



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**ANÁLISIS SENSORIAL, MICROBIOLÓGICO Y
FISICOQUÍMICO DE UN SUPLEMENTO
ALIMENTICIO PARA CONOCER LA FECHA
DE CONSUMO PREFERENTE**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

P R E S E N T A

MARIAN ELIZABETH ANGELES AVILA



Ciudad Universitaria, CD. MX. 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: RODRIGUEZ PALACIOS FELIPE DE JESUS

VOCAL: Profesor: SEVERIANO PEREZ PATRICIA

SECRETARIO: Profesor: MARTINEZ ARELLANO ISADORA

1er. SUPLENTE: Profesor: ELIAS PATIÑO ANA KARINA

2° SUPLENTE: Profesor: SOLIS GARFIAS JANELI

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: LABORATORIO DE INGENIERÍA DE PROCESO, INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA, UNAM

ASESOR DEL TEMA:

Dra. Isadora Martínez Arellano

SUPERVISOR TÉCNICO:

Dra. María Soledad Córdova Aguilar

SUSTENTANTE (S):

Marian Elizabeth Angeles Ávila

Este trabajo fue realizado en el laboratorio de Ingeniería de Proceso del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología – UNAM bajo la asesoría de la Dra. Isadora Martínez Arellano y supervisión técnica de la Dra. María Soledad Córdova Aguilar.

AGRADECIMIENTOS TÉCNICOS

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** por brindarme la oportunidad de experimentar una de las etapas más enriquecedoras de mi vida, al permitirme ser parte de esta institución académica líder, así como por proporcionarme los conocimientos esenciales que han contribuido a mi desarrollo como profesionista.

Al **Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología**, por la oportunidad de ser partícipe de su comunidad y hacer posible la realización de este trabajo.

A la **Dra. María Soledad Córdova**, por la confianza al abrirme las puertas a este instituto y por todo el apoyo incondicional brindado durante este proyecto.

A la **Dra. Isadora Martínez Arellano**, por la oportunidad de formar parte de su equipo, por todo el apoyo, consejos y orientación en la realización del presente trabajo.

POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITU.

1. RESUMEN	12
2. INTRODUCCIÓN	15
3. JUSTIFICACIÓN	18
4. HIPÓTESIS	18
5. OBJETIVOS	19
5.1 Objetivo general	19
5.2 Objetivos particulares	19
6. MARCO TEÓRICO	20
6.1 La malnutrición en México y el mundo	20
6.2 Suplementos alimenticios	21
6.3 Vida de anaquel de los alimentos	22
6.4 Importancia del estudio de vida de anaquel	24
6.5 Factores que afectan la vida útil de los alimentos	25
6.6 Métodos para determinar la vida de anaquel de los alimentos	26
6.6.1 Análisis microbiológico	27
6.6.2 Análisis fisicoquímico	29
6.6.2.1 Humedad	30
6.6.2.2 Actividad del agua (a_w)	30
6.6.2.3 pH	31
6.6.2.4 Índice de Peróxidos	32
6.6.2.5 Color	33
6.6.3 Análisis sensorial	35
6.7 Metodologías de evaluación sensorial	36
6.7.1 Metodologías analíticas	37
6.7.1.1 Pruebas discriminativas	37
6.7.1.2 Pruebas descriptivas	37
6.7.2 Metodologías hedónicas	39
6.7.2.1 Pruebas afectivas	39
6.7.2.2 Pruebas de preferencia	40
6.7.2.3 Pruebas de nivel de agrado (aceptación)	41
6.7.2.4 Justo como lo esperaba	42
6.8 Almacenamiento acelerado	43
6.9 Vida útil sensorial	44
6.10 Análisis de supervivencia	46
6.11 Comparación de métodos probabilísticos	47
7. ANTECEDENTES	49
8. METODOLOGÍA	51
8.1 Análisis microbiológico	52
8.1.1 Coliformes totales	52
8.1.2 Mesófilos aerobios	53
8.1.3 Mohos y levaduras	53
8.2 Análisis fisicoquímico	53
8.2.1 % Humedad	53
8.2.2 a_w	54
8.2.3 pH	54
8.2.4 Índice de peróxidos	54
8.2.5 Color	54

8.3 Análisis sensorial	55
8.3.1 Nivel de agrado	55
8.3.2 Justo como lo esperaba	55
8.3.3 Aceptación o rechazo	55
8.3.4 Análisis estadístico	55
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
9.1 Microbiológicos	57
9.2 Físicoquímicos	58
9.2.1 % Humedad	58
9.2.2 a_w	59
9.2.3 pH	60
9.2.4 Índice de peróxidos	62
9.2.5 Color	63
9.3 Sensoriales	64
9.3.1 Nivel de agrado	64
9.3.2 Justo como lo esperaba	66
9.4 Análisis de supervivencia	68
9.4.1 Determinación de vida de anaquel para el suplemento almacenado en condiciones controladas de humedad – temperatura	68
9.4.2 Determinación de vida de anaquel para el suplemento almacenado a temperatura ambiente	69
9.5 Vida de anaquel	69
10. CONCLUSIONES	72
11. PERSPECTIVAS	72
12. BIBLIOGRAFIA	74
13. ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales cambios durante el deterioro de los alimentos	25
Tabla 2. Factores que influyen en el crecimiento microbiano y deterioro de los alimentos	28
Tabla 3. Clasificación de microorganismos de alteración o deterioro	29
Tabla 4. Características de distintas pruebas afectivas utilizadas en evaluación sensorial	40
Tabla 5. Diversas escalas hedónicas	41
Tabla 6. Escalas Just about right	42
Tabla 7. Valores de verosimilitud de los modelos probabilísticos	48
Tabla 8. Especificaciones microbiológicas establecidas en la Norma Oficial Mexicana	57
Tabla 9. Resultados de la prueba de preferencia del suplemento almacenado en condiciones controladas de humedad – temperatura	68
Tabla 10. Resultados de la prueba de preferencia del suplemento almacenado a temperatura ambiente	69

Tabla 11. Vida de anaquel al 10, 25 y 50% de rechazo, para el suplemento alimenticio almacenado a temperatura ambiente	70
Tabla 12. Valores reportados en la literatura para productos similares al suplemento alimenticio	70
Tabla 13. Crecimiento de Mesófilos aerobios en el suplemento alimenticio, incubados a 37°C - 24 hrs. Para condiciones controladas de humedad - temperatura. (UFC/gramo)	83
Tabla 14. Crecimiento de Mesófilos aerobios en el suplemento alimenticio, incubados a 37°C - 24 hrs. Para condiciones ambientales. (UFC/gramo)	83
Tabla 15. Crecimiento de coliformes totales en el suplemento alimenticio, incubados a 37°C - 48 hrs. Para condiciones controladas de humedad - temperatura. (UFC/gramo)	83
Tabla 16. Crecimiento de coliformes totales en el suplemento alimenticio, incubados a 37°C - 48 hrs. Para condiciones ambientales. (UFC/gramo)	84
Tabla 17. Crecimiento de hongos y levaduras en suplemento alimenticio, incubados 2 a 3 días 20° ± 25°C. Para condiciones controladas humedad - temperatura. (UFC/gramo)	84
Tabla 18. Crecimiento de mohos y levaduras en el suplemento alimenticio, incubados 2 a 3 días a 20° ± 25°C. Para condiciones ambientales. (UFC/gramo)	84
Tabla 19. Resumen de medias obtenidas durante los 130 días de almacenamiento a condiciones ambientales. Para las propiedades fisicoquímicas	90
Tabla 20. Resumen de medias obtenidas durante los 80 días de almacenamiento a condiciones controladas de humedad- temperatura. Para las propiedades fisicoquímicas	90
Tabla 21. Resumen de medias obtenidas durante los 130 días de almacenamiento a condiciones ambientales. Para evaluación sensorial	94
Tabla 22. Resumen de medias obtenidas durante los 80 días de almacenamiento a condiciones controladas de humedad - temperatura. Para evaluación sensorial	94

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los métodos de ensayo en la evaluación sensorial	36
Figura 2. Diagrama de trabajo experimental	51
Figura 3. Metodología general de análisis microbiológico.	52
Figura 4. Resultado de coliformes totales para las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} del suplemento almacenado en condiciones controladas de humedad – temperatura	95
Figura 5. Resultado de coliformes totales para las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} del suplemento almacenado en condiciones ambientales	95
Figura 6. Resultado de hongos y levaduras para las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} del suplemento almacenado en condiciones controladas de humedad – temperatura	95
Figura 7. Resultado de hongos y levaduras para las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} del suplemento almacenado en condiciones ambientales	95
Figura 8. Resultado de mesófilos aerobios para las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} del suplemento almacenado en condiciones controladas de humedad – temperatura	95
Figura 9. Resultado de mesófilos aerobios para las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} del suplemento almacenado en condiciones ambientales	95
Figura 10. Determinación de % de peróxidos para el suplemento almacenado a en condiciones controladas de humedad - temperatura	96
Figura 11. Determinación de % de peróxidos para el suplemento almacenado a Temperatura ambiente	96
Figura 12. Evaluación sensorial del suplemento	96

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Humedad en el suplemento alimenticio almacenado a temperatura ambiente y condiciones controladas de humedad – temperatura	59
Grafica 2. Actividad del agua en el suplemento alimenticio almacenado a temperatura ambiente y condiciones controladas de humedad – temperatura	60
Grafica 3. pH en el suplemento alimenticio almacenado a temperatura ambiente y condiciones controladas de humedad – temperatura	61
Grafica 4. % de peróxidos en el suplemento alimenticio almacenado a temperatura ambiente y condiciones controladas de humedad – temperatura	62
Grafica 5. Parámetros de color en el suplemento alimenticio almacenado a temperatura ambiente y condiciones controladas de humedad – temperatura	64
Grafica 6. Nivel agrado en suplemento alimenticio almacenado a temperatura ambiente	65
Grafica 7. Nivel de agrado en el suplemento alimenticio almacenado en condiciones controladas de humedad – temperatura	66
Grafica 8 %JAR (DULZOR) del suplemento alimenticio almacenado a condiciones ambientales	67
Grafica 9. % JAR (DULZOR) del suplemento alimenticio almacenado en condiciones controladas de humedad – temperatura	67

ÍNDICE DE ANEXOS:

ANEXO 1. Resultados microbiológicos obtenidos para el suplemento alimenticio en ambas condiciones de almacenamiento

73

ANEXO 2. ANOVAS de resultados fisicoquímicos obtenidos para el suplemento alimenticio en ambas condiciones de almacenamiento

75

ANEXO 3. Resumen de las medias obtenidas durante los 130 días de almacenamiento a condiciones ambientales los 80 días de almacenamiento a condiciones controladas de humedad- temperatura Para las propiedades fisicoquímicas.

79

ANEXO 4. Cuestionario aplicado a consumidores para evaluación sensorial del suplemento alimenticio en ambas condiciones de almacenamiento

80

ANEXO 5. ANOVAS de resultados sensoriales obtenidos para el suplemento alimenticio en ambas condiciones de almacenamiento

80

ANEXO 6. Resumen de las medias obtenidas durante los 130 días de almacenamiento a condiciones ambientales los 80 días de almacenamiento a condiciones controladas de humedad- temperatura Para evaluación sensorial

83

ANEXO 7. Imágenes de resultados microbiológicos, fisicoquímicos y pruebas sensoriales obtenidos para el suplemento alimenticio en ambas condiciones de almacenamiento

84

1. RESUMEN

La Organización Mundial de la Salud (2016) define malnutrición como las carencias, los excesos o los desequilibrios de la ingesta de energía y/o nutrientes de una persona. Este término abarca dos grupos amplios de afecciones, la “desnutrición” que incluye padecimientos como el retraso del crecimiento; estatura inferior a la que corresponde a la edad y la emaciación; y el “sobrepeso, la obesidad y las enfermedades no transmisibles relacionadas con el régimen alimentario.

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018 evidenció los problemas más importantes relacionados con la nutrición, como la persistencia de la desnutrición crónica en menores de 5 años (14.9%) con mayor prevalencia para localidades indígenas, hogares con mayores carencias socioeconómicas e inseguridad alimentaria, lo que se manifiesta en una baja talla y posibles daños irreversibles en el desarrollo cerebral, asimismo alrededor del 45% de las muertes de niños menores de 5 años se relacionan con la desnutrición. En contraparte, las localidades urbanas muestran altas prevalencias de sobrepeso y obesidad en todos los grupos de población: niños en edad escolar (37.9%), adolescentes (39.7%) y adultos (76.8%). México ha sido uno de los países con más alta prevalencia de obesidad en las últimas dos décadas y algunas de sus comorbilidades actualmente ocupan los primeros lugares de mortalidad, discapacidad y muerte prematura (Cuevas et al., 2019).

En búsqueda de combatir la inseguridad alimentaria y la malnutrición, el desarrollo de suplementos alimenticios que atiendan la salud precaria de la población es una de las acciones clave para coadyuvar a la ruptura del ciclo intergeneracional de la pobreza (Diario Oficial de la Federación, 2014). Un suplemento alimenticio se define como un alimento utilizado en combinación con otro para mejorar el balance nutricional. El resultado de esa combinación puede utilizarse como complemento de otro alimento o mezclarse con otros alimentos para conformar un alimento completo (AAFCO, 2000).

A causa de la manipulación y almacenaje de los alimentos, así como su ciclo a lo largo de la cadena de distribución se da una descomposición sistemática de los mismos en sus propiedades, ya sean nutrimentales, fisicoquímicas, de inocuidad o sensoriales. La vida en anaquel o vida útil se define como el periodo durante el cual un alimento conserva sus cualidades fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas a una establecida temperatura de almacenamiento (Codex Alimentarius, 1985). El análisis de supervivencia puede ser utilizado para estimar la vida-sensorial-útil evaluando el rechazo por parte de los consumidores.

En este proyecto se determinó la fecha de consumo preferente de un suplemento alimenticio en polvo desarrollado en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT), elaborado con una mezcla de oleaginosas, leguminosas y cereales, empacado en bolsas de polietileno-nylon, mediante el seguimiento de 3 características de estabilidad fundamentales: la microbiológica, fisicoquímica y sensorial. La vida útil sensorial del suplemento en 2 condiciones de almacenamiento: una cámara de humedad y temperatura-controladas (58% HR/37 °C) y en condiciones ambientales (25% HR/27°C) se determinó por modelos probabilísticos. Se hizo el seguimiento en un periodo de 130 días, de parámetros fisicoquímicos como %humedad, a_w , pH, peróxidos y color, microbiológicos, donde se evalúa la posible presencia de microorganismos indicadores como coliformes totales, mesófilos aerobios, hongos y levaduras, así como sensoriales, determinando el nivel de agrado, Justo Como lo Esperaba (JAR) y una prueba de preferencia.

El suplemento alimenticio mantuvo su inocuidad durante el periodo de estudio, ya que no se detectaron microorganismos indicadores de contaminación en ambas condiciones de almacenamiento. Sin embargo, las propiedades fisicoquímicas del suplemento, como el contenido de humedad, la actividad de agua (a_w), el pH y el porcentaje de peróxidos, experimentaron cambios significativos con el paso del tiempo, lo que indica una disminución en la estabilidad del producto en ambas condiciones. Aunque en condiciones controladas se observó un aumento en las propiedades de deterioro (como el % de humedad que conlleva a un aumento en la

rancidez), el nivel de rechazo del 64% no es suficiente para determinar la vida útil del suplemento, y se necesita un análisis continuo hasta alcanzar un rechazo superior al 50%. En condiciones ambientales, se sugiere una fecha de consumo preferente de 398 días, que se considera adecuada según la naturaleza del producto.

2. INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018) refiere que “los nuevos desafíos, como el cambio climático, la sostenibilidad ambiental y los rápidos cambios tecnológicos, están transformando los sistemas alimentarios y plantean interrogantes sobre cómo alimentar a la creciente población mundial de forma sostenible” y, “al mismo tiempo, el crecimiento económico desigual, las transformaciones sociales y económicas y otros factores moldean los sistemas alimentarios y las dietas. Como resultado, está aumentando la prevalencia del sobrepeso, la obesidad y las enfermedades no transmisibles relacionadas, mientras persisten la desnutrición y las deficiencias de micronutrientes”.

La Organización Mundial de la Salud (2016) define malnutrición como las carencias, los excesos o los desequilibrios de la ingesta de energía y/o nutrientes de una persona. Este término abarca dos grupos amplios de afecciones. Uno es la “desnutrición” que comprende el retraso del crecimiento; estatura inferior a la que corresponde a la edad, la emaciación; peso inferior al que corresponde a la estatura, la insuficiencia ponderal; peso inferior al que corresponde a la edad y las carencias o insuficiencias de micronutrientes; falta de vitaminas y minerales importantes. El otro es el del “sobrepeso, la obesidad y las enfermedades no transmisibles relacionadas con el régimen alimentario” (cardiopatías, accidentes cerebrovasculares, diabetes y cáncer).

“La malnutrición” es un problema que afecta a los niños, niñas y adolescentes en México de distintas maneras. Por un lado, la desnutrición durante la infancia tiene impactos negativos en el resto de la vida, como talla baja y desarrollo insuficiente del sistema inmunológico. Por otro lado, el sobrepeso y la obesidad favorecen aparición de enfermedades crónico-degenerativas como la diabetes, enfermedades cardiovasculares, renales, etc. con repercusiones graves que afectan la calidad y la esperanza de vida (Zarco *et al.*, 2006).

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018 evidenció los problemas más importantes relacionados con la nutrición, como la persistencia de la desnutrición crónica en menores de 5 años (14.9%) con mayor prevalencia para localidades indígenas, hogares con mayores carencias socioeconómicas e inseguridad alimentaria, lo que se manifiesta en una baja talla y posibles daños irreversibles en el desarrollo cerebral, asimismo alrededor del 45% de las muertes de niños menores de 5 años se relacionan con la desnutrición. En contraparte, las localidades urbanas muestran altas prevalencias de sobrepeso y obesidad en todos los grupos de población: niños en edad escolar (37.9%), adolescentes (39.7%) y adultos (76.8%). México ha sido uno de los países con más alta prevalencia de obesidad en las últimas dos décadas y algunas de sus comorbilidades actualmente ocupan los primeros lugares de mortalidad, discapacidad y muerte prematura (Cuevas *et al.*, 2019).

En la búsqueda de combatir la inseguridad alimentaria y la malnutrición el desarrollo de suplementos alimenticios que atiendan la salud precaria de la población es una de las acciones clave para coadyuvar a la ruptura del ciclo intergeneracional de la pobreza (Diario Oficial de la Federación, 2014). Estos, además de mejorar el estado nutricional de las personas, permiten mantener, apoyar y optimizar las funciones fisiológicas del organismo (Knapik *et al.*, 2016).

Un suplemento alimenticio se define como un alimento utilizado en combinación con otro para mejorar el balance nutricional. El resultado de esa combinación puede utilizarse como complemento de otro alimento o mezclarse con otros para conformar un alimento completo (AAFCO, 2000), es decir son productos que se consumen como una adición a la dieta habitual y que en los últimos años han visto un aumento en su producción y consumo, debido al estilo de vida cambiante de la población diferentes partes del mundo han puesto su atención en ingredientes locales y de bajo costo para el desarrollo de suplementos alimenticios, un ejemplo de estos son los cereales y las leguminosas. La combinación de ambas fuentes vegetales ofrece

proteínas de alta calidad debido a la complementación de aminoácidos esenciales (Cerezal *et al.*, 2011).

A causa de la manipulación y almacenaje de los alimentos, así como su ciclo a lo largo de la cadena de distribución, es posible que se produzca una descomposición sistemática en sus propiedades nutrimentales, fisicoquímicas, de inocuidad o sensoriales, esta degradación puede ocurrir de manera variable en términos de velocidad, dependiendo de la naturaleza del alimento, abarcando desde un proceso rápido que se desarrolla en días hasta un proceso más gradual que puede extenderse a lo largo de meses o incluso años.

La Norma Oficial Mexicana NOM – 051-SCFI/SSA1-2010 indica que todos los productos no alcohólicos, salvo algunas excepciones deben indicar la fecha de caducidad o la fecha de consumo preferente, para esto la vida de anaquel se refiere al periodo de tiempo durante el cual el producto es comercializable y mantiene las cualidades específicas que se le atribuyen tácita o explícitamente, hasta perderlas para volverse inaceptable. Por ello se debe garantizar el mantenimiento de sus características y la estabilidad ante el consumidor y los organismos reguladores.

Las características con mayor sensibilidad a los cambios en estos productos son: rancidez, acidez y color. De ahí la necesidad de conocer hasta que grado las alteraciones limitan el consumo del producto (Cerezal *et al.*, 2011).

3. JUSTIFICACIÓN

El grupo de Ingeniería de Proceso del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología elabora entre otros productos suplementos alimenticios a base de cereales y leguminosas, con el propósito de apoyar a personas con algún tipo de enfermedad no transmisible como la malnutrición o la obesidad.

Sin embargo, todo producto alimenticio se degrada por la descomposición del alimento durante el tiempo de almacenamiento a nivel microbiológico, fisicoquímico y/o sensorial. Por ello es indispensable determinar la vida útil antes de comercializarlo y ofrecer al consumidor un producto inocuo y con propiedades sensoriales aceptables desde la compra hasta su consumo.

Se propone evaluar través de pruebas microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales la vida útil del suplemento alimenticio en el almacenamiento en dos condiciones distintas de humedad relativa y temperatura (24.5°C y 31%HR y 37°C y 52%HR) a y asegurando al mismo tiempo el cumplimiento de la normatividad mexicana vigente.

4. HIPÓTESIS

El deterioro de las propiedades microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales del suplemento aumenta durante el almacenamiento, y la aceptación del producto disminuye hasta llegar a ser inaceptable.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Determinar la fecha de consumo preferente de un suplemento alimenticio elaborado con una mezcla de oleaginosas, leguminosas y cereales por medio del seguimiento de 3 características fundamentales de estabilidad microbiológica, fisicoquímica y sensorial, en dos condiciones de almacenamiento:

1. Cámara de humedad y temperatura-controladas (58% HR/37 °C)
2. Condiciones ambientales (25% HR/27°C).

5.2 Objetivos particulares

- Evaluar la calidad microbiológica e inocuidad del suplemento alimenticio por medio de pruebas que determinan la presencia de microorganismos indicadores más importantes en alimentos: mesófilos aerobios, coliformes totales, mohos y levaduras).
- Evaluar la estabilidad del suplemento alimenticio analizando las propiedades fisicoquímicas de: %humedad, a_w , pH, índice de peróxidos y color.
- Determinar el perfil de deterioro del suplemento mediante pruebas sensoriales de justo como lo esperaba y preferencia durante el almacenamiento.
- Determinar el rechazo o aceptación sensorial del suplemento y con modelos probabilísticos determinar la vida útil sensorial.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 La malnutrición en México y el mundo

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018), la malnutrición, en todas sus formas, tiene un impacto global y afecta a todas las regiones del mundo. En 2016, se estima que 155 millones de niños menores de 5 años sufrían de desnutrición crónica, mientras que 41 millones presentaban sobrepeso.

En México se estima que 1 de cada 8 niños menores de 5 años padece desnutrición crónica. La desnutrición es más prevalente en los estados del sur de México que en las áreas urbanas, y su impacto es mayor en las comunidades rurales, especialmente en los hogares indígenas (UNICEF, 2021).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define a la malnutrición como “una condición fisiológica anormal causada por un consumo insuficiente, desequilibrado o excesivo de macro y micronutrientes necesarios para el crecimiento y el desarrollo tanto físico como y cognitivo de las personas.” Entonces, la malnutrición tiene distintas manifestaciones, desde la desnutrición causada por una falta de nutrientes para cubrir las necesidades energéticas; hasta el sobrepeso y la obesidad, derivadas del exceso en la ingesta de alguno de los macronutrientes (Chicho, 2017).

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018 evidenció los problemas más importantes relacionados con la nutrición, como la persistencia de la desnutrición crónica en menores de 5 años (14.9%) con mayor prevalencia para localidades indígenas, hogares con mayores carencias socioeconómicas e inseguridad alimentaria, lo que se manifiesta en una baja talla y posibles daños irreversibles en el desarrollo cerebral, asimismo alrededor del 45% de las muertes de niños menores de 5 años se relacionan con la desnutrición. En contraparte, las localidades urbanas muestran altas prevalencias de sobrepeso y obesidad en todos los grupos de población: niños en edad escolar (37.9%), adolescentes (39.7%) y adultos (76.8%). México ha sido uno de los países con más alta prevalencia de obesidad en las últimas dos décadas y algunas de sus comorbilidades actualmente ocupan los

primeros lugares de mortalidad, discapacidad y muerte prematura (Cuevas *et al.*, 2019).

La malnutrición no afecta exclusivamente a las personas de bajos ingresos, y la hipernutrición no es un privilegio de los más acomodados. Atraviesa diferentes niveles económicos y puede dar lugar a problemas de salud debido a la ingesta insuficiente de alimentos (subnutrición), el exceso de consumo (hipernutrición) o una dieta desequilibrada que carece de nutrientes esenciales para mantener una vida saludable (FAO, 2000).

En la búsqueda de combatir la inseguridad alimentaria y la malnutrición el desarrollo de suplementos alimenticios que atiendan la salud precaria de la población es una de las acciones clave para coadyuvar a la ruptura del ciclo intergeneracional de la pobreza (Diario Oficial de la Federación, 2014). En este sentido, desarrollar suplementos alimenticios accesibles (de bajo costo) y nutritivos ha ido en aumento en diferentes partes del mundo, con el fin de erradicar los problemas más importantes de salud pública.

6.2 Suplementos alimenticios

Los suplementos alimenticios son productos comercialmente disponibles que se consumen como una adición a la dieta habitual y que pueden incluir vitaminas, minerales, aminoácidos, proteínas, fibra o cualquier sustancia que complemente la dieta incrementando la ingesta diaria. Pueden tener diferentes presentaciones como: tabletas, cápsulas, polvos, bebidas o barras. Su principal función es mantener, apoyar y optimizar las funciones fisiológicas del organismo (Knapik *et al.*, 2016). Los suplementos alimenticios también se pueden usar en combinación con otro suplemento para mejorar el balance nutricional, el resultado de esa combinación al mezclarse con otros alimentos puede conformar un alimento completo (FAO, 2000).

Es importante enfatizar que los suplementos alimenticios únicamente tienen la función de añadir ciertos nutrientes que podrían encontrarse en proporciones

mínimas en diversas dietas de la población y su objetivo no es reemplazar ningún alimento específico, sino complementar la nutrición diaria (FAO,2010).

Dentro del mercado de los suplementos alimenticios en México, se encuentra una gama amplia de productos, entre los que destacan los adicionados con vitaminas y minerales, los que cubren toda o parte de las necesidades nutricionales y energéticas de personas con alguna comorbilidad, las bebidas para deportistas, para el control de peso o productos que tienen como base plantas y extractos vegetales.

Con la llegada de la pandemia por covid-19 la adquisición de suplementos alimenticios ha incrementado, a inicios del 2021 el valor de mercado de esta categoría se estimó en 841.4 MDD. Entre enero y noviembre de 2021 en México se vendieron 10,026 millones de pesos en suplementos alimenticios, un incremento del 67.9% anual, según datos del INEGI. En el mismo periodo, la demanda por los suplementos subió un 12.8%, la cantidad más alta desde que se tiene registro (Forbes México, 2022).

De acuerdo con la investigación “How the COVID-19 Changed Consumer Behaviour”, el 30% de los consumidores a nivel global ha mostrado interés en productos que promuevan su bienestar, y el 65% de ellos tiene la intención de continuar haciéndolo. Estos productos son principalmente aquellos relacionados con el fortalecimiento del sistema inmunológico, seguidos de cerca por las vitaminas y minerales, y, en tercer lugar, los que contienen Omega 3 (Kohli et al. en 2020).

6.3 Vida de anaquel de los alimentos

La vida media, vida útil o vida de anaquel de un alimento se refiere al período durante el cual es apropiado consumir un producto alimenticio bajo ciertas condiciones, manteniendo sus características químicas, físicas, microbiológicas, funcionales y sensoriales. Este término indica cuánto tiempo lleva a que la calidad del alimento alcance niveles considerados no aptos para su consumo. La duración depende de factores como la naturaleza del producto, su composición química, el

proceso de fabricación, el envasado y las técnicas de conservación utilizadas para su almacenamiento (Bello, 2000; Man, 2000).

Los alimentos son sistemas diversos, complejos y activos en los que hay cambios microbiológicos y fisicoquímicos de manera continua; afectando su sabor, textura y vida útil.

El proceso de envejecimiento de un producto se manifiesta típicamente a través de cambios fisicoquímicos, como alteraciones en el color, el olor, el sabor, entre otros. Estos cambios pueden ser el resultado de interacciones químicas entre distintos componentes, provocadas por diversos agentes como la luz, las enzimas, los materiales con los que entra en contacto y las variaciones de temperatura, entre otros. (Bello, 2000).

Todos estos fenómenos acarrearán una reducción en la calidad del producto, que tiene su reflejo en las propiedades intrínsecas del alimento: cualidades sensoriales, valor nutritivo e incluso inocuidad. En consecuencia, cuando los alimentos experimentan estos cambios, se consideran no aptos para su consumo y se dice que han llegado al final de su vida útil (Bello, 2000; Man, 2000).

La Norma Oficial mexicana NOM – 051-SCFI/SSA1-2010 indica que todos los productos no alcohólicos, salvo algunas excepciones deben indicar la fecha de caducidad o la fecha de consumo preferente ya sea el caso, para esto la vida de anaquel se refiere al periodo de tiempo durante el cual el producto es comercializable y mantiene las cualidades específicas que se le atribuyen tácita o explícitamente, hasta perderlas para volverse inaceptable.

Las Directrices IFST (1993) definen la vida útil o de anaquel como el tiempo durante el cual el producto alimenticio (a) permanecerá seguro; (b) conservará las características sensoriales, químicas, físicas y microbiológicas deseadas; y (c) cumplirá con cualquier declaración de etiqueta de datos nutricionales, cuando se almacena en las condiciones recomendadas. La norma ASTM E2454 (2005) define la vida útil sensorial (SSL) como: “el período de tiempo durante el cual las

características sensoriales y el rendimiento del producto son los previstos por el fabricante. El producto es consumible o utilizable durante este período, lo que proporciona al usuario final las características sensoriales, el rendimiento y los beneficios deseados (Hough, 2010).

La norma ASTM E2454 (2005) sobre la vida útil proporciona tres criterios posibles para definir el punto final de la vida útil. (Hough, 2010)

1. Cambio en el perfil sensorial general.
2. Atributo (s) de un producto (incluidas las notas extrañas) que se sabe o se sospecha que es clave para la percepción de los consumidores de que el producto ha cambiado.
3. Los consumidores consideran que el producto ya no es aceptable.

6.4 Importancia del estudio de vida de anaquel

La determinación de la vida útil de un producto se basa en razones fundamentales que abarcan aspectos técnicos, legales y comerciales. Se considera que la vida de anaquel está estrechamente ligada a la calidad del alimento (Ashurst, 2010).

Consideraciones Técnicas:

- Definir el tiempo en el que una combinación particular de producto y embalaje mantiene sus cualidades y sabor deseados.
- Facilitar la comprensión de cómo evolucionan los productos con el tiempo en diversas condiciones de almacenamiento.
- Asegurar la uniformidad en la producción y confirmar que los sistemas de calidad son idóneos.

Consideraciones Comerciales/legales:

- Cumplir con cualquier normativa que requiera una indicación de la vida útil del producto.
- Garantizar el pleno cumplimiento de las reclamaciones nutricionales establecidas.

El objetivo principal de un estudio de vida de anaquel es determinar el tiempo en el que un producto puede mantenerse sin sufrir un cambio apreciable en su calidad o inocuidad, y que depende de 4 factores fundamentales (Reyes, 2010):

- Formulación (materia prima).
- Procesamiento (Buenas prácticas de manufactura).
- Empaque.
- Condiciones de almacenamiento (humedad, temperatura, luz, gases etc.).

6.5 Factores que afectan la vida útil de los alimentos

Dependiendo del producto, de los ingredientes y del proceso al que son sometidos, los alimentos cambian con respecto a sus condiciones originales. Los cambios se dan en términos de oxidación, rancidez, disminución de propiedades sensoriales, pérdida de vitaminas, etc. (Hough, 2010).

En consecuencia, cuando los alimentos experimentan estos cambios, se consideran no aptos para su consumo y se dice que han llegado al final de su vida útil (Bello, 2000; Man, 2000).

Las causas del deterioro de los alimentos pueden ser de naturaleza química, física o microbiológica. En conjunto, estos factores representan una amenaza para la calidad y seguridad de los alimentos, estos cambios y su influencia pueden resumirse en la siguiente tabla:

TABLA 1. Principales cambios durante el deterioro de los alimentos (Giraldo, 1999)

Atributo	Cambio
Textura	Reducción de la solubilidad, disminución de la capacidad de retención del agua, endurecimiento, ablandamiento
Sabor	Desarrollo de: rancidez (hidrolítica u oxidativa), sabor acaramelado, otros resabios extraños.
Color	Oscurecimiento, blanqueamiento, desarrollo de colores inusuales.
Valor nutritivo	Pérdida o degradación de: vitaminas, minerales, lípidos, proteínas,

Los factores que afectan de manera directa la estabilidad de los alimentos son:

- El tiempo de almacenaje
- Condiciones del ambiente.
- Vapor de agua: Puede manifestarse como una pérdida o aumento en la sensación crujiente del producto o a través de la presencia evidente de contaminación microbiológica.
- Oxígeno: Puede manifestarse mediante la aparición de notas de sabor rancias o desagradables en el producto.
- Luz: Produce cambios de color, oxidación y pérdida de vitaminas.
- Temperatura: modifica la textura, acelera el deterioro del alimento.
- Almacenamiento: las condiciones de transporte y almacenaje del producto, incluyendo factores atmosféricos y de transporte pueden afectar su calidad y durabilidad.
- Envasado: comprende aspectos como el tamaño en relación con la capacidad cúbica o volumen, la resistencia mecánica, la permeabilidad a gases y humedad, así como la compatibilidad con el alimento, teniendo en cuenta el riesgo potencial de toxicidad (Giraldo, 1999)

6.6 Métodos para determinar la vida de anaquel de los alimentos

Existen varias metodologías de estudio (Man, 2000):

- Estudio bibliográfico: es la estimación de la vida de anaquel basándose en la vida de anaquel ya reportada de un producto similar.
- Tiempo de recambio: tiempo promedio que un producto permanece en los anaqueles. Se estima haciendo un registro de las ventas del producto en los establecimientos.
- Estudio de punto final: implica tomar muestras aleatorias del producto almacenado en condiciones óptimas y realizar pruebas en diferentes días para estimar su calidad y determinar el momento en el que el producto ya no es aceptable o apto para el consumo.
- Pruebas de envejecimiento acelerado ASLT: Estas pruebas se realizan en laboratorios especializados donde se controlan las condiciones ambientales con

el objetivo de acelerar el deterioro del producto y reproducirlo de manera más rápida y controlada.

La estimación de la vida de anaquel de los alimentos también puede hacerse por métodos probabilísticos o por modelos matemáticos. Cuando se utilizan técnicas probabilísticas, los tiempos de vida de las unidades experimentales se distribuyen de acuerdo con una ley de probabilidad (Cantillo *et al.*, 1994).

Cuando se utilizan modelos matemáticos, se determina experimentalmente la cinética de la reacción al correlacionar magnitudes fisicoquímicas con el tiempo, y esto permite estimar la vida media del producto (Rahaman, 1995).

Los estudios generales de la vida de anaquel en alimentos incluyen en el análisis, como ya se mencionó tres áreas principales, la microbiológica, la fisicoquímica y la sensorial. Primero, ya sea que la naturaleza del producto permita o no su desarrollo, se debe garantizar la seguridad del consumidor durante todo el tiempo que indique la etiqueta; mediante la evaluación de la calidad microbiológica. Los alimentos son esencialmente matrices complejas que pueden dar lugar a una infinidad de reacciones que modifiquen sus propiedades, provocando que se pierdan su valor nutricional o bien se generen compuestos no deseados; de ahí la necesidad de plantear diferentes estrategias que permitan el diagnóstico completo del alimento, para así determinar los factores primordiales a considerar.

Finalmente, pero no menos importante, se debe considerar la evaluación sensorial como parte crítica para determinar la vida de anaquel (Reyes, 2010).

6.6.1 Análisis microbiológico

Parte de los análisis realizados para determinar la vida de anaquel son la evaluación de la calidad microbiológica. En este caso la calidad microbiana refleja las condiciones higiénico-sanitarias de proceso y almacenamiento, también permite conocer las fuentes de contaminación del alimento, así como detectar la posible presencia de microorganismos patógenos que supongan un riesgo para la salud del consumidor (Calderón, *et al.*, 2000).

Las industrias elaboradoras de alimentos necesitan controlar la calidad microbiológica de las materias primas destinadas a la preparación de determinados productos, así como del producto final, y comprobar la eficacia de los sistemas de fabricación de estos para conseguir un alimento de buena calidad microbiológica. Los microorganismos indicadores se utilizan para regular y controlar la calidad microbiológica de los alimentos (Hough *et al.*, 2002). Es por esto por lo que puede decirse que la calidad microbiológica de un alimento está determinada por la cantidad de microorganismos presentes en dicho alimento (Malakar *et al.*, 1999)

El crecimiento de microorganismos que causan el deterioro de los alimentos o actúan como indicadores depende de las condiciones circundantes. Algunos microorganismos requieren una fuente de nitrógeno orgánico, como aminoácidos, para su desarrollo, mientras que otros prosperan solo en presencia de cantidades adecuadas de glucosa. Otros factores que influyen en el crecimiento microbiano incluyen la actividad del agua, el pH, la humedad, el rango de temperatura y el nivel de oxígeno en el medio (Cenzano, 1994).

En la siguiente tabla se resumen los factores que influyen en éste (Paine, 1994).

TABLA 2. Factores que influyen en el crecimiento microbiano y deterioro de los alimentos.

<i>Factores físicos</i>	<i>Factores químicos</i>	<i>Factores microbiológicos</i>
<i>Temperatura.</i>	Sustratos disponibles.	Sustratos utilizados.
<i>Actividad del agua.</i>	Valor de pH.	Productos finales formados.
<i>Potencial de oxidorreducción.</i>	Concentración de solutos principales.	Número y tipo de microorganismos presentes.
	Presencia de oxígeno.	Velocidad máxima de crecimiento.

Los microorganismos indicadores o causantes de deterioro pueden clasificarse de la siguiente manera. (Tamime *et al.*, 1992).

TABLA 3. Clasificación de microorganismos de alteración o deterioro.

<i>En función de</i>	
<i>Temperatura</i>	Matriz alimentaria
<i>Psicrófilos</i>	Osmófilos
<i>Psicrotróficos</i>	Halófilos
<i>Mesófilos</i>	Proteolíticos
<i>Termófilos</i>	Lipolíticos
<i>Termoludicos</i>	Amilolíticos

Los principales microorganismos indicadores de alteración o desarrollo son: mesófilos, coliformes, mohos y levaduras. Los de tipo mesófilos indican el grado de contaminación de una muestra y las condiciones que favorecieron o redujeron la carga microbiana; los coliformes, indican la eficiencia de los procesos de sanitización y de buenas prácticas de manejo; mientras que los mohos y levaduras, evidencian el grado de contaminación de los alimentos (Labuza y Schmidl, 1985).

6.6.2 Análisis fisicoquímico

Los alimentos son matrices complejas que se encuentran en estado de equilibrio. Dicho estado se encuentra delimitado por la naturaleza del alimento, su composición y los factores ambientales que lo rodean. Es normal que conforme transcurre el tiempo la estabilidad se pierda y dependerá de la vía de deterioro, la presentación tangible de la descomposición (Belitz, 2009). El envejecimiento de un producto generalmente se evidencia a través de cambios fisicoquímicos, como alteraciones en el color, el sabor, entre otros. Estos cambios pueden ser resultado de reacciones entre varios componentes químicos y son provocados por diversos agentes, como la exposición a la luz, la acción de enzimas, la interacción con materiales de contacto y variaciones de temperatura, entre otros (Bello, 2000).

Existen diversas pruebas para analizar los cambios fisicoquímicos presentes en un alimento, aunque se trata de una matriz compleja, este tendrá características específicas que lo lleven al deterioro (debido a su naturaleza). Es por esto por lo que antes de seleccionar las pruebas a realizar se debe tomar en cuenta el producto

en cuestión y hacer una revisión bibliográfica de las posibles vías de su deterioro de forma que la metodología a seguir sea la adecuada y la suficiente para abordar el problema (Hough, 2005).

Algunos de los parámetros fisicoquímicos más importantes para la determinación de vida de anaquel son: Humedad, actividad de agua, pH, color, índice de peróxidos, cenizas, proteína, fibra, rancidez, etc.

6.6.2.1 Humedad

El agua es el principal componente de los alimentos, ayuda a mantener sus propiedades coligativas, reológicas y de textura. El agua se puede encontrar como "libre" o "ligada"; la primera se refiere a aquella que se encuentra disponible para el crecimiento de los microorganismos y para intervenir en las otras reacciones y transformaciones, la segunda está unida a la superficie sólida y no actúa por estar "no disponible o inmóvil". Es decir, sólo una fracción del agua, denominada actividad de agua (a_w), es capaz de propiciar estos cambios y es aquella que tiene movilidad o disponibilidad (Badui, 2013).

Todos los alimentos, sin importar el proceso al que fueron sometidos contienen agua en mayor o menor proporción. En general, el contenido de humedad de un alimento es el agua total que contiene, sin considerar que en la mayoría de los alimentos existen regiones microscópicas que debido a su composición química no permiten la presencia de agua, lo que provoca una distribución heterogénea en el producto (Fenemma, 2010)

6.6.2.2 Actividad del agua (a_w)

La actividad de agua es el parámetro más importante del agua en términos de inocuidad alimentaria, es un factor clave para el crecimiento microbiano, su resistencia al calor y la producción de toxinas, jugando un papel importante en la estabilidad química y en la calidad de los alimentos (Ramírez, 2014). Puede definirse como la relación entre la presión de vapor de agua de un producto y la presión de vapor del agua pura, a la misma temperatura. Esta medida se utiliza para describir el equilibrio del agua en una matriz alimentaria, comparando la presión de

vapor relativa del agua en el alimento con la presión de vapor relativa del agua en la atmósfera circundante. Para lograr este equilibrio, se produce una transferencia de masa de agua desde el alimento hacia el entorno o viceversa, hasta que los valores de a_w sean iguales en ambas fases, manteniendo una temperatura y presión constantes (Ross, 1995). La actividad del agua influye en la interacción del agua con otros componentes de los alimentos y, de manera indirecta, en la cantidad de agua disponible para llevar a cabo diversas reacciones en las que están involucrados (Fenemma, 2010).

6.6.2.3 *pH*

El pH se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones H^+ . Su medición y control son de gran importancia en la industria de alimentos, y se utiliza en la regulación de microorganismos y enzimas, la clarificación y estabilización de jugos de frutas y verduras, la producción de productos fermentados a base de frutas y cereales, la elaboración de mermeladas, así como para mantener el color y el sabor en productos de frutas, entre otros usos. Los alimentos con un pH menor de 4.5 se consideran "ácidos", mientras que los que tienen valores más altos se clasifican como "no ácidos". Para estos últimos la rigurosidad del procesamiento térmico deberá ser mayor (Fenemma, 2010).

El pH es un factor de gran valor ya que en función de este se verán afectados tanto el sabor, el color y la vida de anaquel de un producto además de la conformación de las proteínas, el camino de síntesis enzimática y los productos finales del metabolismo (Alzamora, 1997).

Los valores de pH también desempeñan un papel importante al proporcionar información sobre la calidad de los alimentos y otros productos agroindustriales, lo que permite inferir su estado (normal, en descomposición, adulterado, etc.). Además, estos valores son fundamentales para tomar decisiones relacionadas con las condiciones de manipulación y procesamiento de dichos productos (Harris, 2003; Yahia, 1992).

6.6.2.4 Índice de Peróxidos

La oxidación de lípidos es una de principales razones del deterioro de los alimentos, lo que genera preocupaciones significativas en la industria alimentaria. Este proceso conduce a la aparición de sabores y olores anómalos, generalmente conocidos como "rancios" (enranciamiento oxidativo), en productos alimenticios que contienen grasas, lo que afecta negativamente su calidad en términos de características organolépticas (Fenemma, 2000).

Se define oxidación como el mecanismo que genera compuestos que a su vez mantienen y aceleran la reacción; entre los productos sintetizados se encuentran algunos de peso molecular bajo que les confiere el olor característico a las grasas oxidadas (Badui, 2013).

La oxidación tiene lugar mediante un mecanismo de reacción de la cadena radical libre que comprende tres fases: (1) iniciación o formación de radicales libres, (2) propagación o de radicación de los radicales libres entre sí y (3) terminación o de constitución de productos no radicales.

La oxidación de lípidos ocurre en forma espontánea en presencia de oxígeno y da como resultado la formación de numerosos productos intermedios y finales. Este mecanismo implica la generación de radicales libres en donde un lípido RH se activa por factores como calor, luz o por catalizadores metálicos, lo que provoca su descomposición en radicales libres inestables $R\cdot$ y $H\cdot$. En presencia de oxígeno, estos radicales libres se combinan para formar el radical peróxido $ROO\cdot$, que, a su vez, reacciona con otro lípido RH para generar un hidroperóxido $ROOH$ y el correspondiente radical libre $R\cdot$, lo que da lugar a la propagación de la reacción en cadena. La reacción finaliza cuando los radicales libres se combinan entre sí, creando compuestos estables que se acumulan en el sistema (Badui, 2013).

La oxidación de lípidos ocurre en forma espontánea en presencia de oxígeno y da como resultado la formación de numerosos productos intermedios y finales. Este mecanismo implica la generación de radicales libres en donde un lípido RH se activa por factores como calor, luz o por catalizadores metálicos, lo que provoca su

descomposición en radicales libres inestables $R\bullet$ y $H\bullet$. En presencia de oxígeno, estos radicales libres se combinan para formar el radical peróxido $ROO\bullet$, que, a su vez, reacciona con otro lípido RH para generar un hidroperóxido $ROOH$ y el correspondiente radical libre $R\bullet$, lo que da lugar a la propagación de la reacción en cadena. La reacción finaliza cuando los radicales libres se combinan entre sí, creando compuestos estables que se acumulan en el sistema (Badui, 2013).

6.6.2.5 Color

El color es la sensación experimentada por un individuo cuando la energía en forma de radiación (380-770 nm) le llega a la retina. La radiación electromagnética interacciona con el ojo humano. La sensación de color es tridimensional.

La percepción visual del color se compone de tres características distintivas: el tono (que se relaciona con el color o matiz), la pureza (que se refiere a la intensidad, saturación o croma) y la claridad (que se vincula con la luminosidad o valor) (Kramer et al., 1962). Por lo tanto, una definición de color podría ser "la parte de la energía radiante que el ser humano percibe a través de las sensaciones visuales generadas por la estimulación de la retina del ojo" (Kramer et al., 1970). El color es una de las características sensoriales más cruciales de los alimentos, ya que suele ser la primera impresión que tenemos de ellos y en gran medida condiciona si se acepta o se rechaza. Está correlacionado en muchos casos con otras características de calidad tal como la textura, grado de madurez y el procesamiento adecuado (Kramer et al., 1962).

La importancia del color hace necesario disponer de métodos objetivos de medición que permitan la obtención de valores comparables y reproducibles.

La colorimetría es la ciencia que se encarga de cuantificar y describir físicamente el color tal como lo percibe el ser humano. Las mediciones de color pueden llevarse a cabo de dos maneras: de forma visual, utilizando el ojo humano, o de manera instrumental, utilizando un dispositivo llamado colorímetro (Wu y Sun, 2013). El sistema visual implica comparar un objeto con colores de referencia bajo una

iluminación controlada. En este método se utilizan colores estándar como puntos de referencia para lograr un análisis de color más objetivo. Sin embargo, este enfoque tiene la desventaja de ser un proceso de inspección lento y que requiere que los observadores reciban un entrenamiento especializado. Por esto se recomienda determinar el color por medio del uso de instrumental para la medición del color. Los colorímetros como el Minolta Chroma meter, el colorímetro Hunter-Lab y el colorímetro Dr. Lange, son algunos de los instrumentos más utilizados estas mediciones (Afshari y Farahnaky, 2011). La medición objetiva del color es una técnica no destructiva y extremadamente rápida que permite al analista obtener una serie de parámetros en cuestión de segundos. Esto la convierte en una herramienta altamente beneficiosa para el control de calidad de los alimentos (Meléndez et al., 2006).

Desde una perspectiva técnica, el color se define en tres atributos: matiz, croma y brillo, términos introducidos en la ciencia del color por Munsell en 1905. Mediante las coordenadas L^* , a^* y b^* se puede definir un color correctamente dentro del sistema CIELab, el cual define un espacio cromático en coordenadas rectangulares. Los tres ejes representan las graduaciones entre colores opuestos; L^* corresponde a la claridad o luminosidad (oscila entre el blanco y el negro), a^* define el componente rojo/verde y b^* el amarillo/azul. Estas coordenadas constituyen un valor numérico que refleja la proporción relativa de cada color, un elemento esencial para replicar un color específico (Zamora, 2003). Al utilizar una transformación trigonométrica ($\tan^{-1} = \frac{b^*}{a^*}$), se puede calcular el ángulo del tono (h°) el cual es conocido como hue angle por sus siglas en inglés, que se encuentra relacionado con el nombre del color, de manera que el rojo tiene una tonalidad de ángulo de 0° , el naranja de 45° , el amarillo de 90° , el verde de 180° , el azul de 270° y, finalmente, el púrpura de 315° . Mientras que croma (C^*) ($\sqrt{a^*^2 + b^*^2}$) es un indicativo de la saturación o brillo ya que entre más grande sea el número asignado más brillo presentará el color medido (Shewfelt, 2009).

6.6.3 Análisis sensorial

Desde una perspectiva técnica, el color se define en tres atributos: matiz, croma y brillo, términos introducidos en la ciencia del color por Munsell en 1905. Mediante las coordenadas L^* , a^* y b^* se puede definir un color correctamente dentro del sistema CIELab, el cual define un espacio cromático en coordenadas rectangulares. Los tres ejes representan las graduaciones entre colores opuestos; L^* corresponde a la claridad o luminosidad (oscila entre el blanco y el negro), a^* define el componente rojo/verde y b^* el amarillo/azul. Estas coordenadas constituyen un valor numérico que refleja la proporción relativa de cada color, un elemento esencial para replicar un color específico (Zamora, 2003). Se trata de una herramienta imprescindible para obtener información sobre algunos aspectos de la calidad de los alimentos (Costell, 2004). De acuerdo con Hough (2010) el 50% de esta disciplina se basa en la estadística, que va desde el diseño de la metodología experimental y el análisis de los datos. Gracias a estas herramientas es posible interpretar resultados provenientes de la percepción individual de cada persona, y transformarlos en información confiable para su uso como sustento para la evaluación de la vida de anaquel de los alimentos. La ventaja de esta metodología radica en que considera la percepción del consumidor hacia el producto y no solamente el grado de deterioro medible que pueda tener el objeto de análisis. Por lo tanto, su propósito es obtener respuestas objetivas a las propiedades de los alimentos tal y como son percibidas (Piggott, 1995).

Las técnicas sensoriales deben cumplir con los requisitos de todos los métodos de medición, de tal manera que sea exacto, preciso y válido. Pero también deben estar disponibles para medir, comprender y optimizar las experiencias sensoriales de las personas, de modo que los productos puedan diseñarse (formulación y reformulación) y comercializarse para satisfacer las necesidades sensoriales de los consumidores, reduciendo así el riesgo de falla del producto. Por tal motivo, una meta para cualquier programa de análisis sensorial debe ser entender la importancia de las características sensoriales y el papel que desempeña la aceptación del consumidor (Piggott, 1995).

6.7 Metodologías de evaluación sensorial

Las metodologías sensoriales pueden catalogarse de manera general en dos grupos: analíticas y hedónicas. El propósito de los métodos analíticos es evaluar las características de los alimentos utilizando jueces entrenados, se realizan bajo condiciones controladas de laboratorio, mientras que las pruebas hedónicas se dirigen fundamentalmente a los consumidores y buscan evaluar su aceptación o preferencia por un determinado producto, para estas pruebas generalmente se requieren un mínimo de 100 consumidores (Severiano *et al*, 2012; Lawless y Haymann, 2010). Dentro de cada una de estas categorías hay grupos de herramientas sensoriales para objetivos específicos y dentro de cada uno de estos grupos hay varias pruebas o enfoques específicos diferentes. (Meilgaard *et al.*, 2007). La principal preocupación de cualquier especialista en evaluación sensorial es asegurarse de que el método de ensayo es el adecuado para responder a las preguntas que se plantean sobre el producto objeto del ensayo. Por este motivo, las pruebas suelen clasificarse en función de su finalidad principal y su uso más válido. (Lawless y Heyman, 1998).

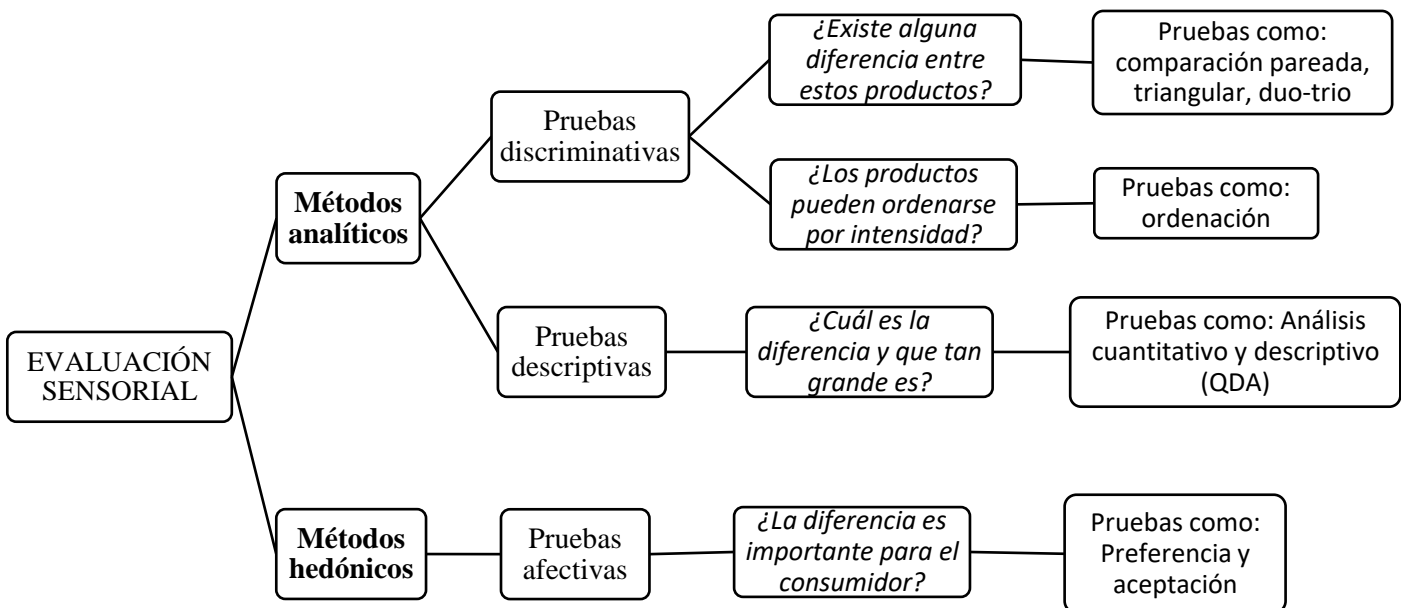


Figura 1. Clasificación de los métodos de ensayo en la evaluación sensorial. (Lea *et al.*, 1998; Lawless y Heymann, 1998).

6.7.1 Metodologías analíticas

6.7.1.1 Pruebas discriminativas

Las pruebas discriminativas son aquellas en las que se desea establecer si dos muestras son lo suficientemente diferentes para ser catalogadas de este modo, o demostrar que dos muestras son lo suficientemente parecidas para usarlas indistintamente; considerando la diferenciación y la sensibilidad (Cárdenas et al., 2018; Drake, 2008), por lo que la pregunta que se plantea es la siguiente: ¿Son los productos perceptiblemente diferentes de alguna manera? Dentro de las pruebas discriminativas se encuentran: las pruebas de comparación pareada, prueba triangular y prueba dúo-trío, normalmente, estas pruebas se llevan a cabo con 25-40 participantes que han sido seleccionados por su agudeza sensorial frente a diferencias comunes entre productos y que están familiarizados con los procedimientos de la prueba, por lo general, esto proporciona un tamaño de muestra adecuado para documentar diferencias sensoriales claras (Lawless y Haymann, 1998). Este tipo de pruebas se realizan por ejemplo cuando existe un producto en el mercado que es bien aceptado, pero se requiere hacer algún cambio; como mejorar sus características nutricionales o cambiar alguno de los insumos; de acuerdo con los resultados, cuando se encuentra que los panelistas no logran detectar las diferencias entre dos productos se puede concluir que se ha logrado hacer cambios que no son perceptibles. (Lira, 2007).

6.7.1.2 Pruebas descriptivas

En las pruebas descriptivas se busca definir la naturaleza de las propiedades o características de un producto de la manera más objetiva posible a través de la escala de atributos: el análisis descriptivo y cuantitativo (Anzaldúa, 1994). La pregunta que se plantea responder es ¿Cuál es la diferencia y que tan grande es la diferencia? O, ¿En qué tipos de características particularmente tienen diferencia los productos que se están evaluando? Algunas de las metodologías desarrolladas son:

- Perfil de Sabor (Flavor Profile), fue desarrollada a finales de 1940 en esta metodología se analizan las características percibidas del aroma y sabor de un producto, sus intensidades, el orden de aparición, y resabios (Meilgaard, et al., 1999). En la evaluación participan de 4 a 6 jueces, cuyos resultados pueden ser

reproducibles si han recibido la capacitación adecuada. (Lawless y Heymann, 2010).

- Análisis de Perfil de Textura (TPA) fue desarrollada en los años 1960, está basada en la prueba de perfil de sabor, esta técnica tiene como objetivo permitir la descripción de la textura desde el primer bocado a través de la masticación completa y también representa el aspecto temporal de atributos (Murray et al, 2001).
- Análisis Descriptivo Cuantitativo (Quantitative Descriptive Analysis, QDA©) fue desarrollada a mediados de los años sesenta. La implementación de esta prueba requiere bastante tiempo, ya que el vocabulario y la capacitación relacionada deben ser personalizados para cada producto. Se necesita una formación amplia para garantizar que las escalas de calificación y el vocabulario se utilicen de manera consistente, permitiendo que el grupo de jueces pueda discernir de manera uniforme entre las diferentes muestras (Saint Eve *et al.*, 2004). Se emplea un panel conformado por 10-12 personas que reciben una capacitación rigurosa a lo largo de varias sesiones. Durante estas sesiones, se establecen los parámetros, escalas y atributos a evaluar, así como el vocabulario que deben utilizar durante la ejecución de la prueba (Cartie *et al*, 2006).

Dentro de los métodos descriptivos se encuentran también los considerados “rápidos” como

el Perfil de Libre Elección (Free Choice Profiling) que fue desarrollado en el Reino Unido durante los años ochenta (Williams y Langron, 1984). Este enfoque permite a los evaluadores, generalmente consumidores, utilizar cualquier cantidad de términos para describir y cuantificar los atributos de un producto (Vit, *et al.*, 2011), sin la necesidad de explicar detalladamente cada uno de esos términos (Williams y Langron, 2006). Se basa en la premisa de que los consumidores no difieren en su percepción de estos atributos, sino en cómo eligen describirlos (Murray *et al*, 2001).

6.7.2 Metodologías hedónicas

6.7.2.1 Pruebas afectivas

Las pruebas afectivas son aquellas que buscan establecer el grado de aceptación o preferencia que un determinado producto provoca en el consumidor. Se utilizan para obtener información acerca de consumidores reales, los cuales son elegidos por sus características demográficas como edad, sexo, nivel socioeconómico, etc. La pregunta que se plantea responder es ¿Qué producto prefiere? y ¿Qué tanto le gusta el producto? (Coutiño, 2002; Lea et al., 1998; Lawless y Heymann, 1998).

Este tipo de pruebas permiten no sólo establecer si hay diferencias entre muestras, sino el sentido o magnitud de esta. Con esto se tiene información que permite decidir por ejemplo sobre mantener o modificar la característica que se está evaluando, por tanto, una de las principales ventajas es que provee de información esencial del producto, lo que permite poder optimizarlo o mejorarlo (Lira, 2007). En estas pruebas el consumidor evalúa simplemente el grado de aceptabilidad del producto y su preferencia (Ramírez, 2012).

Por lo general, una prueba afectiva implica la participación de 100 a 150 consumidores. (Lawless y Heymann, 1998). Estas se pueden dividir en estudios cualitativos y cuantitativos. Las pruebas cualitativas ayudan a entender al consumidor a saber lo que piensa. Mientras que las pruebas cuantitativas estarán regidas por la validez, la confiabilidad y la muestra. Las metodologías cualitativas más utilizadas son grupos focales (focus groups) y etnográficas, mientras que las metodologías cuantitativas de mayor uso son pruebas de aceptación, pruebas de preferencia y ordenación. (Drake, 2008; Severiano et al, 2016).

TABLA 4. Características de distintas pruebas afectivas utilizadas en evaluación sensorial. (Hamui y Varela, 2013; Severiano et al, 2016)

Prueba	Objetivo	Características
<i>Grupos focales</i>	Llevar a cabo una discusión grupal, de manera amplia a cerca de un producto con el objetivo de obtener información	Se realiza una discusión grupal Se utiliza la comunicación entre investigador y participantes
<i>Etnografía</i>	Estudiar de manera analítica y descriptiva las prácticas culturales de consumo de un producto en un lugar determinado	Se realiza un estudio antropológico El estudio se lleva a cabo en la casa del consumidor
<i>Pruebas de aceptación</i>	Conocer el grado de satisfacción de un producto con respecto a otros.	Uso de cuestionario cuantitativo y respuesta con escala hedónica
<i>Pruebas de preferencia y ordenación</i>	Conocer la preferencia de un producto con respecto a otros	Se realiza con 2 productos generalmente

6.7.2.2 *Pruebas de preferencia*

Las pruebas de preferencia implican que el consumidor elija entre 2 o más productos. La pregunta para responder es ¿Cuál de los siguientes productos prefieres? Las opciones para que el consumidor responda pueden ser varias: 1) Prefiero este producto, 2) Prefiero a los dos productos por igual, 3) No prefiero ninguno. Por lo general las pruebas de preferencia se hacen pareadas (dos productos), y cuando se tienen más de dos productos se le pide al consumidor que ordene los productos de mayor a menor preferencia, esta prueba es de elección forzada, lo que quiere decir que aun si a los consumidores no les agrada ninguna de las muestras, deben ordenarlas (Cruz et al, 2010; Drake, 2008; Lawlees y Heymann, 2010).

6.7.2.3 Pruebas de nivel de agrado (aceptación)

En estas pruebas, se recopila un conjunto de términos que se relacionan con el agrado o desagrado del producto por parte del consumidor. La prueba de nivel de agrado se lleva a cabo con una escala hedónica de 5 a 9 puntos (Tabla 5.) siendo más usadas las de 9 puntos que van desde me disgusta extremadamente hasta me gusta extremadamente (Lawless y Hymann, 2010). La escala puede ser usada con niños de 12 años en adelante. Estas pruebas deben llevarse a cabo personas que conformen un grupo representativo de la población de consumidores del producto que está siendo evaluado. Se deben evaluar las muestras de forma global y responder a preguntas de la naturaleza de “¿Qué tanto le gusta el producto?” (Drake, 2008).

Por la subjetividad de la prueba es necesario un gran número de participantes, al menos 100, para garantizar su confiabilidad. (Drake, 2008).

TABLA 5. Diversas escalas hedónicas.

9 puntos en inglés (Lawless, 2010)	9 puntos para américa latina (Curia, 2001)	9 puntos para niños y adolescentes (Curia, 2001)
(9) Like extremely	9) Me gusta muchísimo	(9) Super bueno
(8) Like very much	(8) Me gusta mucho	(8) Muy bueno
(7) Like moderately	(7) Me gusta bastante / Me gusta	(7) Bueno
(6) Like slightly	(6) Me gusta un poco	(6) Apenas bueno
(5) Neither like nor dislike	(5) Ni me gusta ni me disgusta	(5) Ni bueno ni malo
(4) Deslike slightly	(4) Me disgusta un poco	(4) Apenas malo
(3) Deslike moderately	(3) Me disgusta bastante / Me disgusta	(3) Malo
(2) Deslike very much	(2) Me disgusta mucho	(2) Muy malo
(1) Deslike extremely	(1) Me disgusta muchísimo	(1) Super malo

6.7.2.4 Justo como lo esperaba

Estas escalas son comúnmente usadas en análisis sensorial para identificar si los atributos de un producto son percibidos como muy bajos, muy altos o en el punto justo. Son escalas útiles para determinar el nivel óptimo de un atributo y por lo tanto optimizar un producto. Los resultados de las escalas pueden hacerse en porcentajes o de manera más compleja (Rothman, 2009). Es posible realizar una serie de preguntas en forma just about right, pero es importante resaltar que existen atributos con connotación negativa como “sal” o “grasa” en donde hay un sesgo importante en la respuesta del consumidor. Aunque la escala JAR más usada es de 5 puntos (Tabla 6) también existen otras opciones, desde 3 hasta 9 puntos (Rothman, 2009):

TABLA 6. Escalas Just about right (Rothman 2005).

JAR de 3 puntos	JAR de 5 puntos	JAR de 7 puntos	JAR de 9 puntos
Demasiado débil	Demasiado débil	Demasiado débil	Extremadamente débil
Justo como me gusta	Un poco débil	Moderadamente débil	Demasiado débil
Demasiado fuerte	Justo como me gusta	Ligeramente débil	Moderadamente débil
	Un poco fuerte	Justo como me gusta	Ligeramente débil
	Demasiado fuerte	Ligeramente fuerte	Justo como me gusta
		Moderadamente Fuerte	Ligeramente fuerte
		Demasiado fuerte	Moderadamente fuerte Demasiado fuerte
			Extremadamente débil

La selección y aceptación de un nuevo producto alimenticio involucra múltiples factores. Según Álvarez *et al.* (2008), el desarrollo de pruebas de evaluación sensorial ayuda a identificar las preferencias o rechazos relacionados con la formación de hábitos y prácticas alimentarias. Por lo tanto, es crucial que las personas comprendan la importancia de proporcionar respuestas lo más sinceras posible en estas pruebas (Espinosa, 2007).

Para llevar a cabo cualquier metodología de evaluación sensorial se requiere de un panel de jueces entrenados o una cantidad representativa de consumidores. En ambos casos deberá seguirse el procedimiento adecuado para poder llevar a buen término el tratamiento de los datos. Dichas técnicas utilizadas por esta disciplina pueden cumplir con diferentes objetivos tales como: entrenamiento para la detección de estímulos, calibración para la estandarización de los resultados de un panel de jueces, calificación de atributos para el análisis del perfil de un producto etc.

6.8 Almacenamiento acelerado

Las pruebas aceleradas de vida de anaquel (*ASLD Accelerated shelf life determination* por sus siglas en inglés) se han utilizado ampliamente para observar la estabilidad de los alimentos, con el fin de predecir con un cierto margen de incertidumbre, la estabilidad o pérdida de calidad de este.

Aumentar la temperatura de almacenamiento permite acortar el tiempo requerido para realizar la prueba, lo que a su vez reduce el tiempo necesario para estimar la vida útil de un producto. Esta estrategia es especialmente útil cuando se desarrolla un alimento con una vida útil prolongada de meses o incluso años (Ruiz *et al.*, 2008). Cuando un alimento se expone a condiciones ambientales donde uno de los factores se mantiene por encima de lo normal, el proceso de deterioro se acelera, lo que provoca que aparezcan señales en el alimento que indican cuándo ya no es apto para el consumo (Taub, 1998). Durante el estudio, el producto debe almacenarse en el mismo tipo de envase que se utilizará en su producción y comercialización a gran escala, y todos estos envases deben mantenerse en las mismas condiciones de almacenamiento. La cantidad de muestras a analizar dependerá del tipo de producto y de las pruebas específicas que se realizarán. Es

importante destacar que los resultados deben interpretarse con precaución, ya que no son aplicables a todos los productos de manera uniforme.

Los productos deben ser almacenados al menos bajo 3 tipos de condiciones (Man, 2000):

- Condiciones óptimas: Estas proporcionan información sobre el tiempo de vida útil más prolongado que el producto pueda llegar a tener.
- Condiciones típicas: Estas se utilizan para establecer el tiempo de vida útil generalmente aplicable a la mayoría de la producción en cualquier época del año. Representan las condiciones a las que el producto estará expuesto una vez producido, durante su almacenamiento y mientras se encuentra disponible para venta en anaquel.
- Condiciones adversas: Al someter el producto a estas condiciones, se obtienen datos que son útiles para determinar el tiempo mínimo de conservación de este. Estas condiciones representan situaciones extremas que pueden acelerar el proceso de deterioro del producto.

6.9 Vida útil sensorial

Como ya se mencionó, la vida útil de un alimento se refiere al período de tiempo en el cual el producto se mantiene en condiciones adecuadas para su consumo desde una perspectiva sanitaria, en este periodo el alimento conserva sus características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los estándares de calidad previamente definidos como aceptables (Hough y Wittig, 2005). La vida útil de la mayoría de los productos alimenticios está determinada por los cambios en sus características sensoriales, que incluso pueden ocurrir antes de que su seguridad se vea comprometida (Lawless y Heyman, 2010). La estimación de la vida útil sensorial de un alimento consiste en la evaluación de las características sensoriales de un grupo de muestras con diferentes tiempos de almacenamiento (Bishop y White, 1986). Generalmente implica medir el tiempo que transcurre hasta que la intensidad de determinada característica de un alimento es rechazada, que se refiere al momento de máximo deterioro correspondiente (Giménez *et al.*, 2012). Este tiempo se limitará por un aumento en la intensidad de un defecto sensorial o

una disminución en la intensidad de una característica deseable (Garitta *et al.*, 2004). Los estudios con consumidores resultan ser la herramienta más apropiada para la estimación de la vida útil sensorial (Hough *et al.*, 2003). Se realiza una evaluación utilizando un conjunto limitado de muestras que han sido almacenadas durante distintos períodos de tiempo. Sin embargo, no es posible determinar con precisión el momento exacto en el que cada consumidor rechaza el producto. Esto resulta en datos censurados que se analizan estadísticamente utilizando la metodología de supervivencia (Hough *et al.*, 2003). El análisis de supervivencia es una rama de la estadística que se utiliza ampliamente en estudios clínicos, biológicos, epidemiológicos, sociales y estudios de confiabilidad (Klein y Moescheberger, 1997). Se ha vuelto una de las metodologías más populares para la estimación de vida útil sensorial basada en la percepción del consumidor (Giménez *et al.*, 2012). Abarca un conjunto de procedimientos estadísticos utilizados para analizar el tiempo que transcurre hasta que se produce un evento de interés. En otras palabras, se emplea para analizar datos que involucran el lapso entre dos eventos como la variable respuesta (Meeker *et al.*, 1998). En el caso de estudios de vida útil el evento de interés se centra en que el consumidor rechace un producto que se ha almacenado durante un tiempo determinado (Hough, 2010), un grupo de consumidores evalúa muestras con diferentes tiempos de almacenamiento o diferentes niveles de un defecto sensorial y responde si las acepta o rechaza, lo que equivale a decir si consumiría las muestras o no. La decisión de aceptar o rechazar está en línea con lo que los consumidores hacen generalmente cuando se enfrentan a un alimento cerca del final de su vida útil sensorial (Hough *et al.*, 2003). Los estudios que involucran análisis sensorial pueden llevarse a cabo en diversos entornos. Actualmente, los métodos más populares son los ensayos sensoriales estandarizados, como las pruebas de laboratorio o las pruebas en locales centralizados. Estas evaluaciones pueden realizarse en distintos lugares, como aulas universitarias, centros comerciales o laboratorios especializados en análisis sensorial, entre otros. Consisten en que un panel de consumidores evalúe el producto en condiciones de consumo estandarizadas. La ventaja de este enfoque es que se lleva a cabo en un ambiente controlado y las muestras pueden ser

preparadas de manera que se minimice la influencia de factores externos (Lawless y Heymann, 2010). Sin embargo, estas condiciones al resultar artificiales no reflejan la forma natural en que se consume un producto, como la preparación casera de alimentos, que puede ser crucial para la apreciación de los alimentos en el entorno doméstico. En resumen, la evaluación se realiza en un contexto que difiere de la forma natural en que las personas consumen el producto (Meiselman, 1992).

6.10 Análisis de supervivencia

En general, el análisis de supervivencia es una colección de procedimientos estadísticos para el análisis de datos en donde la variable de interés es el tiempo hasta que ocurre un evento (Kleinbaum 1996). Cuando se aplica en la estimación de la vida útil sensorial, esta metodología se enfoca en evaluar el riesgo de que los consumidores rechacen el producto en lugar de centrarse en el deterioro físico, químico o nutrimental del producto en sí (Guerra, 2008).

En el análisis de supervivencia, los datos se analizan utilizando técnicas paramétricas (si la distribución del tiempo de supervivencia es conocida) y no paramétricas (si la distribución no es conocida). El uso de modelos paramétricos proporciona estimaciones más precisas de la función de supervivencia no paramétricas (Hough, 2003).

Paramétricas

- Distribución exponencial
- Distribución de Weibull
- Distribución Lognormal

No paramétricas

- Kaplan – Meier
- Logrank
- Regresión de Cox

Para recomendar un valor de supervivencia se debe adoptar un porcentaje de rechazo adecuado, es necesario un valor de vida útil considerando un 50% de

rechazo. Esto significa que si un consumidor prueba un producto con un tiempo de almacenamiento correspondiente al 25-50% de probabilidad de rechazo, existe un 50% de probabilidad de que los consumidores rechacen el producto (Gacula *et al.*, 1984).

Un aspecto importante de la metodología del análisis de supervivencia es que en el trabajo sensorial experimental es relativamente simple es conocer si se consumiría o no una muestra y esta información es suficiente para modelar la probabilidad de que los consumidores acepten los productos con diferentes tiempos de almacenamiento, y a partir del modelo se realizar estimaciones de vida útil. No es necesario tener un panel sensorial capacitado.

Otro aspecto importante es que la información obtenida de los consumidores por este método está directamente relacionada con su experiencia diaria de alimentación. Cuando los consumidores se enfrentan a un producto alimenticio, lo aceptan o lo rechazan. No asignan mentalmente al producto una puntuación hedónica de 8 en una escala de 1 a 9 y, por lo tanto, deciden que el producto es aceptable, ni asignan al producto una puntuación de 4 y, por lo tanto, deciden rechazar el producto (Man, 2000).

6.11 Comparación de métodos probabilísticos.

El criterio de información de Akaike (AIC) es un indicador que permite seleccionar un modelo estadístico basándose en la teoría de información y en las propiedades del método de máxima verosimilitud. Cuando se comparan dos o más modelos estadísticos, se selecciona aquel que presenta el menor valor de AIC (Akaike, 1974).

Tabla 7. Valores de verosimilitud de los modelos probabilísticos

Distribución	Criterio de Información Akaike
Weibull	765
Lognormal	766.24
Loglogística	765.84

7. ANTECEDENTES

El tiempo que un alimento permanece estable, dependerá principalmente de las interacciones químicas que puedan ocurrir entre sus componentes; tales reacciones se pueden acelerar o ralentizar dependiendo de los factores extrínsecos que acompañan al alimento (Badui, 2013). Por eso es común que productos idénticos tengan similares fechas de consumo preferente o caducidad como, por ejemplo: cereales, carnes, frutas o verduras. Aunque es posible hacer una especulación a partir de la información con que se dispone, sólo la revisión bibliográfica no sustituye un estudio completo de vida de anaquel; pero si ayuda a tomar las medidas adecuadas para estudiar la matriz de interés (Giraldo, 1999).

La Organización de consumidores *Eat By Date* reporta una vida útil de 1 a 2 años para la harina del cereal y de 2 a 3 años para las leguminosas. El tiempo de vida útil se expresa en intervalos dependiendo de varios factores extrínsecos ajenos a la naturaleza de los alimentos, por ende, si se modifican las condiciones de almacenamiento se puede alargar o acortar la vida de anaquel (Hough, 2010).

En el 2011 Khanam *et al.*, desarrollaron dos tipos de formulaciones suplemento alimenticio listos para el consumo mediante secado con rodillo a base de trigo, concentrado de proteína de soya, concentrado de proteína de suero de leche y harina de garbanzos verdes, enriquecidos con vitaminas y minerales. Estudios sensoriales indicaron que los productos eran aceptables con una vida útil de 1 año en condiciones normales de almacenamiento (65% HR y 27 ± 1 °C).

En 2011, Cerezal *et al.*, desarrollaron un producto dirigido a niños celíacos, elaborado a partir de harinas de cereales y leguminosas, que incluían ingredientes como quinua, lupino, maíz y arroz. Cuando se mezclaban con agua o leche estas mezclas se consideraban una excelente opción como suplemento alimenticio. Durante un período de almacenamiento de 90 días, se llevaron a cabo evaluaciones de diversas propiedades físicas, químicas, reológicas, mecánicas y de fluidez, además de analizar el color de las mezclas. Como resultado, se pudo estimar que

el tiempo de vida útil de estas mezclas sería de 9 meses antes de que alcanzaran el punto en el que se produciría la rancidez.

En el 2012, Kunyanga *et al.*, desarrollaron un suplemento alimenticio dirigido a frenar el hambre y la desnutrición en países con grupos vulnerables, utilizando alimentos nutritivos de bajo costo, así como disponibles localmente (cereales, legumbres, fruta seca y hortalizas). El suplemento desarrollado contenía amaranto, frijol, camote, cacahuete y azúcar morena. El producto fue procesado para obtener un suplemento alimenticio en polvo, similar al del presente trabajo, se estudió su vida útil empacando muestras a tres condiciones (26°C, 30°C y 35°C) y midieron índice de peróxidos, la acidez y el decaimiento de vitamina C, parámetros fisicoquímicos que consideraron críticos para el objetivo del suplemento. En ese caso la vida de anaquel del producto fue estimada en 4 meses.

En el 2017 Kanika *et al.*, formularon un suplemento alimenticio compuesto por grasa láctea y aceite de maní (90:10), concentrado de proteína de suero, leche descremada en polvo y caseinato de sodio (50:25:25), almidón resistente y maltodextrina (70:30). Evaluaron su vida útil en términos de atributos fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, encontrando que en almacenamiento a temperatura ambiente (32°C – 38°C) no hubo cambios significativos en todos los parámetros durante un periodo de almacenamiento de 180 días.

8. METODOLOGÍA

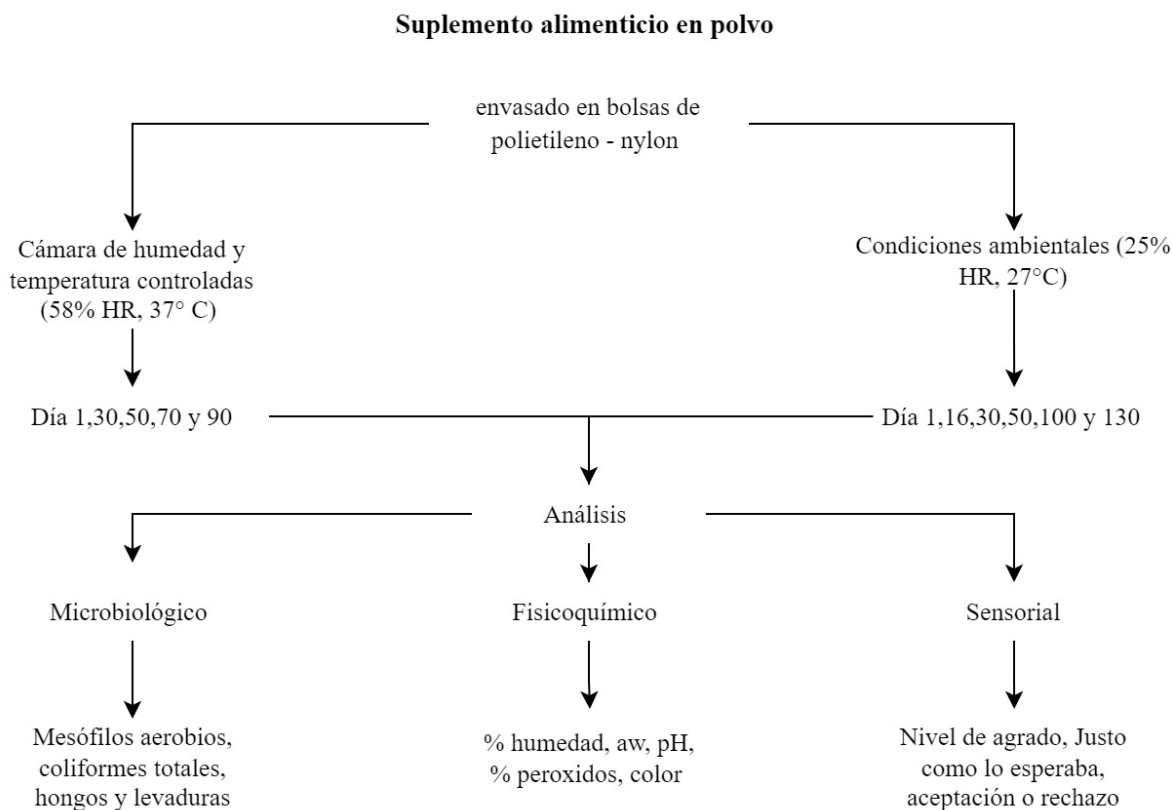


FIGURA 2. Diagrama de trabajo experimental

Se desarrolló de manera previa un suplemento alimenticio a base de una mezcla de oleaginosas, leguminosas y cereales en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT). Este suplemento se empacó en bolsas de polietileno-nylon por medio de un sistema de envasado FoodSaver®.

Todas las muestras empacadas fueron repartidas aleatoriamente y almacenadas en las siguientes condiciones:

1. Cámara de humedad y temperatura-controladas (58% HR/37 °C)
2. Condiciones ambientales (25% HR/27°C).

Realizando análisis físicoquímicos, microbiológicos y sensoriales los días 0, 30, 50, 70 y 80 para las primeras condiciones y los días 0, 16, 30, 50, 100 y 130 para los almacenados a temperatura ambiente.

8.1 Análisis microbiológico

Para la realización del análisis microbiológico el suplemento alimenticio fue envasado en bolsas de polietileno – nylon con 10 gramos por sobre, con un total de 5 sobres para el análisis en condiciones controladas de tiempo – temperatura y 6 sobres para las condiciones ambientales.

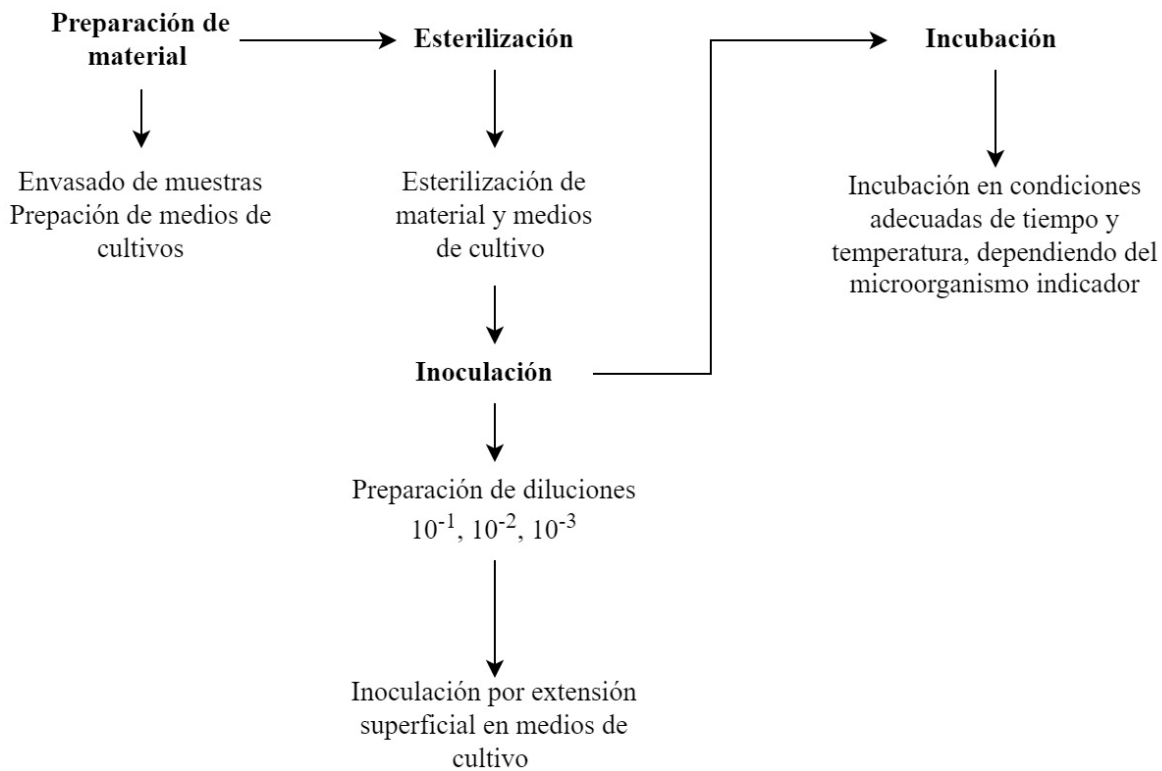


FIGURA 3. Metodología general de análisis microbiológico

Se determinó para ambas condiciones de almacenamiento:

8.1.1 Coliformes totales.

Siguiendo lo establecido en la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-113-SSA1-1994, Método para la cuenta de microorganismos Coliformes totales en placa., se inoculó por duplicado con 0.1 mL de las 3 diluciones en medio Agar verde Brillante, incubado a 35 °C, durante 24 ± 2 h, seleccionando las cajas que contengan entre 15 y 150 colonias características. Estos microorganismos son el grupo más utilizado como indicadores. Se consideran un excelente indicador de la eficiencia de los procesos de sanitización y desinfección, así como de calidad sanitaria en agua, vegetales y diversos productos procesados (NOM-113-SSA1-1994).

8.1.2 Mesófilos aerobios.

Siguiendo lo establecido en la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa, se inoculó por duplicado con 0.1 mL de las 3 diluciones en medio Agar cuenta estándar, incubando a 35 ± 2 °C, 48 ± 2 h, seleccionando cajas que contuvieran entre 25 y 250 colonias características. Estos microorganismos no se identifican como especies, pero se relacionan con la contaminación de origen y en cadena, exposición a condiciones no favorables y riesgo de presencia de patógenos (NOM-092-SSA1-1994).

8.1.3 Mohos y levaduras.

Siguiendo lo establecido en la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-111-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos, se inoculó por duplicado con 0.1 mL de las 3 diluciones en medio Agar Papa Dextrosa acidificado incubado 2 a 3 días a $20^\circ \pm 25$ °C, seleccionando las cajas que contengan entre 10 y 150 colonias características. Como grupo indicador son útiles para evidenciar grado general de contaminación en alimentos, así como malas prácticas sanitarias y uso de materia prima inadecuada, son indicadores del riesgo de desarrollo de micotoxinas, en alimentos como frutos secos, especias, cereales y otros granos, y sus derivados (NOM-111-SSA1-1994).

Los límites máximos permisibles se obtuvieron de la NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba. Debido a la naturaleza del producto.

8.2 Análisis fisicoquímico

8.2.1 % Humedad

Se utilizó el método de secado en termobalanza por medio de un analizador de humedad infrarrojo (MA37 *Santorius*). Se realizaron pruebas por triplicado.

8.2.2 a_w

Según lo establecido en la ISO 18787:2017 Foodstuffs — Determination of water activity. Se utilizó un medidor de actividad del agua (Aqualab Series 4TE) el cual mide a_w de las muestras siguiendo la metodología de los sensores de punto de rocío. Realizando pruebas por triplicado.

8.2.3 pH

Siguiendo lo establecido en la NMX-F-317-NORMEX-2013. Determinación de pH en Alimentos y Bebidas no alcohólicas. Método de Prueba. Se preparó 1 gramo de suplemento alimenticio en 10 mL de agua destilada. El análisis se realizó por triplicado para ambas condiciones de almacenamiento. Calibrando previamente el potenciómetro modelo SM-25CW (USA) con las soluciones reguladoras Golden Bell reactivos, MX., de pH 4 y pH 7. Posteriormente se sumergió el electrodo en la muestra de manera que los cubriera perfectamente realizando de esa manera la medición del pH.

8.2.4 Índice de peróxidos

Con base en lo recomendado por la Asociación Americana de la Química de Cereales: Fat acidity – Rapid Method for Corn. AACC Method 02 – 03A., se extrajo la grasa del suplemento utilizando un solvente orgánico; se pesó 10 gramos de suplemento en tubos Corning de 50 mL con tapa y se agregó 25 mL de tolueno concentrado, se colocaron en un agitador Eberbach de forma horizontal manteniéndolo en agitación durante 30 minutos. Transcurrido el tiempo se dejó reposar los tubos en posición vertical durante 15 minutos. Posterior a esto la solución se decantó. Se colocaron 10 mL de la solución en un matraz Erlenmeyer adicionando 10 mL de solución de alcohol-fenolftaleína al 0.04% como indicador para finalmente realizar una titulación gravimétrica con una solución de hidróxido de potasio 0.0178 N.

8.2.5 Color

Utilizando un colorímetro Hunter Lab MiniScan EZ spectrophotometer. El colorímetro se calibró previamente utilizando dos mosaicos; uno negro y uno blanco

incluidos en el instrumento. Midiendo dos coordenadas de color, a^* y b^* , así como un índice de luminosidad, L^* . Colocando la muestra dentro de un porta muestras. El cono del colorímetro se colocó encima realizando la medición correspondiente por triplicado.

8.3 Análisis sensorial

Se realizó una evaluación con 100 consumidores (hombres y mujeres entre 18 y 58 años) por sesión para cada una de las condiciones de almacenamiento, proporcionando un cuestionario (ANEXOS) por persona, así como las indicaciones de llenado del mismo. Con esto se obtuvo información estadística para determinar la vida útil sensorial del suplemento en base a un análisis de supervivencia.

Para las 3 pruebas el suplemento alimenticio en polvo se preparó pesando 90 g y añadiéndolo a 1000 mL de leche, mezclando en la THERMOMIX® TM5 50 segundos a velocidad máxima (10700 rpm).

8.3.1 Nivel de agrado

Se realizó una prueba de nivel de agrado con escala hedónica de 9 puntos donde 1 se refiere a: “me disgusta muchísimo” y 9 a “me agrada muchísimo”, de esta manera se cuantificó el nivel de agrado o desagrado del suplemento en agrado general y sabor.

8.3.2 Justo como lo esperaba

Se realizó una prueba JAR con escala de 5 puntos de: “mucho menos de lo que esperaba” a “mucho más de lo que esperaba” evaluando el dulzor del suplemento.

8.3.3 Aceptación o rechazo

Se realizó una prueba de intención de compra ¿Compraría este producto?. Evaluando de esta manera el momento en que el suplemento alcanzara un rechazo mayor al 50%, para por medio de distribución de Weibull determinar la vida útil sensorial.

8.3.4 Análisis estadístico

Con los datos obtenidos se realizó ANOVA XLSTAT versión 2014.5.03. de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales, análisis microbiológico y un análisis de

supervivencia con los datos de intención de compra para determinar la vida de anaquel mediante el software estadístico RStudio versión 1.3.959.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 Microbiológicos

TABLA 8. Especificaciones microbiológicas establecidas en la Norma Oficial Mexicana

<i>Prueba</i>	<i>Límite máximo UFC/gramo</i>	<i>Referencia</i>
<i>Mesófilos aerobios</i>	500 000	NOM-247-SSA1-2008
<i>Coliformes totales</i>	500	NOM-247-SSA1-2008
<i>Hongos y levaduras</i>	500	NOM-247-SSA1-2008

Durante el almacenamiento a lo largo de los 80 y 130 días tanto para condiciones controladas de humedad – temperatura como para condiciones ambientales el crecimiento de los tres microorganismos indicadores analizados fue menor a 10 UFC/ g (anexo 1), no hay crecimiento de mesófilos aerobios, coliformes ni hongos/levaduras, por tanto comparando con las especificaciones de la norma se encuentra dentro del límite establecido; puede afirmarse que las materias primas son de buena calidad y el proceso de elaboración fue higiénico, lo que mantiene la inocuidad del suplemento, así como del equipo utilizado, son aptos para el proceso de elaboración y no representan riesgo sanitario para el producto. Además de lo antes mencionado con estos resultados queda validada la eficiencia de los procesos de sanitización y de buenas prácticas de manufactura.

Las harinas de cereales y leguminosas, pueden almacenarse por periodos de tiempo que van de 1 a 2 años, entre más largo sea el período de almacenamiento, mayor probabilidad de que las condiciones para el desarrollo de mohos y levaduras sean más favorables (Guerrero, 2014). Es por esto, que se recomienda asegurar la calidad de las materias primas.

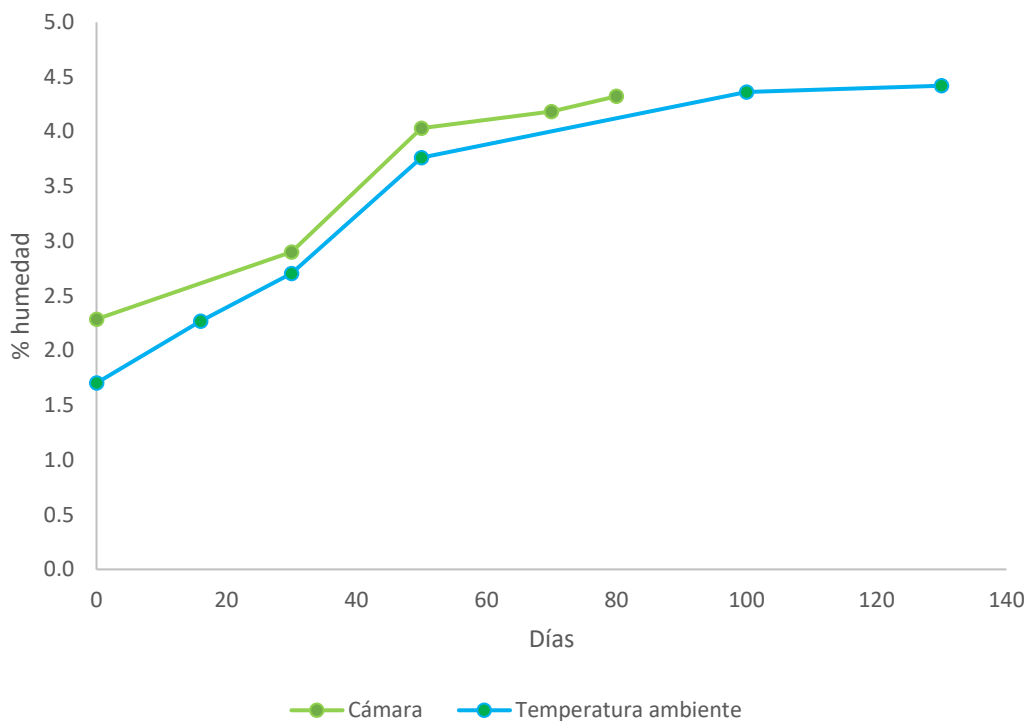
9.2 Fisicoquímicos

9.2.1 % Humedad

En la Gráfica 1 se observa un valor máximo de humedad de 4.32 % para la cámara de condiciones controladas el día 80 de almacenamiento, y 4.42% para condiciones ambientales el día 130. De acuerdo con el ANOVA (p -value < 0.05, anexo 2) el suplemento para ambas condiciones presentó diferencia significativa en el % de humedad, aumentando durante el almacenamiento. Esto revela que los ingredientes son higroscópicos. Cabe señalar que el suplemento cumple con el límite máximo del 15% establecido en NOM-247-SSA1-2008.

Los valores antes mencionados pueden ser comparados con otros reportados en la literatura para productos similares, como es el caso de Kunyanga et al. (2012) en donde se elaboraron suplementos alimenticios a base de alimentos localmente disponibles como granos de amaranto, gandul, batata, maní y azúcar moreno evaluando sus cambios a través del tiempo. Dos de las condiciones de ese estudio son similares a las analizadas por nosotros (26°C y 35°C) en donde se obtuvieron valores de 5.31% y 7.99 % de humedad en 40 días de almacenamiento respectivamente, siendo valores por encima de los obtenidos en este estudio. Asimismo, Cerezal et al. (2011) reportaron valores de humedad de 5.67% en el estudio de 90 días para un producto a base de una mezcla de quinoa, lupino, maíz y arroz.

El agua juega un papel crucial en la calidad de los alimentos y un contenido de humedad superior al 14% afecta el almacenamiento del producto al promover crecimiento de mohos, infestación de insectos y aglomeración de las partículas de alimentos (Atwell, 2001).

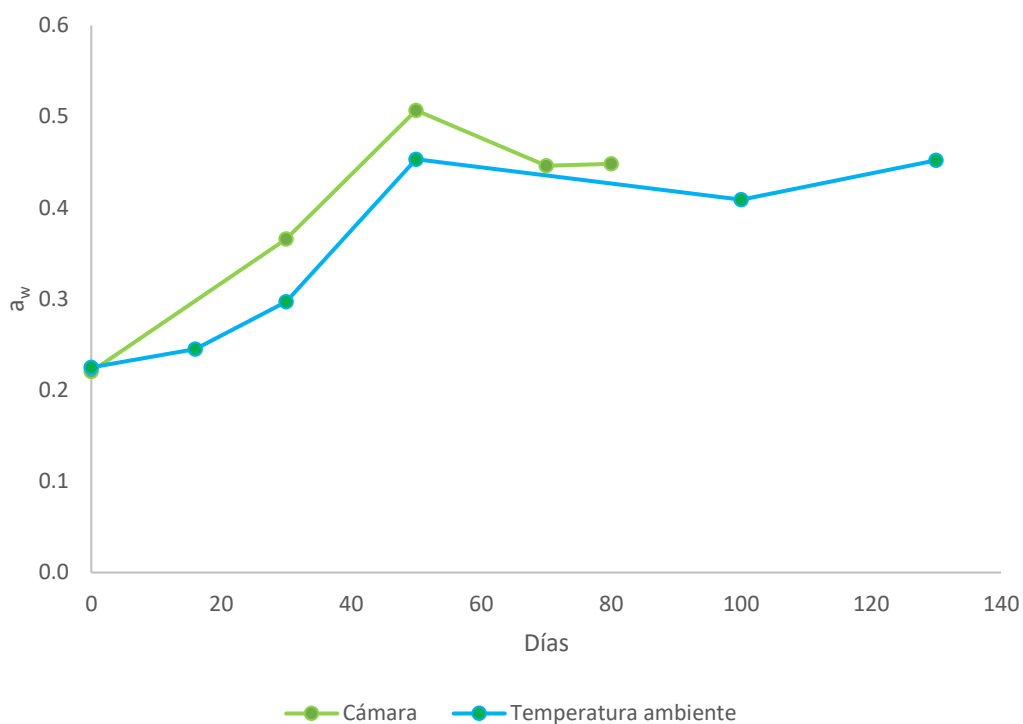


Gráfica 1. Humedad en el suplemento alimenticio almacenado a temperatura ambiente y condiciones controladas de humedad – temperatura.

9.2.2 a_w

El valor de a_w para ambas condiciones de almacenamiento presenta diferencia significativa (ANOVA p -value < 0.05, anexo 2) a partir del día 30). Como se observa en la Grafica 2 los valores máximos de a_w se dieron para ambas condiciones al día 50: 0.51 para condiciones controladas de humedad – temperatura y 0.45 para condiciones ambientales. La literatura reporta valores entre 0.54 y 0.58 para el análisis de un producto de harinas de cereales y leguminosas en 90 días de almacenamiento a temperatura ambiente (Cerezal et al, 2011). Por tanto, los resultados obtenidos se encuentran dentro del intervalo esperado con base en la naturaleza del producto.

La actividad del agua se considera un punto crítico para el desarrollo de microorganismos; los hongos se desarrollan a partir de valores de a_w de 0.70 y las bacterias no crecen con valores de a_w por debajo de 0.90 (Sandoval, 2015), por tanto en el suplemento se impide el crecimiento de microorganismos, lo que prolonga la vida de anaquel.



Gráfica 2. Actividad del agua en el suplemento alimenticio almacenado a temperatura ambiente y condiciones controladas de humedad – temperatura.

9.2.3 pH

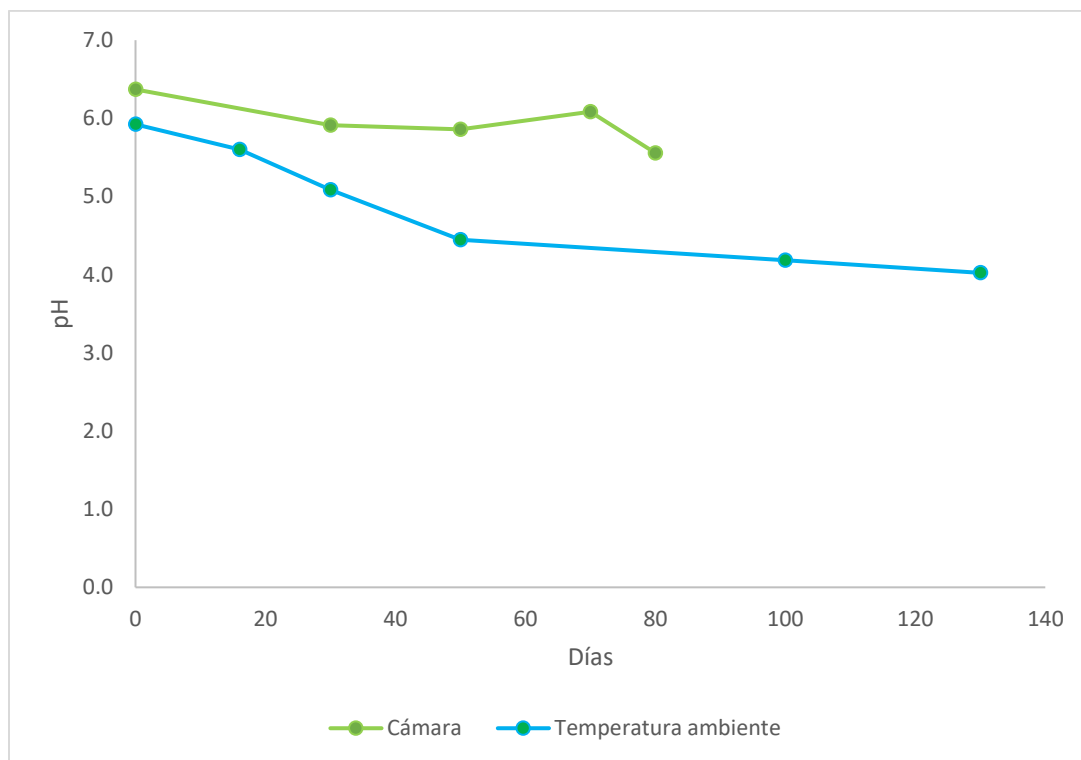
Como se observa en la Gráfica 3, el pH se modificó para condiciones ambientales de un valor inicial de 6.37 a 5.09, mientras que para condiciones controladas lo hace de 5.92 a 4.18, con base en la ANOVA (p -value < 0.05, anexo 2) existe diferencia significativa en ambos casos, observando una tendencia a disminuir, por lo que la estabilidad se ve alterada durante el almacenamiento. Estos valores son menores al reportado por García et al. (2012) de 7.30 para harinas de leguminosa almacenadas en congelación y los descritos por Praderes et al. (2009) en harinas de *Cajanus cajan* con un promedio de 6.7. El pH es un factor importante ya que en función de este se ven afectadas características como sabor, color y vida de anaquel de un producto (Alzamora, 1997). El pH necesario para que se lleven a cabo reacciones entre los componentes de un alimento suele ser extremo. a valores de 3 y 7, los alimentos son relativamente estables. El suplemento analizado tiene en

su composición un mayor porcentaje de carbohidratos, seguido de grasas y proteínas. Aunque los primeros podrían ser causantes de una disminución en el pH, requieren de la presencia de microorganismos como las levaduras para formar productos de productos ácidos como el ácido láctico o acético, microorganismos que se encuentran en valores menores a los 10 UFC/g (anexo 1), insuficientes para llevar a cabo este proceso (Carbonero, 1975; Fennema, 2010).

Los lípidos que son el segundo macronutriente presente pueden presentar oxidación lipídica

al aumentar el oxígeno disponible y/o la exposición a la luz con el paso del tiempo, lo que produce ácidos grasos libres, que contribuyen a la acidez del producto final (Fennema, 2010).

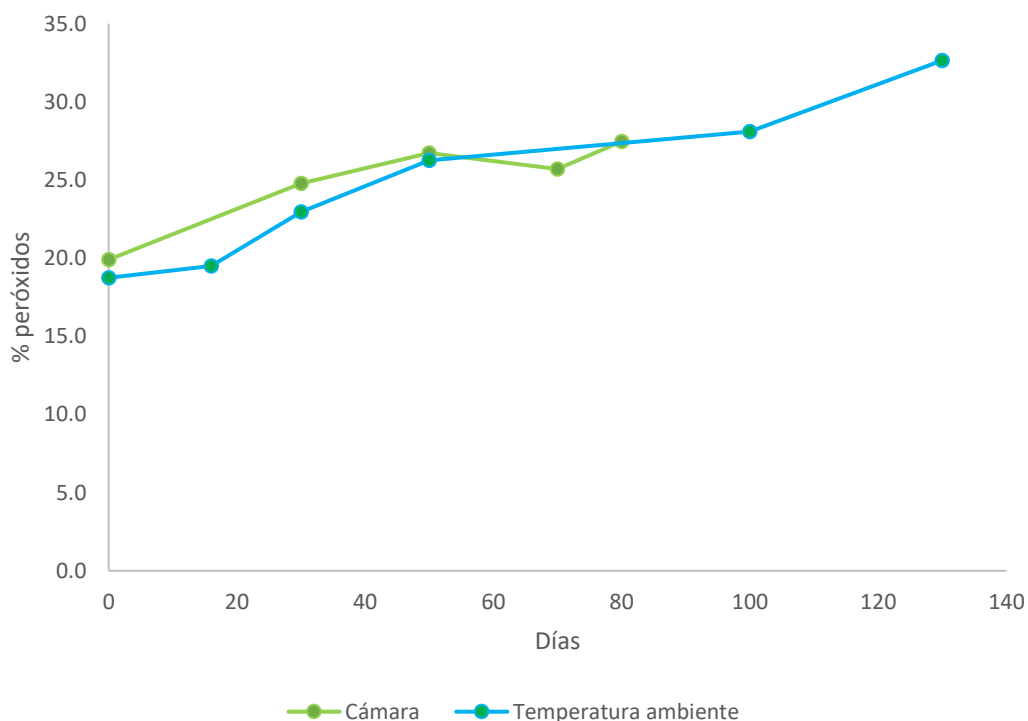
En cuanto a las proteínas, dependen de los aminoácidos que las conforman, ya que presentan reactividad distinta dependiendo de la naturaleza de su cadena lateral, lo que refleja su estabilidad o reactividad, si hay reactividad se liberan aminoácidos, que reducen el pH del producto (Badui, 2013).



Gráfica 3. pH en el suplemento alimenticio almacenado a temperatura ambiente y condiciones controladas de humedad – temperatura

9.2.4 % peróxidos

En la Gráfica 4 se observa que el valor de % de peróxidos aumentó. Con base en la ANOVA (p -value < 0.05, anexo 2) existe diferencia significativa para ambas condiciones, modificándose de 18.74 a 32.64 % para temperatura ambiente y de 19.90 a 26.24 % condiciones controladas. La oxidación de las grasas conlleva a la generación de malos sabores y olores, esto no solo abarca en el problema de la calidad sino en la presentación final del producto (Badui, 2013). La acidez grasa se expresa como mg de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar 100 g de harina (%). CODEX STAN 152 – 1995 indica un valor de acidez grasa de no más de 50 mg de hidróxido de potasio para neutralizar los ácidos grasos libres en 100 gramos de harina, por lo que los valores obtenidos se encuentran dentro del límite máximo señalado.



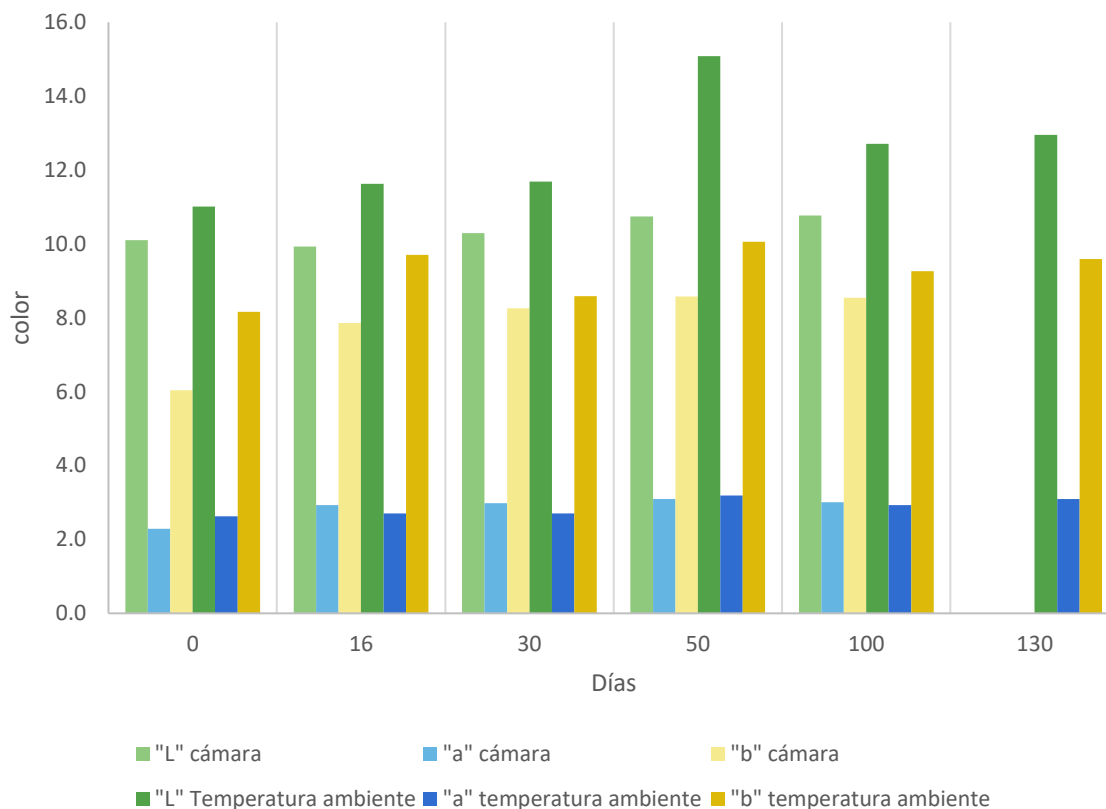
Gráfica 4. % de peróxidos en el suplemento alimenticio almacenado a temperatura ambiente y condiciones controladas de humedad – temperatura

9.2.5 Color

En la Gráfica 5 se presentan las medias para los parámetros de color **L** (luminosidad), **a** (rojo o verde) y **b** (amarillo o azul) para ambas condiciones de almacenamiento. Se observa diferencia significativa en los valores obtenidos a condiciones controladas de humedad – temperatura, mientras que en condiciones ambientales, los 3 parámetros se mantienen constantes (ANOVA *p-value* < 0.05, anexo 2). Los valores máximos reportados en condiciones controladas se dieron el día 50; para el parámetro **L** fue de 15.08 unidades con luminosidad baja, para la variable **a** 3.19 unidades colocándose en los tonos rojos y finalmente para la variable **b** 10.06 unidades, quedando en la zona de los amarillos. De la relación a^*/b^* sobre la tendencia de color todos los valores obtenidos fueron menores a 1, lo que indica un índice de coloración amarilla de las muestras, debida a la oxidación de los pigmentos naturales propios de los cereales y leguminosas presentes.

Cerezal et al. (2011) reporta para valores de **L** entre 87.77 y 89.69 unidades, cercano a colores claros de mayor luminosidad, y valores obtenidos de la relación a^*/b^* sobre la tendencia de color menores a 1 para un suplemento alimenticio de una mezcla de harinas de quinua y lupino.

El parámetro **L** obtenido como máximo en el análisis y el reportado en la literatura no son similares, esto puede deberse a la luminosidad del tipo de leguminosas utilizadas en cada suplemento. Los valores de a^*/b^* ; para ambos casos es menor a 1, lo que indica un índice de coloración amarilla de las muestras, según lo descrito por Larrauri et al., (2000).



Gráfica 5. Parámetros de color en el suplemento alimenticio almacenado a temperatura ambiente y condiciones controladas de humedad – temperatura

9.3 Sensoriales

9.3.1 Nivel de agrado

En la Gráfica 6 se observan las medias obtenidas para nivel de agrado “sabor” y nivel de agrado “general” del suplemento almacenado a temperatura ambiente, para ambos parámetros hubo diferencia significativa (ANOVA $p\text{-value} < 0.05$, anexo 5) a partir del día 50 (anexo 5) descendiendo a 5.1 para agrado sabor y agrado general, cuyos valores corresponden a “ni me gusta, ni me disgusta”, lo que indica un deterioro en las propiedades organolépticas del suplemento, debida a factores como una disminución del pH (que lleva a la acidificación) o un aumento de rancidez (que lleva a la generación de olores y sabores desagradables).

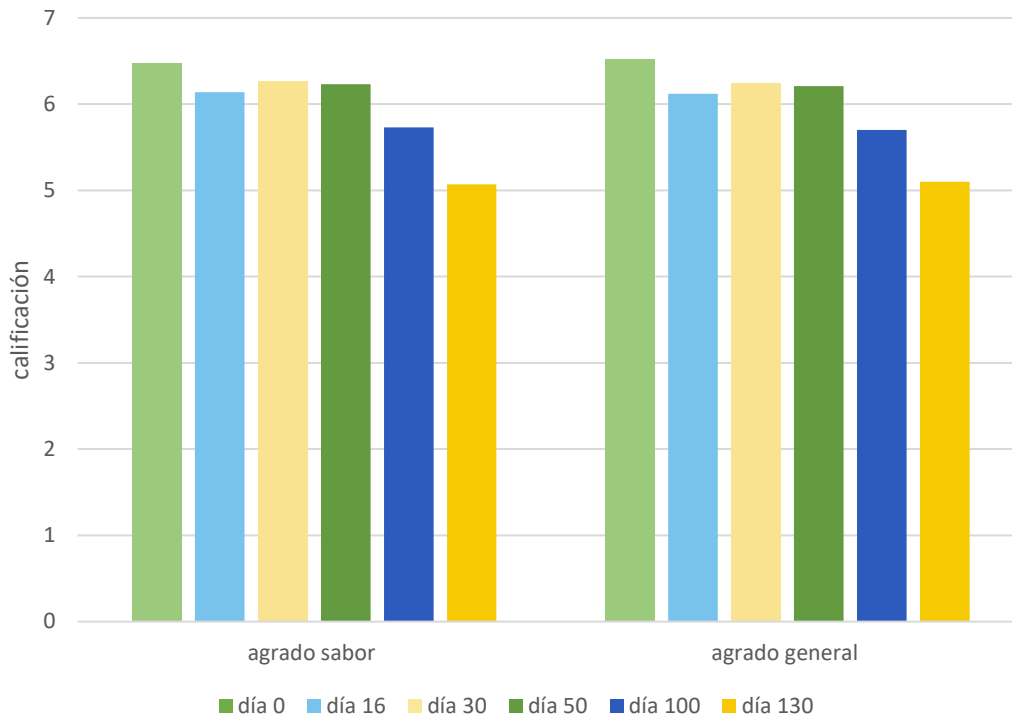
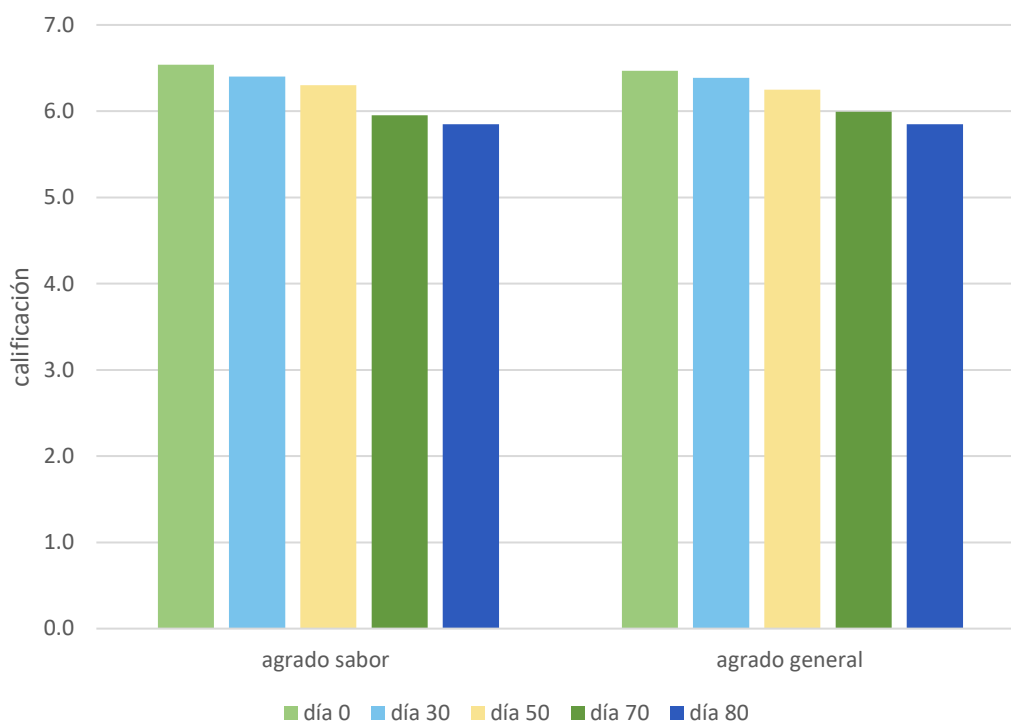


Gráfico 6. Nivel de agrado en el suplemento alimenticio almacenado a temperatura ambiente.

En la Gráfica 7 se observan las medias obtenidas para nivel de agrado “sabor” y nivel de agrado “general” del suplemento almacenado a condiciones controladas de humedad – temperatura, para ambos parámetros hubo diferencia significativa (ANOVA $p\text{-value} < 0.05$, anexo 5) a partir del día 30 (anexo 5). Las calificaciones mínimas obtenidas se dieron el día 80 de almacenamiento con 5.9 para ambos parámetros, lo que corresponde a (ni me gusta ni me disgusta), al disminuir tanto el nivel de agrado general como el de sabor, se infiere el deterioro en las propiedades organolépticas del suplemento.

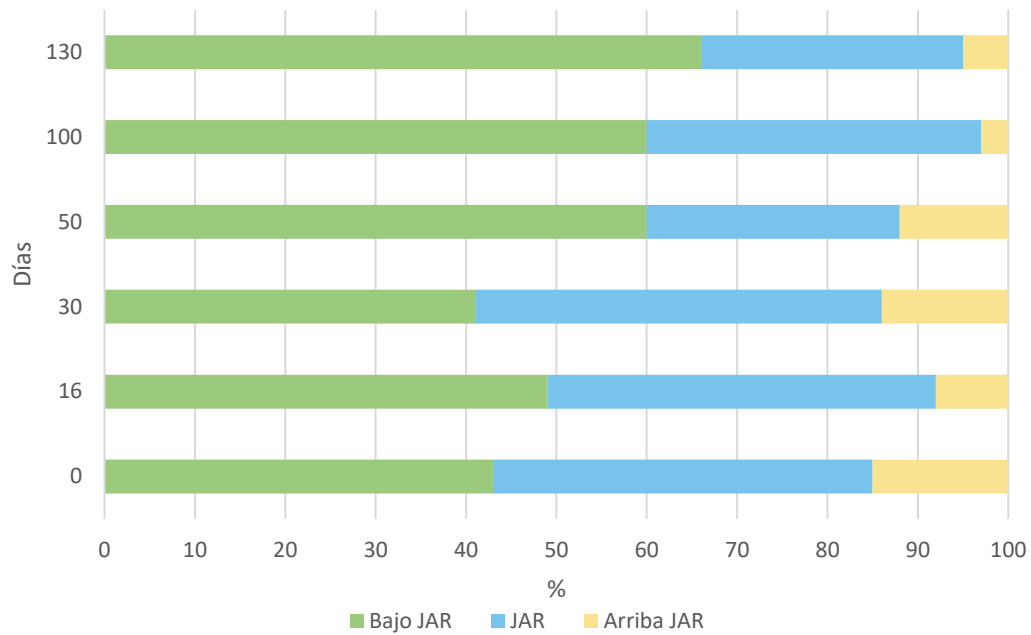


Gráfica 7. Nivel de agrado en el suplemento alimenticio almacenado en condiciones controladas de humedad – temperatura

Para ambas condiciones de almacenamiento el deterioro en las propiedades fisicoquímicas se correlacionan con un aumento en el rechazo de las propiedades sensoriales evaluadas en el suplemento.

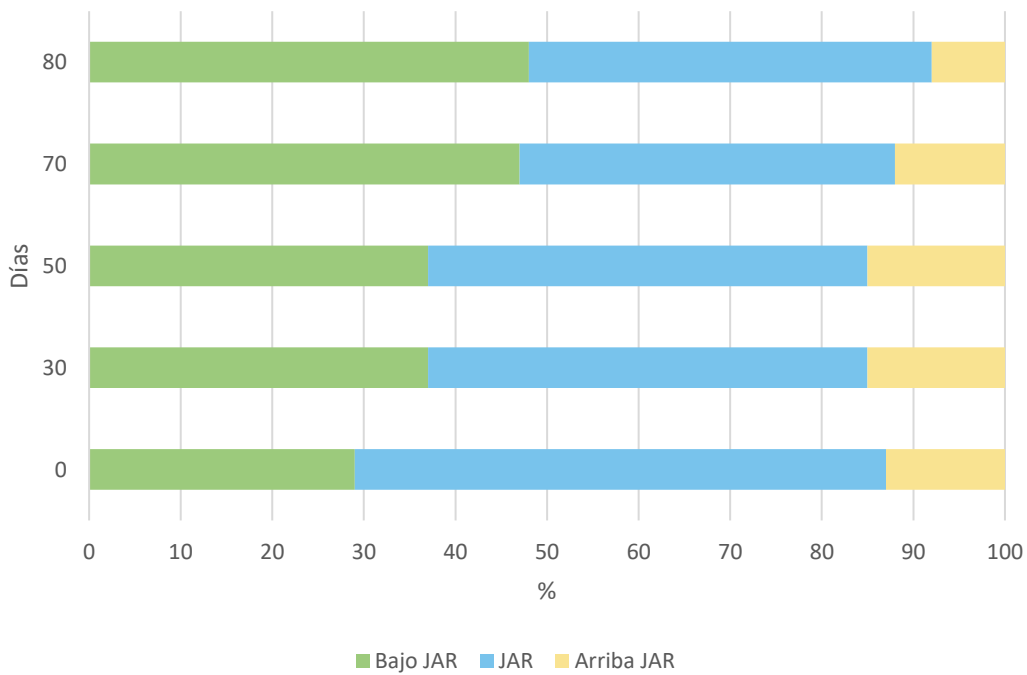
9.3.2 Justo como lo esperaba

En la Gráfica 8 se presentan los porcentajes otorgados en condiciones ambientales, el porcentaje de dulzor disminuyó con el paso del tiempo, debido posiblemente a la acidificación del suplemento por la oxidación de los lípidos presentes en formulación, llegando a un mínimo el día 130 con un valor de 66% presentando diferencia significativa (ANOVA p -value < 0.05, anexo 5). Por tanto podemos decir que el consumidor percibió como bajo a muy bajo el nivel de dulzor del suplemento.



Gráfica 8 % JAR (DULZOR) del suplemento alimenticio almacenado a condiciones ambientales

En la Gráfica 9 se observan los porcentajes de acuerdo al atributo de dulzor para condiciones controladas de humedad– temperatura, en donde se alcanzó un 44% de percepción menor a la esperada como mínimo el día 80 de almacenamiento, presentando diferencia significativa (ANOVA $p\text{-value} < 0.05$, anexo 5).



Gráfica 9. % JAR (DULZOR) del suplemento alimenticio almacenado en condiciones controladas de humedad – temperatura

La prueba Justo como lo esperaba es utilizada comúnmente para conectar la aceptación del consumidor con la intensidad del atributo (Lawless, 2010; Narayanan et al. 2014), por tanto la aceptación del suplemento en relación al dulzor disminuyó con el paso del tiempo, tanto para el almacenado en condiciones controladas de humedad – temperatura como para el almacenado en condiciones ambientales, lo que podría estar relacionado con la disminución de pH (Gráfica 3) y la acidificación del suplemento debido a la formación de ácidos grasos libres, así como aldehídos y cetonas provenientes de la oxidación lipídica (Badui, 2013; Fennema, 2010).

9.4 Análisis de supervivencia

9.4.1 Determinación de vida de anaquel para el suplemento almacenado en condiciones controladas de humedad – temperatura

En la Tabla 9 se presentan los resultados de la prueba de aceptación durante el periodo de almacenamiento. El total de consumidores encuestados fue 500, cien para cada sesión.

Tabla 9. Resultados de la prueba de preferencia del suplemento almacenado en condiciones controladas de humedad – temperatura.

Almacenamiento (días)	% Aceptación	% Rechazo
0	71 %	21%
30	80%	20%
50	80%	20%
70	71%	29%
80	64%	36%

El 71% de los encuestados aceptaron la muestra fresca para finalizar el día 80 con un 64%, por lo que no es posible obtener la fecha de consumo preferente al no obtener un 50 % de rechazo en preferencia (Gacula et al, 1984). Sería recomendable seguir con el análisis hasta llegar al % de rechazo necesario, para poder determinar la vida sensorial útil del suplemento.

9.4.2 Determinación de vida de anaquel para el suplemento almacenado a temperatura ambiente.

En la Tabla 10 se pueden observar los resultados de la prueba de aceptación a lo largo del tiempo de almacenamiento del suplemento en condiciones ambientales. Se observó un incremento en el rechazo de los consumidores durante el almacenamiento, el mínimo fue de 54% el día 130, por lo que es posible determinar la fecha de consumo preferente al tener lo que se considera como un porcentaje de rechazo adecuado (mayor al 50%).

Tabla 10. Resultados de la prueba de preferencia del suplemento almacenado a temperatura ambiente.

Almacenamiento (días)	% Aceptación	% Rechazo
0	78%	22%
16	72%	28%
30	72%	28%
50	68%	32%
100	49%	51%
130	46%	54%

9.5 Vida de anaquel

En la Tabla 7 presentan los valores de AIC, en el que el modelo con el valor más bajo fue la distribución de Weibull seguida de Loglogística y Lognormal.

Con base en lo anterior calculó la vida de anaquel para la distribución de Weibull haciendo uso del programa Rstudio 3.5.0, obteniendo los resultados que se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Vida de anaquel al 10, 25 y 50% de rechazo, para el suplemento alimenticio almacenado a temperatura ambiente

% Rechazo	WEIBULL
10	0.00241
25	1.45675
50	397.835

La fecha de consumo preferente fue de 398 días por distribución-Weibull.

La vida de anaquel calculada mediante distribución-Weibull puede compararse con valores reportados en la literatura para productos almacenados en condiciones similares, los ejemplos se presentan en la tabla 12.

Tabla 12. Valores reportados en la literatura para productos similares al suplemento alimenticio

Autor	Producto	Vida de anaquel
Kanika et al (2017)	Suplemento dietético	180 días
Boyer et al (2018)	Harina entera de trigo	6 – 8 meses
Khanam et al (2013)	Suplemento alimenticio	1 año
Cerezal et al (2011)	Producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa	9 meses
Kunyanga et al (2012)	Suplemento alimenticio	4 meses
Organización de consumidores <i>Eat By Date</i>	Harinas de cereales	1 a 2 años

Como se puede observar, el valor obtenido de vida de anaquel (1 año aproximadamente) es equivalente a la estudiada para productos similares en composición, presentación y condiciones de almacenamiento.

El tiempo de vida útil se expresa en intervalos dependiendo de varios factores extrínsecos (como el tiempo, temperatura, % humedad, exposición a la luz, etc) que

al ser ajenos a la naturaleza de los alimentos, si se modifican las condiciones de almacenamiento pueden modificar el período de la vida de anaquel (Hough, 2010).

10. CONCLUSIONES

La inocuidad del suplemento no se afectó a lo largo del tiempo de almacenamiento estudiado en este trabajo, debido a la ausencia de los microorganismos indicadores (mesófilos, coliformes, hongos y levaduras) en ambas condiciones de almacenamiento, por lo que no se presenta un riesgo a la salud del consumidor por la posible presencia de microorganismos patógenos.

Las propiedades fisicoquímicas tuvieron cambios significativos en % de humedad, aw, pH y % peróxidos degradándose con el paso del tiempo, evidenciando una disminución en la estabilidad del suplemento para ambas condiciones de almacenamiento.

Para el suplemento almacenado en condiciones controladas de 58%HR/37°C, las propiedades de deterioro del suplemento aumentaron durante el periodo de almacenamiento estudiado en este trabajo (130 días). Sin embargo, se obtuvo sólo un rechazo de 36%, valor que no es suficiente para determinar la vida de anaquel. Por tanto, se sugiere hacer el análisis por un periodo más largo hasta alcanzar un rechazo del 50%.

En condiciones ambientales de 25% HR/27°C, se obtuvo una fecha de consumo preferente de 398 días, valor que se considera adecuado para la naturaleza del producto.

11. PERSPECTIVAS

- Se sugiere evaluar la calidad microbiológica y estabilidad del suplemento almacenado en condiciones controladas de humedad – temperatura (58% HR/37°C) por un periodo mayor a los 130 días, hasta alcanzar un rechazo en consumidores mayor al 50% para determinar su vida útil sensorial.

- Se sugiere evaluar la vida útil del suplemento en condiciones distintas; envases laminados, refrigeración y/o congelación.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. AACC. 1980. *Approved Methods of Analysis*. AACC Method 02-03.02 Fat Acidity Rapid Method, Washington D.C
2. Afshari, H. Farahnaky, A. 2011. *Evaluation of photoshop software potential for food colorimetry*. Journal of Food Engineering. 106, 170-175.
3. Ajit, J., Stanley J. Dapkunas, Lin-Sien H. Lum. 2011. *Particle size characterization*. Universidad de Michigan. National Institute of Standards and Technology
4. Akaike, H. 1974. *A new look at the statistical model identification*. IEEE Transactions on Automatic Control 19 - 6, 716-723.
5. Álvarez, S.M., Zapico, T., De Aguiar, J. Y. y Carrazedo, J.A. (2008). *Adaptación de la escala hedónica facial para medir preferencias alimentarias de alumnos de pre-escolar*. Revista chilena de nutrición. 35 (1): 38-42.
6. Alzamora, S.M. 1997. *Preservación. Alimentos conservados por factores combinados*. En: J.M. Aguilera (Ed.). Temas en tecnologías de Alimentos.1. México. CYTED.IPN. P. 45- 48.
7. Anzaldúa, A. 1994. *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Acribia, Zaragoza.
8. Ashurst, P. R. 2010. *Packaging and the Shelf of Water and Carbonated Drinks*. En. GL. Robertson ed. Food Packaging and Shelf Life. Tallahassee. Taylor and Francis Group. Capitulo 9.
9. Atwell, W. 2001. *Wheat Flour: Practical Guides for the Food Industry*. St Paul Minnesota: Eagan Press Handbook Series.
10. Badui, S. 2013. *Química de los alimentos*. 4ta edición. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.
11. Belitz, H., Grosch, W., Schieberle, P., 2009. *Química de los Alimentos*. Heidelberg: Springer-Verlag GmbH.
12. Bello J., 2000. *Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos*. Madrid: Díaz de Santos.

13. Bishop, J. R. y White, C. H. 1986. *Assessment of dairy product quality and potential shelf-life*. A review. *Journal of Food Protection*, 49, 739-753
14. Boyer, R., McKinney, J. 2018. *Food Storage Guidelines for Consumers*. Virginia Cooperative Extension, Virginia Tech. 348 – 960.
15. Calderón, V., Pascual, M., 1999. *Microbiología Alimentaria. Metodología analítica para alimentos y bebidas*. 2da edición. Madrid. Díaz de Santos.
16. Cantillo, J., Fernández, C., Núñez, M. 1994 *Durabilidad de los Alimentos Métodos de Estimación*. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. ISSN 1816-7712, 75-82
17. Carbonero, Z., P. 1975. *Bioquímica de las fermentaciones*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. ISBN 8460067548.
18. Cárdenas, N., Cevallos C., Salazar J., Gallegos P., Cáceres M. 2018. *Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico*. *Dominio de las Ciencias*,4: 253-263.
19. Cartie, R., Rytz, A., Lecomte, A., Poblete, F., Krystlik J., Belin, E., Martin, N. 2006 *Sorting procedure as an alternative to quantitative descriptive analysis to obtain a product sensory map*. *Food Qual Pref*: 17:562-571.
20. Cenzano. I. 1994. *Nuevo Manual de Industrias Alimentarias*. A Madrid Vicente Ediciones. España.
21. Cerezal, P., Urtuvia, G., Ramírez, V., Arcos, R. 2011. *Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses; II: Propiedades de las mezclas*. *Nutrición Hospitalaria*. 26(1):161-169.
22. Chicho E. 2017. *Causas de la malnutrición del mexicano desde una perspectiva económica*. *Tiempo Económico*. Universidad Autónoma Metropolitana. vol. XII 37: 49-63
23. CODEX ALIMENTARIUS. 1995. *Cereales, legumbres, leguminosas, productos derivados y proteínas vegetales*. 2da edición. Roma: Viale delle Terme di Caracalla.
24. Costell, E., 2004. *El análisis sensorial en el control y aseguramiento de la calidad de los alimentos: una posibilidad real*. [pdf] 2004. Disponible en:

http://digital.csic.es/bitstream/10261/5729/1/IATA_AGROCSIC_Analisis.pdf

[último acceso el 12 de febrero de 2021]

25. Coutiño, C. Ma. V., Gómez, A. D., Ma., Pedrero, F. D. & Sasian, A. R. (2002). Evaluación Sensorial. Prácticas de Laboratorio. 1a ed. Facultad de Química, UNAM. Departamento de Alimentos y Biotecnología.
26. Cruz, A., Cadena, R., Granato, D., Faria, J., Walter, E., Mortazavian, A. & Bolini, H. 2010. *Sensory Analysis: Relevance for Prebiotic, Probiotic, and Synbiotic Product Development*, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9: 358-370.
27. Cuevas, L., Gaona, E., Rodríguez, S., Morales, MC., González, LD., García, R., Gómez, LM, Ávila, MA., Shamah, T., Rivera, J., 2019. *Desnutrición crónica en población infantil de localidades con menos de 100000 habitantes en México*. Salud Pública Mex. 61:833-840.
28. Drake, M. 2008. *Sensory analysis of dairy foods*. Journal Dairy Science.90: 4925–37.
29. Espinosa, J., 2007. *Evaluación sensorial de los alimentos*. La Habana: Editorial Universitaria
30. Fenemma, O. 2010. *Química de los Alimentos*. III. Acribia. Zaragoza. España.
31. Forsythe, S. J., Hayes P.R. 2002. *Higiene de los alimentos, microbiología y HACCP*. Acribia, Zaragoza España. Segunda edición.
32. Gacula, M.C., Singh J., 1984. *Statistical methods in food and consumer research*, Orlando, FL: Academic Press Inc.
33. García. O., Aiello, C., Peña, M., Ruiz, J., Acevedo, I. 2012. *Caracterización fisicoquímica y propiedades funcionales de la harina obtenida de granos de quinchoncho (Cajanus cajan (L.) Millsp.) sometidos a diferentes procesamientos*. Revista Científica UDO Agrícola 12 (4): 919-928.
34. Garitta, L., Hough, G., y Sánchez, R. 2004. *Sensory shelf life of dulce de leche*. *Journal of Dairy Science*, 87, 1601–1607. DOI: 10.3168/jds. S0022-0302(04)73314-7

35. Giménez, A., Ares, F. y Ares, G. 2012. *Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches*. *Food Research International*, 49, 311- 325. DOI: 10.1016/j.foodres.2012.07.008
36. Giraldo I., 1999. *Métodos de estudio de vida de anaquel de los alimentos*. Universidad Nacional de Colombia.
37. Guerra, S; Lagazio, C.; Manzocco, L.; Barnaba, M.; Cappuccio, R., 2008. *Risks and pitfalls of sensory data analysis for shelf-life prediction: Data simulation applied to the case of coffee*. *Food Science and Technology*. 41, 2070-2078.
38. Guerrero I. 2014. *Microbiología de los alimentos*. México. Limusa.
39. Hamui, A., Varela, R. M. (2013). *La técnica de grupos focales*. 2(5), 55–60. [https://doi.org/10.1016/s2007-5057\(13\)72683-8](https://doi.org/10.1016/s2007-5057(13)72683-8)
40. Harris, D. 2003. Equilibrio químico. En: *Análisis químico cuantitativo*. Barcelona: Reverté, pp. 99-120.
41. Hough, G., 2010. *Sensory Shelf-Life Estimation of Food Products*. Boca Raton: CRC Press
42. Hough, G., Langohr, K., Gómez, G. y Curia, A. 2003. *Analysis applied to sensory shelf-life of foods*. *Journal of Food Science*, 68 (1), 359-362. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2003.tb14165.x
43. Hough, G., Wittig, E. 2005. Introducción al análisis sensorial. En estimación de la vida útil sensorial de los alimentos, eds G. Hough y S. Fiszman. Madrid CYTED Program
44. Hough, G.; Gómez, G.; Curia, A. 2002. *Survival Analysis Applied to sensory shelf life of foods*. *JFS: Sensory and Nutritive Qualities of food*. 68 (359-362).
45. ISO 18787:2017 Foodstuffs — Determination of water activity
46. Kanika, P., Thompkinson, D. 2017. *Changes in the Shelf-Life Parameters of Dietary Supplement During Storage*. *Current Research in Nutrition and Food Science*. 5(1), 15-24.
47. Khanam, A., Kumkum, R., Swamylingappa B. 2013. *Functional and nutritional evaluation of supplementary food formulations*. *J Food Sci Technol*. 50(2):309–316

48. Klein, J. P., y Moescheberger, M. L. 1997. *Survival analysis, techniques for censored and truncated data*. New York, EE. UU.: Springer-Verlag Inc
49. Kleinbaum, D.G., 1996. *Survival analysis: A self-learning text*. New York: Springer Verlag Inc.
50. Knapik, J., Trone, D., Austin, K., Steelman, R., Farina, E. y Lieberman, H. 2016. *Prevalence, Adverse Events, and Factors Associated with Dietary Supplement and Nutritional Supplement Use. Journal of the Academy Nutrition and Dietetics*, 116(9): 2212-2672.
51. Kohli, S., Timelin, B., Fabius, V., Moulvad, S. 2020. *How COVID-19 is changing consumer behavior—now and forever*. McKinsey & Company.
52. Kramer, A. Y. Twingg A. B. 1962. *Fundamentals of Quality Control for the Food Industry Color and gloss*. The Avi publishing company, Inc. Westport, Conn. EUA.
53. Kramer, A. Y. Twingg A. B. 1970. *Fundamentals of Quality Control for the Food Industry Color and gloss*. The Avi publishing company., Inc. Westport, Conn. EUA
54. Kunyanga, C., Imungi, J., Okoth, M., Vadivel, V., Biesalski, H. 2012. *Development, acceptability, and nutritional characteristics of a low-cost, shelf-stable supplementary food product for vulnerable groups in Kenya*. Food and Nutrition Bulletin, 33 (2)
55. Labuza, T. P., Schmidl, M. K. 1985. “*Pruebas aceleradas de vida útil de los alimentos*”, Food Technology. Volumen 9. No. 2.
56. Larrauri, J., Saura, C. 2000. *Evaluation of CIE-lab colour parameters during the clarification of a sugar syrup from Mesquite pods (Prosopis Pallida L.)*. Int J Food Sci Technol. 4 (35): 385-389.
57. Lawless, H. T. & Heymann, H. 2010. *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. Chapter 14. Acceptance Testing. (Ed.) Springer, New York.
58. Lea P., Næs T., and Rodbotten M. 1998. *Analysis of Variance for Sensory Data*. John Wiley and Sons. New York.
59. Lira M., 2007. *Guía para la evaluación sensorial de alimentos*. Instituto de investigación nutricional.
60. Malakar, P. K., Martens, D. E., Zwietering, M. H., Béal, C., Van't Riet, K. 1999. *Modeling the interactions between Lactobacillus curvatus and Enterobacter*

- cloacae II. Mixed cultures and shelf-life predictions.* (pp. 67-69). *Int. J. Food Microb*
61. Man, D., Jones, A., 2000. *Scientific principles of shelf-life evaluation*. En: D, Man., y A, Jones. eds *Shelf-Life evaluation of foods*. London: Blackie A & P, Capitulo 1.
 62. Meeker, W. Q. y Escobar, L. A. 1998. *Statistical methods for reliability data*. New York: John Wiley y Sons.
 63. Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 2007. *Sensory Evaluation Techniques*, 4th Ed., CRC Press, Boca Raton, FL.
 64. Meiselman, H. L. 1992. *Methodology and theory in human eating research. Appetite*, 19(1), 49–55. DOI: 10.1016/0195-6663(92)90235-X
 65. Meléndez A., Britton G., Vicario I., and Heredia F. 2006. *Relationship between the color and the chemical structure of carotenoid pigments*. *Food Chemistry* 101, 1145-1150.
 66. Munsell, A. H. 1905. *A color notation – A measured color system based on the three qualities: Hue, value and chroma*. Geo H. Ellis Co. Boston.
 67. Murray, J. M., Delahunty, C. M. Baxter, I. A. 2001. *Descriptive analysis: Past, present, and future*. *Food Research International*, 34, 461–471.
 68. Narayanan, P., Chinnasamy, L., Jin, L., Clark, S., 2014. *Use of just about right scales and penalti analysis to determine appropriate concentrations of stevia sweeteners for vainilla yogurt*. *Journal Dairy Science*, 97: 3262 – 3272.
 69. NMX-F-317-S-1978. DETERMINACIÓN DE pH EN ALIMENTOS. DETERMINATION OF pH IN FOODS. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.
 70. NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria.
 71. NORMA Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes Y Servicios. Método Para La Cuenta De Bacterias Aerobias En Placa.

72. NORMA Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes Y Servicios. Método Para La Cuenta De Mohos Y Levaduras En Alimentos.
73. NORMA Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes Y Servicios. Método Para La Cuenta De Microorganismos Coliformes Totales En Placa.
74. NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.
75. Organización de consumidores *Eat By Date* [en línea]. Disponible en <http://www.eatbydate.com/> [Último acceso el 07 de Enero de 2022].
76. Paine, F, Paine, H, 1994. *Manual del Envasado de Alimentos*. Toledo: A Madrid Vicente.
77. Piggott, J. 1995. Design questions in sensory and consumer science. *Food Quality and Preference*, 6: 2017-220.
78. Praderes, G., García, A., Pacheco, E., 2009. *Caracterización fisicoquímica y propiedades funcionales de harina de quinchoncho (Cajanus cajan) obtenida por secado en doble tambor rotatorio*. *Revista de la Facultad de Agronomía (UCV)* 35 (2): 79-84.
79. Rahaman, S., 1995. *Food Properties Handbook*. Boca Raton: CRC Press,
80. Ramírez Miranda, M., Cruz, Victoria, M.T., Vizcarra-Mendoza, M.G., Anaya-Sosa, I. 2014. *Determinación de las Isotermas de sorción y las propiedades termodinámicas de harina de maíz nixtamalizada*. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 13 (1): 165-178.
81. Ramírez, J. S. 2012. *Análisis Sensorial: Pruebas Orientadas al Consumidor*. Universidad Del Valle. Cali, Colombia. *ReCiTeIA*, 12(1): 83-94.
82. Reyes, H., 2010. *La determinación de la vida útil de los productos alimenticios. Hablemos Claro*. [En línea] (Actualizado al 11 de mayo de 2010). Disponible en: http://www.hablemosclaro.org/Articulos/La_determinaci%C3%B3n_de_la_vida_%C3%BAtil_de_los_productos_alimenticios#.Veuev39_Oko [Último acceso el 10 de febrero de 2022].

83. Roos, L. J., Jean-Claude Cheftel. 1995. *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Zaragoza, España.
84. Rothman, L. & Parker, M. J. 2009. Just-about-Right (JAR) Scales: *Design, Usage, Benefits, and Risks*. (Eds) Rothman, L. & Jo Parker, M. ASTM. Pensilvania. pp, 2- 4.
85. Ruiz, J., Segura M., Chel L. y Betancur D. 2008. *Caducidad de productos alimenticios: implicaciones teóricas y prácticas*. Revista de la Facultad de Ingeniería Química (Yucatán, México). 47, 17-24.
86. Saint-Eve, A., Paçi Kora, E. and Martin, N. 2004. *Impact of the olfactory quality and chemical complexity of the flavouring agent on the texture of low fat stirred yogurts assessed by three different sensory methodologies*. Food Quality and Preference, 15, 655–668.
87. Sandoval, A. 2015. *Postgrado de biotecnología-microbiología.*, Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez Núcleo regional de educación avanzada Valencia [En línea] (Actualizado al 23 de marzo de 2015). Disponible en: <http://biotecnologiapostgrado.blogspot.com/2015/03/> [Último acceso el 19 de febrero 2022].
88. Severiano, P., Gómez, D., Mendez, C., Pedrero, D., Gómez, C., Ríos, T., Escamilla, A. y Utrera, M. 2016. *Manual del taller de evaluación sensorial*. Facultad de Química. UNAM.
89. Shewfelt R. 2009. *Introducing food science*. Editorial CRC PRESS Taylor and Francis Group. Londres, Gran Bretaña. Pp. 314-327.
90. Tamime, A. Y., Marshall, V. 1997. *Microbiología y tecnología de las leches fermentadas*. Law, BA (eds) Microbiología y Bioquímica del Queso y Leche Fermentada. Springer, Boston.
91. Taub, I. A. Singh, P. R. 1998. *Food storage stability*. Estados Unidos: CRS Press. 539 p.
92. Williams, A. A. and Langron, S. P. 1984. *The use of free choice profiling for the examination of commercial ports*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 35, 558–568.

93. Wu, D. Sun, D. W. 2013. *Colour measurements by computer vision for food quality control—A Review*. Trends in Food
94. Yahia, E. 1992. *Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas*, Madrid: Limusa.
95. Zamora, F. 2003. *Elaboración y crianza del vino tinto: Aspectos científicos y prácticos*. 53-58p. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 224p.
96. Zarco A, Mora G, Pelcastre B, Flores M, Bronfman M. 2006. *Aceptabilidad de los suplementos alimenticios del programa Oportunidades*. Salud Publica Mex. 48:325.

13. ANEXOS

Anexo 1. Resultados microbiológicos obtenidos para el suplemento alimenticio en ambas condiciones de almacenamiento.

Mesófilos aerobios

TABLA 13. Crecimiento de Mesófilos aerobios en el suplemento alimenticio, incubados a 37°C - 24 hrs.
Para condiciones controladas de humedad - temperatura. (UFC/gramo)

Dilución	Día				
	0	30	50	70	80
10 ⁻¹	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e
10 ⁻²	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e
10 ⁻³	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e

v.e = valor estimado

TABLA 14. Crecimiento de Mesófilos aerobios en el suplemento alimenticio, incubados a 37°C - 24 hrs.
Para condiciones ambientales. (UFC/gramo)

Dilución	Día					
	0	16	30	50	100	130
10 ⁻¹	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e
10 ⁻²	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e
10 ⁻³	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e

v.e = valor estimado

Coliformes totales

TABLA 15. Crecimiento de coliformes totales en el suplemento alimenticio, incubados a 37°C - 48 hrs.
Para condiciones controladas de humedad - temperatura. (UFC/gramo)

Dilución	Día				
	0	30	50	70	80
10 ⁻¹	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e
10 ⁻²	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e
10 ⁻³	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e

v.e = valor estimado

TABLA 16. Crecimiento de coliformes totales en el suplemento alimenticio, incubados a 37°C - 48 hrs.
Para condiciones ambientales. (UFC/gramo)

Dilución	Día					
	0	16	30	50	100	130
10 ⁻¹	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e
10 ⁻²	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e
10 ⁻³	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e

v.e = valor estimado

Hongos y levaduras

TABLA 17. Crecimiento de mohos y levaduras en el suplemento alimenticio, incubados 2 a 3 días a 20° ± 25°C. Para condiciones controladas de humedad - temperatura. (UFC/gramo)

Dilución	Día				
	0	30	50	70	80
10 ⁻¹	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e
10 ⁻²	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e
10 ⁻³	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e

v.e = valor estimado

TABLA 18. Crecimiento de mohos y levaduras en el suplemento alimenticio, incubados 2 a 3 días a 20° ± 25°C. Para condiciones ambientales. (UFC/gramo)

Dilución	Día					
	0	16	30	50	100	130
10 ⁻¹	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e
10 ⁻²	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e
10 ⁻³	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e	< 10, v. e

v.e = valor estimado

Anexo 2. ANOVAS de resultados fisicoquímicos obtenidos para el suplemento alimenticio en ambas condiciones de almacenamiento.

ANOVAS de métodos fisicoquímicos

% Humedad

Análisis de varianza del análisis de % humedad realizada al suplemento alimenticio en condiciones controladas (58% HR/37 °C)

Análisis de la varianza (Variable % humedad):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	4	9.7535	2.4384	169.4886	< 0.0001
Error	10	0.1439	0.0144		
Total, corregido	14	9.8974			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Análisis de varianza del análisis de % humedad realizada al suplemento alimenticio en condiciones ambientales (25% HR/27°C)

Análisis de la varianza (Variable %humedad):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	5	19.5318	3.9064	28.2206	< 0.0001
Error	12	1.6611	0.1384		
Total, corregido	17	21.1928			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

A_w

Análisis de varianza del análisis de a_w realizada al suplemento alimenticio en condiciones controladas (58% HR/37 °C)

Análisis de la varianza (Variable a_w):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	4	0.1479	0.0370	1224.6872	< 0.0001
Error	10	0.0003	0.0000		
Total, corregido	14	0.1482			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Análisis de varianza del análisis de a_w realizada al suplemento alimenticio en condiciones ambientales (25% HR/27°C)

Análisis de la varianza (Variable a_w):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	5	0.1618	0.0324	200.1535	< 0.0001
Error	12	0.0019	0.0002		
Total corregido	17	0.1637			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

pH

Análisis de varianza del análisis de pH realizada al suplemento alimenticio en condiciones controladas (58% HR/37 °C)

Análisis de la varianza (Variable pH):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	4	6.5510	1.6378	11166.5227	< 0.0001
Error	10	0.0015	0.0001		
Total corregido	14	6.5525			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Análisis de varianza del análisis de pH realizada al suplemento alimenticio en condiciones ambientales (25% HR/27°C)

Análisis de la varianza (Variable pH):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	5	3.1470	0.6294	349.6667	< 0.0001
Error	12	0.0216	0.0018		
Total corregido	17	3.1686			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

% peróxidos

Análisis de varianza del análisis de % peroxidos realizada al suplemento alimenticio en condiciones controladas (58% HR/37 °C)

Análisis de la varianza (Variable % peróxidos):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	4	106.4871	26.6218	4.3838	0.0264
Error	10	60.7271	6.0727		
Total corregido	14	167.2142			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Análisis de varianza del análisis de % de peroxidos realizada al suplemento alimenticio en condiciones ambientales (25% HR/27°C)

Análisis de la varianza (Variable % peróxidos):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	5	428.1008	85.6202	4.6593	0.0135
Error	12	220.5147	18.3762		
Total corregido	17	648.6155			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Color

Análisis de varianza del análisis de color para el parámetro “L” realizada al suplemento alimenticio en condiciones controladas (58% HR/37 °C)

Análisis de la varianza (Variable L):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	4	1.7092	0.4273	2.9067	0.0780
Error	10	1.4700	0.1470		
Total corregido	14	3.1792			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Análisis de varianza del análisis de color para el parámetro “a” realizada al suplemento alimenticio en condiciones controladas (58% HR/37 °C)

Análisis de la varianza (Variable a):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	4	1.2588	0.3147	1.4165	0.2976
Error	10	2.2216	0.2222		
Total					
corregido	14	3.4804			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Análisis de varianza del análisis de color para el parámetro “b” realizada al suplemento alimenticio en condiciones controladas (58% HR/37 °C)

Análisis de la varianza (Variable b):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	4	13.3594	3.3398	2.0945	0.1564
Error	10	15.9460	1.5946		
Total					
corregido	14	29.3054			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Análisis de varianza del análisis de color para el parámetro “L” realizada al suplemento alimenticio en condiciones ambientales (25% HR/27°C)

Análisis de la varianza (Variable L):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	5	31.6059	6.3212	322.5087	< 0.0001
Error	12	0.2352	0.0196		
Total					
corregido	17	31.8411			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Análisis de varianza del análisis de color para el parámetro “a” realizada al suplemento alimenticio en condiciones ambientales (25% HR/27°C)

Análisis de la varianza (Variable a):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	5	0.8092	0.1618	8.6238	0.0011
Error	12	0.2252	0.0188		
Total					
corregido	17	1.0344			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Análisis de varianza del análisis de color para el parámetro “b” realizada al suplemento alimenticio en condiciones ambientales (25% HR/27°C)

Análisis de la varianza (Variable b):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	5	110.4042	22.0808	273.2214	< 0.0001
Error	12	0.9698	0.0808		
Total					
corregido	17	111.3740			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Anexo 3. Resumen de las medias obtenidas durante los 130 días de almacenamiento a condiciones ambientales y los 80 días de almacenamiento a condiciones controladas de humedad- temperatura Para las propiedades fisicoquímicas.

TABLA 19. Resumen de medias obtenidas durante los 130 días de almacenamiento a condiciones ambientales. Para las propiedades fisicoquímicas.

Día	% humedad	a_w	pH	% peróxidos	L	a	b
0	1.70 ± 0.30 ^c	0.23 ± 0.03 ^d	6.37 ± 0.03 ^a	18.74 ± 0.72 ^a	11.01 ± 0.03 ^d	2.63 ± 0.28 ^d	8.16 ± 0.54 ^c
16	2.27 ± 0.40 ^b	0.25 ± 0.01 ^d	6.19 ± 0.21 ^b	19.49 ± 0.72 ^{ab}	11.63 ± 0.21 ^c	2.70 ± 0.10 ^{cd}	9.70 ± 0.29 ^d
30	2.70 ± 0.20 ^b	0.30 ± 0.00 ^c	5.91 ± 0.05 ^c	22.96 ± 0.73 ^{abc}	11.69 ± 0.05 ^c	2.70 ± 0.09 ^{cd}	8.59 ± 0.29 ^c
50	3.76 ± 0.31 ^a	0.45 ± 0.00 ^a	5.86 ± 0.01 ^d	26.24 ± 1.47 ^{bc}	15.08 ± 0.01 ^a	3.19 ± 0.04 ^a	10.06 ± 0.13 ^a
100	4.36 ± 0.48 ^a	0.41 ± 0.00 ^b	5.56 ± 0.03 ^e	28.10 ± 0.74 ^b	12.71 ± 0.03 ^b	2.93 ± 0.08 ^{bc}	9.26 ± 0.09 ^b
130	4.42 ± 0.46 ^a	0.45 ± 0.01 ^a	5.09 ± 0.03 ^f	32.64 ± 1.48 ^c	12.95 ± 0.03 ^b	3.09 ± 0.09 ^{ab}	9.59 ± 0.01 ^{ab}

Medias de cada tratamiento con la misma letra no son significativamente diferentes (p-value <0.05), prueba diferencia mínima significativa (DMS).

TABLA 20. Resumen de medias obtenidas durante los 80 días de almacenamiento a condiciones controladas de humedad- temperatura. Para las propiedades fisicoquímicas.

Día	% humedad	a_w	pH	% peróxidos	L	a	b
0	2.29 ± 0.25 ^d	0.22 ± 0.00 ^a	5.92 ± 0.00 ^a	19.90 ± 1.45 ^b	10.10 ± 0.15 ^{ab}	2.29 ± 0.68 ^a	6.04 ± 1.82 ^b
30	2.90 ± 0.09 ^c	0.37 ± 0.01 ^c	5.60 ± 0.01 ^c	24.78 ± 1.46 ^a	9.93 ± 0.12 ^b	2.93 ± 0.72 ^a	7.86 ± 1.71 ^{ab}
50	4.03 ± 0.01 ^b	0.51 ± 0.00 ^d	5.09 ± 0.00 ^d	26.71 ± 0.74 ^a	10.29 ± 0.76 ^{ab}	2.98 ± 0.30 ^a	8.26 ± 1.10 ^{ab}
70	4.18 ± 0.02 ^{ab}	0.45 ± 0.00 ^b	4.45 ± 0.02 ^b	25.70 ± 1.48 ^a	10.74 ± 0.26 ^a	3.09 ± 0.16 ^a	8.58 ± 0.63 ^a
80	4.32 ± 0.66 ^a	0.45 ± 0.08 ^e	4.18 ± 0.03 ^e	27.47 ± 3.15 ^a	10.77 ± 0.27 ^a	3.01 ± 0.50 ^a	8.54 ± 1.24 ^a

Medias de cada tratamiento con la misma letra no son significativamente diferentes (p-value <0.05), prueba diferencia mínima significativa (DMS)

Anexo 4. Cuestionario aplicado a consumidores para evaluación sensorial del suplemento alimenticio en ambas condiciones de almacenamiento.



Edad: _____ Sexo: M F Código _____

Frente a usted tiene una muestra pruébela y marque con una "X" en la escala qué tanto le gusta o disgusta el producto

	1 Me disgusta muchísimo	2 Me disgusta mucho	3 Me disgusta	4 Me disgusta ligeramente	5 Ni me gusta, ni me disgusta	6 Me gusta ligeramente	7 Me gusta	8 Me gusta mucho	9 Me gusta muchísimo
Sabor									
Agrado general									

Indica el nivel que corresponda a su sensación de **dulzor**

Mucho menos de lo que esperaba	Menos de lo que esperaba	Justo como lo esperaba	Más de lo que esperaba	Mucho más de lo que esperaba
--------------------------------	--------------------------	------------------------	------------------------	------------------------------

Considerando las características que evaluó; ¿Compraría y/o consumiría este producto?

Sí _____ No _____

Anexo 5. ANOVAS de resultados sensoriales obtenidos para el suplemento alimenticio en ambas condiciones de almacenamiento.

Nivel de agrado

Análisis de varianza del análisis de nivel de agrado para el parámetro “sabor” realizada al suplemento alimenticio en condiciones ambientales (25% HR/27°C)

Análisis de la varianza (Variable NAS):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	5	131.2533	26.2507	11.4432	< 0.0001
Error	594	1362.6400	2.2940		
Total corregido	599	1493.8933			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Análisis de varianza del análisis de nivel de agrado para el parámetro “agrado general” realizada al suplemento alimenticio en condiciones ambientales (25% HR/27°C)

Análisis de la varianza (Variable NAG):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	5	128.9733	25.7947	12.2688	< 0.0001
Error	594	1248.8600	2.1025		
Total corregido	599	1377.8333			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Análisis de varianza del análisis de nivel de agrado para el parámetro “ sabor” realizada al suplemento alimenticio en condiciones controladas (58% HR/37 °C)

Análisis de la varianza (Variable NAS):

Fuente	GD L	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	4	35.0010	8.7502	3.9117	0.0039
Error	495	1107.2802	2.2369		
Total corregido	499	1142.2811			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Análisis de varianza del análisis de nivel de agrado para el parámetro “ agrado general ” realizada al suplemento alimenticio en condiciones controladas (58% HR/37 °C)

Análisis de la varianza (Variable NAG):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	4	27.5137	6.8784	3.4094	0.0092
Error	495	998.6718	2.0175		
Total corregido	499	1026.1855			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Justo como lo esperaba

Análisis de varianza del análisis de Justo como lo esperaba realizada al suplemento alimenticio en condiciones controladas (58% HR/37 °C)

Análisis de la varianza (variable JAR):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	4	6.6520	1.6630	2.6622	0.0320
Error	495	309.2100	0.6247		
Total corregido	499	315.8620			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Análisis de varianza del análisis de Justo como lo esperaba realizada al suplemento alimenticio en condiciones ambientales (25% HR/27°C)

Análisis de la varianza (variable JAR):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	5	17.1083	3.4217	5.7270	< 0.0001
Error	594	354.8900	0.5975		
Total corregido	599	371.9983			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Anexo 6. Resumen de las medias obtenidas durante los 130 días de almacenamiento a condiciones ambientales y los 80 días de almacenamiento a condiciones controladas de humedad - temperatura Para la evaluación sensorial.

TABLA 21. Resumen de medias obtenidas durante los 130 días de almacenamiento a condiciones ambientales. Para evaluación sensorial.

Día	Nivel de agrado “sabor”	Nivel de agrado “general”	Justo como lo esperaba
0	6.40 ± 1.47 ^a	6.39 ± 1.43 ^{ab}	2.80 ± 0.17 ^a
30	6.54 ± 1.34 ^a	6.47 ± 1.40 ^a	2.75 ± 0.78 ^{ab}
50	6.30 ± 1.30 ^{ab}	6.25 ± 1.30 ^{ab}	2.75 ± 0.78 ^{ab}
70	5.95 ± 1.30 ^{bc}	5.99 ± 1.30 ^{bc}	2.55 ± 0.80 ^{bc}
80	5.85 ± 1.70 ^c	5.85 ± 1.70 ^c	2.52 ± 0.83 ^c

TABLA 22. Resumen de medias obtenidas durante los 80 días de almacenamiento a condiciones controladas de humedad - temperatura. Para evaluación sensorial.

Día	Nivel de agrado “sabor”	Nivel de agrado “general”	Justo como lo esperaba
0	6.48 ± 1.42 ^a	6.52 ± 1.24 ^a	2.68 ± 0.85 ^a
16	6.14 ± 1.58 ^{ab}	6.12 ± 1.53 ^a	2.57 ± 0.78 ^{ab}
30	6.27 ± 1.26 ^a	6.25 ± 1.21 ^a	2.73 ± 0.82 ^a
50	6.23 ± 1.48 ^a	6.21 ± 1.42 ^a	2.33 ± 0.92 ^c
100	5.73 ± 1.30 ^b	5.70 ± 1.28 ^b	2.36 ± 0.66 ^{bc}
130	5.07 ± 1.95 ^c	5.10 ± 1.90 ^c	2.32 ± 0.68 ^c

Anexo 7. Imágenes de resultados microbiológicos, fisicoquímicos y pruebas sensoriales obtenidos para el suplemento alimenticio en ambas condiciones de almacenamiento



FIGURA 4. Resultado de coliformes totales para las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} del suplemento almacenado en condiciones controladas de humedad - temperatura.

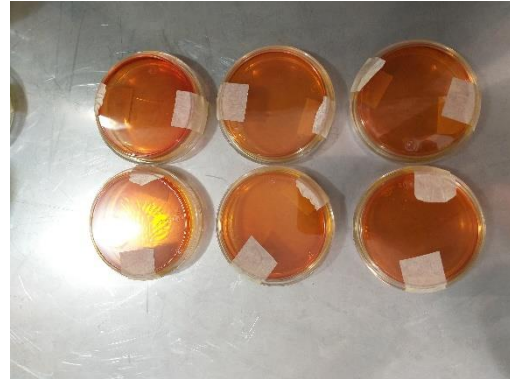


FIGURA 5. Resultado de coliformes totales para las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} del suplemento almacenado en condiciones ambientales.

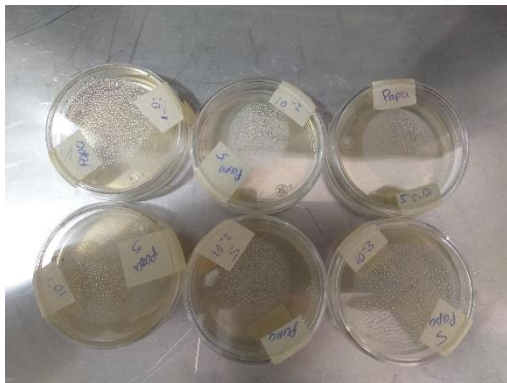


FIGURA 6. Resultado de hongos y levaduras para las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} del suplemento almacenado en condiciones controladas de humedad - temperatura.

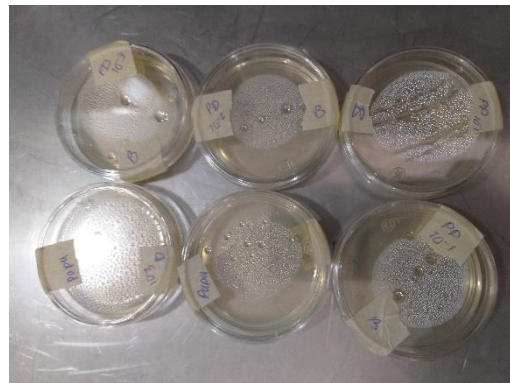


FIGURA 7. Resultado de hongos y levaduras para las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} del suplemento almacenado en condiciones ambientales.

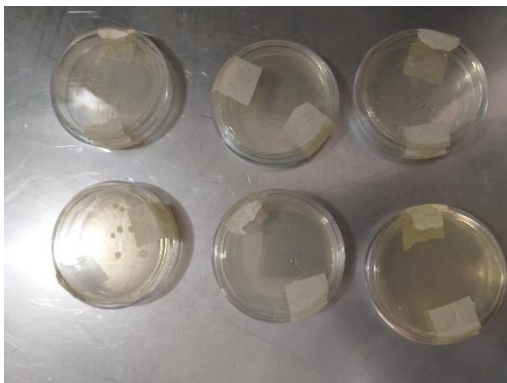


FIGURA 8. Resultado de mesófilos aerobios para las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} del suplemento almacenado en condiciones controladas de humedad - temperatura.

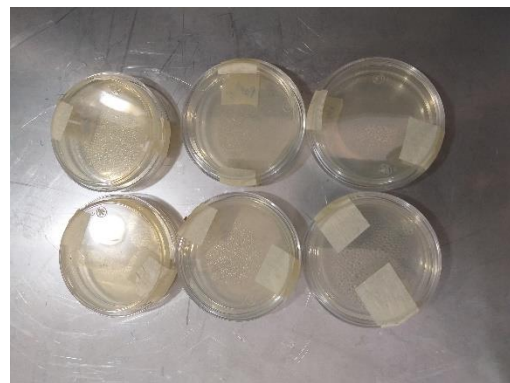


FIGURA 9. Resultado de mesófilos aerobios para las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} del suplemento almacenado en condiciones ambientales.



FIGURA 10. Determinación de % de peróxidos para el suplemento almacenado a en condiciones controladas de humedad - temperatura .



FIGURA 11. Determinación de % de peróxidos para el suplemento almacenado a Temperatura ambiente



FIGURA 12. Evaluación sensorial del suplemento.