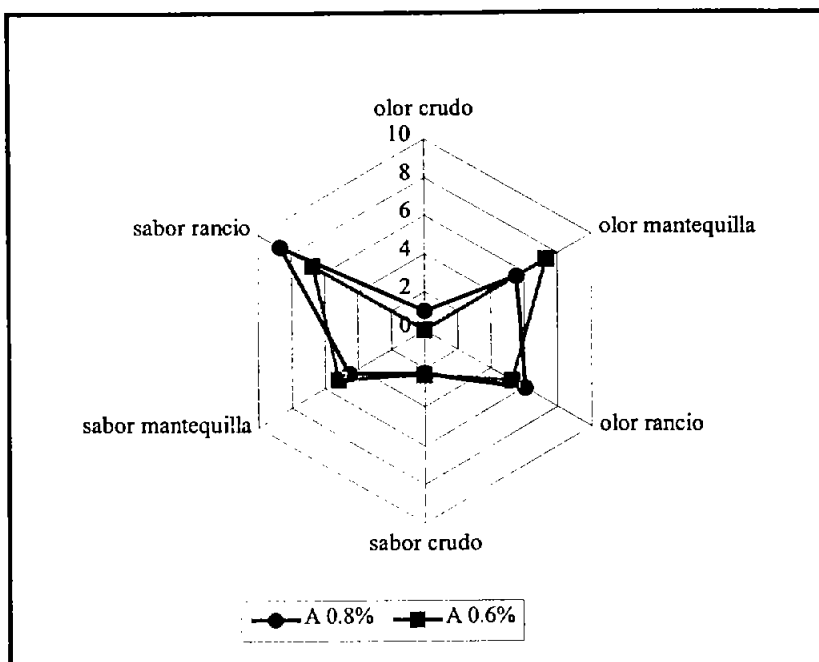


Figura 3.22. Comparación de propiedades sensoriales de arcilla A 0.6% y A 0.8%

3.2.2 Comparación de propiedades sensoriales de arcilla B 0.8% y B 1.0%

Con respecto a la arcilla B, al observar los perfiles obtenidos para 0.8 y 1.0% se encontró que a mayor concentración menor intensidad de los olores/sabores crudo y mantequilla, aunque para el rancio se presentó el mismo comportamiento que en la arcilla A, es decir, fue mayor al aumentar la concentración de arcilla, lo mismo que el valor de peróxidos y el porcentaje de ácidos grasos libres, aunque este último no presentó una diferencia tan pronunciada, ya que para la arcilla A se presentó una diferencia de 0.797% y para la arcilla B fue de 0.036%, de ahí que en la arcilla A se presentara una mayor intensidad en rancio que para B. Ver figura 3.23

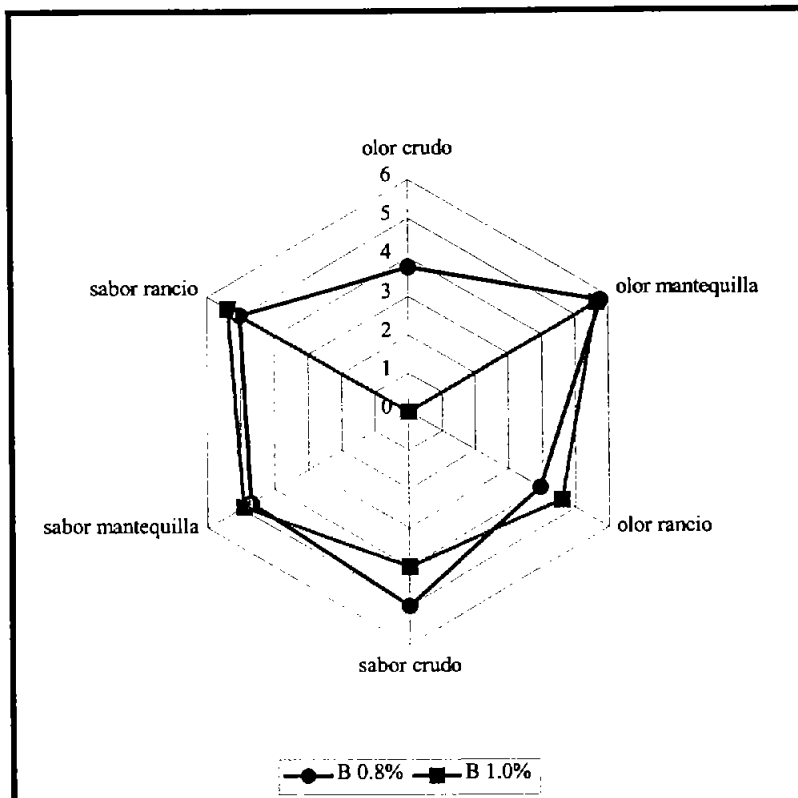


Figura 3.23. Comparación de propiedades sensoriales de arcilla B 0.8% y B 1.0%

3.2.3 Comparación de arcillas A y B

Considerando que las dosificaciones presentaron áreas similares en el perfil sensorial se tomaron valores promedio para cada arcilla y poder así obtener un área promedio para A y B. Estas similitudes entre áreas indican una relación entre la dosificación y la intensidad de las propiedades sensoriales, a menor dosificación mayor intensidad de dichas propiedades debido a que a mayor dosificación hubo una mayor remoción de impurezas, aunque no se minimizó la presencia de catalizadores de la formación de olores/sabores, como el valor de peróxidos y porcentaje de ácidos grasos libres debido a la pérdida de antioxidantes naturales del aceite de soya.

Al comparar los resultados de las arcillas entre sí, observamos que la arcilla B tuvo mayor intensidad en el sabor crudo que la presentada por A, así que B no es tan efectiva como A para retirar las impurezas que provocan este sabor. Ver figura 3.24.

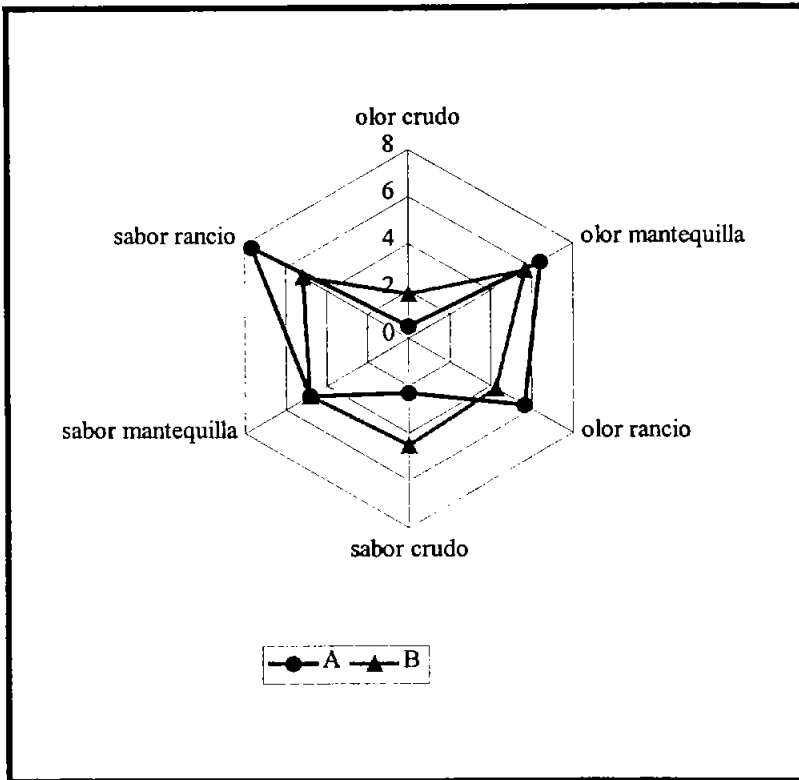


Figura 3.24. Comparación de propiedades sensoriales entre arcillas A y B.

En ambas arcillas al aumentar la dosificación disminuyó el olor/sabor mantequilla. En cuanto al rancio, en las dos arcillas se obtuvo el mismo comportamiento y fue el olor/sabor que presentó las mayores intensidades en comparación con los otros. La arcilla A tuvo la mayor intensidad para el rancio que B, al igual que el valor de peróxidos y el porcentaje de ácidos grasos libres, lo que se refleja en una menor estabilidad en horas AOM con respecto de los valores obtenidos

para B, así que al aumentar la concentración de A se obtuvo una mayor pérdida de antioxidantes provocando oxidación en el aceite originando olor/sabor rancio al aumentar el valor de peróxidos y el porcentaje de ácidos grasos libres, lo que da como resultado un aceite menos estable al paso del tiempo.

3.2.4 Comparación de propiedades fisicoquímicas de los aceites clarificados con las arcillas A y B.

Considerando que los valores obtenidos para el valor de peróxidos, valor de p-anisidina, porcentaje de ácidos grasos libres, estabilidad en horas AOM y contenido de fósforo, no presentan gran diferencia entre las dosificaciones para cada arcilla se tomaron valores promedio para obtener un área representativa para A y B, observándose que B tiene los menores contenidos de peróxidos y % de ácidos grasos libres, aunque similares en valor de p-anisidina. Ver figura 3.25.

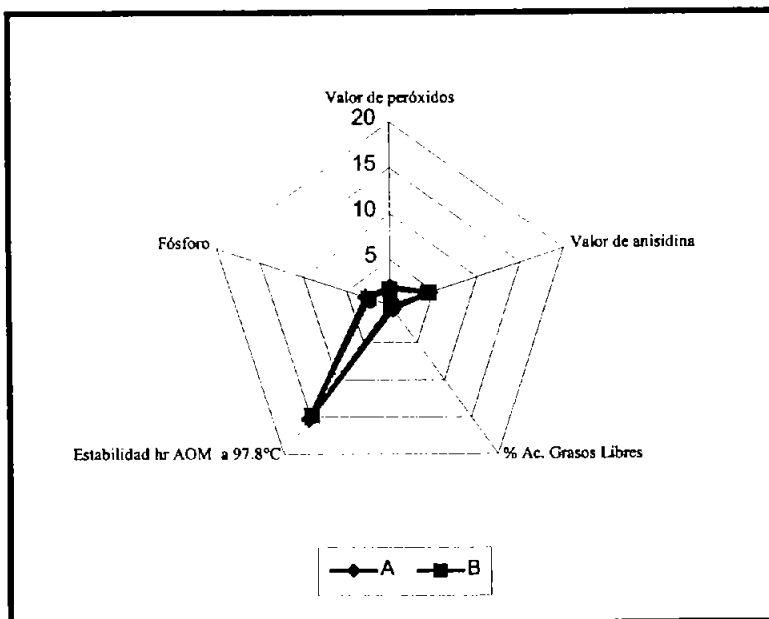


Figura 3.25. Comparación de propiedades fisicoquímicas entre los aceites clarificados con arcillas A y B

Cabe señalar que el porcentaje de dosificación se eligió de acuerdo al valor obtenido de clorofila A, el cual es tomado por la industria aceitera como una referencia de una buena clarificación, si es <0.02 indica que al desodorizarse el aceite no podrá presentar una coloración verde que pueda influir en la preferencia del consumidor, pero en este caso en particular, las arcillas A y B mostraron que al aumentar la dosificación se perdieron componentes propios del aceite que evitan las reacciones de oxidación, por lo que se recomienda probar con menores dosificaciones para obtener aceites con menor intensidad de olor/sabor rancio.

Al realizar el análisis de varianza y la prueba de Tukey entre las diferentes muestras a diferentes dosificaciones se encontró que no hubo diferencias significativas ($p>0.05$), por lo que no se pudo establecer diferencia sensorial ni realizar las correlaciones con las propiedades fisicoquímicas entre los aceites problema como se planteó en la figura 2.1 del capítulo II, ya que los jueces no pudieron establecer estadísticamente que existieran diferencias entre ambas arcillas, de tal forma, que al usar una u otra, el resultado es un aceite con olor sabor de mínima intensidad como para influir en su preferencia, así que la aplicación de estas arcillas dependerá de otros factores costo-beneficio para la empresa como pudiese ser el precio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

- El entrenamiento de los jueces es una parte fundamental para obtener resultados confiables en la evaluación sensorial del aceite de soya.
- Durante el entrenamiento se observó que al aumentar la concentración de las sustancias de referencia disminuyó la capacidad del panel sensorial para la discriminación de concentraciones, debido esto, a que los olores y sabores que se presentaron fueron muy intensos.
- Al aumentar la concentración de la arcilla A aumentó el valor de peróxidos y el porcentaje de ácidos grasos libres, al igual que el olor y sabor a rancio dando como resultado un aceite con menor vida de anaquel.
- La arcilla B no es tan efectiva como la A para retirar el sabor a crudo.
- El análisis sensorial permitió evaluar características del aceite de soya cuya diferencia no se aprecia en los análisis físicoquímicos.
- A pesar de que los análisis físicoquímicos no presentaron amplia diferencia entre las muestras, con el análisis sensorial se evaluaron características que los diferencian entre sí como lo son el olor y sabor a rancio y crudo.
- La selección de la arcilla, así como su dosificación dependerá de la calidad sensorial que se requiera del aceite de soya.

RECOMENDACIONES.

- Para el diseño del área de evaluación sensorial se deben considerar los criterios establecidos por la literatura y adecuarlos al estudio a realizar.
- Para el diseño del área de evaluación sensorial se deben analizar los recursos con los que se cuentan para adaptarlos a los criterios establecidos por la literatura consultada.
- Las sesiones se deben realizar bajo las mismas condiciones predeterminadas por el diseño del área para evitar la influencia de estímulos externos que tengan repercusión en los resultados.
- Se deben realizar sesiones periódicas para evitar que el panel sensorial disminuya su sensibilidad.
- La correcta evaluación sensorial es el resultado de todas las condiciones mencionadas anteriormente y de un análisis estadístico que permita interpretar los resultados.

LITERATURA CONSULTADA.

1. González, D.P. Proceso industrial de la soya. Asociación Americana de la Soya, A.C, 2000
2. Samperio, J.M. Proceso industrial de la soya. Asociación Americana de la Soya, A.C., 2000
3. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. 2003
4. Microsoft Encarta 96 Enciclopedia. Third Edition. USA: Funk & Wagnalls Corporation; 1995.
5. Desrosier, N. Elementos de Tecnología de Alimentos. México: Ed. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V., 1983
6. Scott, O.W. Producción moderna de la soya. Buenos Aires, Argentina: Ed. Hemisferio Sur, 1975.
7. Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria, SEP, FAO. Manuales para la educación agropecuaria. Cultivos oleaginosos. Area: producción vegetal. México: Ed. Trillas, 1983
8. Ortiz, C.A. Proceso industrial de la soya. Asociación Americana de la Soya, A.C. 2000
9. Potter, N.N. La ciencia de los alimentos. 1ª ed. México, DF: Editorial DUTEX, S.A., 1978
10. American Oil Chemist's Society. Fundamental Short Course. Science and Technology of Edible Fats and Oils. AOCS, 1997
11. Erickson, D.R. Soybean Oil: update on number one. Journal of American Oil Chemistry Soc. 1983: 60(351)
12. Cowan, J.C. Proceedings international Meeting of fat and oil technology. Journal of American Oil Chemistry Soc. 1996: 43(300a)
13. Lawson, H. Aceites y grasas alimentarios. Zaragoza, España: Ed. Acribia, 1999

14. Calvin, T.Z. Deodorización. México, DF: Ed. Asociación Americana de la Soya, Julio, 1998
15. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, NOM-F-252-1985, Aceite comestible puro de soya, México, DF: 31 de julio de 1985
16. American Oil Chemist's Society. Sampling and analysis of commercial fats and oils. AOCS, 1997.
17. Las cats o análisis sensorial de los alimentos, Julio, 2002. Disponible en : <http://amigos.fundaciongrupoeroski.es>
18. Miñosa, G.M. Sensory Evaluation Methods for Quality Assessment and Development. Diliman, Quezon City Philippines: Ed. College of Home Economics University of the Philippines, 1989.
19. Torre, P.H. Bases científicas del análisis sensorial. Revista Alimentaria, Marzo, 2000, 37(310): 155-164.}
20. Anzaldúa, A.M. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza, España: Ed. Acribia S.A., 1994
21. Desrosier, N. Elementos de Tecnología de Alimentos. México: Ed. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V., 1983.
22. M.C. María Guadalupe López Palacios. El análisis sensorial. Curso FESC-1. México, DF. 2001
23. González M, De Lorenzo C. Calidad sensorial de las mieles de Madrid: configuración de un grupo de cata y obtención de escalas normalizadas. Alimentaria 2001; 97-102.
24. Powers JJ, Cenciarelli S, Shinholser K. El uso de programas estadísticos generales en la evaluación de los resultados sensoriales. Agroquímica Tecnología Alimentaria , 1984; 24(4): 469-484.
25. Sancho J. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Barcelona, España: Ediciones Universidad de Barcelona, 1999

ANEXO I

Métodos de evaluación de aceites

Los parámetros comúnmente utilizados en la evaluación de la calidad de un aceite se basan principalmente en los métodos aprobados por la AOCS (American Oil Chemist's Society) y son seguidos por todas las industrias aceiteras, a continuación se mencionan los utilizados en la evaluación de los aceites problema:

- **Valor de p-anisidina (VA):** el valor de p-anisidina se define como 100 veces la densidad óptica medida a 350 nm en una celda de 1 cm de una solución que contiene 1 g de aceite en 100 ml una mezcla de solvente (iso-octano) y reactivo (p-anisidina).

Este método determina la cantidad de aldehídos no saturados en grasas y aceites animales y vegetales, por reacción de los compuestos aldehídicos y la p-anisidina y después se mide la absorbancia a 350 nm. Método AOCS Cd 18-90

Cálculos:

$$VA = \frac{25 (1.2 A_s - A_b)}{m}$$

Donde: A_s = absorbancia de la muestra después de la reacción con p-anisidina

A_b = absorbancia de la muestra con iso-octano

m = peso de la muestra

- **Ácidos grasos libres:** AOCS Ca 5a-40. Los ácidos grasos libres presentes en la muestra se determinan por neutralización titulando con una solución de hidróxido de sodio (NaOH). Método Ca 5a-40

Cálculos:

$$\% \text{ AGL} = \frac{(\text{ml. álcali}) (N) (\text{factor})}{M}$$

Donde: N = normalidad del NaOH

m = peso de la muestra

Factor: ácido oleico (soya) = 28.2

Ácido láurico (coco) = 20.0

Ácido palmítico (palma) = 25.6

- **Valor de peróxidos (VP):** Bajo las condiciones de éste método los peróxidos y productos similares de la oxidación de las grasas y aceites son oxidados por el yoduro de potasio (KI) y cuantificando en términos de miliequivalentes de peróxidos por 1000 gramos de muestra por titulación con tiosulfato de sodio. Método AOCS Cd 8-53

Cálculos:

$$VP = \frac{(S-B)(N)(1000)}{m}$$

Donde: S = ml del titulante de la muestra

B = ml del titulante en blanco.

N = normalidad del titulante.

m = peso de la muestra.

- **Color:** este método determina el color por medio de un equipo que emite un haz de luz, de intensidad específica, que pasa a través de una grasa líquida o un aceite. Al atravesar la muestra, la luz posee un color específico que es igualado por el equipo a través de lentes de color estándar y se mide en la escala de color Lovibond Tintometer. Es importante que la muestra no se encuentre turbia. Método AOCS Cc 13e-92.

- **Determinación de estabilidad en aceites:** los aceites y grasas presentan una resistencia a la oxidación, la cual depende del grado de saturación, de la presencia de antioxidantes naturales o adicionados, pro-oxidantes y de los procesos previos. Una vez que la resistencia es vencida, la oxidación aparece y se incrementa rápidamente. El tiempo previo a este incremento de la oxidación es una medida de la resistencia a la oxidación y es comúnmente conocido como periodo de inducción.

En este método, para determinar el periodo de inducción, una corriente de aire purificada es pasada a través de una muestra de aceite o grasa, la cual es calentada en un termostato, el aire que sale de la muestra es burbujeadado a un tubo de ensaye que contiene agua destilada. La corriente de aire que contiene ácidos orgánicos volátiles principalmente ácido fórmico) provenientes de la oxidación del aceite e incrementa la conductividad del agua, la cual es monitoreada continuamente en una computadora. Se mide el OSI (Oil Stability Index) que es definido como el punto máximo de cambio en la velocidad de oxidación o matemáticamente, como el punto máximo de la segunda derivada de la conductividad respecto al tiempo. Método AOCS Cd 12b-92.

- **Trazas de metales pesados:** El método utilizado está basado en la espectrofotometría de absorción, que involucra radiaciones electromagnéticas que al ser absorbidas y/ o emitidas por cada átomo con características específicas nos permitan la caracterización de los elementos presentes en la muestra. El equipo utilizado es un espectrómetro de emisión de plasma acoplada inductivamente ICP (Inductively Coupled Plasma).

ANEXO II
CUESTIONARIO 1. EVALUACION SENSORIAL

Para poder determinar su facilidad de identificar diferentes sabores es necesaria la siguiente información. Sus respuestas serán confidenciales. GRACIAS!!!!

NOMBRE: _____ FECHA: _____

SEXO: F ___ M ___ EDAD _____

1) Por favor indique si alguno (s) de los siguientes grupos de alimentos presenta algún problema para usted (alergia, desagrado):

Queso (especifique) _____	Chocolate _____
Huevo _____	Fruta (especifique) _____
Carne (especifique) _____	Leche _____
Mariscos _____	Soya _____
Espicias (especifique) _____	Vegetales _____
Otro _____	Grasas _____

2) Por favor indique si se encuentra bajo algún régimen especial de dieta:

Diabetes. _____ Alta en calorías _____ Baja en calorías _____
Ninguno _____ Otro (especifique) _____

3) ¿Acostumbra fumar? SI _____ NO _____

¿Con qué frecuencia?

5-10 cigarrillos diarios _____ 1-5 cigarrillos diarios _____ 1 cigarrillo de vez en cuando _____

4) ¿Acostumbra beber? SI _____ NO _____

¿Con qué frecuencia?

Frecuentemente _____ De vez en cuando _____ Nunca _____

5) Qué tipo de enfermedades respiratorias padece y con qué frecuencia?

Gripe				
Tos				
*Otra(especifique)				

*Anote el nombre _____

- 6) A continuación hay una lista de alimentos como ejemplo, agrupados en categorías seguida de una escala de preferencia y frecuencia de consumo, el 1 indica que le disgusta por completo ese alimento y el 5 indica que le gusta en extremo, por favor, marque la casilla de acuerdo a su preferencia y con qué frecuencia lo consume.

Pan y postres	Pastel, galletas, hot-cakes.....								
Bebidas	Refresco, café, té								
Jugos	Acidos								
	No ácidos								
Comida enlatada	Carne, fruta, vegetales.								
Comida procesada	Microondas, pizzas, sopas, hamburguesas								
Comida rica en grasas	Frituras, alimentos fritos o capeados								

CUESTIONARIO 2. EVALUACIÓN SENSORIAL

NOMBRE _____ FECHA _____

Por favor indique que tipo de sabor contiene la muestra Pruebe las muestras y marque la clave en el espacio.

SALADO _____
AGRIO _____
DULCE _____

AMARGO _____
NINGUNO _____

Comentarios:

¡MUCHAS GRACIAS!

CUESTIONARIO 3. EVALUACIÓN SENSORIAL

NOMBRE _____ FECHA _____

Ante usted hay tres muestras. Dos de ellas son iguales entre sí.

Pruébelas e indique cuál es la muestra diferente.

ESCRIBA LA CLAVE DE LA MUESTRA DIFERENTE:

SERIE 1: _____

SERIE 2: _____

SERIE 3: _____

SERIE 4: _____

Por favor indique que tipo de sabor contienen las muestras:

SERIE 1: _____

SERIE 2: _____

SERIE 3: _____

SERIE 4: _____

COMENTARIOS: _____

¡MUCHAS GRACIAS!

CUESTIONARIO 4. EVALUACIÓN SENSORIAL

NOMBRE _____

FECHA _____

Por favor indique que tipo de sabor contiene la muestra. Pruebe las muestras y marque la clave en el espacio.

SERIE 1

NEUTRO	_____	MAIZ	_____
MANTEQUILLA	_____	CRUDO	_____
AMARGO	_____	RANCIO	_____
PINTURA	_____	OTRO	_____

SERIE 2

NEUTRO	_____	MAIZ	_____
MANTEQUILLA	_____	CRUDO	_____
AMARGO	_____	RANCIO	_____
PINTURA	_____	OTRO	_____

SERIE 3

NEUTRO	_____	MAIZ	_____
MANTEQUILLA	_____	CRUDO	_____
AMARGO	_____	RANCIO	_____
PINTURA	_____	OTRO	_____

Comentarios:

¡MUCHAS GRACIAS!

CUESTIONARIO 5. EVALUACIÓN SENSORIAL

NOMBRE _____

FECHA _____

INSTRUCCIONES: Las muestras que se le presentan tienen que evaluarse por olor y sabor.

Anote la clave de la muestra: _____

Primero se evaluará el olor, si es necesario agite un poco la muestra e inhale despacio. Anote la intensidad de los olores que perciba.

MAIZ	25%	50%	75%
CRUDO.	25%	50%	75%
RANCIO.	25%	50%	75%
PINTURA.	25%	50%	75%
MANTEQUILLA.	25%	50%	75%
AMARGO	25%	50%	75%
OTRO (especifique)	25%	50%	75%

Ahora evalúe el sabor de la muestra y anote la intensidad de los sabores que perciba.

MAIZ.	25%	50%	75%
CRUDO.	25%	50%	75%
RANCIO.	25%	50%	75%
PINTURA.	25%	50%	75%
MANTEQUILLA.	25%	50%	75%
AMARGO	25%	50%	75%
OTRO (especifique)	25%	50%	75%

¿Cómo calificaría el aceite (sabor y olor) de acuerdo a la siguiente escala? _____

10 Suave

9

8

7

6

5

4

3

2

1 Extremadamente fuerte

Comentarios:

¡MUCHAS GRACIAS!

CUESTIONARIO 6. EVALUACIÓN SENSORIAL

NOMBRE _____

FECHA _____

INSTRUCCIONES: Las muestras que se le presentan tienen que evaluarse por olor y sabor.

Anote la clave de la muestra: _____

Primero se evaluará el olor, si es necesario agite un poco la muestra e inhale despacio. Anote la intensidad de los olores que perciba.

MAIZ.	0%	5%	10%
CRUDO.	0%	5%	10%
RANCIO.	0%	5%	10%
PINTURA.	0%	5%	10%
MANTEQUILLA.	0%	5%	10%
AMARGO	0%	5%	10%
OTRO (especifique)	0%	5%	10%

Ahora evalúe el sabor de la muestra y anote la intensidad de los sabores que perciba.

MAIZ.	0%	5%	10%
CRUDO.	0%	5%	10%
RANCIO.	0%	5%	10%
PINTURA.	0%	5%	10%
MANTEQUILLA.	0%	5%	10%
AMARGO	0%	5%	10%
OTRO (especifique)	0%	5%	10%

¿Cómo calificaría el aceite (sabor y olor) de acuerdo a la siguiente escala? _____

10 Suave

9

8

7

6

5

4

3

2

1 Extremadamente fuerte

Comentarios:

¡MUCHAS GRACIAS!

HOJA DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL. 1

FECHA: _____

Cuestionario # : _____

TIPO DE PRUEBA: _____

Prueba	Resultado	Observaciones	Fecha de Evaluación

SERIE	ORDEN DE PRESENTACIÓN	Resultado	Observaciones
1			
2			
3			
4			

NOMBRE DEL JUEZ: _____

ABREVIACIÓN: _____

NOMBRE DEL JUEZ: _____

ABREVIACIÓN: _____

NOMBRE DEL JUEZ: _____

ABREVIACIÓN: _____

RESPUESTAS DE LOS JUECES

CATEGORÍA			SUBCATEGORÍA			PUNTAJE		

OBSERVACIONES: _____

HOJA DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL (USO DE ESCALAS). 2

FECHA: _____

Cuestionario # : _____

TIPO DE PRUEBA: _____

CÓDIGO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	EVALUACIÓN

NOMBRE DEL JUEZ _____	ABREVIACIÓN _____
NOMBRE DEL JUEZ _____	ABREVIACIÓN _____
NOMBRE DEL JUEZ _____	ABREVIACIÓN _____

CALIFICACION

Muestra	OLOR	SABOR	CALIFICACION GENERAL.	OLOR	SABOR	CALIFICACION GENERAL.	OLOR	SABOR	CALIFICACION GENERAL.
1									
2									
3									
4									

ANEXO III

Cuadro A: análisis de varianza de los valores de frecuencia de estímulo percibido (A) y estímulo no percibido (B) por cada juez para el sabor ácido.

Fuente de variación	Grado de libertad	Sabor ácido 0,5%	Sabor ácido 1,0%	Sabor ácido 2,0%	Sabor ácido 5,0%	Sabor ácido 10%
Tratamiento	2	CM = 8.33×10^{-2} F = 0.5 n.s.	CM = 8.33×10^{-2} F = 1.0 n.s.	CM = 8.33×10^{-2} F = 1.0 n.s.	CM = 8.33×10^{-2} F = 0.5 n.s.	CM = 0.0 F = 0.0 n.s.
Error	9	CM = 0.167 SC = 1.667	CM = 8.33×10^{-2} SC = 0.750	CM = 8.33×10^{-2} SC = 0.917	CM = 0.167 SC = 1.667	CM = 0.0 SC = 0.0
Total	11					

SC = suma de cuadrados CM = cuadrado medio F = valor de la prueba F P = probabilidad
n.s. = no hay diferencia significativa ($p > 0.05$)

Cuadro B: análisis de varianza de los valores de frecuencia de estímulo percibido (A) y estímulo no percibido (B) por cada juez para el sabor amargo.

Fuente de variación	Grado de libertad	Sabor amargo 0,01%	Sabor amargo 0,02%	Sabor amargo 0,05%	Sabor amargo 0,1%	Sabor amargo 0,2%
Tratamiento	2	CM = 0.0 F = 0.0 n.s.	CM = 0.250 F = 1.286 n.s.	CM = 0.583 F = 3.5 n.s.	CM = 0.583 F = 3.0 n.s.	CM = 8.33×10^{-2} F = 0.5 n.s.
Error	9	CM = 0.0 SC = 0.0	CM = 0.194 SC = 2.250	CM = 0.167 SC = 2.667	CM = 0.194 SC = 2.917	CM = 0.167 SC = 1.667
Total	11					

SC = suma de cuadrados CM = cuadrado medio F = valor de la prueba F P = probabilidad
n.s. = no hay diferencia significativa ($p > 0.05$)

Cuadro C: análisis de varianza de los valores de frecuencia de estímulo percibido (A) y estímulo no percibido (B) por cada juez para el sabor dulce

Repente de sabor dulce	Cuadro de liberación	Sabor dulce 0.5%	Sabor dulce 1.0%	Sabor dulce 2.0%	Sabor dulce 4.0%	Sabor dulce 8.0%
Tratamiento	2	CM=0.0 F=0.0 n.s.	CM=8.33 x 10 ⁻² F=0.5 n.s.	CM=8.33 x 10 ⁻² F=0.5 n.s.	CM=8.33 x 10 ⁻² F=1.0 n.s.	CM=0.0 F=0.0 n.s.
Error	9	CM=0.250 SC=2.250	CM=0.167 SC=1.667	CM=0.167 SC=1.667	CM=8.33 x 10 ⁻² SC=0.917	CM=0.0 SC=0.0
Total	11					

SC = suma de cuadrados CM = cuadrado medio F = valor de la prueba F P = probabilidad
n.s. = no hay diferencia significativa (p>0.05)

Cuadro D: análisis de varianza de los valores de frecuencia de estímulo percibido (A) y estímulo no percibido (B) por cada juez para el sabor salado.

Repente de sabor dulce	Cuadro de liberación	Sabor salado 1.0%	Sabor salado 2.0%	Sabor salado 4.0%	Sabor salado 8.0%	Sabor salado 11.0%
Tratamiento	2	CM=8.33 x 10 ⁻² F=0.5 n.s.	CM=0.333 F=3.0 n.s.	CM=0.0 F=0.0 n.s.	CM=0.0 F=0.0 n.s.	CM=0.0 F=0.0 n.s.
Error	9	CM=0.1667 SC=1.667	CM=0.111 SC=0.999	CM=0.0 SC=0.0	CM=0.250 SC=2.250	CM=0.0 SC=0.0
Total	11					

SC = suma de cuadrados CM = cuadrado medio F = valor de la prueba F P = probabilidad
n.s. = no hay diferencia significativa (p>0.05)

Cuadro E: análisis de varianza de los valores de frecuencia de estímulo percibido (A) y estímulo no percibido (B) por cada juez para las sustancias de referencia.

Tratamiento	Grupos de jueces	Suma de cuadrados	Varianza	Suma de cuadrados de la prueba F	Varianza	Suma de cuadrados de la prueba F	Varianza	Suma de cuadrados de la prueba F	Varianza
Tratamiento	2	CM = 0.146 F = 0.714 n.s.	0.771 F = 4.370 P < 0.05	CM = 1.0 F = 5.414 P < 0.05	2.08x10 ⁻² F = 0.158 n.s.	CM = 0.512 F = 4.167 P < 0.05	8.33x10 ⁻² F = 0.484 n.s.		
Error	45	CM = 0.204 SC = 9.479	CM = 0.176 SC = 9.479	CM = 0.185 SC = 10.313	CM = 0.132 SC = 5.974	CM = 0.125 SC = 6.667	CM = 0.172 SC = 7.917		
Total	47								

SC = suma de cuadrados CM = cuadrado medio F = valor de la prueba F P = probabilidad
n.s. = no hay diferencia significativa (p > 0.05)

Cuadro F: análisis de varianza de los valores de concentración identificada (C) y concentración no identificada (D) por cada juez para las sustancias de referencia mantequilla a diferente concentración.

Tratamiento	Grupos de jueces	Suma de cuadrados	Varianza	Suma de cuadrados de la prueba F	Varianza	Suma de cuadrados de la prueba F	Varianza	Suma de cuadrados de la prueba F	Varianza
Tratamiento	2	CM = 0.929 F = 1.8 n.s.	CM = 0.429 F = 1.8 n.s.	CM = 0.429 F = 0.529 n.s.	CM = 0.143 F = 0.529 n.s.	CM = 0.429 F = 1.8 n.s.			
Error	18	CM = 0.238 SC = 5.143	CM = 0.238 SC = 5.143	CM = 0.270 SC = 5.143	CM = 0.270 SC = 5.143	CM = 0.238 SC = 5.143	CM = 0.238 SC = 5.143		
Total	20								

SC = suma de cuadrados CM = cuadrado medio F = valor de la prueba F P = probabilidad
n.s. = no hay diferencia significativa (p > 0.05)

Cuadro G: análisis de varianza de los valores de concentración identificada (C) y concentración no identificada (D) por cada juez para las sustancias de referencia crudo a diferente concentración.

Identificación	Grupos de Referencia	Grupos de Referencia	Grupos de Referencia	Grupos de Referencia
	Crudo	50%	100%	Sabor
Tratamiento	2	CM = 1.0 F = 5.727 P < 0.05	CM = 0.429 F = 1.8 n.s.	CM = 0.190 F = 0.800 n.s.
Error	18	CM = 0.175 SC = 5.143	CM = 0.238 SC = 5.143	CM = 0.238 SC = 4.667
Total	20			CM = 0.238 4.952

SC = suma de cuadrados CM = cuadrado medio F = valor de la prueba F P = probabilidad
n.s. = no hay diferencia significativa (p > 0.05)

Cuadro H: análisis de varianza de los valores de concentración identificada (C) y concentración no identificada (D) por cada juez para las sustancias de referencia pintura a diferente concentración.

Identificación	Grupos de Referencia	Grupos de Referencia	Grupos de Referencia	Grupos de Referencia
	Crudo	50%	100%	Sabor
Tratamiento	2	CM = 4.76x10 ⁻² F = 0.231 n.s.	CM = 4.76x10 ⁻² F = 0.231 n.s.	CM = 0.190 F = 1.0 n.s.
Error	18	CM = 0.206 SC = 3.810	CM = 0.206 SC = 3.810	CM = 0.190 SC = 4.286
Total	20			CM = 0.190 3.810

SC = suma de cuadrados CM = cuadrado medio F = valor de la prueba F P = probabilidad
n.s. = no hay diferencia significativa (p > 0.05)

Cuadro I: análisis de varianza de los valores de concentración identificada (C) y concentración no identificada (D) por cada juez para las sustancias de referencia rancio a diferente concentración.

Tratamiento	Grupos de observación	Rancio 25%		Rancio 50%	
		CM	F	CM	F
2		CM = 0.571 F = 3.273 n.s.	CM = 0.333 F = 0.233 n.s.	CM = 0.762 F = 8.0 p < 0.05	CM = 4.76x10 ² F = 0.176 n.s.
18		CM = 0.175 SC = 4.286	CM = 0.143 SC = 3.238	CM = 9.52x10 ² SC = 3.238	CM = 0.270 SC = 4.952
Total	20				

SC = suma de cuadrados CM = cuadrado medio F = valor de la prueba F P = probabilidad
n.s. = no hay diferencia significativa (p > 0.05)

Cuadro J: análisis de varianza de los valores de concentración identificada (C) y concentración no identificada (D) por cada juez para las sustancias de referencia maíz a diferente concentración.

Tratamiento	Grupos de observación	Maíz 25%		Maíz 50%	
		CM	F	CM	F
2		CM = 0.143 F = 0.529 n.s.	CM = 0.571 F = 2.571 n.s.	CM = 0.762 F = 8.0 n.s.	CM = 0.190 F = 1.2 n.s.
18		CM = 0.270 SC = 5.143	CM = 0.222 SC = 5.143	CM = 0.143 SC = 2.571	CM = 0.159 SC = 3.238
Total	20				

SC = suma de cuadrados CM = cuadrado medio F = valor de la prueba F P = probabilidad
n.s. = no hay diferencia significativa (p > 0.05)

Cuadro K: análisis de varianza de los valores de concentración identificada (C) y concentración no identificada (D) por cada juez para las sustancias de referencia amargo al 25 y 50%.

Tratamiento	Grupos	CM	F	CM	F
2	0.143	0.333	2.33	n.s.	n.s.
18	0.270	0.143			
20	5.143	3.238			
Total					

SC = suma de cuadrados CM = cuadrado medio F = valor de la prueba F
 P = probabilidad n.s. = no hay diferencia significativa (p>0.05)

Cuadro L: análisis de varianza de los valores de frecuencia de concentración identificada (C) y concentración no identificada (D) por cada juez para las sustancias de referencia al 5%

Tratamiento	Grupos	CM	F	CM	F	CM	F
2	6.667x 10 ⁻²	0.315	0.210	0.117	0.508	0.05	0.228
57	0.296	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
59	0.225	12.183	0.238	0.230	13.333	0.238	13.650
Total							

SC = suma de cuadrados CM = cuadrado medio F = valor de la prueba F
 P = probabilidad n.s. = no hay diferencia significativa (p>0.05)

Cuadro L': análisis de varianza de los valores de frecuencia de concentración identificada (C) y concentración no identificada (D) por cada juez para las sustancias de referencia al 5% (continuación).

Tratamiento	Grupos de jueces	Valor medio	Varianza	Coeficiente de correlación	Valor medio	Varianza	Coeficiente de correlación	Valor medio	Varianza	Coeficiente de correlación
Tratamiento	2	$CM = 1.667 \times 10^2$ F = 0.106 n.s.	$CM = 1.667 \times 10^2$ F = 0.114 n.s.	$CM = 1.667 \times 10^{-2}$ F = 0.071 n.s.	$CM = 1.667 \times 10^2$ F = 0.210 n.s.	$CM = 1.667 \times 10^2$ F = 0.081 n.s.	$CM = 1.667 \times 10^2$ F = 0.081 n.s.	$CM = 1.667 \times 10^2$ F = 0.081 n.s.	$CM = 1.667 \times 10^2$ F = 0.081 n.s.	$CM = 1.667 \times 10^2$ F = 0.081 n.s.
Error	57	$CM = 0.157$ SC = 8.983	$CM = 0.146$ SC = 8.333	$CM = 0.233$ SC = 13.333	$CM = 0.238$ SC = 13.650	$CM = 0.205$ SC = 11.733	$CM = 0.205$ SC = 11.733	$CM = 0.205$ SC = 11.733	$CM = 0.205$ SC = 11.733	$CM = 0.205$ SC = 11.733
Total	59									

SC = suma de cuadrados CM= cuadrado medio F= valor de la prueba F P = probabilidad
n.s. = no hay diferencia significativa (p>0.05)

Cuadro M: análisis de varianza de los valores de frecuencia de concentración identificada (C) y concentración no identificada (D) por cada juez para las sustancias de referencia al 10%.

Tratamiento	Grupos de jueces	Valor medio	Varianza	Coeficiente de correlación	Valor medio	Varianza	Coeficiente de correlación	Valor medio	Varianza	Coeficiente de correlación
Tratamiento	2	$CM = 1.667 \times 10^2$ F = 0.073 n.s.	$CM = 6.667 \times 10^{-2}$ F = 0.275 n.s.	$CM = 1.667 \times 10^{-2}$ F = 0.071 n.s.	$CM = 1.667 \times 10^2$ F = 0.073 n.s.	$CM = 1.667 \times 10^2$ F = 0.071 n.s.	$CM = 1.667 \times 10^2$ F = 0.071 n.s.	$CM = 1.667 \times 10^2$ F = 0.071 n.s.	$CM = 1.667 \times 10^2$ F = 0.071 n.s.	$CM = 1.667 \times 10^2$ F = 0.071 n.s.
Error	57	$CM = 0.227$ SC = 12.983	$CM = 0.242$ SC = 13.933	$CM = 0.233$ SC = 13.333	$CM = 0.227$ SC = 12.983	$CM = 0.219$ SC = 12.60	$CM = 0.219$ SC = 12.60	$CM = 0.219$ SC = 12.60	$CM = 0.219$ SC = 12.60	$CM = 0.219$ SC = 12.60
Total	59									

SC = suma de cuadrados CM= cuadrado medio F= valor de la prueba F P = probabilidad n.s. = no hay diferencia significativa (p>0.05)

Cuadro M': análisis de varianza de los valores de frecuencia de concentración identificada (C) y concentración no identificada (D) por cada juez para las sustancias de referencia al 10

Tratamiento	Grado de libertad	Valor medio	Subcuadrado	Colorimetría (%)	Subcuadrado	Subcuadrado
Tratamiento	2	CM = 6.667x 10 ² F = 0.328 n.s.	CM = 0.05 F = 0.300 n.s.	CM = 1.667x 10 ² F = 0.081 n.s.	CM = 1.667 x 10 ² F = 0.071 n.s.	CM = 6.667x 10 ² F = 0.315 n.s.
Error	57	CM = 0.204 SC = 11.733	CM = 0.167 SC = 9.600	CM = 0.205 SC = 11.733	CM = 0.233 SC = 13.333	CM = 0.211 SC = 12.183
Total	59					

SC = suma de cuadrados CM= cuadrado medio F= valor de la prueba F P = probabilidad n.s. = no hay diferencia significativa (p>0.05)

Cuadro N: análisis de varianza de los valores de frecuencia entre las muestras de las diferentes arcillas a diferentes concentraciones.

Tratamiento	Grado de libertad	Valor medio	Subcuadrado	Colorimetría (%)	Subcuadrado	Subcuadrado
Tratamiento	3	CM = 1.746 F = 2.162 n.s.	CM = 1.890 F = 0.324 n.s.	CM = 8.713 F = 0.277 n.s.	CM = 18.707 F = 0.264 n.s.	CM = 13.134 F = 0.462 n.s.
Error	111	CM = 29.876 SC = 31.622	CM = 213.870 SC = 217.761	CM = 1163.28 SC = 1171.99	CM = 2622.56 SC = 2641.27	CM = 1980.71 SC = 2039.18
Total	114					CM = 1052.01 SC = 1065.14

SC = suma de cuadrados CM= cuadrado medio F= valor de la prueba F P = probabilidad n.s. = no hay diferencia significativa (p>0.05)

ANEXO IV

TABLA DE NUMEROS ALEATORIOS.²⁰

6224	3500	3831	5590	3749	6934
8261	9512	6386	7969	6173	3662
9421	5438	8689	1013	3212	9914
2082	5683	6553	9265	6330	6455
5770	0772	0813	7361	4227	0906
0802	9477	6458	3684	5954	9961
4027	6923	1430	9965	6966	7021
3199	5961	1703	5947	4258	6152
7686	9235	7379	6239	9440	3265
8239	4158	6588	4626	6377	6247
7463	3284	6007	3101	8751	9707
8396	7547	3679	6814	3966	9402
9724	1002	6461	8037	0739	3649
3913	0087	2751	6593	7442	9216
9211	7721	9303	8733	5651	0378
4587	9205	0470	5179	7210	9892
4354	9776	2158	3226	4146	5399
9592	1974	8643	7672	6813	1057
2671	1216	6164	7022	0370	2755
4153	6989	4936	0352	4889	2200
9442	8025	4198	9841	9339	0769
5089	907	8700	4507	1388	5946
4029	6456	6202	5598	4242	9598
4589	0479	7089	2575	5270	8015
2867	4853	6750	7729	9926	0661
4680	5797	0680	0406	1847	8360
6610	1613	4230	9401	7015	4747
9344	7649	5579	7786	3964	6828