



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**LA EVALUACIÓN SENSORIAL COMO UNA HERRAMIENTA  
EN LA DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE ALIMENTOS  
CON ALTO CONTENIDO DE LÍPIDOS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICA DE ALIMENTOS  
P R E S E N T A :**

**CLAUDIA EDITH MOLLEDA ORTEGA**



**MÉXICO, D.F.**

**2009**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

**JURADO ASIGNADO:**

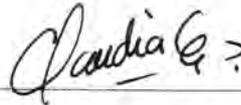
**PRESIDENTE:** Profesor: Pedro Valle Vega  
**VOCAL:** Profesor: María de Lourdes Gómez Ríos  
**SECRETARIO:** Profesor: Dulce María Gómez Andrade  
**1er. SUPLENTE:** Profesor: Patricia Severiano Pérez  
**2° SUPLENTE:** Profesor: Juan Carlos Ramírez Orejel

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:** Laboratorio Silliker México

**ASESOR DEL TEMA:** Dr. Pedro Valle Vega



**SUSTENTANTE:** Claudia Edith Molleda Ortega



## **Agradecimientos**

Doctor Pedro Valle Vega por su apoyo incondicional y a la I.A. Celia Ortigoza Hernández por confiar en mí para realizar este proyecto.

Agustín Girard por su compromiso con la empresa y con el personal que laboramos en ella. Por su confianza hacia mi y su apoyo en cada día de mi estancia en el laboratorio.

Laboratorio Silliker México por el apoyo para realizar esta tesis.

A los panelistas quienes con su esfuerzo, dedicación y apoyo fueron y serán la pieza mas importante de este proyecto

Agradezco mucho la participación de las profesoras Dulce María Gómez Andrade y Lourdes Gómez Ríos, quienes con sus observaciones y sugerencias enriquecieron el contenido de esta tesis

“Los conceptos y principios fundamentales de la ciencia son invenciones libres del espíritu humano”.

“Lo importante es no dejar de hacerse preguntas”

A. Einstein

## Dedicatoria

*A mi mamá: por todas las enseñanzas y ayuda que he recibido de ti a lo largo de mi vida. Eres una parte muy importante de esta meta que por fin he alcanzado. Gracias por los consejos, los abrazos, los besos, los regaños, etc. Gracias por luchar tanto para sacarnos adelante y ser una mujer triunfadora. Eres un modelo a seguir y me siento muy orgullosa de ser tu hija. Eres una mamá que vale por mil.*

*Tony, Gracias por el amor, la paciencia, los consejos y ayuda que me has brindado. Estar a tu lado me ha hecho ser una mejor persona en todos los sentidos y le agradezco a la vida el saber que me ha dado al mejor esposo del mundo. Una gran parte de este logro es tuyo también. Estoy muy orgullosa de caminar tomada de la mano de un ser tan especial como tú. "Vivimos en el mundo cuando amamos". Te amo.*

*Nallely. Por demostrarme que a pesar de las adversidades las personas podemos salir adelante. Gracias por existir y ser parte de mi vida. Por compartir conmigo esta vida llena de enseñanzas. Hermanita, eres una gran maestra.*

*Abuelitos: Sin ustedes nunca hubiera llegado a este lugar, me enseñaron cosas maravillosas de la vida y me enseñaron a ser una gran mujer. No importa la distancia. Siempre están en mi corazón. Gracias por las risas, los abrazos, las palabras de aliento, los regaños y todas las lecciones que me dieron para alcanzar este punto de mi vida.*

*A mi suegra que aunque hoy no este con nosotros físicamente, se que nos puede ver y está conmigo en este momento tan importante para mi. Gracias por aceptarme y acogerme con tanto cariño. Nunca podré olvidarla.*

*A mi suegro. Por toda la ayuda que nos ha brindado en esta etapa de nuestras vidas. Es usted un gran ejemplo a seguir.*

*Titos. Gracias por quererme tanto. Por sus palabras de aliento y los momentos tan lindos que he pasado a su lado.*

*Jimena, Sina y Neto. Por todos los años en los que nos divertimos tanto. Mi vida nunca sería igual si todo eso no hubiera ocurrido.*

*A mis tios, Mickey, Elvira, Paty y José Luis por todo su amor y ayuda en todo momento que los he necesitado*

*Lau y Lupe. Las quiero. Gracias por los maravillosos consejos que me han dado en momentos tan difíciles de mi vida. Estar con ustedes siempre es confortante.*

*Caro, Gracias por los momentos de risas y por hacerme compañía cuando me sentí sola.*

*Santy: mi pequeño especial, te amo mucho. Eres un niño con una gran capacidad para entender este mundo. Eres maravilloso, una gran luz en mi vida.*

*Anita, Gracias por los momentos de pláticas amenas, por el cariño y el apoyo que nos has ofrecido.*

*Dr Chuchin y Gloriux. Ustedes me enseñaron a amar la ciencia a comprenderla y a ser más analítica. A ustedes les debo gran parte de lo que tengo hoy en día. También les doy las gracias por la amistad que me brindaron, porque estas son las cosas que uno aprecia en la vida.*

*Yoshi. Pequeño, gracias por tu amistad. Eres el mejor amigo del mundo y nunca me cansaré de repetirlo. Mi paso por la facultad jamás habría sido lo mismo sin ti. Gracias por todo el tiempo que me has dedicado. Te adoro*

*Pris, Diana, Ale, Luz, Dani, Isaac. Gracias por los momentos tan divertidos que hemos pasado. Porque ustedes siempre son la cereza del pastel. Gracias por su apoyo en todo momento, por su cariño y consejos. Son únicos*

*Isita. Que te puedo decir. Saber que sigues aquí después de más de 10 años de amistad y a pesar de todo, me hace sentir simplemente feliz. Saber que puedo contar contigo es un regalo muy especial. Te quiero*

*Reyito. Como Olvidarte. Gracias por todas tus enseñanzas y el cariño que me das. Eres un gran amigo y maestro. Gracias por abrirme tu corazón y creer en mi e impulsarme para salir adelante*

*Angelito. Gracias por ser mi amigo. Eres una persona muy especial.*

*Al Dr. Pedro Vallé. Conocerlo fue una de las mejores cosas que me sucedieron en la facultad. Gracias por su apoyo en la realización de este proyecto y por toda la experiencia que he obtenido gracias a usted.*

*Garryto. Gracias por ayudarme tanto en el trabajo. Gracias por hacerme reír y sentirme aceptada. Simplemente gracias por tu amistad.*

*Mabel, Tama y Chucho. Mis grandes amigos. Quienes a lo largo de 10 años me han acompañado en los grandes momentos de mi vida.*

*A Koby, Milito y Guagüito. Por aguantar las desveladas y momentos tensos junto a mí. Por el amor incondicional que me han dado. Los quiero pequeños seres peludos.*

*Jon. Gracias por el apoyo y la gran lección que me diste. Tu amistad fue y será algo que siempre llevaré en el corazón.*

*A Albert Einstein, cuyo amor por la ciencia y la vida, logró despertar en mí la inquietud de entender el mundo a un nivel subatómico para comprender la grandeza del mismo.*

*Tengo tantas personas a quienes agradecerles, que jamás terminaría, y haría un libro lleno de agradecimientos, pues la vida se va formando con pequeños momentos y un sin número de personas que nos hacen ser mejores día a día. GRACIAS, MIL GRACIAS a todas las personas que han estado ahí en el momento preciso. Todos son parte de esta gran aventura que es mi vida.*

## Índice

<b>Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>Objetivo General.....</b>	<b>6</b>
<b>Objetivos particulares.....</b>	<b>6</b>
<b>I. Antecedentes.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Evaluación Sensorial.....</b>	<b>7</b>
1.1.1 Tipo de jueces.....	10
1.1.2 Descripción de Pruebas Utilizadas para Evaluación Sensorial.....	16
<b>1.2 Lípidos.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3 Vida Útil.....</b>	<b>26</b>
<b>1.4 Cinética Química.....</b>	<b>31</b>
<b>II Metodología.....</b>	<b>33</b>
<b>2.1 Diagrama General.....</b>	<b>33</b>
<b>2.2 Entrenamiento.....</b>	<b>34</b>
2.2.1 Pruebas Dúo-Trío.....	35
2.2.2 Pruebas Triangulares.....	36
2.2.3 Prueba Pareada No Direccionada.....	37

<b>2.3 Evaluación de la Vida Útil de Productos.....</b>	<b>39</b>
<b>III Resultados y Discusión.....</b>	<b>42</b>
<b>3.1 Entrenamiento de Jueces. Análisis Sencuencial.....</b>	<b>42</b>
<b>3.2 Estimación de la Vida Útil de una Crema de Cacahuate.....</b>	<b>46</b>
<b>3.3 Estimación de la Vida Útil de Barras de Nuez.....</b>	<b>56</b>
<b>IV Conclusiones.....</b>	<b>66</b>
<b>V Referencias.....</b>	<b>69</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>72</b>
Anexo I.....	73
Anexo II.....	77
Anexo III.....	79

## **Introducción**

En este trabajo se pretende demostrar que la Evaluación Sensorial, es una herramienta en la estimación de la vida útil de productos con alto contenido de lípidos, parámetro indispensable en el control de calidad de los mismos ya que permite conocer el periodo de tiempo durante el cuál un producto poseerá las características precisas para la aceptación del consumidor.

El deterioro de lípidos durante el proceso o almacenamiento del producto conlleva ciertos cambios sensoriales en este, especialmente de sabor, olor y color. En algunos productos, por ejemplo en las emulsiones cárnicas, ayudan dándoles una mejor textura, la cuál puede perderse durante el deterioro, además de la reducción del valor nutritivo.

Durante el desarrollo de este trabajo se entrenó a 19 jueces con la finalidad de aumentar su capacidad de percepción en los defectos ocasionados por el deterioro de las grasas o aceites contenidos en alimentos procesados, y finalmente realizar una evaluación para determinar la vida útil de un producto terminado.

La vida útil de un alimento es el tiempo en donde este puede ser almacenado en condiciones controladas sin perder sus propiedades tanto nutrimentales como sensoriales. Este parámetro puede ser predicho mediante un modelo matemático que considera la cinética del deterioro.

### **Objetivo General**

- Demostrar que la Evaluación Sensorial, puede ser utilizada como una herramienta en la determinación de la vida útil de un producto que en su composición contiene principalmente lípidos.

### **Objetivos particulares**

- Entrenar a un panel de jueces analíticos para incrementar su capacidad de percepción de defectos causados por el deterioro de lípidos.
- Determinar la vida útil de un producto utilizando evaluación sensorial y comparando los resultados con un método analítico (índice de peróxidos).

## **I. Antecedentes**

### **1.1 Evaluación Sensorial**

La evaluación sensorial (EV) es una disciplina científica cuyo objetivo es determinar los atributos o características sensoriales detectadas por los sentidos humanos (gusto, olfato, tacto, vista y oído) de un producto y que permite medir el grado de aceptación que dicho producto tendrá en un mercado determinado. “El diseño o interpretación correcta de los resultados de la evaluación sensorial, requiere del conocimiento de los aspectos psicológicos y fisiológicos de los analizadores humanos, que se definen como un mecanismo nervioso complejo, que empieza en un aparato receptor externo y termina en la corteza cerebral. Los analizadores reciben los estímulos del mundo exterior, lo transmiten a través de un nervio conductor y lo transforman en sensaciones, las que se interpretan e integran con otras sensaciones y con la experiencia anterior conforman la percepción. Las características organolépticas de los alimentos, constituyen el conjunto de estímulos que interactúan con los receptores del analizador<sup>[8]</sup>...”

Hoy en día, la EV es un instrumento indispensable en el desarrollo de alimentos, lo cuál permite al fabricante tener una idea de del perfil de su producto y si tendrá o no aceptación para la población deseada. Esta ciencia, comprende una serie de técnicas para la medición de la respuesta de las personas ante un producto.<sup>[25]</sup>

Los atributos sensoriales de un alimento (color, olor, sabor, textura) son importantes en la aceptación del producto por el consumidor, por tanto dichos

atributos deben ser evaluados constantemente para garantizar la calidad sensorial de este. Una forma de evaluar los atributos sensoriales es haciéndolo directamente con el consumidor (**juez afectivo**). Sin embargo esto puede derivar en pruebas prolongadas y costosas en comparación de cuando se prepara un panel de jueces entrenados (**jueces analíticos**) para determinar alguna o algunas características particulares del producto.<sup>[20]</sup>

Los laboratorios de EV deben cumplir ciertos requisitos para poder realizar dentro de ellos pruebas confiables. Las instalaciones en las cuales se desarrollará la evaluación sensorial deberán ser utilizadas con ese fin exclusivo. La Guía para la Acreditación de Laboratorios de Análisis Sensorial de la Entidad Nacional de Acreditación de España<sup>[11]</sup> señala que el espacio destinado a la evaluación debe ser una zona tranquila, sin distracciones y con iluminación controlada, con compartimentos individuales para reducir al mínimo el contacto visual, colores neutros en las paredes, superficies inodoras y ventilación adecuada además es necesario que se destine una zona separada para la preparación de muestras.

Al trabajar con seres humanos existen ciertos factores (como la motivación de cada persona en el panel) que pueden generar una alta variabilidad en los resultados de las evaluaciones. Se sabe que algunas personas son más sensibles a ciertos estímulos que otras, por tanto pueden llegar a ser más exigentes durante la evaluación, lo cual contribuye a la variación de las respuestas. Una forma de minimizar estos errores es haciendo una selección de las personas que deseen convertirse en jueces analíticos, sin embargo nunca se erradicará el 100% de las variables.<sup>[26]</sup>

El evaluación sensorial no sólo permite desarrollar nuevos productos, también es una herramienta de gran importancia en el control de calidad, ya que idealmente deben existir procedimientos que se empleen para monitorear todas las etapas de producción, desde la materia prima hasta el consumidor final, con la finalidad de asegurar que el producto a comercializar tenga las características que el consumidor busca en él. <sup>[29]</sup>

Otro de los usos que se le da a la evaluación sensorial es la determinación de la vida útil (VU) de un producto, es decir, cuál es el tiempo máximo que un producto puede ser almacenado sin perder sus características sensoriales y nutritivas. La vida útil de un producto depende de factores como son el envase y atmósfera en que el alimento fue empacado, exposición a la luz, temperatura, método de conservación, etc.

Dependiendo de la característica sensorial que se desee evaluar en el producto, será el método que se debe seguir para el análisis. Para realizar determinaciones de vida útil, es indispensable someter los productos a estudiar en condiciones de “estrés”, es decir, condiciones en las que el producto se verá afectado. Los factores que pueden ser variados son: temperatura, pH, Aw, humedad relativa, presión, luz, etc. <sup>[4]</sup>

Otros usos <sup>[7]</sup> que la evaluación sensorial puede tener son:

- Igualación de productos
- Gráfico descriptivo de productos

- Reformulación
- Posibles sensaciones olfato-gustativas parásitas y olores/sabores atípicos y
- Clasificación

### **1.1.1 Tipo de jueces**

Como se ha mencionado anteriormente, existen dos tipos de jueces, analíticos y afectivos. A continuación se describen algunas de las diferencias entre cada uno de ellos y las características que cada tipo de juez debe cumplir. <sup>[8, 29]</sup>

#### **A. Juez afectivo**

El juez afectivo o consumidor no requiere de un entrenamiento, ya que lo que se desea con él es conocer la aceptación, el nivel de agrado y/o preferencia de un producto. Para que las pruebas realizadas puedan ser estadísticamente confiables, se requiere una población grande para minimizar la variación debida a la subjetividad de las respuestas. Estas pruebas pueden llevarse a cabo en escuelas, centros comerciales, supermercados e incluso en casa ya que no requieren de características especiales para realizar el estudio. Sin embargo, al aplicar las pruebas, deberá explicarse al consumidor el procedimiento y la importancia de éstas, además es necesario conocer las características socioculturales y económicas del grupo de estudio con la finalidad de normalizar el ensayo. <sup>[8]</sup>

## B. Juez analítico

El juez analítico o catador es aquella persona que se ha seleccionado de un grupo de gente por mostrar una sensibilidad sensorial específica para un estudio y que además será sometido a un entrenamiento acerca del método de evaluación que deberá seguir y de las propiedades de importancia del producto que se evaluará. <sup>[20]</sup>

Es necesario tomar en cuenta ciertas características <sup>[4, 8, 20]</sup> personales para que un individuo pueda desarrollarse como catador, las cuales son:

- **Edad.** Como representante de la población en general se consideran las personas entre 18 y 50 años de edad, ya que se supone que sus organismos han logrado un desarrollo óptimo, tanto desde el punto de vista fisiológico como cultural.
- **Sexo.** Es aconsejable que las comisiones de evaluación sensorial estén formadas por individuos de ambos sexos para evitar variables debidas a este factor.
- **Estado de salud.** Los jueces analíticos no deben presentar ninguna enfermedad física o psicológica, ya que esto podría causar variaciones en el estudio.
- **Carácter y responsabilidad.** La honestidad y confiabilidad son dos características indispensables. Debe mostrar interés en la prueba, siendo puntual, receptor y seguir con fidelidad el procedimiento que está realizando.

- **Afinidad con el material objeto de prueba.** Los jueces analíticos no evaluarán cuando presenten un franco rechazo al material que se estudia, es decir, no podrán participar cuando el objeto de estudio le cause una alergia o malestar físico. Tampoco deben considerarse las personas que sienten una preferencia excesiva sobre el producto a evaluar.
- **Disponibilidad.** Las personas que desean ser catadores, requieren un tiempo dedicado exclusivamente a las pruebas, ya que la habilidad y destreza de los mismos sólo se logra con una participación constante en las diferentes sesiones.

Para entrenar a un grupo de jueces, es indispensable realizar los siguientes pasos con la finalidad de conocer la sensibilidad de cada uno ante diversos estímulos.

#### **a. Selección de Jueces**

En general, la selección de jueces consta de cuatro etapas básicas.

- Fase preparatoria,
- Fase de sensibilidad para los cuatro sabores básicos,
- Fase de sensibilidad del olfato y
- Fase de sensibilidad para la vista.

## **b. Entrenamiento**

Una vez que los jueces han sido seleccionados a través de las pruebas anteriores, se llega a la fase de adiestramiento.

Esta etapa se constituye de tres fases:

- Familiarización. En esta fase se da a conocer a los jueces el procedimiento de evaluación sensorial que se realizará para un producto determinado y se les hace comprender la importancia que éste tiene. En esta familiarización de los catadores con el problema y se les explica cuales podrían ser los defectos o virtudes que el producto a evaluar pudiera tener y las posibles causas tecnológicas de estas características, por ejemplo, en el caso del deterioro de lípidos se les explica como es que estos pueden presentar el defecto de la rancidez, considerando el almacenamiento a temperaturas inadecuadas, humedad o lo que implica utilizar empaques inconvenientes que no protejan al producto de la luz.
- Entrenamiento. La fase de entrenamiento tiene como objetivos desarrollar en los catadores la habilidad para percibir y evaluar los distintos defectos o virtudes que el producto pudiera presentar, además de lograr una homogeneidad en los juicios que se emitirán sobre el producto. <sup>[26]</sup>

Los métodos sensitivos,<sup>[7]</sup> como su nombre lo indica, ayudan a determinar, la sensibilidad de los candidatos a ciertos estímulos, entre ellos destacan:

- Las pruebas de umbral
- Pruebas de diferenciación (pruebas analíticas) y pruebas cuantitativas
- Pruebas descriptivas

Para realizar el entrenamiento es indispensable tomar en consideración ciertos factores <sup>[13]</sup> que pueden influenciar la percepción sensorial como:

- a) **Fisiológicos:** Adaptación, mejora, sinergia y supresión.
- b) **Psicológicos:** Error de expectación, error por hábito, error de estímulo, error lógico, orden de presentación de muestras, sugestión mutua, carencia de motivación y timidez.
- c) **Físicos:** fiebre, poca higiene bucal, gingivitis, presión de trabajo, depresión, fumar antes de la prueba, beber café o ingerir alimentos muy condimentados.

Durante el entrenamiento debe considerarse el tiempo en que el juez puede llegar a la fatiga o saturación y por tanto a la variabilidad de sus resultados, en base a esto, debe realizarse un calendario de sesiones con horarios estipulados. De lo antes mencionado y de la capacidad de comunicación de ideas y los resultados obtenidos dependerá la duración del entrenamiento. Durante esta etapa deben realizarse pruebas de umbral, diferenciación y descriptivas, sin embargo en

éste último caso deberán ser más específicas para el estímulo que requiere ser estudiado. <sup>[13]</sup>

- Comprobación del adiestramiento. En esta fase se verifica que los jueces hayan comprendido la dinámica de trabajo, así como la mejora en su capacidad de percibir los atributos sensoriales en los cuales han sido entrenados. Una manera de llevar un registro del progreso de los jueces es el análisis secuencial (Anexo I). “El análisis secuencial fue creado para su aplicación en la industria siendo utilizado en la actualidad con diversos fines dentro del campo de la evaluación sensorial, uno de ellos es la selección de jueces de acuerdo con los resultados que presenten cada uno durante la ejecución de las pruebas triangulares, (también se emplea con pruebas pareada y dúo-trío). El principio del método consiste, en que a través del rendimiento de ensayos sucesivos, el juez va demostrando su habilidad” <sup>[8]</sup>

### **c. Cata**

Durante esta etapa los jueces ya entrenados pueden evaluar productos para determinar ciertas características que se buscan en él, un ejemplo de ello es el deterioro de lípidos. Los panelistas pueden identificar ahora los olores y sabores característicos tales como el enranciamiento derivados de los procesos químicos que se llevan a cabo en matrices alimenticias con un alto contenido de estos compuestos.

## 1.1.2 Descripción de Pruebas Utilizadas para Evaluación Sensorial

### a. Pruebas de umbral

Son pruebas que permiten a conocer la cantidad mínima perceptible de un estímulo. Existen diversas pruebas de umbral que pueden ser aplicadas, tales como pruebas de límites (umbral absoluto y umbral de diferencia), prueba de error promedio o prueba de frecuencia.

El **umbral absoluto** es la mínima concentración de un estímulo que puede ser percibido. Este a su vez puede clasificarse de tres formas: *diferenciación, identificación y reconocimiento*. El primero se refiere al hecho de “simplemente percibir un cambio en el tipo de sensación” pero no puede definirse a que se debe el cambio, mientras que el umbral absoluto de identificación es cuando no sólo se percibe un cambio, sino que es posible declarar cuál es este. Por otra parte el umbral de reconocimiento es el mínimo valor del estímulo que permite la identificación de este. <sup>[4]</sup>

El umbral absoluto se calcula graficando la frecuencia de reconocimiento del estímulo (eje de ordenadas) y la concentración del estímulo (abscisas). En la ecuación de línea recta obtenida en la gráfica ( $Y=mX + b$ ) se interpola el valor a la cual la mitad de la población es capaz de reconocer el estímulo ( $Y=50\%$ ), obteniendo así la mínima concentración a la cuál responde la población de estudio. <sup>[20]</sup>

El **umbral de diferencia**, es el mínimo cambio que se percibe debido a la diferencia en la concentración de dos estímulos. Este es posible detectarlo mediante pruebas de diferenciación, como es el caso de la prueba pareada. [4, 20]

## **b. Pruebas Analíticas**

### **Pruebas de diferenciación o discriminativas**

El objetivo de estas pruebas es determinar la diferencia de un atributo entre dos o más muestras. Algunas de las pruebas son: triangular, dúo-trío y pareada (direccionada y no direccionada). Las pruebas discriminativas tienen como objetivo distinguir entre estímulos que podrían ser confusos y algunos que son completamente diferenciables. [17]

En la prueba **triangular**, se comparan tres muestras a la vez, en donde una de ellas es diferente a las otras dos. Las muestras siempre se presentan en orden aleatorio para minimizar el error por saturación de los jueces. Debido a que esta prueba es de decisión forzada, la probabilidad de elegir la muestra correcta por azar es de 33.33%. Los datos obtenidos pueden ser evaluados mediante una prueba Ji cuadrada o consultando tablas estadísticas de mínimo de juicios correctos para establecer diferencia significativa entre muestras a una sola cola. [8,17]

La prueba **dúo-trío** se hace comparando dos muestras con una referencia (R), en donde una estas es igual a R. Las muestras siempre deberán estar

aleatorizadas. En esta prueba, la probabilidad de elegir al azar la muestra correcta (igual a la referencia) es del 50%. Para el análisis de datos puede utilizarse el estadístico Ji cuadrada o la tabla de mínimo de juicios correctos de una cola.<sup>[8,17,26]</sup>

. **Prueba pareada.** En esta prueba, sólo son presentadas ante el evaluador dos muestras. La prueba puede realizarse direccionada, es decir, determinar cuál muestra presenta con mayor intensidad un atributo (esta prueba es de decisión forzada lo que significa que no se permiten “empates”) o puede ser no direccionada, en donde solo se pide al juez que indique si la muestra es diferente de la otra, lo cuál permite que haya muestras iguales dentro de un par. Los resultados se analizan obteniendo el porcentaje de respuestas correctas y comparándolos con tablas de mínimo de juicios correctos de una cola para la prueba direccionada y de dos colas para la prueba no direccionada. En ambos casos la probabilidad de escoger la muestra correcta al azar es de 50%.<sup>[26, 20]</sup>

### **c. Métodos cuantitativos**

**Prueba de ordenación** Esta permite comparar un atributo en una serie de muestras distintas a la vez. Es importante que sólo el atributo de estudio sea una variable, por ejemplo, si se desea evaluar la intensidad de sabor de una bebida de manzana, el color, no deberá ser una variable más, es decir, se debe de cubrir este con la finalidad de evitar una influencia en el estímulo que deseamos evaluar. Este método se estudia mediante un análisis de ordenamiento por rangos, realizando la diferencia de las sumas de rangos entre las muestras y comparando con tablas valores críticos para ordenamiento por rangos.<sup>[12]</sup>

Otro de los métodos cuantitativos utilizados es la **prueba de intervalos**, en donde se califica mediante una escala, la percepción de la intensidad de un atributo en distintas muestras. Los tipos de escala más utilizadas son la *estructurada y la no estructurada*.

La primera consta de intervalos bien definidos, en donde cada punto representa un cambio en la característica a evaluar.

La escala no estructurada, es una línea en donde solo los extremos son definidos, lo que permite al juez tener una mayor libertad para expresar su juicio.

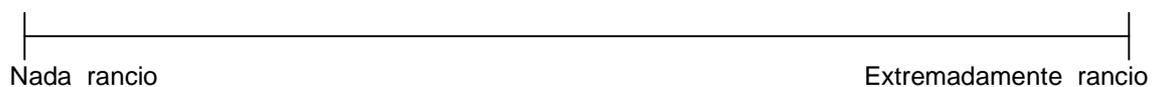
### Escala estructurada



### Escala no estructurada

0= nada rancio

10= Extremadamente rancio



En ambos casos los datos se evalúan mediante un análisis de varianza de dos vías para determinar la diferencia entre las muestras e incluso entre las respuestas de los jueces.

## 1.2 Lípidos

Los lípidos en conjunto con los carbohidratos y proteínas son los principales componentes en base seca de los alimentos y de las células vivas, por tanto, pueden provenir de fuentes tanto vegetales como animales y son llamados grasas o aceites dependiendo de su estado físico a temperatura ambiente.

La hidrólisis de los enlaces éster de los lípidos (lipólisis) se produce por acción enzimática o por calentamiento en presencia de agua y da lugar a la liberación de ácidos grasos libres. Los ácidos grasos de cadena corta son los responsables del desarrollo de aromas rancios (enranciamiento hidrolítico).

Otro defecto que se presenta es la oxidación, que es una de las principales causas del deterioro, ya que no sólo origina aromas desagradables, sino también sabores, defecto que se produce principalmente en aceites comestibles debido sus características químicas (grado de insaturación) y que hace al producto inaceptable y además de reducir el tiempo de vida útil.<sup>[9]</sup>

Algunos ácidos grasos como son el oleico, linoléico y linolénico contienen uno o más dobles enlaces, lo que los hace susceptibles a la oxidación (Tabla 1.2.1). Para algunos productos, la forma de almacenamiento induce estas reacciones, tal es el caso de los frutos (nueces, almendras, avellanas, cacahuates, etc) que se venden a granel y no están protegidos de factores como la presencia de oxígeno y la luz con empaque especiales.<sup>[3]</sup>

**Tabla 1.2.1** Composición de ácidos grasos de diversos aceites vegetales (porcentaje del contenido total)

Ácidos Grasos	Aceite de cacahuate	Aceite de coco	Aceite de maíz	Aceite de Soya	Aceite de girasol	Aceite de linaza
<b>C6:0</b>	ND	ND-0.7	ND	ND	ND	ND
<b>C8:0</b>	ND	4.6-10.0	ND	ND	ND	ND
<b>C10:0</b>	ND	5.0-8.0	ND	ND	ND	ND
<b>C12:0</b>	ND-0.1	45.1-53.2	ND-0.3	ND-0.1	ND-0.1	ND
<b>C14:0</b>	ND-0.1	16.8-21.0	ND-0.3	ND-0.2	ND-0.2	ND
<b>C16:0</b>	8.0-14.0	7.5-10.2	8.6-16.5	8.0-13.5	5.0-7.6	2.0-7.0
<b>C16:1</b>	ND-0.2	ND	ND-0.5	ND-0.2	ND-0.3	ND
<b>C17:0</b>	ND-0.1	ND	ND-0.1	ND-0.1	ND-0.2	ND
<b>C17:1</b>	ND-0.1	ND	ND-0.1	ND-0.1	ND-0.1	ND
<b>C18:0</b>	1.0-4.5	2.0-4.0	ND-3.3	2.0-5.4	2.7-6.5	2.0-4.0
<b>C18:1</b>	35.0-69.0	5.0-10.0	20.0-42.2	17.0-30.0	14.0-39.4	14.0-30.0
<b>C18:2</b>	12.0-43.0	1.0-2.5	34.0-65.6	48.0-59.0	48.3-74.0	14.0-35.0
<b>C18:3</b>	ND-0.3	ND-0.2	ND-0.2	4.5-11.0	ND-0.3	45.0-60.0
<b>C20:0</b>	1.0-2.0	ND-0.2	0.3-1.0	0.1-0.6	0.1-0.5	ND
<b>C20:1</b>	0.7-1.7	ND-0.2	0.2-0.6	ND-0.5	ND-0.3	ND
<b>C20:2</b>	ND	ND	ND-0.1	ND-0.1	ND	ND
<b>C22:0</b>	1.5-4.5	ND	ND-0.5	ND-0.7	0.3-1.5	ND
<b>C22:1</b>	ND-0.3	ND	ND-0.3	ND-0.3	ND-0.3	ND
<b>C22:2</b>	ND	ND	ND	ND	ND-0.3	ND
<b>C24:0</b>	0.5-2.5	ND	ND-0.5	ND-0.5	ND-0.5	ND
<b>C24:1</b>	ND-0.3	ND	ND	ND	ND	ND

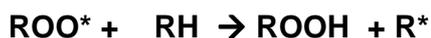
ND= no detectable. Proporción menor a 0.05%

Fuente: Codex Stan 210-1999

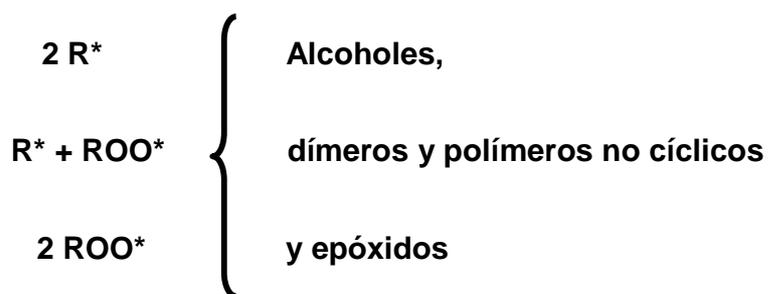
Cuando los ácidos grasos reaccionan para formar hidroperóxidos, estos tienden a formar compuestos volátiles que tienen una *gran actividad olfatoria*. La oxidación lipídica se constituye por tres etapas: <sup>[3, 9]</sup>

1. **Iniciación.** Formación de radicales libres: peroxi (ROO\*), alcoxi (RO\*) o alquilo (R\*)
2. **Propagación.** Los radicales formados en la etapa anterior, sustraen el hidrógeno  $\alpha$  al doble enlace de la molécula de ácido graso.

Estas reacciones se dan en cadena, por lo que una vez que han entrado en a esta etapa no es posible detenerlas. Durante este paso los radicales libres se renuevan continuamente.



3. **Terminación.** Esta etapa llega cuando los radicales formados comienzan a interactuar unos con otros formando productos más estables.



Los productos primarios de la oxidación son inodoros e insípidos. Los productos secundarios de esta reacción, tales como el dialdehído malónico, algunos alcanos y alquenos y compuestos carbonílicos aromáticos, son los que producen sabores y olores desagradables en los alimentos. <sup>[2, 9]</sup>

Las etapas 1 y 2 de la autooxidación de los lípidos, son reacciones químicas que requieren de poca energía para efectuarse (4-5 kcal/mol y 6-15kcal/mol respectivamente), por lo que las bajas temperaturas como en el caso de la refrigeración (4°C-10°C) no pueden detener la reacción.

La oxidación de los lípidos disminuye la calidad nutritiva de los alimentos, ya que al formarse radicales libres se destruyen los ácidos grasos y algunas vitaminas liposolubles, además de que pueden reaccionar con proteínas disminuyendo la calidad de éstas. También pueden producirse hidrocarburos policíclicos (por ejemplo en el asado de carnes y pescados) que actúan como agentes carcinogénicos.<sup>[15]</sup>

La rancidez, puede evitarse con el uso de antioxidantes que secuestran los radicales oxi y peroxi que se forman durante las etapas de iniciación. Algunos de los más utilizados en la industria de alimentos son: 2,6- Di-terc-butil-p-cresol (BHT), terc- Butil-4-hidroxianisol (BHA) y terc-Butilhidroquinona (TBHQ), en dosis entre 0.0001% y 0.001%.<sup>[2, 3]</sup>

**Tabla 1.2.2** Características sensoriales de algunas sustancias aromáticas procedentes de la oxidación lipídica.

Compuesto	Cualidad del aroma
Aldehídos 5:0 6:0 7:0 5:1 (2tr) 6:1 (2tr) 6:1 (3c) 9:2 (2tr, 4c) 10:2 (2tr, 4c)	Picante, almendras amargas A sebo, hoja verde Aceitoso Picante, manzana Manzana Hoja verde Grasiento, aceitoso Frito
Cetonas 1-Penten-3-ona 1-Octen-3-ona 3tr,5tr-Octadien-2-ona	Pescado Hongo, metálico Grasiento, frutal
Otros 1-Octen-3-hidroperóxido 2-Pentilfurano	Metálico Mantequilla, judías verdes

Adaptada de Belitz y col, 1997

Algunos científicos de alimentos y analistas sensoriales se han interesado en encontrar las palabras apropiadas que describan las características sensoriales de los lípidos basándose en productos comestibles. Los analistas buscan palabras que puedan describir ciertas notas o sabores y olores característicos de los lípidos, mientras que los científicos utilizan términos como “rancio”, “oxidado” “sobrecocido” y “azorrillado”, para el analista sensorial, estos términos se refieren a reacciones químicas específicas, pero no proveen un perfil detallado del aroma.

Cuando los aceites se deterioran se forman compuestos volátiles que causan “sabores/olores” que imparten diferentes notas, la Sociedad Americana de Químicos del Aceite, AOCS por su nombre en inglés, creó una Escala de la Calidad del “sabor/olor” dicha escala está asociada a una descripción específica de “Sabor/olor”. [5]

**Tabla 1.2.3** Escala de la calidad del Sabor/olor de alimentos ricos en lípidos

Grado de “sabor/olor”	Descripción del “sabor/olor”
<b>10 (excelente)</b>	Completamente “suave o insípido”
<b>9 (bueno)</b>	Trazas de “sabor/olor” pero no reconocibles
<b>8</b>	Nuez, dulce, “mantequilloso”, maíz
<b>7 (suave)</b>	“Afrjolado”, hidrogenado, palomas de maíz, tocino.
<b>6</b>	Oxidado, mohoso, herbal, quemado.
<b>5 (pobre)</b>	Raíz, gomoso, sandía, amargo, “invertido”
<b>4</b>	Rancio, pintura
<b>3</b>	Pescado, bicho
<b>2</b>	Intensos “sabor/olor” desagradables
<b>1(repulsivo)</b>	

Adaptada de Civille y Dus, 1992

Sin embargo se ha encontrado que para describir acertadamente el grado de deterioro se necesita realizar una integración de la calidad con la intensidad. [5]

**Tabla 1.2.4** Algunos términos utilizados para describir el aceite oxidado

<b>Términos relacionados al “sabor/olor”</b>	<b>Términos orientados a un proceso químico</b>
Mantecoso Nuez Afrjolado Hierba Pintura Sandía Pescado Jabonoso Azorrillado	Hidrogenado Oxidado Rancio

Adaptada de Civille y Dus, 1992.

Como se observa en la tabla anterior, algunos de los descriptores se refieren a las características de sabor y olor de un producto, mientras que otros, como oxidado o rancio hacen referencia a un fenómeno químico que ocurre debido a los componentes del producto.

### 1.3 Vida Útil

La vida útil (VU) de un producto es el tiempo en el cual un alimento puede ser almacenado en condiciones controladas (temperatura, humedad relativa, presión, etc) y durante el cual mantiene sus características tanto nutrimentales como sensoriales. En otras palabras la VU es el tiempo que pasa desde que el producto es elaborado hasta que este llega al deterioro (Figura 3.1).

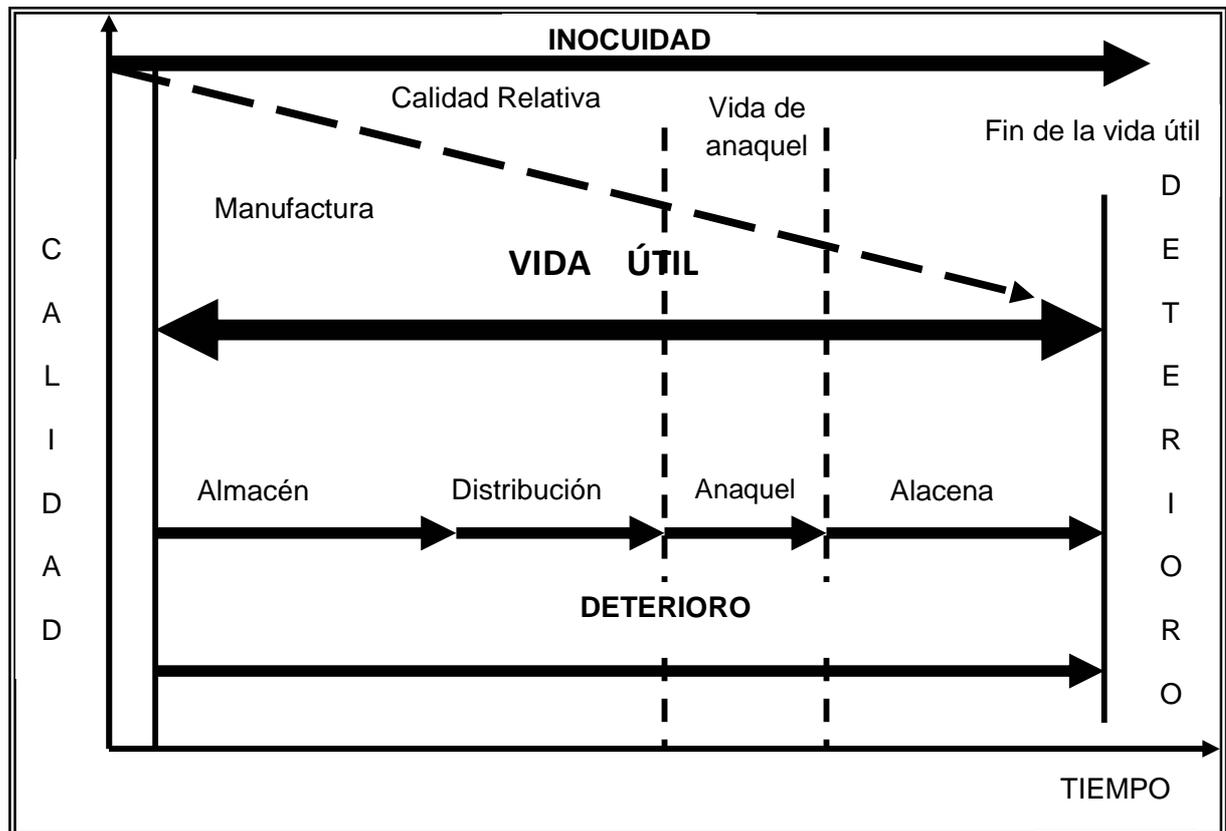
Al estimar la VU es indispensable que el alimento cumpla con una característica primordial: *inocuidad*, ya que no tendría sentido estudiar un producto si este no podrá ser consumido.

Para realizar un estudio de estimación de vida útil pueden medirse cambios ya sea físicos, químicos, microbiológicos o sensoriales. Lo recomendable es realizar, de acuerdo al tipo de producto, dos o más pruebas que determinen la calidad de este, por ejemplo, los alimentos que contienen lípidos se pueden evaluar sensorialmente para determinar rancidez, acompañados de pruebas de índice de peróxidos, de esta forma la información será complementada. <sup>[28]</sup>

En la figura 1.3.1 se observa que la vida útil de un alimento comienza desde su manufactura, y al determinarla, deben considerarse factores como el almacenamiento, distribución, estancia en el anaquel y la adquisición y uso del producto por el cliente final.

El deterioro es un proceso progresivo que cualquier alimento tendrá, algunos a una mayor velocidad que otros y por tanto no puede ser detenido en su totalidad, sin embargo, puede ser controlado y aplazado, siempre y cuando se

conozcan bien los mecanismos por los cuales el alimento tenderá a estropearse.<sup>[15]</sup>



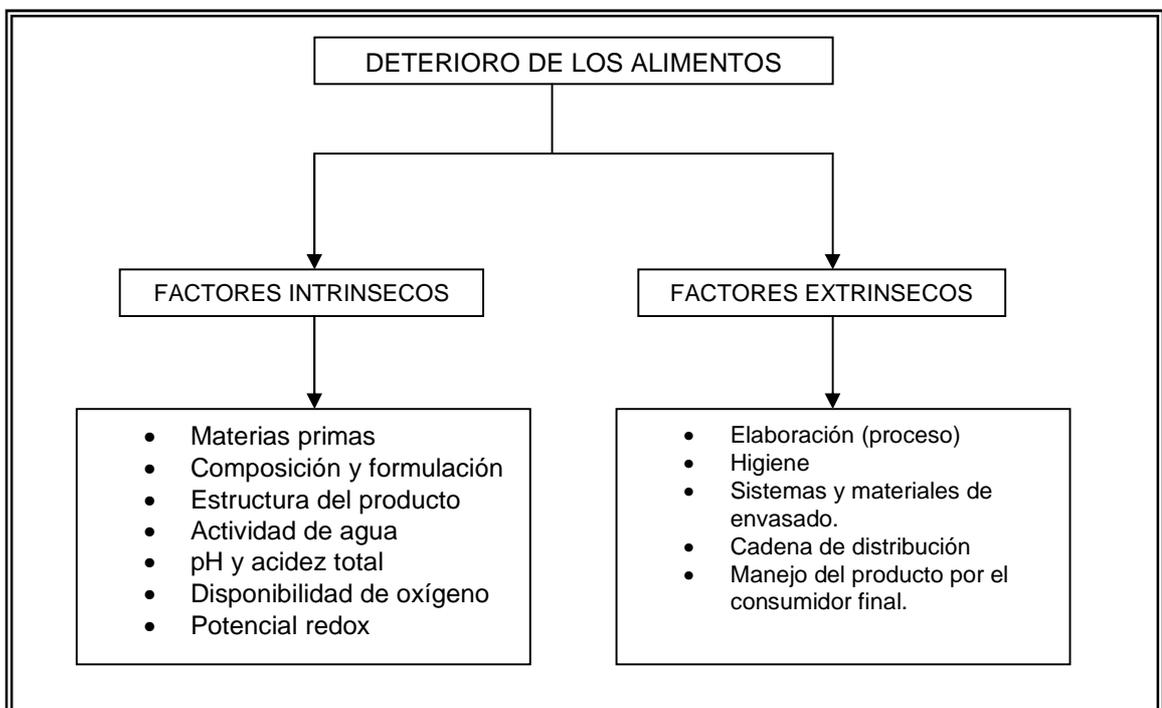
**Figura 1.3.1** Parámetros que determinan la VU de los alimentos. \* Fuente: Valle y Col., 2007

En el deterioro de los alimentos pueden encontrarse implicados diversos mecanismos como son:

- Aumento o disminución de la humedad.
- Transferencia de sustancias como el oxígeno, además de olores y aromas del producto hacia los alrededores o viceversa.

- Reacciones de los componentes del alimento debido a la exposición directa a la luz.
- Cambios químicos y/o bioquímicos, además de microbiológicos.
- Daños al envase por acción mecánica o presencia de insectos.

Los factores que inducen al deterioro de los alimentos pueden ser de dos tipos: intrínsecos o extrínsecos (Figura 1.3.2)



**Figura 1.3.2** Factores que internos y externos de los alimentos que propician su deterioro. <sup>[15]</sup>

Los productos pueden clasificarse de dos formas en general, estas formas permitirán planear la manera en la cual deberá llevarse un estudio de vida útil: <sup>[19]</sup>

**a) Productos perecederos.** En donde se sabe que su vida útil será menor a 15 días, por ejemplo pescado, carne, leche pasteurizada, etc. en este tipo de

productos, sólo se realizan estudios en las condiciones normales en las que este se encontraría en el anaquel. Se realizan pruebas por lo menos cada tercer día para dar seguimiento a los cambios que pudieran presentarse.

**b) Productos de VU larga (mayor de 3 meses).** Son sometidos a condiciones de estrés para acelerar su deterioro y con ello estimar el tiempo para que éste se lleve a cabo.

Los factores de estrés son aquellos a los que se somete un producto en donde las condiciones agresivas afectarán las características del mismo. Dentro de los factores de estrés que pueden ser modificados para realizar el estudio de la vida útil del producto se encuentran:

- ★ Humedad
- ★ Temperatura
- ★ presión
- ★ Luz (UV)
- ★ Estrés mecánico

Un estudio de estimación de VU puede hacerse almacenando el producto en diferentes condiciones, están dependerán tanto del alimento a evaluar como de la cadena de distribución del mismo.

Para realizar estudio acelerado se utilizan frecuentemente, además de las condiciones normales de almacenamiento, otras en donde puedan llevarse a cabo a una mayor velocidad las reacciones de deterioro del producto. A

continuación se describen las condiciones a las cuales se someten generalmente los productos a evaluar. <sup>[15]</sup>

- **Condiciones óptimas.** Son aquellas donde los factores como la humedad, luz, temperatura, etc, son los más favorables para el producto.
- **Condiciones medias.** Son aquellas donde el producto se mantendrá en almacenamiento, por ejemplo, en una zona geográfica distinta al lugar en donde se produjo.
- **Condiciones desfavorables.** Son las peores condiciones posibles en las que el producto podría encontrarse antes de ser consumido.

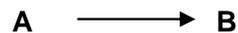
Durante el estudio el alimento debe ser almacenado en el mismo empaque en el que se comercializará para obtener una idea más acertada. Las pruebas que deben realizarse, son específicas para cada producto <sup>[15]</sup> debido a que la composición varía entre un alimento y otro. Se requieren análisis generales que deben realizarse y pueden ser uno o más de los que se enlistan a continuación:

- **Análisis microbiológicos.** Entre los más importantes y que deben realizarse antes de cualquier otra prueba se encuentran los de detección de patógenos.
- **Análisis químicos**
- **Análisis físicos y**
- **Evaluación sensorial.** Es recomendable aplicar esta prueba a todo producto, ya que la aceptación del consumidor es uno de los factores más importantes a considerar en la formulación del mismo.

## 1.4 Cinética Química

La VU de los alimentos procesados, puede ser estimada mediante modelos matemáticos. Uno de los más utilizados es el modelo de cinética de primer orden, en donde se toma la siguiente consideración:

Se parte de las características A (características iniciales) de un producto que al cabo de un tiempo tendrá cierto deterioro B <sup>[19]</sup> lo cual puede representarse de la siguiente forma:



Si suponemos que al inicio (t=0) la variación del deterioro de A es  $X_0$  y el deterioro de B es cero, transcurrido un tiempo B tendrá un valor X y A será  $X_0 - X$ . La velocidad de cambio en las características o velocidad de deterioro para alcanzar B estará dada entonces por  $dX/dt$ , con lo cual puede escribirse la ecuación diferencial de primer orden: <sup>[14]</sup>

$$\frac{dX}{dt} = k(X_0 - X) \quad (\text{Ecuación 1.4.1})$$

Al organizar las variables se obtiene:

$$\frac{dX}{(X_0 - X)} = k dt \quad (\text{Ecuación 1.4.2})$$

de la integración de la ecuación 1.4.2 se obtiene que

$$\ln(X_0 - X) = kt + C \text{ (Ecuación 1.4.3)}$$

Donde  $C$  es la constante de integración que al ser evaluada en el tiempo inicial ( $t=0$ ) es igual a:

$$\ln X_0 = C \text{ (Ecuación 1.4.4)}$$

Sustituyendo en la ecuación 1.3.3

$$\ln(X_0 - X) = kt + \ln X_0 \text{ (Ecuación 1.4.5)}$$

Esta ecuación representa una línea recta, con pendiente  $k$  (constante de velocidad) y ordenada al origen  $\ln X_0$ .

## II Metodología

### 2.1 Diagrama General



## 2.2 Entrenamiento

La primera parte del proyecto consistió en entrenar a 19 jueces para determinar olores y sabores producto del enranciamiento de alimentos.

Para ello se realizaron diversas pruebas elementales como el reconocimiento de los 4 gustos básicos (dulce, salado, amargo y ácido), pruebas de umbral (para los 4 gustos básicos), Pruebas de ordenamiento con disoluciones de sacarosa con diferentes concentraciones, reconocimiento de olores, y reconocimiento de aromas (con diversos alimentos procesados). La metodología aplicada no se tratará en este trabajo debido al extenso contenido, sin embargo cada una de las pruebas utilizadas fueron diseñadas de acuerdo a lo descrito por Torricella, Espinosa y Jellinek en los textos correspondientes. <sup>[8, 12, 26]</sup>

Una vez concluidas estas pruebas, se realizaron otras más específicas para el problema planteado, el enranciamiento de alimentos con alto contenido de lípidos. El progreso de los jueces se midió mediante un análisis secuencial de los datos obtenidos con cada uno de ellos en los diversos ensayos dúo-trío, triangulares y pruebas pareadas. A continuación se detallan las pruebas aplicadas a este fin (Tabla 2.1).

### 2.2.1 Pruebas Dúo-Trío

Para realizar estas pruebas, se entregó a cada uno de los jueces tres pares de muestras que se describen a continuación para ser comparadas contra una tercera llamada referencia (R). Todas fueron elegidas al azar, codificadas con números de 3 dígitos y aleatorizadas.

- Galletas de animalitos

**Formulación general:** Harina de trigo, jarabe de maíz, grasa vegetal, sal, lecitina de soya, agentes leudantes y metasulfito de sodio. Contenido de grasa 8.6%

Las muestras se almacenaron por más de 5 meses a 25°C y 45°C con una humedad relativa de 20%. Las muestras se encontraban en bolsas de polietileno totalmente selladas. Las almacenadas a 45°C presentaban un olor intenso a pintura.

- Leche entera en polvo

**Formulación general:** Leche en polvo (grasa butírica 18.4g/L, grasa vegetal 12.07g/L), aceite de maíz, azúcar, miel de abeja, sólidos de leche, avena, lecitina de soya. Contenido total de 25.5%

Las dos muestras utilizadas eran de la misma marca y presentación y fueron almacenadas a 25°C, una de ellas tenía un tiempo de almacenamiento de 6 meses y la otra 1 mes. Se preparó 1L de cada una de ellas conforme a lo indicado en la etiqueta.

- Aceite de cánoła

**Formulación general:** Aceite 100% de cánoła doblemente refinado y TBHQ como antioxidante. Contenido total de grasa 91.5%

Una de las muestras fue almacenada a 35°C por 5 meses en su envase original, presentando en el momento de la prueba un índice de peróxidos mayor a 50 meqO<sub>2</sub>/kg (NMX-F-614-NORMEX-2004) y un fuerte olor rancio, mientras que la segunda muestra fue adquirida un día anterior a la prueba y con un contenido de peróxidos de 2 meqO<sub>2</sub>/kg con un olor normal, característico del aceite de cánoła.

### 2.2.2 Pruebas Triangulares

Las pruebas triangulares se realizaron entregando a cada juez 3 series de muestras, en donde una de las muestras en cada serie es diferente a las otras 2. Cada una de ellas fue codificada con 3 dígitos y fueron entregadas en orden aleatorio a los panelistas.

- **Caramelos con aceite de coco en su formulación**

**Formulación General:** Glucosa, Sacarosa, aceite de coco parcialmente hidrogenado, gnetina, ácido cítrico, lecitina de soya, chile molido y colorantes artificiales.

Se utilizaron caramelos suaves almacenados durante 2 meses a 25°C y 20% de humedad relativa los cuales fueron comparados con otros de la misma marca recientemente adquiridos. Las muestras almacenadas por 2 meses presentaban un intenso sabor a jabón (debido a que estos caramelos contienen

aceite de coco en su formulación) a diferencia de la muestra nueva en donde el sabor era el normal del producto.

- Aceite de oliva

**Formulación general:** Aceite 100% de Oliva, no indica antioxidantes.

Se utilizaron dos diluciones diferentes (1:6 y 1:2) de un aceite de oliva cuya concentración de peróxidos (IP) era mayor a 50meqO<sub>2</sub>/kg. Las muestras se entregaron a los jueces en frascos viales codificados con 3 dígitos.

- Chocolate de leche en barra

**Formulación general:** azúcar, manteca de cacao, sustituto de leche semidescremada (Suero de leche, grasa butírica, maltodextrina, glucosa, lactosa, lecitina de soya y BHT), licor de cacao, poliglicerol poliricinoleato, grasa butírica, triglicéridos hidrogenados de aceites vegetales, BHA y BHT. Contenido de grasa 18.42%

Esta prueba se realizó con dos muestras de chocolate dulce de leche en barra con diferente formulación. Es importante mencionar que el aspecto físico de ambas muestras era exactamente el mismo.

### **2.2.3 Prueba Pareada No Direccionada**

Para realizar la evaluación mediante estas pruebas, se le presentó a cada juez 3 series con dos muestras cada una. Cada panelista debía decidir si las muestras analizadas eran iguales o diferentes. A continuación se describen las muestras utilizadas.

- Botanas sabor a queso

Las botanas fueron almacenadas durante 6 semanas a 35°C y humedad relativa de 20% en un empaque de polietileno de 37µm de grosor. Las muestras que se entregaron a los jueces eran todas iguales.

**Formulación general:** Cereal de maíz, aceite vegetal, condimento, [Maltodextrina, mezcla de chiles, sal yodada, ácido cítrico, especias, glutamato monosódico, colorantes (rojo allura AC, amarillo ocazo FCF, indigotina , tartrazina, caramelo clase IV, azul brillante FCF), leche descremada, limón, harina de trigo, saborizantes, proteína hidrolizada de soya. Inosinato y guanilato disódicos, mezcla de quesos], colorante (amarillo ocazo FCF). Contenido de grasa: 32%

- Mantecadas sabor vainilla

Las muestras fueron almacenadas durante un mes a 25°C con una humedad relativa de 20% en su empaque original (polietileno) y presentaban ligeras notas rancias. Todas las muestras evaluadas eran iguales.

**Formulación General:** Harina de trigo adicionada, Aceite vegetal, huevo, sorbitol, leche descremada en polvo, polvo para hornear, emulsificantes, almidón modificado de maíz, sal yodatada, saborizante artificial, ácido sórbico como conservador, goma de xantana y TBHQ como antioxidante. Contenido de grasa: 14.48%

- Aceite de oliva

**Formulación general:** Aceite 100% de Oliva, no indica antioxidantes.

Se comparó un aceite recientemente adquirido con uno almacenado a 35°C por 8 meses y con un IP mayor a 50 meqO<sub>2</sub>/kg este último con un aroma picante y a pintura (Tabla 1.2.4).

Todos los ensayos se realizaron por triplicado y para realizar el gráfico del análisis secuencial, se consideró como 1 acierto cuando el juez obtuvo en cada prueba al menos 2 respuestas correctas.

**Tabla 2.1** Pruebas aplicadas durante el entrenamiento del panel

Número de Prueba	Tipo de Prueba	Alimento Evaluado
1	Pareada no direccionada	Botanas
2	Pareada no direccionada	Mantecadas
3	Dúo- Trío	Galletas de Animalitos
4	Triangular	Chocolates
5	Pareada no direccionada	Aceite de oliva
6	Dúo- Trío	Leche
7	Triangular	Caramelos
8	Dúo- Trío	Aceite de cáñola
9	Triangular	Aceite de oliva

## 2.3 Evaluación de la Vida Útil de Productos

### Crema de Cacahuete y Barras de Nuez

Para la estimación de vida útil, se utilizaron dos muestras de alimentos con matrices distintas, el primero, una crema de cacahuete en envase genérico (sobre) de aluminio y papel con cubierta de plástico y la segunda muestra evaluada, unas barras de trigo y nuez en un empaque metalizado con cubierta plástica interna.

Formulación general:

**Barras de nuez:** Azúcar, aceite vegetal, nuez molida, avena, uva pasa, jarabe de maíz de alta fructosa, salvado de trigo, harina de soya,  $\alpha$ -amilasa, huevo, sal yodatada, bicarbonato de sodio, bicarbonato de amonio, Vitaminas C, A, B5, E, Zinc y Benzoato de sodio. Contenido total de grasa 17.5%

**Crema de cacahuete:** cacahuete tostado, azúcar, aceite vegetal (cánola, algodón y soya), sal yodatada. Contenido total de grasa 43.75%

Ambos productos fueron almacenados en cámaras a tres diferentes temperaturas (25°C, 35°C y 45°C) en condiciones de humedad relativa de 15%-20% durante dos meses. Las temperaturas de 35°C y 45°C se consideran factores de estrés, ya que como se ha mencionado con anterioridad (Sección 1.2) las altas temperaturas, influyen en la oxidación de los lípidos.

Las características sensoriales que se evaluaron en la crema de cacahuete fueron olor a cacahuete, sabor a cacahuete, sensación grasa, resabio grasoso y

rancidez y en las barras de nuez se evaluó olor, dureza, sabor y rancidez. Las evaluaciones se realizaron semanalmente para medir la variación en dichas características.

A cada juez se le entregó una muestra del producto de cada temperatura en estudio. Se les pidió evaluaran con respecto a una escala no estructurada de 1 a 10 puntos, en donde 10 era el producto con las características iniciales (mejor calidad) y 1 el producto totalmente inaceptable. **Los productos nunca fueron evaluados el mismo día.** Las barras fueron estudiadas durante un periodo de 49 días, mientras que la crema de cacahuate se evaluó por 63 días, debido a los requerimientos de cada producto.

Tanto para el tiempo de evaluación, como para las características que se midieron, fue indispensable considerar el tipo de alimento evaluado, ya que cada uno tiene características diferentes a otro.

Una vez terminado el periodo de prueba los datos derivados de las evaluaciones de cada juez se promediaron. Este promedio se utilizó para obtener la ecuación de cinética de primer orden descrita en la sección 1.4 (Ecuación 1.4.5) y con los datos resultantes estimar la vida útil del producto.

Para realizar la comparación con datos analíticos, se utilizaron referencias de índice de peróxidos obtenidos por un laboratorio particular mediante el método NMX-F-614-NORMEX-2004 (Determinación del índice de peróxidos en alimentos, Método titulométrico. Método de prueba). El valor inicial de peróxidos de la muestra crema de cacahuate fue 10.57 meqO<sub>2</sub>/kg y el de las barras 0.1meqO<sub>2</sub>/kg.

Para los cálculos finales se consideró que el índice máximo de peróxidos (límite) sería el establecido por la norma NMX-F-021-S-1979, 20meq/Kg. No existe una Norma Oficial Mexicana que indique la cantidad máxima permisible de peróxidos en productos de cacahuete o en las barras de trigo y nuez. Por su parte, el *Codex Alimentarius* permite 15meq/Kg máximo.

Para realizar las pruebas de estimación de VU sensorial, las muestras fueron evaluadas por los 7 jueces seleccionados de acuerdo a su desarrollo en las pruebas discriminativas valoradas mediante un análisis secuencial (Sección 1.1.1, Anexo I) con la finalidad de obtener los datos más confiables y representativos posibles.

### III Resultados y Discusión

#### 3.1 Entrenamiento de Jueces. Análisis Secuencial

A continuación se presenta el avance de los jueces que están siendo entrenados para evaluar productos que como parte de su composición contienen lípidos susceptibles a reacciones de oxidación.

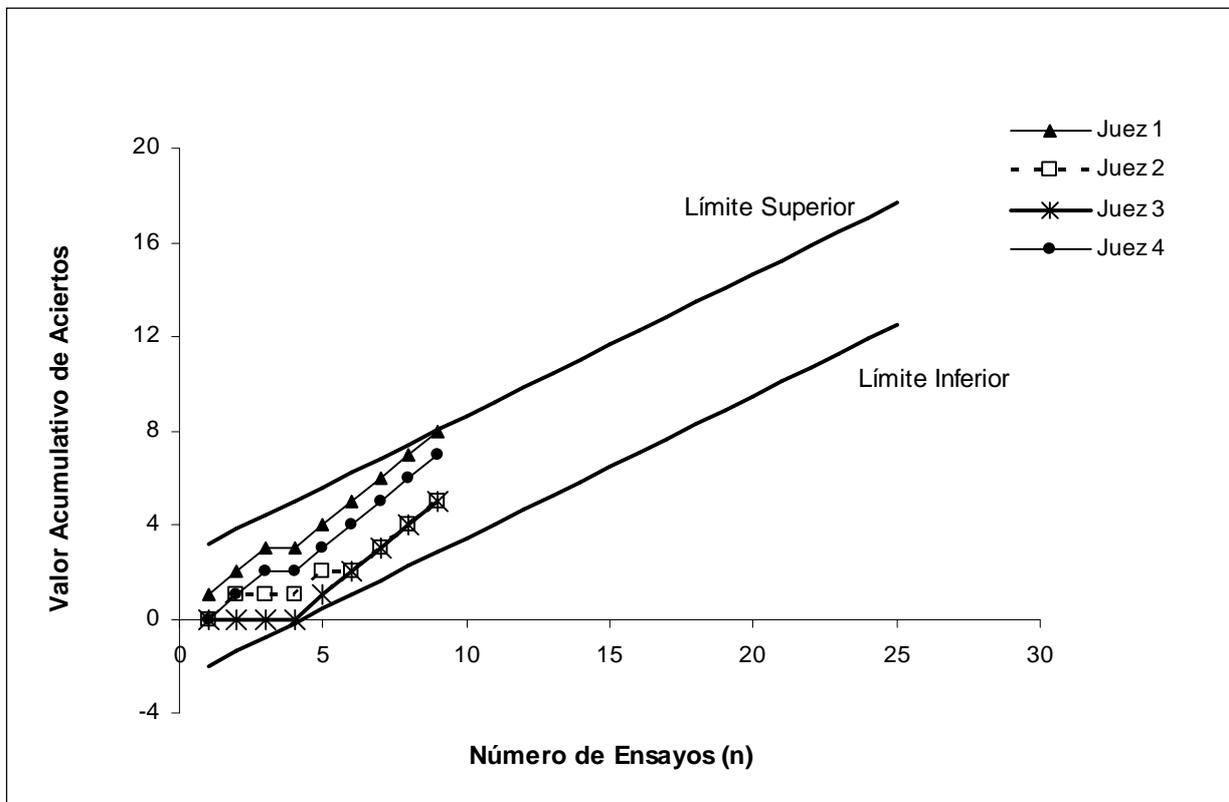


Figura 3.1.1 Análisis secuencial para los jueces 1-4

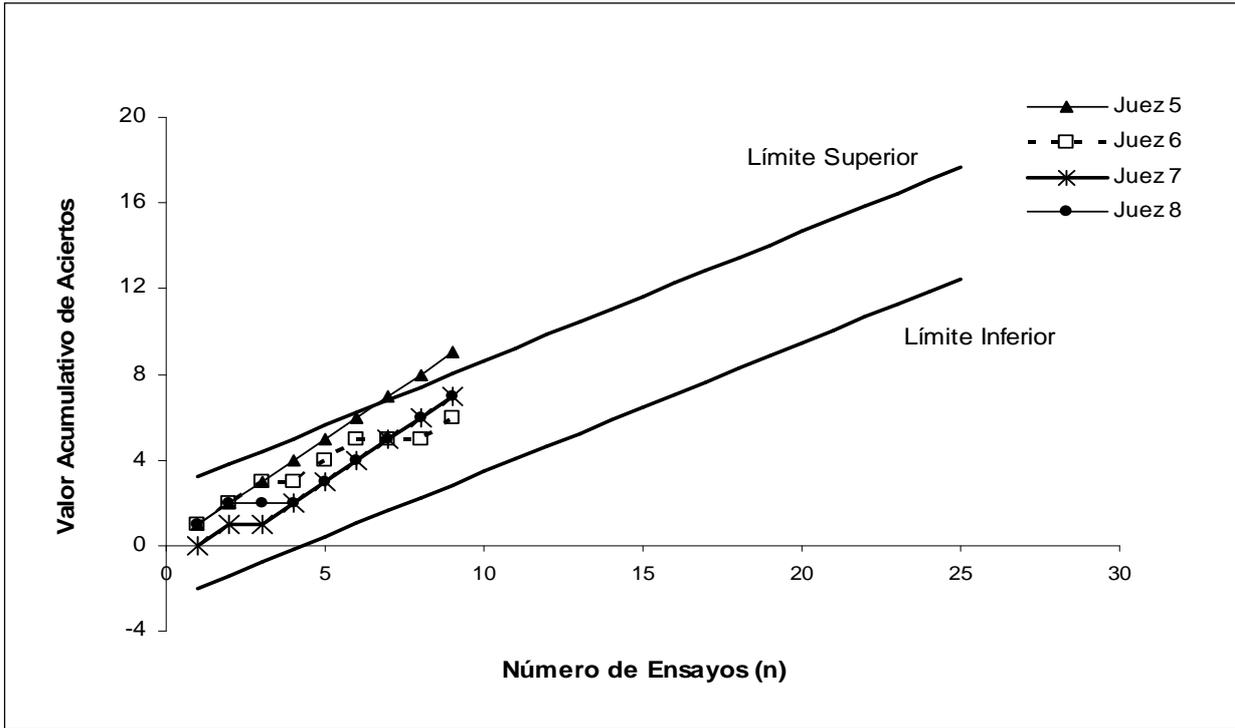


Figura 3.1.2 Análisis secuencial para los jueces 5-8

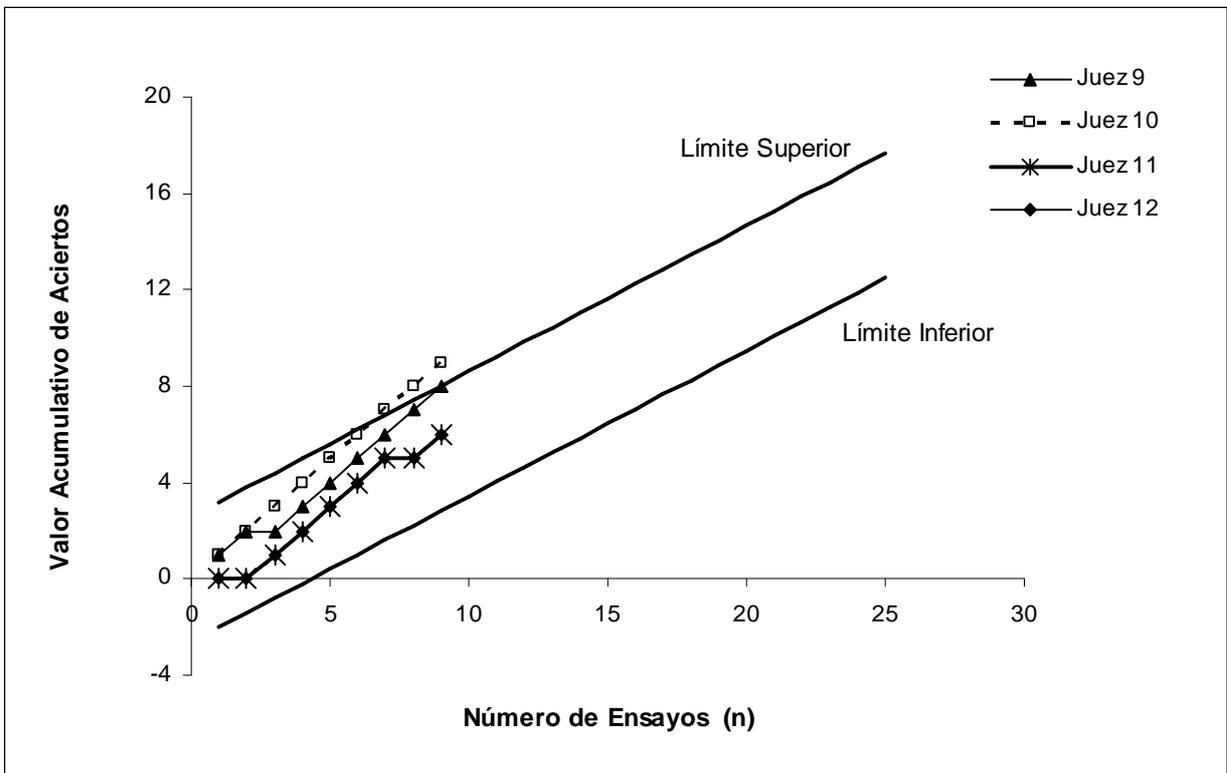


Figura 3.1.3 Análisis Secuencial para los jueces 9-12

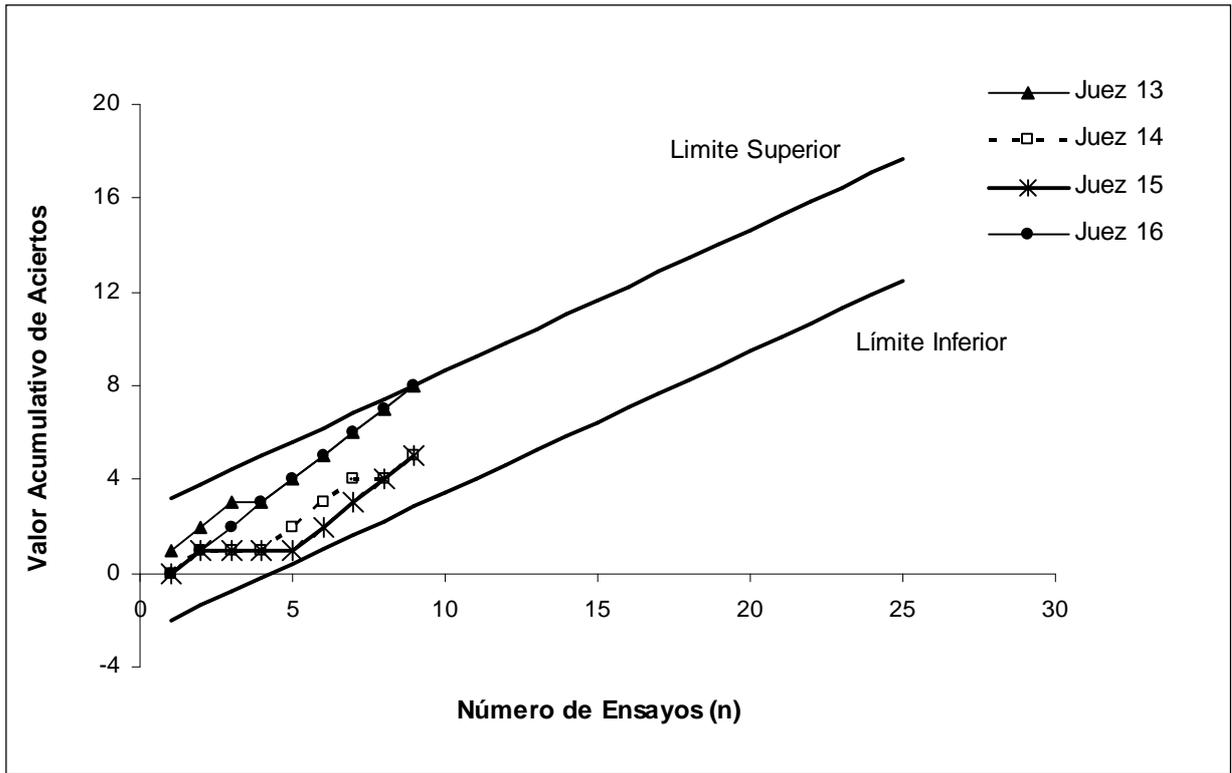


Figura 3.1.4 Análisis secuencial para los jueces 13-16

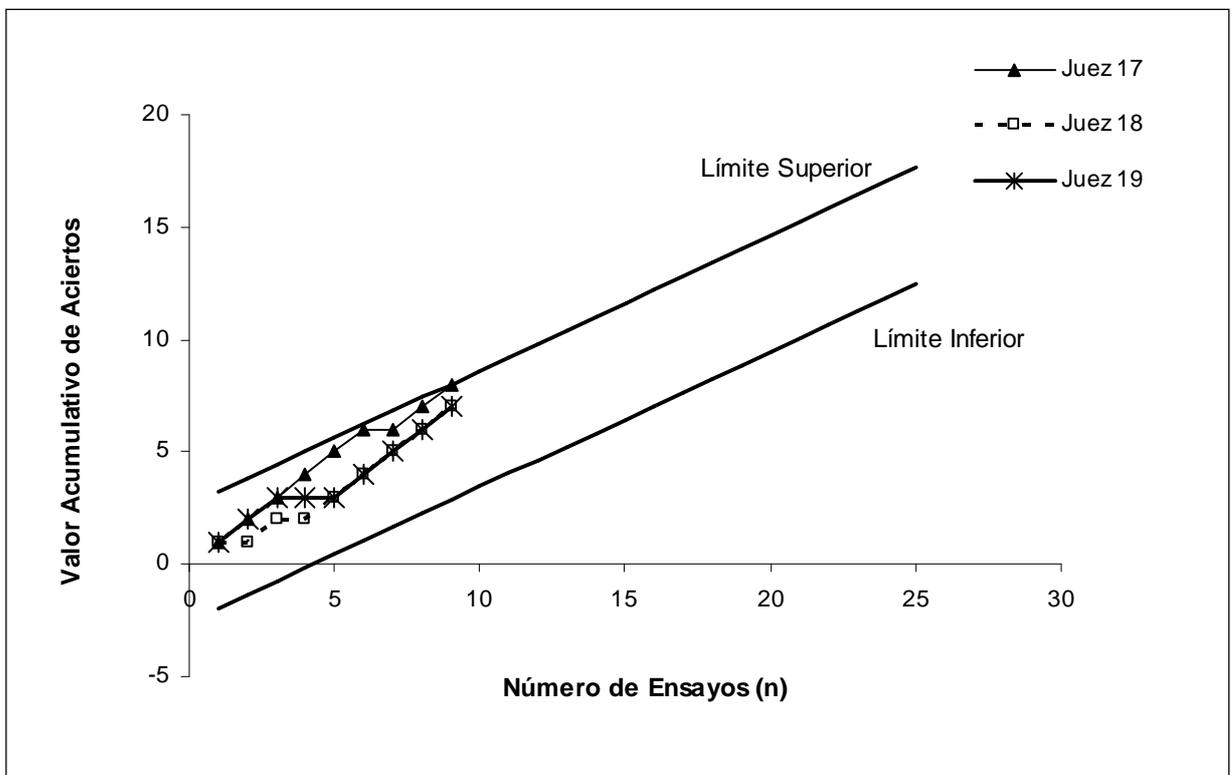
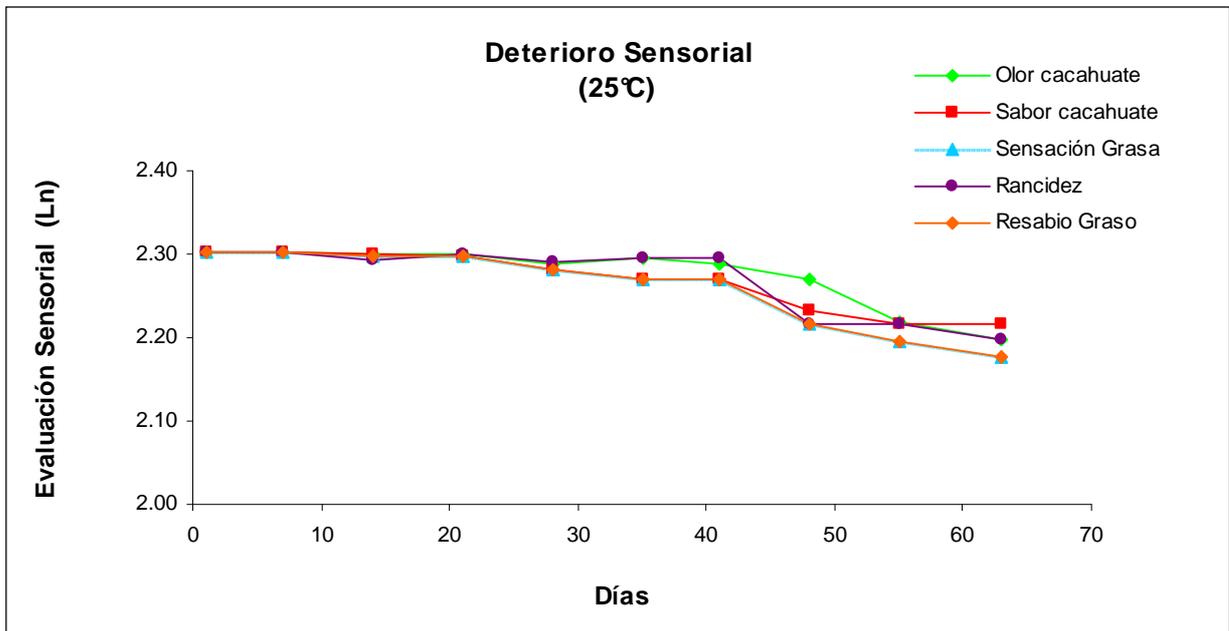


Figura 3.1.5 Análisis secuencial para los jueces 17-19

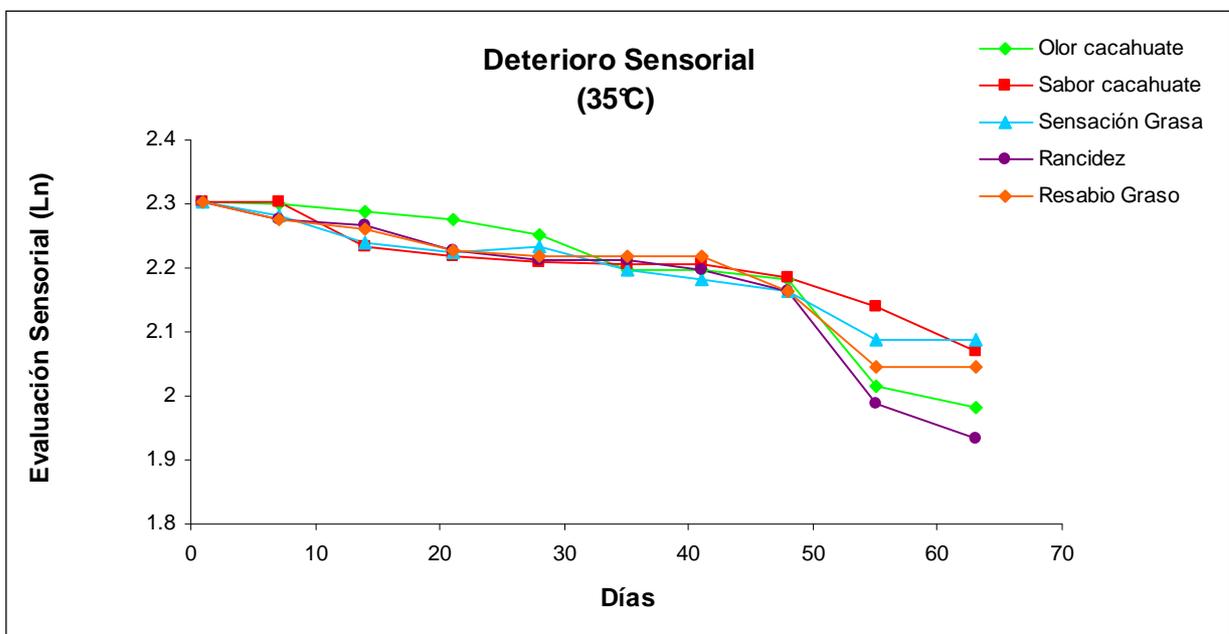
Observese en las figuras 3.1.1 a 3.1.5 que el progreso de los jueces es variable dependiendo de la persona. Un ejemplo es el juez 5 (Figura 3.1.2) que desde el inicio del entrenamiento con pruebas discriminativas, mostró una gran sensibilidad a detectar diferencias, mientras que el juez 3 (3.1.1) comenzó con poca sensibilidad, dado que no obtuvo puntuación alguna durante las 4 primeras pruebas (Anexo II) y como consecuencia, teniendo un progreso lento.

Cuando se realiza un estudio de vida útil, es importante que los catadores sean los jueces más capacitados, para ello es indispensable contar con una herramienta que pueda evaluar su habilidad de discriminación, como es el caso del análisis secuencial, que al ser estudiado, permite conocer a los panelistas potenciales para realizar estas pruebas. Para el caso de este estudio, los jueces más confiables son: 1, 5, 9, 10, 16 y 17 seguidos por los jueces 7 y 11 ya que son aquellos que han presentado un avance más constante durante el entrenamiento (Figuras 3.1.1 a 3.1.5). El panel debe estar especializado en las características que deseamos conocer del producto y realizar determinaciones periódicas.

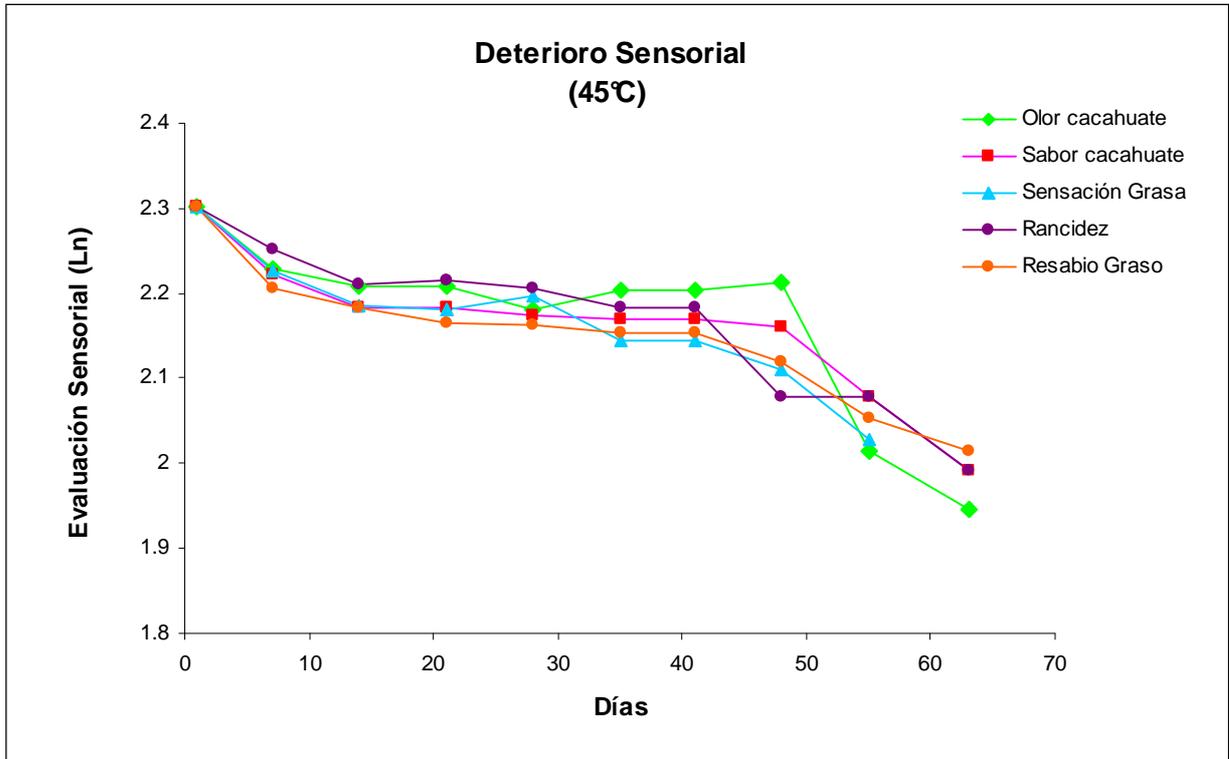
### 3.2 Estimación de la Vida Útil de una Crema de Cacahuete



**Figura 3.2.1** Tendencia del deterioro sensorial de la muestra de crema de cacahuete almacenada a 25°C. (Ln= Logaritmo natural)

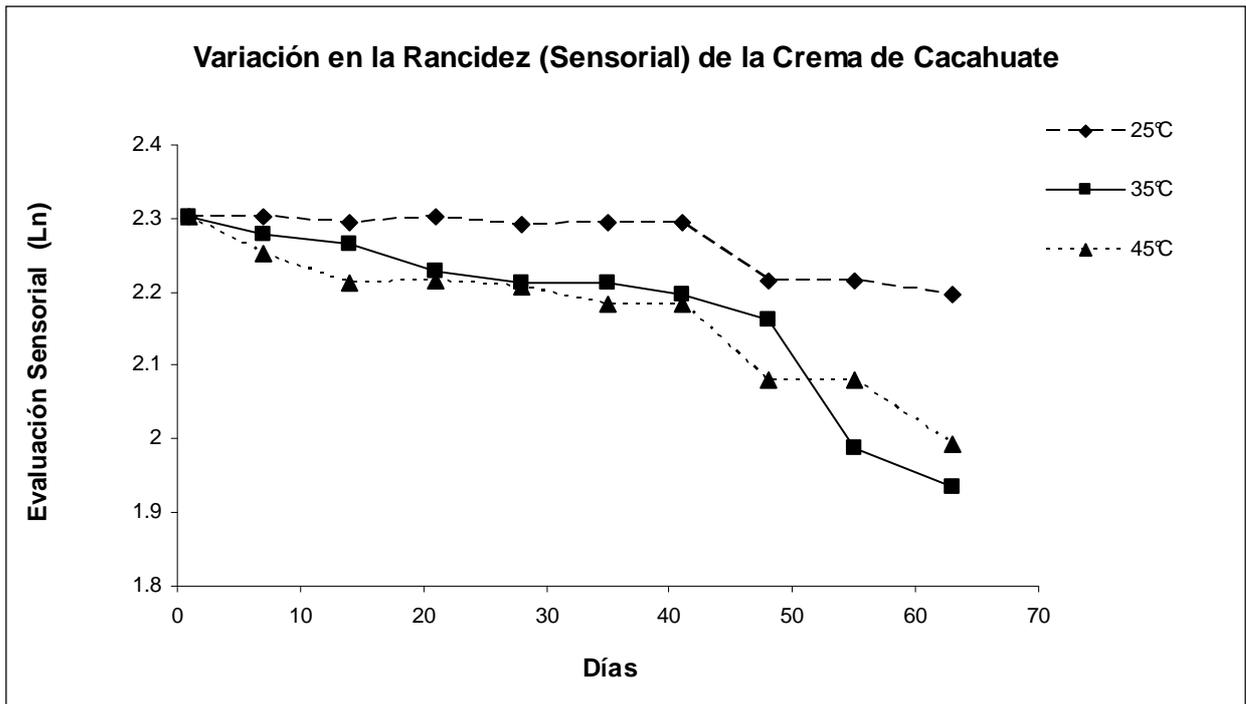


**Figura 3.2.2** Tendencia del deterioro sensorial de la muestra de crema de cacahuete almacenada a 35°C

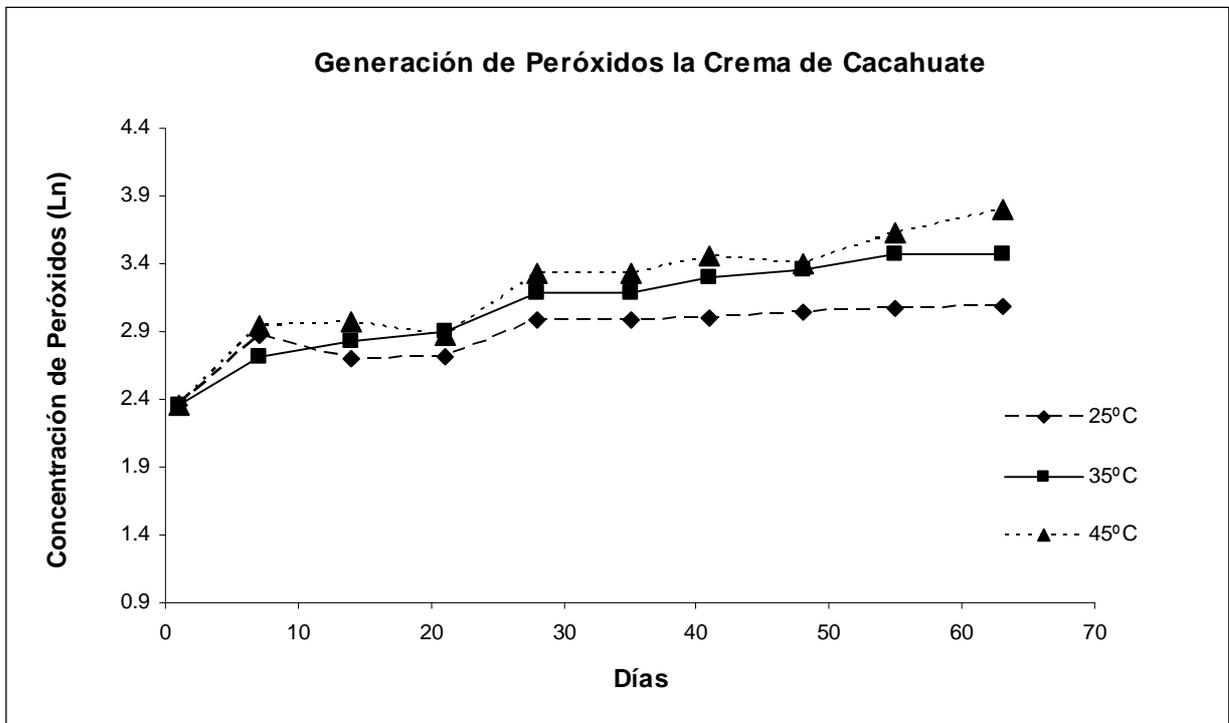


**Figura 3.2.3.** Tendencia del deterioro sensorial de la muestra de crema de cacahuete almacenada a 45°C

Se observa que durante el periodo de prueba la calidad del producto se ve afectada en cada una de las temperaturas estudiadas. La crema de cacahuete, se mantuvo estable a temperatura ambiente en dicho periodo (Figura 3.2.1), ya que las evaluaciones no descienden hasta las calificaciones obtenidas a temperaturas mayores (Figuras 3.2.2 y 3.2.3). La mínima puntuación para 25°C fue 8.8, mientras que a 35°C fue 6.9 y a 45°C, 7.0 (Anexo II I)



**Figura 3.2.4** Rancidez determinada sensorialmente para la crema de cacahuete almacenada en diferentes condiciones de temperatura.



**Figura 3.2.5** Generación de Peróxidos en la crema de cacahuete almacenada en diferentes condiciones de temperatura.

En estos gráficos se muestra la rancidez detectada sensorialmente (Figura 3.2.4), y la generación de peróxidos en la muestra (Figura 3.2.5), a mayor temperatura, la calidad sensorial del producto decrece además de haber un aumento sustancial en la concentración de peróxidos (tabla 3.2.1). A temperatura de 25°C la velocidad de generación de peróxidos es más lenta en comparación de las temperaturas 35°C y 45°C, las cuales tienen un comportamiento similar entre ellas.

El decaimiento de los atributos sensoriales a temperatura ambiente tiene una velocidad menor, lo cuál indica que necesitará pasar un mayor periodo de tiempo para que el producto tenga un deterioro similar al de las condiciones de estrés. La rancidez no es un atributo en la muestra, ya que no debe ser inherente al producto, aquí la figura 3.2.4 se muestra la aparición progresiva de la rancidez medida sensorialmente debido al deterioro del producto

**Tabla 3.2.1** Generación de peróxidos en la crema de cacahuate a diferentes condiciones de temperatura durante el periodo de evaluación

Días	Concentración de peróxidos (meqO <sub>2</sub> /kg)		
	25°C	35°C	45°C
1	10.57	10.57	10.57
7	17.6	15.02	18.90
14	14.85	17.00	19.41
21	15.14	18.13	17.60
28	19.86	24.21	27.96
35	19.86	24.21	27.96
41	20.16	27.29	31.51
48	20.86	28.52	30.10
55	21.71	32.38	37.79
63	21.75	32.18	44.58

En la tabla anterior se observa que la velocidad de generación de peróxidos es considerable y que a 25°C el límite se alcanza en aproximadamente 41 días, mientras que para temperaturas de 35°C y 45°C se alcanza entre 21 y 28 días debido a que la concentración inicial de peróxidos era elevada. A pesar de que este producto contenía un antioxidante, el efecto no fue el esperado, ya que probablemente este fue adicionado cuando la reacción de oxidación había sido ya iniciada.

Durante la autooxidación, se forman radicales libres, los cuales causan una reacción en cadena que no puede ser detenida, <sup>[2,3,9]</sup> por lo que es preciso que al procesar la materia prima, esta haya sido analizada inicialmente para evitar este tipo de problemas que se generan una vez procesado el alimento y considerar si el uso de aditivos como los antioxidantes serán útiles para aplazar las reacciones de deterioro y por tanto alargar la utilidad del producto.

**Tabla 3.2.2** Valores obtenidos en la evaluación sensorial de la crema de cacahuete mediante una escala de 10 puntos a partir de los datos manejados en Logaritmo natural (Anexo III)

Atributo	25°C			35°C			45°C		
	k*	C*	R*	k*	C*	R*	k*	C*	R*
<b>Olor a cacahuete</b>	-0.0015	2.32	0.8473	-0.0051	2.36	0.9153	-0.0042	2.34	0.8112
<b>Sabor a cacahuete</b>	-0.0016	2.32	0.9479	-0.0031	2.31	0.9381	-0.0035	2.30	0.8932
<b>Sensación grasa</b>	-0.0020	2.32	0.9349	-0.0034	2.31	0.9718	-0.0042	2.27	0.9508
<b>Resabio grasa</b>	-0.0021	2.33	0.9265	-0.0039	2.32	0.9200	-0.0035	2.26	0.9311
<b>Rancidez</b>	-0.0017	2.33	0.8410	-0.0053	2.32	0.8996	-0.0042	2.30	0.9447

\* Los valores k y C representan respectivamente la pendiente y la ordenada al origen de la ecuación lineal  $y=kt+C$ . R representa el valor del coeficiente de variación de los datos.

Los valores de las ecuaciones lineales se obtienen transformando las puntuaciones obtenidas en la evaluación sensorial en el logaritmo natural de estas (Figuras 3.2.1 a 3.2.3).

Una vez teniendo estos valores, se puede conocer el número de días que el producto mantendrá las características deseadas. A continuación se describe el método matemático para la obtención de la vida útil.

Se parte de la ecuación lineal  $Y = kt + C$  (Ecuación 3.2.1)

equivalente a la ecuación 1.4.5  $(\ln(X_0 - X) = kt + \ln X_0)$

Donde: k es la pendiente

C es la ordenada al origen

t es el tiempo en días y

Y es el Ln de un límite establecido.

Para la evaluación sensorial se toma como valor límite 7 (puntuación mínima aceptable en la escala), dicho valor ha sido establecido considerando que al llegar a esa puntuación el producto ha perdido calidad en los atributos, mientras que para la determinación de peróxidos se utiliza como límite 20meqO<sub>2</sub>/kg, el cuál fue establecido en base a la norma NMX-F-021-S-1979.

Si se consideran los valores contenidos en la tabla 3.2.2 para la aparición de la rancidez a 25°C;  $k = -0.0017$  y  $C = 2.33$ ; interpolando en la ecuación 3.2.1 obtendremos:

$$\text{Ln}(7) = -0.0017x + 2.33 \text{ (Ecuación 3.2.2)}$$

El valor que deseamos conocer es x, por tanto, despejando x en la ecuación 3.1.1 tendremos que:

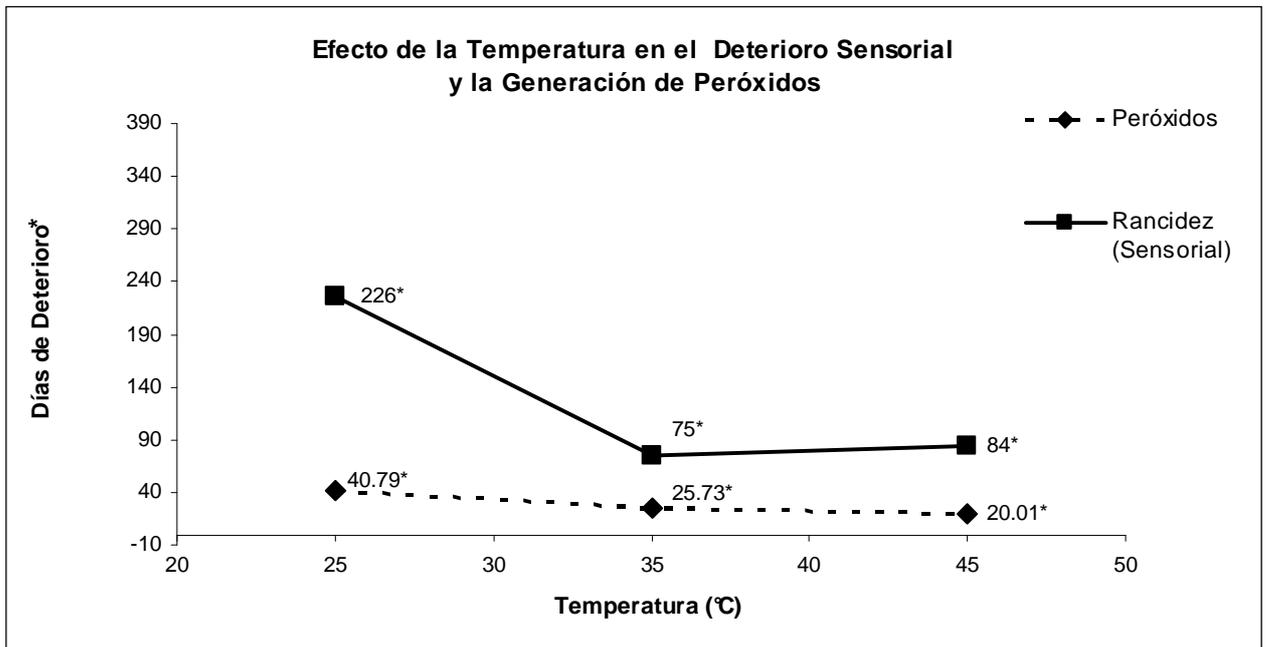
$$\frac{\text{Ln}(7) - (2.33)}{-0.0017} = 225.9 \text{ días (Ecuación 3.2.3).}$$

En esta ecuación se interpolan los valores de pendiente y ordenada al origen de cada atributo evaluado en las tres diferentes temperaturas obteniéndose los días de VU que se muestran en la tabla 3.2.3. Los límites que se establecen, son indicados por el productor del alimento en estudio atendiendo a sus exigencias de calidad y considerando sus normas internas.

**Tabla 3.2.3** Tiempo de vida útil obtenido mediante evaluación sensorial de la crema de cacahuete

Atributo	Vida útil (días)		
	25°C	35°C	45°C
<b>Olor a cacahuete</b>	248	81	85
<b>Sabor a cacahuete</b>	233	115	93
<b>Sensación grasa</b>	189	106	80*
<b>Resabio graso</b>	180*	95	89
<b>Rancidez</b>	226	75*	84

\* La VU del producto la determinan los atributos en donde el número de días en que estos se ven afectados es menor en comparación del resto.



**Figura 3.2.6** Efecto de la temperatura sobre la VU de la crema de cacahuete (Tabla 3.2.4).

A una elevada temperatura, el índice de peróxidos tiende a aumentar, lo que es un indicativo de la pérdida de calidad en el producto, lo cual significa que mientras más alta sea la temperatura los peróxidos se generaran a mayor velocidad y por tanto se requerirá un menor número de días para que estos se generen (Figura 3.2.6). Para la determinación sensorial se utiliza como límite 7 (mínima puntuación en la escala), lo que indica que al llegar a ese valor en la evaluación, se considerará que el producto no tiene las características deseables que el consumidor podría aceptar y por tanto para ser comercializado.

Es preciso mencionar que el índice de peróxidos no necesariamente refleja la rancidez del producto ya que esta es generada por los productos secundarios de la reacción de oxidación, sin embargo, la tendencia es similar: A mayor

temperatura mayor velocidad tendrá el deterioro, ya que a temperaturas elevadas se genera más reactividad entre los componentes de los alimentos.

Puede observarse también que durante la evaluación sensorial, hubo un cambio en la pendiente que corresponde al intervalo comprendido entre las temperaturas 35°C y 45°C. Durante el almacenamiento, específicamente a 35°C ocurrió una separación de fases del producto. Algunas de las posibles causas son un mal manejo durante la producción como la inactivación ineficiente de lipasas o lipoxigenasas <sup>[21]</sup> durante la etapa de tostado del cacahuate (el intervalo de temperatura óptima de la lipasa puede llegar hasta 80°C y de la lipoxigenasa es 25°C-40°C dependiendo de la especie), <sup>[24]</sup> mal mezclado de materias primas o adición inadecuada o insuficiente de antioxidantes o estabilizantes, dicha separación de fases puede haber potenciado el sabor rancio del producto (no necesariamente elevándose el índice de peróxidos).

Es indispensable que para estimar la VU del producto se conozca la materia prima que está siendo utilizada en su elaboración.

El cacahuate (*Arachis hypogea*) tiene una alta variación en su composición química, estabilidad física y atributos sensoriales dependiendo de la zona y clima en que haya sido cultivado.

El grado de madurez en la que ha sido colectado es un factor que afecta de manera directa la velocidad de oxidación enzimática (autooxidación) y la calidad del sabor, por ejemplo, los cacahuates que han sido cosechados tempranamente

(antes de su completa maduración) tienden a poseer un sabor más amargo después del tostado.<sup>[21]</sup>

**Tabla 3.2.4.** Comparación de la determinación de vida útil sensorial e índice de peróxidos para la crema de cacahuete

Temperatura (°C)	Formación de Peróxidos			Evaluación Sensorial*		
	Pendiente (k)	Intersección (C)	Tiempo de llegada a 20meqO <sub>2</sub> /kg (Días)	Pendiente (k)	Intersección (C)	VU (Días)
25	0.0105	2.57	41	-0.0021	2.33	180
35	0.0187	2.51	26	-0.0053	2.32	75
45	0.0194	2.61	20	-0.0042	2.30	80

\* Se utilizan los datos obtenidos mediante los atributos limitantes para cada temperatura (Tabla 3.2.3)

Como puede observarse en la tabla anterior, el límite de peróxidos (20meqO<sub>2</sub>/kg) se alcanza en poco más de un mes a 25°C, aunque sensorialmente no se aprecie el deterioro sino hasta aproximadamente 5 veces más días. El tiempo en el que se llega a dicho límite es corto debido a que en el producto el IP inicial era alto.

La crema de cacahuete es un producto con alto contenido de Cloruro de sodio, esta sal puede “enmascarar” ciertos sabores desagradables y por tanto generar que se requiera un severo estado de enranciamiento para que estos puedan ser detectados.

### 3.3 Estimación de la Vida Útil de Barras de Nuez

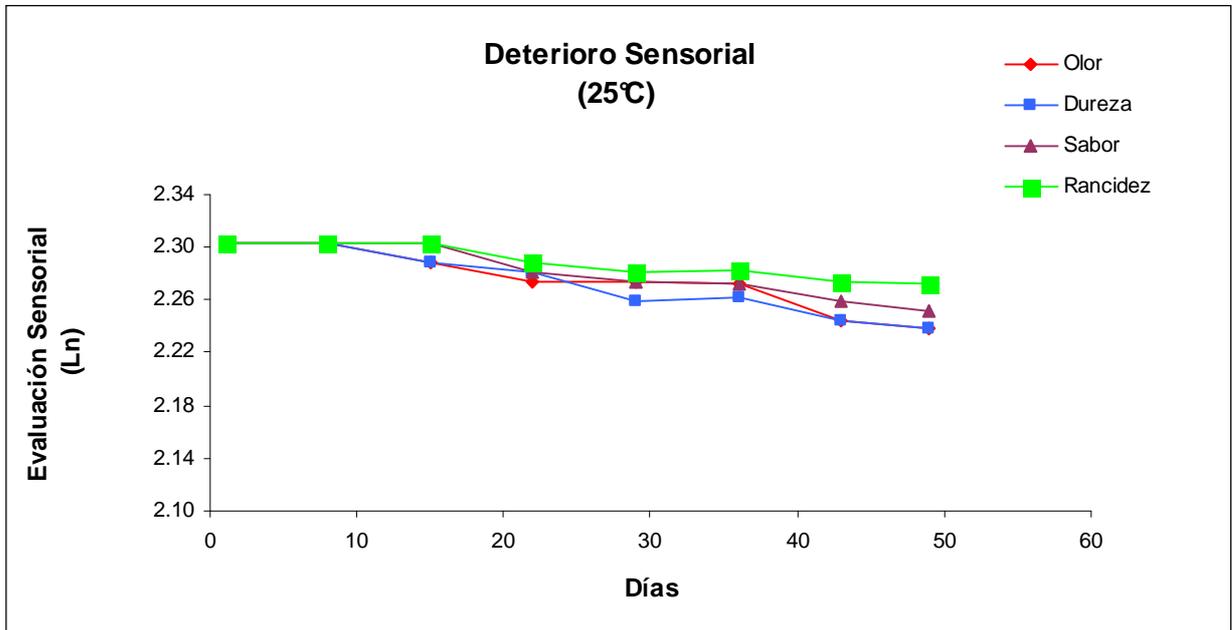


Figura 3.3.1. Deterioro de los atributos sensoriales evaluados a 25°C de las barras de trigo y nuez.

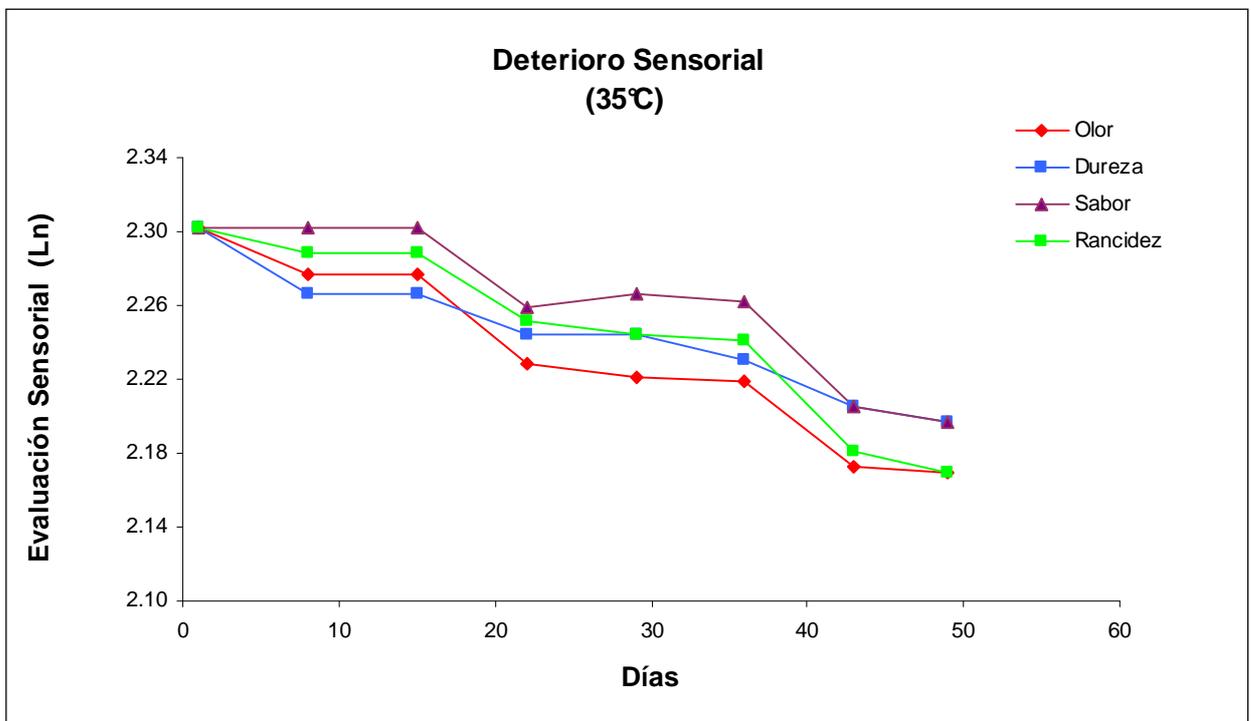
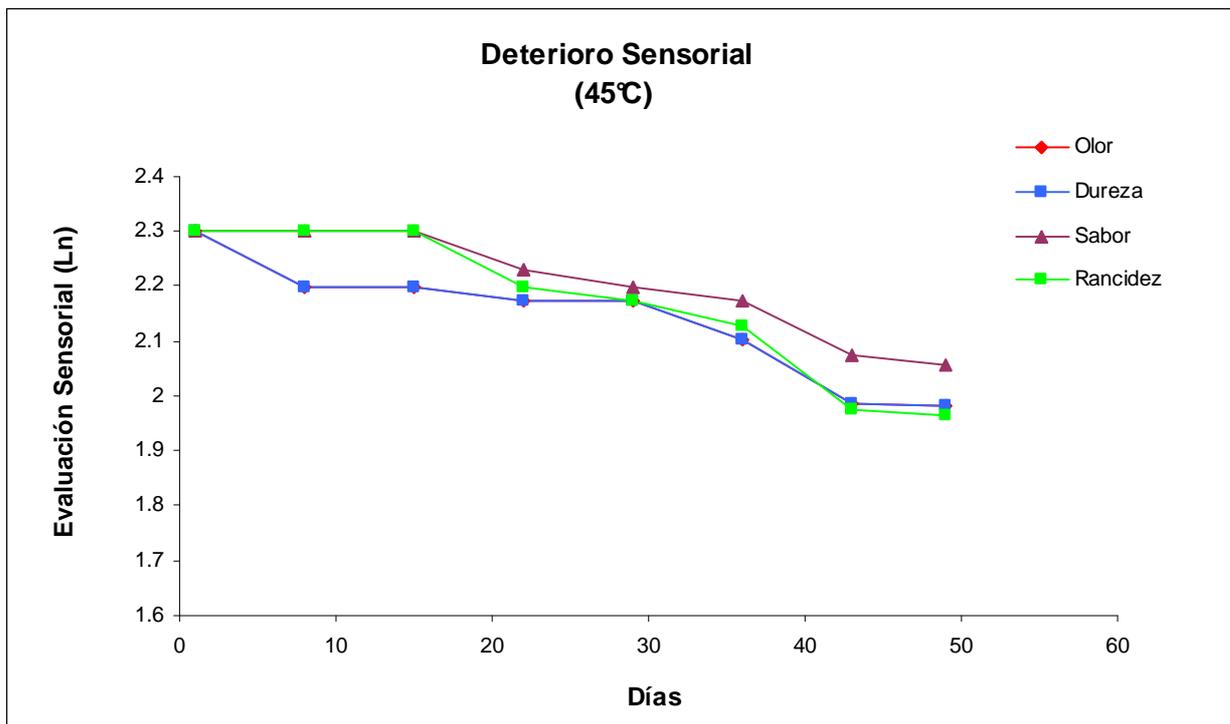
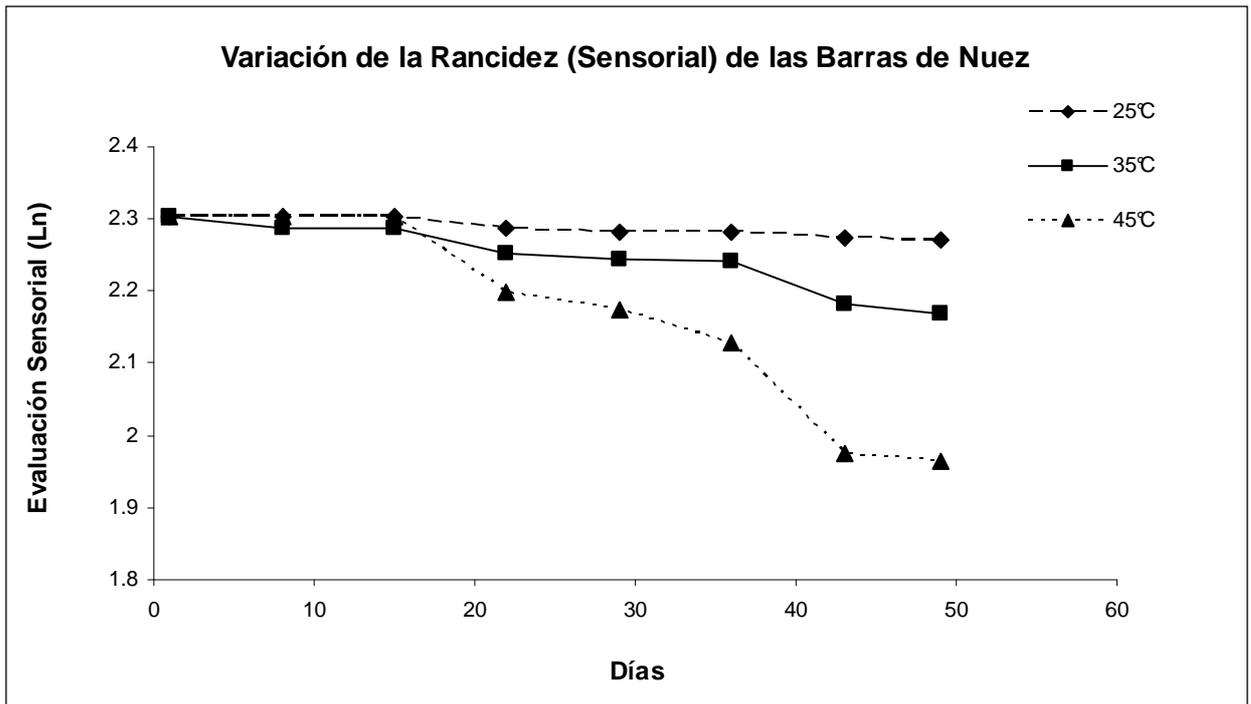


Figura 3.3.2. Deterioro de los atributos sensoriales evaluados a 35°C de las barras de trigo y nuez.

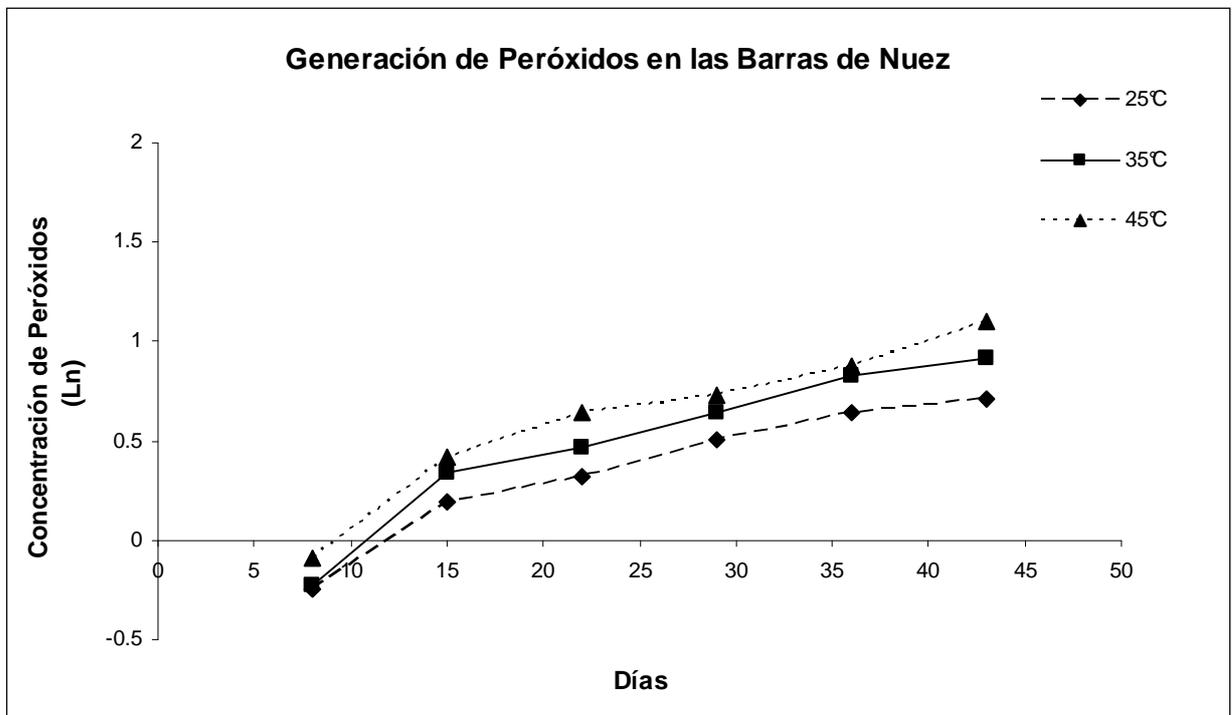


**Figura 3.3.3.** Deterioro de los atributos sensoriales evaluados a 35°C de las barras de trigo y nuez.

Todas las figuras anteriores muestran un deterioro progresivo del producto analizado. A temperatura de 45°C (Figura 3.3.3) el deterioro en todos los atributos evaluados es mayor en comparación con las figuras 3.3.1 y 3.3.2. A 25°C todos los atributos son estables hasta los primeros 10 días, a partir de este tiempo, el olor y la dureza del producto causan el comienzo del deterioro sensorial. El sabor general del producto es afectado después de los primeros 10 días en todas las temperaturas evaluadas, por lo que puede considerarse el atributo más estable en este alimento. En todos los casos la rancidez es causada por efecto de la temperatura, habiendo menor sabor y olor rancio a 25°C y mayor a 45°C.



**Figura 3.3.4** Rancidez determinada sensorialmente en las barras de nuez almacenada sen diferentes condiciones de temperatura



**Figura 3.3.5** Generación de Peróxidos en las barras de nuez almacenadas en diferentes condiciones de temperatura.

Nuevamente se observa que al incrementarse la temperatura, la velocidad de generación de peróxidos es mayor, al igual que la presencia del atributo rancidez en la muestra. En la figura 3.3.4 se observa que la presencia de los aromas rancios se generan más rápido a una temperatura de almacenamiento de 45°C. Es importante recordar que la temperatura, en todos los casos es el único factor variable en el experimento, ya que todos los productos se encuentran en su envoltura original que ha sido diseñada especialmente para que la luz no afecte al alimento.

**Tabla 3.3.1** Generación de peróxidos en las barras de nuez a diferentes condiciones de temperatura durante el periodo de evaluación

Días	Concentración de peróxidos meqO <sub>2</sub> /kg		
	25°C	35°C	45°C
1	0.10	0.10	0.10
8	0.78	0.80	0.91
15	1.22	1.40	1.51
22	1.38	1.60	1.89
29	1.66	1.90	2.09
36	1.90	2.30	2.42
43	2.03	2.50	3.01

En comparación con la crema de cacahuate, el valor inicial de índice de peróxidos (IP) de las barras es menor, teniendo una concentración inicial de 0.1meqO<sub>2</sub>/kg. Para el caso de este producto, dentro de su formulación se incluye la adición de un antioxidante, lo cual nos permite minimizar la generación de peróxidos y por lo tanto prolongar la llegada al límite máximo establecido, lo cuál no indica que no se generarán sabores rancios, ya que posiblemente, la

interacción de las bajas concentraciones de productos secundarios de la reacción de autooxidación con otros componentes de la matriz, potencian el desarrollo y percepción de los aromas no deseados.

**Tabla 3.3.2** Valores obtenidos en la evaluación sensorial de las barras de nuez mediante una escala hedónica a partir de los datos manejados en In (Anexo III)

Atributo	25°C			35°C			45°C		
	k*	C*	R*	k*	C*	R*	k*	C*	R*
<b>Olor</b>	-0.0014	2.31	0.9619	-0.0028	2.31	0.9680	-0.0062	2.30	0.9753
<b>Dureza</b>	-0.0015	2.31	0.9811	-0.0020	2.29	0.9582	-0.0032	2.31	0.9745
<b>Sabor</b>	-0.0012	2.31	0.9022	-0.0023	2.32	0.9167	-0.0056	2.35	0.8992
<b>Rancidez</b>	-0.0007	2.31	0.9680	-0.0028	2.32	0.9817	0.0078	2.37	0.9363

\* Los valores k y C representan respectivamente la pendiente y la ordenada al origen de la ecuación lineal  $y=kx+C$ . R representa el valor del coeficiente de variación de los datos, y se obtienen a partir de la ecuaciones 3.2.1 a 3.2.3

**Tabla 3.3.3** Tiempo de vida útil mediante evaluación sensorial de las barras de nuez

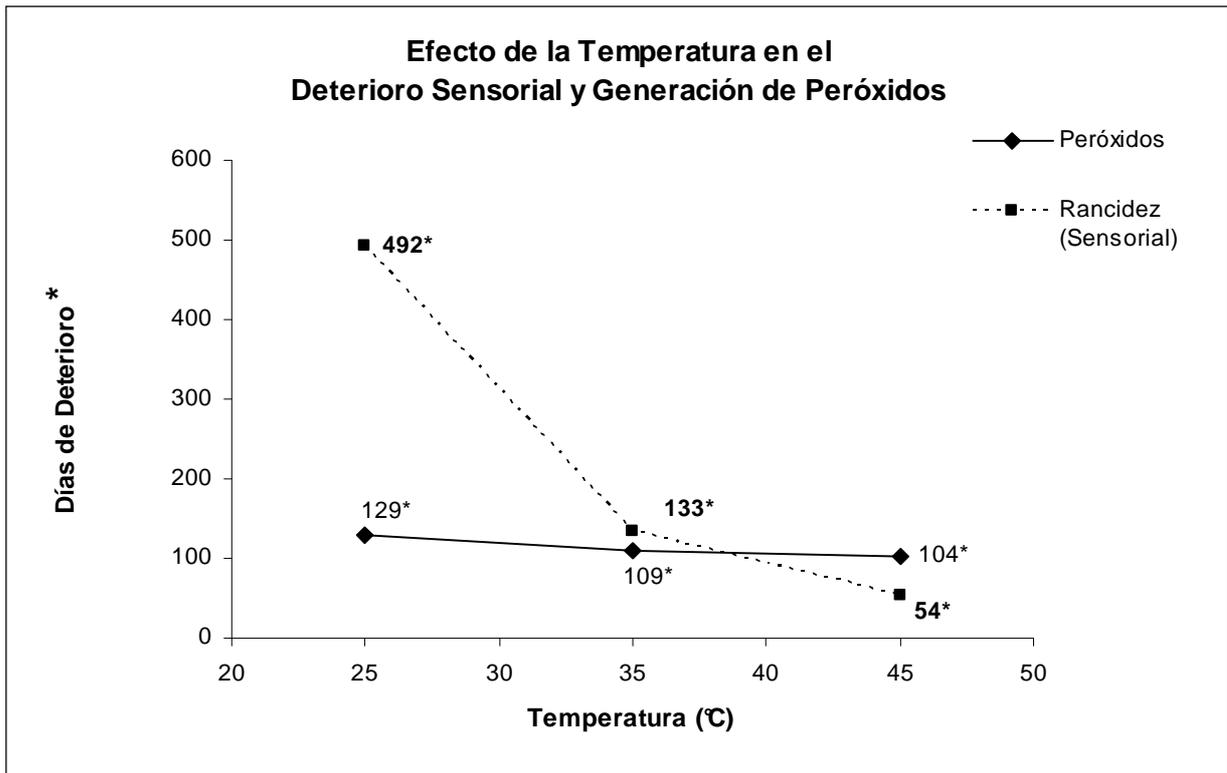
Atributo	Vida útil (días)		
	25°C	35°C	45°C
<b>Olor</b>	266	127*	57
<b>Dureza</b>	249*	176	114
<b>Sabor</b>	313	163	72
<b>Rancidez</b>	492	133	54*

\* La VU del producto la determinan los atributos en donde el número de días en que estos se ven afectados es menor en comparación del resto.

La rancidez sólo es un factor determinante a 45°C a pesar de que la nuez, al ser un fruto con alto contenido de lípidos podría causarla; por otra parte a 35°C el olor general del producto se ve afectado, esto puede deberse a la interacción de

los componentes presentes en el alimento y la presencia de rancidez, la cuál se hace más evidente a 45°C.

A 25°C la estabilidad la determina la dureza del producto, ya que al paso de los días, las barras comienzan a reblandecerse lo cuál no es una característica deseable en este tipo de alimentos, pues se espera una consistencia firme y que sean crujientes. A esta temperatura, el olor será el segundo factor que determine la VU del producto. Esta característica es importante, ya que el olor de las barras es fundamental para causar la aceptación de los jueces.



**Figura 3.3.6.** Dependencia del deterioro con la Temperatura.

Al aumentar la temperatura en este producto la generación de peróxidos es lenta con respecto a la aparición de la rancidez sensorial, que surge con gran rapidez a temperaturas mayores a 25°C.

Debe recordarse que no necesariamente el índice de peróxidos representa de forma adecuada el deterioro sensorial del producto, ya que es posible que dependiendo de los componentes que se encuentren formando parte del alimento e interactuando en él, la detección de los sabores indeseables generados por la rancidez oxidativa pueden pronunciarse y además de existir la posibilidad de que debido a dichas interacciones, se requieran bajas concentraciones de los productos secundarios de la oxidación para que esos sabores y olores desagradables puedan ser percibidos.

El olfato humano puede ser de 10 a 100 veces más sensible que un cromatógrafo de gases,<sup>[16]</sup> instrumento que podría ser utilizado para evaluar la presencia de los productos finales de la oxidación lipídica y que sin embargo no puede medir el impacto que el deterioro de los productos causará sobre el consumidor.

El índice de peróxidos no mide la generación de subproductos de la reacción de oxidación, por lo que es cuestionable el uso de esta herramienta analítica para determinar la vida sensorial de los productos. Sin embargo este método analítico es el recomendado en la NMX-F-614-NORMEX-2004 y es uno de los más utilizados para determinar el deterioro en productos de alto contenido de lípidos pues es una forma indirecta de medir la pérdida la calidad nutrimental del alimento por ejemplo, el deterioro de vitaminas que son propensas a ser oxidadas por los radicales libres formados durante la reacciones de rancidez oxidativa, por lo cual los resultados no son equiparables a los métodos sensoriales.

Según datos obtenidos por la FAO, la nuez contiene 55.8% de ácidos grasos insaturados, de los cuales el 11.4% son monoinsaturados y 44.6% son poliinsaturados.

Del total de contenido graso de este fruto seco, el 6.8% corresponde a ácido graso alfa linolénico, que contiene 3 insaturaciones (C18:3) cuyos productos mayoritarios de oxidación son el 2,4-heptadienal y el 5-pentenal y hexanal que producen intensos olores a pintura.<sup>[17]</sup>

**Tabla 3.3.4** Comparación de la determinación de vida útil sensorial e índice de peróxidos para las barras de nuez

Temperatura (°C)	Formación de Peróxidos			Evaluación Sensorial*		
	Pendiente (k)	Intersección (C)	Tiempo de llegada a 20meqO2/kg (Días)	Pendiente (k)	Intersección (C)	VU (Días)
25	0.0256	-0.30	129	-0.0015	2.31	249
35	0.0300	-0.27	109	-0.0062	2.30	127
45	0.0305	-0.17	104	-0.0078	2.37	54

\* Se utilizan los datos obtenidos mediante los atributos limitantes para cada temperatura (Tabla 3.3.3)

En la tabla anterior se observa que a mayor temperatura la pendiente (k) aumenta y de acuerdo a lo descrito en la sección 1.3, esta equivale a la constante de velocidad de reacción (Ecuación 1.3.5) para una ecuación de cinética de primer orden.

La VU sensorial del producto a temperatura de 25°C es 249 días, lo que indica que a partir de ese momento, las características sensoriales del producto generarán un posible rechazo por parte del consumidor, dado que estas no se adecuan ya a las exigencias de calidad para este producto.

Cuando se trabaja con alimentos que contienen compuestos de alta importancia nutrimental como las vitaminas, deberá considerarse como prioritario el deterioro en estos componentes sobre el deterioro sensorial, teniendo como reserva que si el deterioro sensorial es más rápido que el de estos compuestos nutritivos, entonces la vida útil será afectada por este último, ya que de acuerdo a la definición de vida útil, está llega a su fin cuando se han perdido las características sensoriales o nutrimentales del alimento.

Una de las grandes ventajas de la evaluación sensorial, es que pueden valorarse matrices complejas para determinar la calidad tanto de la materia prima como de los productos terminados, lo cual es importante en el desarrollo de alimentos, ya que los métodos analíticos evalúan generalmente algunos analitos específicos que requieren ser purificados para su determinación.

La evaluación sensorial *no sustituye* a los métodos analíticos ni viceversa, sin embargo, ninguna prueba analítica es capaz de determinar el grado de aceptación que el alimento tendrá en el consumidor, por tanto es indispensable el uso de diversos métodos en la estimación de la vida útil del producto para tener un mejor control del mismo.

## IV Conclusiones

- El entrenamiento de un panel en el deterioro de lípidos aumenta su capacidad de percepción de los defectos causados por lipólisis u oxidación de los mismos.
- La vida útil sensorial de la crema de cacahuete es: 180 días a 25°C por cambios en el resabio graso; 75 días por aparición de rancidez en el producto almacenado a 35°C y 80 días en almacenamiento a 45°C presentándose una sensación grasa pronunciada.
- De acuerdo a los datos obtenidos para la crema de cacahuete pueden considerarse dos zonas geográficas para distribución y venta, la primera con temperaturas menores de 25°C en donde el producto tendrá una duración de por lo menos 180 días y la segunda en temperaturas mayores a 35°C donde el producto tendrá una vida no mayor a 75 días.
- En las barras de nuez sólo a temperatura de 45°C se percibe olor rancio en 54 días de almacenamiento, mientras que en temperaturas normales de almacenamiento (25°C y 35°C) la dureza y olor gener al son las características que determinan la vida útil en 249 y 127 días respectivamente.

- La vida útil sensorial de la crema de cacahuete en todas las condiciones de almacenamiento es menor que la de las barras de nuez ya que en estas últimas existen una serie de ingredientes que interactúan entre sí reduciendo la percepción de la rancidez.
- Mediante evaluación sensorial con jueces entrenados pueden valorarse matrices complejas de alimentos procesados debido al incremento de la capacidad de percepción de los defectos causados por la oxidación o enranciamiento de los lípidos presentes en un producto.
- Existe una relación en la tendencia de generación de peróxidos y la presencia de rancidez y deterioro general en los productos, sin embargo, en los dos casos estudiados se observa que el número de días de vida útil estimados mediante índice de peróxidos es menor que los estimados a partir de evaluación sensorial.
- La crema de cacahuete presenta un mayor contenido de grasa (43.75%) que las barras de nuez (17.50%), lo cual hace más susceptible al producto a la oxidación o rancidez. Mientras mayor sea el contenido lipídico de un alimento, la generación de peróxidos será más notable debido a la proporción y por tanto las características sensoriales de este serán mayormente afectadas.
- En el caso de la crema de cacahuete, los jueces pueden percibir la aparición de la rancidez sensorialmente con el paso del tiempo, sin embargo, en el producto almacenado a 25°C lo consideran inaceptable a partir de los 226 días, reduciéndose el tiempo a mayor temperatura.

- En las barras de nuez los jueces también pueden percibir que a medida que pasa el tiempo, el sabor rancio es más notable, volviéndose inaceptable en 492 días cuando el almacenamiento ha sido a 25°C, 1 33 días a 35°C y 54 días a 45°C.
- Las barras de nuez se ven mayormente afectadas, ya que 10°C de diferencia pueden variar el tiempo de vida útil más que en la crema de cacahuete, por lo que en este caso es recomendable considerar cada zona geográfica en donde el producto será distribuido y comercializado.
- La evaluación sensorial debe ser utilizada como una herramienta complementaria a las pruebas analíticas en la estimación de la vida útil de cualquier alimento.
- En la estimación matemática de la vida útil debe considerarse que los datos no son extrapolables de un tipo de producto a otro debido a las diferencias en las interacciones de los componentes de los alimentos.
- Para cada producto debe efectuarse un estudio considerando todos los componentes y origen de cada uno de ellos, presentación y zona en donde el producto será distribuido, almacenado y consumido.

# Anexos

## Anexo I

### Cálculo de las Ecuaciones para Determinar los Límites de Aceptación y Rechazo de los Jueces en Entrenamiento

El procedimiento para realizar el análisis secuencial se realiza tal como<sup>[8]</sup> Espinosa lo describe en su texto:

#### 1. Establecer los parámetros:

$\alpha$  = Error del tipo I (Probabilidad de aceptar un juez que debe ser rechazado).

$\beta$  = Error del tipo II (Probabilidad de rechazar un juez que debe ser aceptado).

**P0**= Habilidad máxima de un juez para ser rechazado.

**P1**= Habilidad mínima de un juez para ser aceptado.

Se ha estimado que los valores razonables que representan los límites de habilidad para los jueces son:

$$P0= 0,5 \text{ y } P1= 0,70$$

Significa que los candidatos que demuestren una habilidad del 45% de aciertos o menos deben ser rechazados, en cambio los que demuestren una habilidad de más del 70% de aciertos pueden ser aceptados.

**$\alpha$  y  $\beta$  = 0,05:** Significa que el error del tipo I y II se cometerán en cinco de cada cien candidatos sometidos a la prueba.

Estos valores ( $\alpha$ ,  $\beta$ , P0 y P1) pueden variarse de acuerdo al objetivo que se persiga en el estudio.

**2.- Calcular los valores k y e según las ecuaciones siguientes:**

$$\mathbf{k1 = \log P1 - \log P0} \text{ (Ecuación 1)}$$

$$k1 = \log(0.5) - \log(0.7) = 0.1417$$

$$\mathbf{k2 = \log (1-P1) - \log (1-P0)} \text{ (Ecuación 2)}$$

$$k2 = \log(1-0.7) - \log(1-0.5) = -0.2218$$

$$\mathbf{e1 = \log \beta - \log (1-\alpha)} \text{ (Ecuación 3)}$$

$$e1 = \log(0.05) - \log(1-0.05) = -1.2788$$

$$\mathbf{e2 = \log (1-\beta) - \log \alpha} \text{ (Ecuación 4)}$$

$$e2 = \log(1-0.05) - \log(0.05) = 1.2788$$

**3.- Hallar el número medio de ensayos que se requiere para seleccionar los jueces.**

$\mathbf{\tilde{n}0}$  = Número mínimo de pruebas requeridas para rechazar un juez.

$$\mathbf{\tilde{n}0 = e1/ k2} \text{ (Ecuación 5)}$$

$$\tilde{n}0 = (-1.2788/-0.2218) = 5.764$$

$\tilde{n}1$  = Número mínimo de pruebas que se requieren para aceptar un juez.

$$\tilde{n}1 = e2/ k1 \text{ (Ecuación 6)}$$

$$\tilde{n}1 = (1.2788/0.1417) = 9.0311$$

$\tilde{n}p0$  = Número máximo de pruebas requeridas para rechazar un juez.

$$\tilde{n}p0 = [(1-\alpha) e1 + \alpha e2] / [p0 k1 + (1-p0) k2] \text{ (Ecuación 7)}$$

$$\tilde{n}p0 = [(1-0.05)(-1.2788) + (0.05)(1.2788)] / [(0.5)(-0.2218) + (1-0.5)(0.1417)] = 30.4$$

$\tilde{n}p1$  = Número máximo de pruebas requeridas para ser aceptado un juez.

$$\tilde{n}p1 = [(1-\beta) e2 + \beta e1] / [p1 k1 + (1-p1) k2] \text{ (Ecuación 8)}$$

$$\tilde{n}p1 = - [(1-0.05)(1.2788) + (0.05)(-1.2788)] / [(0.7)(-0.2218) + (1-0.7)(0.1417)] = 1.1592 / -0.1978 = 32.2$$

**4.- Calcular las ecuaciones de las líneas rectas que definen en un gráfico de respuestas correctas contra número de pruebas realizadas, la región de aceptación, continuación y rechazo.**

$$L0 = a0 + bn \text{ (Ecuación 9)} ; \quad L1 = a1 + bn \text{ (Ecuación 10)}$$

Donde:

$$a0 = e1/ k1 - k2 \text{ (Intercepto con el eje Y ) (Ecuación 11)}$$

$$a0 = -1.2788 / (0.1417 + 0.2218) = -3.5180$$

**a1**=  $-e_2 / k_1 - k_2$  (Intercepto con el eje Y) (Ecuación 12)

$$a_0 = 1.2788 / (0.1417 + 0.2218) = 3.5180$$

**b** =  $-k_2 / k_1 - k_2$  (Pendiente de las líneas) (Ecuación 13)

$$-(-0.2219) / (0.1417 - (-0.2219)) = 0.6100$$

**n** = (Total de pruebas ensayadas) Para determinar los límites de aceptación y rechazo se utilizo **n= 25**

**L0**= Límite inferior o de rechazo

**L1**= Límite superior o de aceptación

## Anexo II

### Tabla de Datos Obtenidos en las Pruebas Discriminativas para la Evaluación de los Jueces Mediante el Análisis Secuencial.

A cada prueba con al menos 2 respuestas correctas se le asignó un valor de 1 punto

NUMERO DE ENSAYOS (n)	JUEZ 1		JUEZ 2		JUEZ 3		JUEZ 4		JUEZ 5		JUEZ 6		JUEZ 7		JUEZ 8		JUEZ 9	
	RESPUESTAS	VALOR ACUMULATIVO																
1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
2	1	2	1	1	0	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2
3	1	3	0	1	0	0	1	2	1	3	1	3	0	1	0	2	0	2
4	0	3	0	1	0	0	0	2	1	4	0	3	1	2	0	2	1	3
5	1	4	1	2	1	1	1	3	1	5	1	4	1	3	1	3	1	4
6	1	5	0	2	1	2	1	4	1	6	1	5	1	4	1	4	1	5
7	1	6	1	3	1	3	1	5	1	7	0	5	1	5	1	5	1	6
8	1	7	1	4	1	4	1	6	1	8	0	5	1	6	1	6	1	7
9	1	8	1	5	1	5	1	7	1	9	1	6	1	7	1	7	1	8

NUMERO DE ENSAYOS (n)	JUEZ 10		JUEZ 11		JUEZ 12		JUEZ 13		JUEZ 14		JUEZ 15		JUEZ 16		JUEZ 17		JUEZ 18		JUEZ 19	
	RESPUESTAS	VALOR ACUMULATIVO																		
1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
2	1	2	1	2	0	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	0	1	1	2
3	1	3	0	2	1	1	1	3	0	1	0	1	1	2	1	3	1	2	1	3
4	1	4	0	2	1	2	0	3	0	1	0	1	1	3	1	4	0	2	0	3
5	1	5	1	3	1	3	1	4	1	2	0	1	1	4	1	5	1	3	0	3
6	1	6	1	4	1	4	1	5	1	3	1	2	1	5	1	6	1	4	1	4
7	1	7	1	5	1	5	1	6	1	4	1	3	1	6	0	6	1	5	1	5
8	1	8	1	6	0	5	1	7	0	4	1	4	1	7	1	7	1	6	1	6
9	1	9	1	7	1	6	1	8	1	5	1	5	1	8	1	8	1	7	1	7

**Anexo III**

**Tablas de Resultados Obtenidos Mediante Evaluación Sensorial**

**Crema de Cacahuete**

**Promedios de las evaluaciones sensoriales**

DIAS	25°C					35°C					45°C				
	Olor cacahuete	Sabor cacahuete	Sensación Grasa	Resabio Graso	Rancidez	Olor cacahuete	Sabor cacahuete	Sensación Grasa	Resabio Graso	Rancidez	Olor cacahuete	Sabor cacahuete	Sensación Grasa	Resabio Graso	Rancidez
1	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
7	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.8	9.7	9.8	9.3	9.2	9.3	9.1	9.5
14	10.0	10.0	9.8	10.0	9.9	9.9	9.3	9.4	9.6	9.6	9.1	8.9	8.9	8.9	9.1
21	10.0	9.9	9.7	9.9	10.0	9.7	9.2	9.3	9.3	9.3	9.1	8.9	8.9	8.7	9.2
28	9.9	9.8	9.7	9.8	9.9	9.5	9.1	9.3	9.2	9.1	8.9	8.8	9.0	8.7	9.1
35	9.9	9.7	9.7	9.7	9.9	9.0	9.1	9.0	9.2	9.1	9.1	8.8	8.5	8.6	8.9
41	9.9	9.7	9.7	9.7	9.9	9.0	9.1	8.9	9.2	9.0	9.1	8.8	8.5	8.6	8.9
48	9.7	9.3	9.2	9.2	9.2	8.9	8.9	8.7	8.7	8.7	9.1	8.7	8.3	8.3	8.0
55	9.2	9.2	9.0	9.0	9.2	7.5	8.5	8.1	7.7	7.3	7.5	8.0	7.6	7.8	8.0
63	9.0	9.2	8.8	8.8	9.0	7.3	7.9	8.1	7.7	6.9	7.0	7.3	7.3	7.5	7.3

### Resultados en forma logarítmica

Días	25°C					35°C					45°C				
	Olor cacahuete	Sabor cacahuete	Sensación Grasa	Resabio Graso	Rancidez	Olor cacahuete	Sabor cacahuete	Sensación Grasa	Resabio Graso	Rancidez	Olor cacahuete	Sabor cacahuete	Sensación Grasa	Resabio Graso	Rancidez
1	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
7	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.28	2.27	2.28	2.23	2.22	2.23	2.21	2.25
14	2.30	2.30	2.29	2.30	2.29	2.29	2.23	2.24	2.26	2.27	2.21	2.18	2.19	2.18	2.21
21	2.30	2.30	2.28	2.30	2.30	2.27	2.22	2.22	2.23	2.23	2.21	2.18	2.18	2.16	2.22
28	2.29	2.28	2.27	2.28	2.29	2.25	2.21	2.23	2.22	2.21	2.18	2.17	2.20	2.16	2.21
35	2.30	2.27	2.27	2.27	2.30	2.20	2.21	2.20	2.22	2.21	2.20	2.17	2.14	2.15	2.18
41	2.29	2.27	2.27	2.27	2.30	2.20	2.21	2.18	2.22	2.20	2.20	2.17	2.14	2.15	2.18
48	2.27	2.23	2.22	2.22	2.22	2.18	2.19	2.16	2.16	2.16	2.21	2.16	2.11	2.12	2.08
55	2.22	2.22	2.20	2.19	2.22	2.01	2.14	2.09	2.05	1.99	2.01	2.08	2.03	2.05	2.08
63	2.20	2.22	2.18	2.18	2.20	1.98	2.07	2.09	2.05	1.93	1.95	1.99	1.99	2.01	1.99
m	-0.0015	-0.0016	-0.0020	-0.0021	-0.0017	-0.0051	-0.0031	-0.0034	-0.0039	-0.0053	-0.0042	-0.0035	-0.0042	-0.0035	-0.0042
Int	2.32	2.32	2.32	2.33	2.33	2.36	2.31	2.31	2.32	2.34	2.30	2.27	2.28	2.26	2.30
R	0.8437	0.9479	0.9349	0.9265	0.8410	0.9153	0.9381	0.9718	0.9200	0.8986	0.8112	0.8932	0.9508	0.9311	0.9447

**Promedios de las evaluaciones sensoriales Barras de Nuez**

Días	25°C				35°C				45°C			
	Olor	Dureza	Sabor	Rancidez	Olor	Dureza	Sabor	Rancidez	Olor	Dureza	Sabor	Rancidez
<b>1</b>	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
<b>8</b>	10.0	10.0	10.0	10.0	9.8	9.6	10.0	9.9	9.0	9.7	10.0	10.0
<b>15</b>	9.9	9.9	10.0	10.0	9.8	9.6	10.0	9.9	9.0	9.7	10.0	10.0
<b>22</b>	9.7	9.8	9.8	9.9	9.3	9.4	9.6	9.5	8.8	9.3	9.3	9.0
<b>29</b>	9.7	9.6	9.7	9.8	9.2	9.4	9.6	9.4	8.8	9.3	9.0	8.8
<b>36</b>	9.7	9.6	9.7	9.8	9.2	9.3	9.6	9.4	8.2	9.3	8.8	8.4
<b>43</b>	9.4	9.4	9.6	9.7	8.8	9.1	9.1	8.9	7.3	8.6	8.0	7.2
<b>49</b>	9.4	9.4	9.5	9.7	8.8	9.0	9.0	8.8	7.3	8.5	7.8	7.1

### Resultados en forma logarítmica

	25°C					35°C					45°C				
	Olor cacahuete	Sabor cacahuete	Sensación Grasa	Resabio Graso	Rancidez	Olor cacahuete	Sabor cacahuete	Sensación Grasa	Resabio Graso	Rancidez	Olor cacahuete	Sabor cacahuete	Sensación Grasa	Resabio Graso	Rancidez
<b>1</b>	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
<b>7</b>	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.28	2.27	2.28	2.23	2.22	2.23	2.21	2.25
<b>14</b>	2.30	2.30	2.29	2.30	2.29	2.29	2.23	2.24	2.26	2.27	2.21	2.18	2.19	2.18	2.21
<b>21</b>	2.30	2.30	2.28	2.30	2.30	2.27	2.22	2.22	2.23	2.23	2.21	2.18	2.18	2.16	2.22
<b>28</b>	2.29	2.28	2.27	2.28	2.29	2.25	2.21	2.23	2.22	2.21	2.18	2.17	2.20	2.16	2.21
<b>35</b>	2.30	2.27	2.27	2.27	2.30	2.20	2.21	2.20	2.22	2.21	2.20	2.17	2.14	2.15	2.18
<b>41</b>	2.29	2.27	2.27	2.27	2.30	2.20	2.21	2.18	2.22	2.20	2.20	2.17	2.14	2.15	2.18
<b>48</b>	2.27	2.23	2.22	2.22	2.22	2.18	2.19	2.16	2.16	2.16	2.21	2.16	2.11	2.12	2.08
<b>55</b>	2.22	2.22	2.20	2.19	2.22	2.01	2.14	2.09	2.05	1.99	2.01	2.08	2.03	2.05	2.08
<b>63</b>	2.20	2.22	2.18	2.18	2.20	1.98	2.07	2.09	2.05	1.93	1.95	1.99	1.99	2.01	1.99
<b>m</b>	- 0.0015	- 0.0016	-0.0020	- 0.0021	-0.0017	- 0.0051	-0.0031	- 0.0034	- 0.0039	-0.0053	- 0.0042	- 0.0035	-0.0042	- 0.0035	- 0.0042
<b>Int</b>	2.32	2.32	2.32	2.33	2.33	2.36	2.31	2.31	2.32	2.34	2.30	2.27	2.28	2.26	2.30
<b>R</b>	0.8437	0.9479	0.9349	0.9265	0.8410	0.9153	0.9381	0.9718	0.9200	0.8986	0.8112	0.8932	0.9508	0.9311	0.9447



## V Referencias

- [1] Anholt , R. **Reviews: Primary Events in Olfactory Reception.** TIBS 12 (2) 58-62. 1987.
- [2] Badui, S. **Química de los Alimentos.** Editorial Pearson Educación. 4ª Edición. Pág 248-259. (2006).
- [3] Belitz, H., Grosh, W., Schieberle, P. **Food Chemistry.** Acribia. Pág 211-214, 224-226, 236,237. 1997
- [4] Carpenter, R. Lyon, D. Hasdell, T. **Guidelines for Sensory Analysis in Food Product Development and Quality Control.** 2ª Edición. Aspen Publishers. Pág 3,4, 26-28, 71-78.
- [5] Civille, G, Dus, C. **Sensory evaluation of lipid oxidation in foods.** Libro. **Lipid oxidation in food.** ACS Symposium Series 500. Pág 279-289. 1992.
- [6] Durán, L. Costell, E. **Revisión: Percepción del Gusto. Aspectos Fisicoquímicos y Psicofísicos.** Food sci tech int, **5**(4)299-309. 1999.
- [7] Entidad Nacional de Acreditación. **Guía para la Acreditación de Laboratorios de Análisis Sensorial.** España. Pág 1-14. 2003
- [8] Espinosa, J. **Los Jueces en la Evaluación Sensorial de los Alimentos.** Editorial Universitaria. Ministerio de Educación Superior. Pág 18-27. 2007
- [9] Fennema, O. R. **Química de los Alimentos.** Acribia. Pág 10,11, 158, 165, 197-199. 1993.
- [10] Food and Agriculture Organization. **Norma de Aceites Vegetales Especificados. Codex Stan 210-1999.** Codex Alimentarius. 1999.

[11] Guyton, H. Hall, J. **Tratado de Fisiología Médica**. McGraw Hill. 10ª Edición. Pág. 413-419. 2001.

[12] Jellinek, G. **Sensory Evaluation of Food. Theory and Practice**. Ellis Horwood (USA). Pág 40-53, 110- 141, 252-285. 1985.

[13] Kooyman, G. **Principles of Sensory Evaluation**. Unilever Method of Analysis. 2002

[14] Laider, K. Meiser, J. **Fisicoquímica**. CECSA. México. Pág 353-362. 1998

[15] Man, D. **La Caducidad de los Alimentos**. Acribia. España. 1ª Edición. 2002.

[16] Meilgaard, M., Civille, G., Carr, T. **Sensory Evaluation techniques**. CRC-Press. 2ª Edición. Pág 7-21. 1999.

[17] Navarro G., Bringas, L. y Pacheco, R. **Nueva Herramienta para el Estudio de la Oxidación de los Ácidos Grasos, una de las Causas Fundamentales de la Pérdida de Calidad de los Alimentos para la Acuicultura**. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Hermosillo, Sonora, México 16-19 Noviembre, 2004.

[18] O'Mahony, M., Rousseau, B. **Discrimination Testing : a Few Ideas, Old and New**. Food Quality and Preference. **14**, 157-164. 2002.

[19] Ortigoza, C. Hernández, K. Valle, P. **Cómo Apreciar la Vida útil**. Énfasis Alimentación. **9**, 32-40. 2008.

[20] Pedrero, D. Pangborn, R. **Evaluación Sensorial de los Alimentos**. Alhambra Mexicana. México. Pág 37-39, 40-43, 67-81, 117-125, 139-147. 1989.

[21] Sanders, T. Vercellotti, J. Grimm, D. **Shelf Life of Peanuts and Peanuts Products**. Shelf Life Studies of foods and Beverages. Elsevier. Pág 289-309.1993

[22] Segura, R. **Información Nutricional de la Nuez**. Food and Agriculture Organization. 2004. Disponible en: <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac307s>

[23] Sidel, J. L., Stone, H. **The Role of Sensory Evaluation in the Food Industry.** Food Quality and Preference **4**, 65-73. 1993.

[24] Technische Universität-Carolo-Wilhelmina. **BRENDA. Enzyme Data Base.** 2009. Disponible en <http://www.brenda-enzymes.info/>

[25] Torre, P. **Bases Científicas del Análisis Sensorial.** Alimentaria. Revista de Tecnología e Higiene de los Alimentos. **309**, 155-164. 2000.

[26] Torricella, R. Zamora, E. Pulido, H. **Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la industria alimentaria.** Editorial Universitaria. Ministerio de Educación Superior. Pág 72-84, 91-131. 2007.

[27] Tortora, G., Reynolds, S. **Principios de Anatomía y Fisiología.** Oxford, University Press. 9ª Edición. Pág 517-521. 2000

[28] Valle, P. Ortigoza, C. Saldate, O. Valdés, S. **Cómo Estudiar la Vida Útil de un Producto.** Énfasis Alimentación. **8**, 32-40. 2007.

[29] Ygotuku, M. **Etapa de Entrenamiento Avanzado para Jueces Analíticos en Evaluación Sensorial.** Tesis de Licenciatura. U.N.A.M. Facultad de Química. Pág 33-35. 1998.