

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



**VIDA ÚTIL DE MANTEQUILLA DE MANÍ CON ACEITE DE CANOLA,
MANTECA DE PALMA HIDROGENADA Y LECITINA DE SOYA.**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:

MORI CRISOSTOMO JHULIZA

V° B°

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Mori Crisostomo Jhuliza', written over a horizontal line.

Asesor

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'V. B.', written over a horizontal line.

Tingo María – Perú

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Teléfono (062) 561385
Apartado Postal 156 Tingo María E.mail: fia@unas.edu.pe

*"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la
Commemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"*

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 005-2024

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 4 de octubre del 2024, a horas 9:30 a.m., en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por la Bach. **JHULIZA MORI CRISOSTOMO**, titulada:

**"VIDA UTIL DE MANTEQUILLA DE MANÍ CON ACEITE DE CANOLA,
MANTECA DE PALMA HIDROGENADA Y LECITINA DE SOYA".**

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **...APROBADA...** con el calificativo de **...EXCELENTE.....**; en consecuencia, la sustentante, queda **APTA** para obtener el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias**, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso "k" y 135 inciso "f" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 4 de octubre del 2024

Dra. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo
Presidenta

Dra. Luz Milagros Follegatti Romero
Miembro

M.Sc. Humberto Hugo Rivera Rojas
Miembro

Dr. Jaime Eduardo Basilio Atencio
Asesor

Dra. Elizabeth Susana Ordoñez Gómez
Asesora



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 354 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería en Industrias Alimentarias

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
VIDA ÚTIL DE MANTEQUILLA DE MANÍ CON ACEITE DE CANOLA, MANTECA DE PALMA HIDROGENADA Y LECITINA DE SOYA.	MORI CRISOSTOMO JHULIZA	14 % Catorce

Tingo María, 13 de diciembre de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallou
 JEFE

C.C. Archivo



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN DOCENTE Y TESISISTA

(Resol. N°113-2019-CU-R-UNAS)

I. Datos Generales de Pregrado

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva.
Facultad : Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.
Título de tesis : Vida útil de mantequilla de maní con aceite de canola, manteca de palma hidrogenada y lecitina de soya.
Autor : Mori Crisostomo, Jhuliza
Asesor de tesis : Dr. Basilio Atencio, Jaime
Dra. Ordoñez Gómez, Elizabeth
Escuela Profesional : Ingeniería en Industrias Alimentarias
Área de Investigación : Ciencias de Alimentos
Grupo de investigación: Ingeniería de Alimentos – IA
Línea de investigación : Ingeniería de Alimentos
Lugar de ejecución : Universidad Nacional Agraria de la Selva.
Duración : Inicio : Diciembre 2023
Término : Septiembre 2024
Financiamiento : FEDU : S/0.00
Propio : S/6 213,9

Tingo María – Perú - Noviembre de 2024

Mori Crisostomo, Jhuliza

Tesista

Dr. Basilio Atencio, Jaime

Asesor

Dra. Ordoñez Gómez, Elizabeth

Asesor

DEDICATORIA

A Dios:

Por concederme salud, fortaleza y ánimo durante toda mi etapa universitaria, y por ser mi guía y sostén en los momentos en que dudaba de mis capacidades o sentía que no podría alcanzar mis objetivos.

A mi madre:

Noemí Crisóstomo Lino, por su ayuda y amor constante de manera incondicional, por brindarme palabras de aliento y confiar en mí cuando yo misma dudaba. Por recordarme desde pequeña que se siente orgullosa de tenerme como hija a pesar de mis defectos y por celebrar cada logro mío por más pequeño que sea.

AGRADECIMIENTO

- A Dios, mi padre, quien fue mi mayor sustento en todo tiempo.
- A mi mamá, cuyo amor incondicional, apoyo constante y sacrificio han sido piedra angular de mis objetivos logrados.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por brindarme la posibilidad de formar parte de esta comunidad académica y ofrecerme un entorno enriquecedor y desafiante que ha contribuido significativamente a mi crecimiento personal y profesional.
- A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias y docentes por su apoyo constante y su compromiso con mi formación académica, su orientación y estímulo han sido cruciales para alcanzar mis metas y concluir este proyecto.
- A mis asesores, Dra. Ordoñez Gómez, Susana Elizabeth y Dr. Basilio Atencio, Jaime, por su invaluable orientación, apoyo y dedicación a lo largo de este proceso.
- A los miembros del jurado Dra. Ramírez Trujillo, Yolanda Jesús, Dra. Follegati Romero, Luz Milagros y Dr. Rivera Rojas, Humberto Hugo, por su tiempo, dedicación y valiosas observaciones durante la evaluación de esta tesis, sus experiencia y aportes críticos han sido fundamentales para mejorar y enriquecer este trabajo.
- Al Dr. Davy Hidalgo Chávez por su ayuda en las dudas que me surgían en el camino a medida que elaboraba este trabajo.
- A la Ing. Guadalupe Díaz e Ing. Aurelia León, por las palabras de ánimo y amistad durante todo este tiempo.
- A las personas que ocupan un lugar especial en mi corazón porque de cierta manera, en diferentes etapas y áreas de mi periodo universitario me han ayudado a crecer y siempre me han motivado a ser perseverante, Leonel Jumbo, Marlita Vásquez, María de los Ángeles Portillo, Delsy Castro, Mercy Mondragón, Liliana Huamán, Mónica Luna, Christian Vásquez, Emeli Valdez, Carmen Páucar, Lidia García, Susana Montoya, Valeria Ibarra y José Ángel Guerra.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades del maní.....	3
2.1.1. Definición.....	3
2.1.2. Taxonomía.....	3
2.1.3. Usos del maní.....	3
2.2. Mantequilla de maní.....	4
2.2.1. Composición química.....	5
2.2.2. Proceso de elaboración de mantequilla de maní.....	7
2.2.3. Exigencias para la mantequilla de maní.....	8
2.2.4. Defectos en la mantequilla de maní.....	8
2.3. Oxidación o rancidez oxidativa.....	10
2.3.1. Definición.....	10
2.3.2. Mecanismos de oxidación lipídica.....	10
2.3.3. Factores que favorecen la oxidación.....	14
2.3.4. Medición de la oxidación de un alimento.....	15
2.4. Aspectos generales de la estabilidad.....	20
2.4.1. Definición.....	20
2.4.2. Estabilizadores Alimenticios.....	21
2.5. Vida útil en alimentos.....	25
2.5.1. Definición.....	25
2.5.2. Vida útil por pruebas aceleradas.....	26
2.5.3. Cinética Química.....	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1. Lugar de ejecución.....	31
3.2. Materia prima y aditivos.....	31
3.2.1. Materiales, equipos y reactivos.....	32
3.3. Metodología experimental.....	32
3.3.1. Elaboración de la mantequilla de maní.....	32
3.3.2. Evaluaciones de la mantequilla de maní durante el almacenamiento.....	33
3.3.3. Evaluación sensorial del sabor.....	34
3.3.4. Cálculo de modelos cinéticos de deterioro en la mantequilla.....	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37

4.1.	Separación de fases en la mantequilla de maní durante el almacenamiento.....	37
4.2.	Índice de peróxido en la mantequilla de maní durante el almacenamiento.....	40
4.3.	Índice de acidez en la mantequilla de maní durante el almacenamiento.....	42
4.4.	Actividad de agua en la mantequilla de maní durante el almacenamiento.....	45
4.5.	“Sabor a maní fresco” en la mantequilla de maní durante el almacenamiento.....	48
4.6.	“Sabor a maní dulce” en la mantequilla de maní durante el almacenamiento.....	50
4.7.	“Sabor a maní aceitoso” en la mantequilla de maní durante el almacenamiento.....	51
4.8.	“Sabor a cartón” en la mantequilla de maní durante el almacenamiento.....	53
4.9.	“Sabor a maní ranceado” en la mantequilla de maní durante el almacenamiento....	55
4.10.	Cálculo de modelos cinéticos de deterioro en la mantequilla.....	56
4.10.1.	Modelos matemáticos para el índice de peróxido.....	57
4.10.2.	Modelos matemáticos para el índice de acidez.....	60
4.10.3.	Modelos matemáticos para el “sabor a maní fresco”.....	63
4.10.4.	Modelos matemáticos para el “sabor a maní dulce”.....	65
4.10.5.	Modelos matemáticos para el “sabor a maní aceitoso”.....	68
4.10.6.	Modelos matemáticos para el “sabor a cartón”.....	70
4.10.7.	Modelos matemáticos para el “sabor a maní ranceado”.....	73
4.11.	Componentes principales y agrupamiento jerárquico.....	76
4.12.	Parámetros estimados de la ecuación de Arrhenius.....	78
V.	CONCLUSIONES.....	80
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	81
VII.	REFERENCIAS.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Composición química de la mantequilla de maní.....	5
2. Composición química y nutricional del maní tostado	6
3. Requisitos físicos para la mantequilla de maní	8
4. Punto de fusión de los ácidos grasos más comunes.....	11
5. Valor nutricional de la manteca de palma.	22
6. Valor nutricional del aceite de canola cada 100 g.	24
7. Valor nutricional de la lecitina de soya.	25
8. Porcentaje de separación de fase de los tratamientos durante almacenamiento	49
9. Índice de peróxido de los tratamientos durante el almacenamiento	53
10. Índice de peróxido de los tratamientos durante el almacenamiento	55
11. Actividad de agua de los tratamientos durante el tiempo de almacenamiento	46
12. Modelos matemáticos aplicados al índice de peróxido (IP).....	58
13. Modelos matemáticos aplicados al índice de acidez (IA)	61
14. Modelos matemáticos aplicados al “sabor a maní fresco”	64
15. Modelos matemáticos aplicados al “sabor a maní dulce”	66
16. Modelos matemáticos aplicados al “sabor a maní aceitoso”	69
17. Modelos matemáticos aplicados al “maní a sabor cartón”	72
18. Modelos matemáticos aplicados al “sabor a maní ranceado”.....	75
19. Parámetros estimados de la ecuación de Arrhenius.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Reacción de esterificación de la molécula de triglicéridos.....	11
2. Escala gráfica estructurada (a) y no estructurada (b).	19
3. Diseño experimental para determinar la vida útil de la mantequilla de maní.	36
4. Porcentaje de separación de fase durante el almacenamiento.	39
5. Índice de peróxido durante el almacenamiento.	41
6. Índice de acidez durante el almacenamiento.	43
7. Actividad de agua durante el almacenamiento.	47
8. Intensidad a “sabor a maní fresco” durante el almacenamiento.	49
9. Intensidad a “sabor a maní dulce” durante el almacenamiento.	50
10. Intensidad a “sabor a maní aceitoso” durante el almacenamiento.....	52
11. Intensidad a “maní a sabor cartón” durante el almacenamiento.....	54
12. Intensidad a “sabor a maní ranceado” durante el almacenamiento.	55
13. Índice de peróxido adaptado a los modelos matemáticos.....	59
14. Índice de acidez adaptado a los modelos matemáticos.....	62
15. Intensidad de “sabor a maní fresco” adaptado a los modelos matemáticos.	65
16. Intensidad de “sabor a maní dulce” adaptado a los modelos matemáticos.	67
17. Intensidad de “sabor a maní aceitoso” adaptado a los modelos matemáticos.	70
18. Intensidad de “maní a sabor cartón” adaptado a los modelos matemáticos.	73
19. Intensidad de “sabor a maní ranceado” adaptado a los modelos matemáticos.....	76
20. Análisis de componentes principales de las variables evaluadas.	77
21. Agrupamiento jerárquico de acuerdo a la vida útil estimada.	78

RESUMEN

La durabilidad de la mantequilla de maní a lo largo del tiempo presenta problemas de calidad, por ello se planteó estimar la vida útil haciendo uso de estabilizadores como aceite de canola, manteca de palma hidrogenada y lecitina de soya, almacenadas a 30, 40 y 50°C por 100 días; evaluándose el índice de peróxido (IP), índice de acidez (IA), actividad de agua (A_w) y separación de fases (SF) y evaluación sensorial (sabor a maní fresco, dulce, aceitoso, cartón y ranceado). El IP fue aceptable hasta 80 días en T0.40 y T0.50 a los 100 días fue para T1.30 (3,2 mEqO₂/kg). El $> IA$ fue T0.50 (2,1 mg de KOH/g) y $< T0.30$ (0,7 mg de KOH/g), no superando el límite del Codex Alimentarius, la A_w varió desde 0,42 a 0,53, en todas las muestras y la menor SF fue a 30°C con los tres estabilizadores. Inicialmente resalta el sabor a maní fresco y dulce, el aceitoso, cartón y ranceado aumentan con el tiempo en el testigo. La mayoría de las muestras se ajustaron a los modelos matemáticos de orden cero y uno, la lecitina tuvo mejor adecuación al modelo de Weibull solo en el IP y el “sabor a maní dulce” siguió un modelo cuadrático. Según el agrupamiento jerárquico fue mejor con palma y canola a 30°C, teniendo como vida útil 173 días; haciendo uso de los parámetros estimados de la ecuación de Arrhenius se puede estimar la vida útil del producto a cualquier temperatura.

Palabras clave: Mantequilla de maní, Grasa vegetal (e), Fosfolípido (e), Canola planta, *Brassica napus* subsp, Napobrassica (es).

ABSTRACT

The durability of peanut butter over time presents quality problems, thus, it was proposed to estimate the shelf life using stabilizers such as canola oil, hydrogenated palm oil and soy lecithin [when] stored at 30, 40 and 50°C for 100 days. The peroxide value (PV; IP in Spanish), acidity index (IA in Spanish), water activity (a_w), phase separation (SF in Spanish), and the sensory evaluation (fresh, sweet, oily, cardboard and rancid peanut flavors) were evaluated. The PV was acceptable up to eighty days at T0.40 and T0.50 [and up to] one hundred days for T1.30 (3.2 mEqO₂/kg). The greatest IA was T0.50 (2.1 mg of KOH/g) and the least [was] T0.30 (0.7 mg of KOH/g); without surpassing the Codex Alimentarius limit, the AW varied from 0.42 to 0.53 for all of the samples and the lowest SF was 30°C with the three stabilizers. Initially the fresh and sweet peanut flavor stood out; the oil, cardboard and rancid [flavors] increased over time for the control. The majority of the samples fit the mathematical models of the zero and one orders; the lecithin had the greatest fit to the Weibull model for just the PV and the “sweet peanut flavor” followed the quadratic model. According to the hierarchy grouping, the palm and canola oil at 30°C was the best with a shelf life of 173 days; making use of the parameters estimated from the Arrhenius equation you can estimate the shelf life of the product at any temperature.

Keywords: peanut butter, vegetable oil (e), phospholipid (e), canola plant, *Brassica napus* subsp, napobrassica (es).

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el consumo de mantequilla de maní ha aumentado significativamente a nivel global, según Market Analysis Report (2022), se estima que el mercado global de mantequilla de maní alcanzará aproximadamente 10,5 mil millones de dólares para 2027, con una tasa de crecimiento anual compuesta del 6,4% desde 2020. Entre los principales compradores se destaca Estados Unidos como el mayor consumidor mundial, con un consumo per cápita de 1,7 kg por persona en 2023, lo que subraya su significativa preferencia y demanda.

En Perú, de acuerdo a la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente (2006), el maní juega un papel crucial en la dieta y la cultura local, las regiones Ayacucho, Ancash y San Martín destacan como los principales centros de producción, contribuyendo significativamente a la oferta nacional. Por otro lado, la mantequilla de maní centra su consumo como alimento tradicional pero su popularidad ha ido en aumento, especialmente en áreas urbanas como Lima y Arequipa (Murillo, 2019).

La mantequilla de maní es apreciada por su contenido en ácidos grasos insaturados, proteínas y otros nutrientes beneficiosos. Sin embargo, su durabilidad en el mercado puede verse comprometida debido a la separación de fases que ocurre con el tiempo, lo cual tiende a dar lugar a la oxidación e hidrólisis de lípidos, éstos procesos no solo provocan un aumento en el índice de peróxido y la acidez del producto, sino que también afectan negativamente la parte sensorial del mismo, generando cambios principalmente en el sabor (Jannatul y Silva, 2022). Los estabilizadores añadidos son cruciales para mantener la textura y estabilidad del producto, ayudando a mitigar estos problemas, por ello es esencial analizar de qué manera influyen en la durabilidad del producto, en la mejora de las formulaciones, en el aumento de la satisfacción del cliente y en la minimización de desperdicios (Cruz, 2019). Cabe resaltar que evaluar estos procesos de deterioro puede ser un procedimiento largo y laborioso porque las reacciones químicas no ocurren rápidamente a temperatura ambiente (Talcott, 2005), por esta razón, se busca estimar la vida útil de la mantequilla de maní utilizando pruebas aceleradas a temperaturas de 30°C, 40°C y 50°C en almacenamiento, durante el cual se examinará la cinética de reacción y se aplicará modelos matemáticos entre los cuales estará la ecuación de Arrhenius para modelar la influencia de los estabilizadores en la vida útil del producto; en este contexto se propuso:

Objetivo General:

Estimar la vida útil de la mantequilla de maní con estabilizadores: aceite de canola hidrogenada, manteca de palma hidrogenada y lecitina de soya.

Objetivos específicos:

- Cuantificar separación de fases, índice de peróxido, índice de acidez y actividad de agua en mantequilla de maní (sin estabilizante y con estabilizantes: manteca de palma hidrogenada, aceite de canola hidrogenada y lecitina de soya) almacenadas por 100 días a 30, 40 y 50 °C.
- Evaluar sensorialmente los descriptores del sabor de la mantequilla de maní con manteca de palma hidrogenada, aceite de canola hidrogenada y lecitina de soya, almacenadas por 100 días a 30, 40 y 50 °C.
- Aplicar modelos matemáticos para la determinación de la vida útil de la mantequilla de maní con estabilizantes: manteca de palma hidrogenada, aceite de canola hidrogenada en función al índice de peróxido, descriptores del sabor.
- Predecir la vida útil de la mantequilla de maní con estabilizantes: manteca de palma hidrogenada, aceite de canola hidrogenada y lecitina de soya a 30, 40 y 50 °C.
- Determinar los parámetros de la ecuación de Arrhenius para la predicción de vida útil a diferentes temperaturas de mantequilla de maní tratada con estabilizadores.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del maní

2.1.1. Definición

Arachis hypogaea, conocida comúnmente como “Maní”, es una especie proveniente de Sudamérica, sur de Bolivia y noroeste de Argentina (Torres, 2020). Los frutos del maní al momento de ejecutar su cosecha se encuentran en diversos estados de desarrollo, como frutos maduros y como brotes o semi maduros, esto debido a que la floración de la planta es indeterminada, el fruto presenta forma redondeada y en algunos casos se encuentran semillas alargadas con un tegumento membranoso (Zapata et al., 2012). Las semillas pesan aproximadamente 0,3 a 1,5 g, están recubiertas por un tegumento seminal muy fino el cual varía de color de acuerdo con la variedad, presentando colores rosado, morado, blanco y negro, de modo que se realiza un certificado de acuerdo a la variedad, por ende el hacer uso de semillas de maní certificadas es ventajoso por que representa la seguridad del producto haciendo referencia a la calidad y pureza de la variedad (Cruz, 2019).

2.1.2. Taxonomía

Cruz (2019) clasifica el maní de la siguiente manera:

Reino	:	Vegetal
División	:	Espermatofitos
Subdivisión	:	Angiosperma
Clase	:	Dicotiledóneas
Subclase	:	Rosidae
Orden	:	Leguminales
Familia	:	Fabaceae
Género	:	Arachis
Especie	:	Hypogaea
Nombre común	:	Maní o cacahuete

2.1.3. Usos del maní

El maní es una de las semillas oleaginosas que presenta un gran estudio a nivel mundial debido a las proteínas que contiene. La importancia o realce que tiene esta semilla sobre otras es que tiene un sabor suave, no presenta problemas en el color y para su preparación se realiza procesos mínimos (selección y descascarado). En todo el mundo se hace uso del maní

para diversos productos, se utiliza este en forma hervida, tostado, entero o desgrasado, en el caso ya de alimentos procesados se encuentra como mantequilla de maní, sémolas o harinas fortificadas, las cuales se pueden usar en la elaboración de panes, frituras, bocadillos, etc. (Montero, 2020). Timbabadiya et al. (2017) mencionan que el maní es una de las semillas que contiene gran cantidad de proteínas, catalogándola como la fuente más accesible de proteína, de tal forma que se puede adquirir en mercados, encontrándolos en presentaciones de semillas crudas, cocidas, saladas, tostadas con y sin cáscara, mantequilla y como insumo para preparación de otros productos. Cruz (2019) indica que esta leguminosa es un alimento considerado muy importante, debido a que presenta un alto contenido de aceites (48,5 %), proteínas (29,5 %), vitaminas y minerales un total de 22 %, por ello el maní se usa como consumo directo, también es usado en la industria de obtención de aceites y confites.

2.2. Mantequilla de maní

Es un alimento hecho principalmente de maníes que han sido tostados y molidos, se destaca por su consistencia suave y cremosa, así como por su distintivo sabor a nuez y se emplea comúnmente para untar en pan, galletas y otros alimentos, además de ser un ingrediente versátil en diversas preparaciones culinarias (Wang et al., 2022). El consumo de la mantequilla de maní se remonta tiempos atrás, generando demanda en el mercado debido a que es considerado un alimento con buena fuente de proteína, utilizado por personas que llevan una dieta vegetariana o cetogénica, es decir, personas que llevan una dieta alta en grasa y adecuada en proteínas, pero baja en carbohidratos, como es el caso de los atletas o personas que sufren enfermedades como la epilepsia (Sithole et al., 2022). La mantequilla de maní presenta estabilidad en su almacenamiento debido a que durante su proceso se utilizan estabilizadores como aceites hidrogenados, sal, melazas o azúcar (Gills y Resurrección, 2007), los cuales también actúan brindando un gran atractivo organoléptico al producto, sin embargo hoy en día una alimentación saludable predomina ante el consumo de alimentos sin aditivos (Murley y Chambers, 2019). En este producto si no se hace uso de estabilizantes tiene un tiempo de vida menor que al usar estabilizadores, debido a que estos evitan la separación en fases del aceite, por ello es importante el uso de los aditivos en la elaboración del producto ya que el color, sabor y textura son características atractivas para el consumidor (Lykomitros et al., 2016). De manera que estas características están impulsadas por el proceso de producción que tiene el maní (crecimiento) y la mantequilla (almacenamiento, tostado, molienda y estabilizado) (Wang et al., 2022).

2.2.1. Composición química

La mantequilla de maní se utiliza ampliamente como una excelente fuente de proteína vegetal y otros nutrientes, este producto del maní tiene las posibilidades de lograr el mantenimiento de la calidad de sí mismo, por la cantidad de grasas que tiene, como todo alimento procesado sufre pérdidas de sus componentes por los métodos de procesamiento para elaborar mantequilla, principalmente las altas temperaturas; es por ello es importante conocer la composición química de la mantequilla de maní ya que desempeña una función importante en la producción y la conservación del alimento (Abraha et al., 2018).

En la Tabla 1 se presenta la composición química de la mantequilla de maní según Abraha et al. (2018).

Tabla 1. Composición química de la mantequilla de maní.

Componente	Contenido (%)
Grasa	52,6 ± 0,4
Proteína	25,2 ± 0,2
Carbohidratos	16,2 ± 0,2
Fibra	3,5 ± 0,3
Ceniza	2,4 ± 0,4
Humedad	0,8 ± 0,2

Fuente: Abraha et al. (2018).

La composición química de los alimentos en la definición de su valor nutritivo data de fines del siglo pasado, cuando Atwater, en 1894, estableció que esta información era indispensable para mejorar el presupuesto familiar. Al mismo tiempo este conocimiento posibilitó el desarrollo de los primeros conceptos acerca de la relación entre la dieta y la salud de la población, iniciándose las primeras investigaciones sistemáticas tendientes a estudiar los requerimientos nutricionales del ser humano (Timbabadiya et al., 2017). El conocimiento de la composición química de los alimentos es el primer paso esencial en el tratamiento dietético de enfermedades y el estudio nutricional cuantitativo.

En la Tabla 2 se presenta la composición química y nutricional del maní tostado según Sithole et al. (2022).

Tabla 2. Composición química y nutricional del maní tostado.

Componentes	Clase	Tipos	Cantidad por 100 g de maní tostado
Lípidos		Saturado	6,893 g
		Monosaturado	24,640 g
		Polisaturado	15,694 g
		Grasa soluble	Tocoferoles
Vitaminas		Riboflavina	0,098 mg
		Tiamina	1 mg
		Ácido pantoténico	1,395 mg
		Niacina	13,525 mg
		Piridoxina	0,256 mg
		Folato	145 mg
		Colina	55,3 mg
Minerales	Macro elementos	Potasio	658 mg
		Sodio	5,56 mg
		Calcio	54 mg
		Magnesio	175 mg
		Fósforo	358 mg
Aminoácidos		Triptófano	0,230 mg
		Leucina	1,535 mg
		Isoleucina	0,833 mg
		Metionina	0,291 mg
		Fenilalanina	0,304 mg
		Valina	0,993 mg
		Lisina	0,85 mg
		Treonina	0,811 mg
		Glicina	1,427 mg
		Alanina	0,941 mg
		Cisteína	0,304 mg
		Tirocina	0,963 mg
		Arginina	2,832 mg
		Histidina	0,599 mg
Ácido aspártico	2,888 mg		
Ácido glutámico	4,949 mg		
Otros	Total carbohidratos		21,51 mg
	Total azúcares		4,18 mg
	Fibra dietaria		8 mg

Fuente: Sithole et al. (2022).

2.2.2. Proceso de elaboración de mantequilla de maní

El maní es un alimento que es sometido a procesamiento para obtener mantequilla de maní, el método de fabricación en los diversos lugares es diferente, se ve modificado por las investigaciones o avances que se van presentando, el proceso que se muestra es de forma global (Wang et al., 2022).

La recepción del grano de maní es sin la cáscara, se selecciona separando granos con algunas imperfecciones (presencia de mohos). El tostado ayuda a dar color al grano (mayor tiempo de tostado, mayor es la coloración del grano), genera el sabor y aumenta la vida útil del maní debido a que reduce el porcentaje de agua que contiene el grano (de 5% a 0,5%), es importante controlar este proceso porque influye en el sabor final de la mantequilla. El primer enfriado es importante para que el sabor y color se mantengan ya que si no se mantiene la temperatura puede seguir tostándose por presentar un gran contenido de aceite. De forma industrial este proceso se lleva a cabo en bandas transportadoras para que así el aire que circula llegue a cubrir todo el grano de maní. El pelado se realiza para quitar la piel que cubre la semilla del maní, también para remover algunas partes quemadas y partículas extrañas que estén pegadas al grano, todo esto para evitar que el producto final tenga sabores desagradables. Este proceso puede ejecutarse de diferentes maneras, ya sea utilizando impacto de aire, movimiento, pelado con agua o en seco. La molienda y mezclado se realizan ambas operaciones donde se adiciona los ingredientes sal o azúcar; sin embargo, es mejor colocar éstos ingredientes en la máquina durante la molienda para reducir el tamaño de partícula y evitar la formación de cristales. Asimismo, se recomienda agregar los estabilizantes en esta operación debido a que las paredes del maní se rompen por la fricción y energía, provocando que el aceite se caliente y de esta forma el emulsificante se disuelva mejor ya que requiere de altas temperaturas. La desaireación permite quitar el aire (burbujas de aire) que se incorpora durante la molienda y mezclado, al no realizar esta operación se genera un aspecto indeseable al producto final y disminuye la vida útil (acelera el deterioro), se quita el aire a una presión de vacío 0,4 atm. El segundo enfriado es para que el estabilizante utilizado no produzca ninguna reacción y permita que los enlaces de la mantequilla se mantengan estables. El envasado se realiza en envases de vidrio con tapas roscas debido a que estos dan un formato más seguro al producto, porque tienen un sellado más compacto lo que asegura al producto a no ser expuesto al oxígeno, por ello la vida útil que se le estima a este producto es de un (01) año máximo.

2.2.3. Exigencias para la mantequilla de maní

Para sacar al mercado la mantequilla de maní como producto es necesario cumplir con algunos requisitos, tal como menciona la Norma para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales del Codex Alimentarius. Dentro de esto engloba los requisitos organolépticos como el aroma, sabor, color, materia extraña y requisitos físicos. En cuanto al aroma y sabor que debe presentar, ésta va relacionado con el olor y sabor característico del maní, se debe evitar la rancidez o diversos sabores extraños referente a la materia prima. El color establecido para el maní es ligeramente marrón, determinado por un buen tostado (Codex Alimentarius, 1981). Los factores de calidad y composición de la mantequilla de maní se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Requisitos físicos para la mantequilla de maní.

Características de calidad	Dosis máxima
Impurezas insolubles	0,05 % m/m
Hierro (Fe)	5,0 % mg/kg
Cobre (Cu)	0,4 % mg/kg
Índice de acidez	4,0 mg de KOH/g de grasa o aceite
Índice de peróxido	10 mili equivalentes de oxígeno activo/kg de aceite

Fuente: Codex Alimentarius, (1981).

Para el etiquetado del producto es necesario adjuntar una serie de información en la etiqueta, la cual irá en cada envase, ubicada en una zona muy visible y con un adhesivo difícil de remover. La etiqueta debe de contener la siguiente información: nombre del producto, marca comercial, grado de picor en caso sea necesario por el producto, número de lote, peso neto, zona de producción (País), fecha de producción, fecha de vencimiento, información nutricional y registro sanitario.

2.2.4. Defectos en la mantequilla de maní

- **Separación de aceite y sólido:** Ocurre durante el almacenamiento de la mantequilla de maní, lo que da como resultado que el aceite de maní natural suba a la parte superior y que quede una capa dura de maní sólida en el fondo, lo que le hace que este sea menos untable. Además, este aceite separado se vuelve rancio rápidamente y desarrolla un olor y sabor desagradable (Mohd Rozalli et al., 2016). En la producción de mantequilla de maní, se mezclan aditivos como sal, azúcar y aceite vegetal (estabilizador) con el maní molido para darle la calidad deseada al producto terminado y hacer que éste sea homogéneo (Aryana et al., 2003).

Comercialmente, los aceites vegetales hidrogenados, como los de soya, semilla de algodón, palma y colza, se agregan a la mantequilla de maní para evitar la separación del aceite y la degradación sensorial, estos estabilizadores evitan dicha separación ya que desarrollan una matriz que resiste este fenómeno y forma una mezcla homogénea de mantequilla de maní, induciendo una fuerza repulsiva, produciendo alta tenacidad y baja capacidad de esparcimiento (Gorrepati et al., 2015). Esta separación de aceite y sólidos ocurre porque naturalmente, los manís tienen un alto contenido de ácidos grasos insaturados y la adición de estos aceites hidrogenados da como resultado un incremento de grasas saturadas en el producto final que mantendrá la homogeneidad en la mantequilla de maní por mucho más tiempo (Mohd Rozalli et al., 2016).

- **Textura inadecuada:** Se debe a diferentes factores: como la temperatura de almacenamiento, la calidad de los ingredientes añadidos y la cantidad de aceite separado. El almacenamiento en temperaturas demasiado altas hace que la mantequilla de maní se vuelva demasiado blanda, mientras que el almacenamiento en temperaturas frías hace que los aceites tiendan a solidificarse logrando que se haga quebradiza lo que significa que puede romperse o desmoronarse fácilmente en lugar de mantener una consistencia suave y cremosa. En cuanto a la calidad de los ingredientes añadidos es favorable que todos sean aptos, caso contrario no sólo afectará la textura sino también todos los atributos organolépticos y nutricionales; la cantidad de aceite separado es un problema para la textura, a mayor cantidad mayor rancidez, también va a ser muy aceitosa a la vista y al paladar de los consumidores (Gong et al., 2018).

- **Contaminación por aflatoxinas:** Las aflatoxinas son un grupo de toxinas producidas por ciertas especies de hongos, principalmente por *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*, estos hongos pueden crecer en alimentos como granos, nueces, semillas y especias, especialmente en condiciones cálidas y húmedas. Existen varios tipos de aflatoxinas, pero las más comunes y estudiadas son la aflatoxina B1 (AFB1), la aflatoxina B2 (AFB2), la aflatoxina G1 (AFG1) y la aflatoxina G2 (AFG2), la AFB1 es considerada la más tóxica y carcinogénica para los humanos, todas estas aflatoxinas pueden tener efectos adversos graves para la salud humana y animal. La contaminación por aflatoxinas en los alimentos es un problema de seguridad alimentaria en muchas partes del mundo, especialmente en regiones con condiciones climáticas favorables para el crecimiento de estos hongos (Masaka y Ndlovu, 2022).

La presencia de aflatoxinas en la mantequilla de maní puede ocurrir si los manís utilizados en su producción están contaminados, esto ocurre durante el almacenamiento inadecuado de los manís, falta de control de la humedad, la temperatura inadecuada durante el

procesamiento, o la falta de higiene en las instalaciones de producción. Para reducir la presencia de aflatoxinas en la mantequilla de maní, es importante implementar prácticas agrícolas adecuadas, con el fin de prevenir la contaminación por aflatoxinas, seguir buenas prácticas de fabricación durante el procesamiento de la mantequilla, el almacenamiento adecuado y temperaturas de secado adecuadas para prevenir el crecimiento de hongos (Sithole et al., 2022).

2.3. Oxidación o rancidez oxidativa

2.3.1. Definición

La oxidación es un proceso irreversible muy común en los aceites y grasas, así como en los alimentos que contienen estos componentes ya que son muy susceptibles a procesos de oxidación, por lo que las reacciones de oxidación son una de las principales fuentes de deterioro que ocurre durante la fabricación, almacenamiento y distribución (Żegarska et al., 2016). La rancidez oxidativa en los alimentos se refiere a la percepción de sabores y olores desagradables causados por la oxidación de las cadenas de ácidos grasos insaturados de lípidos por el oxígeno atmosférico, debido a la naturaleza "espontánea" de la reacción, el proceso se denomina frecuentemente autooxidación (Velasco et al., 2010).

2.3.2. Mecanismos de oxidación lipídica

Schaich et al. (2013) mencionan que la oxidación de lípidos implica principalmente la reacción del oxígeno con ácidos grasos insaturados (ácidos grasos con doble enlaces), aunque no se pueden descartar reacciones secundarias con ácidos grasos saturados (sin dobles enlaces). La oxidación de lípidos en los alimentos se asocia más comúnmente con grasas y aceites a granel o en fases oleosas de emulsiones y ciertamente ahí es donde la reacción es más obvia para los consumidores.

La oxidación de lípidos se ha reconocido desde hace mucho tiempo como una reacción en cadena de radicales libres que ocurre en tres etapas: iniciación, propagación y terminación. La reacción en cadena radical es responsable de varias características cinéticas únicas que presentan distintos desafíos en la medición y el control de la oxidación de lípidos, y son parte de la razón por la cual la oxidación de lípidos es uno de los principales problemas en la estabilidad de almacenamiento de los alimentos (Girrotti, 2015).

Los mecanismos de oxidación e hidrólisis son completamente diferentes al igual que los productos de degradación que provocan "rancidez", como sugiere su nombre, la oxidación requiere oxígeno y la hidrólisis requiere agua para que se desarrollen las reacciones; la oxidación se puede dividir en tres subgrupos principales: Autooxidación, fotooxidación y

oxidación catalizada por enzimas. Químicamente las grasas se componen de varios tipos diferentes de moléculas, pero el más común de ellos es el triacilglicerol o triglicérido, éste es un triéster de glicerol con cada uno de los tres grupos hidroxilo en la molécula de glicerol siendo esterificado con un ácido graso. Por tanto, la molécula de triglicérido puede ser representado esquemáticamente como se muestra en la Figura 1. En términos generales, los ácidos grasos que se encuentran más comúnmente en aceites y grasas pueden dividirse en cuatro tipos principales: saturado, monoinsaturado, poliinsaturado y grasas trans.

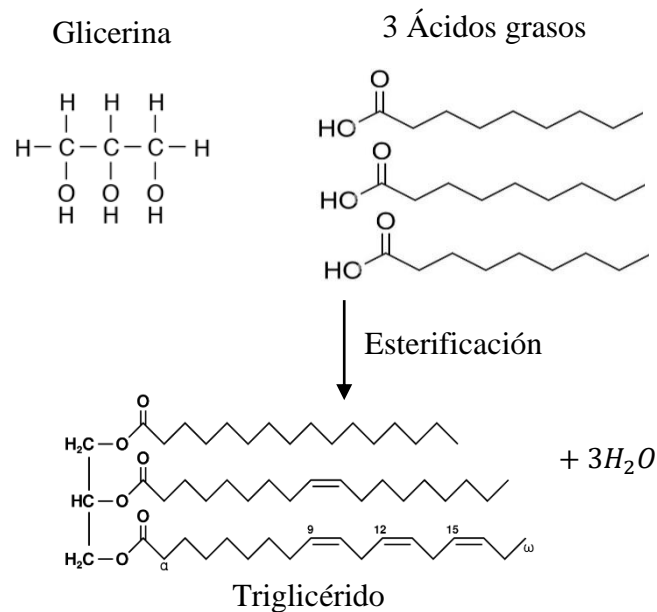


Figura 1. Reacción de esterificación de la molécula de triglicéridos.

Tabla 4. Punto de fusión de los ácidos grasos más comunes.

Longitud de cadena	Nombre	Temperatura del punto de fusión (°C)
10:0	Cáprico	31,6
16:0	Palmítico	62,9
18:0	Esteárico	70,1
18:1 cis	Oleico	16,0
18:1 trans	Elaídico	44,0
18:2 cis, cis	Linoleio	-6,5
18:3 cis, cis, cis	Linolénico	-12,8
20:0	Araquídico	76,1

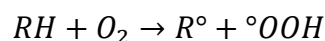
Fuente: Girotti (2015).

Las propiedades físicas, particularmente las propiedades de fusión de los ácidos grasos (Tabla 4), dependen de tres parámetros principales: la longitud de la cadena o el número de átomos de carbono en la cadena, el grado de insaturación o cuántos dobles enlaces hay en la cadena, la naturaleza o geometría de la insaturación o si está en configuración cis o trans. Cuanto mayor sea la longitud de la cadena, mayor será el punto de fusión del ácido graso; cuanto mayor es el grado de insaturación, menor es el punto de fusión del ácido graso.

❖ **La autooxidación** de ácidos grasos insaturados es una de las reacciones fundamentales en el deterioro de los alimentos y se presenta durante el almacenamiento de alimentos crudos, procesamiento, tratamiento térmico y almacenamiento prolongado de productos terminados; los radicales libres que se forman durante la oxidación causan deterioro en los alimentos, que puede afectar el color, aroma o textura. Las características, cantidad y velocidad de formación de los compuestos producidos durante la degradación de lípidos están influenciadas por una serie de factores. Algunos de estos dependen de la composición del alimento y otros de métodos o condiciones de almacenamiento (Frankel, 2014).

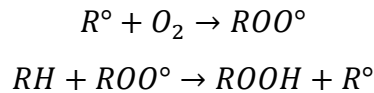
Los potenciadores más destacados de la oxidación son las especies reactivas al oxígeno (ROS), que son productos metabólicos secundarios normales generados continuamente en la mitocondria de la mayoría de las células, éstos incluyen radicales libres como el radical hidroxilo (OH°), el radical anión superóxido (O_2°), los radicales peróxido (ROO°), el alcoóxido (RO°), los peróxidos como el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y los hidroperóxidos (ROOH). Cada una de estas ROS es altamente reactiva e inestable debido al hecho de que contienen un electrón no apareado en su cubierta externa de electrones y esta conformación le proporciona la habilidad de rápidamente interactuar con macromoléculas celulares como lípidos, proteínas y ácidos nucleicos (Cecarini et al., 2007).

- **Fases de la Autooxidación:** La oxidación lipídica ocurre mediante un mecanismo autocatalítico de radicales libres llamado autooxidación, que consiste de tres fases: iniciación, propagación y terminación, se inicia con la quita de un átomo de hidrógeno del grupo metileno localizado entre dos dobles enlaces de un ácido graso (RH) y se forma un radical con carbono central (R°) (Stahl, 2005) como se indica a continuación:

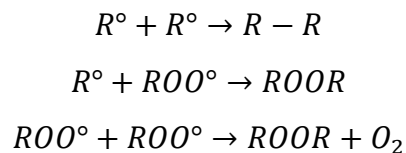


Iniciación: Se ve favorecida si aumenta el número de dobles enlaces del ácido graso, por ello los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) son más susceptibles a la oxidación, y puede ser catalizada por OH° o por ciertos complejos como los radicales ferrilos o perferrilos (Cecarini et al., 2007).

Propagación: El radical reacciona con el oxígeno, para dar un radical piróxilo (ROO°). Éste es lo suficientemente reactivo como para propagar una reacción en cadena, quitando otro átomo de hidrógeno de un PUFA contiguo, esta reacción en cadena es favorecida por la luz y el oxígeno (Insani et al., 2008). De esta última reacción se forman los hidroperóxidos lipídicos ($ROOH$) y un nuevo radical lipídico con carbono central (R°) como se muestra a continuación:



Terminación: Los radicales libres en ausencia de oxígeno, reaccionan entre sí para dar diferentes productos más estables como se indica a continuación:



Dentro de estos productos secundarios se incluyen: alcanos, cetonas, hidrocarburos, alcoholes, ácidos y aldehídos como el malondialdehído (MDA) que es un iniciador carcinogénico y mutagénico que puede afectar a las proteínas y al ADN. Además, al tener un alto grado de toxicidad pueden afectar negativamente el olor, sabor, valor nutricional y por ende la calidad de los alimentos (Cifuni et al., 2006).

❖ **Foto oxidación:** Los hidroperóxidos, incluidos los que se encuentran en los alimentos, pueden generarse a través de varios mecanismos, uno de los cuales implica la presencia de luz y fotosensibilizadores. Estos fotosensibilizadores, como la clorofila, las hemoproteínas y la riboflavina, se activan cuando absorben luz, las especies excitadas pueden entonces iniciar la formación de hidroperóxidos de dos maneras principales.

En primer lugar, las especies activadas pueden actuar como iniciadores de radicales libres al transferir electrones a los lípidos, este proceso forma radicales que reaccionan con el oxígeno de manera similar al proceso de autooxidación, lo que lleva a la formación de hidroperóxidos, los cuales son estructuralmente idénticos a los producidos mediante autooxidación. En segundo lugar, los fotosensibilizadores excitados pueden producir oxígeno singlete a través de la transferencia de energía. El oxígeno singlete es una especie altamente reactiva que reacciona directamente con los lípidos insaturados, esta reacción implica que el oxígeno singlete se añada a los extremos de los dobles enlaces, lo que resulta en enlaces dobles trans alílicos en los hidroperóxidos resultantes. Los diferentes ácidos grasos producen mezclas

variables de hidroperóxidos, algunos con enlaces dobles conjugados similares a los formados por autooxidación de radicales libres, mientras que otros son únicos en su susceptibilidad a la oxidación singlete debido a la configuración de sus enlaces dobles (Choe y Min, 2006). Si bien la oxidación singlete puede generar hidroperóxidos específicos, generalmente se acepta que la autooxidación sigue siendo el mecanismo predominante una vez que se forman los hidroperóxidos iniciales.

Oxidación catalizada por enzimas: Muchos tejidos vegetales y animales contienen la enzima lipoxigenasa, que puede catalizar cambios oxidativos dentro de las semillas, en un sentido comercial esto no es un problema para los fabricantes de alimentos y para la vida útil de los aceites y grasas, pero puede ser una cuestión en lo que respecta a los procesadores de aceites y grasas, ya que la formación de hidroperóxidos en semillas oleaginosas como la soja y cualquier conversión posterior de estos en aldehídos significa que parte del aceite dentro de la semilla se oxida incluso antes de que haya sido extraído. Cuando se expulsa o extrae el aceite de las semillas con él se extraen los hidroperóxidos y sus productos de degradación (Talbot, 2011).

2.3.3. Factores que favorecen la oxidación

La oxidación de lípidos es un proceso multifactorial y en la mayoría de los casos es difícil evaluar el efecto de un factor específico en el proceso de oxidación general, porque muchos actúan simultáneamente e incluso están interrelacionados (Velasco et al., 2010). En general, los factores principales se pueden dividir en factores extrínsecos: contenido de oxígeno, temperatura, luz y otros; y factores intrínsecos: la composición lipídica, el grado de insaturación de los ácidos grasos libres, trazas de metales, antioxidantes y las características físicas de los alimentos (Holman y Elmer, 2018).

- **Contenido de oxígeno:** La ausencia absoluta de oxígeno impide la alteración oxidativa de lípidos, ya que el oxígeno es un reactivo esencial para propagar la reacción. En estudios realizados sobre lípidos en ausencia de oxígeno han mostrado la formación de isómeros, dímeros y oligómeros geométricos y cíclicos sin oxígeno adicional como los únicos productos de degradación (Velasco et al., 2010).

- **Temperatura:** El aumento de temperatura conduce a una reducción significativa en la duración del periodo de inducción, es decir, la velocidad de oxidación aumenta exponencialmente con la temperatura. Además, existe una fuerte interacción entre la temperatura y oxígeno porque la solubilidad del oxígeno disminuye a medida que la temperatura aumenta (Dobarganes y Márquez, 2008).

- **Luz:** El efecto directo de la luz sobre los lípidos consiste en acelerar la auto oxidación favoreciendo la formación de radicales libres en el paso de iniciación, es decir, actuando como un catalizador de la abstracción de hidrógeno y en la descomposición de hidroperóxidos (Holman y Elmer, 2018).

- **Composición de ácidos grasos:** El grado de insaturación es uno de los factores más determinantes en la tasa de oxidación de lípidos. La velocidad de oxidación del ácido graso insaturado es determinante y las diferencias son altas a comparación de los ácidos grasos saturados (Holman y Elmer, 2018). Está establecido que la velocidad de oxidación también depende de la posición y configuración geométrica de los dobles enlaces, de la longitud de los enlaces y cadena de ácidos grasos (Cifuni et al., 2006).

- **Metales:** Los metales de transición, como el cobre y el hierro, siempre están presentes como trazas de impurezas o incluso en ciertos alimentos como micronutrientes añadidos y son pro-oxidantes eficaces los cuales son sustancias químicas que inducen estrés oxidativo (Velasco et al., 2010).

- **Antioxidantes:** Son componentes menores presentes naturalmente en los aceites, como los tocoferoles y los polifenoles, ejercen un papel protector esencial contra la oxidación de lípidos. Los antioxidantes pueden actuar por diferentes mecanismos; incluso un solo antioxidante puede actuar por más de uno. El principal mecanismo por el cual los antioxidantes fenólicos, como los tocoferoles, su acción consiste en interrumpir la cadena de propagación de autooxidación al reaccionar con radicales peróxilo para producir menos reactivos, es por eso que se los conoce como antioxidantes rompedores de cadenas (Cifuni et al., 2006).

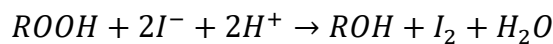
2.3.4. Medición de la oxidación de un alimento

Se han desarrollado una gran cantidad de métodos analíticos para evaluar el alcance y naturaleza del deterioro oxidativo de los lípidos en alimentos o productos alimenticios, desafortunadamente, no existe un método universal único para lograr el objetivo de evaluar el grado de oxidación. Es por ello que se debe realizar el uso combinado de los métodos; un buen método debe medir la oxidación de lípidos antes de que el punto de rancidez sea organolépticamente obvio para todos (Coupland y McClements, 2014).

Análisis instrumentales: Existen numerosos procedimientos analíticos basados en reacciones químicas para evaluar el grado de oxidación de lípidos en los alimentos. Normalmente, la extracción del material graso (separación de fases) es necesaria y se considera el paso más crítico en la evaluación analítica porque las condiciones aplicadas pueden modificar

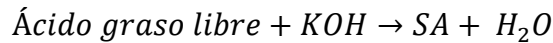
el conjunto de lípidos oxidados desde un punto de vista tanto cualitativo como cuantitativo. El método más común aplicado en laboratorios de control de calidad y aquellos de la investigación es el índice de peróxido e índice de acidez ya que se clasifican como índices de calidad porque se determina la formación de peróxido y descomposición de las grasas (Marmesat et al., 2008).

❖ **Índice de peróxido:** Es un parámetro que especifica el contenido de oxígeno como peróxido, especialmente hidroperóxidos, en una sustancia y es expresado en términos de mili equivalentes (meq) de yodo libre por kilogramo de grasa, éste se determina titulando el yodo liberado del yoduro de potasio con solución de tiosulfato de sodio (Fontaine, 2019). El índice de peróxido en los lípidos se determina mediante una reacción química que implica la oxidación de iones yoduro (I^-) a yodo molecular (I_2) por los peróxidos presentes en la muestra. La reacción general es la siguiente:



Dónde: $ROOH$ representa un peróxido orgánico presente en la muestra; $2I^-$ es el ion yoduro; $2H^+$ es un catión de hidrógeno que puede provenir de un ácido; ROH es un alcohol; I_2 es yodo molecular y H_2O es agua (Fontaine, 2019).

❖ **Índice de acidez:** Cantidad de miligramos de hidróxido de potasio necesaria para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en un gramo de aceite o grasa y constituye una medida del grado de hidrólisis de una grasa (Zelalem y Abdulkadir, 2021). Se conoce como acidez total libre o grado de acidez al contenido, en tanto por ciento, de ácidos grasos libres, y puede expresarse en varias formas; cuando se refiere como porcentaje, la cifra de los ácidos grasos libres se expresa bajo el supuesto que el ácido libre considerando el ácido oleico; en las materias grasas, la acidez libre corresponde a la suma de los ácidos grasos no combinados, que resultan de la degradación de los triglicéridos que contienen, ya sea por acción enzimática, bacteriana o química. Por consiguiente, la acidez total mide el grado de descomposición de los materiales grasos (Nielsen, 2003). El índice de acidez mide la cantidad de contenido de ácidos grasos libres y es un parámetro importante que se utiliza para la caracterización y la evaluación de la calidad de las grasas y aceites comestibles. Además, el contenido de ácidos grasos libres se utiliza para realizar las pruebas de pureza y permite, en algunos casos, extraer conclusiones sobre el pretratamiento o las reacciones de descomposición que se producen. A medida que aumenta el índice de acidez de un aceite, su calidad disminuye, éste índice aumenta con la edad del producto debido a la descomposición de los triglicéridos, se descomponen en ácidos grasos y glicerol como efecto del tiempo (Abdulkadir, 2021). La reacción química que ocurre al medir el índice de acidez es la siguiente:



Dónde: El ácido graso libre es el que está presente en la muestra que se titula; KOH es el hidróxido de potasio que es la base utilizada en la titulación; SA es la sal del ácido graso, producto formado entre la reacción del ácido graso libre y el hidróxido de potasio y el H_2O es el agua producto de la reacción (Gyorik et al., 2006).

❖ **Actividad de agua:** La actividad del agua en alimentos es una medida que indica la disponibilidad del agua en un alimento para participar en reacciones químicas, microbiológicas y en la estabilidad del producto, se expresa como la relación entre la presión de vapor del agua en el alimento y la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura (Acevedo et al., 2006). En términos más simples, la actividad del agua en alimentos indica cuánta agua está disponible en forma libre o no ligada en un alimento, por ello se considera un factor importante en la conservación de alimentos, ya que niveles bajos de actividad del agua pueden ayudar a prevenir el crecimiento microbiano y la degradación de los alimentos (Iglesias y Chirife, 2014). Según Norrish, (2007) es importante medir la actividad de agua de un alimento almacenado por las siguientes razones: seguridad alimentaria, calidad del producto y vida útil del producto.

Análisis sensorial: La evaluación sensorial se describe como una disciplina científica empleada para describir, medir, analizar e interpretar las respuestas que provienen de un alimento y que son percibidas mediante los sentidos: La vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído (Singh-Ackbarali y Maharaj, 2014). Duizer y Field, (2015), señalan que los órganos de los sentidos pueden considerarse como detectores que ayudan a transmitir información sobre las propiedades de los alimentos desde estímulos externos al cerebro. El análisis sensorial es considerado una ciencia que abarca diferentes disciplinas y que se vale de la percepción sensorial de expertos humanos para determinar atributos, umbrales y variaciones en el diseño experimental de la respuesta sensorial individual; todo ello con el fin de medir las características sensoriales y la aceptabilidad de productos alimenticios (Singh-Ackbarali y Maharaj, 2014).

La razón principal por la que se utiliza la evaluación sensorial además de la evaluación fisicoquímica, microbiológica y nutricional de un alimento es realizar un análisis y descripción completos del mismo para establecer el grado de aceptabilidad entre los consumidores. Incluso si un producto alimenticio tiene garantizada la seguridad alimentaria mediante el cumplimiento de todos los criterios microbiológicos y tiene un contenido de nutrientes que satisface todas las necesidades del cuerpo, si no es sabroso será rechazado por los consumidores (Stone y Sidel, 2011).

La visión es el primer sentido que una persona usará para evaluar las propiedades sensoriales de un alimento. Posteriormente, utilizará el olfato, ya que el olor de los alimentos se detecta inicialmente a través de la nariz al inhalar los componentes volátiles, un proceso conocido como olfacción orthonasal, una vez que el alimento se introduce en la boca y se mastica, ocurre la olfacción retronasal a medida que los volátiles se mueven hacia la nasofaringe durante la masticación (Auvray y Spence, 2008). Por lo tanto, el procesamiento oral de los alimentos también es necesario para una percepción sensorial adecuada ya que los sabores se desarrollan durante el consumo de un alimento mediante la liberación de sustancias sápidas del alimento durante la masticación, al ser liberados, los compuestos del sabor se mezclan con la saliva y viajan a las papilas gustativas donde se perciben como dulce, salado, ácido, amargo o umami (Olshansky et al., 2002). Los métodos sensoriales en forma general pueden ser separados en dos grupos: Métodos analíticos y métodos afectivos. El propósito de los métodos analíticos es evaluar las características de los alimentos utilizando para ello jueces entrenados, mientras que los métodos afectivos evalúan la respuesta o lo que provoca el producto en el consumidor (Maharaj, 2014).

Métodos analíticos: Se llevan a cabo en un entorno de laboratorio controlado y son realizadas por evaluadores previamente seleccionados y entrenados (evaluadores analíticos), estas pruebas se dividen en pruebas de discriminación, pruebas descriptivas y pruebas con consumidores (Avsar et al., 2010).

- **Pruebas de discriminación:** El propósito de las pruebas de discriminación es determinar si existe una diferencia entre las muestras al compararlas entre sí, durante la evaluación de la similitud o disimilitud de las muestras, las pruebas pueden ser generales o centradas en atributos dependiendo del objetivo. Sin embargo, los métodos de pruebas de discriminación no pueden utilizarse si la diferencia entre las muestras es demasiado obvia; este tipo de prueba se clasifica en pruebas de diferenciación o pruebas de sensibilidad (Duizer y Field, 2015). La prueba de diferenciación se basa en comparar entre dos o cinco muestras a la vez, estas son: comparación de pares, prueba de dúo – trío y prueba triangular, si se trata de comparar más de cinco muestras se utilizan pruebas de escalas de control y pruebas de ordenamiento (Avsar et al., 2010).

- **Pruebas de escalas de control:** Las pruebas con escalas son aquellas en las que se cuantifica la intensidad de una característica sensorial utilizando una escala específica, en estas pruebas el evaluador responde a las distintas propiedades sensoriales de un producto mediante la evaluación de la intensidad de cada una de estas, según una escala que

puede traducirse a valores numéricos y ser procesada estadísticamente; existen cuatro tipos de escala: nominal, ordinal, intervalos y proporciones (Lewkowska et al., 2015).

✓ **Nominal:** Es útil para identificar y clasificar las propiedades sensoriales presentes que pueden enumerarse sin un orden específico. Por ejemplo, el sabor, el olor y la viscosidad son tres características de un producto sobre las que no se puede proporcionar más información que la enumeración.

✓ **Ordinal:** Son útiles para obtener respuestas rápidas sobre las diferencias entre varias muestras, los valores de las escalas ordinales indican la posición relativa que el evaluador asigna a cada muestra en comparación con las demás del grupo evaluado, las muestras se presentan debidamente codificadas y de manera desordenada y el evaluador les asigna un orden numérico.

✓ **Escala de categoría o intervalos:** Estas escalas también denominadas de partición son utilizadas con mucha frecuencia en la evaluación sensorial de alimentos, permitiendo calificar de acuerdo a una escala predeterminada los diferentes grados de intensidad cuando participan evaluadores entrenados, estas se subdividen en escala gráfica estructurada las cuales son un tipo unipolar, el punto neutral o cero está ubicado en uno de los extremos de la escala, en ellas se evalúa la intensidad de un solo atributo (Figura 2a) y escala gráfica no estructurada que se clasifica como bipolar, ya que abarca dos sensaciones interrelacionadas, duro y blando, que son términos opuestos para medir la intensidad de un atributo (Figura 2b) (Frankel et al., 2009). En el uso de escalas gráficas de intervalo, se recomienda emplear muestras de referencia siempre que sea posible, de acuerdo con el objetivo, estas muestras pueden ser señaladas directamente o indicadas sobre el continuo. De esta manera, la escala se basa en una muestra física en lugar de una idea o patrón mental, lo que ayuda a evitar sesgos, especialmente si el grupo no está altamente entrenado (Cifuni et al., 2006).

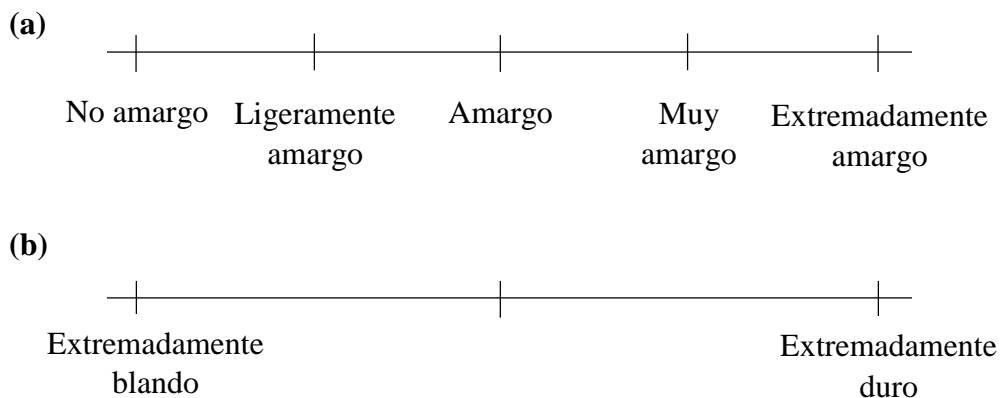


Figura 2. Escala gráfica estructurada (a) y no estructurada (b).

- **Pruebas descriptivas:** Este tipo de prueba se caracteriza porque el juez establece los descriptores que definen las características sensoriales de un producto y así cuantifican las diferencias existentes entre varios productos (Mazón et al., 2018). Se compone de un grupo de catadores sobre los cuáles se realiza de forma discriminada una descripción de las propiedades sensoriales (estudio cualitativo) y su medición (estudio cuantitativo); se entrena a los catadores durante seis a ocho sesiones para determinar atributos que caractericen las sensaciones percibidas, mínimamente se emplean diez personas por evaluación. En las pruebas descriptivas se utilizan panelistas seleccionados, altamente capacitados, por ello son los más complejos, ya que implican la detección y la descripción de los componentes sensoriales cualitativos (apariencia, sabor, textura, aroma, gusto y propiedades de sonido) y cuantitativamente (grado de intensidad de esos aspectos) de un producto por parte de los paneles de jueces capacitados (Murray y Delahunty, 2005).

- **Pruebas con consumidores:** Se conoce como prueba hedónica, y se utiliza para determinar si un producto es del agrado de los consumidores. Para ello, se emplean catadores no entrenados. Para obtener una respuesta estadísticamente significativa, se consulta a aproximadamente un centenar de personas, siendo común la participación de 80 consumidores (Rocha, 2019).

- **Pruebas afectivas:** Las pruebas afectivas son aquellas en las que el evaluador comunica su reacción personal hacia el producto, señalando si le agrada o si prefiere otro; normalmente, se llevan a cabo con paneles de personas no entrenadas o con compradores del producto en cuestión, estas pruebas incluyen la evaluación del nivel de satisfacción y las pruebas de aceptación (Mazón et al., 2018). A diferencia de los métodos descriptivos que se dedican a identificar y medir atributos específicos, las pruebas afectivas se concentran en la percepción y el disfrute general del producto por parte de los consumidores, estas pruebas generalmente incluyen paneles de consumidores sin experiencia previa en evaluación sensorial (Gastón et al., 2022).

2.4. Aspectos generales de la estabilidad

2.4.1. Definición

La estabilidad en los alimentos se define como las características que un alimento mantiene a medida que pasa el tiempo y son indispensables en el proceso de asegurar la calidad y seguridad de los alimentos cuando estos son procesados (FAO, 2006); los estudios de estabilidad de los alimentos procesados se realizan para determinar su tiempo de vida útil ya que estos se deterioran principalmente por contaminaciones microbianas, por actividad

enzimática y reacciones químicas; para evitar estos cambios y conservarlos por largo tiempo, se someten a uno de los procesos, o a una combinación de ellos, basados en altas temperaturas (escaldado, pasteurización, esterilización), en bajas temperaturas (refrigeración, congelación), en la eliminación del agua (deshidratación), en el control de la actividad del agua (concentración, alimentos de humedad intermedia), en el empleo de aditivos (Dergal, 2013).

2.4.2. Estabilizadores Alimenticios

Los estabilizadores alimenticios son considerados aditivos ya que se añaden a los alimentos en pocas cantidades (generalmente 1 al 2%) con el fin de mejorar su textura, consistencia y durabilidad durante su almacenamiento como en su procesamiento. Estos elementos contribuyen a mantener uniformidad en los alimentos, evitando la separación de sus ingredientes y previniendo cambios no deseados en su apariencia o estructura (Ferdaus et al., 2022). Pueden estar compuestos por una variedad de ingredientes, tanto naturales como artificiales, y se utilizan en una amplia gama de productos alimenticios, desde lácteos, cremas y productos de panadería hasta salsas, bebidas y variedad de alimentos procesados, su principal característica es que permiten mantener el estado fisicoquímico de un alimento, ya que incluyen sustancias que permiten el mantenimiento de una dispersión homogénea de dos o más sustancias inmiscibles en un alimento (Aryana et al., 2003). Entre los estabilizadores más comunes se encuentran los gelificantes, estabilizadores de emulsión, espesantes y agentes de textura; estos aditivos están sujetos a regulaciones por parte de las autoridades de seguridad alimentaria para asegurar su inocuidad y eficacia (Ferdaus et al., 2022).

Existen muchos procesos químicos que se utilizan para mejorar la estabilidad de los alimentos, prolongar su vida útil y para mantener su calidad sensorial y nutricional, entre los más comunes están: hidrogenación, esterificación, pasteurización e irradiación (Coupland y McClements, 2014).

- **Estabilizadores obtenidos por hidrogenación:** Es un proceso químico mediante el cual se añaden átomos de hidrógeno a compuestos insaturados, como aceites vegetales, para transformarlos en compuestos más saturados o grasas trans. Las grasas saturadas tienen una estructura molecular más recta y compacta que las grasas insaturadas, lo que les permite unirse más eficientemente, logrando que la grasa sea más sólida a temperatura ambiente, esto es porque las moléculas están más cerca unas de otras y tienen menos movimiento, lo que resulta en una estructura más rígida (Kobe, 2021). La hidrogenación se realiza en presencia de un catalizador, habitualmente níquel; es sometido a una corriente de gas hidrógeno bajo presión y a una temperatura controlada para que ocurra una reacción química donde los dobles enlaces en los ácidos grasos insaturados reaccionan con el hidrógeno para

formar enlaces simples. El proceso general de hidrogenación para las grasas son similares, las diferencias se derivan de las propiedades químicas y físicas inherentes a cada tipo de aceite, como la composición de ácidos grasos que cada uno presenta (Tike y Mahajani, 2006). Este proceso químico se emplea extensamente en la industria alimentaria para convertir aceites líquidos en grasas semisólidas o sólidas, para mejorar la plasticidad de los aceites vegetales y principalmente para incrementar la estabilidad y la vida útil de los productos con el fin de mejorar su funcionalidad y estabilidad (Qiu, 2023). La plasticidad es una propiedad fundamental de las grasas y aceites que influye en su funcionalidad y aplicabilidad en una variedad de productos alimenticios, por lo tanto, la hidrogenación de aceites vegetales es una técnica comúnmente utilizada para mejorar esta propiedad y adaptar las grasas a necesidades específicas (Mousavi et al., 2019).

➤ **Manteca de palma hidrogenada:** La manteca de palma es una grasa vegetal que se extrae de las semillas del fruto de la palmera *Elaeis guineensis* mediante procedimientos mecánicos (desgomado, blanqueado y desodorizado del aceite crudo de palma). Se compone de una combinación de ésteres de glicerol (triglicéridos) y se destaca por ser una fuente natural de carotenos y vitamina E; su versatilidad, se debe a la mezcla de ácidos grasos saturados e insaturados lo que le otorga un alto valor nutricional (Tabla 5) (Rincon y Martinez, 2009).

Tabla 5. Valor nutricional de la manteca de palma.

Componentes	Unidades	Cantidad
Energía	Kcal	63
Proteínas	g	0
Grasa Total	g	7
Grasa Saturada	g	3,2
Grasa monoinsaturado	g	3,1
Grasa poliinsaturada	g	0,7
Ácidos grasos trans	g	0,07
Colesterol	mg	0
Hidratos de carbono	g	0
Azúcares totales	g	0

Fuente: Rincon y Martinez (2009).

De manera tradicional, la manteca de palma es muy utilizada en la industria de alimentos debido a su estabilidad a altas temperaturas, es resistente a la oxidación,

polimerización y formación de espuma. El punto de humo de la manteca de palma es considerablemente alto, alcanzando los 230 °C, y presenta una mayor resistencia a la termoxidación en comparación con otras mantecas vegetales; el uso no convencional del aceite de palma como materiales comestibles puede clasificarse en: grasas para confitería, emulsionantes, estabilizadores y suplementos gracias a las propiedades que presenta (Asghar et al., 2019).

En la manteca de palma la hidrogenación puede ser parcial y alcanzar la misma eficiencia de otro aceite completamente hidrogenado, esto es por las grasas saturadas que esta tiene, además, la hidrogenación parcial puede producir menos grasas trans en comparación con aceites más insaturados (Qiu, 2023). La manteca de palma tiene una alta resistencia al calor ya que presenta un punto de fusión alto (31 – 33 °C) y cuando está hidrogenada llega a (34 – 36 °C), lo que la hace ideal para productos que experimentan procesos de calentamiento durante la fabricación, garantizando que los productos mantengan su estructura y calidad durante la producción y el almacenamiento (Tan et al., 2021). La manteca de palma hidrogenada mejora la textura y consistencia de los alimentos por las cualidades que esta adapta al ser hidrogenada (Asghar et al., 2019) ayudando a extender la vida útil de los alimentos al actuar como una barrera protectora contra la oxidación y el enranciamiento, por ser rica en grasas saturadas que son más estables y menos propensas a la oxidación que las grasas insaturadas (Kobe, 2021).

➤ **Aceite de canola hidrogenada:** El aceite de colza, extraído de las semillas de la planta de colza (también conocida como canola), es un aceite vegetal popular en Europa, Asia y Canadá, y está ganando terreno en otras regiones, presenta un sabor suave y neutro, y un alto punto de humo por lo cual es ideal para ser tratada a altas temperaturas. Además, es bajo en grasas saturadas y rico en grasas insaturadas, incluidos los ácidos grasos omega-3 y omega-6, que son buenos para el corazón (Hussain, 2023). El aceite de canola hidrogenado puede usarse como estabilizador en alimentos en ciertas circunstancias, ya que la hidrogenación parcial o total del aceite de canola puede cambiar su composición de ácidos grasos, haciéndolo más sólido a temperatura ambiente y más estable contra la oxidación, logrando mejorar su capacidad para actuar como estabilizador en productos alimenticios; en la Tabla 6 se observa el valor nutricional del aceite de canola cada 100 g (Qiu, 2023).

Tabla 6. Valor nutricional del aceite de canola cada 100 g.

Componentes	Cantidad
Calorías	884 g
Grasas saturadas	7 g
Grasas Monoinsaturadas	63 g
Grasas Poliinsaturadas	28 g
Omega 3	9 g
Omega 6	19 g

Fuente: Qiu (2023).

El aceite de canola por su alto contenido de ácidos grasos insaturados, es recomendable que sea completamente hidrogenado para obtener el nivel deseado de solidez, por ende se requiere temperaturas y presiones más altas en el proceso de hidrogenización en comparación a la manteca de palma (Shintani y DellaPenna, 2014). El aceite de canola es más propenso a la formación de grasas trans durante la hidrogenación parcial debido a su alto contenido de ácidos grasos insaturados, por esta razón, la industria tiende a preferir la hidrogenación completa (Pedersen et al., 2006).

- **Estabilizadores no hidrogenados:** Lecitina de soya, es un subproducto de la refinación del aceite de soya que se obtiene durante el proceso de desgomado, se trata de una mezcla formada, mayoritariamente por aceite de soya crudo y diversas clases de fosfolípidos, por lo tanto, son una fuente de ácidos grasos con un comportamiento anfipático, ya que se presentan compuestos formados por una cola hidrófoba de dos ácidos grasos y una cabeza hidrófila formada por un grupo fosfato, lo que les confiere la capacidad de emulsionar (Liu et al., 2014). La lecitina es un componente natural presente en la soya, se usa ampliamente en la industria alimentaria como emulsionante, lo que significa que ayuda a mantener unidas sustancias que normalmente se separarían; muy aparte de su uso como agente antiadherente, estabilizador o dispersante en alimentos procesados, la lecitina de soya también se vende como suplemento dietético ya que tiene varios beneficios para la salud, como mejorar la salud del corazón y del hígado, en la Tabla 7 podemos ver el valor nutricional de la lecitina de soya (Wu y Wang, 2003).

- La lecitina de soya es un líquido viscoso de color marrón y está formado principalmente por un complejo de fosfolípidos, que son moléculas que contienen un grupo fosfato, un grupo ácido graso y un grupo de glicerol, estos fosfolípidos, como la fosfatidilcolina, la fosfatidiletanolamina y la fosfatidilinositol, son los componentes principales de la lecitina de

soya y les dan sus propiedades emulsionantes y estabilizantes; cabe mencionar que cuando se somete a altas temperaturas, la estructura de estos fosfolípidos puede verse afectada, los enlaces químicos que mantienen unidas las moléculas tienden a romperse, lo que altera sus propiedades físicas y químicas, esto hace que la lecitina de soya sea menos efectiva como emulsionante o estabilizante en aplicaciones que requieren altas temperaturas ($< 48\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Hefei, 2015).

Tabla 7. Valor nutricional de la lecitina de soya.

Componente	Cantidad
Humedad	< 5
Valor energético	3700 kcal
Hidratos de carbono	5,5 g
Proteínas	0 g
Sodio	0,075 g

Fuente: Wu y Wang (2003).

2.5. Vida útil en alimentos

2.5.1. Definición

La vida útil de un alimento es el período durante el cual permanece seguro y apto para el consumo, esto significa que el alimento no se ha deteriorado en calidad o estropeado de cualquier forma que el consumidor consideraría inaceptable. En muchos casos estos alimentos necesitan de conservantes los cuales son aditivos que contribuyen principalmente a la seguridad alimentaria y a la prevención de deterioro (Awulachew, 2020). Así mismo, Tafese (2021) señala que la vida útil de un producto alimenticio puede definirse como el tiempo entre la producción y embalaje del producto y el punto en el que se vuelve inaceptable bajo condiciones ambientales definidas. Un enfoque de calidad total debe abarcar todos los aspectos de un alimento desde su concepción, pasando por el desarrollo y producción hasta su consumo, esto incluirá: diseño del producto (incluido el análisis de peligros y riesgos), procesos de manufactura, control en el transporte, almacenamiento y exhibición.

Para determinar la vida útil de un alimento o producto, es esencial identificar las reacciones químicas o biológicas que afectan su calidad y seguridad, esto requiere analizar la composición del alimento y los procesos a los que ha sido sometido, para así establecer cuáles son las reacciones más críticas que influyen en su calidad. La vida útil se puede estimar utilizando diversos métodos: Se pueden consultar valores reportados en la literatura

especializada de alimentos similares y en condiciones parecidas al producto en cuestión; también se pueden analizar las quejas de los consumidores para orientar los posibles valores de vida útil y lo más utilizado es evaluar los atributos de calidad del alimento que cambian a lo largo del tiempo en anaquel o mediante pruebas aceleradas (Sáchezi y Poriz, 2016). Los ensayos en anaquel proporcionan datos de alta calidad, aunque a veces tienen el inconveniente de requerir un tiempo prolongado para su obtención, esto puede resultar en datos específicos que se recopilan en un periodo que podría no ser práctico para la empresa. Los estudios de vida útil por pruebas aceleradas implican incubar el alimento en condiciones controladas a diferentes temperaturas que deben ser superiores a las de almacenamiento y comercialización para acelerar las reacciones de deterioro y obtener resultados en menos tiempo (Baldizón y Molin, 2011).

2.5.2. Vida útil por pruebas aceleradas

Las pruebas aceleradas son técnicas empleadas en diversas industrias, incluida la alimentaria, para anticipar la vida útil de un producto en un lapso más breve que el requerido en condiciones normales de almacenamiento; estas pruebas se fundamentan en acelerar los procesos de deterioro del producto, como la oxidación, la descomposición enzimática o el crecimiento de microorganismos, mediante condiciones ambientales extremas, como temperaturas elevadas o niveles altos de humedad (Haouet et al., 2019). Al adelantar dichos procesos, se pueden recabar datos sobre la estabilidad y vida útil del producto en un periodo más breve, lo que facilita a los fabricantes y expertos evaluar de manera rápida la eficacia de diversas formulaciones, envases o técnicas de conservación (Darniadi et al., 2021).

En el estudio de vida útil de un alimento es imprescindible la cinética, ya que ésta se centra en analizar cómo evolucionan las características y la calidad de un producto alimenticio con el paso del tiempo. Este estudio implica la evaluación de los procesos físicos, químicos, microbiológicos y enzimáticos que influyen en la vida útil de un alimento, como la oxidación de grasas, la descomposición de proteínas, la multiplicación de microorganismos y otros cambios que pueden ocurrir durante el almacenamiento y la manipulación de los alimentos. La comprensión de la cinética de estos procesos es esencial para determinar la duración de la vida útil de un alimento y para desarrollar estrategias que permitan su conservación y almacenamiento de forma adecuada (Zhao et al., 2011).

2.5.3. Cinética Química

La cinética química se ocupa de la velocidad a la que ocurren las reacciones químicas, una reacción química sucede cuando hay suficiente energía en una o más moléculas para producir la ruptura o formación de enlaces covalentes entre átomos de estas moléculas cuando están en proximidad (Zhao et al., 2011). El estudio de la cinética química se basa enteramente en la "ley de acción de masas", publicada en 1864 por Guldberg y Waage que establece que la velocidad a la que ocurre una reacción química es una función de la masa de las especies químicas presentes en una mezcla.

Atkins (2006) señala que las leyes de velocidad en las reacciones químicas se presentan como ecuaciones diferenciales que muestran cómo cambian las concentraciones de los reactivos y productos con el tiempo. Para obtener las concentraciones en función del tiempo, es necesario integrar ecuaciones, aunque las leyes de velocidad más complejas pueden integrarse numéricamente, en muchos casos simples se pueden encontrar soluciones analíticas de manera fácil, conocidas como leyes de velocidad integrales, las cuales resultan muy prácticas y útiles. Pomares (2015) menciona que en el contexto de la vida útil de los alimentos, la cinética química se emplea para crear modelos matemáticos que pueden predecir cómo y cuándo ocurrirán cambios en la calidad del alimento.

- **Modelos matemáticos para determinar vida útil:** El principio detrás de los modelos matemáticos para determinar la vida útil de un alimento radica en describir y predecir los cambios en la calidad del producto a lo largo del tiempo; estos modelos emplean la cinética de reacciones químicas, datos empíricos y métodos estadísticos para estimar cómo variables como la temperatura, la humedad, la luz y la presencia de oxígeno influyen en la tasa de deterioro del alimento (Manso, 2000).

- **Modelos cinéticos:** Se fundamentan en la cinética de las reacciones químicas y explican cómo evoluciona la calidad del alimento a lo largo del tiempo (Torres et al., 2001).

- **Reacción de orden cero:** La tasa de reacción es constante y no está influenciada por la concentración del reactivo, en esta reacción la ecuación diferencial de velocidad es: Ecuación (1).

$$y = C_0 + t * k \quad (1)$$

Dónde y : es la variable dependiente, C_0 : es el valor inicial de y en el tiempo 0, k : velocidad de reacción y t : es el tiempo.

○ **Reacción de primer orden:** La velocidad de cambio es proporcional a la cantidad de un componente específico que se está degradando, la ecuación de primer orden es la siguiente: Ecuación (2).

$$\ln\left(\frac{y}{C_0}\right) = k * t \quad (2)$$

Dónde y : es la variable dependiente, C_0 : es el valor inicial de y en el tiempo 0, k : velocidad de reacción y t : es el tiempo.

○ **Reacción de segundo orden:** Pomares, (2015), señala que para una reacción de segundo orden, cuya velocidad depende de la concentración del reactivo elevada a la segunda potencia, se tiene: Ecuación (3).

$$t = \frac{C_0 - y}{y * C_0 * k} \quad (3)$$

Dónde y : es la variable dependiente, C_0 : es el valor inicial de y en el tiempo 0, k : velocidad de reacción y t : es el tiempo.

➤ **Modelos empíricos:** Estos modelos se basan en datos experimentales y en ajustes de curvas (Torres et al., 2001).

○ **Ecuación de Arrhenius:** Es utilizado para modelar la influencia de la temperatura en la tasa de deterioro (Labuza y Riboh, 1984). Ecuación (4).

$$k = k_0 e^{-\left[\frac{E_a}{RT}\right]} \quad (4)$$

Dónde: k : velocidad de reacción; k_0 : factor pre exponencial; E_a : energía de activación (cal/mol); R : constante de los gases ideales (1,987 cal/mol°K).

La ecuación de Arrhenius establece que al graficar el logaritmo neperiano de la constante de velocidad de reacción ($\ln K$) frente a la recíproca de la temperatura absoluta ($\frac{1}{T}$), se obtiene una línea recta cuya pendiente corresponde a la energía de activación dividida por la constante de los gases R . Al conocer el valor de esta pendiente, podemos calcular la energía de activación para esa reacción y mediante regresión lineal, determinar el valor de la constante pre-exponencial. Además, una pendiente pronunciada indica que la reacción es más sensible a la temperatura; es decir, a medida que la temperatura aumenta, también lo hace la constante de velocidad de reacción.

➤ **Modelo cuadrático:** Un modelo cuadrático en vida útil es un tipo de modelo matemático que describe cómo varía la duración efectiva de un producto en relación con el tiempo, utilizando una relación de forma cuadrática. Este enfoque es beneficioso para representar escenarios donde el deterioro del producto no sigue una trayectoria lineal y puede aumentar o disminuir su ritmo a medida que transcurre el tiempo, mostrando una curva en forma de parábola (Manso, 2000) Ecuación (5).

$$y = a + b * t + c * t^2 \quad (5)$$

Dónde: y representa la variable que describe el producto, t es la variable independiente que representa el tiempo y a, b y c son parámetros del modelo que se determinan ajustando el modelo a los datos experimentales.

➤ **Modelos probabilísticos:** Estos modelos toman en cuenta las diferencias naturales o aleatorias que existen dentro de un conjunto de datos y ofrecen estimaciones probabilísticas (Torres et al., 2001).

○ **Modelo Weibull:** Es altamente versátil y se aplica en diversos campos, como la ingeniería, la evaluación de la fiabilidad de sistemas y el estudio de la vida útil de productos. Su flexibilidad permite ajustar la descripción de fallos para capturar una amplia gama de comportamientos, desde fallos tempranos hasta un deterioro progresivo. La forma general en el modelo de Weibull es: Ecuación (6).

$$S(x) = e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} \quad (6)$$

Donde β es el parámetro de escala, α es el parámetro de forma y x es la variable de interés.

El modelo Weibull se ajusta a la función para ofrecer valores y que cambian desde un valor inicial C_{ini} hasta un valor asintótico C_{inf} : Ecuación (7).

$$y = C_{inf} + (C_{ini} - C_{inf}) * e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} \quad (7)$$

Dónde: y es una medida de la calidad del alimento en función del tiempo x , C_{ini} es la calidad inicial, C_{inf} es la calidad mínima o final del alimento, β es el parámetro de escala que representa el tiempo característico relacionado con el cambio en la calidad, α es el parámetro de forma que controla la rapidez con la que cambia la calidad con el tiempo.

➤ **Modelo adaptado al crecimiento microbiano:** Esta forma específica de la ecuación de Michaelis - Menten se basa en los principios desarrollados por Leonor Michaelis y Maud Menten a principios del siglo XX para describir cómo la velocidad de una reacción enzimática varía con la concentración del sustrato. Estos principios se aplican ampliamente en biología y bioquímica para modelar una variedad de procesos biológicos, incluyendo el crecimiento de poblaciones microbianas en entornos específicos. Ecuación (8).

$$y = y_{max} - \left(\frac{y_{max}}{1 + \left(\frac{x}{x_0}\right)^{p_0}} \right) \quad (8)$$

Dónde: y representa la variable respuesta, que en contexto podría ser la concentración de microbios o el tamaño de la población, y_{max} : es el valor máximo que puede alcanzar y , es decir, el límite superior de la concentración o tamaño de la población, x : es la variable independiente, que podría representar el tiempo o la concentración de un sustrato, x_0 : es el valor de x para el cual y alcanza la mitad de su valor máximo y_{max} , p_0 : es un parámetro que determina la forma de la curva de crecimiento.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se llevó a cabo en los laboratorios de Carnes, Análisis de Alimentos, Ingeniería de Alimentos y Química, pertenecientes a la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicado en el departamento de Huánuco, provincia de Leoncio Prado, distrito Rupa Rupa, con altitud de 660 m.s.n.m. coordenadas 09°17'08" de Latitud Sur, 75°59'52", latitud Oeste, clima tropical húmedo, humedad relativa media anual 84% y temperatura media anual 24 °C.

3.2. Materia prima y aditivos

Maní: Se recolectó de la parcela de la señora Tumbay Saavedra, Victoria; ubicada en el distrito de Soritor, provincia de Moyobamba, región San Martín, situada a una altitud 883 m.s.n.m., latitud Sur de 6°8'22'', longitud Oeste 77°6'8''; durante el transcurso del año, la temperatura de ambiente varía de 18 °C a 30 °C y rara vez baja a menos de 16 °C o sube a más de 33 °C. La superficie de cultivo es ½ hectárea (5000 m²), el maní fue sembrado en la primavera (setiembre – diciembre) y cosechado pasado los 3 ó 4 meses de la siembra, para retirar la tierra fue lavado con agua corriente, secado al sol durante 5 horas, desvainado y colocado en bolsas de polietileno correctamente selladas dentro de un costal de yute previamente rotulado.

Aceite de canola y manteca de palma hidrogenadas: Fueron adquiridos de la empresa agroindustrial grupo Palmas - Industrias del Tulumayo S.A., dedicada al desarrollo, cultivo e industrialización de la palma aceitera y el cacao con dirección: carretera Federico Basadre Km 46, Campo Verde, Ucayali a 193 m.s.n.m., con una latitud Sur 8°28'12'', longitud Oeste 74°48'36''.

Lecitina de soya: Se obtuvo de la empresa "JOFSAC", compañía encargada de fabricar insumos líquidos para la industria alimentaria, ubicada en Jr. Sao Paulo 2699 en el distrito de San Martín de Porres, situado al Noreste del centro de Lima a una altura de 132 m.s.n.m., latitud Sur 12°1'49'', longitud Oeste 77°3'26''.

3.2.1. Equipos, materiales y reactivos

Máquinas y equipos: Tostadora volcable para granos, marca: Maquiagro TD-25 (Perú), Peladora de maní, marca: Mynsac HLT-1 (China); molino coloidal homogeneizador para frutos secos, marca: Mertone MT-JMS80 (EE.UU.); estufa; centrífuga, marca Hettich zentrifugen, modelo D-78532 Tuttlingen (Alemania); Analizador de actividad de agua, marca Rotronic Hygropalm, modelo HP23-AW-A (México); balanza analítica, marca RADWAG, modelo AS 220.R2 (Polonia).

Materiales: Recipientes de vidrio de 250 g; tapas roscas de 6,5 cm de diámetro; bureta de vidrio graduada con llave de PTFE de 50 mL; soporte universal con pinzas; pipetas de vidrio 5 y 10 mL; matraz erlenmeyer de 250 mL; probetas de vidrio 50 mL, varilla agitación espátula de metal; gotero, tubos de centrífuga de 12 mL, tubos de ensayo con tapa rosca de 15 mL, piceta, peras de goma con 3 válvulas, porta muestra para el analizador de actividad de agua, gradilla, papel aluminio, platos descartables de 15 cm de diámetro y cucharas descartables.

Reactivos y solventes: ácido acético (CH_3COOH), masa molar 60,052 g/mol, densidad 1,05 g/m³ Merck (Alemania); cloroformo (CHCl_3) ACS, ISO, Reag. Ph Eur 99,8% de pureza, masa molar 119,38 g/mol, densidad 1,49 g/m³ Merck (Alemania); solución de yoduro de potasio (IK), masa molar: 166,003 g/mol, densidad 3,12 g/m³ Merck (Alemania); tiosulfato de sodio al 0,01 N ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), masa molar: 158,11 g/mol, densidad 1,67 g/m³; solución de almidón al 1% ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$), masa molar: 162,14 g/mol, densidad 1,5 g/m³, Scharlau (Italia); hidróxido de potasio (KOH), masa molar: 56,11 g/mol, densidad: 2,12 g/m³, Puriquim Reagent (Alemania); fenolftaleína al 1% ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$), masa molar: 318,31 g/mol, densidad: 1,3 g/m³ Merck (Alemania); alcohol 96° inkafarma (Perú); éter dietílico ($(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$), masa molar 74,12 g/mol, densidad 713 kg/m³ Merck (Alemania) y agua destilada.

3.3. Metodología experimental

3.3.1. Elaboración de la mantequilla de maní

Se recepcionó y pesó el maní, se procedió a limpiar la superficie del costal de yute con un trapo húmedo, se desinfectó rociando una solución preparada de 15 mL de hipoclorito de sodio en 1 litro de agua (Codex Alimentarius, 2015), se deshiló el costal de yute y se cortó la bolsa de polietileno que contenía el maní. Se clasificó manualmente un lote de maní de 12,5 kg para separar los granos libres de hongos y con aproximadamente el mismo tamaño (tamiz N° 16); se realizó el tostado en una máquina tostadora de granos a 152 °C durante 60 min (Mohd Rozalli et al., 2016) y el descascarillado en una peladora de maní. Se procedió a

seleccionar manualmente los granos de maní aptos para preparar la mantequilla y se descartaron los crudos y sobre tostados (Codex Alimentarius, 2022). Los granos de maní fueron sometidos a trituración con un molino coloidal a 22 000 rpm/1 min, verificando el tamaño de partícula 10 a 20 μm ; se dividió en 4 recipientes de tereftalato de polietileno con la cantidad de 2,5 kg para cada una, se añadió 1,5% de cada estabilizador: aceite de canola hidrogenada (T1), manteca de palma hidrogenada (T2) y lecitina de soya (T3), que previamente fue derretido haciendo uso de una estufa y se mezcló para homogenizar, el (T0) fue la mantequilla de maní sin estabilizador (Ferdaus et al., 2022); todos los tratamientos se enfriaron a temperatura ambiente, para cada uno se consideró 20 recipientes de vidrio conteniendo 150 g de mantequilla de maní. Se almacenó a temperaturas de 30, 40 y 50 °C por 100 días. Las evaluaciones realizadas fueron: separación de sólidos y aceites, índice de peróxido, índice de acidez, actividad de agua y análisis sensorial cada 20 días, la descripción detallada se aprecia en la Figura 3.

3.3.2. Evaluaciones de la mantequilla de maní durante el almacenamiento

- Separación de fases (sólidos y aceite)

Se pesó 10 g de mantequilla de maní, se centrifugó a 224 000 fuerza G, durante 15 minutos, se extrajo el aceite de la separación de fases en tubos de ensayo, se pesó y se restó el peso de la cantidad de aceite que correspondía al porcentaje del estabilizador añadido. El resultado de la cantidad de aceite se registró en porcentaje (Aryana et al., 2003).

- Índice de peróxido

Se pesó 1 g de aceite de mantequilla de maní en un matraz erlenmeyer de 250 mL y se añadió 12,5 mL de la mezcla 3:2 de ácido acético / cloroformo, se agitó vigorosamente durante 1 min hasta que el aceite se disuelva, se añadió 0,25 mL de solución de yoduro de potasio y se tapó los frascos con papel aluminio dejando reposar durante 5 minutos en un lugar oscuro. Se añadió 15 mL de agua destilada y 0,25 mL de solución de almidón al 1%. Se tituló con tiosulfato de sodio al 0,01 N hasta que este pierda su color violeta oscuro que se obtuvo por la adición del almidón y torne a un amarillo tenue. Se registró el gasto del tiosulfato de sodio y se calculó el índice de peróxido utilizando la Ecuación (9). Para el blanco se siguió el mismo procedimiento, pero sin la muestra (AOAC 1999.965.33).

$$I.P \left(\frac{mEq}{kg} \right) = \frac{(M - B) * N * 1000}{W} \quad (9)$$

Dónde: M es el volumen (mL) de tiosulfato de sodio requerido para valorar la muestra, B es el volumen (mL) de tiosulfato de sodio requerido para el blanco, N es la normalidad calculada de la solución de tiosulfato de sodio y W es el peso de la muestra (g).

- **Índice de acidez**

Se pesó 1 g de aceite en un matraz erlenmeyer de 250 mL y se añadió 25 mL de una mezcla de disolventes de etanol y éter dietílico v/v, se agitó vigorosamente durante 1 min y se añadió 3 gotas de fenolftaleína. Se dejó reposar durante 20 min agitando a un intervalo de 3 min para asegurar que los ácidos grasos libres de la muestra se disuelvan. Se tituló con una solución estándar de hidróxido de potasio (KOH) al 0,1 N en constante agitación hasta que el color rosa persista durante 10 segundos; se anotó el gasto del KOH y se calculó el índice de acidez utilizando la Ecuación (10) (Puppala, 2019).

$$I. A = \frac{N * V * Pmeq_{Ac.Oleico} * 100}{W} \quad (10)$$

Dónde: N es la normalidad del hidróxido de potasio, V es el volumen (mL) gastado del hidróxido de potasio, $Pmeq_{Ac.Oleico}$ peso miliequivalente de ácido oleico y W es el peso de la muestra (g).

- **Actividad de agua**

Se desinfectó con alcohol el área de trabajo; con una cuchara de acero inoxidable se tomó aproximadamente 2 gramos de muestra y se extendió sobre el fondo del vaso de muestra del medidor de actividad de agua y se colocó el sensor, se esperó durante 10 min para registrar la lectura; este procedimiento se realizó para cada muestra por triplicado (Mohd Rozalli et al., 2016).

3.3.3. Evaluación sensorial de los descriptores del sabor de la mantequilla de maní

La evaluación sensorial del sabor de la mantequilla de maní se realizó con catadores semi entrenados, quienes fueron elegidos considerando que no sean alérgicos al maní, que consuman maní al menos 1 vez al mes y que tengan entre 18 a 30 años de edad, de ambos sexos. Las muestras fueron evaluadas considerando las siguientes características en el sabor: “sabor a maní fresco”, “sabor a maní dulce”, “sabor a maní aceitoso”, “sabor a cartón” y “sabor a maní ranceado”; para la calificación se utilizó una escala de categoría no estructurada de intensidades donde 1 es menos intenso y 10 más intenso. La evaluación se realizó entre las 9 y 12 horas, para cada panelista las muestras se colocaron en vasos pequeños descartables

rotulados con códigos de 3 dígitos y se entregó un vaso con agua y galletas y se les dio la ficha de evaluación sensorial (Anexo I) (Gills y Resurrección, 2000).

Los resultados de los análisis fueron evaluados estadísticamente con el programa estadístico R versión 431 (2023/06/16) The R foundation for statistical computing. A partir de los datos recopilados, se generaron las gráficas.

3.3.4. Aplicación de modelos matemáticos para el ajuste de los factores de deterioro de la manteca de maní durante el almacenamiento

A partir de los datos instrumentales recopilados (índice de peróxido e índice de acidez) y análisis sensorial (sabor), se escogieron los modelos matemáticos para cada variable de acuerdo al ajuste de los datos en base al coeficiente de correlación (R^2), a la prueba de normalidad de Shapiro Wilk y al criterio de información de Akaike (AIC), utilizando el programa R versión 431 (2023/06/16) The R foundation for statistical computing.

Los modelos matemáticos fueron: orden 0 (lineal) $n=0$, orden 1 $n=1$ (exponencial), orden 2 $n=2$, cuadrático, weibull y adaptado al crecimiento microbiano.

$$\text{Para } n = 0 \text{ se tiene: } y = C_0 + t * k$$

$$\text{Para } n = 1 \text{ se tiene: } \ln\left(\frac{y}{C_0}\right) = k * t$$

$$\text{Para } n = 2 \text{ se tiene: } t = \frac{C_0 - y}{y * C_0 * k}$$

$$\text{Modelo cuadrático: } y = a + b * t + c * t^2$$

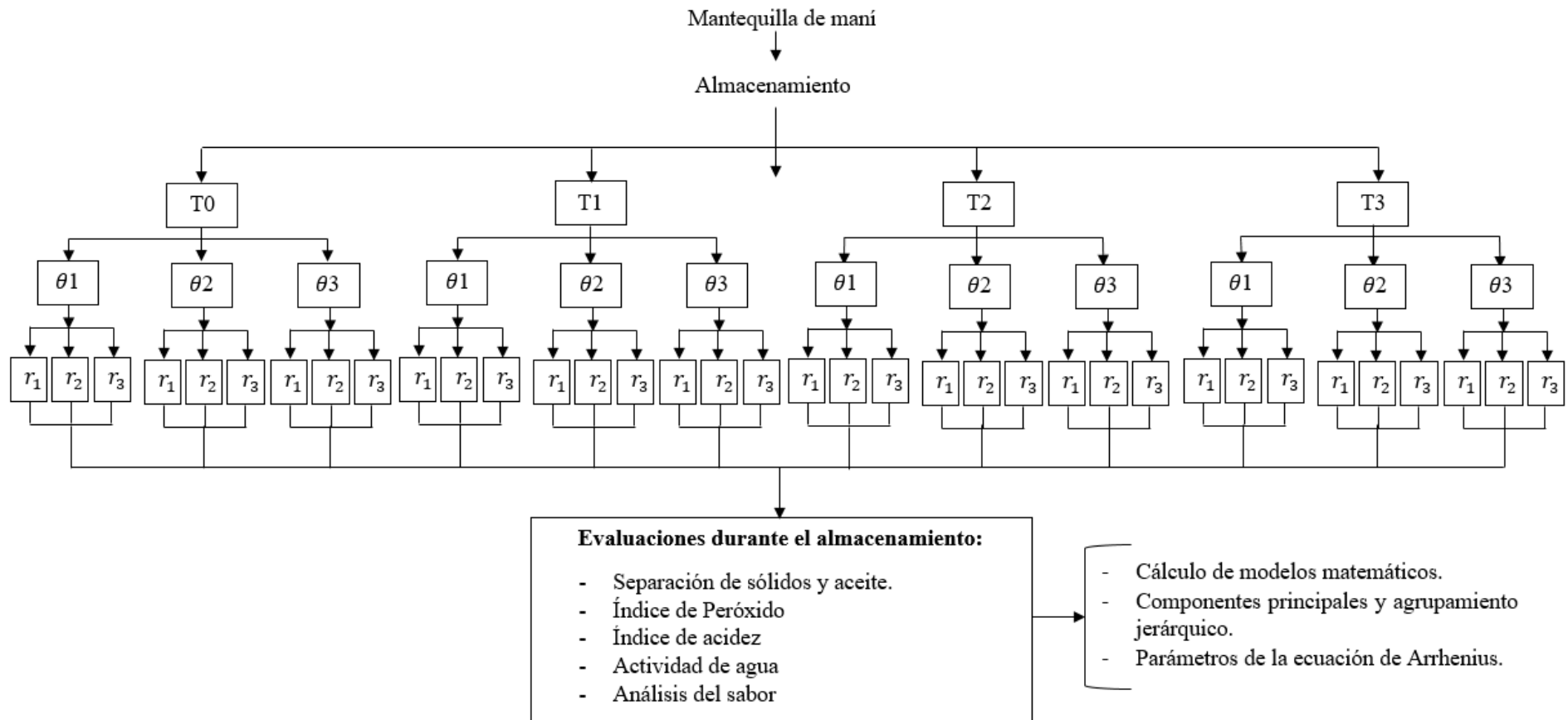
$$\text{Modelo Weibull: } y = C_{inf} + (C_{ini} - C_{inf}) * e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}$$

$$\text{Modelo adaptado al crecimiento microbiano: } y = y_{max} - \left(\frac{y_{max}}{1 + \left(\frac{x}{x_0}\right)^{p_0}}\right)$$

Con los resultados de los modelos elegidos se procedió a realizar un análisis de componentes principales y el agrupamiento jerárquico en función a la vida útil estimada considerando que las variables sigan un modelo matemático homogéneo.

- Determinación de los parámetros de la ecuación de Arrhenius.

Para las variables que seguían la cinética de reacción un orden 0, 1 o 2 se calcularon los parámetros necesarios para ajustar a la ecuación de Arrhenius: el factor pre exponencial (K_0) y la energía de activación (E_a) mediante R versión 431 (2023/06/16) The R foundation for statistical computing.



Dónde: **T0**= Mantequilla sin estabilizador; **T1**: Mantequilla con aceite de canola al 1,5%; **T2**: Mantequilla con manteca de palma hidrogenada al 1,5%; **T3**: Mantequilla con lecitina de soya 1,5%; temperaturas de almacenamiento θ_1 : 30 °C; θ_2 : 40 °C; θ_3 : 50 °C; r : repeticiones.

Figura 3. Diseño experimental para determinar la vida útil de la mantequilla de maní.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluaciones en la mantequilla de maní durante el almacenamiento

4.1.1. Separación de fases

En la Tabla 8, Figura 4 y Anexo II, se puede apreciar que en el día cero o inicial, todos los tratamientos presentaron la misma cantidad de aceite separado, sin sobrepasar el 1,7% cabe indicar que durante el procesamiento de mantequilla de maní la temperatura ambiente fue de 29,2 °C, bajo estas condiciones posiblemente se generó la separación de aceite indicado anteriormente Gills y Resurrección (2000) señalan que los diferentes puntos de fusión que presentan los ácidos grasos influyen en la separación de fases, los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, como el ácido oleico (punto de fusión 13-14 °C) y el ácido linoleico (punto de fusión -5 °C), estarán en estado líquido a temperaturas mayores a los de su punto de fusión y por lo tanto son los más propensos a separarse de la matriz sólida; en el día 20 de medición se nota una ligera variación de la cantidad de aceite separado desde el 1,8% a 2,8% en todos los tratamientos, este aumento de separación puede ser causa de las temperaturas, Iglesias y Chirife (2014) señalan que la mantequilla de maní almacenada a temperaturas menores a 30 °C podría comenzar a mostrar signos de separación del aceite, especialmente si no contiene estabilizadores y que a mayores de 30 °C la separación del aceite será más rápida y pronunciada.

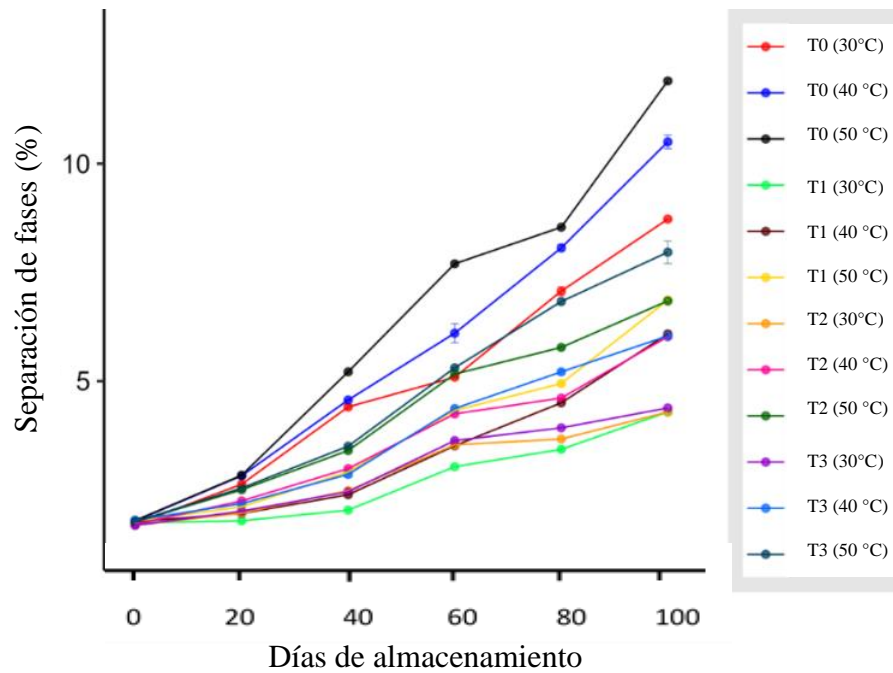
En el día 60: T0 (40 °C) y T0 (50 °C) tuvieron mayor separación que las demás, con 6,1% y 7,7% respectivamente, esto probablemente es a causa de las altas temperaturas y el tiempo de almacenamiento, Aryana et al. (2003) en su trabajo de investigación de almacenamiento de mantequilla de maní natural durante 23 semanas, obtuvo un resultado de 8,2% de separación de aceite a la novena semana (63 días) e indica que la cantidad de aceite separado del producto siempre es mayor a medida que aumenta la temperatura y el tiempo; gracias a los componentes físicos y químicos de la materia prima. A los 80 días de almacenamiento se nota una separación de fases muy marcada entre la mantequilla con estabilizadores comparada a las que no contienen en las tres diferentes temperaturas (30, 40 y 50 °C), siendo mayor el T0 (50°C) (sin estabilizador) con 8,5%, esto podría deberse al efecto que causa la temperatura en los componentes del producto, Blount et al. (2022), indican que esta consecuencia es un comportamiento esperado de la mantequilla de maní natural y está correlacionado con el alto contenido de ácido oleico de los maníes (aprox. 50%), ya que éste ácido tiene alta viscosidad lo que limita la formación estructural de la red cristalina, además Goldstein, (2002) señala que a temperaturas mayores a 40 °C, los triglicéridos son más

propensos a formar cristales α o β' menos estables en lugar de cristales β que son más densos y estables lo que resulta en una red cristalina menos robusta y capaz de mantener la integridad estructural de la mantequilla de maní; Asghar et al., (2019) informa que la red cristalina en un producto alimenticio está formada por moléculas de triglicéridos que se organizan en una estructura ordenada, ésta estructura puede formar un esqueleto sólido que ayuda a mantener los componentes del producto en su lugar, evitando cualquier separación de fases.

Tabla 8. Porcentaje de separación de fase de los tratamientos durante almacenamiento

Tiempo (días)	Separación de fases (%)			
	30 °C			
	T0	T1	T2	T3
0	1,704 ± 0,0525	1,736 ± 0,0494	1,681 ± 0,0089	1,680 ± 0,0099
20	2,625 ± 0,0699	1,784 ± 0,0891	1,960 ± 0,0410	2,005 ± 0,0112
40	4,405 ± 0,0646	2,030 ± 0,0210	2,477 ± 0,0503	2,451 ± 0,0356
60	5,088 ± 0,0464	3,029 ± 0,0175	3,531 ± 0,0220	3,630 ± 0,0354
80	7,068 ± 0,1809	3,428 ± 0,0749	3,666 ± 0,0257	3,924 ± 0,0237
100	8,728 ± 0,0123	4,289 ± 0,0217	4,288 ± 0,0382	4,380 ± 0,0028
	40 °C			
0	1,778 ± 0,0518	1,764 ± 0,0749	1,703 ± 0,0381	1,797 ± 0,0980
20	2,821 ± 0,0320	1,953 ± 0,0068	2,242 ± 0,0139	2,179 ± 0,0384
40	4,564 ± 0,0251	2,384 ± 0,0067	2,985 ± 0,0500	2,853 ± 0,1266
60	6,101 ± 0,3770	3,510 ± 0,0769	4,244 ± 0,1011	4,367 ± 0,0498
80	8,063 ± 0,1310	4,499 ± 0,0127	4,608 ± 0,0223	5,212 ± 0,0816
100	10,505 ± 0,2739	6,084 ± 0,0065	6,021 ± 0,0575	6,036 ± 0,0323
	50 °C			
0	1,790 ± 0,1139	1,778 ± 0,1239	1,761 ± 0,0842	1,764 ± 0,0758
20	2,831 ± 0,0145	2,103 ± 0,0132	2,498 ± 0,0429	2,537 ± 0,0522
40	5,212 ± 0,0428	2,910 ± 0,0614	3,400 ± 0,0378	3,501 ± 0,0410
60	7,699 ± 0,0669	4,324 ± 0,0552	5,161 ± 0,1464	5,304 ± 0,0296
80	8,540 ± 0,0436	4,942 ± 0,0632	5,774 ± 0,0618	6,829 ± 0,1019
100	11,907 ± 0,0697	6,862 ± 0,0204	6,844 ± 0,0106	7,965 ± 0,4533

Los tratamientos se especifican: $T_n.\theta_k$, donde T= tratamiento, n= tipos de estabilizadores (0: sin estabilizador, 1: aceite de canola hidrogenada, 2: manteca de palma hidrogenada y 3: lecitina de soya), θ = temperatura, k= niveles de temperatura (1: 30 °C, 2: 40 °C y 3: 50 °C).



Los tratamientos de la leyenda se especifican $T_n.\theta_k$, donde T= tratamiento, n= tipos de estabilizadores (0: sin estabilizador, 1: aceite de canola hidrogenada, 2: manteca de palma hidrogenada y 3: lecitina de soya), θ = temperatura, k= niveles de temperatura (1: 30 °C, 2: 40 °C y 3: 50 °C).

Figura 4. Porcentaje de separación de fase durante el almacenamiento.

Al finalizar el periodo de evaluación (100 días), la mantquilla de maní sin estabilizador a 30, 40 y 50 °C presentó mayor porcentaje de separación de aceite (8,7; 10,5 y 11,9% respectivamente); es probable que se deba a la ausencia del estabilizador; Hinds et al. (2004) mencionan que los estabilizadores actúan como emulsificantes ayudando a mantener una mezcla uniforme de aceite y sólidos, ya que los dos componentes tienden a separarse naturalmente. Blount et al. (2022) evaluando ceras naturales como estabilizadores en la mantquilla de maní, a los 85 días obtuvo 10,7% de separación de fases, 5,2% con cera de carnauba y 4,8% con salvado de arroz. Con canola, palma y lecitina a 30 °C se obtuvieron 4,2: 4,3 y 4,4 % respectivamente, demostrando la eficiencia de los estabilizadores como emulsionantes, Hinds et al. (2004) indica que los emulsificantes como el aceite de canola y manteca de palma hidrogenada tienen una estructura molecular con partes polares y no polares y en una emulsión como la mantquilla de maní, las gotas de aceite (hidrofóbicas) están dispersas en una fase acuosa (hidrofílica) y al agregar estos estabilizadores se distribuyen y se adhieren a la superficie de las gotas de aceite que están dispersas en la fase acuosa ayudando a estabilizarlas, impidiendo que se unan entre sí y formen gotas más grandes que podrían separarse de los sólidos. Zuzarte et al. (2020) en mantquilla de maní con aceite de semilla de algodón, monoglicérido concentrado y lecitina de soya como estabilizadores, tuvo una separación de aceite menor al 5%, indicando que puede ser gracias a que como emulsificadores previenen la coalescencia en emulsiones debido a su estructura química única.

4.1.2. Índice de peróxido

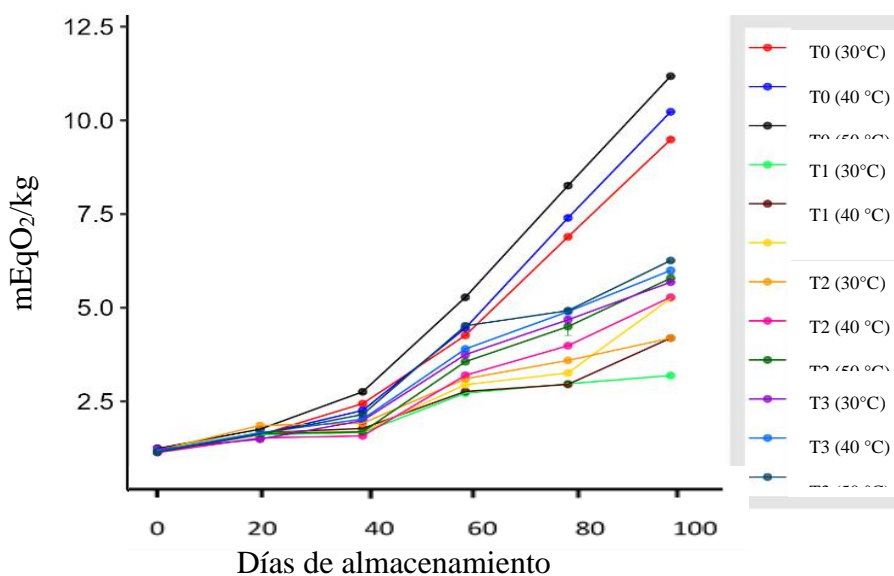
El índice de peróxido es la cantidad de peróxidos presentes en grasas y aceites, son indicadores iniciales de la oxidación de lípidos y como fin la rancidez oxidativa (Bhoyar, 2005). Según los resultados (Tabla 9), Figura 5 y Anexo III, la formación de peróxidos fue lento en todos los tratamientos, no alcanzando el 50 % del límite establecido por el Codex Alimentarius 19 – 1981, sin embargo, el tratamiento sin estabilizador almacenado a 50 °C mostró un ligero ascenso. Cabe indicar que los peróxidos se forman entre los ácidos grasos libres y la presencia de oxígeno. Cao et al. (2020) indican que el oxígeno molecular (O₂) es relativamente estable en su estado normal (llamado estado triplete) y no es muy reactivo; pero, bajo ciertas condiciones, como temperaturas altas por largo tiempo puede ser activado y convertido en un estado más reactivo conocido como oxígeno singlete. Labuza y Riboh, (1984) mencionan que el oxígeno singlete al ser muy reactivo inicia la oxidación de los ácidos grasos insaturados presentes en la mantequilla de maní de manera más rápida dando lugar a las fases de autooxidación.

A los 80 días, hubo diferencia entre los tratamientos sin estabilizador, los peróxidos superaron el 50 % de lo permitido, en las tres temperaturas; esto probablemente sea porque al estar sometido a diferentes temperaturas y con una conformación de ácidos grasos saturados e insaturados provoca la formación de gotas de aceite. Mohd Rozalli et al. (2016) señalan que la mantequilla de maní contiene 54,1% de lípidos, de los cuales el 10,3% son grasas saturadas, 29,5% monoinsaturadas y 14,3% poliinsaturadas, que las grasas saturadas con alto punto de fusión, al calentarse se derriten contribuyendo a la separación del aceite de la fase sólida y al presentar alto contenido de grasas insaturadas, la oxidación se da, por la presencia de dobles enlaces y a altas temperaturas son más susceptibles a reaccionar con el oxígeno, Ferdaus et al. (2022) indican que la energía térmica puede romper los enlaces C–H en las posiciones adyacentes a los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados generando radicales libres, que son altamente reactivos con el oxígeno. Las mantequillas de maní con estabilizadores no formaron rápidamente peróxidos, esto podría deberse a que estos actúan como emulsificantes, según Gills y Resurrección (2000), los estabilizadores promueven la formación de una emulsión estable y al aumentar la viscosidad de la mantequilla de maní, el aceite es menos propenso a migrar y separarse del resto de la mezcla, según Embaby et al. (2006), los estabilizadores forman una barrera física alrededor de las gotas de aceite, ayudando a encapsular las gotas de aceite de manera que el contacto con otros componentes, como el oxígeno, se ve reducido o controlado.

Tabla 9. Índice de peróxido de los tratamientos durante el almacenamiento.

Tiempo (días)	Índice de Peróxido mEqO ₂ /kg			
	30 °C			
	T0	T1	T2	T3
0	1,1590 ± 0,0025	1,1929 ± 0,0271	1,1921 ± 0,0193	1,2292 ± 0,0147
20	1,6090 ± 0,1098	1,6072 ± 0,0941	1,8598 ± 0,0931	1,4925 ± 0,0986
40	2,4413 ± 0,0655	1,6720 ± 0,0866	1,9162 ± 0,1005	1,9886 ± 0,1375
60	4,2596 ± 0,0336	2,7207 ± 0,0111	3,1033 ± 0,0146	3,7492 ± 0,1507
80	6,8913 ± 0,0446	2,9707 ± 0,0047	3,5939 ± 0,0388	4,6779 ± 0,1655
100	9,4872 ± 0,0656	3,1906 ± 0,0592	4,1886 ± 0,1149	5,6814 ± 0,0519
40 °C				
0	1,2520 ± 0,0158	1,1736 ± 0,0094	1,1351 ± 0,0044	1,1850 ± 0,0617
20	1,6188 ± 0,3226	1,6629 ± 0,1904	1,5270 ± 0,0133	1,6653 ± 0,2605
40	2,2600 ± 0,1335	1,7787 ± 0,1804	1,5786 ± 0,0632	2,0291 ± 0,0862
60	4,4550 ± 0,0192	2,7664 ± 0,0105	3,1972 ± 0,1199	3,8987 ± 0,0447
80	7,3966 ± 0,0840	2,9550 ± 0,0309	3,9871 ± 0,0151	4,8952 ± 0,0554
100	10,2294 ± 0,0160	4,1912 ± 0,0598	5,2826 ± 0,0611	5,9955 ± 0,1028
50 °C				
0	1,2425 ± 0,0139	1,2208 ± 0,0105	1,1517 ± 0,0017	1,1474 ± 0,0204
20	1,7591 ± 0,0494	1,6645 ± 0,2020	1,6427 ± 0,1539	1,6248 ± 0,1604
40	2,7568 ± 0,0861	1,6929 ± 0,1943	1,6874 ± 0,1559	2,1519 ± 0,0495
60	5,2775 ± 0,0786	2,9457 ± 0,2045	3,5605 ± 0,0130	4,5181 ± 0,0971
80	8,2571 ± 0,1126	3,2610 ± 0,0909	4,4961 ± 0,4089	4,9220 ± 0,0499
100	11,1788 ± 0,0495	5,2492 ± 0,0624	5,7875 ± 0,1742	6,2604 ± 0,0551

Los tratamientos se especifican: T_n.θ_k, donde T= tratamiento, n= tipos de estabilizadores (0: sin estabilizador, 1: aceite de canola hidrogenada, 2: manteca de palma hidrogenada y 3: lecitina de soya), θ= temperatura, k= niveles de temperatura (1: 30 °C, 2: 40 °C y 3: 50 °C).



T_n.θ_k, donde T= tratamiento, n= tipos de estabilizadores (0: sin estabilizador, 1: aceite de canola hidrogenada, 2: manteca de palma hidrogenada y 3: lecitina de soya), θ= temperatura, k= niveles de temperatura (1: 30 °C, 2: 40 °C y 3: 50 °C).

Figura 5. Índice de peróxido durante el almacenamiento.

A los 100 días hubo diferencia muy marcada en T0 (40 °C) y T0 (50 °C), superando el límite permitido por el Codex Alimentarius (1981) que indica que un alimento debe contener un máximo de 10 mEqO₂/kg y el pasar este umbral se verá afectado en su calidad y seguridad alimentaria. Kim y Siang (2014) señalan que los peróxidos son los precursores de productos de descomposición que causan sabores rancios en la grasa y que su presencia indica oxidación durante las etapas tempranas del deterioro de los lípidos, por lo que, aceites con índice de peróxido muy por debajo de 10 meq/kg se consideran frescos y sobre el límite establecido se forma un sabor rancio perceptible en el alimento. T2 y T3 superó la mitad del límite permitido, sin embargo, T2 (30 °C), T1 (30 °C) y T1 (40 °C) en el día 100 presentaron un contenido de peróxido menor a 5 mEqO₂/kg, determinando que el aceite de canola hidrolizado actuó mejor como estabilizador. T1(50°C) (canola) presentó mayor contenido de peróxidos comparado con T2 (30 °C) (palma). Según Qiu (2023), el procesamiento de hidrogenación del aceite de palma convierte los ácidos grasos insaturados en saturados, aumentando el punto de fusión del aceite, logrando que sea más sólido a temperatura ambiente y resultando útil para diversas aplicaciones en la industria alimentaria, contando con un nuevo punto de fusión que (34 a 36 °C), por lo tanto, el aceite de palma hidrogenado se considera un buen estabilizante siempre que el alimento se mantenga a temperatura menor a 34 °C. El aceite de canola hidrogenado es muy buen estabilizante para alimentos mantenidos a temperatura máxima de 40 °C, este aceite evita la peroxidación gracias a la composición de ácidos grasos que presenta después de haber sido hidrogenada (Shintani y DellaPenna, 2014).

Comparando los estabilizantes, la lecitina de soja ésta recomendada para su uso en mantequilla de maní, pero para evitar la formación de peróxidos no tuvo un buen comportamiento a los 100 días de almacenamiento a pesar de las temperaturas (30, 40 y 50 °C) estando en su rango de temperatura adecuada. La Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal “FEDNA”–2015, menciona que al hacer uso de la lecitina de soja no debe aplicarse a una temperatura superior a 60 °C porque se generaría efectos negativos en el color del alimento, separación de fases y por ende deterioro del mismo.

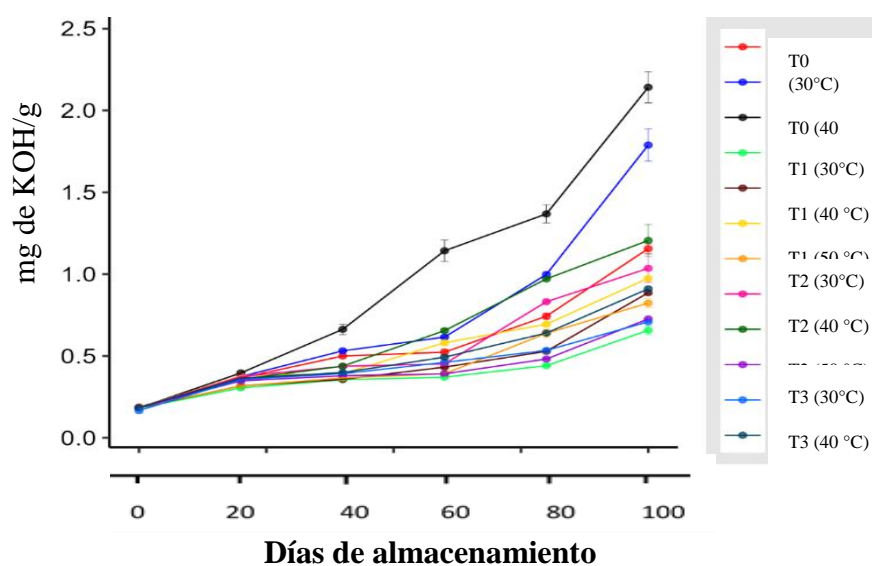
4.1.3. Índice de acidez

El índice de acidez indica la cantidad de ácidos grasos libres, que es indicador de la calidad o frescura del producto como la mantequilla de maní (Zelalem y Abdulkadir, 2021). Según Nielsen (2003), la acidez libre corresponde a la suma de los ácidos grasos no combinados, que resultan de la degradación de los triglicéridos que contienen, ya sea por acción enzimática, bacteriana o química.

Tabla 10. Índice de acidez en la mantequilla de maní durante el almacenamiento.

Tiempo (días)	Índice de acidez mg de KOH/g			
	30 °C			
	T0	T1	T2	T3
0	0,1874 ± 0,0021	0,1814 ± 0,0026	0,1866 ± 0,0011	0,1838 ± 0,0044
20	0,3659 ± 0,0009	0,3048 ± 0,0016	0,3165 ± 0,0024	0,3483 ± 0,0192
40	0,4999 ± 0,0058	0,3549 ± 0,0012	0,3658 ± 0,0012	0,3792 ± 0,0006
60	0,5232 ± 0,0315	0,3706 ± 0,0031	0,3914 ± 0,0278	0,3912 ± 0,0011
80	0,7431 ± 0,0330	0,4407 ± 0,0043	0,6387 ± 0,0435	0,4814 ± 0,0082
100	1,1558 ± 0,0485	0,6570 ± 0,0463	0,8233 ± 0,0435	0,7262 ± 0,0069
40 °C				
0	0,1834 ± 0,0033	0,1837 ± 0,0040	0,1834 ± 0,0041	0,1667 ± 0,0285
20	0,3740 ± 0,0023	0,3175 ± 0,0030	0,3745 ± 0,0037	0,3566 ± 0,0020
40	0,5313 ± 0,0153	0,3571 ± 0,0013	0,4369 ± 0,0124	0,3922 ± 0,0002
60	0,6152 ± 0,0134	0,4318 ± 0,0094	0,4516 ± 0,0010	0,4607 ± 0,0050
80	0,9981 ± 0,0200	0,5287 ± 0,0039	0,8315 ± 0,0100	0,5340 ± 0,0021
100	1,7886 ± 0,1712	0,8863 ± 0,0117	1,0355 ± 0,1486	0,7318 ± 0,0087
50 °C				
0	0,1824 ± 0,0040	0,1835 ± 0,0010	0,1827 ± 0,0040	0,1852 ± 0,0046
20	0,3964 ± 0,0026	0,3789 ± 0,0031	0,3577 ± 0,0021	0,3641 ± 0,0117
40	0,6627 ± 0,0550	0,3921 ± 0,0042	0,4379 ± 0,0131	0,3985 ± 0,0006
60	1,1427 ± 0,1123	0,5808 ± 0,0271	0,6547 ± 0,0196	0,4928 ± 0,0172
80	1,3680 ± 0,0948	0,6941 ± 0,0173	0,9707 ± 0,0093	0,6401 ± 0,0123
100	2,1417 ± 0,1649	0,9747 ± 0,0121	1,2057 ± 0,1680	0,9103 ± 0,0128

T_n.θ_k, donde T= tratamiento, n= tipos de estabilizadores (0: sin estabilizador, 1: aceite de canola hidrogenada, 2: manteca de palma hidrogenada y 3: lecitina de soya), θ= temperatura, k= niveles de temperatura (1: 30 °C, 2: 40 °C y 3: 50 °C).



T_n.θ_k, donde T= tratamiento, n= tipos de estabilizadores (0: sin estabilizador, 1: aceite de canola hidrogenada, 2: manteca de palma hidrogenada y 3: lecitina de soya), θ= temperatura, k= niveles de temperatura (1: 30 °C, 2: 40 °C y 3: 50 °C).

Figura 6. Índice de acidez durante el almacenamiento.

Según los resultados de la Tabla 10, Figura 6 y Anexo IV correspondiente a los valores del índice de acidez durante el almacenamiento de la mantequilla de maní a 30, 40 y 50 °C con estabilizadores aceite de canola hidrogenada, manteca de palma hidrogenada y lecitina de soya, al inicio todos los tratamientos tuvieron una acidez alrededor de 0,1825 mg de KOH/g, sin mucha variación, a los 40 días de almacenamiento la formación de ácidos grasos libres incrementó gradualmente en los 11 tratamientos encontrándose en un rango de 0,355 a 0,438 mg de KOH/g, pero T0 (50 °C) sin estabilizador y a mayor temperatura asciende de manera más rápida alcanzando un valor de 0,663 mg de KOH/g, esto probablemente sea por el efecto de la temperatura, debido a que la velocidad de reacción de la hidrólisis está relacionada con el incremento de la temperatura, que genera un mayor número de moléculas que alcanza la energía de activación, facilitando la ruptura de los enlaces éster en los triglicéridos (Aluyor y Ori-Jesu, 2008); Barison et al. (2010) informan que la cantidad de ácidos grasos libres producto de la hidrólisis de triglicéridos aumenta en presencia de agua y altas temperaturas.

En el día 80 se aprecia diferencia muy visible entre los tratamientos que no contienen estabilizadores y almacenadas a 30, 40 y 50 °C, frente a los que sí contienen. Beltagi et al. (2007) señalan que la mantequilla de maní sin estabilizador experimenta una hidrólisis más rápida de los triglicéridos debido a la acción de las enzimas naturales presentes en el producto o a la acción del agua residual. Por otro lado, se puede decir que la temperatura influyó en la acidez provocando incremento en la reacción química, al respecto Sayed et al. (2016) mencionan que el uso de un estabilizador contribuye a mantener una emulsión estable, porque ayuda a proteger los triglicéridos (lípidos) libres de la acción acelerada de radicales libres, logrando disminuir la velocidad de descomposición en ácidos grasos libres y glicerol, que son productos que afectarán negativamente el sabor, la textura y la estabilidad oxidativa.

A los 100 días de evaluación, la mantequilla de maní sin estabilizador a 40 y 50°C registró la acidez más alta T0 (40 °C) (1,7886 mg de KOH/g y T0 (50 °C) (2,1417 mg de KOH/g), en comparación a los otros tratamientos con estabilizadores T1 (30 °C) (canola) con 0,657 mg de KOH/g, T3 (30 °C) (lecitina) con 0,726 mg de KOH/g y T2 (30 °C) (palma) con 0,823 mg de KOH/g, sin que ninguno haya superado el límite máximo permitido por el Codex Alimentarius que es 4 mg de KOH/g, éste comportamiento fue explicado por Frankel (2014) quien señala que, con el tiempo prolongado y a temperaturas mayor a 40 °C es probable que se forme una capa superficial en el producto, donde los ácidos grasos libres podrían formarse más fácilmente debido a la oxidación. Asghar et al. (2019) señalan que se puede presentar menor acidez gracias a los antioxidantes presentes en los estabilizadores como la canola y palma, resaltando más el aceite de canola, tal como menciona Giacopini (2013), que

el uso del aceite de canola presenta mejores beneficios en el perfil lipídico al compararlo con otros tipos de aceites como el aceite de oliva, palma y soya, asimismo determinaron que el aceite de canola contiene canolol, compuesto que presenta mayor capacidad antioxidante que los tocoferoles, vitamina C o β -caroteno, debido a que puede capturar el radical libre peroxinitrito (ONOO-) de tal forma que se le atribuye una capacidad antioxidante y antimutagénica. El Instituto Nacional de la Salud (NIH por sus siglas en inglés) – 2020, señala que el aceite de palma es un buen antioxidante producto del contenido de vitamina E que presenta, debido a que esta vitamina protege a las células de los daños que puedan producir los radicales libres. Kirschweng et al., (2021) mencionan que los antioxidantes no reducen directamente la hidrólisis de los lípidos, ya que su principal función es prevenir la oxidación de éstos, sin embargo, al inhibir la oxidación de los lípidos, los antioxidantes evitan la formación de productos de oxidación como peróxidos y radicales libres, que son los que principalmente pueden debilitar la estructura de los triglicéridos y hacerlos más susceptibles a hidrólisis, por ende, al mantener la integridad de los triglicéridos, los antioxidantes pueden reducir la probabilidad de que estos se descompongan en ácidos grasos libres y glicerol.

5.1.4. Actividad de agua

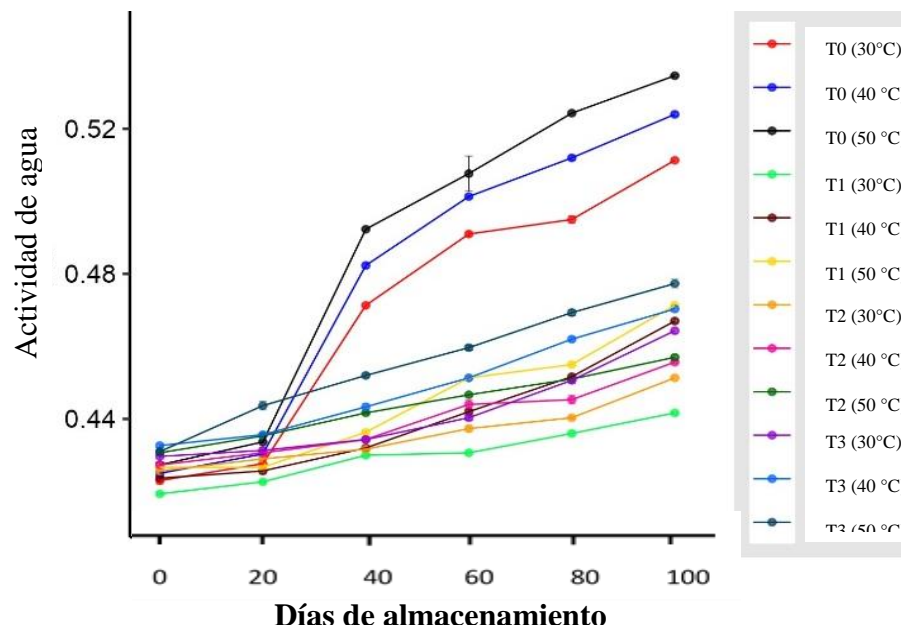
La actividad del agua en alimentos es una medida que indica la disponibilidad del agua en un alimento para participar en reacciones químicas, microbiológicas y en la estabilidad del producto (Acevedo et al., 2006); en términos más simples, indica cuánta agua está disponible en forma libre o no ligada en un alimento, por ello se considera un factor importante en la conservación de alimentos, ya que niveles bajos de actividad del agua pueden ayudar a prevenir el crecimiento microbiano y la degradación de los alimentos (Iglesias y Chirife, 2014). De acuerdo a los resultados de la Tabla 11, Figura 7 y Anexo V, sobre valores de actividad de agua durante el almacenamiento de la mantequilla de maní sin estabilizador y con estabilizadores aceite de canola hidrogenada, manteca de palma hidrogenada y lecitina de soya a temperaturas de 30, 40 y 50 °C, en el día inicial, todos presentan entre 0,42 – 0,43; de acuerdo a He et al. (2013) la actividad de agua en la mantequilla de maní es relativamente baja, lo que contribuye a su estabilidad y larga vida útil, generalmente, se encuentra en el rango de 0,3 a 0,4. En el día 20 la actividad de agua va aumentando pero de manera insignificante, reportando como máximo 0,44; Poirier et al. (2014) señalan que un producto como la mantequilla de maní al tener un bajo contenido de agua total, limita la cantidad de agua libre que pueda moverse o redistribuirse dentro del producto y que el uso de estabilizantes ayudan a mantener la estructura y distribución del agua, evitando la migración de agua libre. En el día 40

se observa una diferencia notable en el T0 (30 °C), T0 (40 °C) y T0 (50 °C) con valores que van de 0,47 a 0,49 a comparación de las demás que no sobrepasan 0,45; sería posible gracias al uso de estabilizadores; este efecto de variación de a_w entre una mantequilla de maní sin estabilizador comparada con otra que si contiene lo encontró Chin et al. (2013), quienes evaluaron la actividad de agua en mantequilla de maní con y sin estabilizador a 32 °C durante 14 semanas (98 días), reportando valores de 0,43 con estabilizador y 0,47 sin estabilizador en la semana sexta semana (42 días). Park et al. (2021) refiere que la falta de estabilizador hace que el agua libre esté más disponible para interactuar con el ambiente, lo que resulta en una actividad de agua más alta, ya que los estabilizadores, como los emulsionantes y agentes gelificantes, tienden a ligar el agua libre, formando estructuras que atrapan el agua y reducen su disponibilidad.

Tabla 11. Actividad de agua de los tratamientos durante el tiempo de almacenamiento

Actividad de agua				
Tiempo (días)	30 °C			
	T0	T1	T2	T3
0	0,423 ± 0,0020	0,419 ± 0,001	0,426 ± 0,0006	0,430 ± 0,0006
20	0,428 ± 0,0006	0,423 ± 0,0015	0,429 ± 0,001	0,431 ± 0,001
40	0,471 ± 0,0006	0,430 ± 0,001	0,432 ± 0,001	0,434 ± 0,001
60	0,491 ± 0,0010	0,431 ± 0,0005	0,437 ± 0,0015	0,440 ± 0,001
80	0,495 ± 0,0017	0,436 ± 0,001	0,440 ± 0,0006	0,451 ± 0,0012
100	0,511 ± 0,0006	0,442 ± 0,0005	0,451 ± 0,0006	0,464 ± 0,0012
40 °C				
0	0,425 ± 0,0026	0,424 ± 0,0005	0,427 ± 0,0012	0,433 ± 0,0012
20	0,430 ± 0,0015	0,426 ± 0,0015	0,431 ± 0,0006	0,436 ± 0,0015
40	0,482 ± 0,0012	0,432 ± 0,001	0,434 ± 0,0012	0,443 ± 0,0015
60	0,501 ± 0,0006	0,442 ± 0,001	0,444 ± 0,0012	0,451 ± 0,0012
80	0,512 ± 0,0010	0,452 ± 0,0005	0,445 ± 0,001	0,462 ± 0,0015
100	0,524 ± 0,0010	0,467 ± 0,001	0,456 ± 0,0006	0,470 ± 0,0012
50 °C				
0	0,427 ± 0,0015	0,427 ± 0,0005	0,431 ± 0,0015	0,431 ± 0,0015
20	0,434 ± 0,0011	0,427 ± 0,0005	0,435 ± 0,0006	0,444 ± 0,001
40	0,492 ± 0,0005	0,436 ± 0,001	0,442 ± 0,0006	0,452 ± 0,0025
60	0,508 ± 0,001	0,451 ± 0,001	0,447 ± 0,0006	0,460 ± 0,0006
80	0,524 ± 0,0005	0,455 ± 0,001	0,451 ± 0,001	0,469 ± 0,0006
100	0,535 ± 0,0005	0,471 ± 0,0005	0,457 ± 0,001	0,477 ± 0,0015

Los tratamientos se especifican: $T_n.\theta_k$, donde T= tratamiento, n= tipos de estabilizadores (0: sin estabilizador, 1: aceite de canola hidrogenada, 2: manteca de palma hidrogenada y 3: lecitina de soya), θ = temperatura, k= niveles de temperatura (1: 30 °C, 2: 40 °C y 3: 50 °C).



Los tratamientos de la leyenda se especifican $T_n.\theta_k$, donde T= tratamiento, n= tipos de estabilizadores (0: sin estabilizador, 1: aceite de canola hidrogenada, 2: manteca de palma hidrogenada y 3: lecitina de soya), θ = temperatura, k= niveles de temperatura (1: 30 °C, 2: 40 °C y 3: 50 °C).

Figura 7. Actividad de agua durante el almacenamiento.

En el día 80 de evaluación se nota que en las mantequillas que contiene estabilizadores los valores más altos se encuentran en el T1 (50 °C) (0,46), T2 (50 °C) (0,45) y T3 (50 °C) (0,47), esto probablemente se deba a que se encuentran almacenadas a temperatura más alta, Syamaladevi et al.(2016) informan que a temperaturas elevadas, los estabilizadores tienen la posibilidad de desnaturalizarse o perder su eficacia, llevando a una liberación de agua previamente atrapada o ligada, aumentando la actividad de agua, así mismo Park et al. (2021), mencionan que los estabilizadores, tienen un punto de fusión específico, es decir, una temperatura a la cual se vuelven líquidos y es ahí cuando pueden comenzar a ablandarse o derretirse parcialmente, cambiando su estructura molecular y reduciendo su capacidad para mantener la emulsión o la estabilidad del producto.

El día de cierre de evaluación (100 días), se aprecia que las mantequillas sin estabilizador a las tres temperaturas (30, 40 y 50°C) alcanzaron las cantidades más elevadas de actividad de agua, esto podría ser por la falta de estabilizadores; Aryana et al. (2003) informan que los estabilizadores al tener la capacidad de interactuar con otros componentes del producto, como las proteínas y grasas con el fin de mantener una estructura cohesiva a lo largo del tiempo, pueden limitar la migración del agua dentro del producto, manteniendo un ambiente menos propenso al crecimiento microbiano; además, Chin et al. (2013) señalan que en ausencia de un estabilizador, el agua podría estar menos retenida, dando como resultado un aumento en la

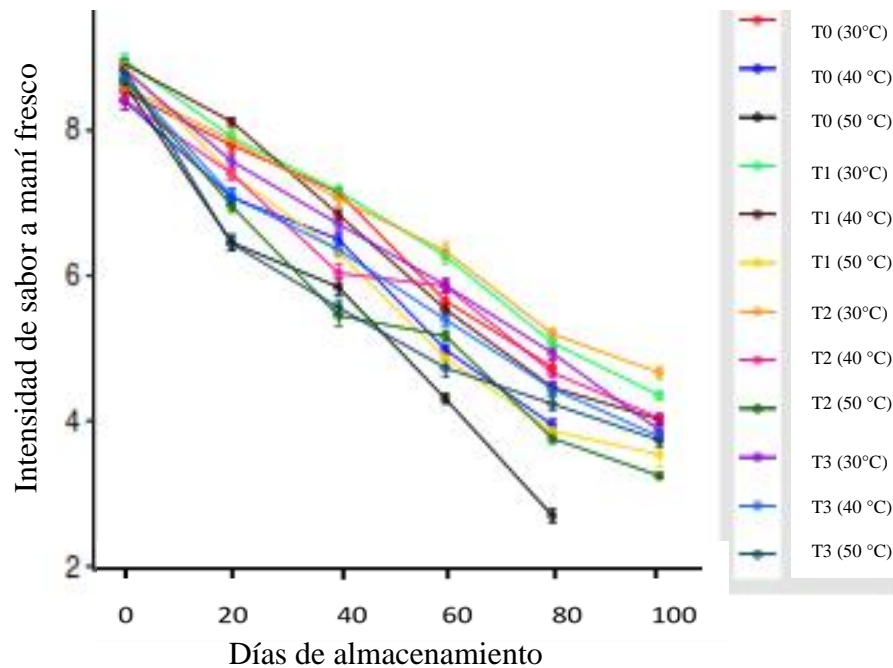
actividad de agua. Por otro lado, en T1 (30 °C) (canola), T2 (30 °C) y T2 (40 °C) (palma) se reportaron los valores más bajos 0,44; 0,45 y 0,46, en el mismo orden, esto podría ser consecuencia a los componentes de cada estabilizador, Gorrepati et al. (2015) mencionan que durante el proceso de hidrogenación tanto en canola y palma, las insaturaciones presentes se saturan, formando enlaces más estables entre las moléculas de ácidos grasos, dando como resultado una estructura más compacta y menos propensa a la interacción con el agua, lo que puede limitar la movilidad de las moléculas de agua dificultando que se disocien o se muevan libremente dentro del producto, contribuyendo así a mantener la actividad de agua en niveles más bajos; lo que es afirmado por Syamaladevi et al. (2016), al indicar que los ácidos grasos saturados tienen enlaces simples entre sus átomos de carbono, lo que los hace más rectos y menos propensos a tener dobleces o giros en su estructura y esta estructura más lineal y compacta reduce los espacios vacíos o sitios de enlace donde las moléculas de agua podrían interactuar. De acuerdo a los resultados, aunque la lecitina de soya no haya tenido los niveles de actividad de agua más bajos, ayudó a que no aumente significativamente la cantidad de ésta, quizás esto se deba a los componentes que presenta, Zuzarte et al. (2020) mencionan que la lecitina de soya contiene fosfolípidos como la fosfatidilcolina y fosfatidiletanolamina que actúan como emulsionantes naturales, éstos tienen una estructura que permite que sus cabezas polares sean atraídas por el agua, mientras que las colas no polares se orientan hacia las grasas y aceites en la emulsión, ayudando a estabilizar las emulsiones agua-aceite en los productos alimenticios y reduciendo la disponibilidad de agua libre.

5.2. Descriptores del sabor en la mantequilla de maní durante el almacenamiento

5.2.1. “Sabor a maní fresco”

El sabor a maní fresco en la mantequilla de maní, rememora la frescura y autenticidad del maní recién tostado y molido (Nepote et al., 2006); de acuerdo a los resultados (Figura 8 y Anexo VI), los valores registrados de “sabor a maní fresco” de los tratamientos durante el almacenamiento, en el primer día de evaluación todos los panelistas marcan un puntaje mayor a 8 lo que significa que se presenta un sabor a maní fresco muy fuerte, Sithole et al. (2022) señalan que durante el proceso de molienda, los aceites naturales del maní se liberan y están en su estado más fresco, lo que contribuye a un sabor más intenso y auténtico a maní; en el día 20 de evaluación el T0 (50 °C) (sin estabilizador) y T3 (50 °C) (lecitina) son los que presentan menor puntaje de intensidad de sabor a maní fresco, esto puede ser consecuencia del efecto de altas temperaturas de almacenamiento; Mestrallet et al. (2009) informan que los compuestos aromáticos y volátiles responsables del sabor son sensibles al calor y pueden

descomponerse o evaporarse a altas temperaturas. Boskou y Elmadfa (2016) señalan que la 2-metilpirazina es un compuesto común en granos y se forman durante el proceso de tostado a través de reacciones de Maillard, este compuesto contribuye al sabor con notas a nuez y frescura propio del grano, pero puede ser afectado por temperaturas elevadas ya que son propensas a descomponerse químicamente.



Los tratamientos de la leyenda se especifican $T_n.\theta_k$, donde T= tratamiento, n= tipos de estabilizadores (0: sin estabilizador, 1: aceite de canola hidrogenada, 2: manteca de palma hidrogenada y 3: lecitina de soya), θ = temperatura, k= niveles de temperatura (1: 30 °C, 2: 40 °C y 3: 50 °C).

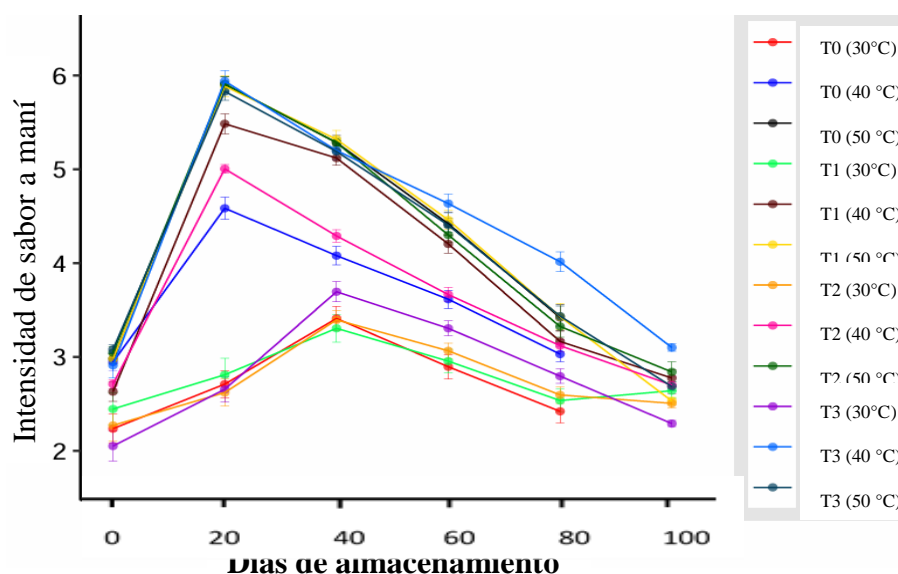
Figura 8. “Sabor a maní fresco” durante el almacenamiento.

En el día 40 de evaluación en el T2 (50 °C) (palma) y T3 (50 °C) (lecitina) el puntaje de intensidad a “sabor a maní fresco” es menor a comparación de las otras, es probable que esto se deba al impacto que las altas temperaturas y el tiempo de almacenamiento tienen en los estabilizadores; Sithole, et al., (2022), señala que las fluctuaciones de temperatura, la exposición a la luz y el oxígeno durante el almacenamiento pueden comprometer la calidad sensorial de la mantequilla, incluso con la presencia de estabilizadores. Al llegar al día 80 de evaluación se reporta el valor más bajo de puntuación en el T0 (50 °C) (sin estabilizador), esto puede ser consecuencia del comportamiento de los componentes propios del maní natural a temperaturas más altas de la recomendada para el almacenamiento, Riveros et al., (2013) informan que la temperatura ideal de almacenamiento para la mantequilla de maní suele ser entre 15 y 30°C como máximo, ya que ayudan a mantener la calidad física y química del producto. En el periodo de evaluación de 100 días, se nota una disminución general del puntaje

de intensidad “sabor a maní fresco”, dando a entender que, sí se percibía que este atributo iba disminuyendo, los que aún preservaban un puntaje considerable frente a otras fue el T1 (30 °C) (canola) y T2 (30 °C) (palma), es posible que esto sea por la acción de los estabilizadores a 30 °C, pero a 50 °C también fueron los mismos estabilizadores (canola y palma) por mostrar el menor puntaje, por otro lado, Hinds et al., (2004) indica que los esteroides y estanoles son componentes del aceite de canola y palma que le brindan su capacidad emulsionante pero a temperaturas elevadas, pueden volverse más susceptibles a la oxidación, especialmente si están en presencia de oxígeno, logrando afectar los compuestos aromáticos frescos del maní y perjudicando su sabor distintivo.

5.2.2. “Sabor a maní dulce”

El sabor a maní dulce en la mantequilla se refiere a una nota de dulzura natural y suave que complementa el característico sabor terroso y a nuez del maní (Saheedat H., 2018), según los resultados (Figura 9 y Anexo VII), se observan los valores registrados del "sabor a maní dulce" durante el almacenamiento. En el día inicial de evaluación sensorial se obtuvo un puntaje bajo, de 2 a 3 en cuanto a intensidad de “sabor a maní dulce” por parte de todos los miembros del panel, Olmedo et al. (2008) señalan que el dulzor ligero que se presenta en la mantequilla de maní puede ser el resultado de la frescura de los manís, ya que en el proceso de tostado se carameliza ligeramente los azúcares naturales.



Los tratamientos de la leyenda se especifican $T_n.\theta_k$, donde T= tratamiento, n= tipos de estabilizadores (0: sin estabilizador, 1: aceite de canola hidrogenada, 2: manteca de palma hidrogenada y 3: lecitina de soya), θ = temperatura, k= niveles de temperatura (1: 30 °C, 2: 40 °C y 3: 50 °C).

Figura 9. “sabor a maní dulce” durante el almacenamiento.

Al vigésimo día de evaluación se observa un ascenso considerable en T0 (50 °C) (sin estabilizador), T1 (50 °C) (canola), T2 (50 °C) (palma), T3 (40 °C) y T3 (50 °C) (lecitina), este efecto sería gracias a las altas temperaturas de almacenamiento; Mouécoucou et al. (2004) mencionan que a altas temperaturas, algunos componentes amargos como los compuestos fitoquímicos presentes en el maní pueden descomponerse, lo que podría hacer que el dulzor inherente del maní se perciba más fácilmente.

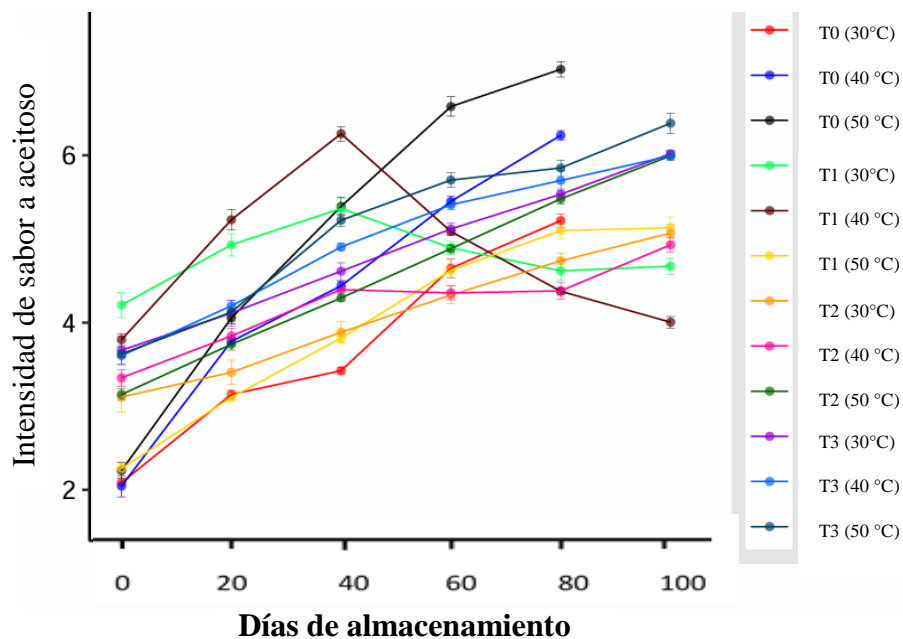
En la tercera evaluación sensorial (40 días), se aprecia que los que continuaron teniendo un ascenso en la característica a evaluar fueron los que estuvieron almacenados a menor temperatura, esto puede deberse a la temperatura de almacenamiento bajo (30 °C) en las muestras, Arya et al. (2016) informan que los estabilizadores están diseñados para mantener la estabilidad física y química en productos como la mantequilla, pero pueden no proteger eficazmente todos los componentes naturales del maní incluyendo sus atributos sensoriales si se encuentran a temperaturas > 40 °C, ya que pueden disociarse molecularmente dando parte a la oxidación u otras formas de deterioro químico y sensorial. En el día 80 se observa una continua reducción en el puntaje “sabor a maní dulce” respecto a las evaluaciones anteriores, es una posibilidad de que esto se deba a las reacciones que pasa en la mantequilla de maní por el tiempo de almacenamiento, Matsiko et al. (2014) señalan que los azúcares simples, aunque presentes en cantidades relativamente bajas, pueden influir en la percepción del dulzor en la mantequilla de maní, especialmente cuando es recién procesado y aún conserva sus compuestos volátiles, sin embargo, si está almacenado por mucho tiempo es probable que esta característica disminuya. En el último día de evaluación (100 días), se nota que los puntajes de intensidad a “sabor a maní dulce” van desde 2 a 3 puntos, relativamente bajos; esto puede darse a causa de las reacciones que ocurren en el producto al paso del tiempo, Wu et al., (2009), informan que a altas temperaturas, los lípidos presentes en la mantequilla de maní naturalmente tienden a oxidarse, lo que no solo afecta la estabilidad del producto, sino también su sabor y aroma; esto es verificado por Talcott (2005) al indicar que los ácidos grasos poliinsaturados, especialmente el ácido linoleico y linolénico, durante tiempo prolongado son muy susceptibles a la oxidación incluso en condiciones ambientales suaves y se incorporan fácilmente en el mecanismo de peroxidación lipídica, generando radicales libres y peróxidos.

5.2.3. “Sabor a maní aceitoso”

El sabor a maní aceitoso en la mantequilla, alude al perfil de sabor que resalta las características naturales del aceite de maní, proporcionando una sensación oleosa y suave en el paladar, manteniendo el sabor auténtico del maní tostado (Akhtar et al., 2014).

Basado en los resultados obtenidos en la Figura 10 y Anexo VIII, donde se muestran los puntajes obtenidos del "sabor a maní aceitoso" durante el periodo de almacenamiento, en el primer día de evaluación (día 0), los miembros del panel marcan un puntaje que va desde 2 a 4, es decir, que el "sabor a maní aceitoso" no es tan intenso, esto podría deberse a la consistencia homogénea que la mantequilla presenta después de ser preparada, Yang et al. (2022) mencionan que al elaborar la mantequilla los aceites naturales del maní se emulsionan y se integran uniformemente con la masa logrando que el sabor del aceite de maní se distribuya de manera equilibrada en todo el producto, en lugar de estar concentrado en áreas específicas donde se percibiría de manera más pronunciada como un sabor aceitoso.

En el día 40, se nota un incremento constante en la puntuación del "sabor a maní aceitoso" en comparación a las previas, pudiendo ser por efecto de la temperatura en las muestras, Ciou et al. (2021) indican que un producto oleoso es importante almacenarlo en un lugar fresco y seco, protegida de la luz directa y de cambios bruscos de temperatura, para preservar su sabor característico por más tiempo, Totlani y Chinnan (2007) mencionan que la mantequilla de maní, con estabilizadores como sin ellos, cuando se almacena a temperaturas mayores a 28 °C experimentan una mayor liberación de los aceites naturales presentes en el maní, ya que al ser ricos en grasas insaturadas, tienden a volverse más visibles y perceptibles a temperaturas elevadas, lo que puede resultar en un sabor más pronunciado a maní grasoso.



Los tratamientos de la leyenda se especifican $T_n.\theta_k$, donde T = tratamiento, n = tipos de estabilizadores (0: sin estabilizador, 1: aceite de canola hidrogenada, 2: manteca de palma hidrogenada y 3: lecitina de soya), θ = temperatura, k = niveles de temperatura (1: 30 °C, 2: 40 °C y 3: 50 °C).

Figura 10. "Sabor a maní aceitoso" durante el almacenamiento.

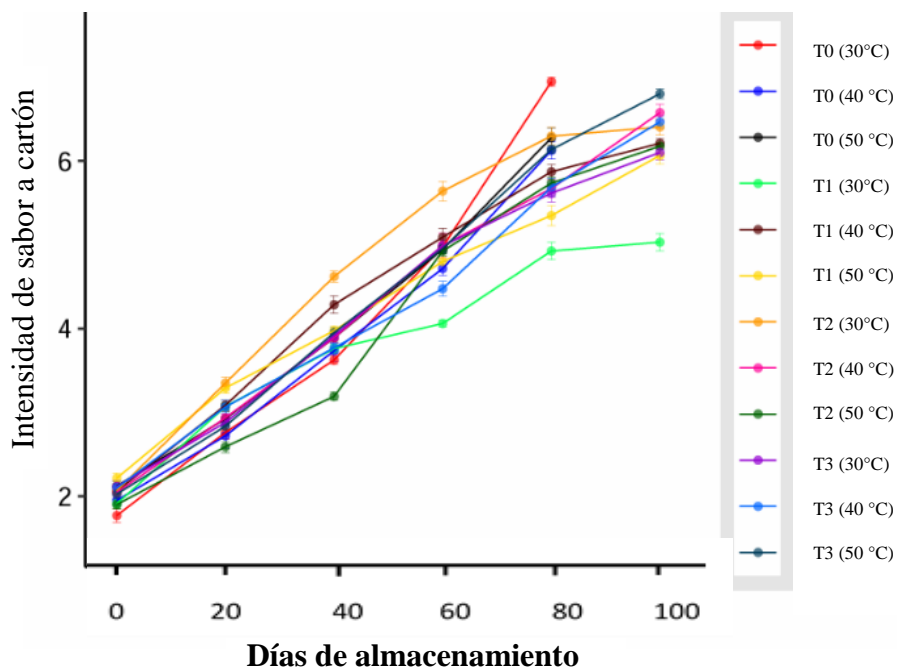
A los 60 días de evaluación se nota una disminución en el puntaje de intensidad en el T2 (40 °C) (palma), T1 (30 °C) y T1 (40 °C) (canola), probablemente esto se deba al efecto emulsificador de los estabilizantes, Chin et al., (2013), en su trabajo de cambios en la calidad de la mantequilla de maní natural sin estabilizadores durante el almacenamiento, informa que los ingredientes usados como estabilizadores, como los aceites hidrogenados, forman una red o película alrededor de las partículas de maní y de los aceites, lo cual dificulta que estos últimos se separen y se perciban de manera más pronunciada en el sabor; caso contrario sucede en el T0 (40 °C) y T0 (50 °C) en el día 80 de evaluación, ya que ambos siguen en constante aumento de puntaje por parte de los panelistas en este atributo, puede que esto sea por la falta de estabilizador, tal como lo señala Winkler-Moser et al., (2019), quien indica que el uso de estabilizantes pueden retardar la oxidación de los aceites, lo que contribuye a mantener un sabor más fresco y menos aceitoso en la mantequilla de maní durante su almacenamiento y uso prolongado. Al final del periodo de evaluación (100 días) se puede percibir que el T1 (30 °C), T1 (40 °C) (canola), T2 (30 °C) y T2 (40 °C) (palma), son los que alcanzaron los puntajes más bajos de intensidad en el aspecto evaluado a comparación de las demás, ante esto, Cordon et al., (1994), señala que el proceso de hidrogenación puede mejorar el efecto emulsionante del aceite de canola al reducir su susceptibilidad a la oxidación quien dará aspectos negativos en cuanto a la calidad general del producto; de manera similar, Shahidi y De Camargo, (2016), mencionan que la presencia de tocotrienoles y tocoferoles en la palma pueden ofrecer una protección antioxidante sinérgica, mejorando la estabilidad general y ayudando a preservar el sabor distintivo de la mantequilla.

5.2.4. “Sabor a cartón”

El "sabor a cartón" en la mantequilla de maní hace referencia a un sabor desagradable que puede ser seco, insípido y ligeramente amargo, este sabor es generalmente un indicador de que los aceites naturales del maní están tendiendo a oxidarse (Riveros et al., 2009). De acuerdo a los resultados reportados en la Figura 11 y Anexo IX, donde se presenta los puntajes obtenidos del "maní sabor a cartón" durante el transcurso de almacenamiento, en día 0 de evaluación los miembros del panel dan un puntaje bajo al atributo a evaluar, es decir, que no se percibe el “maní a sabor cartón”; ante esto, Williams et al., (2006), señala que el sabor a cartón no será para nada percibido cuando el producto esté fresco ya que este atributo no es una consecuencia a corto plazo; por otro lado, en la tercera fecha de evaluación (día 40), se nota un ascenso constante respecto a las evaluaciones anteriores en el puntaje de intensidad, este aumento es posible que sea gracias al efecto que causa la temperatura en la mantequilla, Isleib

et al., (2006), señala que el aumento de sabor a cartón en el producto se deba principalmente a la reacción de los lípidos con el oxígeno, tal como lo señala Pattee et al., (2002), al indicar que el calor proporciona la energía necesaria para superar las barreras de activación de las reacciones químicas involucradas en la oxidación.

En el día 60, T1 (30 °C) (canola) y T3 (40 °C) (lecitina) son las muestras en que menos se percibe el atributo analizado por parte de los evaluadores, puede que esto se deba a la influencia que tienen los estabilizadores en el producto, Huang et al., (2020), señala que los estabilizantes al mantener una adecuada estructura y consistencia de la mantequilla de maní, ayudan a evitar la absorción excesiva de humedad, lo cual puede influir en cambios en la textura y en sabores indeseados. En la penúltima fecha de evaluación (día 80), se puede percibir que el T0 (30 °C), T0 (40 °C) y T0 (50 °C) (sin estabilizador), son los que continúan incrementando el puntaje de intensidad de maní “sabor a cartón”, esto es probable que sea por la ausencia de estabilizantes en dichas muestras, Sumainah et al. (2000), mencionan que a temperaturas no adecuadas de almacenamiento es posible que la humedad en la mantequilla de maní natural aumente, lo que podría afectar la textura y la estabilidad de ésta, influenciando potencialmente en la percepción sensorial y en la aparición de sabores no deseados como el sabor a cartón.



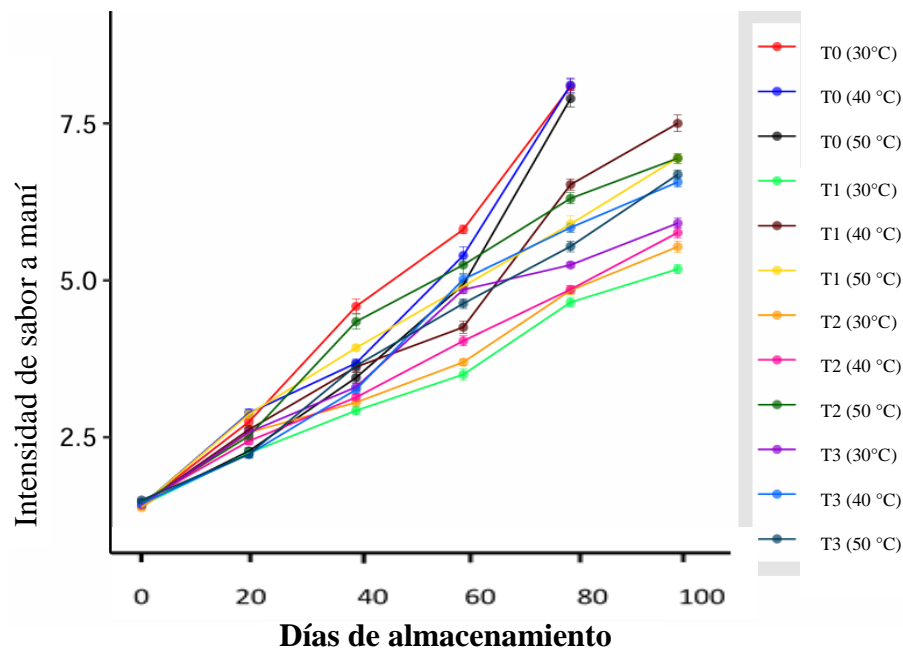
Los tratamientos de la leyenda se especifican $T_n.\theta_k$, donde T= tratamiento, n= tipos de estabilizadores (0: sin estabilizador, 1: aceite de canola hidrogenada, 2: manteca de palma hidrogenada y 3: lecitina de soya), θ = temperatura, k= niveles de temperatura (1: 30 °C, 2: 40 °C y 3: 50 °C).

Figura 11. “Sabor a cartón” durante el almacenamiento.

A los 100 días, T1 (30 °C) (canola) mostró el menor puntaje, es posible que esto se deba al impacto que tiene el aceite de canola hidrogenado en la mantequilla de maní, lo cual es afirmado por Balasubramanian y Chandra, (2015), que en su investigación en mantequillas a base de plantas, reportó que la colza (canola) al presentar una alta proporción de ácidos grasos monoinsaturados y omega-3, son menos susceptibles a la oxidación, lo que los hace más compatibles con los compuestos aromáticos y los antioxidantes naturales del maní, logrando conseguir preservar mejor su sabor auténtico y fresco de la mantequilla.

5.2.5. “Sabor a maní rancio”

El "sabor a maní rancio" en la mantequilla de maní según Kaneko et al., (2013), hace alusión a matices metálicos o jabonosas y es indicativo de deterioro en la calidad del producto debido a la degradación de sus componentes grasos. Basándonos en los resultados presentados en la Figura 12 y Anexo X, donde se exhibe los puntajes obtenidos del "sabor a maní ranceado" durante el tiempo de almacenamiento, en el primer día de evaluación (día 0), no se percibe el atributo a evaluar en todas las muestras, es posible que esto se deba a las características frescas del producto, tal como lo menciona Dhamsaniya et al., (2012), al decir que una mantequilla recién producida carece de cualquier rastro de ranciedad, amargor o sabores metálicos.



Los tratamientos de la leyenda se especifican $T_n.\theta_k$, donde T = tratamiento, n = tipos de estabilizadores (0: sin estabilizador, 1: aceite de canola hidrogenada, 2: manteca de palma hidrogenada y 3: lecitina de soya), θ = temperatura, k = niveles de temperatura (1: 30 °C, 2: 40 °C y 3: 50 °C).

Figura 12. “Sabor a maní rancio” durante el almacenamiento.

En el día 40, los tratamientos obtienen mayor puntaje que las anteriores, este aumento de intensidad de sabor a rancio puede ser causa del tiempo de almacenamiento, Afolabi et al. (2018) señalan que a medida que la mantequilla de maní envejece, especialmente si se almacena en condiciones no adecuadas como altas temperaturas o exposición al oxígeno y la luz, los ácidos grasos insaturados pueden oxidarse, lo que es afirmado por Reed et al. (2002) quienes en su investigación del efecto de la actividad de agua en el sabor de cacahuetes alto y normalmente oleicos, mencionan que la oxidación de los lípidos generalmente se relaciona con la pérdida de sabor original, pérdida de nutrientes y generación de aromas no deseados durante el almacenamiento. A los 80 días de evaluación se aprecia un aumento constante de este atributo, en T0 (30 °C), T0 (40 °C) y T0 (50 °C) (sin estabilizador), este comportamiento podría deberse a la oxidación de los lípidos presentes en los manís, Pidatala et al. (2021) mencionan que la oxidación se acelera cuando no se utilizan estabilizadores que ayuden a proteger los ácidos grasos insaturados del maní de la degradación causada por el oxígeno y otros factores ambientales, así mismo, Barden y Decker (2016) mencionan que la oxidación de los lípidos producen compuestos secundarios como aldehídos, cetonas y ácidos, que tienen olores y sabores desagradables, perjudicando su sabor distintivo. En el último día de evaluación (100 días), T1 (30 °C) (canola), T2 (30 °C) (palma) y T3 (30 °C) (lecitina) son los que obtuvieron menor puntaje frente a las demás, esto es probable que sea por la presencia de estabilizadores a la menor temperatura de almacenamiento; Siger et al. (2008) informan que los estabilizadores y más si éstos presentan antioxidantes, tienen la capacidad de captar y neutralizar los radicales libres que pueden iniciar reacciones de oxidación en los ácidos grasos insaturados, logrando retardar la velocidad a la que se lleva a cabo la oxidación, prolongando así la vida útil del producto y manteniendo su frescura y sabor original por más tiempo, por otro lado Ozturk y Cakmakci (2006) señalan que los estabilizadores suelen ser más eficientes a temperaturas moderadas a frescas, típicamente alrededor de 20 a 25 °C y que a temperaturas más altas, la eficacia de algunos estabilizadores es probable que disminuya.

5.3. Modelos matemáticos aplicados a la cinética de deterioro de la mantequilla de maní durante el almacenamiento

Para la estimación de la cinética de deterioro en la mantequilla de maní almacenada a diferentes temperaturas se consideraron seis modelos matemáticos, para dicha estimación del ajuste se consideró el coeficiente de determinación (R^2), la prueba de normalidad de Shapiro Wilk y el criterio de información de Akaike (AIC). Figueiredo y Silva (2011) señalan que el R^2 es una medida estadística que muestra cuán bien se ajusta un modelo a los

datos observados, de forma más sencilla, el R^2 es una medida de la dispersión de puntos alrededor de una línea de regresión y si presenta un valor cercano a 1 suele ser deseable porque sugiere que el modelo explica una gran parte de la variabilidad en los datos. Por otro lado, King (1986) indica que el R^2 únicamente mide qué proporción de la variabilidad en la variable dependiente es explicada por el modelo, pero no brinda información sobre la exactitud de las predicciones individuales ni sobre la relación entre las variables, por ello si los académicos desean evaluar modelos, deberían revisar otras estadísticas además del R^2 . La prueba de normalidad Shapiro Wilk según Hanusz et al. (2016) es utilizada para evaluar si una muestra de datos sigue una distribución normal, lo cual es crucial para seleccionar la técnica estadística correcta, ya que, si los datos no se distribuyen normalmente, puede ser necesario utilizar métodos alternativos o realizar transformaciones en los datos, Mara (2011) señala que el valor p debe ser $> 0,05$ lo que indicará que los datos no se desvían de manera significativa de una distribución normal. El menor criterio de información de Akaike (AIC), es una herramienta empleada en estadística para elegir el modelo más adecuado entre varios modelos candidatos y que fue introducido en 1973 por Hirotugu Akaike como una extensión del principio de máxima verosimilitud que se aplica convencionalmente para estimar los parámetros de un modelo una vez que se ha formulado la estructura y dimensión del modelo (Cavanaugh y Neath, 2019). Por otro lado, Bozdogan, (1987), señala que el modelo con el AIC más bajo entre los modelos candidatos es generalmente preferido ya que refleja un mejor balance entre la precisión del ajuste del modelo y su complejidad.

5.3.2. Modelos matemáticos aplicados al índice de peróxido

De acuerdo a la Tabla 12 y Figura 13 (a), (b) y (c), se observa que la mantequilla sin estabilizante almacenada a 30, 40 y 50 °C tienen una vida útil de 101, 97 y 93 días, respectivamente, se adapta mejor al modelo matemático de cinética de orden uno, según Inyang et al. (2018) este modelo describe cómo una reacción química cambia con el tiempo, especialmente cuando la velocidad de la reacción depende directamente de la concentración de un reactivo, Pędziwiatr et al. (2018) señala que la tasa de formación de peróxidos es más rápida según transcurre el tiempo por el comportamiento de las grasas presentes en el producto; por otra parte, el aumento de temperatura promovió el deterioro de la mantequilla con mayor generación de peróxidos, esto es corroborado por Stark et al. (2000), quien justifica este comportamiento debido a la aceleración de las reacciones oxidativas, provocando una disminución notable en la vida útil del alimento.

Tabla 12. Modelos matemáticos aplicados al índice de peróxido (IP) en mantequilla de maní con y sin estabilizantes.

Trat.	T°	Modelo	Parámetros del modelo				Valor IP*	Vida útil	R2	Shapiro	AIC
T0	30	orden1	Co = 1,177	k = 0,0211			9,49	101	0,992	0,253	7,53
T0	40	orden1	Co = 1,156	k = 0,0221			10,23	97	0,988	0,819	11,12
T0	50	orden1	Co = 1,382	k = 0,0212			11,18	93	0,987	0,204	12,93
T1	30	Weibull	alfa = 4,861	beta = 55,231	C.ini = 1,382	C.inf = 3,087	3,19	-	0,969	0,987	2,79
T1	40	orden1	Co = 1,202	k = 0,0123			4,19	172	0,969	0,808	2,28
T1	50	orden1	Co = 1,066	k = 0,0155			5,24	144	0,961	0,024	7,36
T2	30	orden1	Co = 1,387	k = 0,0114			4,18	173	0,957	0,453	4,91
T2	40	orden1	Co = 1,081	k = 0,016			5,28	139	0,972	0,543	6,48
T2	50	orden1	Co = 1,168	k = 0,0163			5,8	131	0,967	0,957	9,03
T3	30	Weibull	alfa = 2,689	beta = 70,126	C.ini = 1,243	C.inf = 5,979	5,68	-	0,993	0,754	3,82
T3	40	Weibull	alfa = 2,582	beta = 72,474	C.ini = 1,274	C.inf = 6,475	5,99	-	0,989	0,612	6,5
T3	50	Weibull	alfa = 2,318	beta = 68,456	C.ini = 1,168	C.inf = 6,616	6,26	-	0,972	0,525	13,24

T0: mantequilla de maní sin estabilizador (testigo), T1: mantequilla de maní con aceite de canola hidrogenada, T2: mantequilla de maní con manteca palma hidrogenada, T3: mantequilla de maní con lecitina de soya, Co y Cini: valor inicial del índice de peróxido, k: velocidad de reacción, α : parámetro de forma de Weibull, β : parámetro de escala, Cinf: valor final del índice de peróxido, *es el valor del índice de peróxido en el último día de evaluación.

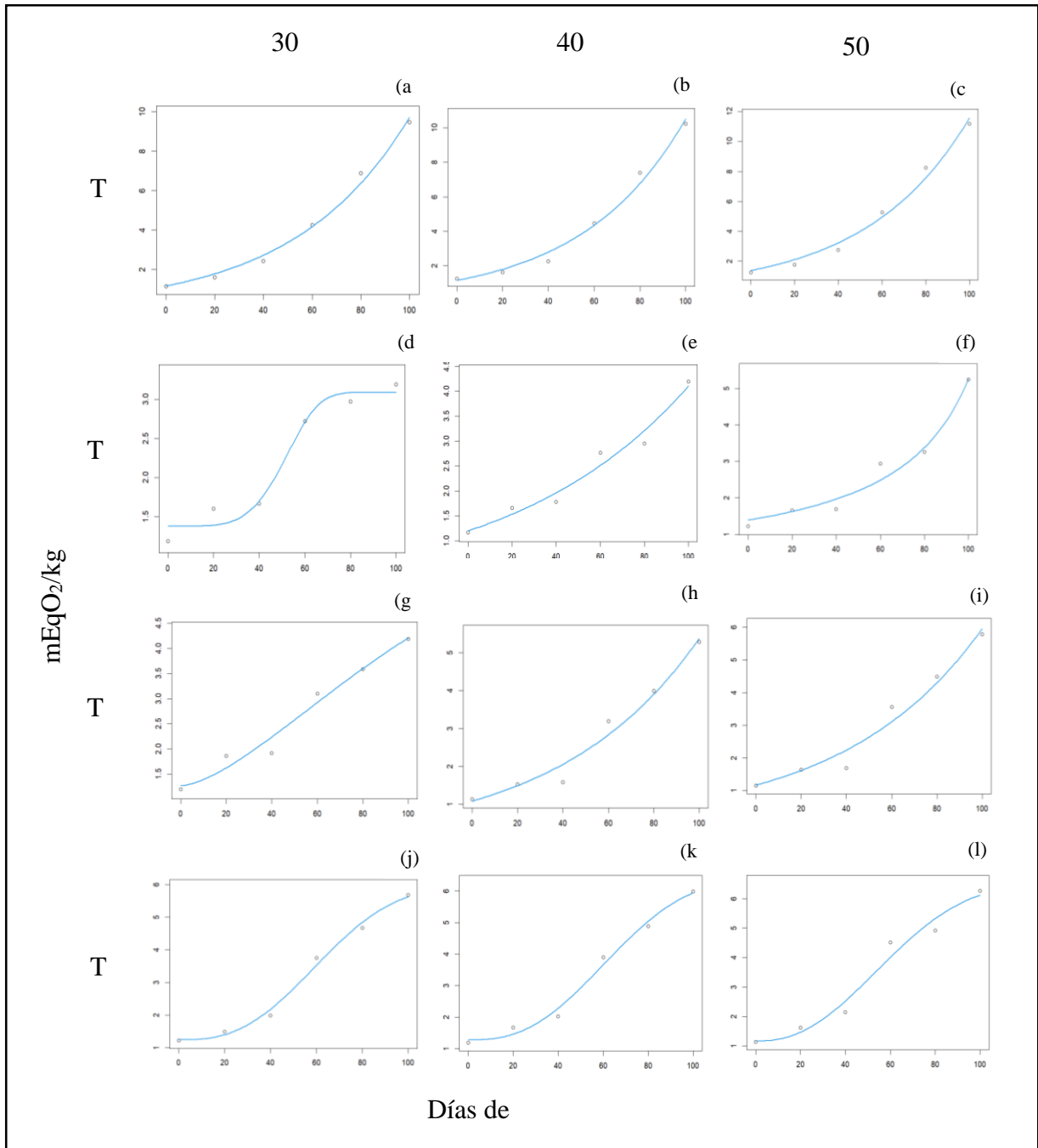


Figura 13. Índice de peróxido adaptado a los modelos matemáticos.

En la Figura 13 (d) y (j) se presenta los modelos matemáticos para la manteca de maní con canola y lecitina a 30 °C, donde se observa que el mejor comportamiento entre los 6 modelos correspondió al modelo de Weibull por el comportamiento que esta sigue, teniendo como parámetro de forma 4,86 y 2,68, respectivamente, es probable que esto se deba al efecto protector que tienen los estabilizadores frente a la oxidación, Livings et al. (2003) informa que el modelo de Weibull es una función que caracteriza la distribución de tiempos hasta que ocurre un evento de interés, como el momento en que un material empieza a fallar. Keklik et al. (2017) señala que el parámetro de forma (α) del modelo weibull es el

indicador del comportamiento de la reacción, en este caso de la oxidación, cuando $\alpha < 1$ ocurrirá un deterioro temprano, si $\alpha = 1$ habrá un deterioro aleatorio y si $\alpha > 1$ la tasa de deterioro aumenta con el tiempo; al ser los valores encontrados mayores a 1 afirma la característica protectora de los estabilizantes inicialmente, tal como lo dice Evans et al. (2019) quien menciona que cuando el parámetro de forma es mayor a 1 significa que en las primeras etapas de la vida útil del producto, la tasa de deterioro es relativamente baja, pero a medida que el producto envejece, el deterioro se acelerará significativamente; además, al no alcanzar el límite máximo permitido según el Codex Alimentarius (10 mEqO₂/kg) durante los 100 días de evaluación, dicho modelo no puede predecir la vida útil de la mantequilla, según Huang et al. (2021) pueda que esto sea causa del comportamiento de los lípidos presentes en el producto gracias a sus estructuras químicas y propiedades. Por otro lado, en la Figura 13 (i) y (f) que son las muestras con palma y canola a 50 °C, se aprecia que el ajuste de los modelos se adapta al modelo de orden uno, teniendo como vida útil 114 y 117 días de manera correspondiente, es posible que se deba al efecto que tiene la temperatura en las muestras, Chandra-ambhorn et al., (2020), señala que a mayor energía térmica aumenta la velocidad de las reacciones y puede cambiar el comportamiento general del proceso de oxidación, así mismo, Torres et al., (2016) menciona que el proceso de oxidación a temperaturas altas es mucho más rápido y la dinámica del estabilizador puede volverse menos significativa en comparación con la velocidad general de oxidación.

5.3.3. Modelos matemáticos aplicados al índice de acidez

Según los datos presentados en la Tabla 13 y la Figura 14 (a) y (b), se aprecia que la mantequilla de maní sin estabilizador a 30 y 40 °C se adaptan mejor al modelo de orden 1, podría ser una consecuencia del ritmo en que se forman los ácidos grasos libres, según Afolabi et al., (2018), la acidez en la mantequilla de maní no siempre aumenta de manera lineal con el tiempo, ya que en lugar de una simple tendencia lineal, el aumento en el índice de acidez puede mostrar un patrón curvilíneo, Así mismo, Yu et al., (2013) señala que por su naturaleza la mantequilla de maní durante el almacenamiento produce ácidos grasos libres como resultado de la hidrólisis de triglicéridos que a menudo sigue una cinética no lineal ya que los efectos que suceden no son constantes.

Tabla 13. Modelos matemáticos aplicados al índice de acidez (IA) en mantequilla de maní con y sin estabilizantes

Trat.	T°	Modelo	Parámetros del modelo		Valor (IA)*	Vida útil	R ²	Shapiro	AIC
T0	30	orden1	Co = 0,2238	k = 0,016	1,15	180	0,9647	0,1401	-11,16
T0	40	orden1	Co = 0,1788	k = 0,0227	1,78	136	0,9791	0,20985	-7,55
T0	50	orden1	Co = 0,2954	k = 0,0198	2,14	131	0,9815	0,34619	-5,7
T1	30	orden1	Co = 0,2079	k = 0,0109	0,65	271	0,9248	0,2047	-15,66
T1	40	orden1	Co = 0,1876	k = 0,0149	0,89	205	0,9462	0,73938	-12,51
T1	50	orden1	Co = 0,2365	k = 0,0141	0,97	200	0,9747	0,84006	-15,44
T2	30	orden1	Co = 0,2003	k = 0,0141	0,82	212	0,967	0,528	-15,96
T2	40	orden1	Co = 0,2218	k = 0,0155	1,03	186	0,9526	0,651	-10,15
T2	50	orden1	Co = 0,2407	k = 0,0165	1,21	170	0,9849	0,767	-14,36
T3	30	orden1	Co = 0,221	k = 0,0113	0,72	256	0,9049	0,34374	-12,79
T3	40	orden1	Co = 0,2387	k = 0,0108	0,73	261	0,9366	0,912	-15,05
T3	50	orden1	Co = 0,2255	k = 0,0177	0,91	162	0,9735	0,517	-16,41

T0: mantequilla de maní sin estabilizador (testigo), T1: mantequilla de maní con aceite de canola hidrogenada, T2: mantequilla de maní con manteca palma hidrogenada, T3: mantequilla de maní con lecitina de soya, Co: valor inicial del índice de acidez, k: velocidad de reacción y *es el valor del índice de acidez en el último día de evaluación.

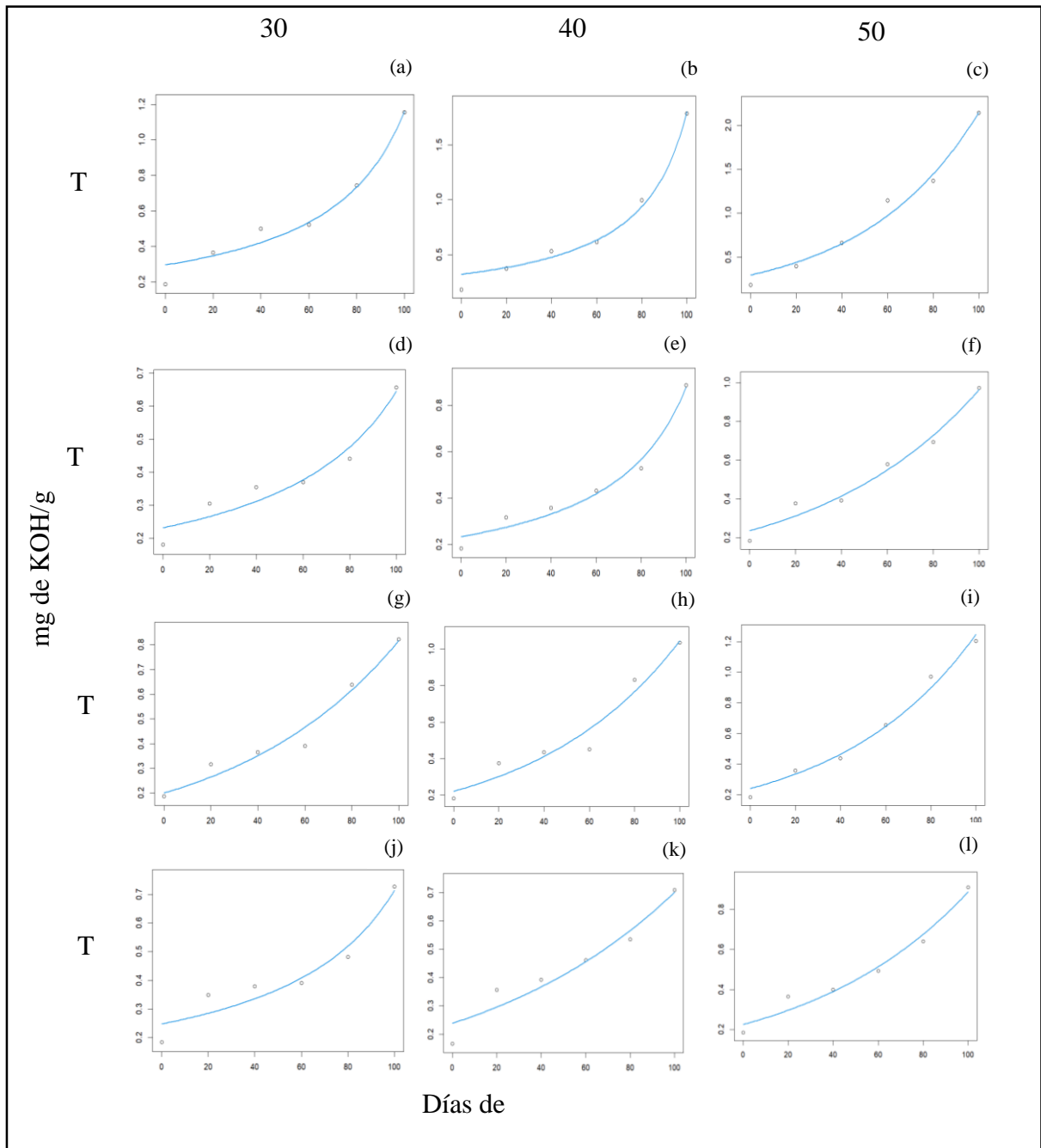


Figura 14. Índice de acidez adaptado a los modelos matemáticos.

Las muestras T1 (50 °C) (f), T2 (50 °C) (i) y T3 (50 °C) (l), se adaptan mejor al modelo de orden 1 ya que siguen una constante formación de ácidos grasos libres, pero presentan diferentes valores de K (constante de la tasa de cambio), los cuales son 0,0141; 0,0165 y 0,0177 respectivamente, esto puede ser posible debido al efecto que presenta cada estabilizador en la formación de ácidos grasos libres, Bunkar et al., (2014), señala que los valores de la constante de tasa de cambio indican variaciones en la velocidad a la que se produce el deterioro, y Jaya y Das, (2005), mencionan que un valor alto de k, significa que el producto alcanzará un nivel crítico de deterioro en menos tiempo; lo que concuerda con el resultado

obtenido ya que se obtuvo una vida útil en cuanto al índice de acidez de 200 días con canola, 170 días con palma y 162 días con lecitina; resaltando a la canola hidrogenada como el mejor entre los tres estabilizadores.

5.3.4. Modelos matemáticos aplicados al “Sabor a maní fresco”

De acuerdo a los resultados de la Tabla 14 y la Figura 15 (a), (b) y (c), la evaluación de la intensidad de “sabor a maní fresco” en las mantequillas de maní sin estabilizador a las 3 temperaturas se adaptan mejor al modelo de orden 0, Ahmed et al., (2016), señala que la disminución en la intensidad del sabor fresco de un alimento alto en grasas sucede a una velocidad constante debido a las reacciones químicas que tienen lugar, lo que implica que el sabor se desvanece de manera constante.

Para las muestras T1 (40 °C) y T1 (50 °C) (canola) comparadas con el T2 (40 °C) y T2 (50 °C) (palma), los panelistas dan un puntaje de intensidad 5 para las muestras con canola entre los 73 y 60 días aproximadamente y para las muestras con palma alrededor de los 72 y 54 días; adaptándose mejor al modelo de orden 1, basándonos en el comportamiento de ambos estabilizadores, Totlani y Chinnan, (2007), mencionan que las grasas hidrogenadas utilizadas como estabilizadores pueden ralentizar la tasa de deterioro, logrando que ocurra más lento la oxidación de lípidos o la degradación de compuestos aromáticos, pero el patrón de deterioro sigue siendo el mismo porque está determinado por las reacciones químicas y físicas inherentes al producto y no solo por la velocidad a la que ocurren las reacciones, así mismo Ferdaus et al., (2022) señala que la variación en la duración de la vida útil en la mantequilla de maní con diferentes estabilizadores será causada por las propiedades químicas y físicas específicas de cada estabilizante.

Tabla 14. Modelos matemáticos aplicados al “sabor a maní fresco” en mantequilla de maní con y sin estabilizadores

Trat.	T°	Modelo	Parámetros del modelo		Valor medio*	Tiempo en el valor medio **	R2	Shapiro	AIC
T0	30	Orden 0	Co = 8,717	k = -0,0486	5	76	0,9786	0,2138	4,26
T0	40	Orden 0	Co = 8,387	k = -0,0551	5	61	0,9873	0,55389	2,87
T0	50	Orden 0	Co = 8,395	k = -0,0702	5	48	0,9785	0,16903	7,96
T1	30	Orden 1	Co = 9,1107	k = -0,0069	5	86	0,9855	0,0783	3,19
T1	40	Orden 1	Co = 9,1976	k = -0,0083	5	73	0,9833	0,47217	5,58
T1	50	Orden 1	Co = 8,9537	k = -0,0097	5	60	0,992	0,95109	1,88
T2	30	Orden 1	Co = 8,7792	k = -0,0061	5	92	0,9841	0,2766	2,14
T2	40	Orden 1	Co = 8,437	k = -0,0072	5	72	0,9815	0,7098	3,91
T2	50	Orden 1	Co = 8,5827	k = -0,0099	5	54	0,9839	0,9316	5,63
T3	30	Orden 1	Co = 8,9011	k = -0,0076	5	75	0,9894	0,7259	1,76
T3	40	Orden 1	Co = 8,6368	k = -0,0082	5	66	0,9942	0,2357	-1,83
T3	50	Orden 1	Co = 8,3541	k = -0,009	5	57	0,9569	0,8303	10,59

T0: mantequilla de maní sin estabilizador (testigo), T1: mantequilla de maní con aceite de canola hidrogenada, T2: mantequilla de maní con manteca palma hidrogenada, T3: mantequilla de maní con lecitina de soya, Co: puntaje inicial de la intensidad de “sabor a maní fresco”, k: velocidad de reacción, *es el valor medio del puntaje de intensidad “sabor a maní fresco” y **es el tiempo en el que se ha alcanzado el puntaje del valor medio.

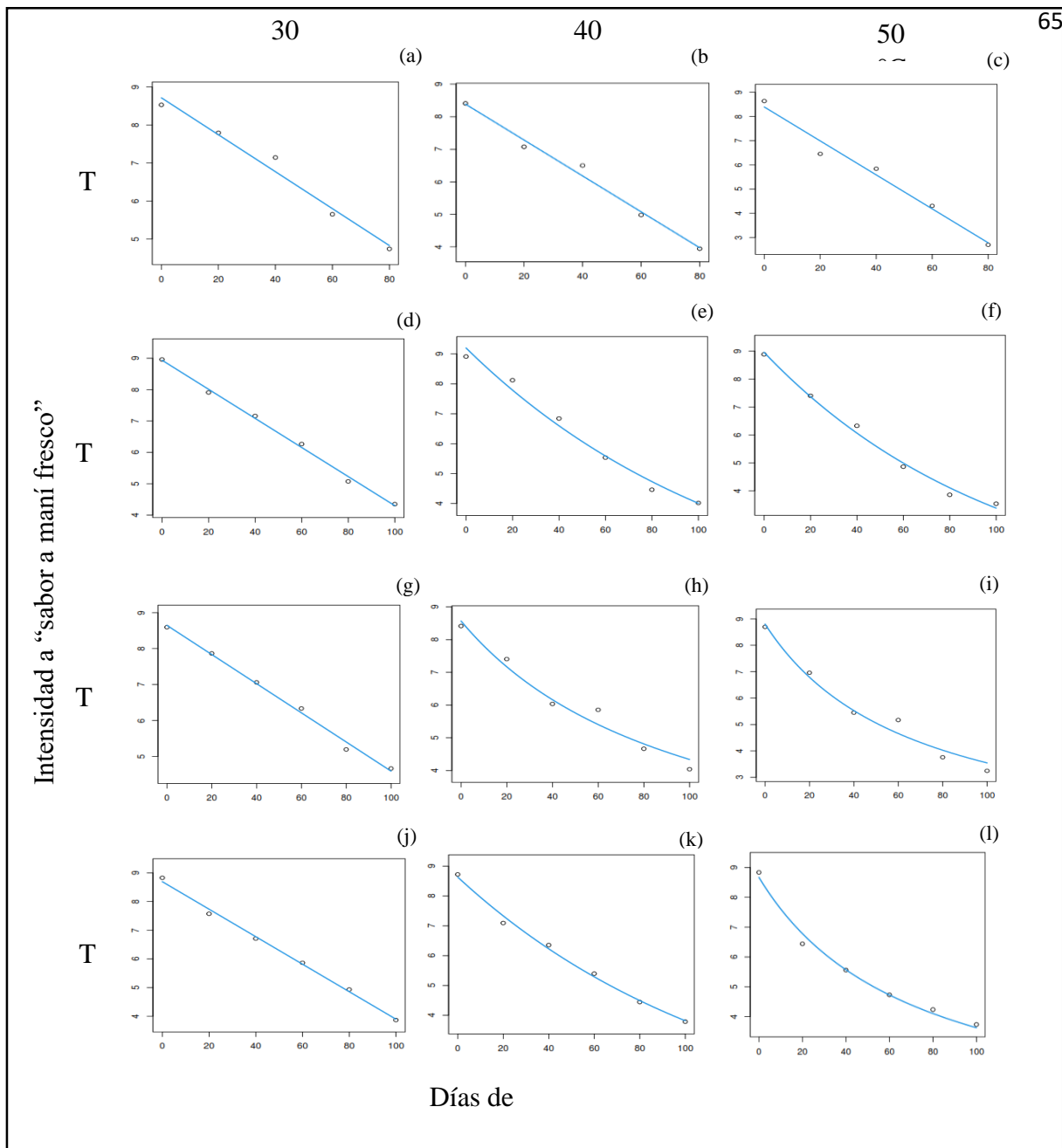


Figura 15. Intensidad de “sabor a maní fresco” adaptado a los modelos matemáticos.

5.3.5. Modelos matemáticos aplicados al “Sabor a maní dulce”

Según los resultados de la Tabla 15 y Figura 16, referente a la evaluación de la intensidad del “sabor a maní dulce” en las mantequillas de maní sin estabilizante a 30, 40 y 50 °C de almacenamiento, se observa que se ajustan de manera óptima al modelo matemático cuadrático, esto puede ser consecuencia del ascenso que tiene este atributo hasta cierto tiempo y luego tiende a disminuir Kissileff et al. (2000), informan que los modelos cuadráticos son utilizados frecuentemente en problemas de optimización en los que es necesario determinar un punto óptimo, ya sea máximo o mínimo en el T0 (50 °C) (c) (sin estabilizador), T1 (50 °C) (f) (canola) y T3 (40 °C) (k) (lecitina) se obtuvieron los puntajes más altos de intensidad de sabor a maní dulce en los días 40, 44 y 43, respectivamente, esto puede ser posible por el efecto

Tabla 15. Modelos matemáticos aplicados al “Sabor a maní dulce” en mantequilla de maní con y sin estabilizantes

Trat.	T°	Modelo	Parámetros del modelo			Valor máx*	Tiempo valor máx**	R2	Shapiro	AIC
T0	30	Cuadrática	a = 2,178	b = 0,0473	c = -6e-04	3,2	39	0,871	0,877	2,98
T0	40	Cuadrática	a = 3,181	b = 0,059	c = -8e-04	4,3	37	0,748	0,135	10,56
T0	50	Cuadrática	a = 3,367	b = 0,1126	c = -0,0014	5,7	40	0,783	0,296	15,49
T1	30	Cuadrática	a = 2,501	b = 0,0219	c = -2e-04	3,3	54	0,877	0,649	4,78
T1	40	Cuadrática	a = 3,281	b = 0,0743	c = -8e-04	5,1	46	0,864	0,265	19,82
T1	50	Cuadrática	a = 3,606	b = 0,0783	c = -9e-04	5,4	44	0,853	0,321	19,04
T2	30	Cuadrática	a = 2,259	b = 0,0332	c = -3e-04	3,3	55	0,835	0,247	5,3
T2	40	Cuadrática	a = 3,266	b = 0,0485	c = -6e-04	4,3	40	0,796	0,374	17,58
T2	50	Cuadrática	a = 3,735	b = 0,0671	c = -8e-04	5,3	42	0,859	0,295	20,32
T3	30	Cuadrática	a = 2,011	b = 0,0542	c = -5e-04	3,5	54	0,877	0,673	5,57
T3	40	Cuadrática	a = 3,539	b = 0,0782	c = -9e-04	5,4	43	0,783	0,333	19,12
T3	50	Cuadrática	a = 3,694	b = 0,0698	c = -8e-04	5,3	44	0,726	0,323	18,81

T0: mantequilla de maní sin estabilizador (testigo), T1: mantequilla de maní con aceite de canola hidrogenada, T2: mantequilla de maní con manteca palma hidrogenada, T3: mantequilla de maní con lecitina de soya, a: termino independiente, b: coeficiente lineal, c: coeficiente cuadrático, *es el puntaje de intensidad del “sabor a maní dulce” más alto de la parábola y **es el tiempo en el que se ha alcanzado el puntaje más alto.

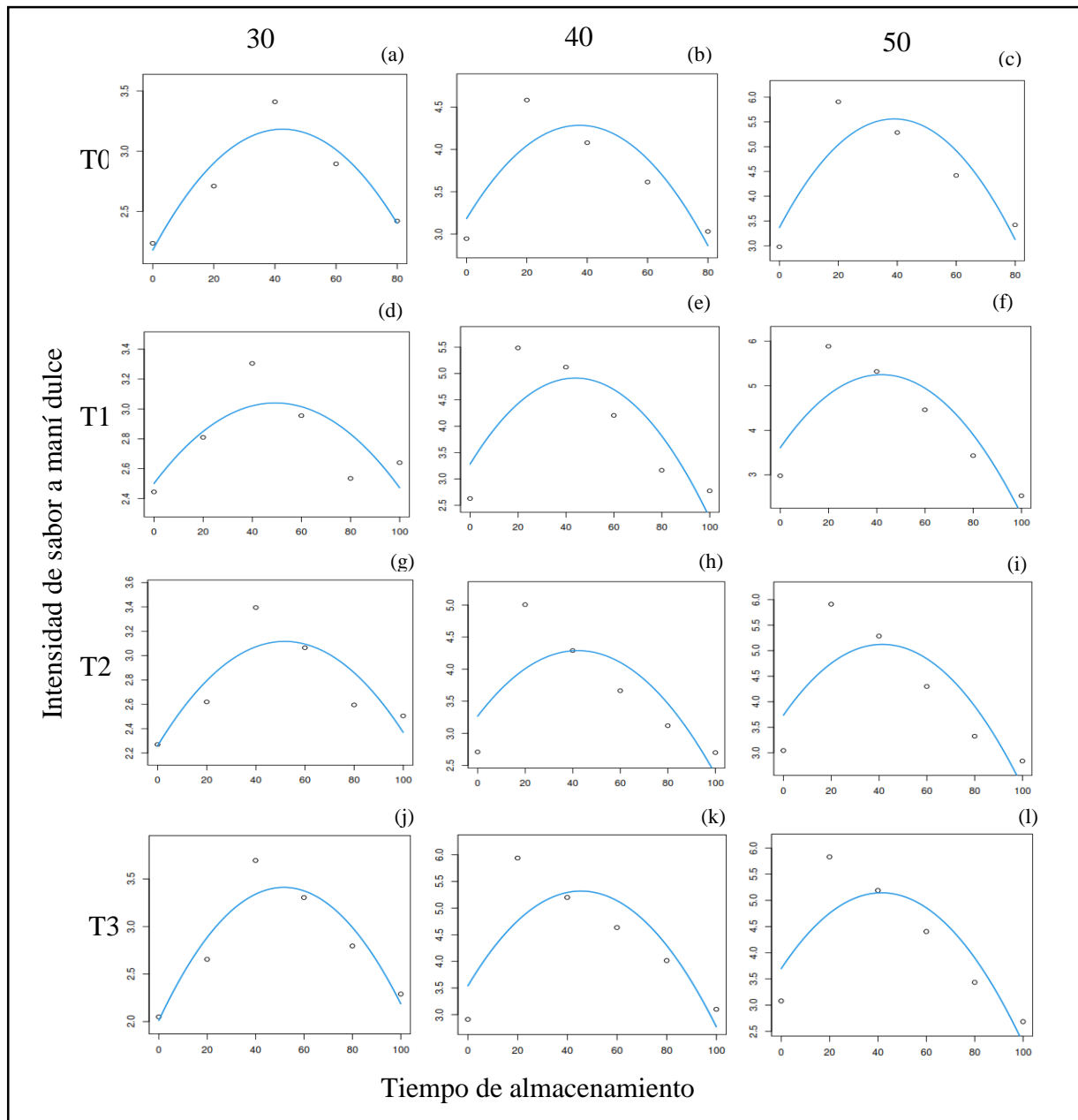


Figura 16. Intensidad de “Sabor a maní dulce” adaptado a los modelos matemáticos.

de las altas temperaturas, Sodiqovna (2022) menciona que a temperaturas más altas las moléculas presentan mayor energía, lo que acelera las reacciones químicas, incluyendo la reacción de Maillard. Por otro lado, el T1 (30 °C) (a) (canola) y T2 (30 °C) (d) (palma), son los que alcanzaron puntos más altos pero los más bajos comparado a las demás muestras a los días 54 y 55, en el mismo orden, Pattee et al. (2000) señala que a temperatura ambiente o próxima a ella los azúcares simples en la mantequilla de maní pueden estar presentes por más tiempo sin sufrir ninguna alteración, Matsiko et al. (2014) señala que con el tiempo prolongado de almacenamiento estos azúcares pueden degradarse debido a las reacciones que ocurren y dan

lugar a otros compuestos como los aldehídos que son los que van a enmascarar el sabor inicial y dar lugar a sabores menos dulces o incluso amargos.

5.3.6. Modelos matemáticos aplicados al “Sabor a maní aceitoso”

De acuerdo con los resultados en la Tabla 16 y Figura 17, la mayoría de las muestras se adaptan al modelo matemático de orden 0, Özilgen (2001) señala que en la cinética de reacción de orden cero, la velocidad de la reacción permanece constante, sin importar la cantidad de reactante presente, Murindwa et al. (2014) menciona que con el tiempo, los aceites en la mantequilla de maní tienden a oxidarse, lo que puede intensificar los sabores oleosos en el producto, Ahmed et al. (2016) señala que en la tercera etapa de la oxidación de lípidos (fase de terminación) los radicales libres se combinan para formar productos menos reactivos como los peróxidos lipídicos o ácidos grasos libres y la tasa de oxidación tiende a disminuir, Sodikovna, (2022) informa que los aldehídos y cetonas al ser los productos formados en la fase de terminación son los que contribuyen al sabor rancio o aceitoso, esto explicaría porque los panelistas siguen percibiendo el “sabor a maní aceitoso” por más tiempo.

En las muestras T1.30 (d) y T1.40 (e) (canola) se observa que hasta cerca a la mitad del tiempo de evaluación los panelistas marcan la intensidad más fuerte de sabor a maní aceitoso con 5,3 y 5,7 puntos respectivamente y luego tiende a disminuir el puntaje a comparación de las otras muestras logrando acomodarse mejor a un modelo cuadrático, Gama et al. (2019) informan que el uso de estabilizadores en la mantequilla de maní evitan la separación de fases entre el aceite y los sólidos, ya que ayudan a mantener la consistencia uniforme en todo el producto, logrando reducir la percepción de un sabor aceitoso.

Tabla 16. Modelos matemáticos aplicados al “Sabor a maní aceitoso” en mantequilla de maní con y sin estabilizadores

Trat.	T°	Modelo	Parámetros del modelo			Valor medio (α)	Tiempo en el valor medio (β)	R2	Shapiro	AIC
T0	30	Orden 0	Co = 2,148	k = 0,0389		5	73	0,9747	0,62267	2,9
T0	40	Orden 0	Co = 2,377	k = 0,0503		5	52	0,9717	0,82223	6,05
T0	50	Orden 0	Co = 2,632	k = 0,0607		5	39	0,9595	0,05379	9,76
T1	30	Cuadrática	a = 4,3495	b = 0,0288	c = -3e-04	5,3*	48**	0,7284	0,50125	6,53
T1	40	Cuadrática	a = 4,0316	b = 0,0676	c = -7e-04	5,7*	48**	0,7465	0,58686	14,69
T1	50	Orden 0	Co = 2,4919	k = 0,0303		5	82	0,9481	0,76498	6
T2	30	Orden 0	Co = 3,0721	k = 0,0204		5	94	0,9961	0,14746	-14,64
T2	40	Orden 0	Co = 3,526	k = 0,0136		5	108	0,8671	0,47058	2,59
T2	50	Orden 0	Co = 3,1545	k = 0,0287		5	64	0,9996	0,96407	-24,41
T3	30	Orden 0	Co = 3,6662	k = 0,0236		5	56	0,9994	0,44831	-23,89
T3	40	Orden 0	Co = 3,7581	k = 0,0242		5	51	0,9691	0,40195	0,07
T3	50	Orden 0	Co = 3,7629	k = 0,0278		5	45	0,9478	0,01782	5,01

T0: mantequilla de maní sin estabilizador (testigo), T1: mantequilla de maní con aceite de canola hidrogenada, T2: mantequilla de maní con manteca palma hidrogenada, T3: mantequilla de maní con lecitina de soya, Co: puntaje inicial de la intensidad de “sabor a maní aceitoso”, k: velocidad de reacción, a: termino independiente, b: coeficiente lineal, c: coeficiente cuadrático, *es el puntaje de intensidad del “sabor a maní aceitoso” más alto de la parábola, **es el tiempo en el que se ha alcanzado el puntaje más alto de la parábola, (α) es el valor medio del puntaje de intensidad “sabor a maní aceitoso” y (β) es el tiempo en el que se ha alcanzado el puntaje del valor medio.

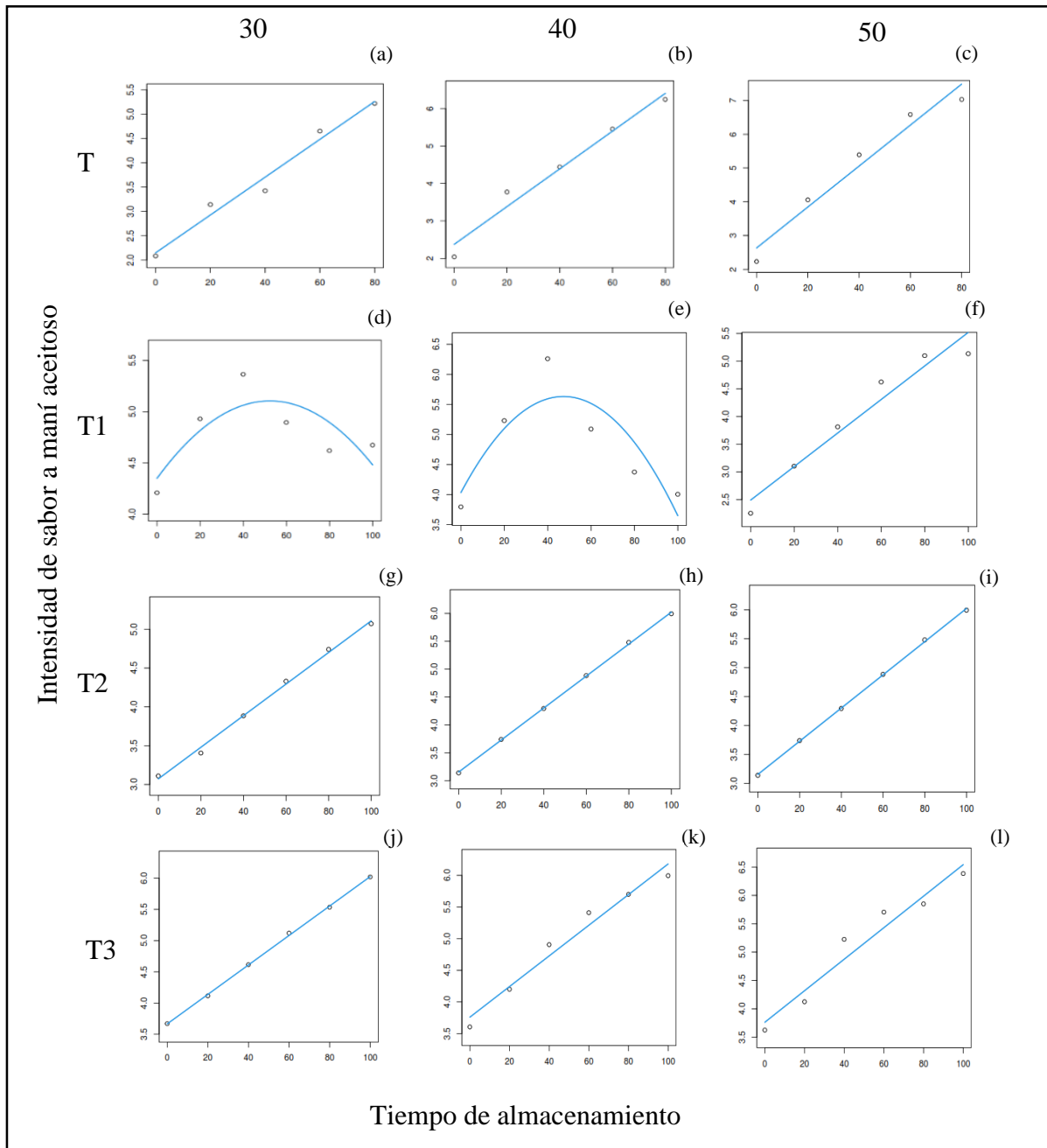


Figura 17. Intensidad de “Sabor a maní aceitoso” adaptado a los modelos matemáticos.

5.3.7. Modelos matemáticos aplicados al “Sabor a cartón”.

Según los resultados (Tabla 17 y la Figura 18), el comportamiento de las muestras T0 (30 °C) (a), T0 (40 °C) (b) y T0 (50 °C) (c) (sin estabilizador), se acomodan mejor al modelo matemático de orden 1, Yu et al. (2021) señala que las reacciones químicas que ocurren en la mantequilla de maní natural podría ajustarse mejor a un modelo cinético de primer orden, debido a la forma en que las alteraciones en el sabor evolucionan con el tiempo como consecuencia de los cambios químicos. Así mismo Franke, (2014) informa que la oxidación de los lípidos y otros compuestos en productos alto en grasas insaturadas almacenadas a altas

temperaturas ocurre de manera más constante y lineal con el tiempo, lo que puede llevar a una disminución en la calidad del sabor que sigue un patrón predecible y lineal, característico de una cinética de primer orden. En el T2 (40 °C) (h) (palma) se aprecia que los panelistas dieron un puntaje de 5 en la intensidad de maní a sabor cartón aproximadamente a los 74 días, mientras que las otras muestra a 40 °C manifestaron este atributo antes del tiempo indicado, acomodándose mejor al modelo matemático Weibull, Hyde et al. (2021) señala que la manteca de palma por su naturaleza es rica en grasas saturadas, que son más estables y menos propensas a oxidarse en comparación con las grasas insaturadas, esta cualidad se debe a que tienen menos enlaces dobles, que son sitios propensos a la oxidación, logrando así retrasar la formación de compuestos que pueden contribuir al sabor cartón que es el más próximo a ranceado.

Por otro lado, las muestras T2 (30 °C) (palma) y T3 (30 °C) (lecitina) alcanzaron el puntaje de 5 en la intensidad de maní a sabor cartón aproximadamente en los días 75 y 68 respectivamente y las muestras T2 (50 °C) (palma) y T3 (50 °C) (lecitina) alrededor de los días 63 y 61, según Geng et al. (2023) esto puede ser consecuencia del efecto que tiene la temperatura en la mantequilla de maní ya que la oxidación es una reacción química que se acelera con el calor dando lugar a la creación de radicales libres quienes son los que inician la oxidación al atacar los enlaces en las moléculas de grasa, provocando una secuencia de reacciones que aceleran el deterioro del producto.

Tabla 17. Modelos matemáticos aplicados a “Sabor cartón” en mantequilla de maní con y sin estabilizadores

Trat.	T°	Modelo	Parámetros del modelo				Valor medio*	Tiempo en el valor medio	R2	Shapiro	AIC
T0	30	orden1	Co = 1,893	k = 0,0162			5	59	0,998	0,753	-4,4
T0	40	orden1	Co = 2,079	k = 0,0136			5	64	0,996	0,858	-3,65
T0	50	orden1	Co = 2,251	k = 0,0129			5	61	0,997	0,957	-4,39
T1	30	orden0	Co = 2,259	k = 0,0307			5	89	0,947	0,191	6,32
T1	40	orden0	Co = 2,297	k = 0,0427			5	63	0,974	0,464	5,88
T1	50	orden0	Co = 2,407	k = 0,0375			5	69	0,991	0,482	-2,06
T2	30	Weibull	$\alpha = 1,435$	$\beta = 45,235$	C.ini = 2,078	C.inf = 6,671	5	75	0,999	0,480	-6,98
T2	40	Weibull	$\alpha = 1,178$	$\beta = 136,28$	C.ini = 2,043	C.inf = 11,036	5	74	0,999	0,930	-6,7
T2	50	Weibull	$\alpha = 2,487$	$\beta = 58,786$	C.ini = 2,047	C.inf = 6,271	5	63	0,990	0,862	4,94
T3	30	orden0	Co = 2,183	k = 0,0417			5	68	0,985	0,959	2,33
T3	40	orden0	Co = 2,0893	k = 0,0434			5	67	0,994	0,414	-2,95
T3	50	orden0	Co = 1,966	k = 0,0497			5	61	0,996	0,578	-3,27

T0: mantequilla de maní sin estabilizador (testigo), T1: mantequilla de maní con aceite de canola hidrogenada, T2: mantequilla de maní con manteca palma hidrogenada, T3: mantequilla de maní con lecitina de soya, Co y Cini: puntaje inicial de la intensidad de “maní a sabor cartón”, k: velocidad de reacción, α : parámetro de forma de Weibull, β : parámetro de escala, Cinf: puntaje final de la intensidad de “maní a sabor cartón”, *es el valor medio del puntaje de intensidad “maní a sabor cartón” y **es el tiempo en el que se ha alcanzado el puntaje del valor medio.

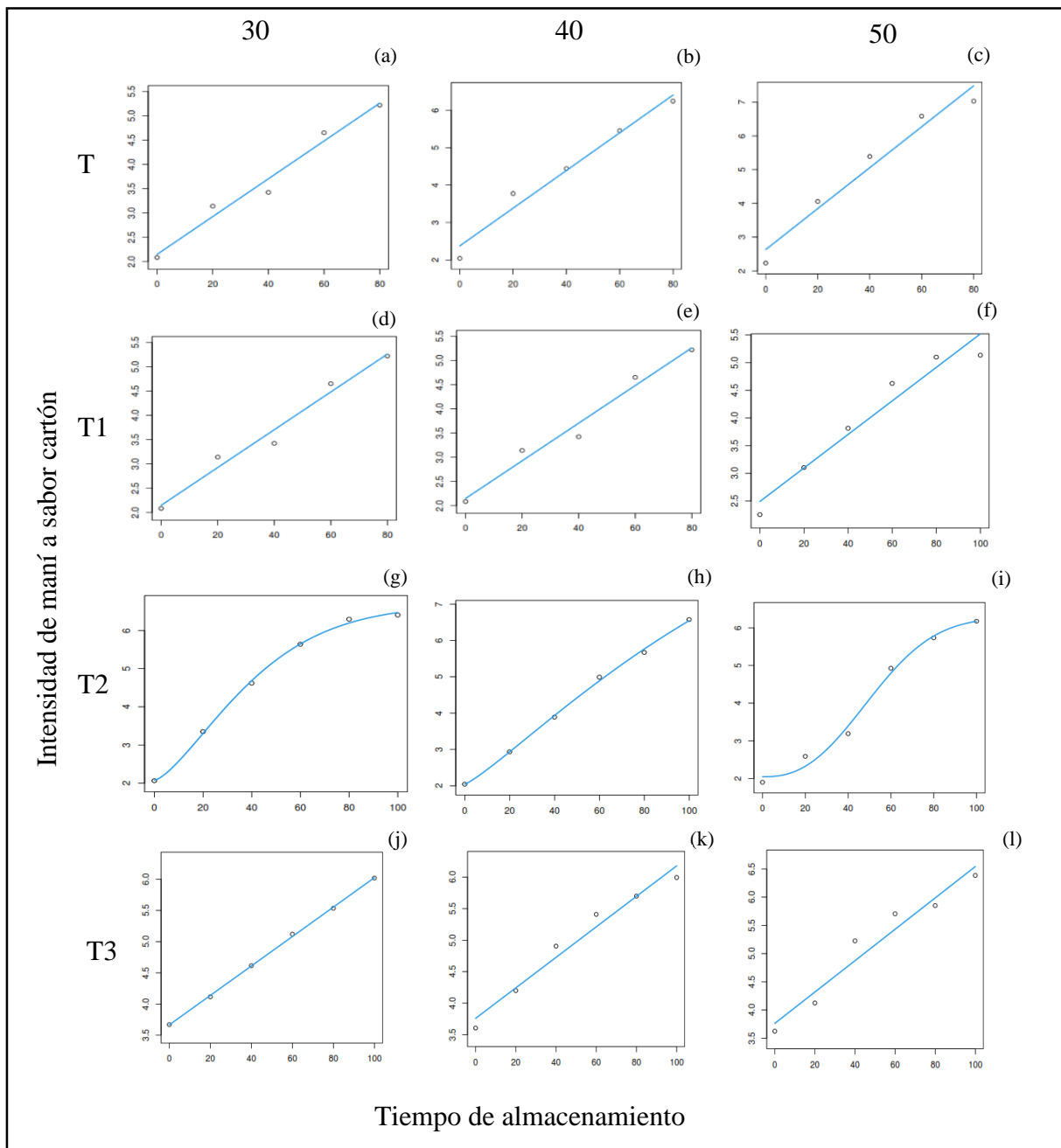


Figura 18. Intensidad de “maní a sabor cartón” adaptado a los modelos matemáticos.

5.3.8. Modelos matemáticos aplicados al “Sabor a maní rancio”

De acuerdo con los resultados (Tabla 18 y Figura 19), el comportamiento de la intensidad de “sabor a maní rancio” basado en los puntajes señalados por los panelistas se acomodan mejor al modelo matemático de primer orden; Ling et al. (2015) mencionan que los datos experimentales que muestran una relación lineal entre la disminución de la calidad general del producto y el tiempo, son indicativos de un proceso de primer orden, Domínguez et al. (2019) informan que durante el almacenamiento, la oxidación de lípidos se produce de forma continua, aunque a un ritmo variable dependiendo de las condiciones de almacenamiento

(temperatura, luz y presencia de oxígeno). Por otro lado, se puede apreciar que las muestras con palma (T2) y canola (T1) a cualquier temperatura llegan a la misma puntuación (5) que las muestras sin estabilizador pero con diferencia de varios días más tarde, Gong et al. (2018) mencionan que el tiempo específico en el que el sabor rancio en la mantequilla de maní se estabiliza y se mantiene constante depende de factores, como las condiciones de almacenamiento (temperatura, exposición al oxígeno, luz) y presencia de estabilizadores, éstos factores son claves para determinar la duración de un producto fresco ya que dependiendo de ello se podrá decir que el alimento mantiene su calidad o no.

En las muestras que contienen lecitina (T3), se observa que el parámetro de escala (β) más alto se encuentra en la muestra T3.30, esto sugiere que el efecto de la temperatura en las muestras podría estar influyendo en la velocidad de deterioro, haciendo que el deterioro sea más lento a la temperatura de 30 °C en comparación a 40 °C y 50 °C, al respecto Jiang y Murthy (2011) señalan que el parámetro de escala (β) en la ecuación de Weibull es crucial para determinar la velocidad con la que cambia la variable dependiente “y” a medida que la variable independiente “x” aumenta, en otras palabras, β influye directamente en el tiempo requerido para que el sabor rancio en la mantequilla de maní alcance un nivel específico. Keklik et al. (2017) informan que un valor más alto de β indica que el cambio en la variable dependiente ocurre más lentamente a lo largo del tiempo y un valor bajo de β podría significar que el sabor rancio se desarrolla rápidamente y se estabiliza en un periodo corto, lo que corrobora con los resultados ya que se tiene un mayor valor de β a menor temperatura y los mismo de forma inversa.

Tabla 18. Modelos matemáticos aplicados al “sabor a maní rancio” en mantequilla de maní con y sin estabilizantes

Trat.	T°	Modelo	Parámetros del modelo				Valor medio*	Tiempo en el valor medio**	R2	Shapiro	AIC
T0	30	orden1	Co = 1,9647	k = 0,0179			5	58	0,977	0,845	9,89
T0	40	orden1	Co = 1,7086	k = 0,0194			5	55	0,991	0,692	4,77
T0	50	orden1	Co = 1,4446	k = 0,0211			5	52	0,998	0,049	-2,07
T1	30	orden0	Co = 1,42	k = 0,038			5	94	0,992	0,846	-2,67
T1	40	orden0	Co = 1,2748	k = 0,061			5	61	0,975	0,122	9,85
T1	50	orden0	Co = 2,4073	k = 0,0375			5	69	0,991	0,483	-2,06
T2	30	orden0	Co = 1,4983	k = 0,0403			5	86	0,987	0,966	1,02
T2	40	orden0	Co = 1,4993	k = 0,0423			5	82	0,999	0,476	-12,9
T2	50	orden0	Co = 1,635	k = 0,0567			5	59	0,979	0,661	7,83
T3	30	Weibull	$\alpha = 1,3162$	$\beta = 128,230$	C.ini = 1,4544	C.inf = 7,0005	5	70	0,987	0,984	6,27
T3	40	Weibull	$\alpha = 1,8976$	$\beta = 69,0549$	C.ini = 1,4928	C.inf = 7,0141	5	62	0,996	0,807	1,41
T3	50	Weibull	$\alpha = 1,2743$	$\beta = 62,31$	C.ini = 1,4672	C.inf = 11,4381	5	61	0,997	0,442	-0,38

T0: mantequilla de maní sin estabilizador (testigo), T1: mantequilla de maní con aceite de canola hidrogenada, T2: mantequilla de maní con manteca palma hidrogenada, T3: mantequilla de maní con lecitina de soya, Co y Cini: puntaje inicial de la intensidad de “sabor a maní ranceado”, k: velocidad de reacción, α : parámetro de forma de Weibull, β : parámetro de escala, Cinf: puntaje final de la intensidad de “sabor a maní ranceado”, *es el valor medio del puntaje de intensidad “sabor a maní ranceado” y **es el tiempo en el que se ha alcanzado el puntaje del valor medio.

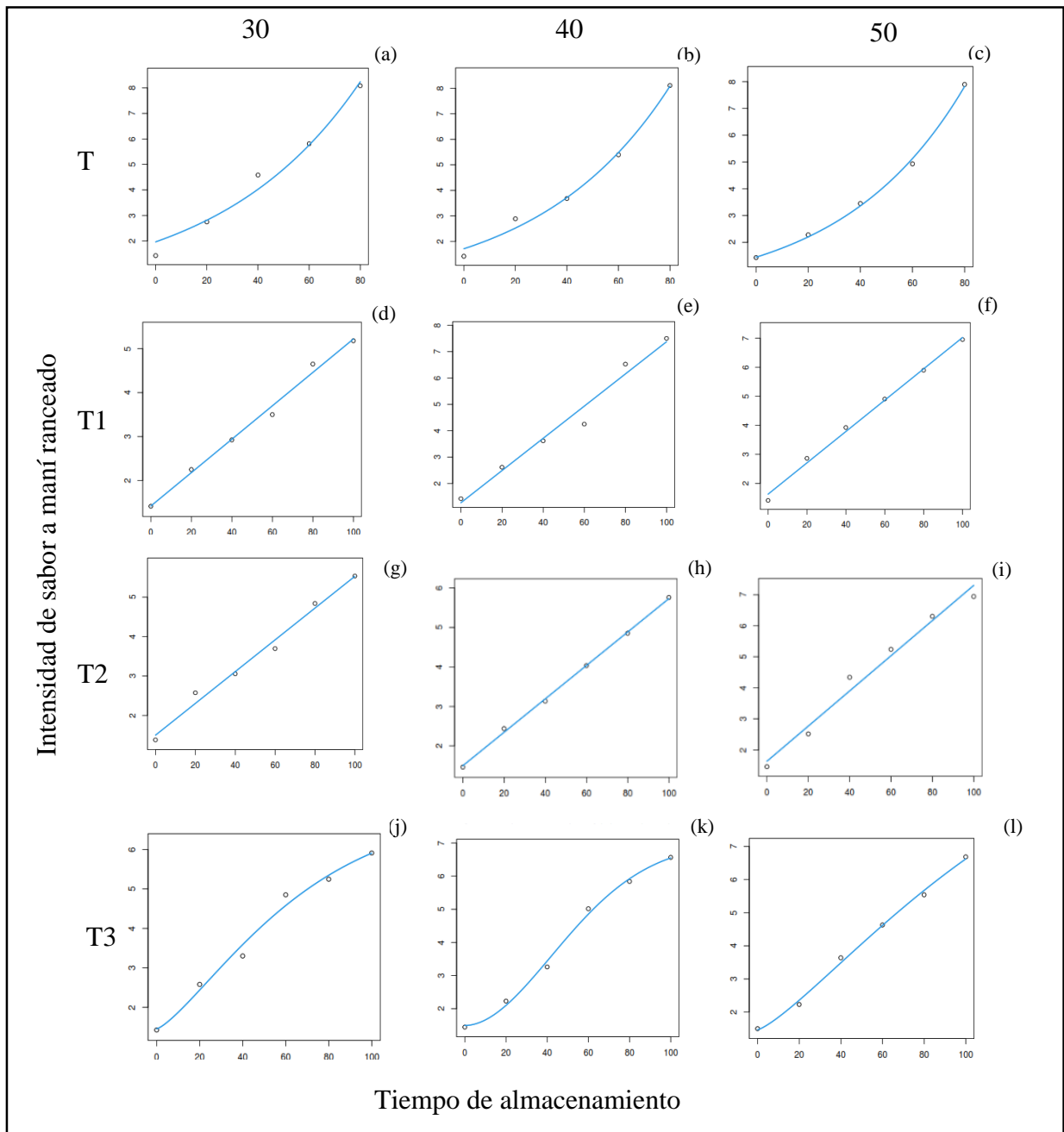


Figura 19. Intensidad de “sabor a maní rancio” adaptado a los modelos matemáticos.

5.4. Componentes principales y agrupamiento jerárquico en función a la vida útil estimada

En las Figuras 20 y 21 se observa que las muestras T2 (30 °C) y T1 (30 °C) son las que presentan mejor comportamiento en todas las variables evaluadas, esto puede ser consecuencia de la acción de los estabilizadores en las muestras y la temperatura en la que fueron almacenadas, Cao et al. (2020) destacan que la presencia de estabilizadores en la

mantequilla de maní es fundamental para prevenir o ralentizar reacciones químicas como la oxidación, las cuales deterioran la calidad del producto, así mismo, Embaby et al. (2006) mencionan que algunos estabilizadores, como el aceite de canola hidrogenada contienen compuestos antioxidantes que neutralizan los radicales libres, los cuales son moléculas inestables responsables de iniciar y propagar la oxidación de los lípidos, al contrarrestar estos radicales, se inhibe la formación de peróxidos y otros productos de oxidación, lo que contribuye a preservar tanto el sabor como la calidad general del producto. Balasubramanian y Chandra, (2015) en su investigación sobre mantequilla a base de frutos secos, indica que el uso de estabilizadores a temperaturas no superiores a 30 °C es efectivo por más tiempo para mantener una distribución homogénea de los componentes del producto lo que previene la separación de fases y asegura una emulsión estable, ayudando a disminuir la disponibilidad de agua libre en contacto directo con los triglicéridos, minimizando así la formación de ácidos grasos libres y glicerol.

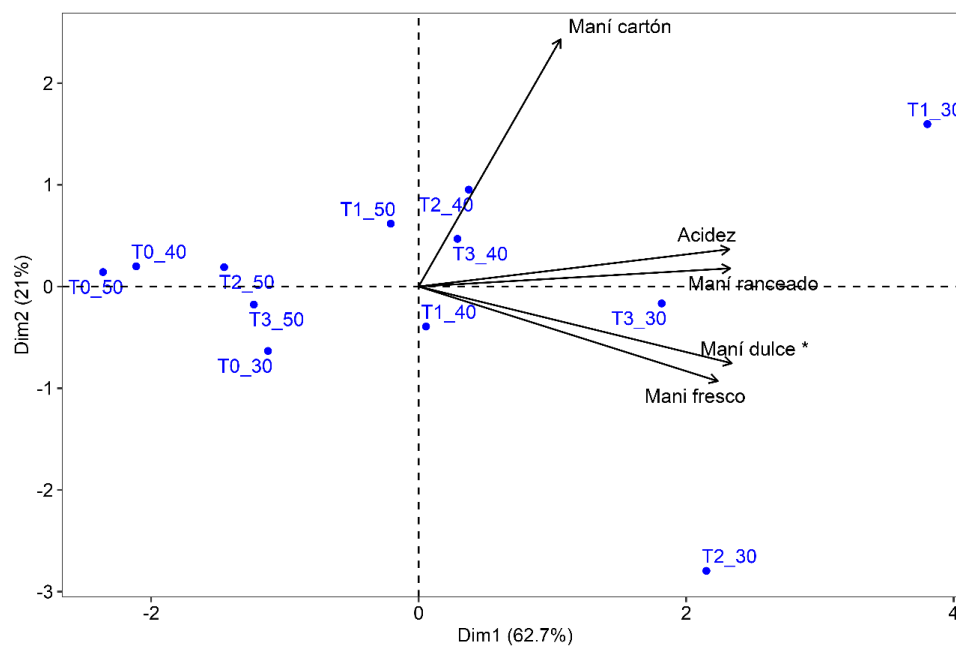


Figura 20. Análisis de componentes principales de las variables evaluadas en la mantequilla de maní.

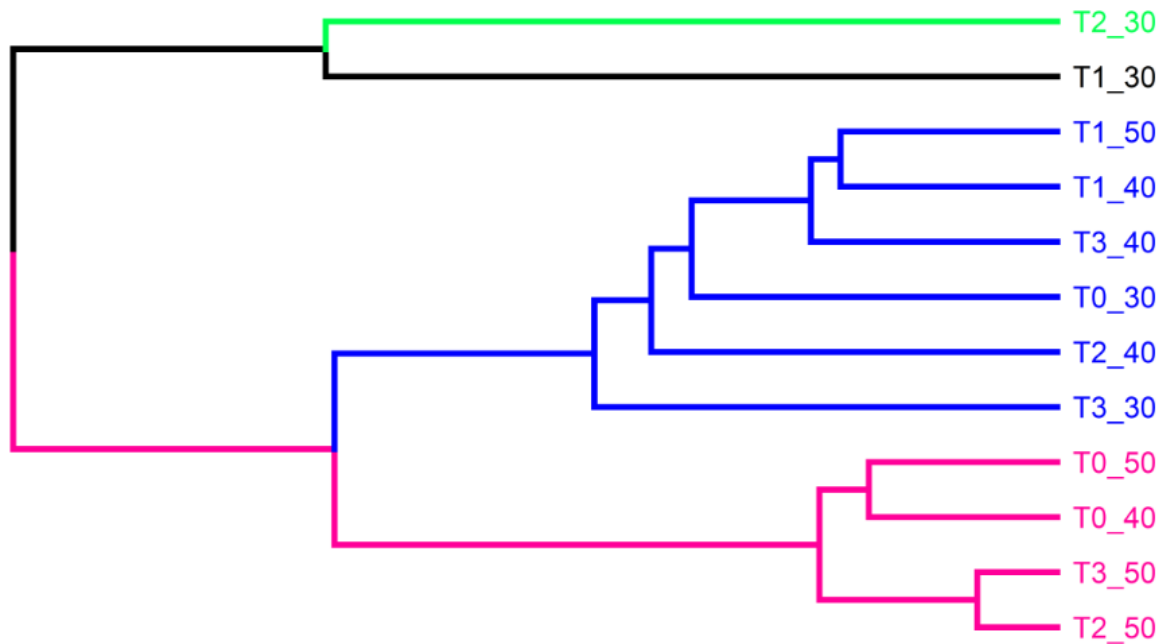


Figura 21. Agrupamiento jerárquico de acuerdo a la vida útil estimada.

5.5. Parámetros estimados de la ecuación de Arrhenius

La ecuación de Arrhenius es útil para describir cómo varía la velocidad de reacción con la temperatura en reacciones de orden 0, 1 ó 2, ya que se basa en la teoría de colisiones y la distribución de Maxwell-Boltzmann, adecuadas para colisiones moleculares simples (Upadhyay, 2006). De acuerdo a los resultados de (Tabla 19), se puede apreciar que el índice de acidez con mayor valor en el factor pre – exponencial lo tiene la muestra T3 (lecitina), al respecto Petrou et al. (2002) señala que este factor representa la frecuencia con la que las moléculas reaccionan y cuando presenta un alto valor indica que la reacción tiene una alta frecuencia de interacciones entre moléculas, lo cual tiende a hacer que la reacción sea más rápida. Comparando el comportamiento de los estabilizadores, la lecitina frente a palma y canola, tuvo un comportamiento semejante al tratamiento testigo, Chinnan y Beuchat, (2003), señalan que el papel de cada estabilizador dependerá de la composición específica de cada uno, Wu y Wang (2003) mencionan que la lecitina de soya en su composición contiene aproximadamente 20% más de ácidos grasos insaturados con respecto a la manteca de palma hidrogenada, lo cual le da la característica de ser más susceptible a la oxidación con el tiempo, especialmente si no está completamente refinada.

Tabla 19. Parámetros estimados de la ecuación de Arrhenius en mantequilla de maní con y sin estabilizantes.

Trat.	Variable	Ko	Ea	R ²	SW	AIC
T2	Peróxido	2,321	3156,677	0,772	0,143	-26,52
T1	Acidez	0,491	2246,971	0,857	0,092	-26,09
T2	Acidez	0,176	1517,329	0,991	0,051	-40,85
T3	Acidez	52,062	5158,623	0,744	0,257	-24,13
T0	Maní fresco	-22,706	3718,415	0,965	0,176	-23,73
T1	Maní fresco	-1,646	3293,654	0,999	0,152	-47,09
T2	Maní fresco	-22,202	4962,433	0,967	0,246	-34,31
T3	Maní fresco	-0,118	1654,046	0,994	0,059	-45,72
T0	Maní cartón	0,000344	-2311,585	0,929	0,165	-32,79
T3	Maní cartón	0,754	1754,192	0,905	0,064	-26,58
T0	Maní rancio	0,256	1603,004	0,999	0,056	-46,22
T2	Maní rancio	14,669	3584,391	0,865	0,168	-20,99

T0: mantequilla de maní sin estabilizador (testigo), T1: mantequilla de maní con aceite de canola hidrogenada, T2: mantequilla de maní con manteca palma hidrogenada, T3: mantequilla de maní con lecitina de soya, Ko: factor pre exponencial, Ea: energía de activación, R²: coeficiente de determinación, SW: prueba de normalidad de Shapiro Wilk y AIC: criterio de Akaike.

En los atributos “maní a sabor cartón” y “sabor a maní ranceado”, en las muestras sin estabilizador (T0) se obtuvo menor valor de energía de activación (-2311,585 y 1603,004 J/mol respectivamente) a comparación de las muestras con estabilizador (1754,192 y 3584,391 J/mol en el mismo orden), Jafari et al., (2017) señalan que una baja energía de activación indica que la barrera energética que los reactivos deben atravesar para convertirse en productos es menor, es decir, un menor valor de energía de activación para los sabores a cartón y rancio cuando no hay estabilizador sugiere que la descomposición de las grasas y otros compuestos en la mantequilla de maní ocurre más rápidamente y que cuando existe la presencia del estabilizador ayuda a reducir la velocidad de oxidación y rancidez, aumentando así la energía necesaria para que ocurra esta descomposición.

VI. CONCLUSIONES

- La menor separación de fases (4,28 %) se presentó en T1 y T2 y 4,37% en T3 (30 °C). El índice de peróxido fue aceptable hasta 80 días en T0 (40 °C) y T0 (50 °C) con 7,39 y 8,25 mEqO₂/kg, en el día 100 para T1 (30 °C) fue 3,2 mEqO₂/kg. El mayor índice de acidez fue para T0 (50 °C) con 2,1 mg de KOH/g y el menor para T0 (30 °C) con 0,7 mg de KOH/g), no superando el límite del Codex Alimentarius. La actividad de agua varió de 0,42 a 0,53, en todas las muestras.
- En la evaluación sensorial del sabor, inicialmente resalta el “sabor a maní fresco” y “maní dulce”, el “sabor aceitoso”, “sabor a cartón” y “sabor a rancio” muestran un ascenso con el tiempo especialmente en la muestra sin estabilizante, caso contrario sucede en las muestras con estabilizante.
- De acuerdo a los modelos de cinética de deterioro los datos de índice de peróxido y de acidez, en la mayoría de las muestras se ajustaron mejor al modelo cinético de primer orden y las muestras con lecitina tuvo mejor adecuación al modelo de Weibull solo en el índice de peróxido. En la percepción del “sabor a maní fresco”, “sabor a cartón” y “rancio” se ajustaron a los modelos de orden cero y uno, y el “sabor a maní dulce” siguió un modelo cuadrático.
- La vida útil de la mantequilla sin estabilizador fue 93 días y con estabilizadores 144 días (canola) y 131 días (palma).
- Se obtuvo un valor específico del factor pre-exponencial y de la energía de activación para cada muestra, los cuales permitieron caracterizar la estabilidad del alimento frente a los factores de deterioro.

VII. PROPUESTAS A FUTURO

- Añadir aceite de canola hidrogenado como estabilizador en la mantequilla de maní, ya que mejora la estabilidad del producto al prevenir la pronta separación de fases, la oxidación e hidrólisis, prolongando así su vida útil y manteniendo su calidad sensorial.
- Optimizar la cantidad de aceite de canola hidrogenado añadido a la mantequilla con el fin de mejorar su textura, sabor, perfil nutricional y principalmente extender su vida útil.
- Realizar un perfil químico de la mantequilla de maní utilizando la cantidad óptima de aceite de canola como estabilizador.
- Realizar estudios combinando los estabilizadores: aceite de canola hidrogenado, manteca de palma hidrogenada y lecitina de soya en la mantequilla de maní.
- Almacenar con pruebas aceleradas por más tiempo de lo estudiado para ver hasta qué punto ocurren las reacciones químicas y en qué momento se estabilizan en la mayoría de las muestras con estabilizador.
- Hacer uso de otros modelos matemáticos para ver el comportamiento de los análisis y así poder determinar la vida útil del producto.

VIII. REFERENCIAS

- Abraha, B., Admassu, H., Mahmud, A., Tsighe, N., Shui, X. W., y Fang, Y. (2018). Effect of processing methods on nutritional and physico-chemical composition of fish: A review. *MOJ Food Processing & Technology*, 6(4). <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2018.06.00191>
- Acevedo, N., Schebor, C., y Buera, M. P. (2006). Water–solids interactions, matrix structural properties and the rate of non-enzymatic browning. *Journal of Food Engineering*, 77(4), 1108-1115. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.08.045>
- Afolabi, S. H., Okache, T. A., Eke, M. O., y Alakali, J. S. (2018). Storage Stability of Butter Produced From Peanut, Crayfish and Ginger. 12.
- Ahmed, M., Pickova, J., Ahmad, T., Liaquat, M., Farid, A., y Jahangir, M. (2016). Oxidation of Lipids in Foods. *Sarhad Journal of Agriculture*, 32(3), 230-238. <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2016.32.3.230.238>
- Akhtar, S., Khalid, N., Ahmed, I., Shahzad, A., y Suleria, H. A. R. (2014). Physicochemical Characteristics, Functional Properties, and Nutritional Benefits of Peanut Oil: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(12), 1562-1575. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.644353>
- Aluyor, E. O., y Ori-Jesu, M. (2008). The use of antioxidants in vegetable oils – A review. *AOAC 1999.965.33*. (1990). *Official Methods of analysis*. 2, 956.
- Arya, S. S., Salve, A. R., y Chauhan, S. (2016). Peanuts as functional food: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 31-41. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2007-9>
- Aryana, K. J., Resurreccion, A. V. A., Chinnan, M. S., y Beuchat, L. R. (2003). Functionality of Palm Oil as a Stabilizer in Peanut Butter. *Journal of Food Science*, 68(4), 1301-1307. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb09643.x>
- Asghar, M., Johari, A., Saiah, H., Choy, J., Khoon, N., Gomes, C., Fatima, S., Shakoor, S., y Shafiq, M. (2019). Palm Oil Based Confectionery Fats: A Comparison with Cocoa Butter and Other Hard Butters.
- Atkins, P. (2006). *Physical Chemistry I* (8). Médica Panamericana.
- Auvray, M., y Spence, C. (2008). The multisensory perception of flavor. *Consciousness and Cognition*, 17(3), 1016-1031. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2007.06.005>
- Avsar, Y. K., Karagul-Yuceer, Y., Drake, M. A., Singh, T. K., Yoon, Y., y Cadwallader, K. R. (2010). Characterization of Nutty Flavor in Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*, 87(7), 2010. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70017-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70017-X)

- Awulachew. (2020). Understanding to the shelf-life and product stability of foods.
- Balasubramanian, S., y Chandra, P. (2015). Plant based butters. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 3965-3976. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1572-7>
- Baldizón, C., y Molin, M. E. (2011). Estimation of the shelf life of mayonnaise through accelerated test. *Revista Ingeniería*, 18(1-2). <https://doi.org/10.15517/ring.v18i1-2.653>
- Barden, L., y Decker, E. A. (2016). Lipid Oxidation in Low-moisture Food: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(15), 2467-2482. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.848833>
- Barison, A., Pereira Da Silva, C. W., Campos, F. R., Simonelli, F., Lenz, C. A., y Ferreira, A. G. (2010). A simple methodology for the determination of fatty acid composition in edible oils through ^1H NMR spectroscopy. *Magnetic Resonance in Chemistry*, 48(8), 642-650. <https://doi.org/10.1002/mrc.2629>
- Bhojar, A. (2005). Rancidity in fats and oils: Considerations for analytical testing. 3, 6.
- Boskou, D., y Elmadfa, I. (Eds.). (2016). *Enzymes and Thermally Oxidized Oils and Fats*. En *Frying of Food* (0 ed., pp. 115-166). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b10437-9>
- Bozdogan, H. (1987). Model selection and Akaike's Information Criterion (AIC): The general theory and its analytical extensions. *Psychometrika*, 52(3), 345-370. <https://doi.org/10.1007/BF02294361>
- Bunkar, D. S., Jha, A., Mahajan, A., y Unnikrishnan, V. S. (2014). Kinetics of changes in shelf life parameters during storage of pearl millet based kheer mix and development of a shelf life prediction model. *Journal of Food Science and Technology*, 51(12), 3740-3748. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0892-8>
- Cao, J., Jiang, X., Chen, Q., Zhang, H., Sun, H., Zhang, W.-M., y Li, C. (2020). Oxidative stabilities of olive and camellia oils: Possible mechanism of aldehydes formation in oleic acid triglyceride at high temperature. *LWT*, 118, 108858. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108858>
- Cárdenas-Mazón, N. V., Cevallos-Hermida, C. E., Salazar-Yacelga, J. C., Romero-Machado, E. R., Gallegos-Murillo, P. L., y Cáceres-Mena, M. E. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Dominio de las Ciencias*, 4(3), 253. <https://doi.org/10.23857/dc.v4i3.807>
- Cavanaugh, J. E., y Neath, A. A. (2019). The Akaike information criterion: Background, derivation, properties, application, interpretation, and refinements. *WIREs Computational Statistics*, 11(3), e1460. <https://doi.org/10.1002/wics.1460>

- Cecarini, V., Gee, J., Fioretti, E., Amici, M., Angeletti, M., Eleuteri, A. M., y Keller, J. N. (2007). Protein oxidation and cellular homeostasis: Emphasis on metabolism. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Cell Research*, 1773(2), 93-104. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2006.08.039>
- Chandra-ambhorn, S., Thublaor, T., y Pascal, C. (2020). CHAPTER 1 Thermodynamics and Kinetics of the High Temperature Oxidation of Stainless Steels. *Solid State Phenomena*, 300, 1-24. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.300.1>
- Chin, N. L., Yusof, Y. A., y Mahyudin, N. (2013). Quality changes of stabilizer-free natural peanut butter during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 694-702. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2006-x>
- Chinnan, M. S., y Beuchat, L. R. (2003). Functionality of Palm Oil as a Stabilizer in Peanut Butter. *Journal of Food Science*, 68(4), 1301-1307. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb09643.x>
- Choe, E., y Min, D. B. (2006). Mechanisms and Factors for Edible Oil Oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(4), 169-186. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2006.00009.x>
- Cifuni, G. F., Napolitano, F., Riviezzi, A. M., Braghieri, A., y Girolami, A. (2006). Fatty acid profile, cholesterol content and tenderness of meat from Podolian young bulls. *Meat Science*, 67(2), 289-297. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.10.017>
- Ciou, J.-Y., Chen, H.-C., Chen, C.-W., y Yang, K.-M. (2021). Relationship between Antioxidant Components and Oxidative Stability of Peanut Oils as Affected by Roasting Temperatures. *Agriculture*, 11(4), 300. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040300>
- Codex Alimentarius. (1981). Normas para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales.
- Codex Alimentarius. (2015). Programa conjunto FAO / OMS sobre normas alimentarias comité del Codex sobre aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos.
- Codex Alimentarius. (2022). Código de prácticas de higiene para el maní (Cacahuete). 4-5.
- Cordon, J., Jeon, I. J., Roberts, H. A., y Senecal, A. G. (1994). Effect of stabilizers and partially hydrogenated vegetable oils on the stability and quality of filled milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 18(1), 61-73. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1994.tb00242.x>
- Coupland, J. N., y McClements, D. J. (2014). Lipid oxidation in food emulsions. *Trends in Food Science & Technology*, 7(3), 83-91. [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(96\)81302-1](https://doi.org/10.1016/0924-2244(96)81302-1)

- Cruz, K. (2019). Respuesta de dos variedades de maní *Arachis hypoggaea* L. mediante la evaluación de tres densidades de siembra en el cantón Milagro, provincia del Guayas [Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39130>
- Darniadi, S., Handoko, D. D., Sunarmani, S., y Widowati, S. (2021). Determination of shelf-life using accelerated shelf-life testing (ASLT) method and characterization of the flavour components of freeze-dried durian (*Durio zibethinus*) products. *Food Research*, 5(S2), 98-106. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(S2\).006](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(S2).006)
- Dhamsaniya, N. K., Patel, N. C., y Dabhi, M. N. (2012). Selection of groundnut variety for making a good quality peanut butter. *Journal of Food Science and Technology*, 49(1), 115-118. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0361-9>
- Dobarganes, C., y Márquez, G. (2008). Oxidized fats in foods: Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 6(2), 157-163. <https://doi.org/10.1097/00075197-200303000-00004>
- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., y Lorenzo, J. M. (2019). A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products. *Antioxidants*, 8(10), 429. <https://doi.org/10.3390/antiox8100429>
- Dou, R. (2023). Deriving the Arrhenius Equation and the Pre-Exponential Factor. <https://doi.org/10.20944/preprints202304.0215.v1>
- Drake, y Watson. (2023). Sensory analysis and consumer preference: Best practices. *Food Science and Technology*. doi:10.1146/annurev-food-060721-
- Duizer, L. M., y Field, K. (2015). Changes in sensory perception during aging. En *Modifying Food Texture* (pp. 19-44). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-334-8.00002-X>
- El-Beltagi, H. S., Salama, Z. A., y El-Hariri, D. M. (2007). Evaluation of fatty acids profile and the content of some secondary metabolites in seeds of different flax cultivars (*Linum usitatissimum* L.).
- Embaby, H. E., Habiba, R. A., Shatta, A. A., Elhamamy, M. M., Morita, N., y Ibrahim, S. S. (2006). Chemical composition and stability of canola oils from Japan and Egypt. 6(6), 19.
- Evans, J., Kretschmann, D., y Green, D. (2019). Procedures for estimation of Weibull parameters (FPL-GTR-264; p. FPL-GTR-264). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. <https://doi.org/10.2737/FPL-GTR-264>
- FAO. (2006). Policy Priorities for Food Security.

- Ferdaus, Md. J., Blount, R. J. S., y Silva, R. C. D. (2022). Assessment of Natural Waxes as Stabilizers in Peanut Butter. *Foods*, 11(19), 3127. <https://doi.org/10.3390/foods11193127>
- Figueiredo Filho, D., y Silva, J. (2011). What is R2 all about. *Leviathan – Cadernos de Pesquisa Política*.
- Fontaine, M. (2019). Determination of the peroxide value. The international fragrance association.
- Frankel, E. N. (2014). Chemistry of free radical and singlet oxidation of lipids. *Progress in Lipid Research*, 23(4), 197-221. [https://doi.org/10.1016/0163-7827\(84\)90011-0](https://doi.org/10.1016/0163-7827(84)90011-0)
- Frankel, E. N., Huang, S.-W., y Kanner, J. (2009). Interfacial Phenomena in the Evaluation of Antioxidants: Bulk Oils vs Emulsionst.
- Gama, A. P., Hung, Y.-C., y Adhikari, K. (2019). Optimization of Emulsifier and Stabilizer Concentrations in a Model Peanut-Based Beverage System: A Mixture Design Approach. *Foods*, 8(4), 116. <https://doi.org/10.3390/foods8040116>
- Gastón, J., Ezequiel, G., Elena, C., y Sofía, I. (2022). Estudio preliminar sobre el impacto de alternativas tecnológicas sobre la calidad sensorial de productos batidos de amplio consumo en Argentina.
- Geng, L., Liu, K., y Zhang, H. (2023). Lipid oxidation in foods and its implications on proteins. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1192199. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1192199>
- Giacopini, I. (2013). Canola oil and health effects. *An Venez Nutritional*.
- Gills, L., y Resurrección, A. (2007). Overall acceptability and sensory profiles of unstabilized peanut butter and peanut butter stabilized with palm oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 24(6), 495-516. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2000.tb00437.x>
- Gills y Resurrección, L. (2000). Sensory and Physical Properties of Peanut Butter Treated with Palm Oil and Hydrogenated Vegetable Oil to Prevent Oil Separation. 65(1), 173.
- Girotti, W. (2015). Photosensitized oxidation of cholesterol in biological systems: Reaction pathways, cytotoxic effects and defense mechanisms.
- Goldstein, K. (2002). Peanut butter stabilizer and method for manufacturing stabilized peanut butter.
- Gong, A., Shi, A., Liu, H., Yu, H., Liu, L., Lin, W., y Wang, Q. (2018). Relationship of chemical properties of different peanut varieties to peanut butter storage stability. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(5), 1003-1010. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61919-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61919-7)

- Gorrepati, K., Balasubramanian, S., y Chandra, P. (2015). Plant based butters. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 3965-3976. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1572-7>
- Gyórik, M., Ajtony, Z., Dóka, O., Alebic-Juretić, A., Bicanic, D., y Koudijs, A. (2006). Determination of Free Fatty Acids in Cooking Oil: Traditional Spectrophotometry and Optothermal Window Assay. *Instrumentation Science & Technology*, 34(1-2), 119-128. <https://doi.org/10.1080/10739140500373999>
- Hanusz, Z., Tarasinska, J., y Zielinski, W. (2016). Shapiro–Wilk Test with Known Mean. *REVSTAT-Statistical Journal*, 89-100 Pages. <https://doi.org/10.57805/REVSTAT.V14I1.180>
- Haouet, M. N., Tommasino, M., Mercuri, M. L., Benedetti, F., Di Bella, S., Framboas, M., Pelli, S., y Altissimi, M. S. (2019). Experimental accelerated shelf life determination of a ready-to-eat processed food. *Italian Journal of Food Safety*, 7(4). <https://doi.org/10.4081/ijfs.2018.6919>
- He, Y., Li, Y., Salazar, J. K., Yang, J., Tortorello, M. L., y Zhang, W. (2013). Increased Water Activity Reduces the Thermal Resistance of *Salmonella enterica* in Peanut Butter. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(15), 4763-4767. <https://doi.org/10.1128/AEM.01028-13>
- Hefei, R. (2015). Soya Lecithin. *Chemical Industry*. <https://www.tnjchem.com/uploadfile/attachment/0a448980f78ad72ead7cb08709ef3fa2.pdf>
- Hinds, M. J., Chinnan, M. S., y Beuchat, L. R. (2004). Unhydrogenated Palm Oil as a Stabilizer for Peanut Butter. *Journal of Food Science*, 59(4), 816-820. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1994.tb08135.x>
- Holman, R. T., y Elmer, O. C. (2018). The rates of oxidation of unsaturated fatty acids and esters. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 24(4), 127-129. <https://doi.org/10.1007/BF02643258>
- Huang, Y., Ma, R., Xu, Y., Zhong, K., Bu, Q., y Gao, H. (2021). A Comparison of Lipid Contents in Different Types of Peanut Cultivars Using UPLC-Q-TOF-MS-Based Lipidomic Study. *Foods*, 11(1), 4. <https://doi.org/10.3390/foods11010004>
- Huang, Z., Guo, B., Deng, C., Luo, S., Liu, C., y Hu, X. (2020). Stabilization of peanut butter by rice bran wax. *Journal of Food Science*, 85(6), 1793-1798. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15176>

- Hussain, G. (2023). Canola (low euristic acid) oil an introduction uses. Laboratory chemistry y solutions. file:///C:/Users/user/Desktop/TESIS%20ESCRITORIO/CanolaOil.pdf
- Hyde, P., Sapper, T., LaFountain, R., Kackley, M., Buga, A., Fell, B., Crabtree, C., Phinney, S., Miller, V., King, S., Krauss, R., Kraemer, W., y Volek, J. (2021). Effects of Palm Stearin versus Butter in the Context of Low-Carbohydrate/High-Fat and High-Carbohydrate/Low-Fat Diets on Circulating Lipids in a Controlled Feeding Study in Healthy Humans. *Nutrients*, 13(6), 1944. <https://doi.org/10.3390/nu13061944>
- Iglesias, H. A., & Chirife, J. (2014). Prediction of the effect of temperature on water sorption isotherms of food material. *International Journal of Food Science & Technology*, 11(2), 109-116. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1976.tb00707.x>
- Insani, E. M., Eyherabide, A., Grigioni, G., Sancho, A. M., Pensel, N. A., y Descalzo, A. M. (2008). Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated retail display of beef produced in Argentina. *Meat Science*, 79(3), 444-452. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.017>
- Isleib, T. G., Pattee, H. E., Sanders, T. H., Hendrix, K. W., y Dean, L. O. (2006). Compositional and Sensory Comparisons between Normal- and High-Oleic Peanuts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(5), 1759-1763. <https://doi.org/10.1021/jf052353t>
- Jafari, S. M., Ganje, M., Dehnad, D., Ghanbari, V., y Hajitabar, J. (2017). Arrhenius equation modeling for the shelf life prediction of tomato paste containing a natural preservative. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(15), 5216-5222. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8404>
- Jannatul, R. J. S., y Silva, R. C. D. (2022). Assessment of Natural Waxes as Stabilizers in Peanut Butter. *Foods*, 11(19), 3127. <https://doi.org/10.3390/foods11193127>
- Jaya, S., y Das, H. (2005). Accelerated storage, shelf life and color of mango powder. *Journal of Food Processing and Preservation*, 29(1), 45-62. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2005.00012.x>
- Jiang, R., y Murthy, D. N. P. (2011). A study of Weibull shape parameter: Properties and significance. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(12), 1619-1626. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2011.09.003>
- Kaneko, S., Sakai, R., Kumazawa, K., Usuki, M., y Nishimura, O. (2013). Key Aroma Compounds in Roasted In-shell Peanuts. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 77(7), 1467-1473. <https://doi.org/10.1271/bbb.130112>

- Keklik, N. M., Işikli, N. D., y Sur, E. B. (2017). Estimation of the shelf life of pezik pickles using Weibull hazard analysis. *Food Science and Technology*, 37(suppl 1), 125-130. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.33216>
- Kim, L., y Siang, C. (2014). Analysis of oils: Determination of peroxide value. Marine Fisheries Research Department.
- King, G. (1986). How Not to Lie with Statistics: Avoiding Common Mistakes in Quantitative Political Science. *American Journal of Political Science*, 30(3), 666. <https://doi.org/10.2307/2111095>
- Kirschweg, B., Vörös, B., Arroussi, M., Tátraaljai, D., Zsuga, M., y Pukánszky, B. (2021). Melt stabilization of polyethylene with natural antioxidants: Comparison of a natural extract and its main component. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 145(1), 67-75. <https://doi.org/10.1007/s10973-020-09709-5>
- Kissileff, H. R., Thornton, J., y Becker, E. (2000). A Quadratic Equation Adequately Describes the Cumulative Food Intake Curve in Man. *Appetite*, 3(3), 255-272. [https://doi.org/10.1016/S0195-6663\(82\)80022-6](https://doi.org/10.1016/S0195-6663(82)80022-6)
- Kobe Joze. (2021). Process for hydrogenation oils. <https://patentimages.storage.googleapis.com/6b/6d/72/f0951f1e1ca600/EP0429995A2.pdf>
- Labuza, T. P., y Riboh. (1984). Application of chemical kinetics to deterioration of foods. *Journal of Chemical Education*, 61(4), 348. <https://doi.org/10.1021/ed061p348>
- Lewkowska, P., Dymerski, T., y Namieśnik, J. (2015). Use of Sensory Analysis Methods to Evaluate the Odor of Food and Outside Air. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45(20), 2208-2244. <https://doi.org/10.1080/10643389.2015.1010429>
- Ling, B., Tang, J., Kong, F., Mitcham, E. J., y Wang, S. (2015). Kinetics of Food Quality Changes During Thermal Processing: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 8(2), 343-358. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1398-3>
- Liu, Y.-F., Li, Q.-T., Lu, X., Song, Q.-X., Lam, S.-M., Zhang, W.-K., Ma, B., Lin, Q., Man, W.-Q., Du, W.-G., Shui, G.-H., Chen, S.-Y., & Zhang, J.-S. (2014). Soybean GmMYB73 promotes lipid accumulation in transgenic plants. *BMC Plant Biology*, 14(1), 73. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-14-73>
- Livings, S., Jacobson, M., y Saguy, I. S. (2003). Normalized Weibull distribution for modeling rehydration of food particulates. *European Food Research and Technology*, 217(4), 311-318. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0719-y>

- Lykomitros, D., Fogliano, V., y Capuano, E. (2016). Flavor of roasted peanuts (*Arachis hypogaea*) - Part I: Effect of raw material and processing technology on flavor, color and fatty acid composition of peanuts. *Food Research International*, 89, 860-869. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.09.024>
- Manso, M. C. (2000). Mathematical Modelling of Shelf Life Limiting Factors During Storage of Orange Juice. Unpublished. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4365.7444>
- Mara, U. T. (2011). Power Comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling Tests. 2(1), 21-33.
- Marmesat, S., Holgado, F., Márquez-Ruiz, G., y Dobarganes, C. (2008). Influence of two lipid extraction procedures on the peroxide value in powdered infant formulas. *European Food Research and Technology*, 226(5), 1159-1166. <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0645-5>
- Masaka, V., y Ndlovu, M. (2022). Prevalence of Aflatoxin Contamination in Peanuts and Peanut Butter from an Informal Market, Harare, Zimbabwe. *International Journal of Food Science*. <https://doi.org/10.1155/2022/3761078>
- Matsiko, F., Murindwa, E., Niyigena, C., Hitimana, B., & Vasanthakalam, H. (2014). Comparison and Evaluation of the Quality and Storage Stability of Soy and Peanut butter. 24(1).
- Mestrallet, M. G., Nepote, V., Quiroga, P. R., y Grosso, N. R. (2009). Effect of prickly pear (*Opuntia ficus indica*) and algarrobo (*Prosopis* spp.) pod syrup coatings on the sensory and chemical stability in roaster peanut products. *Journal of Food Quality*, 32(3), 334-351. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2009.00251.x>
- Mohd Rozalli, N. H., Chin, N. L., Yusof, Y. A., y Mahyudin, N. (2016). Quality changes of stabilizer-free natural peanut butter during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 694-702. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2006-x>
- Mouécoucou, J., Villaume, C., Sanchez, C., y Méjean, L. (2004). Effects of gum arabic, low methoxy pectin and xylan on in vitro digestibility of peanut protein. *Food Research International*, 37(8), 777-783. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.04.002>
- Mousavi, S., De La Rosa, R., Moukhli, A., El Riachy, M., Mariotti, R., Torres, M., Pierantozzi, P., Stanzione, V., Mastio, V., Zaher, H., El Antari, A., Ayoub, S., Dandachi, F., Youssef, H., Aggelou, N., Contreras, C., Maestri, D., Belaj, A., Bufacchi, M., Leon, L. (2019). Plasticity of fruit and oil traits in olive among different environments. *Scientific Reports*, 9(1), 16968. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53169-3>
- Murillo, A. (2019). Preparation of Peanut (*Arachis hypogaea*) Spread with Chocolate. 73.

- Murindwa, E., Niyigena, C., Hitimana, B., & Vasanthakalam, H. (2014). Comparison and Evaluation of the Quality and Storage Stability of Soy and Peanut butter. 24(1).
- Murley, T., y Chambers, E. (2019). The Influence of Colorants, Flavorants and Product Identity on Perceptions of Naturalness. *Foods (Basel, Switzerland)*, 8(8), 317. <https://doi.org/10.3390/foods8080317>
- Murray, J. M., & Delahunty, C. M. (2005). Selection of standards to reference terms in a cheddar-type cheese flavor language. *journal of sensory studies*, 15(2), 179-199. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459x.2000.tb00264.x>
- Nepote, V., Mestrallet, M., y Grosso, N. (2006). Antioxidantes para la mantequilla de maní con Miel.
- Nielsen. (2003). *Análisis de alimentos—Fundamentos y técnicas (Tercera edición, Vol. 2)*. Editorial Ascribia S. A.
- Norrish, R. S. (2007). An equation for the activity coefficients and equilibrium relative humidities of water in confectionery syrups. *International Journal of Food Science & Technology*, 1(1), 25-39. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1966.tb01027.x>
- Olmedo, R., Nepote, V., Mestrallet, M. G., y Grosso, N. R. (2008). Effect of the essential oil addition on the oxidative stability of fried–salted peanuts. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(11), 1935-1944. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01796.x>
- Olshansky, S. J., Hayflick, L., & Carnes, B. A. (2002). No Truth to the Fountain of Youth. *scientific american*.
- Özilgen, S., y Özilgen, M. (2001). Kinetic Model of Lipid Oxidation in Foods. *Journal of Food Science*, 55(2), 498-498. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb06795.x>
- Ozturk, S., y Cakmakci, S. (2006). The effect of antioxidants on butter in relation to storage temperature and duration. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108(11), 951-959. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200600089>
- Park, H. W., Xu, J., Balasubramaniam, V. M., y Snyder, A. B. (2021). The effect of water activity and temperature on the inactivation of *Enterococcus faecium* in peanut butter during superheated steam sanitation treatment. *Food Control*, 125, 107942. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107942>
- Pattee, H. E., Isleib, T. G., Moore, K. M., Gorbet, D. W., y Giesbrecht, F. G. (2002). Effect of High-Oleic Trait and Paste Storage Variables on Sensory Attribute Stability of Roasted Peanuts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(25), 7366-7370. <https://doi.org/10.1021/jf025853k>

- Pattee, H. E., Young, C. T., Pearson, J. L., Singleton, J. A., y Giesbrecht, F. G. (2000). Storage and Moisture Effects on Peanut Composition and Roasted Flavor¹. *Peanut Science*, 9(2), 98-101. <https://doi.org/10.3146/i0095-3679-9-2-14>
- Pedelini, R. (2008). *Maní: Guía práctica para su cultivo*. INTA, 20.
- Pedersen, A., Baumstark, M. W., Marckmann, P., Gylling, H., y Sandström, B. (2006). An olive oil-rich diet results in higher concentrations of LDL cholesterol and a higher number of LDL subfraction particles than rapeseed oil and sunflower oil diets. *Journal of Lipid Research*, 41(12), 1901-1911. [https://doi.org/10.1016/S0022-2275\(20\)32351-8](https://doi.org/10.1016/S0022-2275(20)32351-8)
- Pędziwiatr, P., Mikołajczyk, F., Zawadzki, D., Mikołajczyk, K., y Bedka, A. (2018). Decomposition of hydrogen peroxide - kinetics and review of chosen catalysts.
- Petrou, A. L., Roulia, M., y Tampouris, K. (2002). The use of the arrhenius equation in the study of deterioration and of cooking of foods some scientific and pedagogic aspects. *chem. educ. res. pract.*, 3(1), 87-97. <https://doi.org/10.1039/b1rp90042k>
- Pidatala, P. K., Bellmer, D., y McGlynn, W. (2021). Oxidative Stability of a New Peanut Butter Bite Product. *International Journal of Food Science*, 2021, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2021/5528315>
- Poirier, D., Sanders, T. H., y Davis, J. P. (2014). Salmonella Surrogate Reduction Using Industrial Peanut Dry Roasting Parameters. *Peanut Science*, 41(2), 72-84. <https://doi.org/10.3146/PS13-21.1>
- Pomares, C. (2015). *Química aplicada a la Ingeniería*. 1(1), 802.
- Puppala, N. (2019). Production and Characterization of Nutritious Peanut Butter Enhanced with Orange Fleshed Sweet Potato. *Novel Techniques in Nutrition & Food Science*, 4(4). <https://doi.org/10.31031/NTNF.2019.04.000593>
- Qiu, H. (2023). Overview of hydrogenated vegetable oil. *Theoretical and Natural Science*, 6(1), 132-135. <https://doi.org/10.54254/2753-8818/6/20230197>
- Reed, K. A., Sims, C. A., Gorbet, D. W., y O'Keefe, S. F. (2002). Storage water activity affects flavor fade in high and normal oleic peanuts. *Food Research International*, 35(8), 769-774. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(02\)00073-X](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00073-X)
- Rincon, S., y Martinez, D. (2009). An analysis of the properties of oil palm in the development of the its industry. *Chemical properties, Energy, Food*.
- Riveros, C. G., Mestrallet, M. G., Nepote, V., y Grosso, N. R. (2009). Chemical composition and sensory analysis of peanut pastes elaborated with high-oleic and regular peanuts from Argentina. *Grasas y Aceites*, 60(4), 388-395. <https://doi.org/10.3989/gya.020709>

- Riveros, C. G., Mestrallet, M. G., Quiroga, P. R., Nepote, V., y Grosso, N. R. (2013). Preserving sensory attributes of roasted peanuts using edible coatings. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(4), 850-859. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12036>
- Rocha, P. M. (2019). Aplicación de técnicas estadísticas al análisis sensorial inteligente. 86.
- Sáchezi, J. A., y Poriz, J. A. (2016). Sensory shelf life of mantecoso cheese using accelerated testing. *Scientia Agropecuaria*, 7, 215-222. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.08>
- Saheedat H., A. (2018). Physico-chemical Properties and Sensory Attributes of Butter Produced from Peanut, Crayfish and Ginger. *International Journal of Food Science and Biotechnology*, 3(1), 23. <https://doi.org/10.11648/j.ijfsb.20180301.14>
- Sayed, H., Gilane, S., Ezz, M., y Kamal, S. (2016). Radiation Synthesis and Characterization of Cholesterol Molecularly Imprinted Polymer of Crosslinked Hydroxyethyl Methacrylate. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(1), 297-302. <https://doi.org/10.21275/v5i1.NOV152733>
- Schaich, K. M., Shahidi, F., Zhong, Y., y Eskin, N. A. M. (2013). Lipid Oxidation. En *Biochemistry of Foods* (pp. 419-478). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-091809-9.00011-X>
- Shahidi, F., y De Camargo, A. (2016). Tocopherols and Tocotrienols in Common and Emerging Dietary Sources: Occurrence, Applications, and Health Benefits. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(10), 1745. <https://doi.org/10.3390/ijms17101745>
- Shintani, D., y DellaPenna, D. (2014). Elevating the Vitamin E Content of Plants Through Metabolic Engineering. *Science*, 282(5396), 2098-2100. <https://doi.org/10.1126/science.282.5396.2098>
- Siger, A., Nogala-Kalucka, M., y Lampart-Szczapa, E. (2008). The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plant oils. *Journal of Food Lipids*, 15(2), 137-149. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.2007.00107.x>
- Singh-Ackbarali, D., y Maharaj, R. (2014). Sensory Evaluation as a Tool in Determining Acceptability of Innovative Products Developed by Undergraduate Students in Food Science and Technology at The University of Trinidad and Tobago. *Journal of Curriculum and Teaching*, 3(1), p10. <https://doi.org/10.5430/jct.v3n1p10>
- Sithole, T. R., Ma, Y.-X., Qin, Z., Liu, H.-M., y Wang, X.-D. (2022). Influence of Peanut Varieties on the Sensory Quality of Peanut Butter. *Foods*, 11(21), Article 21. <https://doi.org/10.3390/foods11213499>

- Sithole, T. R., Ma, Y.-X., Qin, Z., Wang, X.-D., y Liu, H.-M. (2022). Peanut Butter Food Safety Concerns—Prevalence, Mitigation and Control of *Salmonella* spp., and Aflatoxins in Peanut Butter. *Foods*, 11(13), 1874. <https://doi.org/10.3390/foods11131874>
- Sodiqovna, O. M. (2022). The Effect of Temperature on the Rate of Chemical Reactions. 8(2770).
- Stahl, W. (2005). Lipid oxidation and antioxidants: Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 3(2), 121-126. <https://doi.org/10.1097/00075197-200003000-00007>
- Stark, C., McNeil, D. L., y Savage, G. P. (2000). The effect of storage conditions on the stability of peroxide values of New Zealand grown walnuts. 25(1).
- Stone, H., y Sidel, J. L. (2011). Affective Testing. En *Sensory Evaluation Practices* (pp. 227-252). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-672480-6.50011-1>
- Sumainah, G. M., Sims, C. A., Bates, R. P., y O'Keefe, S. F. (2000). Flavor and Oxidative Stability of Peanut-Sesame-Soy Blends. *Journal of Food Science*, 65(5), 901-905. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb13609.x>
- Syamaladevi, R. M., Tadapaneni, R. K., Xu, J., Villa-Rojas, R., Tang, J., Carter, B., Sablani, S., y Marks, B. (2016). Water activity change at elevated temperatures and thermal resistance of *Salmonella* in all purpose wheat flour and peanut butter. *Food Research International*, 81, 163-170. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.008>
- Tafese. (2021). Understanding to the shelf-life and product stability of foods. Department of Food Science and Nutrition Research Process.
- Talbot, G. (2011). The stability and shelf life of fats and oils. En *Food and Beverage Stability and Shelf Life* (pp. 683-715). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857092540.3.683>
- Talcott, S. (2005). Polyphenolic and antioxidant changes during storage of normal, mid, and high oleic acid peanuts. *Food Chemistry*, 89(1), 77-84. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.020>
- Tan, C. H., Lee, C. J., Tan, S. N., Poon, D. T. S., Chong, C. Y. E., y Pui, L. P. (2021). Red Palm Oil: A Review on Processing, Health Benefits and Its Application in Food. *Journal of Oleo Science*, 70(9), 1201-1210. <https://doi.org/10.5650/jos.ess21108>
- Tike, M. A., y Mahajani, V. V. (2006). Studies in catalytic transfer hydrogenation of soybean oil using ammonium formate as donor over 5% Pd/C catalyst. *Chemical Engineering Journal*, 123(1-2), 31-41. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2006.07.014>
- Timbabadiya, P. N., Bheda, S. B., Gajera, H. P., y Patatel, S. V. (2017). Application of Peanut Butter to Improve the Nutritional Quality of Cookies. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 5(3), 398-405. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.5.3.26>

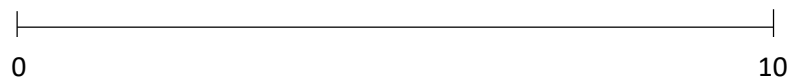
- Torres, A., Guerra, M., y Rosquete, Y. (2001). Estimación de la vida útil de una fórmula dietética en función de la disminución de lisina disponible. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 21(2), 129-133. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612001000200001>
- Torres, J. A., Serment-Moreno, V., Escobedo-Avellaneda, Z. J., Velazquez, G., y Welti-Chanes, J. (2016). Reaction Chemistry at High Pressure and High Temperature. En V. M. Balasubramaniam, G. V. Barbosa-Cánovas, & H. L. M. Lelieveld (Eds.), *High Pressure Processing of Food* (pp. 461-478). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3234-4_21
- Torres, J. M. (2020). Importancia nutricional y económica del maní (*Arachis hypogaea L.*).
- Totlani, V. M., y Chinnan, M. S. (2007). Effect of Stabilizer Levels and Storage Conditions on Texture and Viscosity of Peanut Butter. *Peanut science*.
- Upadhyay, S. K. (2006). *Chemical kinetics and reaction dynamics*. Springer ; Anamaya.
- Velasco, J., Dobarganes, C., y Márquez-Ruiz, G. (2010). Oxidative rancidity in foods and food quality. En *Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages* (pp. 3-32). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9781845699260.1.3>
- Wang, X.-D., Ma, Y.-X., Qin, Z., Liu, H.-M., y Sithole, T. (2022). Technical aspects of peanut butter production processes: Roasting and grinding processes review. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(4), 16430. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16430>
- Williams, J. E., Duncan, S. E., Williams, R. C., Mallikarjunan, K., Eigel, W. N., & O'Keefe, S. F. (2006). Flavor Fade in Peanuts During Short-term Storage. *Journal of Food Science*, 71(3), S265-S269. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb15652.x>
- Winkler-Moser, J. K., Anderson, J., Byars, J. A., Singh, M., & Hwang, H. (2019). Evaluation of Beeswax, Candelilla Wax, Rice Bran Wax, and Sunflower Wax as Alternative Stabilizers for Peanut Butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(11), 1235-1248. <https://doi.org/10.1002/aocs.12276>
- Wu, H., Wang, Q., Ma, T., & Ren, J. (2009). Comparative studies on the functional properties of various protein concentrate preparations of peanut protein. *Food Research International*, 42(3), 343-348. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.12.006>
- Wu, Y., & Wang, T. (2003). Soybean lecithin fractionation and functionality. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80(4), 319-326. <https://doi.org/10.1007/s11746-003-0697-x>
- Yang, K.-M., Cheng, M.-C., Ye, Z.-S., Chu, L.-P., & Chen, H.-C. (2022). Chemical Properties of Peanut Oil from *Arachis hypogaea L.* 'Tainan 14' and Its Oxidized Volatile Formation. *Molecules*, 27(20), 6811. <https://doi.org/10.3390/molecules27206811>

- Yu, H., Liu, H., Erasmus, S. W., Zhao, S., Wang, Q., & Van Ruth, S. M. (2021). An explorative study on the relationships between the quality traits of peanut varieties and their peanut butters. *LWT*, 151, 112068. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112068>
- Yu, J., Goktepe, I., & Ahmedna, M. (2013). Enzymatic treatment of peanut butter to reduce the concentration of major peanut allergens. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(6), 1224-1234. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12081>
- Zapata, N., Henriquez, L., Finot, V. L., Zapata, N., Henriquez, L., & Finot, V. L. (2017). caracterización y clasificación botánica de veintidos líneas de maní (*Arachis hypogaea L.*) evaluadas en la provincia de ñuble, chile. *chilean journal of agricultural y amp; animal sciences*, 33(3), 202-212. <https://doi.org/10.4067/s0719-38902017005000602>
- Zapata, N., Vargas, M., & Vera, F. (2012). Crecimiento y productividad de dos genotipos de maní (*Arachis hypogaea L.*) según densidad poblacional establecidos en Ñuble, Chile. *Idesia (Arica)*, 30(3), 47-54. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292012000300006>
- Żegarska, Z., Rafałowski, R., Amarowicz, R., Karamać, M., & Shahidi, F. (2016). Stabilization of butter with deodorized rosemary extract. *Zeitschrift for Lebensmitteluntersuchung Und -Forschung A*, 206(2), 99-102. <https://doi.org/10.1007/s002170050222>
- Zelalem, G., & Abdulkadir, E. (2021). Determination of cholesterol and fatty acid content of commercially sold edible vegetable oils around Dire Dawa, Adama and Addis Ababa, Ethiopia. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 10(2), 044-056. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.10.2.0147>
- Zhao, X., Wei, Y., Wang, Z., Chen, F., & Ojokoh, A. O. (2011). Reaction Kinetics in Food Extrusion: Methods and Results. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(9), 835-854. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.483023>
- Zuzarte, A., Mui, M., Ordiz, M. I., Weber, J., Ryan, K., & Manary, M. J. (2020). Reducing Oil Separation in Ready-to-Use Therapeutic Food. *Foods*, 9(6), 706. <https://doi.org/10.3390/foods9060706>

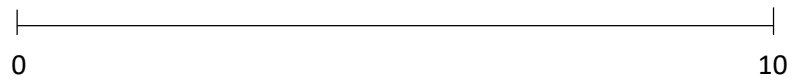
ANEXOS

Anexo I. Ficha de evaluación sensorial (sabor)**Nombre:****Fecha:****Edad:****Código de muestra:****Producto:** Mantequilla de maní**Instrucciones:** Indique con una “x” el nivel de intensidad que identificas para cada una de las muestras de mantequilla de maní, donde 0 es baja intensidad y 10 alta intensidad.

Sabor a maní fresco molido:



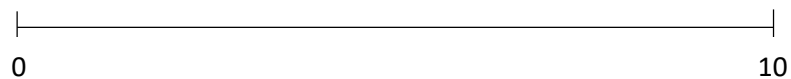
Sabor a maní dulce:



Sabor a maní aceitoso:



Sabor cartón (astringente):



Sabor a maní ranceado:



Anexo II: Resultados de la separación de fases en la mantequilla de maní con y sin estabilizadores en la mantequilla de maní durante los días de almacenamiento.

Tratamiento	T°	Rep	Separación de fases					
			días de almacenamiento					
			0	20	40	60	80	100
Sin estabilizador (T0)	30° C	R1	1,7645	2,6742	4,3323	5,1172	6,9483	8,7265
		R2	1,6718	2,6558	4,4245	5,1120	6,9799	8,7404
		R3	1,6756	2,5450	4,4569	5,0343	7,2763	8,7158
	40° C	R1	1,7467	2,7837	4,5356	5,7728	7,9623	10,3133
		R2	1,7496	2,8410	4,5823	6,0183	8,2113	10,3822
		R3	1,8378	2,8371	4,5752	6,5129	8,0164	10,8184
	50° C	R1	1,9142	2,8472	5,1722	7,6426	8,4902	11,8273
		R2	1,7645	2,8267	5,2573	7,6814	8,5705	11,9347
		R3	1,6906	2,8192	5,2071	7,7729	8,5596	11,9581
Aceite de canola hidrogenada 1.5% (T1)	30° C	R1	1,7741	1,8397	2,0409	3,0129	3,4290	4,2659
		R2	1,6802	1,6810	2,0430	3,0273	3,5023	4,2921
		R3	1,7539	1,8305	2,0057	3,0477	3,3525	4,3090
	40° C	R1	1,7632	1,9578	2,3776	3,4301	4,5136	6,0780
		R2	1,6892	1,9455	2,3843	3,5176	4,4919	6,0832
		R3	1,8391	1,9564	2,3910	3,5835	4,4912	6,0908
	50° C	R1	1,9142	2,1150	2,8788	4,2611	4,8732	6,8486
		R2	1,6719	2,1044	2,8712	4,3462	4,9568	6,8516
		R3	1,7478	2,0888	2,9812	4,3645	4,9970	6,8853
Manteca de palma hidrogenada 1.5% (T2)	30° C	R1	1,6898	2,0063	2,4491	3,5407	3,6840	4,2619
		R2	1,6719	1,9443	2,5354	3,5059	3,6764	4,2695
		R3	1,6808	1,9289	2,4476	3,5465	3,6362	4,3315
	40° C	R1	1,6894	2,2267	2,9509	4,1344	4,5970	5,9970
		R2	1,7461	2,2444	3,0425	4,2651	4,6341	5,9798
		R3	1,6737	2,2542	2,9620	4,3334	4,5940	6,0868
	50° C	R1	1,7679	2,4769	3,3583	5,1956	5,7027	6,8323
		R2	1,6740	2,4692	3,4103	5,2867	5,8090	6,8464
		R3	1,8421	2,5470	3,4317	5,0001	5,8105	6,8532
Lecitina de soya 1.5% (T3)	30° C	R1	1,6748	2,0152	2,4107	3,6005	3,9500	4,3792
		R2	1,6910	1,9929	2,4643	3,6196	3,9169	4,3826
		R3	1,6732	2,0061	2,4780	3,6691	3,9040	4,3770
	40° C	R1	1,6844	2,1349	2,9305	4,3547	5,2576	6,0137
		R2	1,8415	2,2048	2,9218	4,4220	5,2598	6,0222
		R3	1,8643	2,1974	2,7071	4,3247	5,1174	6,0734
	50° C	R1	1,8399	2,5078	3,4533	5,2902	6,7844	7,6653
		R2	1,7650	2,5056	3,5277	5,3384	6,9456	7,7422
		R3	1,6884	2,5971	3,5204	5,2845	6,7569	8,4861

Anexo III: Resultados del índice de peróxido en la mantequilla de maní con y sin estabilizadores en la mantequilla de maní durante los días de almacenamiento.

Tratamiento	T°	Rep.	Índice de peróxido (mEqO ₂ /kg de aceite)					
			días de almacenamiento					
			0	20	40	60	80	100
Sin estabilizador (T0)	30°C	R1	1,1563	1,5795	2,3657	4,2562	6,933	9,5134
		R2	1,1612	1,517	2,4797	4,2278	6,8966	9,5356
		R3	1,1595	1,7305	2,4785	4,2948	6,8442	9,4125
	40°C	R1	1,2563	1,9665	2,3777	4,4655	7,4448	10,2112
		R2	1,2345	1,5605	2,2874	4,4667	7,2996	10,2415
		R3	1,2651	1,3293	2,1149	4,4329	7,4455	10,2354
	50°C	R1	1,2365	1,7589	2,6621	5,3245	8,3225	11,1221
		R2	1,2325	1,7098	2,778	5,3212	8,3216	11,2131
		R3	1,2584	1,8085	2,8303	5,1867	8,1271	11,2012
Aceite de canola hidrogenada 1.5% (T1)	30°C	R1	1,1623	1,5401	1,6304	2,7272	2,9694	3,1232
		R2	1,2141	1,7147	1,7715	2,7078	2,9668	3,2145
		R3	1,2023	1,5667	1,6141	2,727	2,9759	3,2341
	40°C	R1	1,1635	1,5347	1,7008	2,7751	2,92	4,2153
		R2	1,1752	1,8817	1,985	2,7694	2,9667	4,1231
		R3	1,1821	1,5723	1,6503	2,7547	2,9784	4,2351
	50°C	R1	1,2211	1,896	1,9063	3,1815	3,3326	5,2123
		R2	1,2312	1,5246	1,5261	2,8389	3,2916	5,3212
		R3	1,2102	1,5728	1,6464	2,8166	3,1588	5,2141
Manteca de palma hidrogenada 1.5% (T2)	30°C	R1	1,1841	1,923	1,9681	3,1198	3,6301	4,1231
		R2	1,1781	1,7529	1,8003	3,0977	3,5988	4,1214
		R3	1,2141	1,9034	1,9801	3,0923	3,5529	4,3212
	40°C	R1	1,1325	1,5165	1,5215	3,2769	3,9811	5,2121
		R2	1,1326	1,542	1,6465	3,2553	4,0042	5,3214
		R3	1,1401	1,5224	1,5679	3,0593	3,9759	5,3142
	50°C	R1	1,1532	1,552	1,5542	3,5529	4,967	5,6841
		R2	1,152	1,5557	1,6492	3,5755	4,2906	5,9887
		R3	1,1498	1,8204	1,8588	3,5531	4,2308	5,6898
Lecitina de soya 1.5% (T3)	30°C	R1	1,2132	1,572	1,9833	3,8215	4,8648	5,6481
		R2	1,2322	1,3822	1,8538	3,8502	4,5497	5,6548
		R3	1,2421	1,5234	2,1287	3,576	4,6192	5,7412
	40°C	R1	1,2541	1,5054	1,9742	3,9076	4,862	5,8958
		R2	1,1352	1,5246	1,9846	3,9383	4,9591	6,1011
		R3	1,1658	1,9659	2,1284	3,8502	4,8644	5,9897
	50°C	R1	1,1635	1,8098	2,1521	4,4493	4,9501	6,3214
		R2	1,1542	1,5245	2,2012	4,4758	4,9514	6,2142
		R3	1,1245	1,5402	2,1023	4,6292	4,8644	6,2457

Anexo IV: Resultados del índice de acidez en la mantequilla de maní con y sin estabilizadores en la mantequilla de maní durante los días de almacenamiento.

Tratamiento	T°	Rep.	Índice de acidez (mg de KOH/g de aceite)					
			días de almacenamiento					
			0	20	40	60	80	100
Sin estabilizador (T0)	30°C	R1	0,1853	0,3668	0,4968	0,526	0,7093	1,1338
		R2	0,1895	0,3658	0,5066	0,4904	0,7753	1,1221
		R3	0,1875	0,3651	0,4962	0,5532	0,7448	1,2114
	40°C	R1	0,1842	0,3764	0,5482	0,6226	0,8412	1,3594
		R2	0,1863	0,3738	0,5272	0,5998	0,8997	1,3421
		R3	0,1798	0,3719	0,5184	0,6233	0,874	1,2986
	50°C	R1	0,1784	0,3984	0,5922	0,8492	1,046	1,5387
		R2	0,1824	0,3974	0,5889	0,7435	0,9983	1,5423
		R3	0,1863	0,3934	0,591	0,7361	1,0684	1,5561
Aceite de canola hidrogenada 1.5% (T1)	30°C	R1	0,1785	0,303	0,3536	0,3731	0,443	0,6254
		R2	0,1821	0,3052	0,3553	0,3715	0,4357	0,6354
		R3	0,1835	0,3061	0,3559	0,3671	0,4433	0,7102
	40°C	R1	0,1842	0,3179	0,3584	0,4273	0,5253	0,8745
		R2	0,1874	0,3143	0,3572	0,4256	0,5277	0,8978
		R3	0,1794	0,3202	0,3558	0,4426	0,533	0,8865
	50°C	R1	0,1845	0,3782	0,3899	0,4433	0,5202	0,8965
		R2	0,1835	0,3823	0,3895	0,4467	0,5224	0,8896
		R3	0,1826	0,3762	0,3969	0,4452	0,5229	0,8954
Manteca de palma hidrogenada 1.5% (T2)	30°C	R1	0,1854	0,3187	0,3666	0,3785	0,4662	0,5986
		R2	0,1868	0,3167	0,3645	0,3747	0,4684	0,5975
		R3	0,1875	0,314	0,3664	0,376	0,4704	0,6012
	40°C	R1	0,1852	0,3788	0,4227	0,452	0,5276	0,7416
		R2	0,1863	0,372	0,4425	0,4505	0,5255	0,7512
		R3	0,1787	0,3728	0,4454	0,4524	0,5434	0,7513
	50°C	R1	0,1784	0,3585	0,4477	0,4709	0,5314	0,8678
		R2	0,1832	0,3553	0,423	0,4868	0,5434	0,8623
		R3	0,1864	0,3592	0,4429	0,4893	0,5449	0,8642
Lecitina de soya 1.5% (T3)	30°C	R1	0,1787	0,355	0,3788	0,3916	0,4721	0,5324
		R2	0,1862	0,3593	0,3799	0,3899	0,4848	0,5421
		R3	0,1864	0,3595	0,379	0,392	0,4874	0,5621
	40°C	R1	0,134	0,355	0,3923	0,4589	0,5319	0,7151
		R2	0,1863	0,3589	0,392	0,4568	0,534	0,7124
		R3	0,1798	0,3559	0,3922	0,4664	0,5361	0,6989
	50°C	R1	0,1799	0,3593	0,3984	0,512	0,591	0,7985
		R2	0,1876	0,3774	0,3992	0,4789	0,5858	0,7988
		R3	0,1882	0,3555	0,398	0,4874	0,5893	0,8123

Anexo V: Resultados de la actividad de agua en la mantequilla de maní con y sin estabilizadores en la mantequilla de maní durante los días de almacenamiento.

Tratamiento	T°	Rep.	Actividad de agua					
			días de almacenamiento					
			0	20	40	60	80	100
Sin estabilizador (T0)	30°C	R1	0,425	0,428	0,471	0,491	0,496	0,511
		R2	0,421	0,427	0,472	0,492	0,493	0,512
		R3	0,423	0,428	0,471	0,49	0,496	0,511
	40°C	R1	0,422	0,429	0,431	0,437	0,445	0,468
		R2	0,426	0,43	0,433	0,438	0,446	0,467
		R3	0,427	0,432	0,434	0,439	0,448	0,466
	50°C	R1	0,427	0,428	0,435	0,446	0,451	0,464
		R2	0,426	0,426	0,434	0,445	0,451	0,465
		R3	0,429	0,428	0,435	0,447	0,452	0,464
Aceite de canola 1.5% (T1)	30°C	R1	0,426	0,428	0,429	0,431	0,437	0,441
		R2	0,428	0,429	0,431	0,43	0,435	0,442
		R3	0,427	0,431	0,43	0,431	0,436	0,442
	40°C	R1	0,423	0,424	0,432	0,442	0,452	0,467
		R2	0,424	0,426	0,431	0,443	0,451	0,468
		R3	0,424	0,427	0,433	0,441	0,452	0,466
	50°C	R1	0,427	0,425	0,421	0,418	0,454	0,468
		R2	0,426	0,424	0,42	0,417	0,455	0,468
		R3	0,427	0,425	0,419	0,416	0,456	0,469
Manteca de palma hidrogenada 1.5% (T2)	30°C	R1	0,427	0,431	0,433	0,436	0,44	0,451
		R2	0,428	0,43	0,434	0,437	0,44	0,452
		R3	0,427	0,432	0,435	0,439	0,441	0,451
	40°C	R1	0,427	0,43	0,431	0,432	0,441	0,456
		R2	0,425	0,429	0,431	0,432	0,442	0,455
		R3	0,425	0,43	0,433	0,434	0,443	0,456
	50°C	R1	0,429	0,436	0,442	0,446	0,452	0,453
		R2	0,431	0,435	0,441	0,447	0,45	0,454
		R3	0,432	0,435	0,442	0,447	0,451	0,453
Lecitina de soya 1.5% (T3)	30°C	R1	0,432	0,433	0,436	0,44	0,445	0,461
		R2	0,432	0,434	0,437	0,441	0,443	0,459
		R3	0,431	0,435	0,438	0,442	0,445	0,461
	40°C	R1	0,429	0,43	0,432	0,441	0,448	0,465
		R2	0,429	0,431	0,433	0,439	0,449	0,465
		R3	0,431	0,433	0,435	0,441	0,451	0,463
	50°C	R1	0,43	0,428	0,425	0,421	0,422	0,427
		R2	0,431	0,429	0,425	0,421	0,423	0,427
		R3	0,429	0,427	0,423	0,419	0,422	0,425

