



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DETERMINACIÓN DEL TIEMPO PROMEDIO DE VIDA DE ANAQUEL DEL FRIJOL NEGRO
REFRITO (*Phaseolus vulgaris*. Carolus Linnaeus), EMPACADO EN ENVASES DE
HOJALATA CON RECUBRIMIENTO INTERNO EPOXI FENÓLICO, SIN QUE SE PERCIBAN
PÉRDIDAS SIGNIFICATIVAS DE ATRIBUTOS DE CALIDAD**

Douglas David Gallo Cárdenas

Asesorado por la Inga. Hilda Piedad Palma de Martini

Guatemala, junio de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DEL TIEMPO PROMEDIO DE VIDA DE ANAQUEL DEL FRIJOL NEGRO
REFRITO (*Phaseolus vulgaris*. Carolus Linnaeus), EMPACADO EN ENVASES DE
HOJALATA CON RECUBRIMIENTO INTERNO EPOXI FENÓLICO, SIN QUE SE PERCIBAN
PÉRDIDAS SIGNIFICATIVAS DE ATRIBUTOS DE CALIDAD**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DOUGLAS DAVID GALLO CÁRDENAS

ASESORADO POR LA INGA. HILDA PIEDAD PALMA DE MARTINI

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
EXAMINADOR	Ing. José Manuel Tay Oroxom
EXAMINADOR	Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DETERMINACIÓN DEL TIEMPO PROMEDIO DE VIDA DE ANAQUEL DEL FRIJOL NEGRO
REFRITO (*Phaseolus vulgaris*. Carolus Linnaeus), EMPACADO EN ENVASES DE
HOJALATA CON RECUBRIMIENTO INTERNO EPOXI FENÓLICO, SIN QUE SE PERCIBAN
PÉRDIDAS SIGNIFICATIVAS DE ATRIBUTOS DE CALIDAD**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 21 de septiembre de 2012.



Douglas David Gallo Cárdenas

Guatemala, 12 de Febrero de 2013

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente

Por este medio informo a usted que he revisado y aprobado el Informe Final de Trabajo de Graduación denominado: “**DETERMINACIÓN DEL TIEMPO PROMEDIO DE VIDA DE ANAQUEL DEL FRIJOL NEGRO REFRITO (*Phaseolus vulgaris*. Carolus Linnaeus), EMPACADO EN ENVASES DE HOJALATA CON RECUBRIMIENTO INTERNO EPOXI FENÓLICO, SIN QUE SE PERCIBAN PÉRDIDAS SIGNIFICATIVAS DE ATRIBUTOS DE CALIDAD**”, elaborado por el estudiante **Douglas David Gallo Cárdenas**, quien se identifica con el carné **2005-16307**, encontrando dicho informe apto para ser presentado ante usted.

Extiendo la presente para que se continúe con los trámites respectivos

Atentamente,



Inga. Hilda Piedad Palma de Martini
ASESOR / REVISOR

INGA. HILDA PALMA DE MARTINI
COLEGIADO No. 453



Guatemala, 03 de abril de 2013
Ref. EI.Q.TG-IF.022.2013

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-062-2012-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por el estudiante universitario: **Douglas David Gallo Cárdenas**

Identificado con número de carné: **2005-16307**

Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO PROMEDIO DE VIDA DE ANAQUEL DEL FRIJOL NEGRO REFRITO (*Phaseolus vulgaris. Carolus Linnaeus*), EMPACADO EN ENVASES DE HOJALATA CON RECUBRIMIENTO INTERNO EPOXI FENÓLICO, SIN QUE SE PERCIBAN PÉRDIDAS SIGNIFICATIVAS DE ATRIBUTOS DE CALIDAD

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera Química: **Hilda Piedad Palma de Martini**.

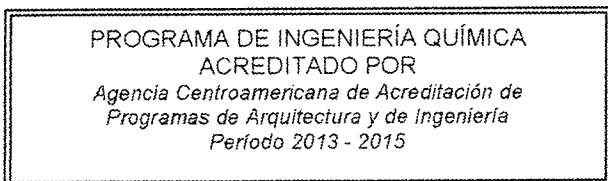
Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Licda. Ingrid Lorena Benítez Pacheco
COORDINADORA DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo



ACAAI

Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura y de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ref.EIQ.TG.162.2013

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **DOUGLAS DAVID GALLO CÁRDENAS** titulado: "**DETERMINACIÓN DEL TIEMPO PROMEDIO DE VIDA DE ANAQUEL DEL FRIJOL NEGRO REFRITO (*Phaseolus vulgaris*. Carolus Linnaeus), EMPACADO EN ENVASES DE HOJALATA CON RECUBRIMIENTO INTERNO EPOXI FENÓLICO, SIN QUE SE PERCIBAN PÉRDIDAS SIGNIFICATIVAS DE ATRIBUTOS DE CALIDAD**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.


Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, junio 2013

Cc: Archivo
VMMV/ale



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **DETERMINACIÓN DEL TIEMPO PROMEDIO DE VIDA DE ANAQUEL DEL FRIJOL NEGRO REFRITO (Phaseolus vulgaris, Carolus Linnaeus), EMPACADO EN ENVASES DE HOJALATA CON RECUBRIMIENTO INTERNO EPOXI FENÓLICO, SIN QUE SE PERCIBAN PÉRDIDAS SIGNIFICATIVAS DE ATRIBUTOS DE CALIDAD**, presentado por el estudiante universitario: **Douglas David Gallo Cárdenas**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, junio de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la sabiduría, paciencia, disciplina y fuerza necesaria para cumplir con mis objetivos y lograr mis metas.
Mi familia y amigos	Por brindarme su apoyo y cariño incondicional a lo largo de mis estudios.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por la inigualable formación académica recibida.
Inga. Hilda Piedad Palma de Martini	Por su asesoría y orientación invaluable en el desarrollo de esta investigación.

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi fortaleza en todo momento, por rebasar mis sueños y colmarme de bendiciones.
- Mi madre** Blanca Noemí Cárdenas por darme todo el apoyo posible y por alentarme a hacer las cosas mejor, que Dios le bendiga siempre.
- Mis abuelos** Erasto y Olimpia Cárdenas por el cariño, paciencia, amistad y ejemplo que me han dejado muchas enseñanzas.
- Mis hermanas** Evelyn y Gabriela Cárdenas por estar presentes en todos los momentos de mi vida. Bendiciones para cada una de ustedes.
- Mi novia** Ivonne Méndez por su apoyo incondicional, cariño y amor que me ha confirmado lo afortunado que soy. ¡Qué Dios bendiga su vida siempre!
- Mis amigos** Sergio Luis Chicas, Fernando Chajón, Jorge Emmanuel Castillo, Mauricio Rivera, Luz Figueroa, Zulema Calderón, Juan José Molina, William Villegas, Danilo Hernández, Flor Flores, Claudia Guzmán de quienes siempre he recibido apoyo y con quienes he tenido el agrado y la suerte de compartir tantas experiencias de vida. A todos muchas gracias.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por darme la oportunidad de ser parte de los
profesionales egresados de tan prestigiosa
academia.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XXV
OBJETIVOS / HIPÓTESIS.....	XXVII
INTRODUCCIÓN	XXIX
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Definición.....	3
2.2. Composición y calidad.....	3
2.3. Conservación de los alimentos	11
2.4. Vida de anaquel.....	12
2.5. Cinética y vida de anaquel.....	13
2.5.1. Pérdida de vida de anaquel a velocidad constante.	14
2.5.2. Pérdida de vida de anaquel a velocidad variable....	15
2.6. Evaluación de calidad.....	17
2.6.1. Técnicas sensoriales	17
2.6.2. Actividad química.....	18
2.6.3. Enranciamiento de la fracción lipídica	18
2.6.3.1. Rancidez hidrolítica	19
2.6.3.2. Rancidez oxidativa.....	19

2.6.3.3.	Mecanismos de oxidación	19
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	23
3.1.	Variables	23
3.2.	Delimitación del campo de estudio.....	26
3.3.	Recursos humanos disponibles.....	27
3.4.	Recursos materiales disponibles.....	27
3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa.....	28
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información	29
3.6.1.	Panel sensorial.....	30
3.6.1.1.	Evaluación sensorial	30
3.6.1.2.	Sesiones de panel sensorial.....	31
3.6.1.3.	Indicadores físicos de calidad	36
3.6.1.3.1.	Determinación cualitativa de apariencia	36
3.6.1.3.2.	Determinación cuantitativa de color	38
3.6.1.4.	Indicadores químicos de calidad	40
3.6.1.4.1.	Extracción de la fracción lipídica	40
3.6.1.4.2.	Determinación del índice de acidez	41
3.6.1.4.3.	Determinación del índice de peróxidos	43
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	46

3.7.1.	Determinación del tamaño de la muestra	46
3.7.2.	Procesamiento de sesiones de panel sensorial....	48
3.7.3.	Determinación de la media muestral	48
3.7.4.	Determinación de la varianza muestral.....	49
3.7.5.	Determinación de la desviación estándar muestral	50
3.7.6.	Cinética y vida de anaquel.....	58
3.7.7.	Determinación de la Anova para la prueba de escalas de estimación de magnitud	61
3.8.	Análisis estadístico	64
4.	RESULTADOS	69
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	79
	CONCLUSIONES	83
	RECOMENDACIONES	85
	BIBLIOGRAFÍA.....	87
	APÉNDICE.....	91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Magnitud organoléptica de color estimada respecto al tiempo de almacenaje.	69
2.	Magnitud organoléptica de olor estimada respecto al tiempo de almacenaje.....	70
3.	Magnitud organoléptica de sabor estimada respecto al tiempo de almacenaje.....	71
4.	Magnitud de apariencia estimada respecto al tiempo de almacenaje.....	72
5.	Parámetro pH del frijol negro refrito (<i>Phaseolus vulgaris</i>), sobre el tiempo de almacenaje	73
6.	Índice de acidez del frijol negro refrito (<i>Phaseolus vulgaris</i>), sobre el tiempo de almacenaje	74
7.	Índice de peróxidos del frijol negro refrito (<i>Phaseolus vulgaris</i>), sobre el tiempo de almacenaje	75
8.	Velocidad de aparición de ácidos grasos libres producto de la descomposición de la fracción lipídica respecto al tiempo de almacenaje	78
9.	Velocidad de oxidación de la fracción lipídica respecto al tiempo de almacenaje.....	77
10.	Comportamiento del parámetro de color del frijol negro refrito según colorímetro Hunter Lab con respecto al tiempo de almacenaje	78

TABLAS

I.	Composición de proteínas y carbohidratos del frijol negro procesado, refrito y envasado.....	4
II.	Composición de vitaminas y minerales del frijol negro procesado, refrito y envasado	5
III.	Contenido de taninos en granos de frijol enteros y descascarillados	7
IV.	Destrucción de la actividad de los inhibidores de tripsina en frijoles por tratamiento térmico	8
V.	Propiedades de harinas integrales y frijoles descascarillados.....	9
VI.	Efectos de remojo y cocción sobre oligosacáridos en frijoles norte grande, pinto y riñón	10
VII.	Variables involucradas en vida de anaquel de frijoles procesados	23
VIII.	Matriz del marco lógico	24
IX.	Prueba descriptiva de escalas de estimación de magnitud de color para frijoles negros refritos	33
X.	Prueba descriptiva de escalas de estimación de magnitud de olor para frijoles negros refritos	33
XI.	Prueba descriptiva de escalas de estimación de magnitud de sabor para frijoles negros refritos	34
XII.	Matriz de verificación de asistencia a la prueba descriptiva de escalas de estimación de magnitud para frijoles negros refritos	34
XIII.	Resultados de las pruebas descriptivas de escalas de estimación de magnitud para frijoles negros refritos	35
XIV.	Magnitud de la apariencia estimada en frijoles empacados en envases de hojalata respecto al tiempo de almacenaje	37

XV.	Determinación del color en frijoles empacados en envases de hojalata.....	39
XVI.	Indicadores químicos de calidad del frijol negro refrito <i>Phaseolus vulgaris</i>	46
XVII.	Procesamiento de las pruebas organolépticas para frijoles empacados en envases de hojalata.....	51
XVIII.	Procesamiento de indicadores físicos de calidad en frijoles empacados en envases de hojalata	53
XIX.	Procesamiento de indicadores químicos de calidad de frijoles empacados en envases de hojalata	56
XX.	Procesamiento de datos de la cinética de descomposición de la fracción lipídica del frijol negro refrito empacado en envases de hojalata, ácidos grasos libres	59
XXI.	Procesamiento de datos de la cinética de descomposición de la fracción lipídica del frijol negro refrito empacado en envases de hojalata, peróxidos	60
XXII.	Análisis de varianza para dos variables con repeticiones por casilla para frijoles	61
XXIII.	Análisis estadístico de las pruebas organolépticas para frijoles empacados en envases de hojalata	65
XXIV.	Análisis estadístico de indicadores físicos de calidad en frijoles empacados en envases de hojalata	66
XXV.	Análisis estadístico de indicadores químicos de calidad de frijoles empacados en envases de hojalata	67

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Ac.	Acidez
HCN	Ácido cianhídrico
B₁₂	Complejo hexacoordinado de cobalto llamado cianocobalamina
[H⁺]	Concentración de iones hidronio
N	Concentración en normalidad
k	Constante de velocidad o de degradación del factor de calidad
Pág.	Denominación de pagina
s	Desviación estándar muestral
σ	Desviación estándar poblacional
cm.	Distancia en centímetros
m.	Distancia en metros
A	Factor de calidad medio
B₉	Forma aniónica del ácido fólico llamada folacina
°C	Grados centígrados
NaOH	Hidróxido de sodio
w	Intervalo de confianza
Ln.	Logaritmo natural
ME	Magnitud estimada por panelistas
g	Masa en gramos
Kg.	Masa en kilogramos
\bar{x}	Media muestral

meq.	Moles equivalentes
$z^{\alpha}/2$	Nivel de confianza
ND	No detectable
<i>n</i>	Orden de degradación del factor cualitativo orden de la reacción
R	Patrón de referencia
pH	Potencial de hidrogeno
<i>R</i> ·	Radical libre
-	Signo de resta
%	Tanto por ciento
θ	Tiempo
Kcal.	Unidad de energía en kilocalorías
<i>x</i>	Valor asignado a determinado parámetro
R^2	Valor de correlación
$[A_f]$	Valor final del factor de calidad medio
$[A_0]$	Valor inicial del factor de calidad medio
s^2	Varianza muestral
$\frac{dA}{d\theta}$	Velocidad de cambio del factor de calidad A respecto al tiempo
θ_f	Vida de anaquel en días, meses, años, etc.
Vit.	Vitamina
V	Volumen
MI	Volumen en mililitros

GLOSARIO

Ácido ascórbico	Ácido orgánico con propiedades antioxidantes proveniente de la azúcar comúnmente denominada vitamina C.
Ácido fitico	Ácido orgánico que contiene fósforo, presente en los vegetales, sobre todo en semillas y fibra.
Ácido fólico	Vitamina hidrosoluble del complejo de vitaminas B, necesaria para la formación de proteínas estructurales y hemoglobina.
Ácido pantoténico	Vitamina B5 o ácido pantoténico es una vitamina hidrosoluble necesaria para formar la coenzima A (CoA) y se considera crítico en el metabolismo y síntesis de carbohidratos, proteínas y grasas.
Ácidos grasos libres	Ácidos grasos no esterificados, generados por la hidrólisis de los triglicéridos del tejido adiposo.

Ácidos grasos mono-insaturados

Ácidos grasos de cadena carbonada que poseen una sola insaturación en su estructura, es decir, poseen un solo doble enlace carbono-carbono ($-\text{CH}=\text{CH}-$).

Ácidos grasos poli-insaturados

Ácidos grasos que poseen más de un doble enlace entre sus carbonos.

Ácidos grasos saturados

Ácidos grasos que poseen una cadena hidrocarbonada saturada de hidrógenos.

Alcaloides

Metabolitos secundarios de las plantas sintetizados, generalmente, a partir de aminoácidos, que tienen en común su hidrosolubilidad a pH ácido y su solubilidad en solventes orgánicos a pH alcalino.

Aldehídos

Los aldehídos son compuestos orgánicos caracterizados por poseer el grupo funcional $-\text{CHO}$.

Alérgenos

Sustancia que puede inducir una reacción de hipersensibilidad (alérgica) en personas susceptibles, que han estado en contacto previamente con el alérgeno.

Almidón	Polisacárido de reserva alimenticia predominante en las plantas, constituido por amilasa y amilopectina.
Aminoácidos	Molécula orgánica con un grupo amino (-NH ₂) y un grupo carboxilo (-COOH) unidos a un carbono central.
Anova	<i>Analysis of variance</i> , análisis de varianza.
Antifisiológicos	Acciones en van en contra de las funciones de los seres orgánicos.
Antinutrientes	Compuestos naturales o sintéticos que interfieren con la absorción de nutrientes.
Antioxidantes	Molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas.
Antitripsina	Inhibidor de proteasa sérico (serpina). Protege a los tejidos de las proteasas presentes principalmente en las células inflamatorias, en especial la elastasa.
AOAC	Association of official analytical chemists, asociación oficial de química analítica

Astringente	Sustancias que con su aplicación externa local (tópica), retraen los tejidos y pueden producir una acción cicatrizante, antiinflamatoria y antihemorrágica.
Bacterias patógenas	Las bacterias patógenas son aquellas que causan enfermedades infecciosas.
Biotina	La biotina (del griego bios, "vida), vitamina H, vitamina B7 y a veces también llamada vitamina B8, es una vitamina estable al calor, soluble en agua y alcohol, y susceptible a la oxidación que interviene en el metabolismo de los hidratos de carbono, grasas, aminoácidos y purinas.
Características sensoriales	Análisis normalizado de los alimentos que se realiza con los sentidos.
Carbohidratos	Biomoléculas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno.
Catalizadores	Sustancias que, en un proceso llamado catálisis, modifican la velocidad de una reacción química.

Cetonas	Compuesto orgánico caracterizado por poseer un grupo funcional carbonilo unido a dos átomos de carbono, a diferencia de un aldehído, en donde el grupo carbonilo se encuentra unido al menos a un átomo de hidrógeno.
Cinética de reacción	Cantidad de sustancia que reacciona por unidad de tiempo.
Cisteína	α -aminoácido no esencial con la fórmula química $\text{HO}_2\text{CCH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{SH}$.
Codex Alimentarius	Colección reconocida internacionalmente de estándares, códigos de prácticas, guías y otras recomendaciones relativas a los alimentos, su producción y seguridad alimentaria bajo el objetivo de la protección del consumidor.
Complejo B	Grupo de vitaminas relacionadas con el metabolismo.
Digestibilidad	La digestibilidad es el índice que cuantifica el proceso de transformación que sufre los alimentos en el tracto gastrointestinal desde del animal desde su aprehensión e ingestión hasta la defecación o excreción de los residuo de

alimentos que no han sido aprovechados por el mismo.

Endógenas

Que se origina o produce dentro de un organismo.

Enzima

Moléculas de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas.

Estrógenos

Hormonas sexuales esteroideas (derivadas del ciclopentanoperhidrofenantreno) de tipo femenino principalmente, producidos por los ovarios, la placenta durante el embarazo y en menores cantidades, por las glándulas adrenales.

Fenilalanina

La fenilalanina es un aminoácido. El cual se encuentra en las proteínas como L-fenilalanina (LFA), siendo uno de los ocho aminoácidos esenciales para humanos.

Gelatina

La gelatina es una mezcla coloide (sustancia semisólida), incolora, translúcida, quebradiza e insípida, que se obtiene a partir del colágeno procedente del tejido conectivo de animales hervidos con agua.

Glicerol	El propanotriol, glicerol o glicerina (C ₃ H ₈ O ₃) es un alcohol con tres grupos hidroxilos (OH).
Hemaglutinina	Es una glucoproteína antigénica que se encuentra en la superficie del virus de la gripe y es la responsable de la unión del virus a la célula infectada.
Inhibidor enzimático	Moléculas que se unen a enzimas y disminuyen su actividad.
Isoleucina	Ácido 2-amino-3-metilpentanoico un aminoácido natural esencial para el ser humano (el organismo no lo puede sintetizar).
Lecitina	Lecitina es un término genérico para designar a cualquier grupo de sustancias grasas de color amarillo-marronáceas que forma parte de los tejidos animales y vegetales compuestas de ácido fosfórico, colina, ácidos grasos, glicerol, glicolípidos, triglicéridos y fosfolípidos (por ejemplo, fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina, y fosfatidilinositol).

Leguminosa

Familia del orden de las fabales. Reúne árboles, arbustos y hierbas perennes o anuales, fácilmente reconocibles por su fruto tipo legumbre y sus hojas compuestas y estipuladas.

Leucina

Es uno de los veinte aminoácidos que utilizan las células para sintetizar proteínas. Es aminoácido esencial.

Lípidos

Conjunto de moléculas orgánicas, la mayoría biomoléculas, compuestas principalmente por carbono e hidrógeno y en menor medida oxígeno, aunque también pueden contener fósforo, azufre y nitrógeno. Tienen como característica principal el ser hidrófobas (insolubles en agua) y solubles en disolventes orgánicos como la bencina, el benceno y el cloroformo.

Lisina

Aminoácido componente de las proteínas sintetizadas por los seres vivos. Es uno de los 10 aminoácidos esenciales para los seres humanos.

Lisoalanina

N(6)-(2-Amino-2-carboxietil)-L-lisina. Un aminoácido poco frecuente,

Metabolito	Un metabolito es cualquier molécula utilizada o producida durante el metabolismo.
Metileno	Grupo funcional bivalente CH ₂ derivado formalmente del metano.
Metionina	α-aminóácido con la fórmula química HO ₂ CCH(NH ₂)CH ₂ CH ₂ SCH ₃ . Este aminoácido esencial está clasificado como no polar.
Niacina	Vitamina B ₃ , niacina, ácido nicotínico o vitamina PP, con fórmula química C ₆ H ₅ NO ₂ .
Organolépticos	Propiedades organolépticas que describen las características físicas que tiene la materia en general, según las pueden percibir los sentidos.
Peroxidación	Acción propia de la degradación oxidativa de los lípidos.
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Especie más conocida del género Phaseolus en la familia Fabaceae con unas cincuenta especies de plantas, todas nativas de América. Es una especie anual, que se cultiva en todo el

mundo. Existen numerosas variedades y de ella se consumen tanto las vainas verdes como los granos secos. Llamada así al frijol común.

Polifenol

Grupo de sustancias químicas encontradas en plantas caracterizadas por la presencia de más de un grupo fenol por molécula. Los polifenoles son generalmente subdivididos en taninos hidrolizables, que son ésteres de ácido gálico de glucosa y otros azúcares; y fenilpropanoides, como la lignina, flavonoides y taninos condensados.

Proceso térmico

Se conoce como tratamiento térmico al conjunto de operaciones de calentamiento y enfriamiento, bajo condiciones controladas de temperatura, tiempo de permanencia, velocidad, presión, etc.

Proteasas

Enzimas que rompen los enlaces peptídicos de las proteínas.

Proteína

Las proteínas son moléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos.

Proteólisis	La proteólisis es la degradación de proteínas ya sea mediante enzimas específicas, llamadas proteasas, o por medio de digestión intracelular.
Quimiotripsina	Enzima digestiva que puede realizar proteólisis.
Radicales libres	Especie química (orgánica o inorgánica), en general es extremadamente inestable y, por tanto, con gran poder reactivo por poseer un electrón desapareado.
Rafinosa	La rafinosa es un hidrato de carbono α -galactosacárido. Se encuentra, principalmente, en las leguminosas: soya, frijoles, garbanzos, cacahuates, chícharos, alubias, etc.
Rancidez	Proceso por el cual un alimento con alto contenido en grasas o aceites se altera con el tiempo adquiriendo un sabor desagradable.
Reacción en cadena	Una reacción en cadena es una secuencia de reacciones en las que un producto o subproducto reactivo produce reacciones adicionales.

**Recubrimiento interno
epoxi fenólico**

Barniz interior utilizado en las latas de producto alimenticio inertes a alimentos que contienen azufre en un bajo porcentaje.

Retinol

La vitamina A, retinol o antixeroftálmica, es una vitamina liposoluble (es decir que es soluble en cuerpos grasos, aceites y que no se puede liberar en la orina como normalmente lo hacen las vitaminas hidrosolubles) que interviene en la formación y mantenimiento de las células epiteliales, en el crecimiento óseo, el desarrollo, protección y regulación de la piel y de las mucosas.

Riboflavina

La vitamina B2 o riboflavina, es un micronutriente de fácil absorción, con un rol clave en el mantenimiento de la salud en animales. Es el componente principal de los cofactores FAD y FMN y por ende es requerida por todas las flavoproteínas, así como para una amplia variedad de procesos celulares.

Saponinas

Glucósidos de esteroides o de triterpenoides, llamadas así por sus propiedades semejantes a las del jabón: cada molécula está constituida por un

elemento soluble en lípidos (el esteroide o el triterpenoide) y un elemento soluble en agua (el azúcar). Las saponinas son tóxicos.

Soluciones coloidales

Sistema formado por dos o más fases, principalmente: una continua, normalmente fluida, y otra dispersa en forma de partículas; por lo general sólidas.

Taninos

Químicamente son metabolitos secundarios de las plantas, fenólicos, no nitrogenados, solubles en agua y no en alcohol ni solventes orgánicos

TCA-INCAP

Tabla de composición química de los alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, INCAP.

Treonina

Ácido 2-amino-3-hidroxi-butanoico uno de los veinte aminoácidos que componen las proteínas; su cadena lateral es hidrófila.

Triglicérido

Los triglicéridos son acilgliceroles, un tipo de lípidos, formados por una molécula de glicerol, que tiene esterificados sus tres grupos hidroxílicos por tres ácidos grasos, ya sean saturados o insaturados.

Tripsina

La tripsina es una enzima peptidasa, que rompe los enlaces peptídicos de las proteínas mediante hidrólisis para formar péptidos de menor tamaño y aminoácidos. La tripsina es producida en el páncreas y secretada en el duodeno (parte del intestino), donde es esencial para la digestión.

Valina

Uno de los 20 aminoácidos naturales más comunes en la Tierra, cuya fórmula química es $\text{HO}_2\text{CCH}(\text{NH}_2)\text{CH}(\text{CH}_3)_2$.

Volátil

Medida de la facilidad con que una sustancia se evapora.

Volumetría

La volumetría es la valoración o titulación un método corriente de análisis químico cuantitativo en el laboratorio, que se utiliza para determinar la concentración desconocida de un reactivo conocido.

RESUMEN

El presente informe se realizó con el objeto de determinar el tiempo promedio real de vida útil del frijol negro volteado *Phaseolus vulgaris*, procesado y empacado en envases de hojalata.

La determinación se llevó a cabo realizando un estudio precedente, tomando muestras de frijol procesado con anterioridad, las cuales tuvieron un valor de repetitividad de tres, cada muestra con un intervalo de producción de 6 semanas. Las muestras se sometieron a análisis físicos, químicos y organolépticos que evaluaron el nivel de degradación de cada uno de los parámetros de calidad, cotejando estos, con el tiempo necesario para que el producto se reporte inaceptable por el consumidor debido a la pérdida de sus características propias de calidad.

Uno de los métodos fundamentales para el proyecto fueron las determinaciones fisicoquímicas, de las cuales se obtuvieron correlaciones que dieron como resultado modelos matemáticos que determinaron el tiempo máximo para alcanzar el estado de inaceptabilidad del frijol.

El proyecto experimental descriptivo contó con un nivel de confianza del 95%, el cual se realizó en un lapso promedio de 93 días en el que se obtuvo que el parámetro de variación de pH fue el que dominó la vida de anaquel, la cual fue de 2 años, 3 meses y 22 días, realizando el experimento en el laboratorio de aseguramiento de calidad de una reconocida industria alimenticia.

OBJETIVOS

General

Determinar el tiempo promedio de vida de anaquel del frijol negro refrito (*Phaseolus vulgaris*, Carolus Linnaeus), empaçado en envases de hojalata con recubrimiento interno epoxi fenólico, sin que se perciban pérdidas significativas de atributos de calidad.

Específicos

1. Determinar la importancia de los cambios físicos en el producto, evaluando las propiedades del frijol negro refrito, mediante una prueba escalar de estimación de magnitud de las propiedades organolépticas, respecto al tiempo de almacenaje.
2. Evaluar el comportamiento de los parámetros químicos cuantitativos de calidad del frijol negro refrito (*Phaseolus vulgaris*), sobre el tiempo de almacenaje, evaluando la cinética de descomposición.
3. Evaluar la velocidad de descomposición de la fracción lipídica total asociada con las modificaciones sensoriales durante el tiempo de conservación del frijol negro refrito, en condiciones ambientales normales a través de una prueba de índice de acidez y peróxidos.

4. Determinar la cinética de la vida de anaquel mediante el análisis por interpolación de los modelos matemáticos de los parámetros de calidad: color, índice de acidez e índice de peróxidos.

HIPÓTESIS

- Hipótesis de trabajo

El tiempo de vida de anaquel actual de los frijoles negros refritos es de 24 meses.

- Hipótesis nula

En 730 días cualquier lata de frijol no conserva sus características de aceptación por el consumidor final.

- Hipótesis alternativa

En 730 días cualquier lata de frijol conserva sus características de aceptación por el consumidor final.

INTRODUCCIÓN

La industria alimenticia constituye una de las más importantes en crecimiento a nivel global, teniendo participaciones importantes en el producto interno bruto de cada nación, la misma depende del nivel de confianza que transmita la marca procesadora del producto, al consumidor final, quien es el que decide el crecimiento o no, en el mercado del producto que se oferte.

La demanda de los frijoles empacados constituye una de las más importantes a nivel global, es por ello que se pretende determinar el tiempo de vida de anaquel de esta leguminosa ya procesada, para ello se determinó la presencia de cambios organolépticos y fisicoquímicos del producto, mediante el análisis de indicadores de pérdida de atributo de calidad los cuales se correlacionaron con el tiempo que transcurrió el producto en anaquel, del cual se obtuvo la cinética de degradación de este producto.

Según el Codex Alimentarius indica que en productos alimenticios, el consumidor rechaza el mismo cuando presenta un 20% de degradación en sus propiedades, se tomó en cuenta para evaluar los indicadores de atributo de calidad, siendo el tiempo y condiciones de almacenamiento las variables que predominaron en la degradación del producto.

Se monitorearon muestras de frijol en hojalata, con intervalos de producción de 6 semanas por un lapso de 93 días, consistiendo en análisis sensoriales, mediciones de color, apariencia, pH, índice de acidez y peróxidos.

1. ANTECEDENTES

Los trabajos de investigación profesionales realizados abarcan la evaluación de tiempos vida de anaquel de productos alimenticios, el estudio de los factores que afectan al frijol común (*Phaseolus vulgaris*), los factores antinutricionales en frijoles procesados, lo cual entra en materia con el informe presentado, entre los cuales se puede mencionar las siguientes colaboraciones:

- Velázquez Fernández, Boris Iván (2007) Trabajo de graduación para optar al título de Ingeniero Químico titulado: *Evaluación de la vida de anaquel de mayonesa con diferentes tipos de antioxidantes utilizando el método de envejecimiento acelerado*. Diseña un sistema genérico para la evaluación de tiempos de vida de anaquel de productos alimenticios, realizando análisis de los factores que afectan mayoritariamente vida de anaquel de la mayonesa, estudia la cinética de reacción de los factores anti cualitativos e indica el tiempo de vida de anaquel de la mayonesa con diferentes antioxidantes, evaluando la eficacia de cada uno de ellos.
- Ortiz del Cid, Héctor Amílcar (1988) Trabajo de graduación para optar al título de Ingeniero Químico titulado: *Evaluación de un proceso térmico en grano de frijol (Phaseolus vulgaris) húmedo sobre la estabilidad del tiempo de cocción durante el almacenamiento y perfil de costos del procesos*. Evalúa la dureza del grano del frijol con respecto a tres condiciones de operación del proceso térmico, siendo la presión la variable fundamental de diseño del proyecto, realizando el experimento para tres condiciones distintas de humedad del grano de frijol así como tres tiempos distintos de

cocción con objeto de determinar cuáles son las condiciones más favorables para un proceso térmico desde el punto de vista económico.

- Fernández Botran, Gabino Rafael (1979) Trabajo de graduación para optar al título de Químico Biólogo titulado: *Factores antinutricionales en semillas de leguminosas (Phaseolus vulgaris) y su posible relación con el contenido de taninos y polifenoles asociados*. Caracteriza la presencia de factores antifisiológicos o tóxicos en el frijol común.

2. MARCO TEÓRICO

Estudios científicos han demostrado que la composición de los alimentos es de vital importancia en cuanto al aporte nutricional que los alimentos pueden proporcionar al consumidor final así como el conocimiento de los factores que afectan al mismo en función del tiempo de utilización y naturaleza del alimento.

2.1. Definición

El frijol común pertenece al género *Phaseolus* de donde se deriva su nombre científico *Phaseolus vulgaris*. Los frijoles forman parte de las leguminosas, las cuales son las semillas secas de las plantas que pertenecen a la familia de las leguminosas, de donde proviene el nombre dado a los alimentos de este grupo. Las leguminosas aportan el 20 % de la proteína alimenticia consumida en todo el mundo.

2.2. Composición y calidad

Como grupo, las leguminosas contienen aproximadamente dos veces más proteínas que los cereales, en una porción y aproximadamente la mitad de las proteínas de la carne magra. La calidad de la proteína es tan importante como la cantidad. Las leguminosas son mejores que los cereales como fuente de los aminoácidos esenciales isoleucina, leucina, fenilalanina, treonina y valina.

En particular su especialmente alto contenido de lisina, un aminoácido esencial muy escaso en los cereales, hace que los frijoles constituyan, un buen complemento para los cereales. Los aminoácidos con contenido de azufre de los frijoles secos, metionina y cisteína, parecen ser poco aprovechados.

Tabla I. **Composición de proteínas y carbohidratos del frijol negro procesado, refrito y envasado**

NOMBRE	Agua	Energía	Proteína	Grasa Total	Carbohidratos	Fibra Diet. Total	Àc. Grasos mono-insat.	Àc. Grasos poli-insat.	Àc. Grasos saturados
	%	Kcal	g	g	g	g	g	g	g
FRIJOL, REFRITO, ENVASADO	76,00	94,00	5,50	1,30	16,00	5,30	0,60	0,20	0,50

Fuente: MENCHÚ, María. Tabla de composición química de los alimentos, INCAP. p. 30

Bressani, (1970), llevo a cabo un trabajo con 129 variedades de frijol y observó que el contenido de metionina fluctuaba entre 0,080 y 0,356%, de cisteína, de 0,075 a 0,250% y de lisina de 0,080 a 2,390%.

Aunque los frijoles son mejores fuentes de calcio que los cereales, su contenido de este mineral no es tan importante. El contenido de fósforo de las leguminosas es alto. Gran parte del fósforo en los frijoles está presente como ácido fitico, o sea, como ácido inositol hexafosfórico. Las leguminosas son fuentes un poco mejores de hierro, y tan buenas o más abundantes en tiamina que los cereales integrales.

Las leguminosas se comparan favorablemente con la carne magra como fuente de hierro y son una mejor fuente de tiamina. La mayoría de las leguminosas contienen un poco más de riboflavina que la avena en hojuelas o el trigo integral, pero menos niacina que el trigo integral. Las leguminosas aportan B₆, folacina, ácido pantoténico, y biotina, otras vitaminas del complejo B. El ácido ascórbico está ausente en las leguminosas y el valor de vitamina A es prácticamente nulo. El contenido de almidón de la mayoría de las leguminosas es alto.

Tabla II. **Composición de vitaminas y minerales del frijol negro procesado, refrito y envasado**

NOMBRE	Calcio	Fosforo	Hierro	Tiamina	Riboflavina	Niacina	Vit. C	Vit. A Equiv. Retinol	Potasio	Sodio	Zinc	Magnesio	Vit. B6	Vit. B12	Ac. Fólico	Folato Equiv. FD
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mcg	mg	mg	mg	mg	mg	mcg	mcg	mcg
FRIJOL, REFRITO, ENVASADO	35,0	86,0	1,7	0,0	0,0	0,3	6,0	0,0	267,0	299,0	1,2	33,0	0,1	0,0	0,0	11,0

Fuente: MENCHÚ, María. Tabla de composición química de los alimentos, INCAP. p. 30

El frijol contiene un factor antitripsina que interfiere con la actividad de la enzima proteolítica tripsina en el intestino delgado, contiene lecitinas, las cuales interfieren con la absorción de nutrientes en el intestino delgado, y hemaglutininas, que son la causa de que los glóbulos rojos se adhieran unos a otros. Afortunadamente, todas estas toxinas son destruidas por el calor y los frijoles bien cocidos no son dañinos.

Entre los factores anti nutricionales se encuentran los taninos que producen flatulencia, oligosacáridos de la familia de la rafinosa y estaquiosa, fenoles, inhibidores de proteasas y ácido fítico.

Los taninos son metabolitos secundarios no nitrogenados de las plantas, solubles en agua e insolubles en alcohol y solventes orgánicos. Los taninos cumplen una función de defensa contra microorganismos ayudando a prevenir ataques de hongos y bacterias patógenas. Estos compuestos naturales polifenólicos forman complejos con proteínas, carbohidratos y otros polímeros del alimento. Son sustancias capaces de precipitar alcaloides, gelatina y otras proteínas en solución acuosa.

Taninos + Proteínas → Precipitados en el alimento

Los taninos tienen efectos nutricionales adversos, pueden inhibir las enzimas digestivas y forman complejos con las membranas mucosas, lo cual resulta en aumento de pérdidas endógenas y en daños a las mismas. Los compuestos taninos-proteína son insolubles lo cual disminuye la digestibilidad de las proteínas. Los taninos hidrolizables pueden causar efectos tóxicos a nivel sistémico.

Su presencia está relacionada con la cantidad de fenoles poli hídricos naturales y pueden ser clasificadas en base a su capacidad para precipitar ciertas proteínas. Estos taninos se caracterizan por su poder astringente, su capacidad para formar soluciones coloreadas y precipitar Hierro y otros metales solubles en solventes orgánicos de grasas. Pero se disuelven en agua y alcohol para formar soluciones coloidales.

Taninos + Agua del alimento → Solubilizados coloidales

Tabla III. **Contenido de taninos en granos de frijol enteros y descascarillados** ^a

Cultivo	Contenido de taninos (mg equivalentes de catequina / 100 g)		% Reducción de descascarillado
	Frijoles enteros	Descascarillados	
Sanilac	ND	ND	
Norte grande	ND	ND	
Pequeño blanco	ND	ND	
Arándano agrio	76,30	10,00	86,90
Rosa vivo	122,10	10,40	91,50
Pinto	264,70	14,20	94,60
Rojo Riñón	152,20	22,20	85,40
Rojo riñón oscuro	105,30	28,70	72,70
Rojo pequeño	282,80	19,00	93,30
Negro	33,70	10,80	68,00
LSD ^a		25,42	
p = 0,05			
LSD ^a		34,29	
p = 0,01			
^a	La media de determinaciones por triplicado sobre una base peso seco.		
^b	ND = No detectable.		
^c	Diferencia mínima significativa. Las diferencias de dos medios a / entre los cultivares superiores a este valor son significativos.		

Fuente: DESHPANDE, Shrinivas. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, p. 144

El contenido del mismo se reduce por el descascarillado así como por el proceso térmico, según tabla No. 3, el descascarillar del frijol pinto reduce el contenido de taninos en un 94,6% del valor nominal

Los fenoles son producidos en la planta para protegerse de situaciones de estrés como foto oxidación, heridas, enfermedades, patógenos y plagas. Los fenoles forman compuestos con las proteínas y los carbohidratos causando interferencia con la digestibilidad de estos. Se ha encontrado una tendencia proporcional a la dureza de las leguminosas con compuestos fenólicos.

Los fenoles se encuentran principalmente en las cáscaras de las leguminosas y por lo tanto al descascarillarlas, en el proceso de limpieza y molienda del frijol, se reduce significativamente el contenido de estos anti nutrientes. Cabe destacar que la disminución de los fenoles se relaciona con la oxidación a altas temperaturas, en el proceso térmico al cual están expuestos los frijoles refritos, afectando positivamente la permeabilidad de las semillas y permitiendo la reducción de la dureza de estas.

Cuando se procesa térmicamente los frijoles, se inactivan los factores inhibidores de tripsina, quimiotripsina, compuestos volátiles como HCN. El cocimiento causa una hidrólisis rápida de los compuestos cianógenos. El calor estable elimina los factores como los estrógenos, saponinas, factores de flatulencia, lisoalanina y los alérgenos que no pueden ser reducidos significativamente durante el proceso térmico.

Aparentemente los inhibidores de la actividad de la tripsina son apreciablemente destruidos por el calor.

Tabla IV. Destrucción de la actividad de los inhibidores de tripsina en frijoles por tratamiento térmico

LEGUMBRE	TRATAMIENTO TÉRMICO		% REDUCCIÓN EN LA ACTIVIDAD DE LOS INHIBIDORES DE TRIPSINA
Frijol blanco	Autoclave	30 seg, a 121°C	100
<i>Roshina G2</i>	Autoclave	1.5 min, a 121°C	100
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Autoclave	30 min, a 121°C	100

Fuente: DESHPANDE, Shrinivas. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, p. 161

La reducción de fitatos y oligosacáridos fue observada después de remojar en agua destilada y cocimiento por 90 a 100°C. El rango de reducción de fitatos es de 56,80 a 74,10%, mientras que el descenso de los oligosacáridos de la familia de las rafinosas fue cerca del 70,26 a 80,17 %

Tabla V. **Propiedades de harinas integrales y frijoles descascarillados** ^a

Cultivo	Volumen después de batida (ml)			
	Volumen total		Volumen de espuma	
	Harina de grano entero	Harina de grano descascarillado	Harina de grano entero	Harina de grano descascarillado
Pinto	117,00	121,00	30,00	26,00
Sanilac	124,00	127,00	33,00	34,00
Arándano agrio	129,00	129,00	37,00	38,00
Rosa vivo	123,00	129,00	36,00	41,00
Rojo pequeño	121,00	127,00	34,00	39,00
Norte grande	121,00	127,00	30,00	35,00
Rojo riñón oscuro	125,00	133,00	33,00	43,00
Rojo riñón claro	121,00	128,00	31,00	41,00
Negro	129,00	130,00	39,00	39,00
Blanco pequeño	115,00	133,00	21,00	41,00
LSD (p=0,05)		3.55		3.90
Cultivo	% Aumento de volumen		Volumen específico ml/g	
	Harina de grano entero	Harina de grano descascarillado	Harina de grano entero	Harina de grano descascarillado
Pinto	17,00	21,00	1.29	1.26
Sanilac	24,00	27,00	1.30	1.31
Arándano agrio	29,00	29,00	1.35	1.33
Rosa vivo	23,00	29,00	1.34	1.36
Rojo pequeño	21,00	27,00	1.33	1.33
Norte grande	21,00	27,00	1.27	1.31
Rojo riñón oscuro	25,00	33,00	1.31	1.38
Rojo riñón claro	21,00	28,00	1.29	1.36
Negro	29,00	30,00	1.37	1.35
Blanco pequeño	15,00	33,00	1.21	1.39
LSD (p=0.05)		3.55		0.04

^a La media de determinaciones por triplicado.

^a Diferencia mínima significativa. Las diferencias de dos medios a / entre los cultivares superiores a este valor son significativos.

Fuente: DESHPANDE, Shrinivas. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, p. 148

Tabla VI. **Efectos de remojo y cocción sobre oligosacáridos en frijoles norte grande, pinto y riñón**

Tratamiento	Sucrosa ^a			Rafinosa ^a		
	Norte grande	Riñón	Pinto	Norte grande	Riñón	Pinto
Control (frijoles secos)	2,02	1,92	2,19	0,56	0,93	0,63
Remojo ^b	70,00	83,00	83,00	61,00	26,00	75,00
Remojo ^c	68,00	69,00	85,00	46,00	57,00	70,00
Cocimiento convencional (90 min)	65,00	55,00	56,00	23,00	11,00	11,00
Cocimiento rápido (15 min)	56,00	52,00	53,00	34,00	19,00	43,00
LSD 0,05	0,34	0,52	0,39	0,20	0,29	0,19
0,01	0,49	0,74	0,56	0,29	0,39	0,28

Tratamiento	Estaquiosa ^a			Verbascosa ^a		
	Norte grande	Riñón	Pinto	Norte grande	Riñón	Pinto
Control (frijoles secos)	2,40	2,44	2,95	ND	0,06	ND
Remojo ^b	69,00	59,00	60,00	-	-	-
Remojo ^c	71,00	64,00	61,00	-	-	-
Cocimiento convencional (90 min)	31,00	38,00	22,00	-	-	-
Cocimiento rápido (15 min)	61,00	52,00	34,00	-	-	-
LSD 0,05	0,26	0,32	0,26	-	-	-
0,01	0,38	0,50	0,37	-	-	-

^aLos valores medios de determinaciones por triplicado. Los números entre paréntesis indican los valores absolutos en g/100g frijoles secos para muestras de control. Los valores restantes son expresados como porcentajes de los controles

^b El remojo en agua destilada, 18 hr, a temperatura ambiente (22 °C).

^c Sumergirse en MSS, 18 horas, a temperatura ambiente (22 ° C).

^dND, No detectable

Fuente: DESHPANDE, Shrinivas. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, p. 153

Se observó cerca del 30 al 40% de reducción en los polifenoles sobre el cocimiento de los frijoles *Phaseolus vulgaris*. El mecanismo de destrucción permanece sin resolverse.

Fenoles + Proteína → Interferencia en digestibilidad del alimetro

Fenoles + Carbohidratos → Interferencia en digestibilidad del alimento

2.3. Conservación de los alimentos

El enlatado, es el principal método por medio del cual los alimentos se conservan mediante tratamiento térmico. El principio es bastante sencillo, el alimento se sella en una lata que luego se calienta a una temperatura tal que mueren todos los microorganismos y esporas patógenas capaces de desarrollarse durante el almacenamiento de la lata a temperaturas normales. Como ningún microorganismo tiene acceso al alimento mientras la lata permanezca sellada, no ocurre ninguna descomposición.

El proceso de enlatado consiste en colocar el alimento dentro de la lata, que luego se llena hasta cerca de media pulgada de la parte superior. Enseguida, se coloca de modo flojo la tapa y la lata y el contenido se calienta hasta alrededor de los 95°C con agua caliente o vapor. Este proceso, conocido como “agotamiento”, hace que se expanda el aire que se halla en la parte superior de la lata y desplace cualquier aire remanente en los tejidos del producto. El agotamiento reduce asimismo el esfuerzo sobre la lata durante el tratamiento térmico subsiguiente. Asimismo, reduce considerablemente la cantidad de oxígeno en el espacio superior, y de este modo reduce al mínimo la corrosión de la lata y la oxidación de los nutrientes.

La lata se sella una vez que se completa el agotamiento y queda lista entonces para la esterilización térmica o “procesamiento” como se le conoce.

Un procesamiento de alimentos enlatados exagerado tiene un efecto adverso sobre la calidad, siendo aconsejable reducir tanto como sea posible el tiempo y la temperatura de procesamiento. Sin embargo, dichas condiciones deben ser lo suficientemente enérgicas como para asegurar que todos los microorganismos nocivos presentes en el alimento enlatado mueran o se inactiven.

Los alimentos enlatados han hecho fácil al consumidor disponer de alimentos sanos en cualquier época del año.

Además de suprimir el crecimiento de los microorganismos, un método eficiente de conservación de los alimentos debe hacer que éstos conserven en lo posible sus características originales y perjudiquen lo menos posible el valor nutritivo.

2.4. Vida de anaquel

La descomposición de los alimentos ocurre principalmente como resultado de las reacciones químicas relacionadas con el proceso de envejecimiento y deterioro, por la acción de los microorganismos, o por medio de una combinación de los dos. Además del deterioro químico y el ataque por microorganismos, el desecamiento, el enranciamiento, la contaminación con suciedad y productos químicos y los daños causados por las plagas de insectos y de animales vertebrados son factores que contribuyen al deterioro de los alimentos.

En el caso de frijoles negros refritos, debido al proceso térmico y su conservación por enlatado, la descomposición, sucede debido a que se produce un deterioro químico y el enranciamiento de la fracción lipídica del mismo.

Existen muchos ensayos que utilizan técnicas y modelos matemáticos que describen los cambios de calidad debido a la temperatura de almacenamiento. Hicks (1944) creó un modelo para el cambio de calidad de los alimentos asumiendo una relación exponencial entre la tasa de cambio de calidad y la temperatura.

2.5. Cinética y vida de anaquel

La pérdida de calidad de la mayor parte de alimentos puede ser representada por la ecuación matemática siguiente:

$$\text{Velocidad} = -\frac{dA}{d\theta} = kA^n \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$\frac{dA}{d\theta} =$	Velocidad de cambio de A en el tiempo
$A =$	Factor de calidad medio
$\theta =$	Tiempo
$k =$	Constante de velocidad de degradación del factor de calidad
$n =$	Orden de degradación del factor cualitativo

Usualmente, los resultados de vida de anaquel estudiados no son obtenidos como una velocidad más bien como la cantidad del factor de calidad (A), perdido o producido, como función del tiempo.

2.5.1. Pérdida de vida de anaquel a velocidad constante

Basados en la ecuación No. 1, mucha de la literatura asume un valor de cero para el orden de degradación del factor cualitativo (n). Esta suposición, denominada orden cero de la reacción, implica que la velocidad de pérdida del factor de calidad en el tiempo es constante, como lo define la siguiente ecuación, para algunas constantes de temperatura:

$$\text{Velocidad de pérdida} = -\frac{dA}{d\theta} = k \quad \text{Ecuación 2}$$

Integrando matemáticamente la ecuación anterior, se obtiene la cantidad del factor de calidad perdida en el tiempo, como función de las condiciones de almacenamiento y manejo comunes del frijol refrito, tal cual se le presentan al consumidor final:

$$\text{Cantidad perdida de } A [A_f] \text{ Cantidad inicial de } A [A_0] - k\theta \quad \text{Ecuación 3}$$

En términos de vida de anaquel, la ecuación anterior se transforma en:

$$\theta_f = \frac{[A_0] - [A_f]}{k} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

θ_f = Vida de anaquel en días, meses, años, etc.

$[A_0]$ = Valor inicial del factor cualitativo

$[A_f]$ = Valor final del factor cualitativo

k = Constante de velocidad de degradación del factor de calidad

En muchos casos, el factor inicial de calidad no es cuantificable, sino por el contrario los valores fueron obtenidos de un grupo de panelistas. En este caso $[A_0]$, se asume que es 100 y $[A_f]$, es cuando la calidad es inaceptable.

El mayor problema al evaluar la vida de anaquel es verificar que efectivamente n es 0, para que la ecuación No. 4, pueda ser utilizada. Lo cual no es fácil de llevar a cabo, aunque algunas formas de deterioro se ajustan al orden cinético cero. Entre las cuales es posible mencionar:

- Degradación enzimática de frutas y vegetales, de alimentos congelados o refrigerados.
- Oscurecimiento no enzimático de cereales secos, productos secos y pérdidas de proteínas y valor nutricional.
- Oxidación de lípidos

Basados en este conocimiento, es posible predecir la vida de anaquel estimada de un producto, conociendo únicamente la cantidad perdida del factor de calidad en función del tiempo.

2.5.2. Pérdida de vida de anaquel a velocidad variable

Por el contrario muchos alimentos no siguen un orden cinético de cero, siendo variables los valores de n , lo cual se presenta en gran variedad de alimentos. Por ejemplo: si el factor cualitativo alimenticio siguiese un orden de degradación de 1, el mismo sufriría un decaimiento exponencial en su concentración en el producto, en este caso el frijol refrito.

Lo cual no necesariamente significa que su tiempo de vida, sigue este esquema. La representación matemática sigue el modelo siguiente:

$$\text{Velocidad} = -\frac{dA}{d\theta} = kA \quad \text{Ecuación 5}$$

Integrando la ecuación anterior, se obtiene que la velocidad de pérdida del factor de calidad se represente matemáticamente como sigue:

$$\ln[A_f] - \ln[A_0] = k\theta$$

En términos de vida de anaquel, la ecuación anterior se transforma en:

$$\theta_f = \frac{\ln[A_f]/[A_0]}{k} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

$\theta_f =$	Vida de anaquel en días, meses, años, etc.
$[A_0] =$	Valor inicial del factor cualitativo
$[A_f] =$	Valor final del factor cualitativo
$k =$	Constante de velocidad de degradación del factor de calidad

Los siguientes factores cualitativos, poseen dicho comportamiento:

- Rancidez
- Crecimiento microbiano

- Sabor desabrido
- Perdida de vitaminas y proteínas

Siendo en términos de vida de anaquel, la principal diferencia entre a las reacciones de cero y primer orden, en que las primeras, reportan una tendencia constante en la pérdida del factor de calidad respecto al tiempo, en tanto que las segundas, la perdida sigue una tendencia exponencial en el decaimiento de la calidad. Desde el punto de vista del consumidor, puede considerarse que muchos productos se tornan inaceptables después de perder solo un 20 a un 30% de su calidad inicial. Cambio de calidad de una o varias características, sabor, apariencia, apariencia, color, rancidez.

2.6. Evaluación de calidad

La cual permitirá la evaluación del comportamiento de los parámetros primarios de calidad, como los organolépticos, los cuales se encuentran relacionados con las variables de vida útil del frijol

2.6.1. Técnicas sensoriales

En la evaluación del aroma y el sabor de los frijoles se pueden realizar diferentes técnicas. Se conocen dos grandes grupos y enfoques distintos, que no necesariamente son excluyentes: el enfoque fisicoquímico o analítico y el sensorial. Los niveles de objetividad en ambos casos han sido discutidos ampliamente y actualmente se tiende más cada vez a conjuntar ambos enfoques. El sabor y el aroma son fenómenos fisiológicos que solo puede evaluarse con métodos sensoriales, por lo que la medición directa de los mismos con técnicas fisicoquímicas, puede resultar muy compleja.

Una práctica común para evaluar la vida de anaquel de un producto dado es determinar el cambio de calidad de una o varias características (sabor, apariencia, apariencia, color, rancidez, agrio, funcionalidad, etc.) en un periodo de tiempo. Uno puede asumir que la calidad de un alimento es una medida específica de su deterioro. No obstante esto reconoce que el término “calidad” abarca muchos atributos o características de calidad, el punto de vista de calidad de un consumidor puede estar sujeto a la presencia o ausencia de una característica determinada si el producto tiene o no calidad.

2.6.2. Actividad química

Cuando los frijoles son producidos en las vainas de las leguminosas, están constituidos en su mayor parte, por compuestos orgánicos. En las vainas estos compuestos participan en varias reacciones químicas complejas y cuidadosamente controladas que, en la mayoría de los casos, dependen de la presencia de enzimas. Cuando se cosechan las vainas de una planta, cesan muchas de estas reacciones. No obstante, las enzimas presentes continúan activas son capaces de seguir catalizando reacciones que afectan adversamente la calidad de cada grano de frijol.

2.6.3. Enranciamiento de la fracción lipídica

Los aceites y las grasas son propensos a echarse a perder lo que origina la producción de olores y sabores desagradables; esta forma de deterioro es usual describirla empleando el termino general rancidez. Los diferentes tipos de aceites y grasas presentan grados variables de resistencia al deterioro; así, la mayoría de los aceites vegetales presentes en los frijoles se deterioran lentamente.

El deterioro ocurre de muchas maneras, pero se distinguen dos tipos importantes, a saber; ranciedad hidrolítica y ranciedad oxidativa.

2.6.3.1. Rancidez hidrolítica

La ranciedad hidrolítica tiene lugar como resultado de la hidrólisis de las moléculas de triglicéridos para formar glicerol y ácidos grasos libres, y es causada por el agua presente en el producto. La proporción de hidrólisis en presencia solo de agua es insignificante, pero se acelera en presencia de enzimas del frijol.

2.6.3.2. Rancidez oxidativa

La peroxidación de los lípidos expuestos al oxígeno es la causa no sólo del deterioro de los alimentos sino también del daño a los tejidos in vivo. Los efectos deletéreos son iniciados por los radicales libres (ROO^* , RO^* , OH^*) producidos durante la formación de peróxido a partir de ácidos grasos que contienen grupos metilenos unidos por dobles ligaduras interrumpidas, de los ácidos grasos poliinsaturados que se encuentran en la naturaleza.

La peroxidación lipídica es una reacción en cadena que produce un suministro continuo de radicales libres que inician la peroxidación posterior.

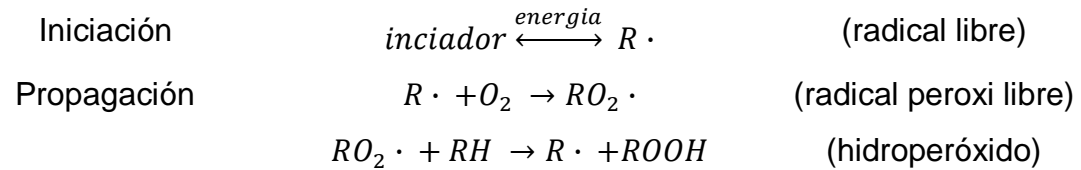
2.6.3.3. Mecanismos de oxidación

La oxidación de los aceites tiene lugar por medio de una reacción en cadena que es un tipo de reacción que se caracteriza por su extrema velocidad. Una reacción en cadena tiene lugar en tres etapas conocidas como iniciación, propagación y terminación.

En la etapa de iniciación, que ocurre con lentitud, se elimina un átomo de hidrógeno de una molécula de triglicérido insaturado con lo que se produce un radical libre ($R\bullet$). Los radicales libres, que son grupos que contienen un electrón “no apareado”, son extremadamente inestables y reaccionan de inmediato con otra molécula para formar un producto más estable. Esta etapa de iniciación sólo ocurre bajo la influencia de catalizadores en forma de cantidades infinitesimales de metales, particularmente cobre, y en presencia de luz y calor.

La lenta etapa de iniciación es seguida por una rápida etapa de propagación en la que los radicales libres de la etapa de iniciación se combinan con el oxígeno atmosférico para formar un radical peróxido libre e inestable libre y un hidroperóxido inestable. En la secuencia que se presenta más adelante, se observa que por cada radical libre ($R\bullet$) utilizando se genera otro con el resultado de que la reacción es autogeneratriz. El sitio de la reacción es el aceite insaturado es un grupo metileno ($-CH_2-$) adyacente a un doble enlace, y se representan dichas moléculas por RH, donde H es el átomo de hidrógeno del grupo metileno adyacente a un doble enlace.

Conforme avanza la reacción se forma hidroperóxido en forma continua y, al ser éste inestable, se descompone para formar cetonas y aldehídos, los cuales son la causa de los desagradables olores de las grasas rancias. La reacción continua ya sea hasta que se gaste todo el oxígeno (o el aceite) o hasta que se eliminen los radicales libres que son responsables del mantenimiento de la reacción. Muchos productos, en particular los que cuentan con mayor presencia de aceites vegetales, contienen sustancias naturales, como la vitamina E, conocidas como antioxidantes que ayudan a retardar la rancidez al reaccionar con los radicales peroxi libres ($RO_2\cdot$) de manera que éstos ya no quedan disponibles para la etapa de propagación.



3. DISEÑO METODOLÓGICO

En base a las demostraciones científicas de los factores que afectan al frijol negro refrito procesado, se seleccionó el siguiente grupo de variables e indicadores que reportaron datos acerca del comportamiento de la vida de anaquel del producto en cuestión.

3.1. Variables

La variable independiente general fue el tiempo de almacenamiento, en tanto que las variables dependientes tuvieron un comportamiento aleatorio; estas variables fueron las variables dependientes o de respuestas.

Tabla VII. **Variables involucradas en vida de anaquel de frijoles procesados**

VARIABLE	DIMENSIONAL	FACTOR POTENCIAL DE DISEÑO		FACTORES PERTURBADORES	
		CONSTANTE	VARIABLE	CONTROLABLES	DE RUIDO
TIEMPO	<i>Días</i>		X	X	
TEMPERATURA	<i>Celsius</i>		X		X
COLOR		X		X	
OLOR		X		X	
SABOR		X		X	
ASPECTO		X		X	
AGUA	<i>Kg.</i>	X		X	
INSTAURACIÓN DE LÍPIDOS	[C ₈ H ₁₇ CH: CH(CH ₂) ₇ CO ₂ H]	X		X	
ALDEHIDOS	[CH ₃ CH(OC ₂ H ₅) ₂]	X			X
CETONAS	[CH ₃ COCH ₃]	X			X

Continuación de la tabla VII.

ACIDOS GRASOS LIBRES	[CH ₃ (CH ₂) ₁₀ CO ₂ H]	X			X
ACIDEZ DEL PRODUCTO	[H ⁺]		X	X	
pH			X	X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Matriz del marco lógico**

OBJETIVO ESPECIFICO	META	INDICADOR	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	COORDINADOR
Determinar cambios organolépticos mediante un análisis de panel sensorial realizado por expertos en el ámbito alimenticio.	Determinar el límite máximo aceptable de tiempo transcurrido para que el producto sea aceptado por el consumidor.	Aspecto, color, olor y sabor se deben percibirse sin cambios significativos con respecto al producto recientemente elaborado.	Realización de sesiones de panel sensorial para analizar las 48 muestras de frijol.	El tesista.	El asesor, Ingeniera Química Hilda Piedad Palma de Martini
Evaluar cambios físicos en el producto por medio de análisis de las propiedades del mismo como: color y apariencia.	Encontrar las propiedades del producto relativamente iguales al producto recién elaborado así como obtener un modelo matemático para la degradación de cada uno de los atributos físicos de calidad.	Graficar el parámetro de calidad respecto al tiempo para obtener el tiempo máximo obtener el límite mínimo aceptable del parámetro evaluado.	Cuantificar cada uno de los parámetros de calidad para cada muestra, graficar el parámetro de calidad, correlacionar, interpolar o extrapolar datos.	El tesista.	El asesor, Ingeniera Química Hilda Piedad Palma de Martini

Continuación de la tabla VIII.

<p>Determinar la cantidad de lípidos oxidados mediante un análisis de índice de peróxidos.</p>	<p>Obtener el orden de reacción de la velocidad de oxidación de lípidos en el frijol tanto para frijol empacado en envase de hojalata.</p>	<p>El índice de peróxidos debe reportar un máximo de 20% del total de lípidos contenidos en el frijol, oxidados.</p>	<p>Realizar análisis de índice de peróxidos para 48 muestras de frijol con objeto de conocer la cinética de oxidación de lípidos en el producto. $v = k*[A]^a*[B]^b$</p>	<p>El tesista.</p>	<p>El asesor, Ingeniera Química Hilda Piedad Palma de Martini</p>
<p>Especificar la cantidad de lípidos hidrolizados mediante un análisis de índice de acidez.</p>	<p>Especificar el lapso de tiempo en el cual se reportan ácidos grasos libres presentes en las muestras analizadas.</p>	<p>Las muestras analizadas no deben reportar ácidos grasos libres</p>	<p>Obtener el índice de acidez de cada muestra mediante la realización de titulaciones ácido base utilizando indicador. Determinar la ley de velocidad de formación de ácidos grasos libres para determinar el nivel máximo permisible de lípidos degradados.</p>	<p>El tesista.</p>	<p>El asesor, Ingeniera Química Hilda Piedad Palma de Martini</p>

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación del campo de estudio

La presente investigación de frijoles, enfocada en leguminosas del tipo: *Phaseolus vulgaris*, procesadas y empacadas en envases de hojalata. El envase de hojalata posee un recubrimiento interno epoxi fenólico especial para alimentos, que no interactúa con el mismo.

Para cumplir el objetivo del proyecto, se evaluaron las características sensoriales mediante ensayos realizados en forma aleatoria utilizando un sistema de codificación de cambios organolépticos, para con ellos llevar a cabo un análisis de correlación para la obtención de datos para análisis. Esto como método de aceptación por el consumidor final.

Los análisis físicos se limitaron a verificar mediante un análisis comparativo si existen diferencias significativas del analito, respecto a muestras patrón; la verificación del cambios de color en un colorímetro para cada muestra de frijol.

El aspecto químico se caracterizó mediante la cuantificación de la cantidad de lípidos que han sido degradados a ácidos grasos de cadena más corta, mediante una separación del contenido lipídico del producto para un estudio del índice de acidez así también se evaluó mediante el índice de peróxidos la cantidad que se óxido con el transcurso del tiempo.

Con el compendio de datos, se correlacionó, analizó y se concluyó respectivamente.

3.3. Recursos humanos disponibles

Asesor	Inga. Hilda Piedad Palma de Martini
Colaboradores	Operarios, analistas y panelistas.
Investigador	Tesista

3.4. Recursos materiales disponibles

Reactivos:

Agua potable	Cloroformo
Butanol como desinfectante	Yoduro de potasio
Frijol procesado	Agua destilada
Hidróxido de sodio	Tiosulfato de sodio
Sulfato de sodio anhidro	Almidón
Éter etílico	Fenolftaleína
Ácido acético	

Equipo:

Autoclave	2 Recipientes Plásticos
Cajas de Petri	Probeta de 100 ml
Incubadora	Erlenmeyer de 500 ml
Potenciómetro de pH	2 Pipeta Serológicas
Colorímetro Hunter-Lab	1 Pipeta de Mohr
Mesa de trabajo	1 Bureta de 50 ml
Beackers de 100 ml	1 Base para bureta
12 bandejas de 1 cm de altura	1 Pinzas para bureta

Lavaplatos	Gotero
Bolsas de polipropileno para cada muestra (100 unidades)	Espátula
Grapas	Papel Kraft
Engrapadora	Papel Parafilm
Balanza analítica	Magnetizador
1 Ampolla de decantación	Agitador Magnético
1 Embudo	Microscopio
Estereoscopio	Tijera
Contador	Computadora
Teléfono	Papel bond
Extractor de olores	Estufa

3.5. Técnica cualitativa o cuantitativa

El proyecto fue un estudio experimental descriptivo, en el que se validó la hipótesis establecida mediante un análisis que refutó el cumplimiento del actual tiempo de vida de anaquel del producto.

Se evaluó de manera integral, los parámetros que afectan la integridad del producto, logrando confirmar la teoría mediante la experimentación, se validó el trabajo de graduación mediante el análisis del producto el cual se sometió a un crecimiento acelerado para obtener una muestra con el tiempo medio real estimado con los resultados del presente estudio, el cual reporto aceptabilidad por el consumidor final.

El análisis del panel sensorial se llevó a cabo mediante la realización de pruebas descriptivas de escala de atributos de calidad, en la cual se presentaron tres muestras a un determinado panelista entrenado, analizando en cada sesión los factores de calidad que el consumidor final percibe como lo son: color, olor y sabor, Reportando como aceptable o rechazable. Se utilizó un nivel de probabilidad del 33,3%, por cada muestra, las muestras corresponden a las diferentes presentaciones en las cuales se manufactura el producto. El análisis estadístico mediante ANOVA determinó la representatividad final de la prueba.

Las técnicas cuantitativas empleadas, fueron los análisis de características fisicoquímicas como: el color mediante un colorímetro marca Hunter-Lab, la apariencia, la tendencia grafica que sigue cada uno de los parámetros evaluados así también los modelos cinético-matemáticos que gobernaron el comportamiento del frijol negro empacado.

La separación de fases mediante solventes fue la encargada de determinar la cantidad de aceite que la muestra poseía, la cual se trató mediante volumetría para obtener cuantitativamente la cantidad de lípidos degradados y oxidados.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

La recolección de la información tuvo como base el cumplimiento del análisis estadístico realizado para la obtención del nivel de confianza requerido para este estudio

3.6.1. Panel sensorial

La importancia del análisis sensorial se encuentra en la repetitividad que posee la percepción de las características sensoriales del producto por el panelista entrenado y el consumidor final.

3.6.1.1. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se puede definir como aquella disciplina que permite medir, analizar e interpretar las reacciones ante aquellas propiedades que caracterizan a ciertos alimentos y materiales, tal y como se perciben a través de los sentidos de la vista, el olfato, el gusto y el tacto. La metodología empleada para este tipo de evaluaciones se relacionó con tratamientos estadísticos que confirmaron los resultados.

La realización de este tipo de pruebas en los alimentos requirió el cumplimiento de ciertas condiciones sin las cuales no sería posible garantizar la confiabilidad de los resultados.

Estas condiciones físicas de prueba preliminares, se refieren al acondicionamiento de un área de prueba, la preparación y presentación de las muestras a evaluar, el entrenamiento y la calificación del personal evaluador y la selección de los diseños experimentales de pruebas sensoriales a realizar. La normalización de estas técnicas se encuentra resumida en la literatura. Las técnicas de evaluación difieren entre sí en función del propósito de las mismas. Las aplicaciones de estas técnicas pueden ser muy variadas, desde el desarrollo de un producto nuevo, la duplicación o el mejoramiento de uno ya existente en el mercado hasta la reducción de los costos de producción mediante la incorporación de nuevas materias primas en un proceso.

Se conocen dos grandes tipos de pruebas a realizar: los análisis para discriminar, que fue la utilizada para el proyecto y las pruebas afectivas. Las primeras son empleadas para evaluar diferencias o semejanzas y para la identificación de ciertas características sensoriales generales, se conocen dos tipos de pruebas: las que discriminan y la que describen, en ambos casos se recurre a jueces con experiencia y con entrenamiento previo. Las pruebas afectivas se emplean para evaluar preferencias y/o la aceptación de productos, en este caso no se requiere de jueces capacitados pero si de un gran número de encuestados seleccionados aleatoriamente o atendiendo a un patrón de consumo, según sea el caso.

3.6.1.2. Sesiones de panel sensorial

Con objeto de determinar y estimar las diferencias existentes de color, olor y sabor de las muestras de frijol analizadas, respecto al producto recién elaborado, tal como se le presentarían al consumidor final.

Instrumentos

- 4 recipientes de vidrio.
- 3 Cabinas de catación.
- 3 lámparas con luz de color.
- 1 Estufa
- 1 termómetro de 100 ± 1 °C.
- 1 beacker de 2 000 ml.
- 1 balanza analítica.
- 3 paletas de catación.
- 1 servidora de acero inoxidable.
- 3 formatos de catación de muestras y bolígrafos.

Reactivos

- 1 500 ml de agua potable.
- 4 muestras de frijol negro volteado.

Procedimiento

- Se aseguró trabajar bajo una temperatura ambiente entre 18-22°C
- Las pruebas fueron realizadas entre 11 – 12 am y entre las 3-4 pm.
- Se calentó en baño de maría la lata de frijol negro refrito, cerciorándose de calentar la muestra hasta 80 °C y mantener la misma a $57 \pm 1^\circ\text{C}$, para evitar sabores desagradables lo cual pudo afectar las respuestas de los panelistas.
- Posteriormente se pesaron 25 gramos de muestra
- La iluminación en las cabinas de catación fue estandarizada
- Se giraron las indicaciones de catación al panelista entrenado
- La prueba se realizó por el panelista en curso, el valor asignado guardo proporción con el valor asignado a la muestra patrón
- Se tomó nota de los datos en el registro de catación de muestras.

Tabla IX. Prueba descriptiva de escalas de estimación de magnitud de color para frijoles negros refritos

Nombre:	Juan García	Fecha:	13 de septiembre del 2012		
Nombre del producto	Frijol negro refrito				
Frente a usted hay cuatro muestras una marcada con R y tres codificadas. Pruebe la muestra R y asígnele un valor. A continuación pruebe las demás muestras codificadas y asígneles un valor que guarde siempre proporción con la primera o muestra R, con respecto a la característica establecida en base a la aceptabilidad o inaceptabilidad de la misma.					
Si la muestra es aceptable asígnele un valor superior al asignado a la referencia (R), si por el contrario es inaceptable asígnele un valor menor al asignado a la referencia.					
COLOR	MUESTRAS	R	1,1	1,2	1,3
	CALIFICACIÓN	10,0	10,0	9,5	9,8
COMENTARIOS:	<hr/> <hr/>				
MUCHAS GRACIAS!					

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Prueba descriptiva de escalas de estimación de magnitud de olor para frijoles negros refritos

Nombre:	Raúl Ramírez	Fecha:	28 de septiembre de 2012		
Nombre del producto	Frijol negro refrito				
Frente a usted hay cuatro muestras una marcada con R y tres codificadas. Pruebe la muestra R y asígnele un valor. A continuación pruebe las demás muestras codificadas y asígneles un valor que guarde siempre proporción con la primera o muestra R, con respecto a la característica establecida en base a la aceptabilidad o inaceptabilidad de la misma.					
Si la muestra es aceptable asígnele un valor superior al asignado a la referencia (R), si por el contrario es inaceptable asígnele un valor menor al asignado a la referencia.					
OLOR	MUESTRAS	R	1,1	1,2	1,3
	CALIFICACIÓN	10,0	9,0	10,0	10,0
COMENTARIOS:	<hr/> <hr/>				
MUCHAS GRACIAS!					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Prueba descriptiva de escalas de estimación de magnitud de sabor para frijoles negros refritos

Nombre:	Ernesto Colindres	Fecha:	12 de octubre de 2012		
Nombre del producto	Frijol negro refrito				
Frente a usted hay cuatro muestras una marcada con R y tres codificadas. Pruebe la muestra R y asígnele un valor. A continuación pruebe las demás muestras codificadas y asígneles un valor que guarde siempre proporción con la primera o muestra R, con respecto a la característica establecida en base a la aceptabilidad o inaceptabilidad de la misma.					
Si la muestra es aceptable asígnele un valor superior al asignado a la referencia (R), si por el contrario es inaceptable asígnele un valor menor al asignado a la referencia.					
SABOR	MUESTRAS	R	1,1	1,2	1,3
	CALIFICACIÓN	10,0	10,0	10,0	8,0
COMENTARIOS:	<hr/> <hr/>				
MUCHAS GRACIAS!					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Matriz de verificación de asistencia a la prueba descriptiva de escalas de estimación de magnitud para frijoles negros refritos

PANELISTA	SESIONES															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 (color)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2 (olor)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3 (sabor)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Resultados de las pruebas descriptivas de escalas de estimación de magnitud para frijoles negros refritos

No.	Fecha de producción	Color				Olor				Sabor			
		R	1	2	3	R	1	2	3	R	1	2	3
1	12/10/2010	10,0	7,0	7,5	8,0	10,0	6,0	7,0	7,0	10,0	10,0	8,0	7,0
2	30/11/2010	10,0	6,5	7,0	7,0	10,0	5,0	7,0	7,0	10,0	10,0	10,0	8,0
3	18/01/2011	10,0	7,0	8,0	9,0	10,0	9,0	8,0	8,0	10,0	10,0	9,0	8,0
4	08/03/2011	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	8,0	9,0	9,0	10,0	10,0	10,0	8,0
5	26/04/2011	10,0	10,0	10,0	9,0	10,0	8,0	9,5	8,0	10,0	10,0	8,0	8,0
6	14/06/2011	10,0	10,0	9,5	9,8	10,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	8,0
7	02/08/2011	10,0	10,0	9,5	9,8	10,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
8	20/09/2011	10,0	10,0	9,5	10,0	10,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
9	08/11/2011	10,0	10,0	9,8	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10	27/12/2011	10,0	10,0	9,8	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,5
11	14/02/2012	10,0	9,0	9,5	10,0	10,0	8,0	10,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0
12	03/04/2012	10,0	10,0	9,8	10,0	10,0	8,0	10,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0
13	22/05/2012	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
14	03/07/2012	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
15	21/08/2012	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
16	09/10/2012	10,0	9,0	9,5	9,5	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
17	16/10/2012	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

Fuente: elaboración propia.

3.6.1.3. Indicadores físicos de calidad

Indicadores que por su naturaleza física son determinantes para la aceptación o rechazo del producto sin necesidad de realizar determinaciones sensoriales o químicas, siendo el primer factor que el consumidor final percibe.

3.6.1.3.1. Determinación cualitativa de apariencia

Con objeto de determinar y estimar las diferencias existentes en la apariencia de las muestras de frijol analizadas, respecto al producto recién elaborado, mediante determinaciones físicas de magnitud.

Instrumentos

- 1 estereoscopio.
- 4 cajas de Petri.
- 1 paleta de acero inoxidable.
- 3 formatos de características físicas
- 1 bolígrafo

Reactivos

- 4 muestras de frijol negro volteado

Procedimiento

- Adición de 25 gramos de muestra por caja de Petri, con paleta de acero inoxidable.
- Se diseminó la muestra en caja de Petri
- Las muestras fueron observadas al estereoscopio, asignándole un valor arbitrario a la apariencia que presenta la muestra de referencia recién elaborada.
- Se muestrearon las siguientes tres muestras, asignando un valor a la apariencia de cada una que guardó proporción con la apariencia de la muestra de referencia.
- Los valores reportados fueron anotados en el formato correspondiente.

Tabla XIV. **Magnitud de la apariencia estimada en frijoles empacados en envases de hojalata respecto al tiempo de almacenaje**

No.	Fecha de producción	Apariencia			
		R	1	2	3
1	12/10/2010	10,0	7,0	4,0	5,0
2	30/11/2010	10,0	6,0	7,0	6,5
3	18/01/2011	10,0	8,0	7,0	6,0
4	08/03/2011	10,0	10,0	10,0	10,0
5	26/04/2011	10,0	10,0	10,0	10,0
6	14/06/2011	10,0	10,0	10,0	10,0
7	02/08/2011	10,0	10,0	10,0	10,0
8	20/09/2011	10,0	10,0	10,0	10,0
9	08/11/2011	10,0	10,0	10,0	10,0

Continuación de la tabla XIV.

10	27/12/2011	10,0	10,0	10,0	10,0
11	14/02/2012	10,0	10,0	10,0	10,0
12	03/04/2012	10,0	8,0	10,0	10,0
13	22/05/2012	10,0	10,0	10,0	10,0
14	03/07/2012	10,0	10,0	10,0	10,0
15	21/08/2012	10,0	10,0	10,0	10,0
16	09/10/2012	10,0	9,0	10,0	10,0
17	16/10/2012	10,0	10,0	10,0	10,0

Fuente: elaboración propia.

3.6.1.3.2. Determinación cuantitativa de color

Con objeto de determinar y estimar las diferencias existentes de color de las muestras de frijol analizadas, respecto al producto recién elaborado.

Instrumentos

- 1 colorímetro
- 4 capsulas para colorímetro
- 1 paleta de acero inoxidable
- 3 formatos de características físicas
- 1 bolígrafo

Reactivos

- 4 muestras de frijol negro volteado

Procedimiento

- Las muestras fueron agregadas en cantidades de 25 gramos las distintas capsulas para colorímetro.
- Se evaluó el color de cada muestra en colorímetro Hunter-Lab
- Los valores obtenidos fueron anotados en el formato correspondiente

Tabla XV. **Determinación del color en frijoles empacados en envases de hojalata**

No.	Fecha de producción	Color Referencia	Color Muestra		
			1	2	3
1	12/10/2010	33,40	31,88	31,40	31,21
2	30/11/2010	33,40	27,78	30,59	30,08
3	18/01/2011	33,40	30,56	31,92	31,51
4	08/03/2011	33,40	33,60	33,89	34,79
5	26/04/2011	33,40	34,45	32,20	31,98
6	14/06/2011	33,40	30,46	32,26	30,02
7	02/08/2011	33,40	31,72	30,93	31,90
8	20/09/2011	33,40	32,12	32,90	33,70
9	08/11/2011	33,40	35,09	34,39	33,59
10	27/12/2011	33,40	31,20	31,90	33,79
11	14/02/2012	33,40	32,49	32,55	26,98
12	03/04/2012	33,40	33,14	32,43	33,10
13	22/05/2012	33,40	34,79	35,48	35,92
14	03/07/2012	33,40	30,72	32,56	33,45
15	21/08/2012	33,40	33,14	30,34	33,46
16	09/10/2012	33,40	32,83	31,22	31,44
17	16/10/2012	33,40	33,40	33,40	33,40

Fuente: elaboración propia.

3.6.1.4. Indicadores químicos de calidad

Indicadores que por su naturaleza química son determinantes para la aceptación o rechazo del producto como parámetro operacional de proceso, siendo el primer factor que se percibe a nivel laboratorio.

3.6.1.4.1. Extracción de la fracción lipídica

Con objeto de extraer la grasa total contenida en el frijol negro volteado empacado en envase de hojalata.

Instrumentos

- 1 balanza analítica
- 1 beacker de 250 ml
- 1 pipeta serológica
- 1 bureta
- 1 ampolla de decantación

Reactivos

- Muestras de frijol negro volteado
- Sulfato de sodio anhidro
- Éter etílico

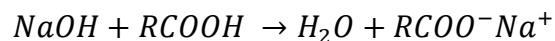
Procedimiento

- Fueron pesados 20 g de muestra
- Las muestras se mezclaron con sulfato de sodio anhidro
- Posteriormente se agregaron 100 ml de éter etílico y se agito constantemente por 5 minutos.

- La capa etérea obtenida se decantó y filtro correspondientemente
- Se realizó una segunda extracción, agregando 50 ml de éter etílico
- Nuevamente la capa etérea fue decantada para su filtración
- Los solventes fueron evaporados de los filtrados
- Como producto final se obtuvo la materia grasa

3.6.1.4.2. Determinación del índice de acidez

Basado en el método de titulación ácido métrica, el cual consiste en cuantificar el contenido en tanto por ciento de los ácidos grasos libres presentes en la grasa, producto de su descomposición de acuerdo a la siguiente reacción:



Fuente: Asociación oficial de químicos analíticos, AOAC. p. 600

El índice de acidez expreso el peso, en mg de hidróxido sódico necesario para neutralizar un gramo de materia grasa y se calculó en base a la siguiente ecuación

$$\text{Índice de acidez} = \frac{10 \times V}{m} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

$V =$ Volumen gastado de hidróxido de sodio (ml).

$m =$ Masa del aceite extraído del frijol (g).

La ecuación anterior se usó con una concentración de hidróxido sódico de 0,1 N.

Con objeto de determinar la presencia de ácidos grasos libres presentes en el frijol producto de la degradación de la fracción lipídica presente en el producto.

Instrumentos

- 1 balanza analítica con magnetismo
- 1 beacker de 250 ml
- 1 magneto
- 1 pipeta serológica
- 1 bureta
- 1 bolígrafo

Reactivos

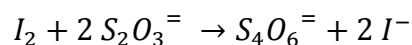
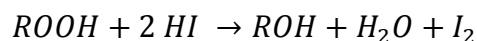
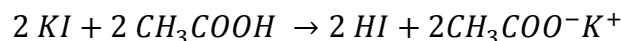
- Muestras de frijol negro volteado
- Agua destilada
- Fenolftaleína como indicador
- Solución de hidróxido de sodio 0,1 N

Procedimiento

- Fueron pesados 10 gramos de muestra frijol
- A la muestra le fue agregada 100 ml de agua destilada
- Para homogeneizar la muestra se agitó vigorosamente con un magneto
- Se tituló la muestra agregando fenolftaleína como indicador y se tituló con la solución 0.1 N de NaOH, hasta que el color rosado pálido apareció.
- Posteriormente se dejó constancia de la titulación en el formato correspondiente de los mililitros consumidos.

3.6.1.4.3. Determinación del índice de peróxidos

El índice de peróxidos está basado en la titulación yodométrica que consiste en la medida de yodo producido desde el yoduro de potasio por los hidroperóxidos presentes en el aceite producto de su degradación, de acuerdo a las siguientes reacciones:



Fuente: Asociación oficial de químicos analíticos, AOAC. p. 489

El índice de peróxidos se calcula en base a la siguiente ecuación

$$\text{Índice de peroxidos} = \frac{1000 \times N \times (V_1 - V_2)}{m} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

- N = Normalidad de la solución de Tiosulfato de sodio.
 V_1 = Volumen de Tiosulfato empleado en la titulación (ml).
 V_2 = Volumen de Tiosulfato empleado en la prueba en blanco (ml).
 m = Masa del aceite extraído del frijol (g).

Expresado en mili equivalentes de oxígeno por kilogramo de grasa.

Con objeto de determinar la presencia de hidroperóxidos presentes en el frijol producto de la oxidación de la fracción lipídica presente en el producto.

Instrumentos

- 1 balanza analítica
- 1 beacker de 250 ml
- 1 pipeta serológica
- 1 bureta

Reactivos

- Muestras de frijol negro volteado
- Ácido acético
- Cloroformo
- Solución saturada de Ioduro de potasio
- Agua destilada
- Solución de Tiosulfato de sodio 0,1 N
- Solución de almidón

Procedimiento

- Pesar 5 gramos de grasa extraída
- Adición y agitación 30 ml de solución de ácido acético y cloroformo
- A la muestra mezclada uniformemente se le agrego 0,5 ml de solución saturada de yoduro de potasio con una pipeta de Mohr.

- Se dejó reposar por 1 minuto y luego se agregaron 30 ml de agua destilada.

- Inmediatamente después se tituló la muestra con Tiosulfato de sodio 0,1 N y se agitó vigorosamente, hasta que el color amarillo desapareció.

- La muestra fue titulada con la adición de 0,5 ml de solución de almidón y se continuó agitando.

- Se agregó el Tiosulfato gota a gota hasta que el color azul desapareció
- El mismo procedimiento se realizó al efectuar una corrida en blanco
- De esta manera fueron determinados los índices de peróxidos, de la muestra y del producto recién elaborado.

Tabla XVI. **Indicadores químicos de calidad del frijol negro refrito**
Phaseolus vulgaris

No.	Fecha de producción	pH				Índice de acidez (mg NaOH/gr frijol)				Peróxidos (meq/kg)			
		R	1	2	3	R	1	2	3	R	1	2	3
1	12/10/2010	5,99	5,80	5,87	5,80	1,72	2,16	2,04	2,00	0,20	0,20	0,20	0,40
2	30/11/2010	5,99	5,72	5,72	5,64	1,72	2,08	1,88	1,00	0,20	0,20	0,20	0,20
3	18/01/2011	5,99	5,82	5,81	5,83	1,72	2,28	2,08	2,00	0,20	0,30	0,40	0,20
4	08/03/2011	5,99	5,84	5,86	5,84	1,72	1,76	1,84	1,76	0,20	0,40	0,20	0,20
5	26/04/2011	5,99	5,80	5,80	5,72	1,72	2,20	2,08	2,00	0,20	0,60	0,20	0,20
6	14/06/2011	5,99	5,79	5,83	5,83	1,72	2,20	2,12	1,92	0,20	0,20	0,20	0,20
7	02/08/2011	5,99	5,85	5,87	5,80	1,72	2,28	2,04	1,92	0,20	0,20	0,40	0,20
8	20/09/2011	5,99	5,83	5,83	5,80	1,72	1,68	1,76	2,00	0,20	0,40	0,20	0,20
9	08/11/2011	5,99	5,90	5,89	5,88	1,72	2,16	1,80	1,92	0,20	0,20	0,20	0,20
10	27/12/2011	5,99	5,84	5,86	5,84	1,72	1,88	1,76	2,08	0,20	0,20	0,20	0,20
11	14/02/2012	5,99	5,81	5,82	5,65	1,72	1,88	1,84	1,12	0,20	0,20	0,20	0,20
12	03/04/2012	5,99	5,91	5,91	5,96	1,72	1,96	1,56	2,00	0,20	0,20	0,20	0,20
13	22/05/2012	5,99	5,90	5,91	5,98	1,72	2,12	1,56	1,76	0,20	0,20	0,20	0,20
14	03/07/2012	5,99	5,90	5,89	5,90	1,72	2,08	2,04	1,96	0,20	0,20	0,20	0,20
15	21/08/2012	5,99	5,96	5,90	5,92	1,72	1,88	1,08	2,28	0,20	0,20	0,20	0,20
16	09/10/2012	5,99	5,99	5,99	6,00	1,72	1,92	1,76	1,88	0,20	0,20	0,20	0,20
17	16/10/2012	5,99	5,99	6,00	5,99	1,72	1,76	1,76	1,68	0,20	0,20	0,20	0,20

Fuente: elaboración propia.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

A continuación se detalla la manera en la que se procesó la información que llevo al cumplimiento de los objetivos analíticos de los parámetros de la calidad de este estudio.

3.7.1. Determinación del tamaño de la muestra

$$n = \left(2 z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{w} \right)^2 \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

$n =$	Tamaño de muestra necesario para asegurar una extensión de intervalo w
$z^{\alpha/2} =$	Nivel de confianza
$\sigma =$	Desviación estándar poblacional
$w =$	Intervalo de confianza

Ejemplo 1

El tiempo de vida de anaquel de los frijoles negros refritos, posee una distribución normal, Se desea estimar el tiempo de vida de anaquel promedio verdadero μ . Suponiendo que la variable aún posee una distribución normal, ¿Qué tamaño de muestra es necesario para asegurar que el intervalo de confianza de 95% resultante tiene una relación de desviación estándar poblacional y extensión de (a lo sumo) la unidad?

$$n = (2 \cdot 1,96 \cdot 1)^2 = 15,36$$

Puesto que n debe ser un entero, se requiere un tamaño de muestra de 16, lo cual está sobre el límite del error de estimación.

Con confianza del 95%, la estimación puntual promedio del tiempo de vida de anaquel del frijol negro volteado, que se obtuvo del presente trabajo, no estuvo más allá de esto respecto al tiempo promedio verdadero, de toda la población de frijoles evaluados.

3.7.2. Procesamiento de sesiones de panel sensorial

$$ME = \frac{x}{R} \times 100 \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

$ME =$ Magnitud estimada por panelistas (%)
 $x =$ Calificación asignada a la muestra
 $R =$ Calificación asignada a la referencia

Ejemplo 2

Se le presentaron al panelista entrenado 3 muestras para evaluar el color que presentaban con respecto a la muestra patrón, el panelista le otorgo un valor de 10,00 a la referencia en tanto que a las muestras les asigno un valores de 10,00, 9,80 y 10,00 respectivamente, calcule la magnitud porcentual estimada para cada muestra:

$$ME = \frac{9,8}{10} \times 100 = 98,00 \%$$

Las magnitudes porcentuales estimadas fueron 100,00, 98,00 y 100,00 % respectivamente, todas las muestras se calcularon de la misma manera.

3.7.3. Determinación de la media muestral

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

\bar{x} =	Media muestral
x_i =	Observaciones de la muestra
n =	Tamaño de las observaciones

Ejemplo 3

La media muestral de las magnitudes porcentuales estimadas del ejemplo anterior se calculó de la siguiente manera:

$$\bar{x} = \frac{100,00 \% + 98,00 \% + 100,00 \%}{3} = 99,30 \%$$

Físicamente la media, demostró cómo se mide la localización (centro) del color de la muestra así como cualquier parámetro de calidad como la apariencia, pH, etc.

3.7.4. Determinación de la varianza muestral

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Ecuación 12

Donde:

s^2 =	Varianza muestral
\bar{x} =	Media muestral
x_i =	Observaciones de la muestra
n =	Tamaño de las observaciones

La varianza muestral mide la variabilidad promedio del parámetro evaluado respecto al valor central.

Ejemplo 4

La varianza muestral de las magnitudes organolépticas estimadas del ejemplo anterior se calculó de la siguiente manera:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$
$$= \frac{(100,00\% - 99,30\%)^2 + (98,00\% - 99,30\%)^2 + (100,00\% - 99,30\%)^2}{3 - 1}$$
$$= 1,33 \%^2$$

De la misma manera se calcularon las varianzas de los datos del análisis estadístico.

3.7.5. Determinación de la desviación estándar muestral

$$s = \sqrt{s^2} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

s = Desviación estándar muestral

s^2 = Varianza muestral

La desviación estándar muestral es el tamaño de una desviación característica, o representativa, con respecto a la media muestral dentro de la muestra.

Ejemplo 5

La desviación estándar muestral de las magnitudes porcentuales estimadas del ejemplo anterior se calculó de la siguiente manera:

$$s = \sqrt{1,33 \%^2} = 1,15 \%$$

De la misma manera se calcularon las desviaciones estándar de los datos del análisis estadístico.

Tabla XVII. Procesamiento de las pruebas organolépticas para frijoles empacados en envases de hojalata

SESIONES	TIEMPO (días)	VALORES								
		COLOR			OLOR			SABOR		
		R	CALIFICACIÓN (C)	C/R X 100	R	CALIFICACIÓN (C)	C/R X 100	R	CALIFICACIÓN (C)	C/R X 100
1	16,00	10,00	9,00	90,00	10,00	10,00	100,00	10,00	10,00	100,00
			9,50	95,00		10,00	100,00		10,00	100,00
			9,50	95,00		10,00	100,00		10,00	100,00
PROMEDIO			9,33	93,30		10,00	100,00		10,00	100,00
2	65,00	10,00	10,00	100,00	10,00	9,00	90,00	10,00	10,00	100,00
			10,00	100,00		10,00	100,00		10,00	100,00
			10,00	100,00		10,00	100,00		10,00	100,00
PROMEDIO			10,00	100,00		9,67	96,70		10,00	100,00
3	114,00	10,00	10,00	100,00	10,00	10,00	100,00	10,00	10,00	100,00
			10,00	100,00		9,00	90,00		10,00	100,00
			10,00	100,00		10,00	100,00		10,00	100,00
PROMEDIO			10,00	100,00		9,67	96,70		10,00	100,00

Continuación de la tabla XVII.

4	163,00	10,00	10,00	100,00	10,00	9,00	90,00	10,00	10,00	100,00
			10,00	100,00		10,00	100,00			
			10,00	100,00		10,00	100,00			
PROMEDIO			10,00	100,00		9,67	96,70		10,00	100,00
5	212,00	10,00	10,00	100,00	10,00	8,00	80,00	10,00	10,00	100,00
			9,80	98,80		10,00	100,00			
			10,00	100,00		9,00	90,00			
PROMEDIO			9,93	99,30		9,00	90,00		10,00	100,00
6	261,00	10,00	9,00	90,00	10,00	8,00	80,00	10,00	10,00	100,00
			9,50	95,00		10,00	100,00			
			10,00	100,00		9,00	90,00			
PROMEDIO			9,50	95,00		9,00	90,00		10,00	100,00
7	310,00	10,00	10,00	100,00	10,00	8,00	80,00	10,00	10,00	100,00
			9,80	98,00		10,00	100,00			
			10,00	100,00		10,00	100,00			
PROMEDIO			9,93	99,30		9,33	93,30		9,83	98,30
8	358,00	10,00	10,00	100,00	10,00	8,00	80,00	10,00	10,00	100,00
			9,80	98,00		10,00	100,00			
			10,00	100,00		10,00	100,00			
PROMEDIO			9,93	99,30		9,33	93,30		10,00	100,00
9	408,00	10,00	10,00	100,00	10,00	9,00	90,00	10,00	10,00	100,00
			9,50	95,00		10,00	100,00			
			10,00	100,00		10,00	100,00			
PROMEDIO			9,83	98,30		9,67	96,70		10,00	100,00
10	457,00	10,00	10,00	100,00	10,00	9,00	90,00	10,00	10,00	100,00
			9,50	95,00		10,00	100,00			
			9,80	98,00		10,00	100,00			
PROMEDIO			9,77	97,70		9,67	96,70		10,00	100,00
11	506,00	10,00	10,00	100,00	10,00	9,00	90,00	10,00	10,00	100,00
			9,50	95,00		10,00	100,00			
			9,80	98,00		10,00	100,00			
PROMEDIO			9,77	97,70		9,67	96,70		93,30	93,30
12	555,00	10,00	10,00	100,00	10,00	8,00	80,00	10,00	10,00	100,00
			10,00	100,00		9,50	95,00			
			9,00	90,00		8,00	80,00			
PROMEDIO			9,67	96,70		8,50	85,00		86,70	86,70

Continuación de la tabla XVII.

13	604,00	10,00	10,00	100,00	10,00	8,00	80,00	10,00	10,00	100,00
			10,00	100,00		9,00	90,00		10,00	100,00
			10,00	100,00		9,00	90,00		8,00	80,00
PROMEDIO			10,00	100,00		8,67	86,70		9,33	93,30
14	646,00	10,00	7,00	70,00	10,00	9,00	90,00	10,00	10,00	100,00
			8,00	80,00		8,00	80,00		9,00	90,00
			9,00	90,00		8,00	80,00		8,00	80,00
PROMEDIO			8,00	80,00		8,33	83,30		9,00	90,00
15	695,00	10,00	6,50	65,00	10,00	5,00	50,00	10,00	10,00	100,00
			7,00	70,00		7,00	70,00		10,00	100,00
			7,00	70,00		7,00	70,00		8,00	80,00
PROMEDIO			6,75	67,50		6,33	63,30		9,33	93,30
16	744,00	10,00	7,00	70,00	10,00	6,00	60,00	10,00	10,00	100,00
			7,50	75,00		7,00	70,00		8,00	80,00
			8,00	80,00		7,00	70,00		7,00	70,00
PROMEDIO			7,50	75,00		6,67	66,70		8,33	83,30

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Procesamiento de indicadores físicos de calidad en frijoles empacados en envases de hojalata**

SESIONES	TIEMPO	VALORES			
		COLOR	APARIENCIA		
		(Hunter-Lab)	R	×	100 X/R
1	16,00	32,83	10,00	9,00	90,00
		31,22		10,00	100,00
		31,44		10,00	100,00
PROMEDIO		31,83		9,67	96,70
2	65,00	33,14	10,00	10,00	100,00
		30,34		10,00	100,00
		33,46		10,00	100,00
PROMEDIO		32,31		10,00	100,00

Continuación de la tabla XVIII.

3	114,00	30,72	10,00	10,00	100,00
		32,56		10,00	100,00
		33,45		10,00	100,00
PROMEDIO		32,24		10,00	100,00
4	163,00	34,79	10,00	10,00	100,00
		35,48		10,00	100,00
		35,92		10,00	100,00
PROMEDIO		35,40		10,00	100,00
5	212,00	33,14	10,00	10,00	100,00
		32,43		10,00	100,00
		33,10		10,00	100,00
PROMEDIO		32,89		10,00	100,00
6	261,00	32,49	10,00	10,00	100,00
		32,55		10,00	100,00
		26,98		10,00	100,00
PROMEDIO		30,67		10,00	100,00
7	310,00	31,20	10,00	10,00	100,00
		31,90		10,00	100,00
		33,79		10,00	100,00
PROMEDIO		32,30		10,00	100,00
8	358,00	35,09	10,00	10,00	100,00
		34,39		10,00	100,00
		33,59		10,00	100,00
PROMEDIO		34,36		10,00	100,00
9	408,00	32,12	10,00	10,00	100,00
		32,90		10,00	100,00
		33,70		10,00	100,00
PROMEDIO		32,91		10,00	100,00
10	457,00	31,72	10,00	10,00	100,00
		30,93		10,00	100,00
		31,90		10,00	100,00
PROMEDIO		31,52		10,00	100,00

Continuación de la tabla XVIII

11	506,00	30,46	10,00	10,00	100,00
		32,26		10,00	100,00
		30,02		10,00	100,00
PROMEDIO		30,91		10,00	100,00
12	555,00	34,45	10,00	10,00	100,00
		32,20		10,00	100,00
		31,98		10,00	100,00
PROMEDIO		32,88		10,00	100,00
13	604,00	33,60	10,00	10,00	100,00
		33,89		10,00	100,00
		34,79		10,00	100,00
PROMEDIO		34,09		10,00	100,00
14	646,00	30,56	10,00	8,00	80,00
		31,92		7,00	70,00
		31,51		6,00	60,00
PROMEDIO		31,33		7,00	70,00
15	695,00	27,78	10,00	6,00	60,00
		30,59		7,00	70,00
		30,08		6,50	65,00
PROMEDIO		29,48		6,50	65,00
16	744,00	31,88	10,00	7,00	70,00
		31,40		4,00	40,00
		31,21		5,00	50,00
PROMEDIO		31,50		5,33	53,30

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Procesamiento de indicadores químicos de calidad de frijoles empacados en envases de hojalata**

SESIONES	TIEMPO (Días)	VALORES		
		pH	ÍNDICE DE PERÓXIDOS (meq O ₂ / kg grasa)	ÍNDICE DE ACIDEZ (mg NaOH / gramo frijol)
1	16,00	5,99	0,20	1,92
		5,99	0,20	1,76
		6,00	0,20	1,88
PROMEDIO		5,99	0,20	1,85
2	65,00	5,99	0,20	1,88
		5,96	0,20	1,08
		5,90	0,20	2,28
PROMEDIO		5,93	0,20	1,75
3	114,00	5,90	0,20	2,08
		5,89	0,20	2,04
		5,90	0,20	1,96
PROMEDIO		5,90	0,20	2,03
4	163,00	5,90	0,20	2,12
		5,91	0,20	1,56
		5,98	0,20	1,76
PROMEDIO		5,93	0,20	1,81
5	212,00	5,91	0,20	1,96
		5,91	0,20	1,56
		5,96	0,20	2,00
PROMEDIO		5,93	0,20	1,84
6	261,00	5,81	0,20	1,88
		5,82	0,20	1,84
		5,65	0,20	1,12
PROMEDIO		5,76	0,20	1,61

Continuación de la tabla XIX.

7	310,00	5,84	0,20	1,88
		5,86	0,20	1,76
		5,84	0,20	2,08
PROMEDIO		5,85	0,20	1,91
8	358,00	5,90	0,20	2,16
		5,89	0,20	1,80
		5,88	0,20	1,92
PROMEDIO		5,89	0,20	1,96
9	408,00	5,83	0,40	1,68
		5,83	0,20	1,76
		5,80	0,20	2,00
PROMEDIO		5,82	0,27	1,81
10	457,00	5,85	0,20	2,28
		5,87	0,40	2,04
		5,80	0,20	1,92
PROMEDIO		5,84	0,27	2,08
11	506,00	5,79	0,20	2,20
		5,83	0,20	2,12
		5,83	0,20	1,92
PROMEDIO		5,82	0,20	2,08
12	555,00	5,80	0,60	2,20
		5,80	0,20	2,08
		5,72	0,20	2,00
PROMEDIO		5,77	0,33	2,09
13	604,00	5,84	0,40	1,76
		5,86	0,20	1,84
		5,84	0,20	1,76
PROMEDIO		5,85	0,27	1,79
14	646,00	5,82	0,30	2,28
		5,81	0,40	2,08
		5,83	0,20	2,00
PROMEDIO		5,82	0,30	2,12

Continuación de la tabla XIX.

15	695,00	5,72	0,20	2,08
		5,72	0,20	1,88
		5,64	0,20	1,00
PROMEDIO		5,69	0,20	1,65
16	744,00	5,80	0,20	2,16
		5,87	0,20	2,04
		5,80	0,40	2,00
PROMEDIO		5,82	0,27	2,07

Fuente: elaboración propia.

3.7.6. Cinética y vida de anaquel

La pérdida de calidad de la mayor parte de alimentos puede ser representada por la ecuación matemática siguiente:

$$\text{Velocidad} = -\frac{dA}{d\theta} = kA^n \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

$\frac{dA}{d\theta} =$	Velocidad de cambio de A en el tiempo
$A =$	Factor de calidad medio
$\theta =$	Tiempo
$k =$	Constante de velocidad de degradación del factor de calidad
$n =$	Orden de degradación del factor cualitativo

La ecuación anterior se trabajó en su forma integrada, en la cual se sustituyeron los correspondientes ordenes de reacción, dicha ecuación se trabajó con los datos de concentración de aparición de ácidos grasos libres así como la peroxidación de la fracción grasa del frijol del correspondiente índice de acidez y peróxidos los cuales se procesaron mediante correlación de datos para la obtención de las correspondientes cinéticas de degradación.

Tabla XX. Procesamiento de datos de la cinética de descomposición de la fracción lipídica del frijol negro refrito empacado en envases de hojalata, ácidos grasos libres

No,	Días Transcurridos	Desviación Días Transcurridos	Ácidos grasos libres cinética de descomposición				
			ACIDEZ MEDIA (N)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (N)	Ln (ACIDEZ MEDIA) (N)	V (N/días)	1/ ACIDEZ MEDIA
0	0,0000	0,5000	0,0443	0,0012	-3,1171	0,0000	22,5802
1	16,0000	0,5000	0,0474	0,0021	-3,0501	-0,0002	21,1181
2	65,0000	0,5000	0,0446	0,0156	-3,1094	0,0001	22,4078
3	114,0000	0,5000	0,0518	0,0016	-2,9607	-0,0001	19,3120
4	163,0000	0,5000	0,0463	0,0073	-3,0720	0,0001	21,5840
5	212,0000	0,5000	0,0470	0,0062	-3,0574	0,0000	21,2712
6	261,0000	0,5000	0,0412	0,0109	-3,1888	0,0001	24,2597
7	310,0000	0,5000	0,0487	0,0041	-3,0218	-0,0002	20,5274
8	358,0000	0,5000	0,0501	0,0047	-2,9942	0,0000	19,9688
9	408,0000	0,5000	0,0463	0,0043	-3,0720	0,0001	21,5840
10	457,0000	0,5000	0,0531	0,0047	-2,9348	-0,0001	18,8168
11	506,0000	0,5000	0,0531	0,0037	-2,9348	0,0000	18,8168
12	555,0000	0,5000	0,0535	0,0026	-2,9284	0,0000	18,6969
13	604,0000	0,5000	0,0456	0,0012	-3,0868	0,0002	21,9061
14	646,0000	0,5000	0,0542	0,0037	-2,9157	-0,0002	18,4618
15	695,0000	0,5000	0,0422	0,0147	-3,1643	0,0002	23,6727
16	744,0000	0,5000	0,0528	0,0021	-2,9412	-0,0002	18,9382

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Procesamiento de datos de la cinética de descomposición de la fracción lipídica del frijol negro refrito empacado en envases de hojalata, peróxidos

No,	Días Transcurridos	Desviación Días Transcurridos	Peróxidos cinética de descomposición			
			Peróxidos (N)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (N)	Ln (PEROXIDACIÓN MEDIA) (N)	1/ ACIDEZ MEDIA
0	0,0000	0,5000	0,0002	0,0000	-8,5738	5291,0053
1	16,0000	0,5000	0,0002	0,0000	-8,5738	5291,0053
2	65,0000	0,5000	0,0002	0,0000	-8,5738	5291,0053
3	114,0000	0,5000	0,0002	0,0000	-8,5738	5291,0053
4	163,0000	0,5000	0,0002	0,0000	-8,5738	5291,0053
5	212,0000	0,5000	0,0002	0,0000	-8,5738	5291,0053
6	261,0000	0,5000	0,0002	0,0000	-8,5738	5291,0053
7	310,0000	0,5000	0,0002	0,0000	-8,5738	5291,0053
8	358,0000	0,5000	0,0002	0,0000	-8,5738	5291,0053
9	408,0000	0,5000	0,0003	0,0000	-8,2861	3968,2540
10	457,0000	0,5000	0,0003	0,0000	-8,2861	3968,2540
11	506,0000	0,5000	0,0002	0,0000	-8,5738	5291,0053
12	555,0000	0,5000	0,0003	0,0001	-8,0629	3174,6032
13	604,0000	0,5000	0,0003	0,0000	-8,2861	3968,2540
14	646,0000	0,5000	0,0003	0,0000	-8,1683	3527,3369
15	695,0000	0,5000	0,0002	0,0000	-8,5738	5291,0053
16	744,0000	0,5000	0,0003	0,0000	-8,2861	3968,2540

Fuente: elaboración propia.

3.7.7. Determinación de la Anova para la prueba de escalas de estimación de magnitud

Para el análisis estadístico se utiliza el ANOVA, se utiliza cuando se tienen dos variables, la primera con n niveles, siendo las pruebas organolépticas y la segunda m niveles y r repeticiones por casilla, siendo el tiempo los niveles con sus tres repeticiones.

Tabla XXII. **Análisis de varianza para dos variables con repeticiones por casilla para frijoles**

No, Tratamientos	Color			Olor			Sabor		
1	7,0	7,5	8,0	6,0	7,0	7,0	10,0	8,0	7,0
2	6,5	7,0	7,0	5,0	7,0	7,0	10,0	10,0	10,0
3	7,0	8,0	9,0	9,0	8,0	8,0	10,0	9,0	8,0
4	10,0	10,0	10,0	8,0	9,0	9,0	10,0	10,0	8,0
5	10,0	10,0	9,0	8,0	9,5	8,0	10,0	8,0	8,0
6	10,0	9,5	9,8	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	8,0
7	10,0	9,5	9,8	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
8	10,0	9,5	10,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
9	10,0	9,8	10,0	8,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10	10,0	9,8	10,0	8,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,5
11	9,0	9,5	10,0	8,0	10,0	9,0	10,0	10,0	10,0
12	10,0	9,8	10,0	8,0	10,0	9,0	10,0	10,0	10,0
13	10,0	10,0	10,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
14	10,0	10,0	10,0	10,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0
15	10,0	10,0	10,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
16	9,0	9,5	9,5	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

Fuente: elaboración propia.

Donde

- Obtención de los totales de cada casilla, los cuales se designan como t_{ij}
- Se obtuvieron los totales de cada columna, los cuales serán simbolizados como t_j .
- Se obtienen los totales de cada fila, que serán designados como t_i .
- Los grados de libertad para cada fuente de variación se obtuvieron de la siguiente manera:

$$GLc = \text{grados de libertad variable 1} = n - 1$$

$$GLf = \text{grados de libertad variable 2} = m - 1$$

$$GLt = \text{grados de libertad variable} = (n)(m) - 1$$

$$GLcf = \text{grados de libertad variable} = (GLc)(GLf)$$

$$GLst = \text{grados de libertad variable}$$

$$= GLc + GLf + GLcf$$

$$GLE = \text{grados de libertad variable} = GLt - GLst$$

- El cálculo del total de los totales TT, que es igual a la suma de todas las observaciones fue obtenido siguiendo el procedimiento adecuado:

$$TT = \sum_{ijk} X_{ijk} = X_{111} + X_{112} + X_{113} + \dots + X_{mnr}$$

=

$$= \sum_j St.j. = t_{.2.} + \dots + t_{.n.} =$$

$$= \sum_i Sti.. = t_{1..} + t_{2..} + \dots + t_{m..}$$

y el factor de corrección que es igual a: $FC = (TT)^2 /$

$$[(m)(n)(r)]$$

Las sumas de cuadrados respectivos fueron obtenidas como se indica enseguida:

$$SCC = \text{suma de cuadrados variables}$$

$$1 = t.j.^2 / mr - FC =$$

$$(t.1.)^2 + (t.2.)^2 + \dots + (t.n.)^2 / (mr) - FC$$

$$SCf = \text{suma de cuadrados variables } 2 =$$

$$= t_i.$$

$$2 / nr - FC =$$

$$= (t1..)2 + (t2..)2 + \dots + (t.m..)2 / (nr) - FC$$

$$SCcf = \text{suma de cuadrados interacción} =$$

$$= t_{ij}.$$

$$2 / mn - FC =$$

$$= (t11.)2 + (t12.)2 + \dots + (tmn.)2 / (mn) - FC$$

$$SCst = \text{suma de cuadrados subtotal} =$$

$$= SCC + SCf + SCcf$$

$$SCt = \text{suma de cuadrados de totales} =$$

$$= X_{ijk}$$

$$2 - FC =$$

$$= (X111)^2 + (X112)^2 + \dots + (X11r)^2 + (X121)^2 + (X122)^2 +$$

$$\dots$$

$$+ (Xmnr)^2 - FC$$

$$SCe = \text{suma de cuadrados residual} =$$

$$= SCt - SCst$$

Los cuadrados medios (V) o estimaciones de la varianza se obtuvieron dividiendo cada suma de cuadrados entre los grados de libertad respectivos:

$$Vc = \text{cuadrados medios variable } 1 = SCC / GLc$$

$Vf = \text{cuadrados medios variable 2} = SCf / GLf$

$Vcf = \text{cuadrados medios interacción} = SCcf / GLcf$

$Ve = \text{cuadrados medios de residual} = SCe / GLe$

y los factores de F para probar cada hipótesis se calcula como:

$Fc = F \text{ para variable 1} = Vc / Ve$

$Ff = F \text{ para variable 2} = Vf / Ve$

$Fcf = F \text{ para interacción} = Vcf / V.$

- Los valores de F se compararon con las F críticas o F de tablas, correspondientes y se observó la significancia para cada fuente de variación. La F de tablas se obtuvo por medio de las tablas de distribución F, con los grados de libertad de la variable correspondiente en el numerador y GLe en el denominador.
- Debido a que la Fcalculada < Ftablas, no hay efecto significativo de esta variable.

3.8. Análisis estadístico

A continuación se presentan los resultados del procesamiento de la información estadística que afectaron la experimentación del tiempo de vida útil del frijol negro refrito:

Tabla XXIII. **Análisis estadístico de las pruebas organolépticas para frijoles empacados en envases de hojalata**

No.	Días Transcurridos	Desviación Días Transcurridos	Color			Olor			Sabor		
			\bar{x}	s^2	s	\bar{x}	s^2	s	\bar{x}	s^2	s
0	0,00	0,50	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
1	16,00	0,50	93,33	8,33	2,89	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	65,00	0,50	100,00	0,00	0,00	96,67	33,33	5,77	100,00	0,00	0,00
3	114,00	0,50	100,00	0,00	0,00	96,67	33,33	5,77	100,00	0,00	0,00
4	163,00	0,50	100,00	0,00	0,00	96,67	33,33	5,77	100,00	0,00	0,00
5	212,00	0,50	99,33	1,33	1,15	90,00	100,00	10,00	100,00	0,00	0,00
6	261,00	0,50	95,00	25,00	5,00	90,00	100,00	10,00	100,00	0,00	0,00
7	310,00	0,50	99,33	1,33	1,15	93,33	133,33	11,55	98,33	8,33	2,89
8	358,00	0,50	99,33	1,33	1,15	93,33	133,33	11,55	100,00	0,00	0,00
9	408,00	0,50	98,33	8,33	2,89	96,67	33,33	5,77	100,00	0,00	0,00
10	457,00	0,50	97,67	6,33	2,52	96,67	33,33	5,77	100,00	0,00	0,00
11	506,00	0,50	97,67	6,33	2,52	96,67	33,33	5,77	93,33	133,33	11,55
12	555,00	0,50	96,67	33,33	5,77	85,00	75,00	8,66	86,67	133,33	11,55
13	604,00	0,50	100,00	0,00	0,00	86,67	33,33	5,77	93,33	133,33	11,55
14	646,00	0,50	80,00	100,00	10,00	83,33	33,33	5,77	90,00	100,00	10,00
15	695,00	0,50	67,50	12,50	3,54	63,33	133,33	11,55	93,33	133,33	11,55
16	744,00	0,50	75,00	25,00	5,00	66,67	33,33	5,77	83,33	233,33	15,28

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Análisis estadístico de indicadores físicos de calidad en frijoles empacados en envases de hojalata**

No.	Días Transcurridos	Días Transcurridos	Apariencia			L Color Hunter Lab		
			\bar{x}	s^2	s	\bar{x}	s^2	s
0	0,00	0,50	10,00	0,00	0,00	33,40	0,00	0,00
1	16,00	0,50	9,67	33,33	5,77	31,83	0,76	0,87
2	65,00	0,50	10,00	0,00	0,00	32,31	2,95	1,72
3	114,00	0,50	10,00	0,00	0,00	32,24	1,94	1,39
4	163,00	0,50	10,00	0,00	0,00	35,40	0,32	0,57
5	212,00	0,50	9,33	133,33	11,55	32,89	0,16	0,40
6	261,00	0,50	10,00	0,00	0,00	30,67	10,23	3,20
7	310,00	0,50	10,00	0,00	0,00	32,30	1,80	1,34
8	358,00	0,50	10,00	0,00	0,00	34,36	0,56	0,75
9	408,00	0,50	10,00	0,00	0,00	32,91	0,62	0,79
10	457,00	0,50	10,00	0,00	0,00	31,52	0,27	0,52
11	506,00	0,50	10,00	0,00	0,00	30,91	1,41	1,19
12	555,00	0,50	10,00	0,00	0,00	32,88	1,87	1,37
13	604,00	0,50	10,00	0,00	0,00	34,09	0,39	0,62
14	646,00	0,50	7,00	100,00	10,00	31,33	0,49	0,70
15	695,00	0,50	6,50	25,00	5,00	29,48	2,24	1,50
16	744,00	0,50	5,33	233,33	15,28	31,50	0,12	0,35

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Análisis estadístico de indicadores químicos de calidad de frijoles empacados en envases de hojalata**

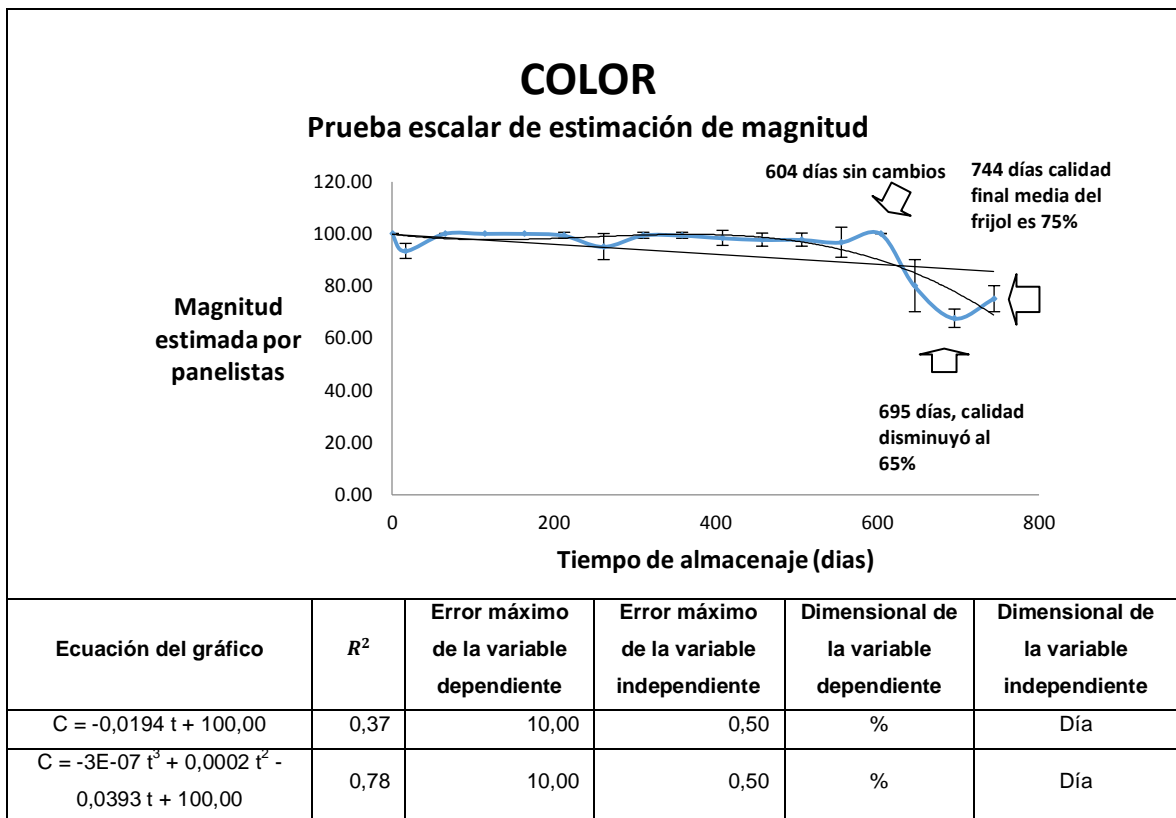
No.	Días Transcurridos	s Días Transcurridos	pH			Índice de acidez (mg NaOH/gr frijol)			Peróxidos (meq/kg)		
			\bar{x}	s^2	s	\bar{x}	s^2	s	\bar{x}	s^2	s
0	0,00	0,50	5,99	0,00	0,01	1,73	0,00	0,05	0,20	0,00	0,00
1	16,00	0,50	5,99	0,00	0,01	1,85	0,01	0,08	0,20	0,00	0,00
2	65,00	0,50	5,93	0,00	0,03	1,75	0,37	0,61	0,20	0,00	0,00
3	114,00	0,50	5,90	0,00	0,01	2,03	0,00	0,06	0,20	0,00	0,00
4	163,00	0,50	5,93	0,00	0,04	1,81	0,08	0,28	0,20	0,00	0,00
5	212,00	0,50	5,93	0,00	0,03	1,84	0,06	0,24	0,20	0,00	0,00
6	261,00	0,50	5,76	0,01	0,10	1,61	0,18	0,43	0,20	0,00	0,00
7	310,00	0,50	5,85	0,00	0,01	1,91	0,03	0,16	0,20	0,00	0,00
8	358,00	0,50	5,89	0,00	0,01	1,96	0,03	0,18	0,20	0,00	0,00
9	408,00	0,50	5,82	0,00	0,02	1,81	0,03	0,17	0,27	0,01	0,12
10	457,00	0,50	5,84	0,00	0,04	2,08	0,03	0,18	0,27	0,01	0,12
11	506,00	0,50	5,82	0,00	0,02	2,08	0,02	0,14	0,20	0,00	0,00
12	555,00	0,50	5,77	0,00	0,05	2,09	0,01	0,10	0,33	0,05	0,23
13	604,00	0,50	5,85	0,00	0,01	1,79	0,00	0,05	0,27	0,01	0,12
14	646,00	0,50	5,82	0,00	0,01	2,12	0,02	0,14	0,30	0,01	0,10
15	695,00	0,50	5,69	0,00	0,05	1,65	0,33	0,57	0,20	0,00	0,00
16	744,00	0,50	5,82	0,00	0,04	2,07	0,01	0,08	0,27	0,01	0,12

Fuente: elaboración propia.

4. RESULTADOS

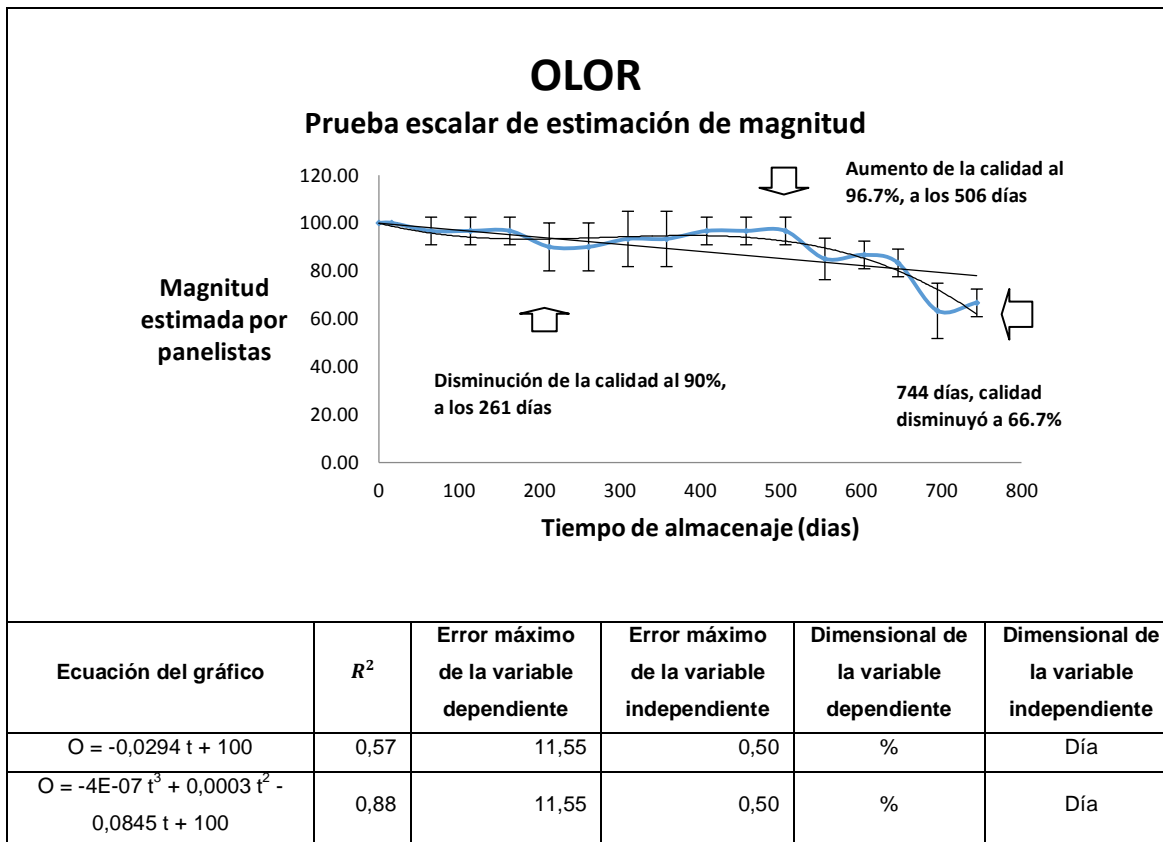
A continuación encontrará el comportamiento de cada uno de los parámetros de calidad evaluado en la determinación del tiempo promedio de vida del frijol negro refrito:

Figura 1. **Magnitud organoléptica de color estimada respecto al tiempo de almacenaje**



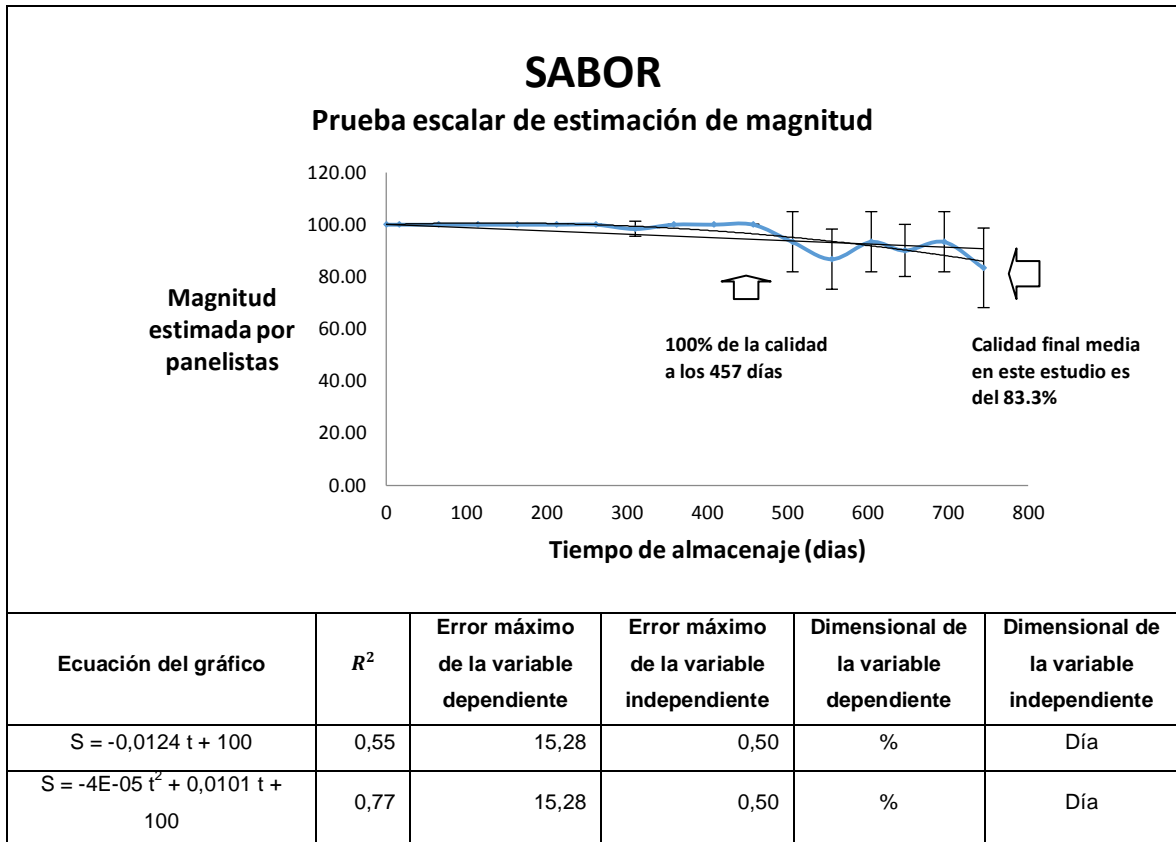
Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Magnitud organoléptica de olor estimada respecto al tiempo de almacenaje



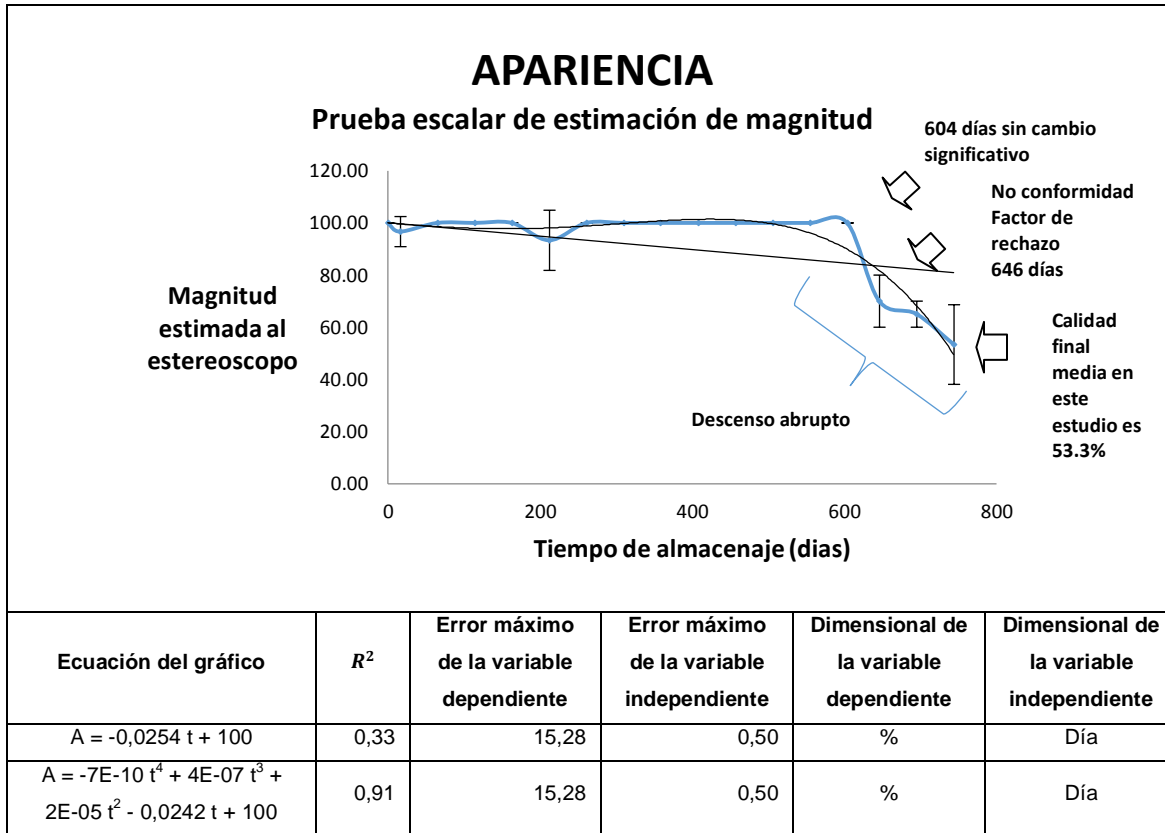
Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Magnitud organoléptica de sabor estimada respecto al tiempo de almacenaje



Fuente: elaboración propia.

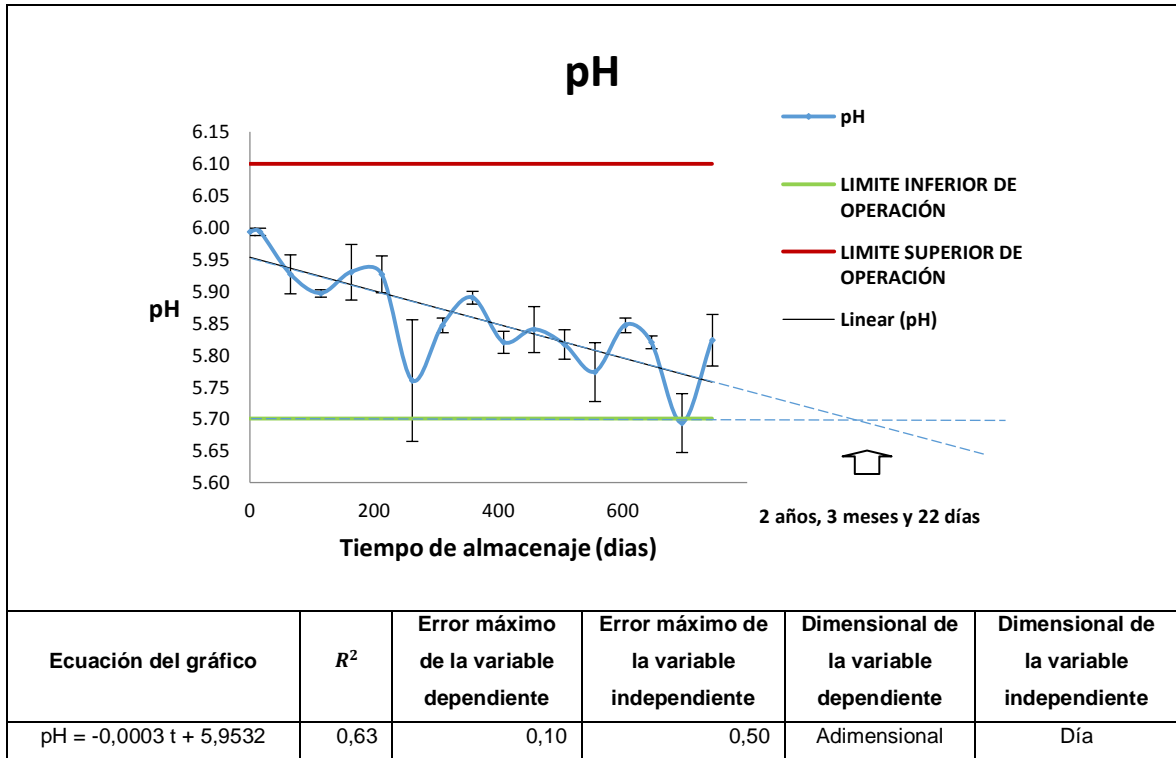
Figura 4. Magnitud de apariencia estimada respecto al tiempo de almacenaje



Fuente: elaboración propia.

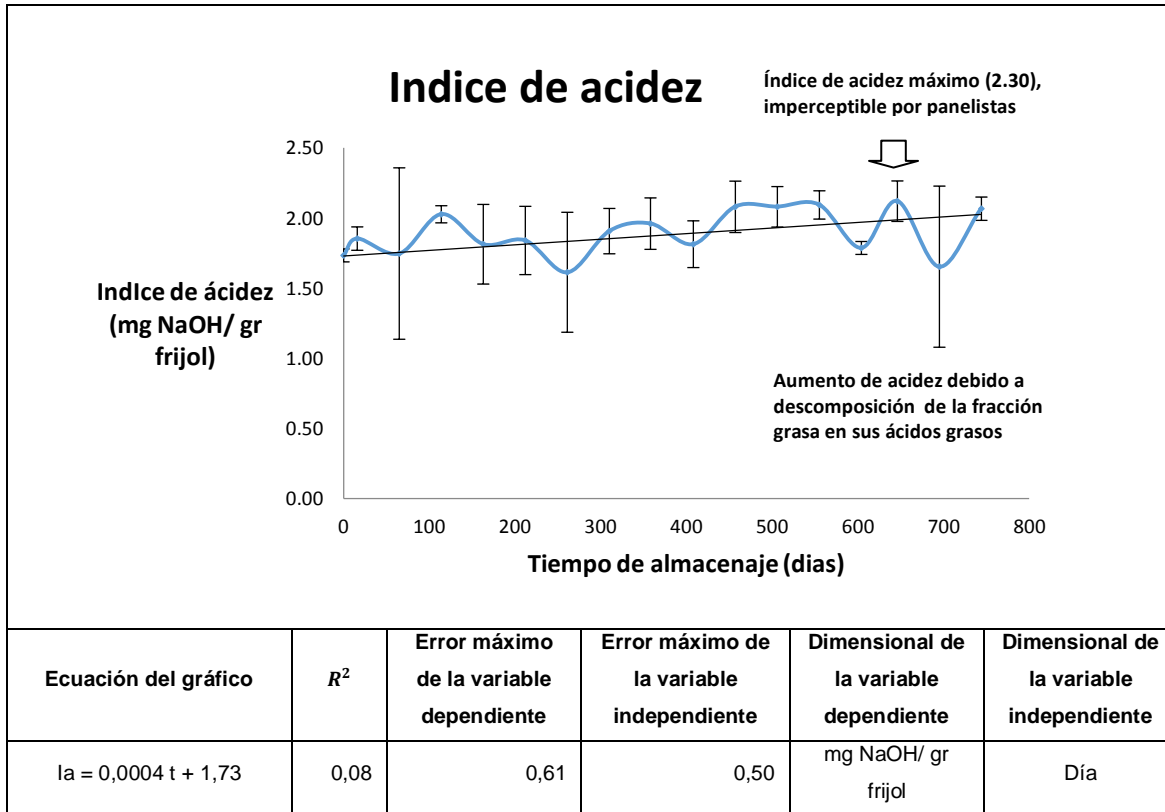


Figura 5. **Parámetro pH del frijol negro refrito (*Phaseolus vulgaris*), sobre el tiempo de almacenaje**



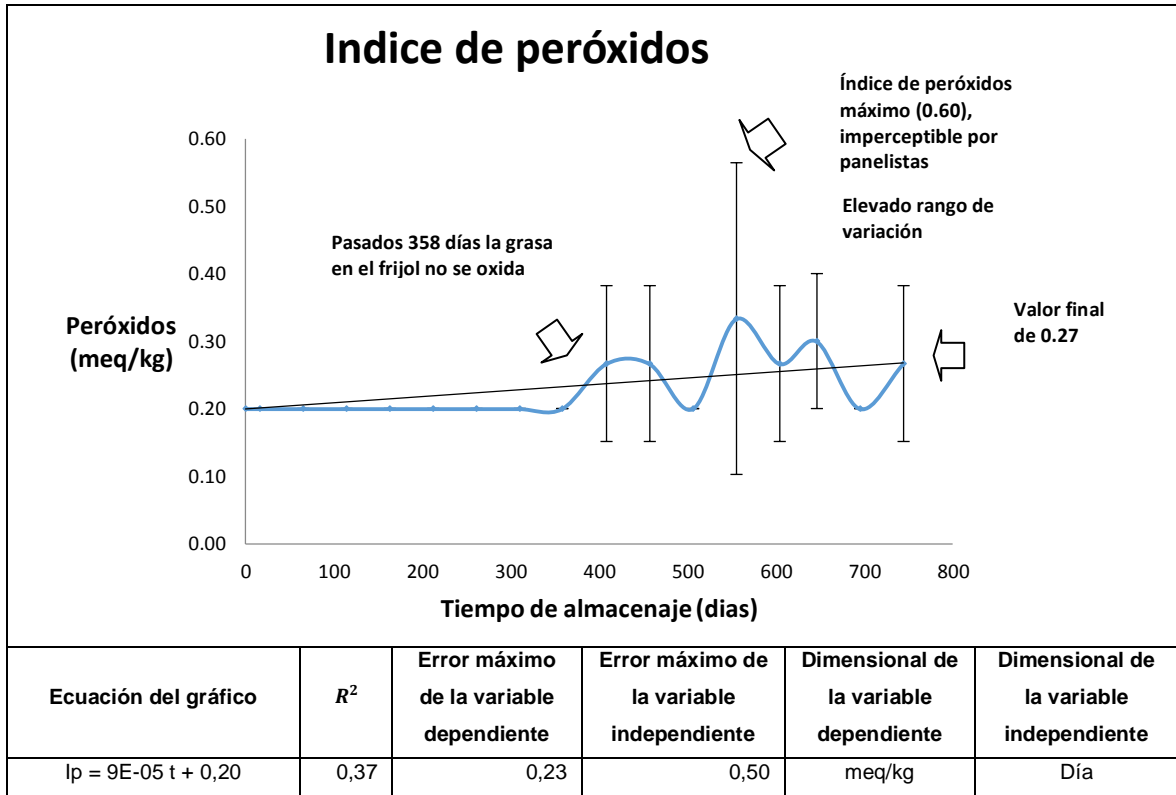
Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Índice de acidez del frijol negro refrito (*Phaseolus vulgaris*), sobre el tiempo de almacenaje



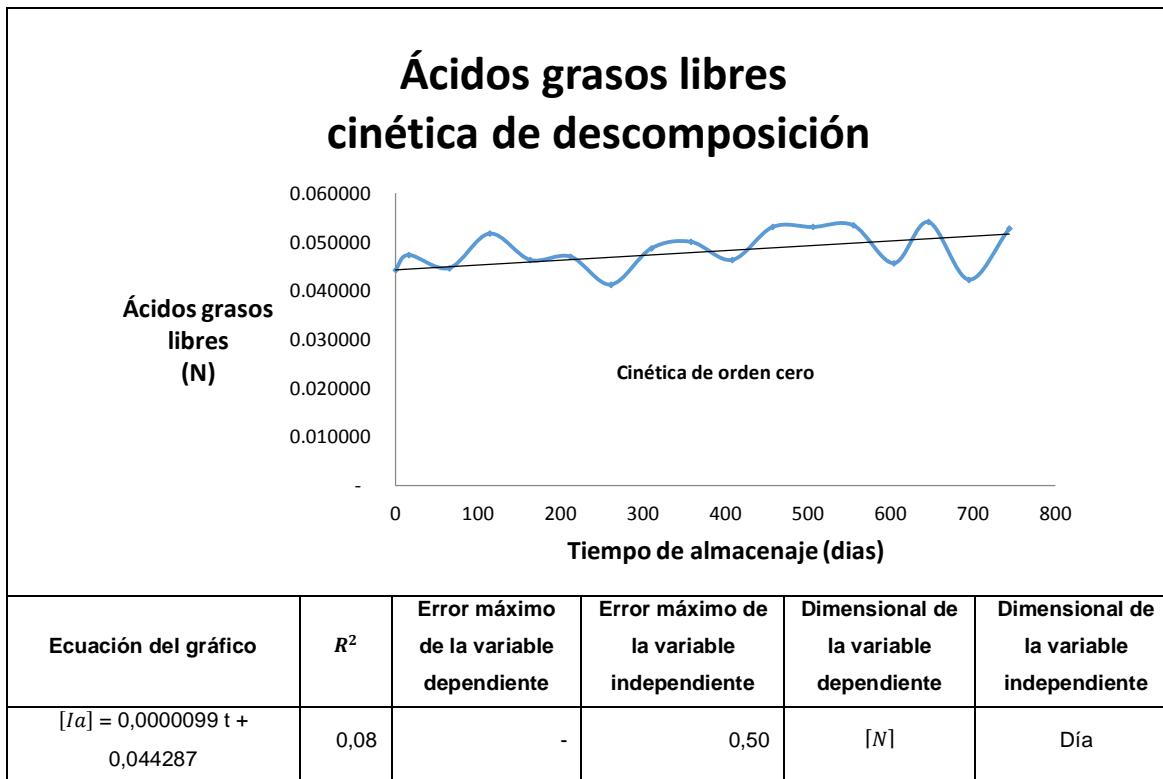
Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Índice de peróxidos del frijol negro refrito (*Phaseolus vulgaris*), sobre el tiempo de almacenaje



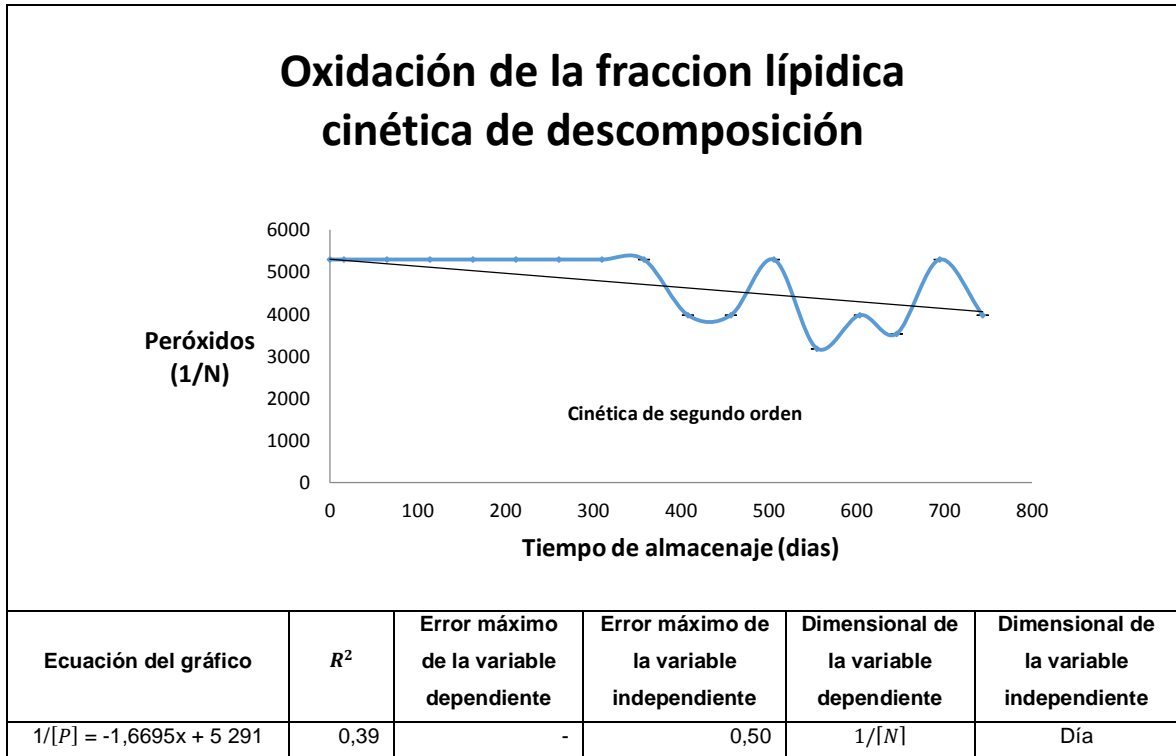
Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Velocidad de aparición de ácidos grasos libres producto de la descomposición de la fracción lipídica respecto al tiempo de almacenaje



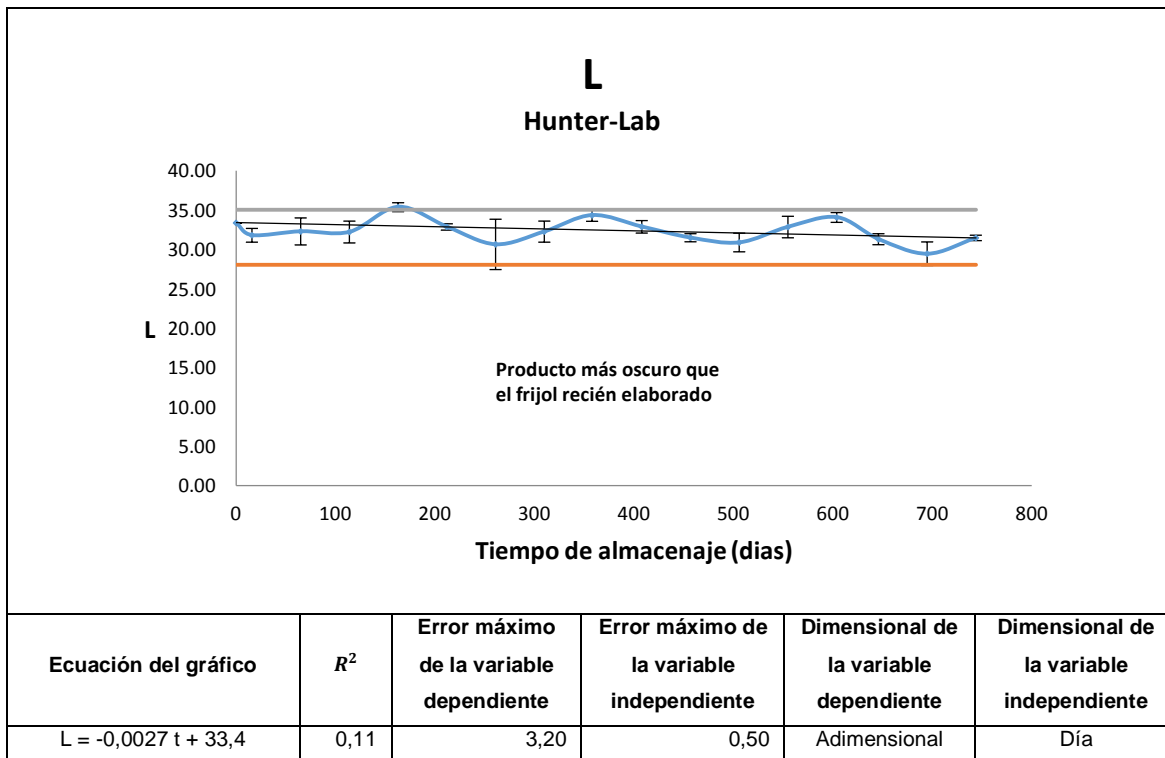
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Velocidad de oxidación de la fracción lipídica respecto al tiempo de almacenaje



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Comportamiento del parámetro de color del frijol negro refrito según colorímetro Hunter Lab con respecto al tiempo de almacenaje**



Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Al evaluar y analizar las propiedades organolépticas presentadas en las gráficas de la 1 a la 4, se observa que las propiedades de calidad del producto disminuyen con el transcurso del tiempo, la magnitud de disminución de las mismas estuvo en función de cómo los panelistas percibieron la propiedad evaluada.

La gráfica 1 describe el comportamiento de como los panelistas percibieron el color de cada muestra analizada, según se observa al transcurrir 604 días de haberse producido el frijol las muestras no reportan cambios de color respecto a la referencia en tanto que pasado este tiempo el color empezó a reportar cambios hasta llegar a un valor mínimo estimado del 65 por ciento de calidad cuando el producto había agotado 695 días de vida, en este punto el promedio estimado fue de 67,5 por ciento de calidad en el color, en la gráfica se observa que este fue el valor mínimo obtenido sin que el color en el frijol se reportara inaceptable puesto que después de este valor los panelistas detectan que la calidad en el color sube a 75 por ciento.

El comportamiento del olor de la muestra lo describe la gráfica 2 que debido a la naturaleza subjetiva que esta propiedad presenta se observan errores frecuentes de percepción de hasta 11,55 por ciento, en dicha gráfica es posible observar tres tendencias compuestas de un promedio de 248 ± 12 días; la primera compuesta de 0 días hasta transcurridos 261 días en la cual la percepción del olor estimado baja al 90 por ciento de su calidad inicial, la segunda de 261 a 506 días se observa una tendencia al aumento de la calidad hasta un 96,7 por ciento del olor de referencia.

En tanto que la tercera tendencia compuesta desde los 506 hasta el final de este estudio de 744 días en la cual la calidad final del olor disminuye abruptamente a 66,7 por ciento sin que los panelistas que evaluaron el olor reporten esta característica como no aceptable o como factor para rechazo del frijol puesto que es característico del frijol negro refrito.

La tercera grafica presenta el comportamiento del sabor del frijol que fue la característica que reporto la menor variación de las cuatro características evaluadas, hasta transcurridos 457 días esta propiedad mantuvo su sabor característico a frijol recién elaborado, posterior a dichos días y hasta la finalización de este estudio la calidad del producto vario hasta reportar una calidad final de 83,3 por ciento del sabor de referencia.

El comportamiento de la prueba escalar de estimación de magnitud de apariencia del frijol se reporta en la gráfica 4 que como se observa hasta pasados 604 días la apariencia del frijol no reporta cambio significativo respecto al patrón de referencia en tanto que transcurridos estos días la apariencia sufre una disminución abrupta en su calidad hasta llegar al valor de 53,3 por ciento a los 744 días, los panelistas presentaron su no conformidad con la apariencia del frijol a partir de transcurridos 646 días cuando le dieron un promedio de 70 por ciento de calidad a la apariencia.

Al analizar linealmente el comportamiento de las propiedades organolépticas que describen las gráficas correspondientes, se determinó el orden creciente de degradación diaria, siendo el sabor la propiedad que reporto la menor velocidad de degradación con 0,0124 por ciento, seguida por el color con una velocidad de 0,0194 por ciento, la apariencia con 0,0254 por ciento y por último el olor con 0,0294 por ciento.

El comportamiento de los parámetros químicos de calidad del frijol se describe en las gráficas de la 5 a la 9 entre los que podemos encontrar parámetros críticos del equilibrio químico del potencial de hidrogeno hasta la cinética de degradación del frijol.

El equilibrio químico del potencial de hidrogeno en función del tiempo de almacenaje se reporta en la quinta gráfica de la cual se observa que el equilibrio del potencial de hidrogeno se mantuvo variando entre los límites de operación con una tendencia a disminuir el mismo, de lo cual es de esperarse una acidez creciente en el frijol, según la tendencia se predice que el equilibrio del potencial de hidrogeno se perderá cuando hayan transcurrido 844 días (2 años, 3 meses y 22 días).

La velocidad de aparición de ácidos grasos libres del frijol se determinó en la sexta gráfica mediante el índice de acidez que según el comportamiento que esta gráfica presenta es congruente con la gráfica del equilibrio del potencial de hidrogeno que indica que al transcurrir el tiempo el potencial baja y la acidez aumenta debido a la descomposición de la fracción de grasa que está presente en el frijol, según se observa los datos obtenidos tuvieron un rango de variación elevado justificando el bajo coeficiente de correlación.

El índice de peróxidos que determino el grado de oxidación de la grasa del frijol, presento una tendencia constante durante un prolongado tiempo de almacenaje hasta pasados 358 días de almacenaje con un valor de 0,20 mili-equivalentes por kilogramo, desde este tiempo hasta la culminación de este estudio el índice vario de una media de 0,020 hasta 0,033 reportando un valor final de 0,027 mili-equivalentes por kilogramo.

En tanto que la cinética de conversión de la fracción grasa del frijol en ácidos grasos libres se determinó en la octava gráfica en la cual se presenta un rango de variación de 0,041 a 0,054 normal, a lo largo del tiempo de almacenaje con una tendencia a aumentar la acidez del producto en 9,9 micro-normal por día, lo que representa su velocidad de reacción debido al orden cero de reacción, un aumento de acidez del frijol de 0,044 a 0,052 normal, un porcentaje relativo de 19,2 de acidez en 744 días.

La oxidación de la fracción grasa del frijol siguió una cinética de segundo orden que según se observa en la ecuación del gráfico 9 la constante cinética fue de 1,6695 lo que responde a la forma de la gráfica ya que el índice de peróxidos es constante durante un prolongado tiempo hasta que empieza a cambiar al haber transcurrido 358 días de haber elaborado el frijol.

Un índice de acidez máximo de 2,28 miligramos de hidróxido de sodio por gramo de frijol y un índice de peróxidos de 0,60 mili-equivalentes por kilogramo, en el frijol son imperceptibles en los análisis organolépticos por panelistas expertos.

A través de este estudio el comportamiento del parámetro de color del frijol negro refrito según colorímetro Hunter-Lab se encontró dentro de los límites de operación, tendiendo al límite operacional mínimo, lo que indica que con el transcurso del tiempo el frijol se vuelve más oscuro que el producto recién elaborado y según la ecuación del gráfico llegaría al límite mínimo cuando hayan transcurridos 2 000 días.

CONCLUSIONES

1. El tiempo promedio de vida de anaquel del frijol negro refrito en este estudio fue de 2 años, 3 meses y 22 días, determinado por el valor final de pH de 5,70.
2. Las propiedades organolépticas se mantienen idénticas al frijol recién elaborado en un tiempo prolongado el cual va de 0 hasta 604 días en el color, 457 días en el sabor y 261 días en el olor del frijol negro refrito.
3. El sabor fue la propiedad organoléptica que menor variación presentó de los tres parámetros organolépticos evaluados a través del tiempo con una velocidad diaria de descenso en la calidad de 0,0124%, siguiéndole el color con 0,0194% / día y por último el olor con 0,0294% / día.
4. La separación de fases y la coloración más intensa del frijol negro refrito al momento de abrir la hojalata contenedora, fue el único factor de rechazo que el consumidor final reporto desde los 646 días hasta la finalización de este estudio (744 días).
5. Cuando se homogenizan las muestras rechazadas por los panelistas en apariencia y se someten de nuevo a evaluación, las muestras no reportan características organolépticas rechazables.
6. La oxidación de la fracción lipídica del frijol es menos frecuente que la degradación de la misma en sus ácidos grasos.

7. La oxidación de la fracción lipídica del frijol reportó cinética de segundo orden con una constante de 1,6695 L/eq-día y la degradación de la misma en sus ácidos grasos, una cinética de orden cero con una constante de 9,9 $\mu\text{eq/L-día}$.
8. No se perciben valores de rechazo de índices de acidez y peróxidos al evaluarlos y asociarlos con las propiedades organolépticas.
9. Con el transcurso del tiempo el frijol se vuelve más oscuro que el producto recién elaborado lo que aumenta la aceptabilidad del frijol por el consumidor final.
10. Pasados 730 días cualquier lata de frijol conserva sus características de aceptación por el consumidor final por lo que se confirma el cumplimiento de la hipótesis alternativa.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar muestras de frijol con distintas concentraciones de ácidos grasos libres exponiéndolas a panelistas expertos que determinen cual es la concentración máxima de ácidos grasos para que el frijol se reporte inaceptable.
2. Determinar por cuánto tiempo las propiedades organolépticas se mantienen constantes al agregar un Buffer al frijol que permita mantener el equilibrio de pH más tiempo dentro del rango operacional.
3. Dar a conocer al consumidor final mediante una leyenda en el material de envase que el producto debe de homogeneizarse antes de consumirse.
4. Prolongar el estudio de vida del frijol negro refrito hasta percibir valores de rechazo al evaluar y asociar las propiedades organolépticas con los parámetros cuantitativos de calidad del frijol.
5. Realizar estudios de tiempo de vida de anaquel de productos alimenticios consumidos a gran escala para evaluar el cumplimiento tiempo de vida útil.

BIBLIOGRAFÍA

1. BOSQUE MORALES, Mario Leonel. *Caracterización física, química y nutricional de cinco variedades de frijol común negro (Phaseolus vulgaris) recomendadas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, ICTA de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 1981. 29 p.
2. DESHPANDE, Shrinivas, et al. *Critical Reviews in food science and nutrition*. Dry beans of *Phaseolus*. London UK: Mortimer House. September 2011, A review. Part 3.21:2. 82 p. ISBN: 0099-0248.
3. DEVORE, Jay. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Francisco Sánchez Fragoso (trad.). 6a ed. México: Thomson, 2005. 594 p. ISBN: 970-686-457-1.
4. FERNÁNDEZ BOTRÁN, Gabino Rafael. *Factores antinutricionales en semillas de leguminosas (Phaseolus vulgaris) y su posible relación con el contenido de taninos y polifenoles asociados*. Trabajo de graduación de Químico Biólogo. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 1979. 90 p.

5. FLORES DEL VALLE, Wilfredo. *Manipulación, almacenamiento y comercialización de granos básicos* [en línea]. San José, Costa Rica [ref. de 18 de agosto de 2010]. Disponible en web: <<http://www.elprisma.com/apuntes/agronomia/manejodegranosbasicos/>>.
6. FOX, Brian, et al. *Ciencia de los alimentos nutrición y salud*. Alberto García Ferrer (trad.). 5a ed. México, D.F.: Limusa, 2002. 475 p. ISBN: 968-18-4257-4.
7. GARCIA GARIBAY, Mariano, et al. *Bioteología alimentaria*. 3a ed. México, D.F.: Limusa, 2000. 636 p. ISBN: 968-18-4522-6.
8. HERNÁNDEZ ALARCÓN, Elizabeth. *Evaluación sensorial* [en línea]. UNAD. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2005 [ref. de 11 de Noviembre de 2011]. Disponible en web: <lizzaher@gmail.com>.
9. HORWITZ, William. *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists*. 12a ed. Washington, DC.: George Banta, 2006. 1094 p. ISBN: 0-935584-77-3.
10. LEVINE, Ira. *Fisicoquímica*. Ángel Gonzáles Ureña (trad.). 5a ed. Madrid: McGraw-Hill, 2004. 704 p. ISBN: 84-481-3787-6.
11. MENCHÚ, María Teresa. *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica*. 2a ed. Guatemala: INCAP, 2007. 126 p. ISBN: 99922-880-2-7.

12. MURRAY, Robert, et al. *Bioquímica de Harper*. María del Rosario Carsolio (trad.). 11ª ed. México D.F.: El Manual Moderno, 1988. 1035 p. ISBN: 968-4267-56-8.
13. ORTIZ DEL CID, Héctor Amilcar. *Evaluación de un proceso térmico en grano de frijol (*Phaseolus vulgaris*) húmedo sobre la estabilidad del tiempo de cocción durante el almacenamiento y perfil de costos del proceso*. Trabajo de graduación de Ing. Químico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1988. 35 p.
14. RESTREPO OSORIO, Jaime. *Aislamiento e identificación de cuerpos protéicos en el frijol común (*Phaseolus vulgaris*)*. Trabajo de graduación de Magister Scientifcae. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 1979. 86 p.
15. VELÁSQUEZ FERNÁNDEZ, Boris Iván. *Evaluación de la vida de anaquel de mayonesa con diferentes tipos de antioxidantes utilizando el método de envejecimiento acelerado*. Trabajo de graduación de Ing. Químico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 63 p.

APÉNDICE

Tabla de requisitos académicos

CARRERA	ÁREA	TEMA GENÉRICO	TEMA ESPECIFICO	PROBLEMA A RESOLVER	HIPÓTESIS
LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA	QUÍMICA	ANÁLISIS CUALITATIVO	Determinaciones cualitativas.	Determinación de vida de anaquel de frijoles negros refritos enlatados.	El comportamiento de los indicadores cualitativos determinara la vida de anaquel media real del producto.
		QUÍMICA ORGÁNICA	Mecanismos de reacción.		
			Carbohidratos		
	OPERACIONES UNITARIAS	BALANCE DE MASA Y ENERGÍA	Cinética de reacción.		
	ESPECIALIZACIÓN	TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS	Alimentos, salud, enfermedades, lípidos, descomposición de alimentos.		
		PROCESOS QUÍMICOS INDUSTRIALES	Proceso de hidrogenación de los aceites, índice de acidez y peróxidos.		
		MICROBIOLOGÍA	Uso de estereoscopio.		
	FISICOQUÍMICA	FISICOQUÍMICA	Cinética de las reacciones, medida de las velocidades de reacción.		
	CIENCIAS BÁSICAS Y COMPLEMENTARIAS	MATEMÁTICA BÁSICA	Conceptos básicos.		
		ESTADÍSTICA	Tamaño de muestra, prueba de hipótesis, aAnálisis estadístico.		

Fuente: elaboración propia.

Árbol de problemas para el tiempo de vida útil del frijol negro *Phaseolus vulgaris*

EFECTO FINAL	Deficiencia en el aprovechamiento de la comercialización de frijoles envasados en empaques de hojalata.		
EFECTOS DE SEGUNDO NIVEL	Pérdida de producto en buen estado.	Gastos por reposición de productos con fecha de caducidad agotada.	Inversión en programas de desecho de producto vencido, ambientalmente amigable.
EFECTOS DE PRIMER NIVEL	No se observan pérdidas de producto por tiempo de vida útil, después de transcurrido el tiempo de caducidad que actualmente se le está dando.	El producto del cual ha transcurrido su tiempo de vida útil, conserva sus características fisicoquímicas y organolépticas tal cual se analizaron al momento de ser producidas.	
PROBLEMA CENTRAL	Tiempo medio real de vida útil de frijol negro (<i>Phaseolus Vulgaris</i>) procesado, empacado en envases de hojalata, desconocido.		
CAUSAS DIRECTAS	Presencia de cambios organolépticos en del producto		
CAUSAS INDIRECTAS FUNDAMENTALES	Descomposición de propiedades por el transcurso del tiempo	Desarrollo de alteraciones de sabor (olores rancios), olor y color por la oxidación de las grasas.	Cambios en la apariencia (color, olor, sabor, apariencia) del producto
CAUSAS INDIRECTAS DE SEGUNDO NIVEL	Presencia de taninos, fenoles naturales capaces de precipitar proteínas, forman soluciones coloidales con agua.	Presencia de enzimas y oxígeno capaces de oxidar los lípidos presentes en el alimento. $L - dopa \xrightarrow{pH\ alk} L$ – dopa oxidasa $KMnO_3$	Efectos del material de empaque, permeabilidad del oxígeno capaz de oxidar el producto. Condiciones de almacenamiento de estrés.

Fuente: elaboración propia.

Árbol de medios y fines para el tiempo de vida útil del frijol negro
Phaseolus vulgaris

FIN PRINCIPAL	Mejorar la comercialización, satisfacer la demanda, mejorar la disponibilidad de alimentos de calidad en todo el tiempo y reducir reclamos de los consumidores			
FINALIDAD INDIRECTA	Aumento de producción y posible expansión de mercado.			
	Aumento de rentabilidad del producto por aumento en el tiempo de vida útil del producto.	Disminución en reposición de producto, por tiempo de caducidad.	Disminución de la inversión en programa de desecho de producto, ambientalmente amigable	
FINALIDAD DIRECTA	Realización de un estudio de vida de anaquel del producto para verificar cuanto más, de vida útil se le puede dar, sin afectar sus características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas.	Verificar cuanto tiempo debe de transcurrir un producto en anaquel para observar pérdidas y daños potenciales al mismo o en su defecto que el producto almacenado no se perciba significativamente distinto al producto inicial o recién elaborado.		
OBJETIVO GENERAL	Tiempo promedio real de vida de anaquel del frijol negro (<i>Phaseolus Vulgaris</i>), empacado en envases de hojalata, sin percepciones significativas de pérdidas de atributos de calidad.			
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	Correlación de cambios organolépticos y fisicoquímicos en el producto mediante pruebas de pérdida de atributo de calidad.			
COMPONENTES	Determinación de cambios organolépticos mediante un panel sensorial realizado por auditores expertos en el ámbito alimenticio.	Evaluación de cambios físicos en el producto por medio de análisis de las propiedades del producto como: color y apariencia.	Evaluación de la cantidad de lípidos oxidados mediante un análisis de índice de peróxidos.	Especificar la cantidad de lípidos hidrolizados mediante un análisis de índice de acidez.
SUBCOMPONENTES	Determinar un modelo cinético para la pérdida de atributo de calidad $v = k^*[A]^a*[B]^b$			

Fuente: elaboración propia.