

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA E INGENIERIA DE ALIMENTOS



**DETERMINACIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL DE
HORCHATA DE MORRO ELABORADA
ARTESANALMENTE Y EVALUACIÓN DEL TIPO DE
EMPAQUE PARA SU CONSERVACIÓN.**

PRESENTADO POR:

**HASSEL YOHANA TORRES FUNES
MARÍA ROSA ZALDAÑA DE ESCOBAR**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERA DE ALIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO 2017

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

LIC. CRISTÒBAL HERNÀN RÌOS

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

**ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA E INGENIERIA DE
ALIMENTOS**

DIRECTORA:

INGA. TANIA TORRES RIVERA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA E INGENIERIA DE
ALIMENTOS

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERA DE ALIMENTOS

Título

**DETERMINACIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL DE HORCHATA DE
MORRO ELABORADA ARTESANALMENTE Y EVALUACIÓN DEL
TIPO DE EMPAQUE PARA SU CONSERVACIÓN.**

Presentado por:

**HASSEL YOHANA TORRES FUNES
MARÍA ROSA ZALDAÑA DE ESCOBAR**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

INGA. ANA BEATRIZ LIMA DE ZALDAÑA

San Salvador, Mayo 2017

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

INGA. ANA BEATRIZ LIMA DE ZALDAÑA

Agradecimientos

Agradecemos de manera especial a las personas que facilitaron este proceso, a la familia Gonzáles, mujeres emprendedoras que abrieron las puertas de su casa y empresa de forma desinteresada, acogiéndonos con calidez y amabilidad; a la Licda. Xenia Ortiz por su colaboración en todo el trayecto de este trabajo y por supuesto a las asesorías del Lic. Ricardo Vides, Ing. Yoanner Fernández, Lic. Juan Cuadra, Licda. Ana María Villalta e Ing. Héctor Barrera, profesionales excepcionales que compartieron de forma generosa sus conocimientos; su ayuda fue la columna vertebral de nuestra investigación experimental.

Muchas gracias.

Dedicado por: **Hassel Funes**

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, a mis padres Zoila Flor y Raúl Armando a los cuales les dedico este logro, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencia y sobre todo el amor incondicional y ser mi ejemplo a seguir los adoro.

A mis hermanos Luis Armando, Edwin, Jass que son una parte importante en mi vida son mis mejores amigos y los que siempre han estado conmigo sufriendo, llorando, riendo en todos los momentos de mi vida y me han motivado a seguir gracias, los amo.

Le agradezco a Licda. Ana María Villalta y a Lic. Ricardo Vides por el apoyo, confianza y todo el conocimiento que me han brindado para mi desarrollo profesional se les quiere mucho.

A mis compañeros y amigos Ulises y Bryan por estar siempre apoyándonos, no lo hubiéramos logrado sin ustedes mil gracias, a mis compañeras de tesis María Rosa y Claudia por estar luchando juntas en este largo camino, por fin niñas ¡LO LOGRAMOSSSS!!!

A nuestra asesora Ing. Beatriz Lima por su paciencia y comprensión muchas gracias y a todas las personas que hicieron posible que este trabajo de investigación se llevara a cabo de la mejor manera, sobre todo a niña Eduvina, niña Olimpia y Familia por ser tan lindas personas con nosotras, por sus atenciones y disposición para ayudarnos, nos ganaron el corazón.

“No puedes guiar el viento, pero puedes cambiar la dirección de tus velas”

Dedicado por: **María Zaldaña**

En primera instancia agradezco a Dios por ser mi guía y darme las fuerzas para culminar esta meta.

A mis padres Rosa A. de Zaldaña y Fernando Zaldaña por ser mi más grande apoyo a lo largo de mi vida y carrera, por haberme impulsado a terminar mis estudios y a no darme por vencida en mis metas, por ayudarme siempre.

A mi hijo amado Carlitos por ser mi motorcito de vida y es a quién más dedico este logro para que su vida sea próspera.

A mi esposo Carlos Escobar por ser mi sostén, consejero, mi apoyo, gracias viejo por haber sacrificado tiempo, desvelos y muchas adversidades para lograr este triunfo.

Mis queridos hermanos Toto y Wendy que me apoyaron todo el tiempo con consejos, cuidándome al niño para que estudiara; mis ángeles de la guarda a quienes amo; muchas gracias hermanitos.

Mis mejores amigos: Javier Miranda, Tirza Alas, Josefina De León, Erick Medina, Bryan Morrison y resto de la Horda Jerick que estuvieron en desvelos, risas, llantos, lamentos, achicadas, tristezas, decepciones; esto que ustedes ven aquí directa e indirectamente me ayudaron enormemente a lograrlo, su amistad fue y será el instrumento valioso que ayudo a soportar el ácido de la ingeniería. No...no se me olvida, porque, así como narra el dicho: - Los últimos serán los primeros- Ajá! Ulises Cortez, este triunfo tú más que nadie sabe cuánto lo añoraba, tus locuras hicieron que alcanzar esta meta fuera más y más cerca de lograrse, tu apoyo incondicional, tu cariño y aprecio hacia mí es el gran regalo que también me obsequio la carrera, porque si no fuera por horas interminables de estudio y desveladas no hubiera podido conocerte.

Sólo me resta agradecer a mis compas de tesis Hassel y Claudia por estar hombro a hombro luchando por este triunfo. A la Ing. Lima nuestra asesora por el apoyo brindado y su paciencia; así como demás personas de instituciones, ingenieros y en especial a niña Eduvina y familia por su hospitalidad y dejar que les colaboráramos en este proyecto.

¡¡¡A TODOS MUCHISIMAS GRACIAS!!!

RESUMEN

La horchata de morro elaborada a nivel artesanal por la empresa “El Morrito”, ubicada en San Jerónimo, municipio de Metapán, presenta la problemática de una vida útil muy corta debido al empaque en que se comercializa, lo cual se evidencia en la aparición de grumos en la horchata, lo que hace que ésta sea poca atractiva para el consumidor.

Con el fin de proponer una solución a esta problemática, en esta investigación se determinó la vida de anaquel de la horchata de morro elaborada artesanalmente por la empresa “EL MORRITO” y se evaluó la influencia del empaque en la conservación del producto. Para ello se realizaron experimentos acelerados de vida de anaquel de la horchata de morro en tres tipos de empaques: Polipropileno no orientado (PP). Polietileno de baja densidad (LDPE) y Tereftalato de polietileno (PET laminado), haciendo uso de una cámara de estabilidad (modelo CINCINNATI SUB-ZERO) a condiciones controladas (Temperatura: $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), (Humedad relativa $75\% \pm 5\%$) por un periodo de 60 días. Al mismo tiempo evaluaron parámetros organolépticos (sabor, color, olor y textura) a través de un panel sensorial, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Con el fin de realizar un diagnóstico de las condiciones actuales de elaboración de la horchata de morro se llevó a cabo la medición de los parámetros de operación en cada etapa del proceso: tiempo de lavado y secado de materia prima, tiempo y temperatura de tostado, tiempo de molienda y empackado.

Para lograr que el producto de evaluación en esta investigación fuese homogéneo, se tomó como referencia la ficha técnica establecida por la empresa productora de horchata, Río Grande, la cual sirvió para determinar las medidas de evaluación de calidad: Grados Brix, apariencia de la horchata, sabor, humedad y pH.

La vida útil de la horchata se determinó por medio del modelo matemático de Arrhenius, utilizando los parámetros de humedad e índice de acidez obteniéndose los empaques Polipropileno no orientado (PP) y PET laminado con una coextrusión de varias capas de

polietileno, como empaques de mayor vida útil, así mismo, estos empaques fueron los mejor evaluados en el análisis sensorial.

Los análisis microbiológicos realizados mostraron que las horchatas de morro en los tres tipos de empaque cumplen con los requisitos establecidos en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.67.45.1:06 Mezclas para preparar bebida de horchata. Especificaciones, durante los dos meses de estudio.

ÍNDICE

INTRODUCCION.....	16
OBJETIVOS.....	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
ALCANCES.....	19
JUSTIFICACION.....	20
1. FUNDAMENTOS TEORICOS.....	21
1.1 Horchata de morro.....	21
1.1.1 Planta de morro.....	21
1.1.2. Propiedades y usos del fruto del árbol de morro.....	23
1.1.3. Problemática actual de la horchata de morro.....	24
1.2 Proceso artesanal de elaboración de la horchata de morro en El Salvador.....	24
1.3 Marco legal regulatorio de la horchata de morro.....	26
1.3.1 Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.45.1:06 Mezcla para preparar bebida de horchata. Especificaciones.....	27
1.3.2 Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 2471:2010 Mezclas en polvo para preparar refrescos o bebidas instantáneas. Requisitos.....	28
1.3.3 Norma del Codex para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales Codex Stan 19-1981 (Rev. 2-1999).....	29
1.3.4 Características Organolépticas. Empresa RIO GRANDE.....	29
2. EMPAQUE Y VIDA DE ANAQUEL.....	31
2.1 La importancia del empaque para la conservación de los alimentos.....	31
2.2 Empaques utilizados para productos en polvo de consumo humano.....	33
2.3 Vida de anaquel para productos alimenticios en polvo.....	39
2.3.1 Factores fundamentales que influyen en la vida de anaquel de un alimento.....	39
2.4 Metodologías para estudio de vida de anaquel.....	40
2.4.1 Método acelerado de predicción de vida de anaquel.....	40
3. DESARROLLO EXPERIMENTAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL DE HORCHATA DE MORRO.....	43

3.1. Diagnóstico de las condiciones actuales de elaboración de la horchata de morro en la empresa “EL MORRITO”	45
3.2. Determinación del tiempo de estudio de la horchata de morro	49
3.3. Diseño de la etapa experimental.....	55
3.3.1 Estimación de vida útil de la Horchata de Morro en polvo por método fisicoquímico	57
3.3.1.1 Estimación de vida útil utilizando el parámetro de Humedad.....	57
3.3.1.2 Estimación de Vida Útil utilizando el parámetro de índice de acidez en grasa..	70
3.4 Evaluación sensorial como una medición de calidad y aceptación de la horchata de morro.....	83
3.4.1 Determinación del número de panelistas.....	84
3.4.2 Aplicación de las Pruebas a panelistas.....	86
3.4.3 Determinación de la validez o fiabilidad a la Prueba de Diferenciación aplicada ..	86
3.4.4 Análisis de datos experimentales obtenidos en las Pruebas Sensoriales.....	88
3.4.5 Selección del empaque. Método de optimización para selección de la mejor alternativa (Criterio de Laplace).....	93
3.5 Estabilidad microbiológica de la horchata de morro	95
4. ANALISIS DE RESULTADOS	97
4.1 Análisis estadísticos de los resultados para la selección del material de empaque y determinación de vida de anaquel.....	97
4.2. Ficha técnica de horchata de morro	98
4.3 Etiqueta nutricional para horchata de morro.....	100
CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES	103
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	104
ANEXOS	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Criterios Microbiológicos de cumplimiento según la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.45.1:06 Mezcla para preparar bebida de horchata. Especificaciones.....	28
Tabla 1.2 Límite máximo que deben cumplir las mezclas en polvo para preparar refrescos o bebidas instantáneas	29
Tabla 1.3 Límites permitidos de Índice de Acidez en grasas y aceites.	29
Tabla 1.4 Características organolépticas de la horchata de morro. Empresa Rio Grande...	30
Tabla 2.1 Clasificación de los polímeros de barrera.	34
Tabla 2.2 Valores máximos aceptables de pérdida o ganancia de humedad y oxígeno	36
Tabla 2.3 Barrera de los materiales de empaque a grasas y luz solar.	37
Tabla 3.1 Equipos y utensilios para la elaboración de horchata de morro	47
Tabla 3.2 Características de calidad de la horchata de morro artesanal “El Morrito”	47
Tabla 3.3 Composición de cada ingrediente de la horchata de morro.....	48
Tabla 3.4 Diferentes temperaturas en aumento de 10 °C y su correspondiente velocidad de deterioro.	49
Tabla 3.5 Construcción de gráfico Arrhenius. Temperatura vs Vida útil.....	51
Tabla 3.6 Datos del logaritmo natural de la vida útil para cada cambio de temperatura para linealizar la Ec.3.3.....	53
Tabla 3.7 Distribución para cada empaque a evaluarse.....	56
Tabla 3.8 Datos de humedad emitidos por Laboratorio de Calidad USAM.	57
Tabla 3.9 Valores de porcentaje de Humedad a diferentes tiempos para empaque LDPE .	58
Tabla 3.10 Tabulación de Datos para construcción de gráfico Arrhenius para empaque LDP por medio del parámetro de humedad.....	60
Tabla 3.11 Valores de porcentaje de Humedad a diferentes tiempos para empaque PP	63
Tabla 3.12 Tabulación de datos para construcción de grafico Arrhenius para empaque PP por medio del parámetro de humedad	65
Tabla 3.13 Valores de porcentaje de Humedad a diferentes tiempos para empaque PET laminado	66
Tabla 3.14 Tabulación de datos para construcción de gráfico Arrhenius para el empaque PET Laminado por medio del parámetro de humedad.....	67
Tabla 3.15 Resumen de vida de anaquel para los tres tipos de empaque por medio del parámetro de Humedad y su cumplimiento con la Norma NTE INEN 2471:2010	69
Tabla 3.16 Datos Obtenidos Experimentalmente para la titulación en marcha analítica de Índice de Acidez.	70
Tabla 3.17 Datos calculados de Índice de Acidez como mg KOH/g de grasa o aceite para los tres tipos de empaque en estudio.....	72

Tabla 3.18 Valores de Índice de acidez a diferentes tiempos para empaque LDPE.	72
Tabla 3.19 Tabulación de datos para construcción de gráfico Arrhenius para el empaque LDPE por medio del índice de acidez en grasa.....	75
Tabla 3.20 Valores de Índice de acidez a diferentes tiempos para empaque PP	77
Tabla 3.21 Tabulación de datos para construcción de grafico Arrhenius para empaque PP por medio del índice de acidez en grasa.....	78
Tabla 3.22 Valores de Índice de acidez a diferentes tiempos para empaque PET laminado	80
Tabla 3.23 Datos para construcción de grafico Arrhenius para PET laminado por medio del índice de acidez en grasa	81
Tabla 3.24 Resumen de vida de anaquel para los tres tipos de empaque por medio del parámetro de Índice de Acidez y su cumplimiento con la Norma Codex Stan 19-1981.....	83
Tabla 3.25 Valores de la constante K.	84
Tabla 3.26 Determinación del número de panelistas.....	85
Tabla 3.27 Sumatoria de calificación por panelistas para empaque LDPE.....	87
Tabla 3.28 Sumatoria de calificación por panelistas para empaque PP	88
Tabla 3.29 Sumatoria de calificación por panelistas para empaque PET laminado.....	88
Tabla 3.30 Tabla resumen de frecuencias de puntajes para empaque LDPE.....	89
Tabla 3.31 Tabla resumen de frecuencias de puntajes para empaque PP.....	90
Tabla 3.32 Tabla resumen de frecuencias de puntajes para empaque PET laminado	91
Tabla 3.33 Consolidado de Prueba de Preferencia.	92
Tabla 3.34 Método de optimización para selección de la mejor alternativa (Criterio de Laplace). Prueba de Diferenciación.....	94
Tabla 3.35 Método de optimización para selección de la mejor alternativa (Criterio de Laplace). Prueba de Preferencia.	95
Tabla 3.36 Resultados de análisis microbiológicos a muestras de horchata de morro.....	96
Tabla 4.1 Evaluación de costos de los empaques.....	98
Tabla 4.2 Ficha Técnica Para Horchata de Morro.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Fruto del Morro Crescentia alata.....	22
Figura 3.1 Representación gráfica de la dependencia de la Velocidad de deterioro vs Temperatura	50
Figura 3.2 Comportamiento de la vida Útil con respecto a la Temperatura.....	52
Figura 3.3 Linealidad de la Ec.3.3 $\ln(Vu)$ vrs temperatura para obtener k_1 y k_2	54
Figura 3.4 Comportamiento datos experimentales de Humedad vs tiempo de empaque LDPE.....	59
Figura 3.5 Comportamiento de la Vida útil de empaque LDPE vs Temperatura por medio del parámetro de humedad	61
Figura 3.6 Linealidad de la Ec.3.6 de $\ln(Vu_1)$ vrs Temperatura.....	62
Figura 3.7 Comportamiento de horchata en empaque PP tiempo vs humedad	63
Figura 3.8 Comportamiento datos experimentales ajustados de Humedad de empaque PP vrs Tiempo.....	64
Figura 3.9 Comportamiento de la Vida Útil de empaque PP vrs Temperatura por medio del parámetro de humedad.	65
Figura 3.10 Comportamiento datos experimentales de porcentaje de Humedad vs tiempo de empaque PET Laminado.....	67
Figura 3.11 Comportamiento de la Vida Útil de empaque PET Laminado vrs Temperatura por medio del parámetro de humedad.....	68
Figura 3.12 Gráfico de Índice de Acidez de LDPE vrs Tiempo.....	74
Figura 3.13 Datos graficados de Vida útil en empaque LDPE vrs Temperatura por medio del índice de acidez en grasa	75
Figura 3.14 Linealidad de la Ec.16. Temperatura vs $\ln(Vu_1)$	76
Figura 3.15 Comportamiento datos experimentales ajustados de Índice de Acidez en empaque PP vrs Tiempo	78
Figura 3.16 Comportamiento de la Vida útil empaque PP vs Temperatura por medio del índice de acidez en grasa	79
Figura 3.17 Comportamiento datos experimentales ajustados de Índice de Acidez en empaque PET laminado vs tiempo	81
Figura 3.18 Comportamiento de la Vida útil vs Temperatura en empaque PET laminado por medio del índice de acidez en grasa	82
Figura 3.19 Preferencia por panelistas para cada uno de los empaques.....	92

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1.1 Proceso de elaboración de horchata de morro.	25
Esquema 3.1 Metodología para la determinación de vida de anaquel de la horchata de morro	44
Esquema 3.2 Etapas y parámetros de operación del proceso artesanal de elaboración de horchata de morro	46

INTRODUCCION

El patrimonio cultural de El Salvador consta de una gran gama de tradiciones y costumbres; creencias que han trascendido de una forma oral de generación en generación en cada una de las familias salvadoreñas desde tiempos precolombinos y otras de las cuales han reaparecido en el tiempo de la colonia.

El tener un pasado rico en tradiciones es lo que nos hace tener una identidad cultural bien marcada; la cual debemos seguir transmitiendo para las próximas generaciones. Es por ello que dentro de toda la riqueza cultural se encuentra la gastronomía, que engloba a las bebidas que se elaboran artesanalmente, tal es el caso de la horchata de morro.

La horchata de morro es elaborada a partir de semillas oleaginosas. Previamente tostadas y molidas – como el ajonjolí, maní, cacao, semillas de ayote, entre otras-. Es un producto rico en ácidos grasos y dado que es sometida en su elaboración a procesos de humidificación, esta se encuentra susceptible a sufrir cambios en todos estos elementos, especialmente en las condiciones de empaque y almacenamiento, provocando alteraciones en el producto como, por ejemplo, la aparición de “grumos “. Estos cambios vienen relacionados con el empaque, ya que éste desempeña la función de protección contra contaminantes que están en el ambiente, daños físicos y frente a la humedad. A la vez está interrelacionado con la vida útil pues de este dependerá la posibilidad de llevar un producto fabricado a cualquier parte del mundo, lo que exige mayor duración de los productos (aumento de la vida útil).

Esta investigación es de gran utilidad ya que de la determinación de vida de anaquel depende que el producto llegue al consumidor en óptimas condiciones y sea consumido sin que tenga ningún tipo de afecciones en la salud de las personas, cumpliendo de esta manera con las expectativas de mercado. El presente estudio tiene como propósito determinar la vida de anaquel de la horchata de morro elaborada artesanalmente, experimentando con tres tipos de empaque: Polipropileno (PP), Tereftalato de Polietileno laminado con una extrusión de varias capas de polietileno (PET) y Polietileno de Baja Densidad Lineal (LDPE).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Determinar la vida de anaquel de horchata de morro elaborada artesanalmente y evaluar la influencia del tipo de empaque en su conservación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar pruebas de vida de anaquel a escala de laboratorio a muestras de horchata de Morro en tres diferentes tipos de material de empaque.
- Seleccionar el empaque que aumente la vida de anaquel de la horchata artesanal a base de morro y que a la vez preserve su calidad.
- Identificar la o las variables críticas que tengan una relación directa con la pérdida progresiva de la calidad del producto.
- Determinar las características de calidad de acuerdo a lo establecido por la NSO 67.45.01:06 “Mezcla Para Preparar Bebida de Horchata. Especificaciones”.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estudio de vida de anaquel representa una herramienta utilizada para conocer el tiempo en el que un producto conserva sus atributos de calidad, sus niveles nutritivos y organolépticos indispensables a la hora de ser adquiridos por el consumidor; este tiempo depende de muchos factores, tales como el proceso de fabricación, la influencia del empaque, la composición, condiciones de almacenamiento, entre otros.

La horchata de morro artesanal que se encuentra actualmente en el mercado, presenta una vida útil muy corta debido al tipo de empaque en que se comercializa, el cual no es el adecuado, ya que posee una alta permeabilidad, evidenciándose ello en una apariencia grumosa de la horchata, lo que da paso a que pierda sus características de calidad y sea rechazada por los consumidores.

ALCANCES

- El enfoque de la investigación se orientó a solventar la problemática de humedad en el producto la cual conlleva a una presentación de grumos.
- El estudio y análisis de vida de anaquel de la horchata se llevó a cabo para tres tipos de empaques.

JUSTIFICACION

En la actualidad a los productores artesanales que comercializan productos en polvo se les presenta el fenómeno de aglutinamiento en mayor grado cuando se trata de materia prima oleaginosa; una vez empacado el producto no cumple con la vida de anaquel esperada ya que pierde todas sus características organolépticas obteniendo pérdidas debido a que el consumidor final lo rechaza. Es por tanto que la determinación de vida de anaquel para la horchata de morro elaborada artesanalmente y la evaluación del tipo de empaque para su conservación vendrá a beneficiar en primer lugar y de forma particular a pequeñas microempresas que comercializan este tipo de producto proporcionándoles un empaque con una buena barrera permeable, que alargue la vida útil del producto y conserve sus propiedades organolépticas y de calidad.

1. FUNDAMENTOS TEORICOS

1.1 Horchata de morro

La horchata de morro es uno de los refrescos más antiguos y conocidos en nuestro país y fuera de él. Contiene nutrientes que nos favorecen al organismo como lo es la fibra y posee bajo contenido de sodio. La Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.45.01:06 Mezcla para preparar Bebida de Horchata. Especificaciones, lo define como un producto elaborado con granos de morro común (*Crescentia alata*), arroz (*Oryza sativa*), ajonjolí (*Sesamum indicum*) y canela (*Cinnamomum zeylanicum blume*) en combinación con otros ingredientes, obtenida por medio de procedimientos de tostado y molienda en los que se mezclan hasta darle un grado adecuado de finura.

Llegó a México por la colonización de los españoles, quienes la tomaban por tradición en Valencia, España. Los primeros tomaron esta costumbre de los árabes, quienes preparaban estas bebidas con un tubérculo llamado chufa (de origen africano) un brebaje endulzado. En Latinoamérica también se consume, aunque los ingredientes varíen. En El Salvador y Nicaragua se prepara con semilla de morro (típica de la región), ajonjolí, canela, cacao y vainilla, en ocasiones leche de coco o ron.

El refresco de horchata es un producto nutritivo, tiene un alto contenido calórico, hierro, vitaminas y minerales. Por estar exento de sodio, se convierte en un alimento conveniente para las personas con hipertensión; además ayuda a prevenir la arteriosclerosis.

1.1.1 Planta de morro

Nombre Científico: *Crescentia alata*

Nombre Común: Morro, jícara, palo huacal.

Esta es una planta de alta adaptabilidad, crece con abundancia de manera silvestre, y sus semillas tienen propiedades nutricionales que pueden ser aprovechadas para mejorar la calidad de alimentación de la población.

El jícaro o morro (*Crescentia alata*) fue domesticado y cultivado en Mesoamérica y el Caribe por grupos prehispánicos, quienes lo conocían como “Xicalli”. Ya durante la colonia los españoles cambiaron el nombre a morro.

Es un árbol común que abunda en planicies y laderas esencialmente secas; raramente alcanza los 12 m de alto, de copa redondeada y diámetro corto, ramas gruesas y algunas veces intercaladas, corteza café claro, escamosa o profundamente fisurada y fibrosa. Las flores de 1.5 a 2 cm de largo tienen corola verde y café púrpura, algunas veces con venas color rosa púrpura. Los frutos son ovales o subglobosos, usualmente de 10 a 15 cm de largo. La cáscara es fuerte y lustrosa, la pulpa es blanca aromática y contiene muchas semillas aplanadas, éstas le dan más valor a esta fruta. Se ha informado también del crecimiento del árbol en terrenos húmedos y arenosos de zonas cálidas.

El árbol se conoce en diferentes zonas de América Central como cutuco, cuchara o jícaro. Es un árbol pequeño, leñoso de corteza cenicienta, con hojas coriáceas, espatuladas, sentadas y lustrosas.

La figura 1.1 muestra el fruto obtenido del árbol de morro, el cual es globoso, esférico, duro, lustroso, verde cuando está inmaduro y café cuando está maduro. El fruto del morro puede mantenerse en buenas condiciones hasta por 180 días. Se ha calculado que en una hectárea pueden cultivarse muy bien 210 árboles.



Figura 1.1 Fruto del Morro *Crescentia alata*

Fuente: Elaboración propia

Existe otra variedad muy común de árbol de morro llamada *Crescentia cujete*. Se diferencia del *Crescentia alata* en que sus frutos son más grandes (entre 16 y 20 cm.), pero posee muy pocas semillas. Se encuentra silvestre en la región nororiental de Guatemala, México, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica.

Su hábitat es la sabana, cuyas características principales es la de estar constituida por gramíneas con o sin árboles típicos esparcidos. Domina la sabana de las tierras bajas conocida como sabana del morro o morral. La variedad *Crescentiacucurbitina L.* se cultiva también en los huertos por el uso frecuente que se hace de sus frutos. Se conocen además 15 especies tropicales de *Crescentia*, todas ellas americanas. (Ardon, 2008)

El morro frecuentemente es encontrado en pasturas para dar sombra o para que sus frutos sean consumidos por el ganado. En El Salvador sus frutos son utilizados para diferentes finalidades entre ellas cucharas, guacales, maracas, entre otros.

1.1.2. Propiedades y usos del fruto del árbol de morro

El germen de la semilla es una excelente fuente de ácidos grasos insaturados, principalmente de ácido oleico u omega 9-24.3 g por cada 100 g de germen; y de ácido linoleico u omega 6-7.7 g por cada 100 g de germen.

La pulpa y semilla de morro son fuentes importantes de fósforo, magnesio, zinc y potasio. Contiene 31% de aceite, cuya calidad es similar al de oliva. Este es de apariencia agradable, está exento de factores tóxicos y su digestibilidad es de casi cien por ciento.

La semilla del morro tiene un alto contenido de aceite y proteína carente de toxicidad. El aceite tiene una digestibilidad aparente mayor de 90% (muy cercana al aceite de soya) y una alta resistencia al auto deterioro. Este es similar a los aceites comerciales de maní, maíz, ajonjolí y soya, y podría ser utilizado en ensaladas como sustituto del aceite de oliva.

La pulpa se usa solo para remedios caseros, por ejemplo, jarabes para la tos. También se utiliza para alimentar ganado vacuno o equino. Las hojas se usan en infusiones, a las que se

les atribuye propiedades terapéuticas. Así como la cáscara se emplea como artesanías o recipientes.

También se puede obtener harina de la semilla y se puede consumir en fórmulas de alto contenido proteico. Esta harina preparada contiene 54% de proteína. En sus contenidos de aminoácidos es deficiente de lisina y metionina, pero es rica en triptófano. Este último es de 147 mg, comparado con los 103 mg del huevo y 86 mg para la soya.

Por ello, es una fuente potencialmente buena para suplementar otras proteínas deficientes en triptófano como el maíz. Al combinar 10% de harina de morro con 90% de maíz, esta planta puede proporcionar parte del aminoácido deficiente.

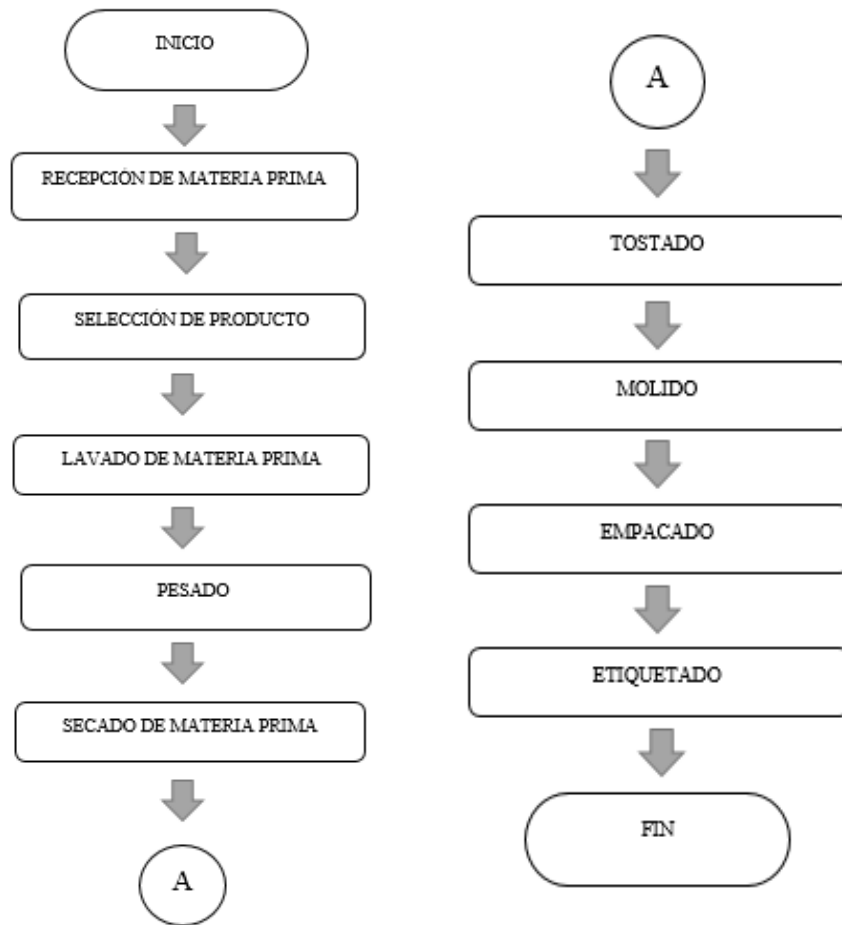
Pero estos no son sus únicos usos: de una tonelada de fruto se puede producir 30 litros de etanol, 12 litros de aceite, 88 libras de torta proteica de semilla para consumo humano, 88 libras de pulpa seca para alimento de ganado y 440 libras de cáscara seca para ser utilizada como combustible.

1.1.3. Problemática actual de la horchata de morro

La horchata de morro elaborada artesanalmente presenta problemas de aglutinamiento, característico de productos en polvo, su origen puede deberse a causas como la permeabilidad del empaque o a problemas de estandarización en el proceso, este último punto fundamental para controlar cualquier variable (humedad, temperatura o pH) que altere o modifique el producto, además de mantener los niveles de cumplimiento fisicoquímicos y microbiológicos de las normativas existentes, manteniéndose en los límites requeridos para la horchata

1.2 Proceso artesanal de elaboración de la horchata de morro en El Salvador

La obtención de la horchata se realiza a través de procedimientos mecánicos, y se utilizan semilla de morro, arroz, azúcar, ajonjolí, cacao, maní, canela, culantro y vainilla, como algunos de sus ingredientes. El esquema 1.1 presenta el proceso de elaboración de horchata de morro.



Esquema 1.1 Proceso de elaboración de horchata de morro.

Entre las etapas que comprende el proceso de elaboración se encuentran:

- a) **RECEPCION DE MATERIA PRIMAS:** Se seleccionan los ingredientes utilizados como materia prima para horchata de morro: maíz, morro, arroz, maní, semilla de ayote, ajonjolí, semillas de culantro y canela
- b) **SELECCIÓN:** La selección de las semillas se realiza a través de procedimientos adecuados tales como el tamizado y de forma visual que permitan detectar productos defectuosos.
- c) **LAVADO:** Una vez seleccionadas dichas semillas son sometidas a tratamiento de limpieza eliminando impurezas orgánicas que puedan ser arrastradas por las semillas; este procedimiento usualmente es realizado con abundante agua.

d) SECADO: Posterior al lavado, las semillas son secadas con el objetivo de disminuir su humedad para evitar que estas pierdan su textura.

e) DESHIDRATACION O TOSTADO: Esta etapa se realiza con la finalidad de que las semillas no pierdan su olor y sabor.

f) MOLIDO: En esta etapa las semillas son trituradas hasta obtener un polvo fino.

g) EMPACADO: Posteriormente el producto es empacado y sellado con la finalidad de protegerlo de agentes externos que provoquen el deterioro de su vida útil.

e) ETIQUETADO: Finalmente es identificado con la etiqueta que presenta las características del producto.

El proceso de elaboración de la horchata se puede completar adicionando, según el tipo de horchata, la proporción deseada de azúcar, agentes aromáticos (principalmente vainilla) siempre manteniendo el sabor natural de la horchata.

1.3 Marco legal regulatorio de la horchata de morro

Existen normativas regulatorias de la horchata de morro que presentan ciertas características tanto fisicoquímicas como microbiológicas propias de la bebida, las cuales sirven para tomarse como parámetros, y determinar si se encuentra apto para el consumo humano y no sean perjudiciales para el mismo, siendo una de ellas la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.45.1:06 Mezcla para preparar bebida de horchata. Especificaciones. También existen parámetros fisicoquímicos que están relacionados de forma indirecta con el deterioro de la horchata y por consecuencia la disminución de su vida de anaquel, entre ellos: el índice de acidez en la grasa cruda de la horchata, este indica la cantidad de ácidos grasos libres que se encuentran en la horchata y que provocan la rancidez del producto; la norma que presenta el valor máximo permitido para índice de acidez en grasas es la Norma del Codex para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales Codex Stan 19-1981 (Rev. 2-1999).

Otro parámetro a considerar es el porcentaje de humedad, debido a que el ataque de los microorganismos es la principal causa de deterioro y su crecimiento está ligado a la cantidad de agua que contiene el alimento en sí, es necesario que éste se encuentre monitoreado durante la determinación de vida útil. Además, por medio de la humedad se puede relacionar el método y tipo de empaque en la conservación de los alimentos, si existe o no una buena barrera contra la permeabilidad al vapor de agua para evitar problemas de calidad como lo es la apariencia de grumos en la horchata, para ello existe una Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2471:2010 Mezclas en polvo para preparar refrescos o bebidas instantáneas. Requisitos, que presenta el valor máximo de porcentaje de humedad de un producto en polvo instantáneo.

No existe norma a nivel nacional que contenga parámetros cualitativos para la horchata de morro como un producto terminado, por lo que las empresas elaboran sus propias fichas técnicas que las utilizan como control de calidad de su producto, para entregar al consumidor un producto homogéneo y de calidad; tal es el caso de la empresa RIO GRANDE que presenta características de control de calidad de la Horchata tales como: Grados Brix, Apariencia de la Horchata, Sabor, Estabilidad de la suspensión.

1.3.1 Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.45.1:06 Mezcla para preparar bebida de horchata. Especificaciones

Esta norma fue creada y editada en el año 2006 por el Comité Técnico de Normalización de PRODUCTOS ETNICOS del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de El Salvador, actualmente conocido como Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica (OSARTEC), con el fin de establecer las características y especificaciones que debe cumplir la mezcla para preparar bebida de horchata, con un alcance de aplicación en mezclas para preparar bebida de horchata destinada al consumo humano, que ha sido preenvasada y esta lista para su comercialización.

La Tabla 1.1 muestra un resumen de los requisitos microbiológicos según esta norma.

Tabla 1.1 Criterios Microbiológicos de cumplimiento según la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.45.1:06 Mezcla para preparar bebida de horchata. Especificaciones

Microorganismos	Recuento recomendado, UFC/g	Recuento máximo, UFC/g
Recuento de mohos y levaduras	100	10 000
Coliformes totales	10	100
Coliformes fecales	Ausencia	Ausencia
Recuento bacterias mesófilas	100	1 000 000
Salmonella/25 g	Ausencia	Ausencia

Fuente: Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.45.1:06 Mezcla para preparar bebida de horchata. Especificaciones.

1.3.2 Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 2471:2010 Mezclas en polvo para preparar refrescos o bebidas instantáneas. Requisitos.

La Norma técnica ecuatoriana: NTE INEN 2471:2010 Mezclas en polvo para preparar refrescos o bebidas instantáneas. Requisitos. Establece los requisitos que deben cumplir las mezclas en polvo para preparar refrescos o bebidas instantáneas que serán reconstituidas con agua o leche, exceptuando aquellas bebidas a base de café o achocolatadas. De esta norma se tomará como referencia el límite máximo de porcentaje de humedad que deben cumplir las mezclas en polvo, debido a que no existe una normativa salvadoreña para la horchata específicamente. Este valor será utilizado para determinar hasta qué nivel la Horchata en estudio incumple este valor normado y de esta forma determinar su vida útil, la Tabla 1.2 refleja el porcentaje máximo de humedad que deben de cumplir las mezclas en polvo para preparar refrescos o bebidas instantáneas.

Tabla 1.2 Límite máximo que deben cumplir las mezclas en polvo para preparar refrescos o bebidas instantáneas

Parámetro	Máximo %	Método de ensayo
Humedad	5	NTE INEN 266

Fuente: Norma técnica ecuatoriana. Mezclas en polvo para preparar refrescos o bebidas instantáneas. Requisitos. (NTE INEN 2471:2010 primera edición).

1.3.3 Norma del Codex para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales Codex Stan 19-1981 (Rev. 2-1999)

Las grasas y aceites extraídos de cualquier tipo de semillas se ven modificados por diferentes factores los cuales pueden ser: luz, humedad, y calor; por lo que realizarles análisis fisicoquímicos a estos compuestos, es de gran importancia, ya que de forma indirecta puede determinarse el grado de deterioro de un alimento por ende determinar si es apto para el consumo humano. Por este hecho se ha tomado esta norma como referencia para obtener los límites permitidos de índice de acidez a grasas y aceites crudos para el caso de la horchata. La Tabla 1.3 muestra según la norma los límites permitidos para la determinación de índice de acidez.

Tabla 1.3 Límites permitidos de Índice de Acidez en grasas y aceites.

TIPO DE GRASA O ACEITE	LIMITE PERMITIDO
Grasa o aceite Refinado	0.6 mg de KOH/ g de grasa o aceite
Grasa o aceite Vírgenes	4.0 mg de KOH/ g de grasa o aceite
Grasa o aceite Prensados en frio	4.0 mg de KOH/ g de grasa o aceite

Fuente: Codex para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales (CODEX STAN 19-1981 (Rev. 2-1999)).

1.3.4 Características Organolépticas. Empresa RIO GRANDE.

EXPORTADORA RIO GRANDE, es una compañía de manufactura y distribución de productos alimenticios étnicos Centroamericanos. Fue fundada en el estado de Maryland, EEUU, en 1986 y desde entonces se ha dedicado a la distribución de alimentos nostálgicos,

teniendo como objetivo distribuir sus alimentos étnicos con los más altos estándares de calidad de cada alimento elaborando una serie de características organolépticas propias de sus producto tal es el caso de la horchata de morro que esta empresa distribuye, para la cual ha elaborado una ficha técnica con características organolépticas que le sirve como control de calidad de dicho producto.

En la Tabla 1.4 se detallan las características organolépticas de la horchata de morro establecidas por la empresa RIO GRANDE.

Tabla 1.4 Características organolépticas de la horchata de morro. Empresa Rio Grande.

Característica o parámetro de Control	Rangos y cualidades aceptables
Color en Agua	Blanco Oscuro
Sabor en agua	Característico a Horchata
Apariencia	Producto en suspensión
Grados Brix (°)	2.5-3.5
Estabilidad de la suspensión	30 segundos

Fuente: Rio Grande. Ficha Técnica elaboración de Horchata. Control de Calidad.

2. EMPAQUE Y VIDA DE ANAQUEL

Los términos de *empaques* y *envases* se definen como estructuras externas de barrera que se encuentran en contacto directo con los alimentos. El término empaque se emplea para referirse a una estructura conformada por un material flexible: papel, película de polímero, etc., mientras que el segundo se emplea para referirse a una estructura rígida o semirrígida, y generalmente para contener productos en estado líquido o también para productos sólidos finamente divididos: gránulos, polvos, entre otros. (Velásquez, 2010).

El término *vida de anaquel* es el tiempo necesario para que un producto, en condiciones determinadas de envasado y almacenamiento, se deteriore hasta un estado inaceptable o sea inadecuado para su comercialización.

Álvarez (2006) aclara que ambos términos están íntimamente relacionados, ya que la vida de anaquel de los alimentos empacados regula las propiedades de los alimentos, así como las propiedades de barrera del envase al oxígeno, la luz, la humedad y el bióxido de carbono. Para determinar la conducta de los productos, a estos se les debería almacenar en condiciones conocidas por un período de tiempo para de esta manera poder medir sus propiedades. Este período depende de muchas variables en donde se incluyen tanto el producto como las condiciones ambientales y el empaque. Dentro de las que ejercen mayor peso se encuentran la temperatura, pH, actividad del agua, humedad relativa, radiación (luz), concentración de gases, potencial redox, presión y presencia de iones.

Brody (2003) informa que para predecir la vida útil de un producto es necesario en primer lugar identificar y/o seleccionar la variable cuyo cambio es el que primero identifica el consumidor meta como una baja en la calidad del producto.

2.1 La importancia del empaque para la conservación de los alimentos

Los métodos utilizados para el empaque y envasado de alimentos dependen considerablemente del tipo de alimento, de las especificaciones técnicas de los materiales y

del lugar donde se comercialice el producto. Las técnicas, materiales y métodos deben ser seleccionados con un gran cuidado para asegurar tanto la comercialización efectiva como la calidad e inocuidad que exige un producto destinado para consumo humano.

Para los alimentos que han sufrido transformaciones o tratamientos particulares se emplean los siguientes materiales de empaque por mencionar algunos de ellos.

- Metales
- Vidrios
- Polímeros
- Papeles, cartulinas y cartones
- Multicapas

Las barreras que poseen estos empaques se emplean como protección de los alimentos, contra agentes adversos del medio ambiente, y deben presentar ciertas características tales como:

Inocuidad: El empaque y el envase no deben comunicar al contenido ninguna sustancia que implique daños al consumidor o que modifique el contenido.

Características mecánicas: Los empaques y envases deben soportar esfuerzos mecánicos ya que estarán sometidos a procesos de llenado, almacenamiento, transporte, distribución y consumo.

Permeabilidad: Una de las exigencias más complejas, la cual se determina dependiendo del tipo de producto, las condiciones de proceso, almacenamiento y período de conservación deseado.

Supone resistencia al paso de agua, vapor de agua, compuestos aromáticos, gases, aceites y luz, en particular, o a todos estos simultáneamente.

Mediante el análisis del producto a envasar es importante tener en cuenta sus comportamientos más comunes dentro de los empaques actuales los cuales son: absorción de agua del ambiente (higroscopia), compactación por cambios de temperatura, entre otros.

El empaque debe proteger el contenido de las ya mencionadas alteraciones que puede llegar a presentar, por lo tanto, se busca un material con buena barrera al vapor de agua, al oxígeno; adicional a esto es importante que el material de empaque respalde la idea de atraer más clientes y de llamar la atención, es decir, que sea un material actual, relativamente novedoso y que pueda ser impreso con alta calidad y a su vez sea fácilmente transformable a las tecnologías existentes.

Los empaques que con frecuencia se utilizan para productos en polvo son los empaques flexibles que son obtenidos de rollos o bobinas de diversos tipos de plásticos.

En particular, hay un gran número de productos manejados a granel o en polvo que son empacados con equipo automatizado en películas plásticas que son pegadas o selladas con adhesivos o pegados con calor. Estos empaques son comúnmente conocidos como empaques flexibles.

Los envases flexibles son utilizados para casi cualquier producto, siendo su principal uso en la industria alimentaria. Estos empaques deben cumplir una misión fundamental: preservar el producto en su interior desde el momento en que es envasado, durante el transporte, almacenamiento, distribución y exhibición, hasta el momento en que es abierto por el consumidor.

2.2 Empaques utilizados para productos en polvo de consumo humano

Son diversos los factores que pueden afectar el tiempo de vida de anaquel. Cabe citar ciertas características del producto tales como su contenido de agua, su pH y su contenido de lípidos y vitaminas. Otros factores son las condiciones de producción empleadas (esterilización o

no), la logística del transporte y almacenamiento (control de temperatura y humedad) y finalmente las propiedades del empaque empleado.

La industria alimenticia en especial la destinada a productos en polvo de consumo humano, necesita de empaques con barrera contra el oxígeno, el vapor de agua, el anhídrido carbónico u olores y sabores o combinaciones de lo anterior. Al contarse con un alta barrera al oxígeno y al anhídrido carbónico o contra la luz, según sea el caso, se controla el problema de la rancidez que es producto de la oxidación de grasas y aceites insaturados o de la oxidación inducida por rayos ultravioleta si se trata de alimentos grasos. La barrera a la humedad (pérdida o ganancia de esta) ayuda a preservar la textura del alimento y la barrera a los aromas y sabores contribuye a preservar el sabor del alimento.

Para contrarrestar esta problemática surgen los polímeros de barrera, estos protegen al producto envasado durante su tiempo de vida de anaquel (shelflife) y tienen diferentes permeabilidades al oxígeno (O_2 RT -Oxygen transmission rate) dependiendo de su grado de barrera. Los polímeros y las combinaciones de estos proporcionan diferentes grados de barrera al conformar un envase flexible, dentro de los cuáles están los envases de: alta barrera, mediana barrera, baja barrera y barrera modulada como se detallan en la Tabla 2.1

Tabla 2.1 Clasificación de los polímeros de barrera.

Polímeros de baja barrera	Son aquellos que presentan una permeabilidad al oxígeno (O_2 TR) menor a $200 \text{ cm}^3 \cdot \text{mil} / 100 \text{ pg}^2 \cdot \text{día} \cdot \text{atm}$, a 23°C y 0% HR, bajo esta clasificación se cuentan polietilenos de alta densidad (PEAD) más poliamidas (PA) delgadas.
----------------------------------	--

Continuación Tabla 2.1 Clasificación de los polímeros de barrera.

<p>Polímeros de media barrera</p>	<p>Son aquellos que presentan una permeabilidad al oxígeno (O₂ TR) menor a 50 cm³ * mil/ 100 pg² * día * atm, a 23°C y 0% HR, bajo esta clasificación se cuentan poliamidas (PA) laminadas con polietileno tereftalato (PET).</p>
<p>Polímeros de barrera modulada</p>	<p>Presentan una transmisión de oxígeno menor a 1,000 cm³ * mil/100 pg² * día * atm, a 23°C y 0 % HR; son usualmente films perforados o de alta permeabilidad, presentándose dentro de estos films se encuentran los copolímeros de etil vinil acetato (EVA) y polietilenos de ultra baja densidad (PEUBD)</p>
<p>Polímeros de alta barrera</p>	<p>Son aquellos que protegen al producto envasado durante su tiempo de vida de anaquel y tienen una permeabilidad al oxígeno (O₂ TR) menor a 2 cm³ * mil/ 100 pg² * día * atm, a 23°C y 0% HR; (*) 1 mil = 25 µm, entre los polímeros de alta barrera se cuentan el cloruro de polivinilideno (PVDC), alcohol etil vinílico (EVOH) o combinaciones de estos con poliamidas (PA).</p>

Fuente: Esparza, 2004.

Dependiendo del grado de protección que ofrezca el envase, este permitirá permear mayor o menor cantidad de oxígeno en el tiempo, que incidirá en la vida útil del alimento, ya que los cambios químicos, físicos y microbiológicos se ven acelerados con la presencia de oxígeno. Entre los que se pueden mencionar:

1. Descomposición biológica:

- Actividad enzimática: presentando pérdida de color sabor, nutrientes, textura.
- Actividad microbiológica.

2. Descomposición Química:

- Oxidación de lípidos: Esto se lleva a cabo por la presencia o exposición del producto al oxígeno provocando radicales libres y peróxidos, originando la rancidez de grasas como por ejemplo en la horchata en polvo o la degradación de proteínas como en el caso de la leche en polvo.
- Oxidación no enzimática: Esta se observa en la oxidación de vitaminas como en el caso de vitamina C en refrescos en polvo, provocando sabores amargos.

3. Descomposición Física:

- Ganancia de Humedad: Provocando pérdida de calidad y como una forma de esto es el aglutinamiento que se da en harinas, café y refrescos en polvo.
- Fluctuaciones de temperatura: Puede presentarse como una fusión de la grasa, y esto da origen a su vez a una posible rancidez mucho más rápida del producto en polvo.

Controlar entonces la tasa de ingreso de oxígeno al interior del empaque es un atributo crítico del empaque de barrera.

La Tabla 2.2 muestra los valores máximos aceptables de pérdida o ganancia de humedad y oxígeno que requieren diferentes tipos de alimentos y bebidas para obtener una vida de anaquel de un año a una temperatura ambiental de 25 °C y 50% de humedad relativa.

Tabla 2.2 Valores máximos aceptables de pérdida o ganancia de humedad y oxígeno

Tipo de alimento o bebida	Max. Ganancia aceptable de O ₂ (ppm)	Max. Ganancia o pérdida aceptable de H ₂ O (%)
Leche, carnes, pescado o aves enlatadas	1 – 5	3% de pérdida
Cerveza y vinos	1 – 5	3% de pérdida (20% de pérdida de CO ₂)
Frutas enlatadas	5 – 15	3% de pérdida

Continuación Tabla 2.2 Valores máximos aceptables de pérdida o ganancia de humedad y oxígeno

Tipo de alimento o bebida	Max. Ganancia aceptable de O ₂ (ppm)	Max. Ganancia o pérdida aceptable de H ₂ O (%)
Alimentos secos	5 – 15	1% de ganancia
Jugos de fruta	10 – 40	3% de pérdida
Bebidas carbonatadas	10 – 40	3% de pérdida (< 15% de pérdida de CO ₂ en 15 semanas)
Aceites y grasas	50 – 200	10% de ganancia
Aderezos de ensaladas	50 – 200	10% de ganancia
Mantequilla de maní	50 – 200	10% de ganancia

Fuente: EVAL Company of America.

La Tabla 2.3 recopila materiales de empaque y su propiedad de barrera a ciertos factores.

Tabla 2.3 Barrera de los materiales de empaque a grasas y luz solar.

Material	Permeabilidad		Densidad	Resistencia a grasa	Resistencia a la luz solar
	O ₂ (cm ³ /m ² *24hrs a 23 °C)	CO ₂ (cm ³ /m ² *24hrs a 23 °C)	g/cc		
Poliéster metalizado	0.08	No aplica	1.37	Buena	Buena
PVC rígido	5-20	20-25	1.30	Pobre	Buena
Nylon 6 Biorientado	2.60	5.8	1.16	Muy buena	Regular
Polipropileno metalizado	3.00	N/A	0.91	Buena	Buena
Polipropileno No orientado(PP)	250	6500	0.90	Buena	Regular
Polietileno de Baja densidad (LDPE)	500	2500	0.91	Pobre	N/A
PET laminado	55	240-400	0.9	Excelente	Regular

Fuente: Iván H. Rodríguez B. Fichas Técnicas del Empaque, Envase y Embalaje. 2012

Ante la exigencia que se ve reflejada, sobre los alimentos secos, se pueden mencionar materiales como:

Poli - Cloruro de Vinilideno o PVdC: proporciona sin duda la mejor barrera a la humedad combinada con una buena barrera al oxígeno, olores y grasas. Sin embargo, por no ser térmicamente estable (propenso a la degradación cuando su tiempo de residencia en el proceso de extrusión es largo) y ser altamente corrosivo, los equipos de extrusión han de ser de diseño especial y ser construidos con materiales muy particulares y costosos. Por otro lado, los empaques hechos con PVdC tienden a agrietarse cuando se someten a flexión, son quebradizos al congelarse y con el tiempo adquieren una coloración amarillenta.

La Poliamida o Nylon (PA): proporciona una barrera moderada al oxígeno y una excelente barrera al aroma. En Nylon es, sin embargo, un material higroscópico. Este tipo de materiales ven afectada negativamente su barrera a los gases cuando son sometidos a ambientes con alta humedad relativa. De la familia de las poliamidas el material más usado es el Nylon 6 o PA6. Este material es resistente a altas temperaturas, proporciona una buena barrera a las grasas y los aceites y goza de una muy buena termoformabilidad y dureza.

El Etil-Vinil-Alcohol (EVOH): es el material que brinda la mejor barrera al oxígeno. Provee también una buena barrera a los olores y es resistente a aceites y solventes orgánicos. Al igual que las Poliamidas, el EVOH es higroscópico, esto sin embargo no necesariamente actúa en detrimento de las propiedades de alta barrera al oxígeno del EVOH en empaques de alimentos ya que por un lado los ambientes por los que transita el producto (almacenamiento, unidad de transporte y punto de venta) son ambientes con humedad relativa controlada y por otro lado el EVOH se coextruye como capa interna de una estructura multi-capas que tiene como capas externas materiales poliolefínicos que brindan barrera a la humedad protegiendo al EVOH de esta.

2.3 Vida de anaquel para productos alimenticios en polvo

Uno de los principales efectos que se deben evitar en alimentos en polvo o granulados es la tendencia que tienen a absorber humedad. Cuando esto sucede, las partículas de estos productos se enganchan entre ellas y, por tanto, resulta difícil manipularlos por la incapacidad de que se mezclen de manera uniforme. Para evitarlo, se utilizan sustancias antiapelmazantes, aditivos alimentarios cuya principal misión es absorber el exceso de humedad.(Chavarrias, 2010)

El apelmazamiento y el endurecimiento son problemas omnipresentes en la industria alimentaria y farmacéutica. Para poder prevenir y evitar estos problemas es recomendable prestar atención a tres parámetros: tiempo, temperatura y actividad de agua. Por lo general, con el tiempo las partículas de polvo que fluyen libremente acaban pasando por las diferentes etapas del proceso de aglomeración. Las partículas pulverulentas se mojan, a continuación, se vuelven pegajosas y éstas a su vez se compactan, para finalmente alcanzar la fase de licuefacción. Este proceso se ve afectado por la forma y el tamaño de las partículas, la temperatura, la humedad existente en el sistema, la presión aplicada y la composición química.

2.3.1 Factores fundamentales que influyen en la vida de anaquel de un alimento

Entre los factores que influyen en la vida de anaquel de un alimento se pueden mencionar:

Formulación: Involucra la selección de las materias primas más apropiadas e ingredientes funcionales que asegurarán la integridad del alimento para la vida útil requerida.

Con respecto a la vida de anaquel, los factores claves incluyen contenido de humedad, actividad de agua (Aw), Potencial de Hidrógeno (pH) y adición de preservantes antimicrobianos y antioxidantes.

La actividad de agua se refiere a la cantidad de agua “libre”, en un sistema, disponible para apoyar reacciones biológicas y químicas; cuánto más baja es, menos visibles son los microorganismos que contribuyen al deterioro del producto.

Los preservantes pertenecen a una clase de aditivos alimenticios que amplían la vida útil inhibiendo el crecimiento microbiano o reduciendo al mínimo los efectos destructivos del oxígeno, de los metales y de otros factores que pueden conducir a la rancidez.

Procesamiento: Depende de las materias primas e ingredientes para disminuir condiciones desfavorables o redeteriorativas indeseables, promoviendo cambios físicos y químicos deseables, concediendo así al producto alimenticio la forma y características finales.

Empaque y condiciones de almacenamiento: Los parámetros más importantes son: la humedad relativa (% HR), presión, esfuerzos mecánicos, luz y temperatura. Estos parámetros son dependientes tanto del empaque como de las condiciones de almacenamiento. Es importante entender estas variables para llegar a obtener un producto alimenticio constantemente de alta calidad y seguro. (Chica y Osorio, 2003)

2.4 Metodologías para estudio de vida de anaquel

La estimación de la vida de anaquel de los alimentos puede hacerse por métodos estadísticos o por modelos matemáticos.

Cuando se utilizan técnicas probabilísticas, se supone que los tiempos de vida de las unidades experimentales se distribuyen de acuerdo a una ley de probabilidad. Mientras que, si se emplean modelos matemáticos, se determina experimentalmente la cinética de la reacción, relacionando magnitudes fisicoquímicas con el tiempo, y con ello se estima la vida media del producto.

2.4.1 Método acelerado de predicción de vida de anaquel

Los métodos acelerados de la estimación de la durabilidad son útiles para disminuir el tiempo dedicado a los ensayos de estimación cuando se están estudiando productos no perecederos.

Se basa en someter el producto a condiciones de almacenamiento que aceleren las reacciones de deterioro, las que se denominan abusivas, que pueden ser temperaturas, presiones parciales de oxígeno y contenidos de humedad altos. Aunque en alimentos secos, el contenido de agua por debajo de la monocapa límite o crítica puede incrementar la velocidad de las reacciones de deterioro, por encima de este valor el incremento hace incontrolable el proceso; se considera que los límites de temperatura para estudios acelerados de vida de anaquel de productos secos oscilan entre 30 a 45 °C. (Giraldo, 1999)

El objetivo de este método es almacenar producto/empaque terminados, bajo condiciones de abuso, examinar el producto periódicamente hasta que ocurra el final de la vida de anaquel, y entonces usar estos resultados para proyectar la vida de anaquel bajo condiciones de verdadera distribución.

Petrucci, Harwood y Herring (2003) afirman: “En general puede decirse que la velocidad de una reacción aumenta al elevar la temperatura (como valor medio podemos decir que un aumento de 10 grados en la temperatura duplica la velocidad de la reacción). Esto es debido a que el aumento de temperatura incrementa la energía media y la velocidad de las moléculas reaccionantes, aumentando el número de choques entre ellas y el número de moléculas que alcanza o supera la **energía de activación**, necesario para que el choque entre ellas sea eficaz. En 1889, Svante Arrhenius estableció empíricamente que las constantes de velocidad de muchas reacciones varían con la temperatura, según la expresión:

$$K = K_0 \exp \left(\frac{-E_a}{RT} \right) \quad \text{Ec. 2.1}$$

En donde:

K_0 = Factor exponencial

E_a = Energía de activación de la reacción.

R = Constante ideal de los gases (8.314 kJoule/kmol*°K)

T = Temperatura en °K.

Esta ecuación conocida como la relación de Arrhenius, desarrollada teóricamente para reacciones químicas moleculares reversibles, ha sido experimentalmente aplicada a un número de reacciones químicas complejas y fenómenos físicos.

Las reacciones de pérdida de calidad de los alimentos han mostrado que siguen un comportamiento de Arrhenius con la temperatura.

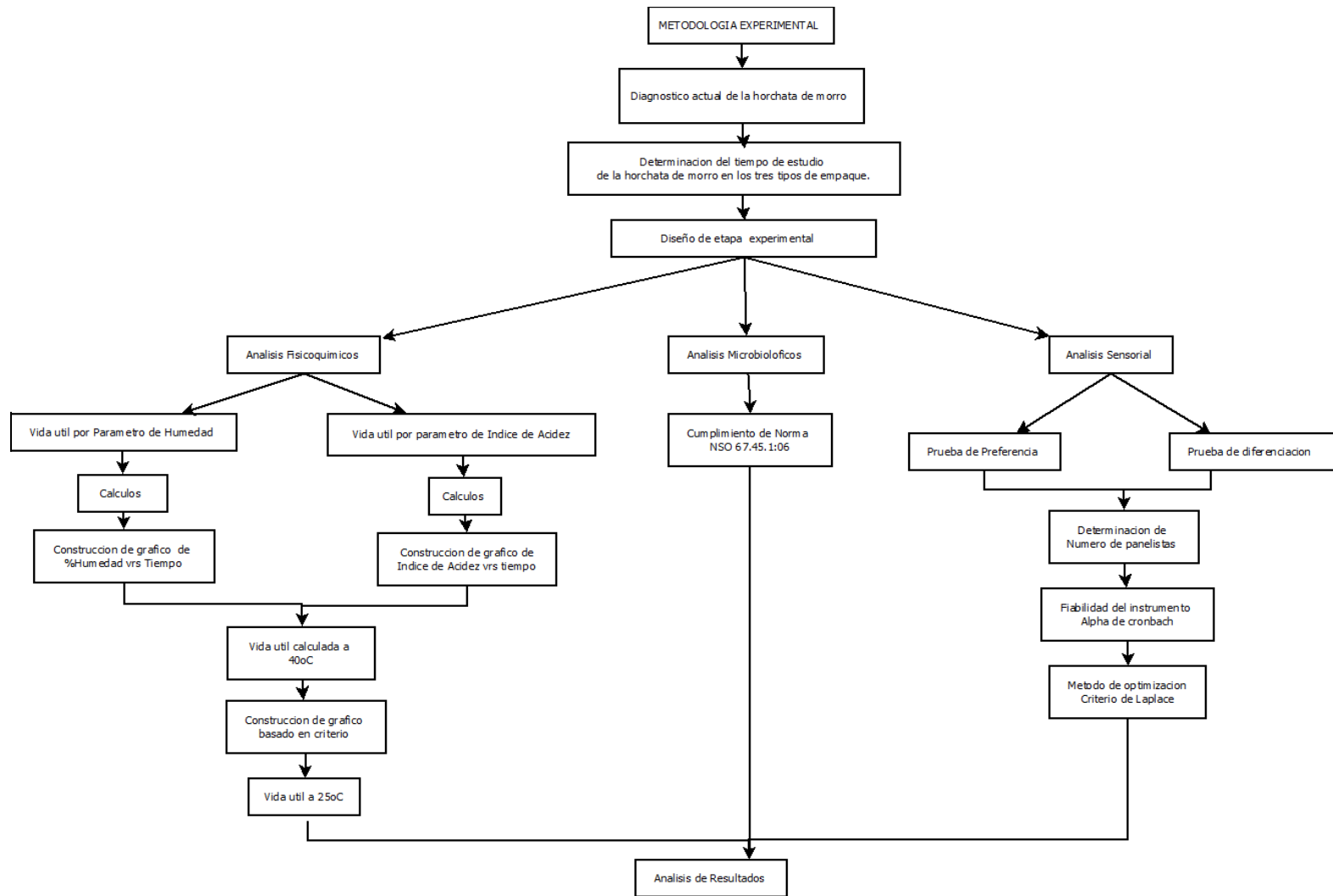
Partiendo del criterio de Petrucci, Harwood y Herring (2003) y mediante la evaluación de los factores que se consideran influyen en la vida de anaquel del producto, se construyen graficas de cada una de estos factores respecto al tiempo de evaluación obteniéndose por medio de la ecuación de regresión que presentan los datos, el tiempo de vida útil en el cual el producto evaluado, no cumple con normas regulatorias.

Este tiempo de vida de anaquel determinado, representa el comportamiento del producto a las condiciones aceleradas a las cuales está sometido dicho producto en la cámara de estabilidad, por lo que a partir de la vida útil encontrada (a condiciones aceleradas) se construye el grafico del modelo matemático de Arrhenius y se determina el tiempo promedio de vida de anaquel a la temperatura a la cual se considera como la temperatura normal de almacenamiento.

3. DESARROLLO EXPERIMENTAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL DE HORCHATA DE MORRO

Para el desarrollo de la parte experimental inicialmente se realizó un diagnóstico de las condiciones actuales de la elaboración de la horchata de morro en la empresa “EL MORRITO”, determinando con esto los parámetros de operación en cada etapa del proceso y el establecimiento de los parámetros de calidad de la horchata.

Posteriormente se determinó el periodo de tiempo en el cual se realizó el estudio y se diseñó la etapa experimental según se describe en el Esquema 3.1 Metodología para la determinación de vida de anaquel de la horchata de morro.



Esquema 3.1 Metodología para la determinación de vida de anaquel de la horchata de morro

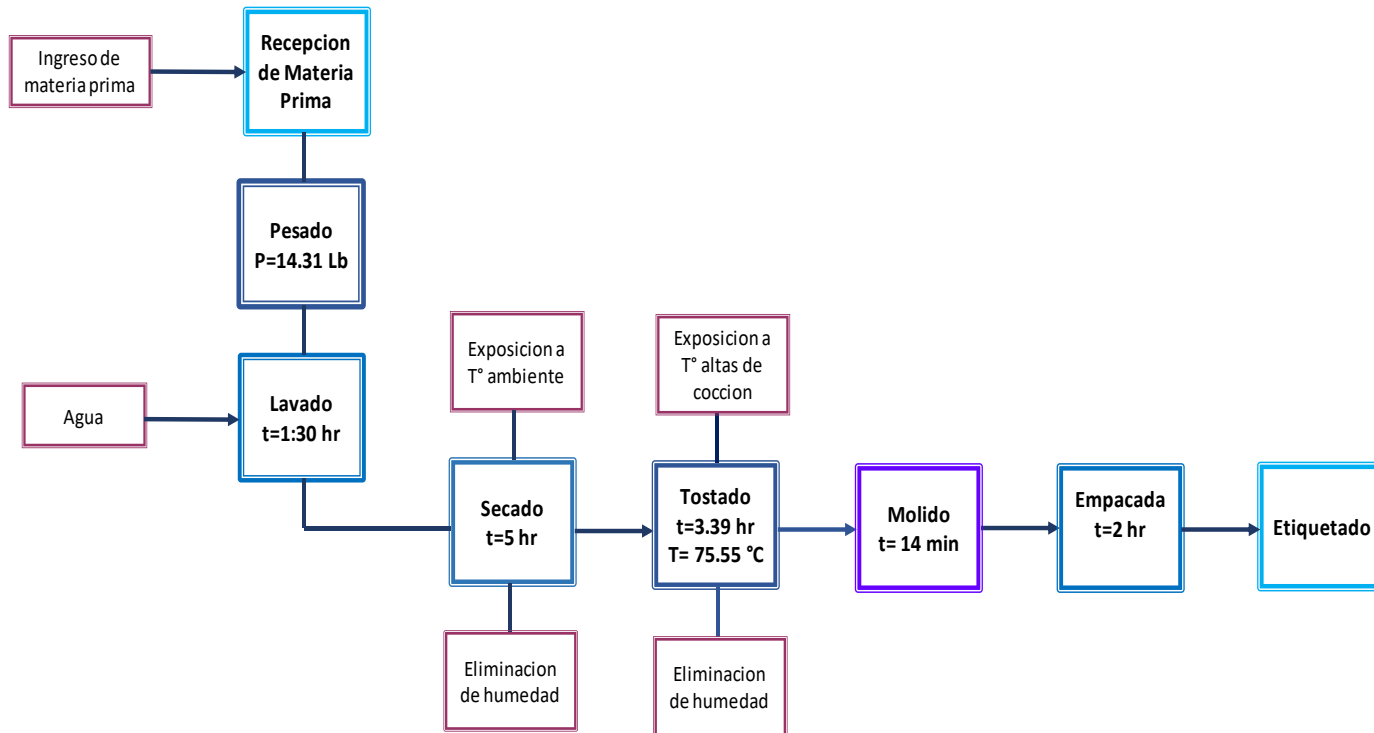
3.1. Diagnóstico de las condiciones actuales de elaboración de la horchata de morro en la empresa “EL MORRITO”

La horchata de morro es una combinación de varios ingredientes, los cuales crean una bebida nutritiva debido a la mezcla de los componentes que la hacen rica en vitaminas y minerales.

En la empresa “El Morrito”, la elaboración de la horchata de morro se realiza en una serie de etapas, en donde primeramente se seleccionan todos ingredientes necesarios para la preparación de la horchata (maíz, morro, arroz, maní, semilla de ayote, ajonjolí, semilla de culantro y canela), los cuales son almacenados en silos hasta el momento de su utilización (recepción de materia prima). Luego los ingredientes son pesados con ayuda de una balanza granataria, inmediatamente pasan a un tratamiento de limpieza con agua, eliminando la mayor cantidad de impurezas presentes (lavado), para luego ser expuestos al sol en mallas metálicas con el fin de eliminar la mayor cantidad de humedad; manteniendo de esta forma su textura (secado).

Una vez secas, las semillas se tuestan a leña y en comal para potenciar su aroma y sabor (tostado). Después todos los ingredientes son triturados en un molino de tres discos obteniendo el polvo de horchata deseado (molido) para ser empacado utilizando una selladora térmica (empacado) y finalmente etiquetado con la viñeta de identificación del producto (etiquetado) teniendo como resultado final horchata de morro elaborada artesanalmente.

El Esquema 3.2 muestra la descripción y los parámetros del proceso de elaboración artesanal de la horchata de morro aquí descrito, realizado para la obtención de 14.31 Lb de producto (cantidad a utilizar para un tipo de empaque en la experimentación).



Esquema 3.2 Etapas y parámetros de operación del proceso artesanal de elaboración de horchata de morro

La Tabla 3.1 indica los equipos y utensilios para cada etapa del proceso.

Tabla 3.1 Equipos y utensilios para la elaboración de horchata de morro

PROCESO	EQUIPOS Y UTENSILIOS
Recepción de materia prima	Silos
Pesado	Balanza granataria
Lavado	Recipiente plástico (huacal)
Secado	Zaranda
Tostado	Comal
Molido	Molino de tres discos
Empacado	Selladora térmica

Las especificaciones de calidad de la horchata en polvo “El Morrito” se muestra en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Características de calidad de la horchata de morro artesanal “El Morrito”

Característica o parámetro de Control	Rangos y cualidades aceptables
Color en Agua	Blanco Oscuro
Sabor en agua	Característico a Horchata
Apariencia	Producto en suspensión

De acuerdo a la tabla de Composición de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), los valores de los nutrientes de cada uno de los ingredientes de la horchata “El Morrito” por cada 100 gramos de porción comestible se presentan resumidos en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Composición de cada ingrediente de la horchata de morro¹

INGREDIENTES	% De Agua	Energía (Kcal)	Proteína (g)	Grasas totales (g)	Carbohidratos (g)	Fibra totales (g)	Cenizas (g)	Calcio (mg)	Fosforo (mg)	Hierro (mg)	Tiamina (mg)	Niacina (mg)	Vit. C (mg)	Ac. Grasos mono Insat (mg)	Ac. grasos poli Insat (mg)	Ac. Grasos insat (g)	Colesterol (mg)	Potasio (mg)	Sodio (mg)	Zinc (mg)
Morro	3.4	530	30.2	39.27	27.9	~	3.8	50	968	9.4	0.73	0.9	~	~	~	~	~	~	~	~
Maíz blanco, grano trillado	25	303	8.7	0.9	65.1	~	0.3	4	71	2	0.2	1.1	0	~	~	~	~	~	~	~
Mani/cacahuete tostado C/ aceite	1.95	581	26.35	49.3	18.92	6.9	3.48	88	517	1.83	0.25	14.28	0	24.46	15.58	6.84	0	682	6	6.63
Arroz blanco, pulido enriquecido	12.89	360	6.61	0.58	79.34	1.4	0.58	9	108	4.36	0.58	0	0	0.16	0.16	0	86	1	1.16	35
Semilla de ayote tostado	7.1	522	32.97	42.13	13.43	3.9	4.37	43	117 2	14.94	0.21	1.74	2	13.1	19.21	7.97	0	806	18	7.44
Ajonjolí	4.69	573	17.73	49.67	23.45	11.8	4.45	975	629	14.55	0.79	4.51	0	18.76	21.77	6.96	0	468	11	7.75
Semilla de culantro, condimentos o especias molidas no especificadas	8.46	263	6.09	8.69	72.12	21.6	4.65	661	113	7.06	0.1	2.86	39	0.66	2.36	2.55	0	1044	77	1
Canela molida	9.52	261	3.89	3.19	79.85	54.3	3.55	1228	61	38.07	0.08	1.3	29	0.48	0.53	0.65	0	500	56	1.97

¹ Composición de alimentos en 100 gramos de porción comestible

3.2. Determinación del tiempo de estudio de la horchata de morro

Dado que se desconoce el tiempo que debe permanecer la horchata de morro en la cámara de vida acelerada para luego determinar su vida útil; este tiempo se obtiene por medio de la representación gráfica del criterio de Petrucci, Harwood y Herring (2003). Cabe destacar que al trabajar con cambios de temperaturas (ΔT) un cambio de grados Kelvin es equivalente a un cambio de temperatura de grados Celsius.

Basados en ese criterio se elabora la Tabla 3.4 y con sus datos se construye el gráfico representado en la Figura 3.1.

Tabla 3.4 Diferentes temperaturas en aumento de 10 °C y su correspondiente velocidad de deterioro.

Temperatura (°C)	Velocidad de deterioro
1	1
11	2
21	4
31	8
41	16
51	32
61	64

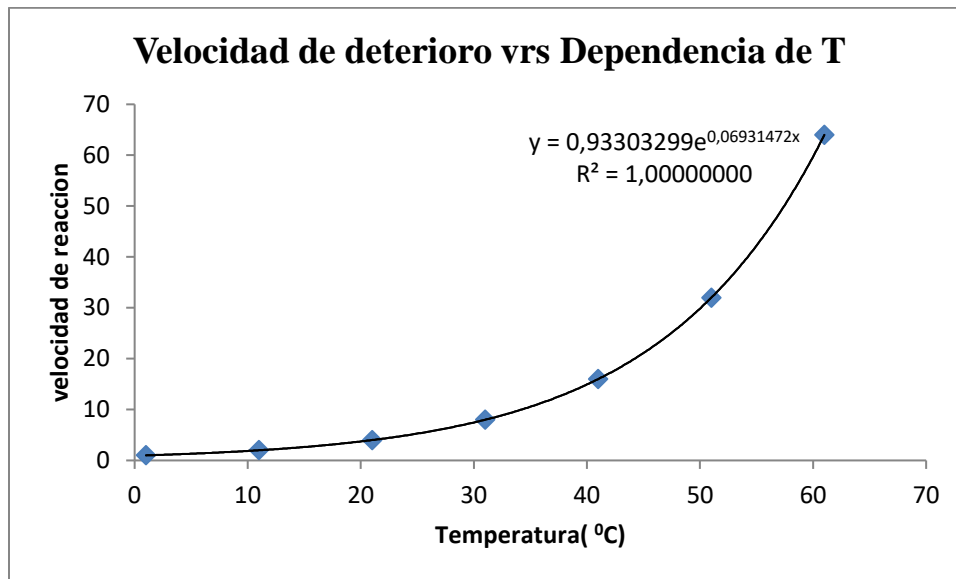


Figura 3.1 Representación gráfica de la dependencia de la Velocidad de deterioro vs Temperatura

Se puede observar que este criterio sigue el modelo matemático de Arrhenius obteniéndose el siguiente modelo de ecuación:

$$y = k_1 e^{k_2 x} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Para determinar los valores de k_1 y k_2 que representan las constantes de velocidad a esas temperaturas se desarrolla matemáticamente la ecuación Ec.3.1

$$y = k_1 e^{k_2 x}$$

$$\ln(y) = \ln(k_1 e^{k_2 x})$$

$$\ln(y) = \ln(k_1) + \ln(e^{k_2 x})$$

$$\ln(y) = \ln(k_1) + k_2 x \quad \text{Ec. 3.2}$$

La Ec.3.2 representa una línea recta:

$$y = b + mx$$

Donde:

b representa el intersepto. $b = \ln(k_1)$ o $k_1 = e^b$

"*m*" representa la pendiente: $m = k_2$

"*x*" es la temperatura en °C, "*y*" la velocidad de deterioro

Para la horchata de morro a condiciones ambientales ($T=25^\circ\text{C}$) se espera una vida útil de 180 días (6 meses), partiendo de ello se determinó el tiempo de almacenamiento en la cámara de estabilidad:

Temperatura de almacenamiento a condiciones ambientales:

$$T_{\text{trabajo}} = 25^\circ\text{C}$$

V_{ue} = Vida Útil esperada

$$V_{\text{ue}} = 180 \text{ días (6 meses)}$$

Recordando: Por cada 10°C (ΔT) aumentados de Temperatura, la velocidad de descomposición se duplica.

Por tanto:

$$T = T_{\text{trabajo}} - \Delta T$$

$$T = 25^\circ\text{C} - 10 = 15^\circ\text{C}$$

V_u = vida útil para cada cambio de temperatura

$$V_u = V_{\text{ue}} * 2$$

$$V_u = 180 \text{ días} * 2 = 360 \text{ días.}$$

La Tabla 3.5 presenta los datos que formarán el gráfico de dependencia de la vida útil con respecto a la temperatura, para esta investigación.

Tabla 3.5 Construcción de gráfico Arrhenius. Temperatura vs Vida útil

$\Delta T(^{\circ}\text{C})$	$T(^{\circ}\text{C})$	$V_u(\text{días})$
10	15	360

Continuación Tabla 3.5 Construcción de gráfico Arrhenius. Temperatura vs Vida útil

$\Delta T(^{\circ}C)$	$T(^{\circ}C)$	Vu(días)
20	5	720
30	-5	1440
40	-15	2880
50	-25	5760
60	-35	11520
70	-45	23040
80	-55	46080
90	-65	92160
100	-75	184320

La Figura 3.2 muestra la tendencia del comportamiento de la vida útil con respecto a la Temperatura

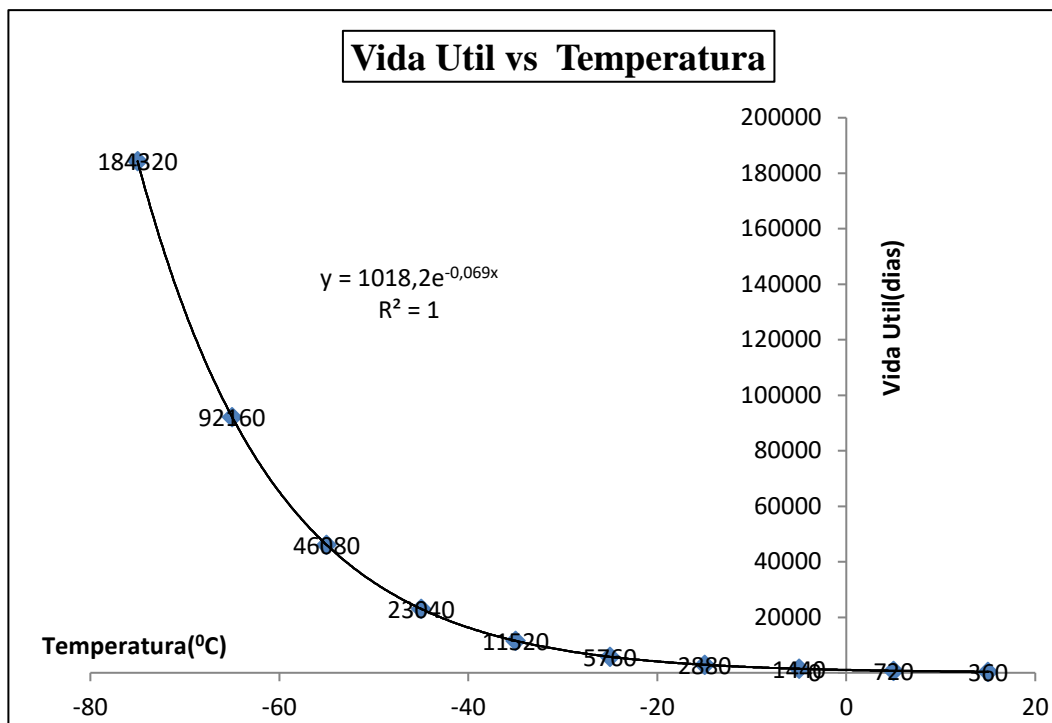


Figura 3.2 Comportamiento de la vida Útil con respecto a la Temperatura.

La ecuación resultante es de tendencia exponencial, reflejando la similitud al modelo de Arrhenius, por medio de la cual se puede determinar el tiempo de evaluación del producto:

$$y = 1018e^{-0.069x} \quad \text{Ec. 3.3}$$

Por lo tanto, para calcular las constantes de velocidad de degradación del alimento se deberá linealizar dicha ecuación, graficando las variables de temperatura con respecto a logaritmo natural de vida útil. La Tabla 3.6 presenta el logaritmo natural de vida útil de la Tabla 3.5 anterior, correspondiente a los diferentes cambios de temperatura.

Tabla 3.6 Datos del logaritmo natural de la vida útil para cada cambio de temperatura para linealizar la Ec.3.3.

T1(°C)	ln(Vu)
15	5.8861
5	6.5792
-5	7.2723
-15	7.9655
-25	8.6586
-35	9.3518
-45	10.0449
-55	10.7381
-65	11.4312
-75	12.1244

La Figura 3.3 detalla la linealidad del modelo de Arrhenius con la cual se determinarán las constantes de degradación k_1 y k_2 .

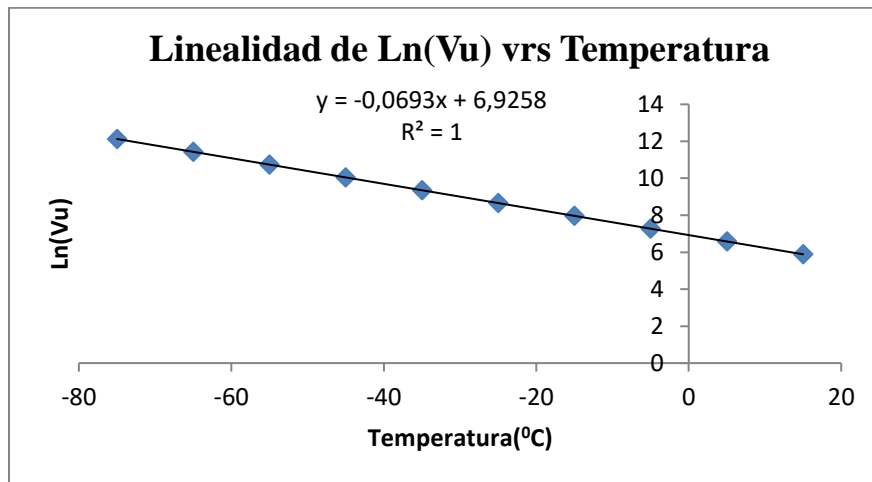


Figura 3.3 Linealidad de la Ec.3.3 Ln (Vu) vrs temperatura para obtener k_1 y k_2 .

Como puede observarse la Figura 3.3 sigue la Ec.3.2 que se desarrolló anteriormente que correspondía a una línea recta, y por lo que se obtuvo la ecuación de regresión siguiente:

$$y = -0.0693x + 6.9258 \quad \text{Ec. 3.4.}$$

En donde se determinó que k_2 correspondía a la pendiente y k_1 a logaritmo neperiano del intercepto:

$$k_1 = e^b \quad y \quad k_2 = m$$

Donde:

$$k_1 = e^{6.9258} = 1018.208 \quad y \quad k_2 = -0.069$$

Sustituyendo en **Ec.3.1**

$$Y = 1018.2e^{-0.069X} = 63.64 \text{ dias de evaluación}$$

Tomando en cuenta el número de días de evaluación obtenidos se llevó a cabo el experimento durante 60 días

3.3. Diseño de la etapa experimental

El experimento de vida de anaquel obedece, a dos factores: temperatura y el material de empaque. La temperatura tiene un único nivel de 40 °C y el material de empaque tres tipos: polietileno de baja densidad (LDPE), Polipropileno No orientado (PP) y Tereftalato de polietileno (PET laminado)

En esta investigación se analizó el cambio de las variables de respuesta con respecto a la temperatura de almacenamiento para cada empaque:

- Variables fijas en cámara de estabilidad:
 - Humedad relativa de almacenamiento 75% \pm 5%
 - Temperatura de almacenamiento en cámara de estabilidad 40°C \pm 2°C

- Variables de control:
 - Tipo de empaque.

- Variables de respuesta:
 - Humedad.
 - Hermeticidad
 - Índice de Acidez.
 - Sensorial.

Considerando lo anterior durante el tiempo de experimentación se realizaron las siguientes pruebas:

a) Físicoquímicas

- Humedad y Hermeticidad utilizando la referencia de farmacopea de los Estados Unidos 39 NF 34, Metodología interna del Laboratorio de Control de Calidad de la Universidad Alberto Masferrer.

- Índice de Acidez: determinación de índice de acidez como ácidos grasos libres y – Official Methods of Analysis A.O.A.C. 15th edition, U.S.A. (1990).

b) Microbiológicas:

- Determinación de Coliformes totales y fecales, Recuento de bacterias mesófilas aerobias y mohos y levaduras por método de vertido en placa.
- Determinación de Salmonella spp por método de Presencia-Ausencia.

c) Sensoriales

- Prueba de preferencia
- Prueba de diferenciación

Debido, a que la horchata a pesar de ser un producto elaborado artesanalmente ha sido sometida a proceso de secado y tostado, en donde se le ha eliminado gran cantidad de agua, se tomaron muestras para evaluar sus parámetros organolépticos y fisicoquímicos cada 10 días, resultando un total de 6 puntos de evaluación durante este estudio (60 días en ambiente controlado/10 días cada evaluación)

En todos los puntos se utilizó una muestra de cada empaque tanto para análisis fisicoquímico como sensorial, excepto en el día 0 (inicio de la experimentación) y el día 60 (final de la experimentación) que se incluyó una muestra de cada empaque para análisis microbiológico, detallándose estos en la Tabla. 3.7. Además de 90 muestras destinadas exclusivamente para los análisis de humedad y hermeticidad, haciendo un total de 234 muestras de horchata de morro.

Tabla 3.7 Distribución para cada empaque a evaluarse.

EMPAQUE	CANTIDAD DE MUESTRAS
Polipropileno No orientado(PP)	78
Polietileno de Baja densidad (LDPE)	78

Continuación Tabla 3.7 Distribución para cada empaque a evaluarse.

EMPAQUE	CANTIDAD DE MUESTRAS
PET laminado con una coextrusión de varias capas de polietileno	78

3.3.1 Estimación de vida útil de la Horchata de Morro en polvo por método fisicoquímico

Se utilizaron dos parámetros; el de humedad y el índice de acidez, contrastando con los datos críticos que cada uno tiene normado (Tabla 1.2 y 1.3 respectivamente). Ambas metodologías cumplen el modelo matemático de Arrhenius, así que para ambos se hizo uso de esta herramienta. Obteniéndose los resultados que se encuentran en los ítems posteriores.

3.3.1.1 Estimación de vida útil utilizando el parámetro de Humedad.

El análisis de determinación de humedad, de las muestras de la horchata en polvo empacada en los tres tipos de material, se llevó a cabo en el laboratorio de control de calidad de la Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer. (USAM), durante un periodo de dos meses con una frecuencia de evaluación de 10 días (ANEXO A: Estudio de estabilidad acelerada USAM. Horchata de morro). Todos los fundamentos teóricos utilizados y metodología de análisis fueron extraídos de Farmacopea de los Estados Unidos 39 NF 34. (USP 39). La Tabla 3.8 proporciona un resumen de los resultados de porcentaje de humedad obtenidos de las muestras de Horchata para los materiales de empaque Polietileno de Baja densidad (LDPE), Polipropileno No orientado (PP), PET laminado (con una coextrusión de varias capas de polietileno)

Tabla 3.8 Datos de humedad emitidos por Laboratorio de Calidad USAM.

Punto (días)	Polietileno de Baja densidad (LDPE) (%)	Polipropileno No orientado(PP) (%)	PET laminado con una coextrusión de varias capas de polietileno. (%)
(0 días)	1.00	1.20	1.00

Continuación Tabla 3.8 Datos de humedad emitidos por Laboratorio de Calidad USAM.

Punto (días)	Polietileno de Baja densidad (LDPE) (%)	Polipropileno No orientado(PP) (%)	PET laminado con una coextrusión de varias capas de polietileno. (%)
(10 días)	3.93	4.94	3.25
(20 días)	3.70	3.63	3.65
(30 días)	4.76	3.88	3.74
(40 días)	4.28	4.30	4.33
(50 días)	5.08	5.18	5.17
(60 días)	5.51	5.39	5.53

Fuente: Laboratorio de Calidad USAM.

A) Determinación de vida útil de horchata de morro en empaque de Polietileno de Baja densidad (LDPE).

La Tabla 3.9 presenta los datos de humedad para cada punto de evaluación a la que fue sometida la horchata de morro empacada en Polietileno de Baja densidad (LDPE) a una temperatura de 40 °C

Tabla 3.9 Valores de porcentaje de Humedad a diferentes tiempos para empaque LDPE

Días	Humedad %
0	1.00
10	3.93
20	3.70
30	4.76
40	4.28
50	5.08
60	5.51

En la Figura 3.4 se observa el comportamiento gráfico de los datos experimentales de humedad de la horchata en empaque LDPE sometido a un estudio de 60 días bajo condiciones aceleradas de temperatura de $(40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C})$ y Humedad Relativa de $(75\%\pm 5\%)$.

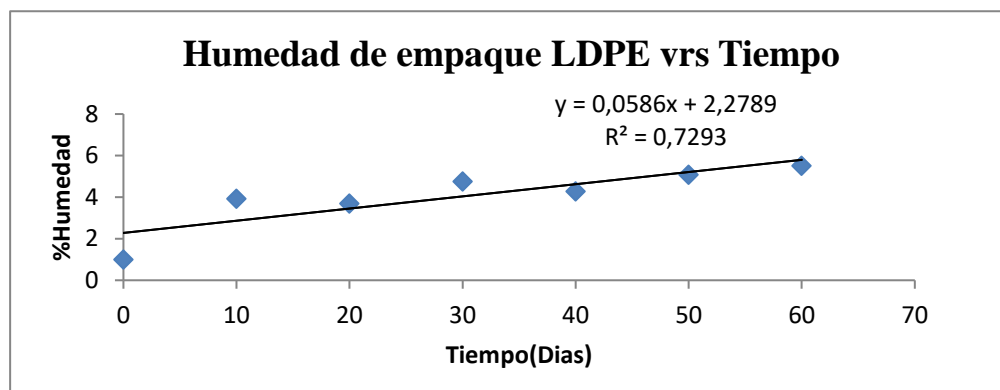


Figura 3.4 Comportamiento datos experimentales de Humedad vs tiempo de empaque LDPE

Puede apreciarse que la tendencia de los puntos de humedad de la horchata de morro con respecto al tiempo en el empaque LDPE es de forma lineal, obteniéndose la siguiente ecuación de regresión:

$$y = 0.0586x + 2.2789 \quad \text{Ec. 3.5}$$

Donde:

Pendiente (m) = 0.0586

Intercepción (I) = 2.2789

Coefficiente de regresión (R^2) = 0.7293

“y” es igual al parámetro límite de porcentaje de humedad de la norma NTE INEN 2471:2010 (y= 5% de humedad)

Sustituyendo datos y despejando x (tiempo, en días) de Ec. 3.5 se obtiene la vida útil estimada del producto a la temperatura de trabajo (40°C).

$$x = \frac{y - I}{m} = \frac{5 - 2.2789}{0.0586} = 46 \text{ dias}$$

Es decir: 46 días a 40 °C

Partiendo de este dato y haciendo uso de la Ec. 3.1, se obtiene la vida útil de la horchata de morro a una temperatura de 25 °C (temperatura normal de almacenamiento):

Temperatura de trabajo $T_t = 40$ °C. (Temperatura de almacenamiento a la cual estuvieron sometidas las muestras).

Vida útil encontrada en empaque LDPE a la temperatura de trabajo:

$$V_{E1} = 46 \text{ días.}$$

$$T_{LDPE} = T_t - \Delta T = 40^\circ\text{C} - 10 = 30^\circ\text{C}$$

V_{u1} = vida útil de la horchata de morro en empaque LDPE.

$$V_{u1} = V_E * 2 = 46 \text{ días} * 2 = 92 \text{ días.}$$

De esta misma forma se obtiene los datos para los demás cambios de temperatura ΔT .

La Tabla 3.10 presenta los diferentes datos para la construcción del gráfico del modelo matemático de Arrhenius a partir de la vida útil encontrada.

Tabla 3.10 Tabulación de Datos para construcción de gráfico Arrhenius para empaque LDP por medio del parámetro de humedad

ΔT	T_{LDPE} (°C)	V_{u1} (días)	$\ln(V_{u1})$
10	30	92	4.5217
20	20	184	5.2149
30	10	368	5.9080
40	0	736	6.6012
50	-10	1472	7.2943
60	-20	2944	7.9875
70	-30	5888	8.6806
80	-40	11776	9.3738
90	-50	23552	10.0669
100	-60	47104	10.7601

La Figura 3.5 presenta la tendencia de los valores para la vida útil duplicada con respecto a su temperatura según el criterio que se asemeja al modelo matemático de Arrhenius.

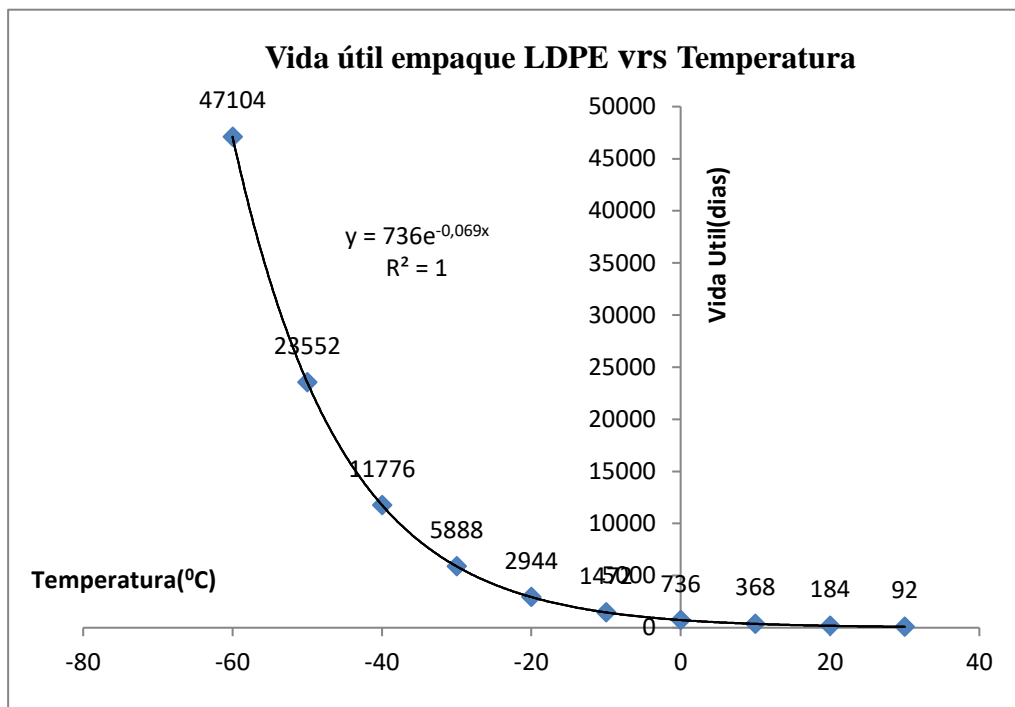


Figura 3.5 Comportamiento de la Vida útil de empaque LDPE vs Temperatura por medio del parámetro de humedad

Como puede observarse la tendencia de los datos obtenidos sigue el mismo comportamiento a los descritos por el modelo matemático de Arrhenius con una pendiente y un intercepto, por medio de la siguiente ecuación de regresión:

$$y = 736e^{-0.069x} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Por lo tanto, para calcular las constantes de velocidad de degradación del alimento se deberá linealizar dicha ecuación, graficando las variables de Temperatura con respecto a logaritmo natural de vida útil de la Tabla 3.10 obteniéndose así la gráfica de la Figura 3.6.

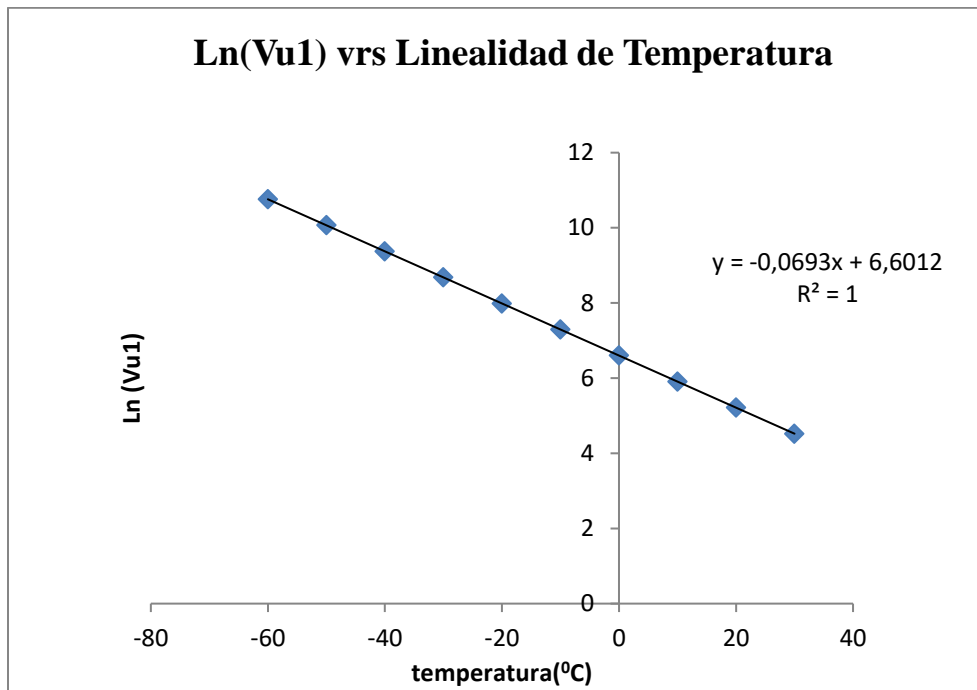


Figura 3.6 Linealidad de la Ec.3.6 de Ln (Vu1) vrs Temperatura.

De acá se obtiene la ecuación de regresión:

$$y = -0.0693x + 6.6012 \quad \text{Ec. 3.7}$$

En donde k_2 corresponde a la pendiente y k_1 al logaritmo neperiano del intercepto

$$k_1 = e^b \quad y \quad k_2 = m$$

Por lo tanto:

$$k_1 = e^{6.6012} = 735.9777 \quad y \quad k_2 = -0.069$$

Sustituyendo la temperatura ambiente de 25 °C en **Ec. 3.1** Se tiene:

$$y = 735.9e^{-0.069(25^\circ\text{C})} = 131.11 \text{ dias}$$

Por lo tanto, la determinación de la vida útil de la muestra de horchata de morro contenida en el empaque Polietileno de Baja densidad (LDPE) es de 131 días a temperatura de almacenamiento de 25 °C.

B) Determinación de vida útil de la horchata de morro en empaque Polipropileno No orientado (PP)

La Tabla 3.11 presenta los valores obtenidos de porcentaje de humedad para cada punto de evaluación de la horchata en empaque PP a una temperatura de 40 °C

Tabla 3.11 Valores de porcentaje de Humedad a diferentes tiempos para empaque PP

Día	Humedad %
0	1.2
10	4.94
20	3.93
30	3.88
40	4.3
50	5.18
60	5.39

En la Figura 3.7 se observa el comportamiento gráfico de los datos experimentales de humedad de la horchata en empaque PP sometido a un estudio de 60 días bajo condiciones de temperatura de (40°C±2°C) y Humedad Relativa de (75%±5%).

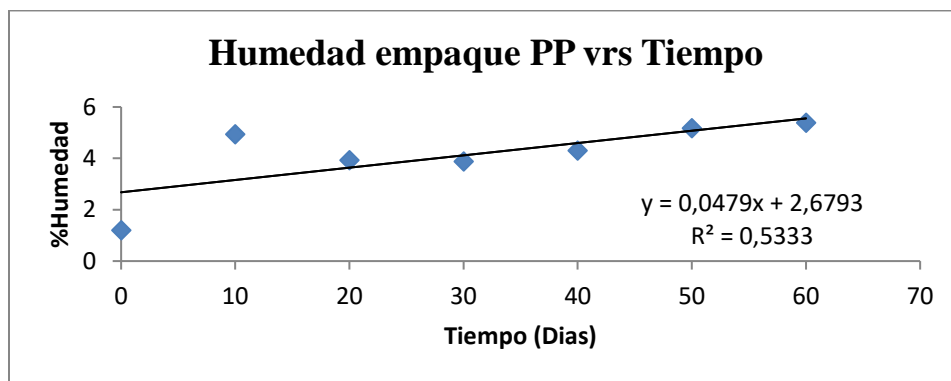


Figura 3.7 Comportamiento de horchata en empaque PP tiempo vs humedad

Como se puede apreciar la gráfica presenta un valor atípico que corresponde al tiempo de estudio de diez días de evaluación, imposibilitando la linealidad del experimento retornando un coeficiente de correlación lineal de 0.5333 muy por debajo del ideal que es 1. Dicho dato anómalo pudo haberse alejado de la linealidad, debido a factores presentes dentro del proceso de elaboración de la horchata, ya que es un producto artesanal. Por lo que se elimina este punto para obtener un coeficiente más cercano a 1.

La Figura 3.8 presenta la tendencia de los datos correspondientes a porcentajes de humedad aceptados con un coeficiente más cercano a 1.

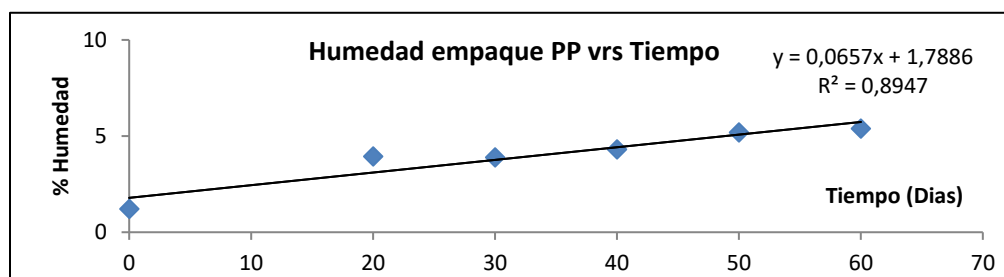


Figura 3.8 Comportamiento datos experimentales ajustados de Humedad de empaque PP vrs Tiempo.

Obteniéndose la ecuación de regresión:

$$y = 0.0657x + 1.7886 \quad \text{Ec.3.8}$$

Los cálculos realizados se hicieron de igual forma que para el empaque LDPE

$$\text{Obteniendo } V_{E2} = 49 \text{ días}$$

Donde V_{E2} es la vida encontrada a 40°C para el empaque PP.

Partiendo de este dato, se determina ahora la vida útil a 25°C .

La Tabla 3.12 presenta los datos calculados para la construcción del gráfico de Arrhenius para determinar las constantes de velocidad.

Tabla 3.12 Tabulación de datos para construcción de grafico Arrhenius para empaque PP por medio del parámetro de humedad

$\Delta T(^{\circ}C)$	$T_{pp} (^{\circ}C)$	Vu2 (días)	$\ln(Vu2)$
10	30	98	4.5849
20	20	196	5.2781
30	10	392	5.9712
40	0	784	6.6644
50	-10	1568	7.3575
60	-20	3136	8.0507
70	-30	6272	8.7438
80	-40	12544	9.4369
90	-50	25088	10.1301
100	-60	50176	10.8232

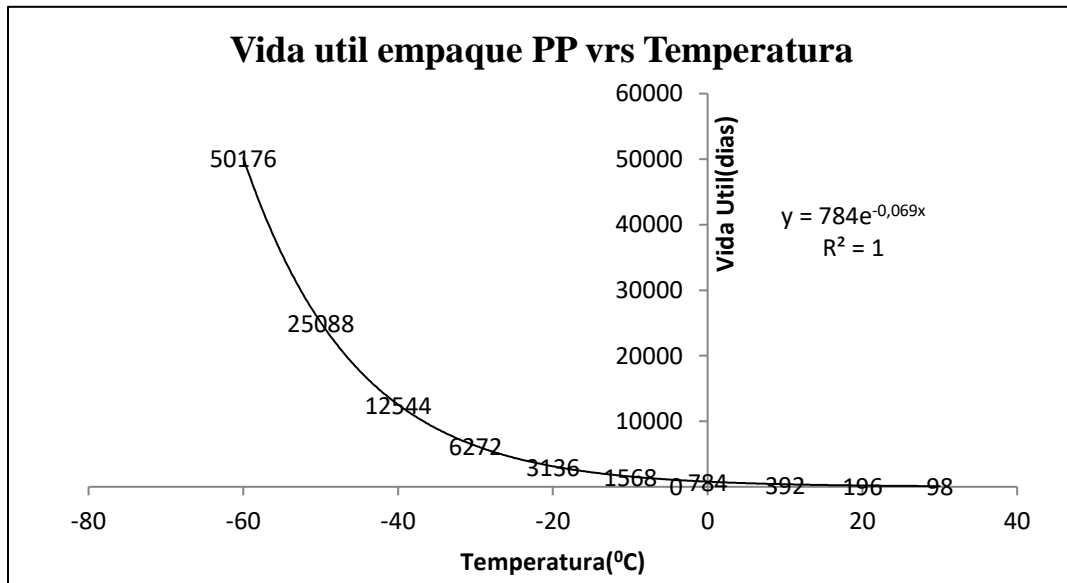


Figura 3.9 Comportamiento de la Vida Útil de empaque PP vrs Temperatura por medio del parámetro de humedad.

Obteniéndose la ecuación de regresión:

$$y = 784e^{-0.069x} \quad \text{Ec. 3.9}$$

Y la ecuación de linealidad

$$y = -0.0693x + 6.6644 \quad \text{Ec.3.10}$$

De donde:

$$k_1=783.9929 \text{ y } k_2=-0.0693$$

Por lo tanto, la vida útil del empaque de polipropileno No orientado, a una temperatura de 25°C es de 139 días.

C) Determinación de Vida Útil de la horchata de morro en empaque PET laminado con una coextrusión de varias capas de polietileno

La Tabla 3.13 presenta los valores obtenidos de porcentaje de humedad para la muestra en empaque de PET laminado a una temperatura de 40 °C

Tabla 3.13 Valores de porcentaje de Humedad a diferentes tiempos para empaque PET laminado

Día	Humedad %
0	1
10	3.25
20	3.65
30	3.74
40	4.33
50	5.17
60	5.53

En la Figura 3.10 se refleja el comportamiento grafico de los datos experimentales de humedad de la horchata en empaque PET Laminado sometido a un estudio de 60 días bajo condiciones de temperatura de (40°C±2°C) y Humedad Relativa de (75%±5%).

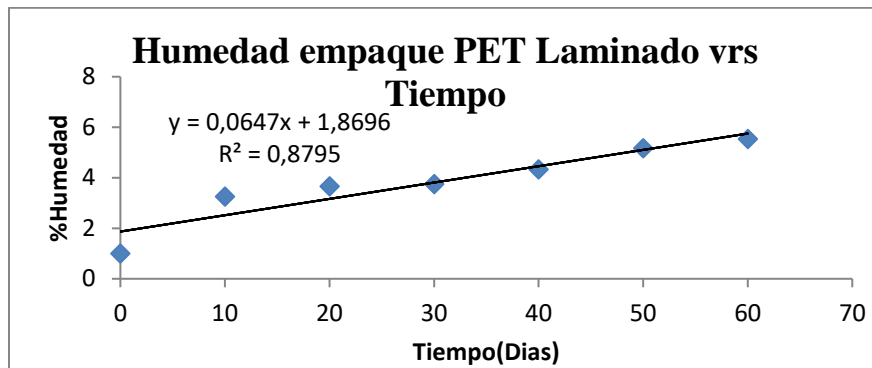


Figura 3.10 Comportamiento datos experimentales de porcentaje de Humedad vs tiempo de empaque PET Laminado

Obteniéndose la ecuación de regresión:

$$y = 0.0647x + 1.8696 \quad \text{Ec.3.11}$$

De la cual, se calcula una vida útil para el empaque PET Laminado de 48 días a 40 °C.

Se calcula con este dato la vida útil a 25 °C.

La Tabla 3.14 presenta los datos calculados para la construcción del gráfico de Arrhenius para determinar las constantes de velocidad.

Tabla 3.14 Tabulación de datos para construcción de gráfico Arrhenius para el empaque PET Laminado por medio del parámetro de humedad.

$\Delta T(^{\circ}C)$	$T_{PET}(^{\circ}C)$	$Vu3(\text{días})$	$\ln(Vu3)$
10	30	96	4.5643
20	20	192	5.2574
30	10	384	5.9506
40	0	768	6.6437
50	-10	1536	7.3369
60	-20	3072	8.0300

Continuación Tabla 3.14 Tabulación de datos para construcción de gráfico Arrhenius para el empaque PET Laminado por medio del parámetro de humedad.

$\Delta T(^{\circ}C)$	$T_{PET}(^{\circ}C)$	Vu3(días)	$\ln(Vu3)$
70	-30	6144	8.7232
80	-40	12288	9.4163
90	-50	24576	10.1095
100	-60	49152	10.8026

La Figura 3.11 representa la construcción de los datos a partir de la vida útil encontrada en sus respectivos cambios de temperatura para la muestra del empaque PET Laminado.

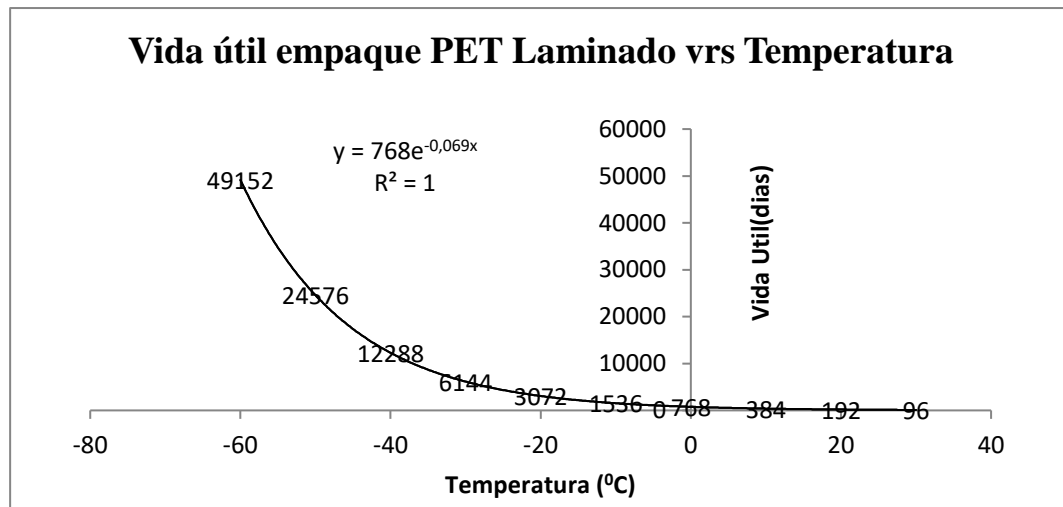


Figura 3.11 Comportamiento de la Vida Útil de empaque PET Laminado vs Temperatura por medio del parámetro de humedad.

Obteniéndose la ecuación de regresión

$$y = 768e^{-0.069x} \quad \text{Ec. 3.12}$$

Y la ecuación de linealidad

$$y = -0.0693x + 6.6437 \quad \text{Ec. 3.13}$$

De donde:

$$k_1=767.9310 \text{ y } k_2=-0.0693$$

Por lo tanto, la vida útil del empaque de PET laminado con una coextrusión de varias capas de polietileno es de 136 días a una temperatura de almacenamiento de 25 °C.

La Tabla 3.15 presenta la vida de anaquel de la horchata de morro en los tres tipos de empaques evaluados, calculado por medio del parámetro de humedad y su cumplimiento con la norma ecuatoriana NTE INEN 2471:2010

Tabla 3.15 Resumen de vida de anaquel para los tres tipos de empaque por medio del parámetro de Humedad y su cumplimiento con la Norma NTE INEN 2471:2010

Empaque	Vida útil encontrada (40°C)	Vida útil Arrhenius (25°C)	Cumplimiento norma NTE INEN 2471:2010. (5% humedad máxima)
Polietileno de Baja densidad (LDPE)	46 días	131 días	Hasta los 40 días de análisis
Polipropileno No orientado(PP)	49 días	139 días	Hasta los 40 días de análisis
PET	48 días	136 días	Hasta los 40 días de análisis

El empaque que presenta una mayor vida de anaquel es el polipropileno no orientado (PP), aunque la diferencia que existe entre los empaques Polipropileno No orientado (PP) y el empaque PET laminado con una coextrusión de varias capas de polietileno es mínima.

3.3.1.2 Estimación de Vida Útil utilizando el parámetro de índice de acidez en grasa.

Para la determinación de la vida de anaquel de la horchata de morro a partir de los datos de índice de acidez se utilizó una muestra por cada tipo de empaque almacenadas en la cámara de estabilidad a las condiciones de trabajo: Temperatura ($40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$) y Humedad Relativa de ($75\%\pm 5\%$). Las muestras de cada empaque fueron extraídas de dicha cámara cada diez días durante dos meses.

Primeramente, fue extraída la grasa por método Soxhlet (ANEXO B: Extracción de Grasa por Método Soxhlet). Posteriormente se realizó la determinación de ácidos grasos libres existente en la grasa de la muestra de horchata. (ANEXO C: Índice de Acidez como ácidos Grasos Libres y -Official Methods of Analysis A.O.A.C. 15th Edition, U.S.A. (1990)).

La Tabla 3.16 proporciona los datos obtenidos experimentalmente de gramos de grasa extraídos y los ml de NaOH gastados en la titulación, los que sirvieron posteriormente para el cálculo de índice de acidez.

Tabla 3.16 Datos Obtenidos Experimentalmente para la titulación en marcha analítica de Índice de Acidez.

Punto	Tipo de empaque	Grasa extraída (g)	mL NaOH
0	LDPE	1.494	0.2
	PP	2.682	0.2
	PET Laminado	2.519	0.2
1	LDPE	3.7485	0.4
	PP	4.605	0.5
	PET Laminado	5.0869	0.5

Continuación Tabla 3.16 Datos Obtenidos Experimentalmente para la titulación en marcha analítica de Índice de Acidez.

Punto	Tipo de empaque	Grasa extraída (g)	mL NaOH
2	LDPE	3.904	0.5
	PP	3.774	0.6
	PET Laminado	3.0087	0.5
3	LDPE	3.0322	0.6
	PP	3.118	0.5
	PET Laminado	3.299	0.5
4	LDPE	6.564	0.6
	PP	3.6928	0.5
	PET Laminado	3.5472	0.5
5	LDPE	3.3891	0.8
	PP	2.5857	0.5
	PET Laminado	3.2103	0.6
6	LDPE	3.5751	0.9
	PP	3.7687	0.7
	PET Laminado	3.3726	0.7

El índice de acidez se calculó como mg KOH/g grasa o aceite

$$\frac{mgKOH}{g\ Aceite} = (PM\ KOH / PMNaOH) \left\{ (ml\ NaOH * NNaOH * PM\ NaOH * 1000) / (1000 * g\ grasa) \right\}$$

Ec. 3.14

Para determinar la vida útil de la horchata de morro en el empaque Polietileno de Baja densidad (LDPE), se hizo la estandarización previa del Hidróxido de Sodio obteniéndose una normalidad de 0.4498.

En la Tabla 3.17 se presentan los datos calculados de cada uno de los puntos de evaluación de mg KOH/ g de aceite extraído de la muestra de horchata de morro para cada uno de los tres empaques. Los datos se obtuvieron a partir de la Ec. 3.14

Tabla 3.17 Datos calculados de Índice de Acidez como mg KOH/g de grasa o aceite para los tres tipos de empaque en estudio

TIEMPO	mg KOH/g grasas o aceite		
	LDPE	PP	PET laminado
0	2.53	1.41	1.50
10	2.36	2.47	2.23
20	2.91	3.68	3.77
30	4.58	3.64	3.44
40	2.11	3.07	3.20
50	5.58	4.39	4.32
60	6.00	4.35	4.86

A) Determinación de vida útil de la horchata de morro en empaque de polietileno de baja densidad (LDPE)

En la Tabla 3.18 se presentan los datos calculados de cada uno de los puntos de evaluación de mg KOH/ g de aceite extraído de la muestra de horchata de morro para el empaque LDPE.

El índice calculado experimental es el obtenido a partir de la Ec 3.14, utilizando los datos de la parte experimental descritos en la Tabla 3.18 y el índice calculado teórico son valores resultantes de la ecuación de regresión al graficar el índice calculado experimental.

Puede observarse que a los 30 días de estar sometida la muestra a las condiciones aceleradas de experimentación, se obtiene un índice calculado experimentalmente de 4.58 mg KOH/g grasas o aceite, dejando de cumplir el parámetro límite permitido en la norma Codex Stan 19-1981 de 4.0 mg KOH/g de grasa o aceite.

Tabla 3.18 Valores de Índice de acidez a diferentes tiempos para empaque LDPE.

TIEMPO/días	INDICE CALCULADO EXPERIMENTAL (mg KOH/g de aceite)	INDICE CALCULADO TEÓRICO (mg KOH/g de aceite)	%DIFERENCIA
0	2.53	2.0040	23.3362
10	2.36	2.5775	8.9802

Continuación de Tabla 3.18 Valores de Índice de acidez a diferentes tiempos para empaque LDPE.

TIEMPO/días	INDICE CALCULADO EXPERIMENTAL (mg KOH/g de aceite)	INDICE CALCULADO TEÓRICO (mg KOH/g de aceite)	%DIFERENCIA
20	2.91	3.1510	8.0063
30	4.58	3.7246	20.5331
40	2.11	4.2981	68.1142
50	5.58	4.8717	13.6245
60	6.00	5.4452	9.6816

Según se observa en la Tabla 3.18 el punto 4, el cual pertenece a los 40 días de evaluación, presento una diferencia significativa (del 68%) entre el valor calculado teórico y el valor calculado experimental porque no cumple con la tendencia en aumento. Este valor anómalo se encuentra en discrepancia con la tendencia lineal de los demás puntos en estudio, por lo que no se tomó en consideración, además se puede apreciar de los datos obtenidos de índice de acidez que en la muestra de horchata empacada en polietileno de baja densidad, se obtiene a los 30 días de estar sometida a condiciones aceleradas una concentración de 4.58 mg KOH/g grasa.

La Figura 3.12 presenta la distribución por medio de gráfico de línea de los datos ajustados del índice de acidez como mg de KOH/ g de aceite, obtenido de la extracción para la muestra en empaque LDPE con respecto al tiempo.

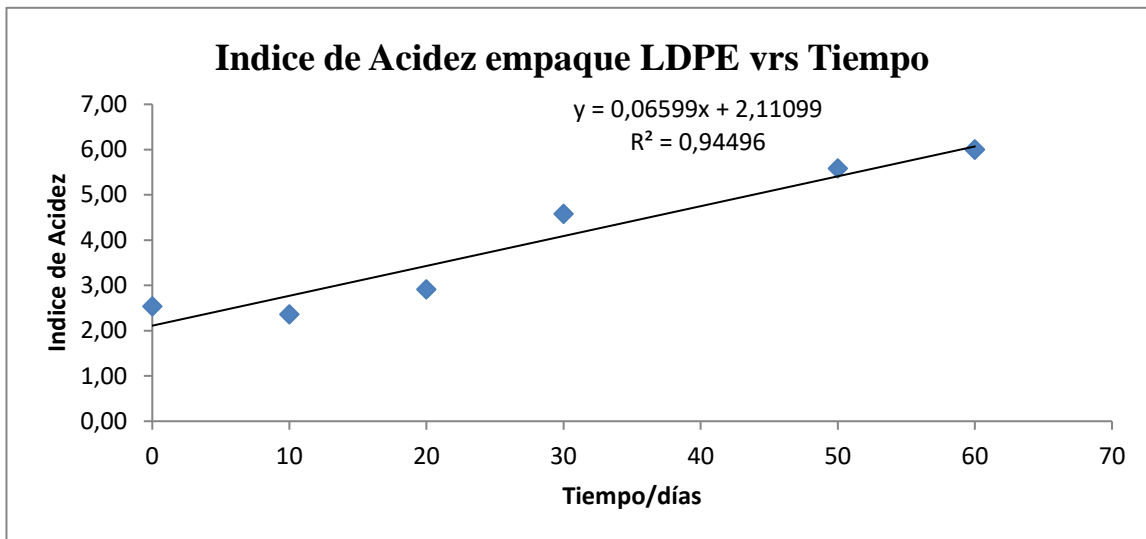


Figura 3.12 Gráfico de Índice de Acidez de LDPE vs Tiempo

Como puede observarse la tendencia que tienen los valores de índice de acidez con respecto al tiempo es en aumento de forma lineal y la ecuación de regresión correspondiente es:

$$y = 0.06599x + 2.11099 \quad \text{Ec. 3.15}$$

En donde "y" es igual al parámetro límite de 4 mg de KOH/ g de aceite de la norma Codex Stan 19-1981 (Rev. 2-1999) para grasas y aceites.

Despejando "x" (vida útil, días) de Ec.3.15 se determina que la vida útil de la horchata en empaque LDPE a 40°C es:

$$vida\ util\ empaque\ LDPE = \frac{4.0 - 2.11099}{0.06599} = 29\ dias$$

Por lo tanto, la vida útil encontrada para el empaque LDPE a 40 °C es de 29 días

Haciendo uso de la **Ec. 3.1**, ecuación del modelo de Arrhenius para predecir la vida útil de la Horchata de morro a una temperatura de almacenamiento de 25 °C se tiene:

Temperatura de trabajo $T_t = 40\ ^\circ\text{C}$.

Vida útil encontrada en empaque LDPE A T_t : 29 días.

$$T_{LDPE} = T_t - \Delta T = 40^\circ\text{C} - 10 = 30^\circ\text{C}$$

Vu1= vida útil de la muestra en empaque LDPE

Vu1= (Vida útil encontrada en empaque LDPE A T₁) *2 = 29 días *2 = 58 días.

De igual forma se obtiene los datos para los demás cambios de Temperatura ΔT.

La Tabla 3.19 presenta los diferentes datos para la construcción del gráfico del modelo matemático de Arrhenius a partir de la vida útil encontrada.

Tabla 3.19 Tabulación de datos para construcción de gráfico Arrhenius para el empaque LDPE por medio del índice de acidez en grasa

ΔT (C°)	T _{LDPE} (°C)	Vu1 (días)	ln(Vu1)
10	30.0	58	4.0604
20	20.0	116	4.7535
30	10.0	232	5.4467
40	0.0	464	6.1398
50	-10.0	928	6.8330
60	-20.0	1856	7.5261
70	-30.0	3712	8.2193
80	-40.0	7424	8.9124
90	-50.0	14848	9.6056
100	-60.0	29696	10.2987

Con los datos de la Tabla 3.19 se obtiene la gráfica de la figura 3.13

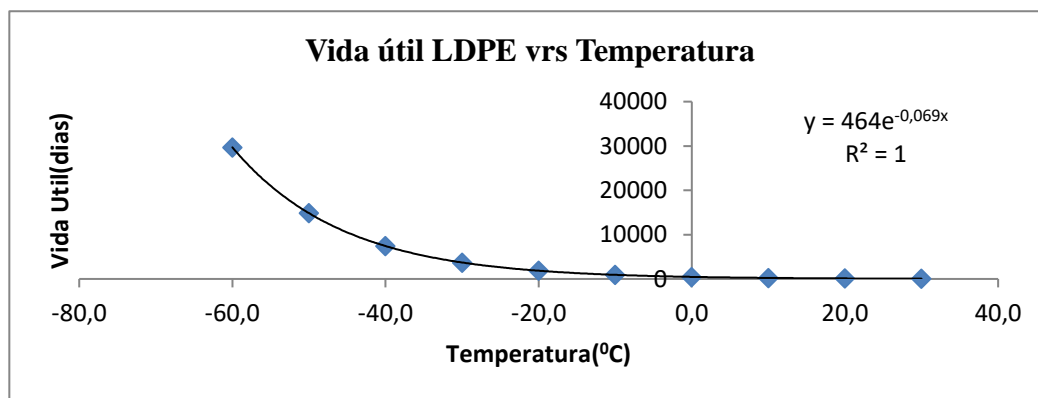


Figura 3.13 Datos graficados de Vida útil en empaque LDPE vs Temperatura por medio del índice de acidez en grasa

Puede observarse que las tendencias de los datos obtenidos siguen el mismo comportamiento a los descritos por el modelo matemático de Arrhenius con una pendiente y un intercepto, por medio de la siguiente ecuación de regresión:

$$y = 464e^{-0.069x} \quad \text{Ec. 3.16}$$

Por lo tanto, para calcular las constantes de velocidad de degradación del alimento se deberá linealizar dicha ecuación, graficando las variables de Temperatura con respecto a logaritmo natural de vida útil de la Tabla 3.19 obteniéndose la gráfica de la Figura 3.14.

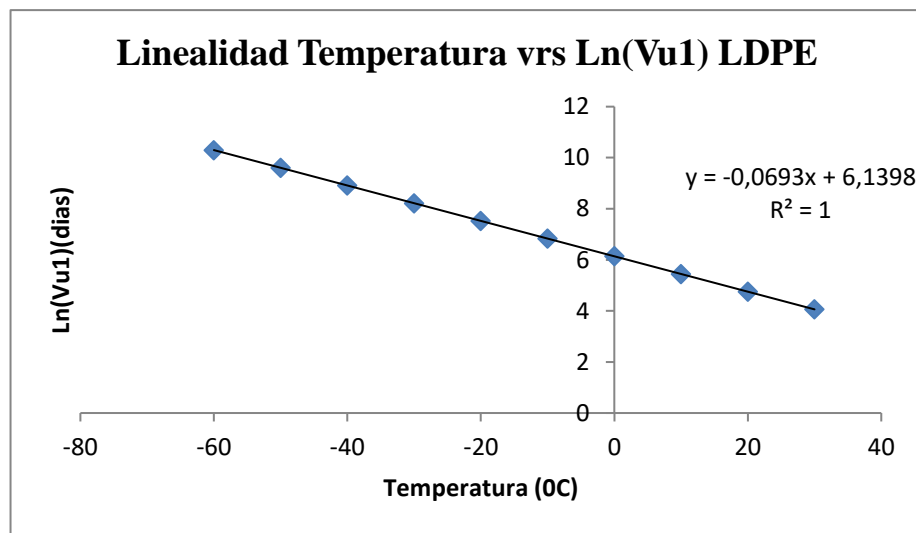


Figura 3.14 Linealidad de la Ec.16. Temperatura vs Ln (Vu1)

La ecuación de regresión que se obtiene es:

$$y = -0.0693x + 6.1398 \quad \text{Ec. 3.17.}$$

donde:

$$k_1 = e^{6.1398} = 463.978 \quad y \quad k_2 = -0.0693$$

Sustituyendo la temperatura ambiente de 25 °C en ecuación **Ec. 3.1**. Se tiene:

$$y = 463.9e^{-0.069(25^{\circ}C)} = 82 \text{ dias}$$

Por lo tanto, la determinación de la vida útil de la muestra de horchata de morro contenida en el empaque Polietileno de Baja densidad (LDPE) es de 82 días a temperatura de almacenamiento de 25 °C por medio del parámetro de índice de acidez como ácidos grasos libres.

B) Determinación de Vida Útil de la horchata de morro en empaque polipropileno No orientado

Para el empaque PP el punto de evaluación de 40 días presentado en la Tabla 3.20 no fue tomado en cuenta para el análisis y determinación de la vida útil de la horchata de morro, a pesar que este no presenta mayor diferencia en la dispersión con respecto al conjunto de datos, este dato de índice de acidez se encuentra por fuera de la tendencia en aumento lineal que siguen los demás datos provocando una disminución del coeficiente de correlación.

Tabla 3.20 Valores de Índice de acidez a diferentes tiempos para empaque PP

TIEMPO/días	INDICE CALCULADO EXPERIMENTAL (mg KOH/g de aceite)	INDICE CALCULADO TEORICO (mg KOH/g de aceite)	%DIFERENCIA
0	1.41	1.9944	34.2475
10	2.47	2.4255	1.6451
20	3.68	2.8566	25.1198
30	3.64	3.2877	10.2158
40	3.07	3.7188	18.9589
50	4.39	4.1499	5.6529
60	4.35	4.5810	5.1287

En la Figura 3.15 se observa el comportamiento de los datos experimentales de Índice de Acidez de la horchata vrs tiempo en empaque PP.

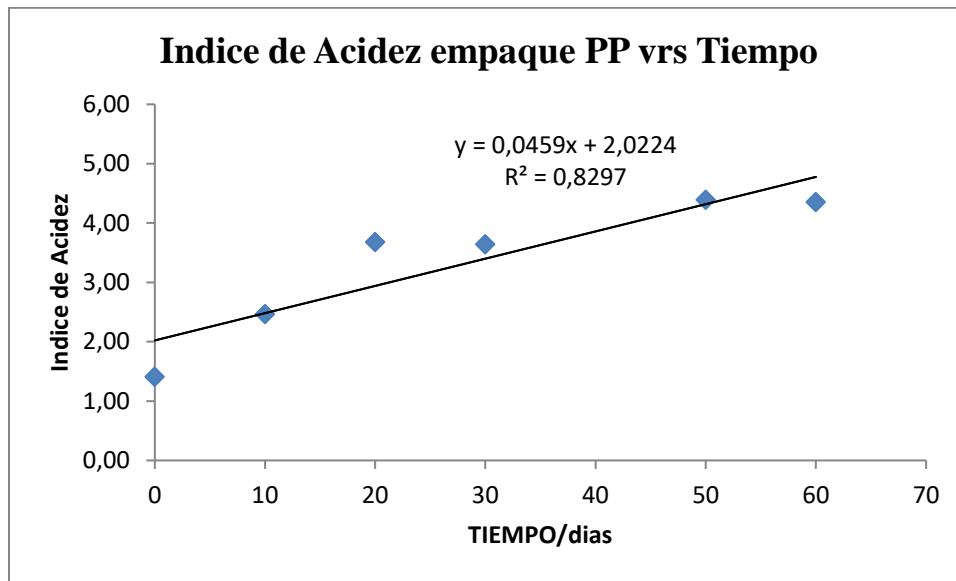


Figura 3.15 Comportamiento datos experimentales ajustados de Índice de Acidez en empaque PP vrs Tiempo

Obteniéndose la ecuación de regresión:

$$y = 0.0459x + 2.0224 \quad \text{Ec.18}$$

De la cual, se calcula una vida útil para el empaque PP de 48 días a 40°C

La Tabla 3.21 presenta los datos calculados para la construcción del gráfico de Arrhenius de la Figura 3.16 para determinar las constantes de velocidad.

Tabla 3.21 Tabulación de datos para construcción de gráfico Arrhenius para empaque PP por medio del índice de acidez en grasa

$\Delta T(^{\circ}C)$	$T_{pp}(^{\circ}C)$	$Vu2$ (días)	$\ln(Vu2)$
10	30.0	86	4.4543473
20	20.0	172	5.14749448
30	10.0	344	5.84064166
40	0.0	688	6.53378884
50	-10.0	1376	7.22693602
60	-20.0	2752	7.9200832

Continuación Tabla 3.21 Tabulación de Datos para construcción de grafico Arrhenius para empaque PP por medio del índice de acidez en grasa

$\Delta T(^{\circ}C)$	$T_{pp}(^{\circ}C)$	Vu2 (días)	$\ln(Vu2)$
70	-30.0	5504	8.61323038
80	-40.0	11008	9.30637756
90	-50.0	22016	9.99952474
100	-60.0	44032	10.6926719

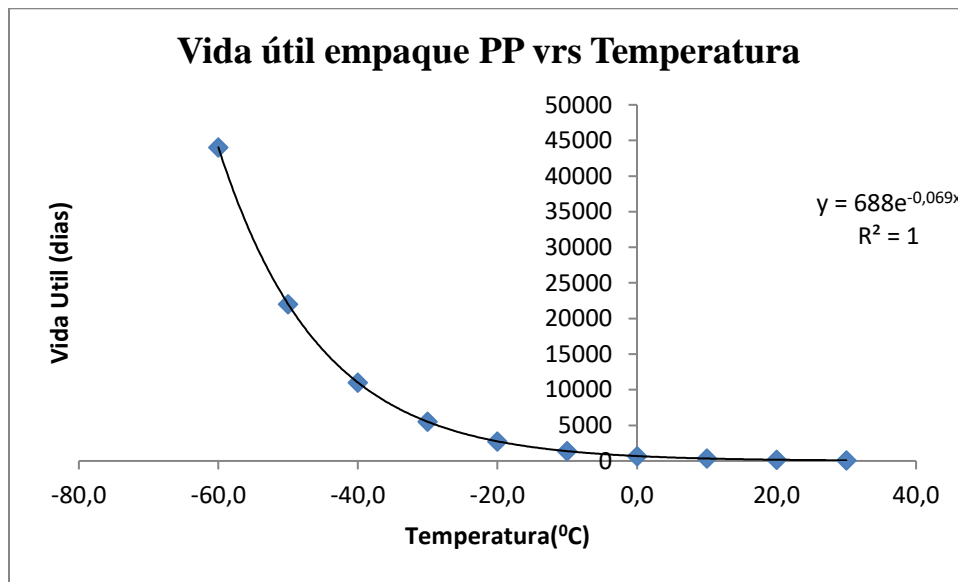


Figura 3.16 Comportamiento de la Vida útil empaque PP vs Temperatura por medio del índice de acidez en grasa

Obteniéndose la ecuación de regresión

$$y = 688e^{-0,069x} \quad \text{Ec. 3.19}$$

Y la ecuación de Linealidad

$$y = -0,0693x + 6,5337 \quad \text{Ec. 3.20}$$

De donde:

$$k_1=687.98 \text{ y } k_2=-0.0693$$

Por lo tanto, la vida útil del empaque de PP es de 122 días a $T= 25 \text{ }^\circ\text{C}$

C) Determinación de Vida Útil de la horchata de morro en empaque PET laminado con una coextrusión de varias capas de polietileno

Tabla 3.22 Valores de Índice de acidez a diferentes tiempos para empaque PET laminado

TIEMPO/días	INDICE CALCULADO EXPERIMENTAL (mg KOH/g de aceite)	INDICE CALCULADO TEORICO (mg KOH/g de aceite)	%DIFERENCIA
0	1.50	1.8671	21.6388
10	2.23	2.3560	5.4013
20	3.77	2.8450	28.0696
30	3.44	3.3339	3.1855
40	3.20	3.8229	17.7065
50	4.32	4.3118	0.2578
60	4.86	4.8008	1.2898

Según se observa en la Tabla 3.22 a los 20 días de evaluación, el índice calculado presentó una diferencia significativa (del 28%) entre el valor calculado teórico y el valor calculado experimental porque no cumple con la tendencia en aumento. Este valor anómalo se encuentra en discrepancia con la tendencia lineal de los demás puntos en estudio, por lo que no se tomó en consideración.

Además, se puede apreciar de los datos obtenidos de índice de acidez que en la muestra de horchata empacada en PET laminado, se obtiene a los 50 días de estar sometida a condiciones aceleradas un índice calculado experimental de 4.32 mg KOH/g grasa, dejando de cumplir el parámetro límite presentado en la norma Codex Stan 19-1981 (4.0 mg de KOH/g de grasa)

En la Figura 3.17 se observa el comportamiento de los datos experimentales de Índice de Acidez de la Horchata en empaque PET laminado

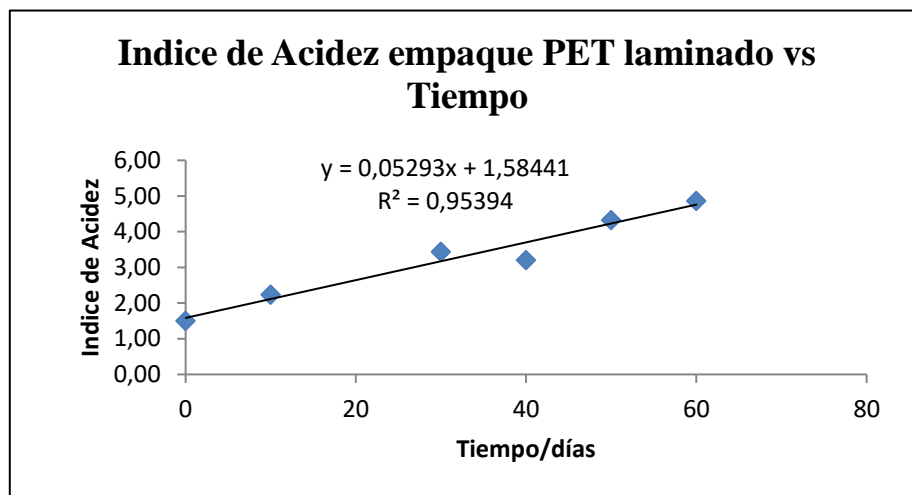


Figura 3.17 Comportamiento datos experimentales ajustados de Índice de Acidez en empaque PET laminado vs tiempo

Obteniéndose la ecuación de regresión:

$$y = 0.05293x + 1.58441 \quad \text{Ec.21}$$

Por lo tanto, se calcula una vida útil para el empaque PET laminado de 46 días a 40 °C

A partir de los datos de la Tabla 3.23 se obtiene la gráfica de la figura 3.18

Tabla 3.23 Datos para construcción de grafico Arrhenius para PET laminado por medio del índice de acidez en grasa

$\Delta T(^{\circ}C)$	T_{PET} ($^{\circ}C$)	$Vu3$ (días)	$\ln(Vu3)$
10	30.0	91	4.5138
20	20.0	182.	5.2069
30	10.0	365	5.9000
40	0.0	730.	6.5932
50	-10.0	1460	7.2863
60	-20.0	2920	7.9795
70	-30.0	5840	8.6726
80	-40.0	11680	9.3658
90	-50.0	23360	10.0589
100	-60.0	46720	10.7521

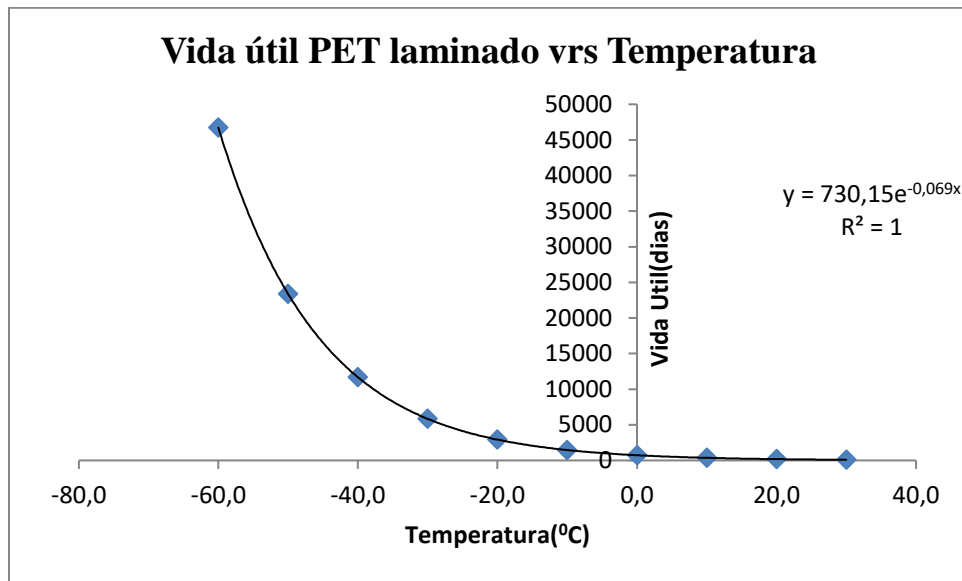


Figura 3.18 Comportamiento de la Vida útil vs Temperatura en empaque PET laminado por medio del índice de acidez en grasa

Obteniéndose las ecuaciones de regresión

$$y = 730,15e^{-0,069x} \quad \text{Ec. 3.22}$$

Y la ecuación de Linealidad

$$y = -0,0693x + 6,5932 \quad \text{Ec. 3.23}$$

Donde:

$$k_1=730,15 \quad \text{y} \quad k_2=-0,0693$$

De donde se determina que la vida útil de la horchata de morro en empaque PET laminado con una coextrusión de varias capas de polietileno es de 129 días a temperatura de 25°C.

La Tabla 3.24 presenta un resumen de los resultados obtenidos de vida de anaquel para los tres tipos de empaque de acuerdo al parámetro de Índice de Acidez.

Tabla 3.24 Resumen de vida de anaquel para los tres tipos de empaque por medio del parámetro de Índice de Acidez y su cumplimiento con la Norma Codex Stan 19-1981.

Empaque	Vida útil encontrada (40°C)	Vida útil Arrhenius(25°C)	Cumplimiento norma Codex Stan 19-1981
LDPE	29 días	82 días	Hasta los 20 días de análisis
PP	43 días	122 días	Hasta los 40 días de análisis
PET laminado	46 días	129 días	Hasta los 40 días de análisis

Según la vida útil calculada para la horchata de morro en los tres tipos de empaque por medio del método de Arrhenius, el empaque PET laminado con una coextrusión presenta una vida útil mayor, con 129 días, y, para el cumplimiento de norma CODEX Stan 19-1981 tanto para el polipropileno como para el PET laminado se incumple a los 40 días de análisis.

3.4 Evaluación sensorial como una medición de calidad y aceptación de la horchata de morro.

El análisis sensorial es una técnica que permite un conocimiento más completo de las características de los alimentos; el objetivo de la evaluación sensorial en la investigación era conocer la percepción y respuesta de los panelistas frente al estímulo generado por la ingesta de la horchata de morro. Con eso se determinaría en qué punto de la evaluación ya no era del agrado al paladar del panelista con el producto, así como su notoria diferencia con respecto a la muestra inicial.

Para evaluar la calidad del producto y su aceptación, se utilizó la **Prueba de preferencia** que le permite a los consumidores seleccionar entre las muestras de estudio, indicando cual es la de su mayor agrado. Además, se hizo uso de otra prueba siendo ésta la **Prueba de diferenciación**, consistiendo en presentarle al panelista tres muestras simultáneas pertenecientes a las muestras en estudio indicando el grado de diferencia con respecto a una muestra de referencia, la cual se tomó de la horchata comercializada actualmente, en el empaque LDPE, almacenada a una temperatura de refrigeración de 5°C

3.4.1 Determinación del número de panelistas

El proceso de aplicación de las pruebas tanto de preferencia como de diferenciación se ven reflejadas en encuestas, estas se sustentan en análisis de expertos (panelistas), debiéndose seleccionar estos cuidadosamente para garantizar juicios precisos y acertados en función de la problemática tratada. Para ello, se establecen los requerimientos que resultan necesarios satisfacer por el conjunto de expertos, para garantizar la imparcialidad en sus juicios. La cantidad de expertos depende de la complejidad y las características del trabajo a realizar.

Cantero et al. (2015) determinaron que el número posible de panelistas puede establecerse utilizando un método probabilístico manejando criterios basados en la distribución binomial de probabilidad. Para esto se utiliza la siguiente expresión:

$$M = \frac{P(1-P)K}{i^2} \quad \text{Ec. 3.24}$$

Dónde:

P: Proporción estimada de errores de los expertos.

K: Constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza elegido.

i: Nivel de precisión deseado.

M: Cantidad de expertos.

En la Tabla 3.25 se muestran los valores de la constante K para diferentes porcentajes de nivel de confianza.

Tabla 3.25 Valores de la constante K.

Nivel de confianza (%)	Valor de K
99	6,6564
95	3,8416
90	2,6896

Fuente: Ibarra Mirón (2003).

Para la selección de la comunidad de expertos a utilizar en la obtención de los pesos de importancia relativa de los atributos, se establecen los siguientes requisitos generales:

1. Interés en participar en el estudio: el personal experto debe estar de antemano motivado a participar y a ofrecer sus criterios sin prejuicios de ninguna índole.
2. Competencia profesional: deben poseer un nivel de formación superior y estar relacionados, en alguna medida, con las teorías y conceptos sobre los que se fundamenta el problema abordado.
3. Poseer una formación relacionada con la temática abordada en general, sin importar las especializaciones.
4. Objetividad: ser profundo y objetivo en los análisis y juicios aportados.
5. Que los panelistas estén familiarizados con la horchata de morro, que se encuentren en la disposición de testear la bebida.

Haciendo uso de la herramienta anteriormente descrita y teniendo en consideración los requisitos de los panelistas para la realización de las pruebas, la Tabla 3.26 muestra el número de panelistas seleccionados:

Tabla 3.26 Determinación del número de panelistas.

Elementos	%	Valor
P	2	0.02
i	10	0.1
K		2.6896
M		5.271616

Por tanto, la interpretación se toma como seis para mantener un nivel de confianza y calificación elevado. Siendo esa cantidad de panelistas, a los cuales se les realizaron las pruebas, en intervalos de cada diez días, con una duración de dos meses.

3.4.2 Aplicación de las Pruebas a panelistas.

- **Prueba de preferencia**

La tarea de los panelistas en la prueba de preferencia consiste en contestar una sola pregunta ¿cuál de las tres muestras codificadas prefieren? Se les pide que seleccionen una, incluso si las muestras les parecen idénticas. (ANEXO D.1: Formato de formulario para la Prueba de Preferencia).

Las tres muestras se presentaron en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de 3 dígitos. En esta prueba se permitió saborear (probar) la muestra varias veces, de ser necesario, limpiándose el paladar con agua después de probar cada muestra.

- **Prueba de diferenciación**

Esta prueba consistió en presentar a los panelistas tres muestras específicas aleatoriamente del producto alimenticio en estudio y una muestra patrón a la que se le denominó “R”, con el fin de evidenciar si existía diferencia entre la muestra patrón y las que estaban en estudio (ANEXO D.2: Formato de formulario para la Prueba de Diferenciación), para determinar si han perdido o no sus atributos originales.

3.4.3 Determinación de la validez o fiabilidad a la Prueba de Diferenciación aplicada

George y Mallery (2003, p. 231) proponen para determinar la validez o consistencia interna de las escalas de medida de la prueba de diferenciación el cálculo del coeficiente Alpha de Cronbach que se orienta hacia la consistencia interna de una prueba. Este coeficiente se obtiene como promedio de los coeficientes de correlación de Pearson entre todos los ítems de la escala si las puntuaciones de los mismos están estandarizadas o como promedio de las covarianzas si no lo están. Esta medida se entiende como un coeficiente de correlación con un rango de cero hasta uno. Los valores negativos del coeficiente resultan cuando los ítems no se relacionan de manera positiva entre ellos, lo que conduce a la no validación de la fiabilidad del modelo. A pesar de su amplia utilización, no existe consenso en la literatura

respecto al valor a partir del cual se considera que existe una fiabilidad adecuada o aceptable en la investigación. Como criterio general se sugieren las recomendaciones siguientes para evaluar los coeficientes de alfa de Cronbach:

- Coeficiente alfa >0.9 es excelente
- Coeficiente alfa >0.8 es bueno
- Coeficiente alfa >0.7 es aceptable
- Coeficiente alfa >0.6 es cuestionable
- Coeficiente alfa >0.5 es pobre
- Coeficiente alfa <0.5 es inaceptable

En la aplicación de esta herramienta a la prueba que realizaron los panelistas, se elaboró una tabulación sobre la sumatoria de todas las ponderaciones que los panelistas hicieron por atributo (olor, color, sabor, textura) a las muestras con respecto al patrón “R” en cada uno de los seis puntos del análisis sensorial para cada tipo de empaque en estudio. En las Tablas 3.27, 3.28 y 3.29 se muestra la calificación por panelistas para cada muestra evaluada, con su respectivo estadístico de fiabilidad calculado con ayuda de un programa estadístico.

Tabla 3.27 Sumatoria de calificación por panelistas para empaque LDPE

PANELISTAS	ATRIBUTOS			
	sabor	color	Olor	Textura
1	16	18	19	15
2	23	15	17	23
3	28	20	16	24
4	29	18	18	18
5	17	10	9	15
6	23	18	16	16

Para el empaque LDPE el estudio de fiabilidad proporciono un alfa de Cronbach de 0.784

Tabla 3.28 Sumatoria de calificación por panelistas para empaque PP

PANELISTAS	ATRIBUTOS			
	sabor	color	Olor	Textura
1	23	20	23	18
2	23	20	10	23
3	32	21	20	21
4	23	21	24	25
5	19	10	10	15
6	22	18	19	20

Para el empaque PP el estudio de fiabilidad proporciono un alfa de Cronbach de 0.785

Tabla 3.29 Sumatoria de calificación por panelistas para empaque PET laminado

PANELISTAS	ATRIBUTOS			
	sabor	color	olor	Textura
1	25	23	25	21
2	24	19	15	23
3	23	19	20	20
4	23	23	25	23
5	14	9	9	11
6	21	17	17	21

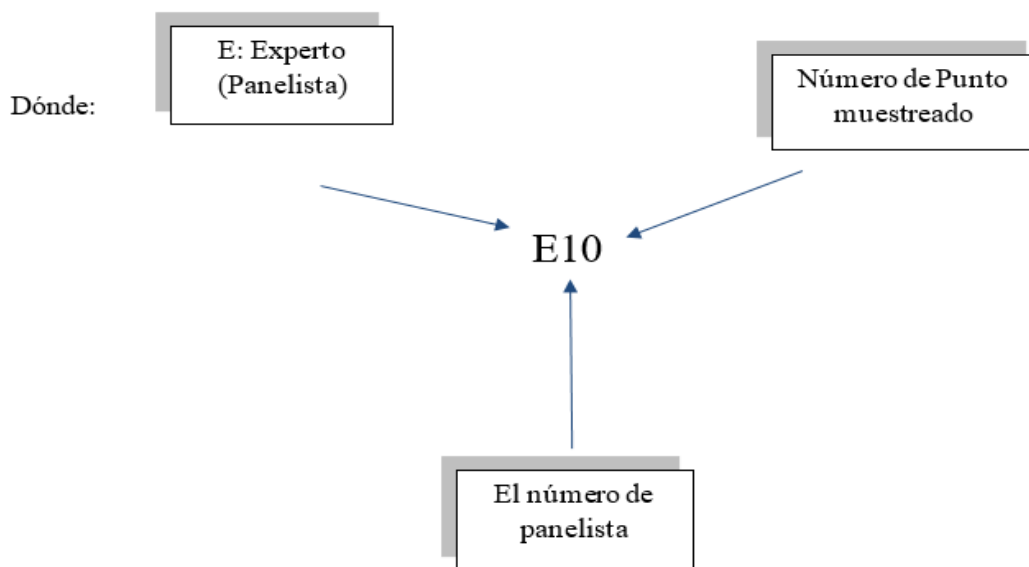
Para el empaque PET laminado el estudio de fiabilidad proporcionó un alfa de Cronbach de 0.952

Dado que para los tres tipos de empaque se obtuvo un alfa de Cronbach mayor a 0.7, los datos son aceptables, lo que conduce a la validación fiable del modelo utilizado.

3.4.4 Análisis de datos experimentales obtenidos en las Pruebas Sensoriales.

- **Prueba de diferenciación**

Para poder interpretar mejor los resultados obtenidos en la Prueba de Diferenciación se optó por tabular los datos globales de las calificaciones que cada panelista evaluó por cada tipo de empaque. (Anexo E Tablas de consolidado global de calificaciones de panelistas a Prueba de Diferenciación para los tres tipos de empaque.)



Se utilizó el estadígrafo de la Moda; ya que se basa en el valor que más se repite en una agrupación de datos, esto ayudaría a saber que atributo fue el más seleccionado por los panelistas para cada muestra.

Para el caso del empaque LDPE el dato de la moda se obtuvo a partir de la tabla en ANEXO E-1 Tabla Global para empaque LDPE; obteniéndose los resultados que se reflejan en la Tabla 3.30 donde el atributo que más veces eligieron los panelistas para el empaque LDPE fue el atributo de textura. Percibieron que la textura se conserva mejor en ese empaque a lo largo del estudio realizado; como la calificación indica, la muestra presenta una diferencia muy leve con respecto al patrón.

Tabla 3.30 Tabla resumen de frecuencias de puntajes para empaque LDPE

Escala/Puntaje	Atributo			
	Sabor	Color	Olor	Textura
(1) No hay diferencia	5	11	13	6
(2) Hay diferencia muy leve	4	13	15	18
(3) Hay diferencia leve	17	11	5	8

Continuación Tabla 3.30 Tabla resumen de frecuencias de puntajes para empaque LDPE

Escala/Puntaje	Atributo			
	Sabor	Color	Olor	Textura
(4) Hay diferencia moderada	10	6	8	7
(5) Hay diferencia grande	4	1	1	1
(6) Hay diferencia extremadamente grande	2	0	0	2

MODA (M₀)	3	2	2	2
-----------------------------	----------	----------	----------	----------

Para el empaque PP, el dato de la moda se obtuvo a partir de la tabla en ANEXO E-2 Tabla global para empaque PP.

En la Tabla 3.31 el dato estadístico que arroja la moda indica un dato multimodal, significando que los panelistas tuvieron con mayor recurrencia en consideración tres atributos dentro de los cuales están: sabor, color, textura. Éste empaque les pareció que guardaba de manera más óptima las características organolépticas anteriormente descritas, evaluadas siempre durante los meses del estudio de vida acelerada.

Tabla 3.31 Tabla resumen de frecuencias de puntajes para empaque PP

Escala/Puntaje	Atributo			
	Sabor	Color	Olor	Textura
(1) No hay diferencia	1	8	9	5
(2) Hay diferencia muy leve	8	10	13	10
(3) Hay diferencia leve	15	15	10	15
(4) Hay diferencia moderada	12	8	9	9
(5) Hay diferencia grande	4	1	1	2
(6) Hay diferencia extremadamente grande	2	0	0	1

MODA (M₀)	3	3	2	3
-----------------------------	----------	----------	----------	----------

El dato de la moda para el empaque PET Laminado se obtuvo a partir de la tabla en ANEXO E-3 Tabla global para empaque PET Laminado.

En la Tabla 3.32 el estadígrafo indica que el atributo de mayor vez calificado, con una ponderación de 2 (hay diferencia muy leve), según la escala, le corresponde al atributo de textura.

Tabla 3.32 Tabla resumen de frecuencias de puntajes para empaque PET laminado

Escala/Puntaje	Atributo			
	Sabor	Color	Olor	Textura
(1) No hay diferencia	3	8	13	6
(2) Hay diferencia muy leve	13	11	7	15
(3) Hay diferencia leve	9	13	7	6
(4) Hay diferencia moderada	12	8	12	11
(5) Hay diferencia grande	4	2	3	3
(6) Hay diferencia extremadamente grande	1	0	0	1

MODA (M_0)	2	3	1	2
--------------------------------	----------	----------	----------	----------

El empaque que más ha conservado el atributo de sabor es el PET laminado con una ponderación de 2 que significa que hay una diferencia muy leve con respecto a los otros dos empaques, en cuanto al atributo de color el que mejor conserva sus características es el LDPE con una ponderación de 2 (diferencia muy leve), en cuanto al empaque que mejor preserva la característica de olor a horchata es el PET lamiado con una ponderación de 1 (no hay diferencia), y con respecto a textura los mejores evaluados fueron PET laminado y el LDPE con puntuaciones de 2 (diferencia muy leve) por lo que es el empaque PET laminado el que mejor guarda sus características con respecto a los demás empaques

- **Prueba de preferencia**

La Tabla 3.33 presenta la información recopilada de la preferencia de los panelistas ante la muestra de cada uno de los empaques evaluados.

Con respecto a la Prueba de Preferencia se elaboró el gráfico, de la Figura 3.19, con sus respectivas ponderaciones, donde los panelistas determinaron que la horchata de morro de su preferencia pertenecía a la muestra contenida en el empaque PET laminado, con una coextrusión de varias capas de polietileno.

Tabla 3.33 Consolidado de Prueba de Preferencia.

	PREFERENCIA POR PANELISTAS		
	MUESTRA LDPE	MUESTRA PP	MUESTRA PET laminado
PUNTO 0	2	1	5
PUNTO 1	1	2	3
PUNTO 2	3	1	2
PUNTO 3	1	3	2
PUNTO 4	1	2	3
PUNTO 5	1	3	2
PUNTO 6	3	2	1
SUMATORIA	12	14	18

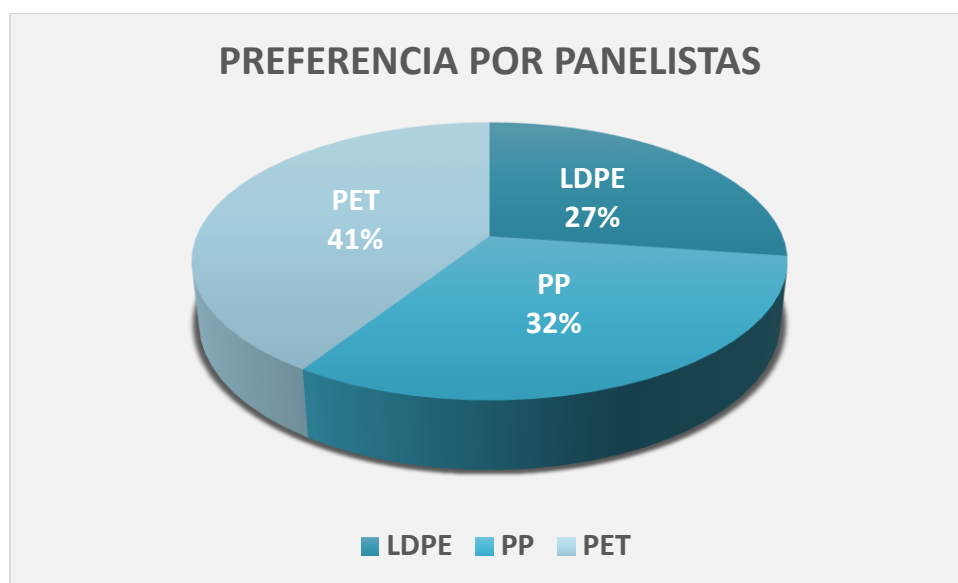


Figura 3.19 Preferencia por panelistas para cada uno de los empaques

3.4.5 Selección del empaque. Método de optimización para selección de la mejor alternativa (Criterio de Laplace).

Este criterio, propuesto por Laplace en 1825 en la Ec. 3.25, está basado en el principio de razón insuficiente: como *a priori* no existe ninguna razón para suponer que un estado se puede presentar antes que los demás, se puede considerar que todos los estados tienen la misma probabilidad de ocurrencia, es decir, la ausencia de conocimiento sobre el estado de la naturaleza equivale a afirmar que todos los estados son equiprobables. Así, para un problema de decisión con “n” posibles estados de la naturaleza, asignando probabilidad 1/n a cada uno de ellos.

Una vez realizada esta asignación de probabilidades, a la alternativa a_i le corresponderá un resultado esperado igual a:

$$\sum_{j=1}^n \frac{1}{n} x_{ij} \quad \text{Ec. 3.25}$$

Donde:

$$\frac{1}{n}: \frac{\text{numero de casos favorables}}{\text{numero total de casos posibles}}$$

x_{ij} : elementos de matriz atributos o días con alternativas

$$\sum_{j=1}^n: \text{sumatoria de los elementos de las tres muestras}$$

El criterio de Laplace selecciona como alternativa óptima aquella que proporciona un mayor resultado esperado (Licea y Sotelo, 2005). Obteniendo una expresión para la selección de mejor alternativa:

Elegir la alternativa a_k tal que:

$$\sum_{j=1}^n \frac{1}{n} x_{kj} = \max_{1 \leq i \leq m} \sum_{j=1}^n \frac{1}{n} x_{ij} \quad \text{Ec. 3.26}$$

Donde:

a_k : alternativa optima de valor máximo

$$\max_{1 \leq i \leq m} \sum_{j=1}^n \frac{1}{n} x_{ij} : \text{el resultado máximo entre las muestras}$$

Aplicando este criterio para la **prueba de diferenciación** en el empaque LDPE se obtiene:

$$\text{Para este caso } a = \sum_{j=1}^n \frac{1}{n} x_{ij} = \frac{1}{4}(3 + 2 + 2 + 2) = 2.25$$

La Tabla 3.34 resume los resultados esperados para cada muestra.

Tabla 3.34 Método de optimización para selección de la mejor alternativa (Criterio de Laplace). Prueba de Diferenciación.

Alternativas (a_i)	Atributos (i_j)				Resultado esperado
	Sabor	Color	Olor	Textura	
Muestra LDPE	3	2	2	2	2.25
Muestra PP	4	3	3	3	3.25
Muestra PET laminado	4	3	1	2	2.5

Realizando cálculo para LDPE en la **prueba de Preferencia**:

$$\text{Para este caso } a = \sum_{j=1}^n \frac{1}{n} x_{ij} = \frac{1}{4}(2 + 1 + 3 + 1 + 1 + 1 + 3) = 3$$

El resumen se presenta en la Tabla 3.35.

Tabla 3.35 Método de optimización para selección de la mejor alternativa (Criterio de Laplace). Prueba de Preferencia.

Alternativas (<i>ai</i>)	Días (<i>ij</i>)							Resultado esperado
	PUNTO 0	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5	PUNTO 6	
Muestra LDPE	2	1	3	1	1	1	3	3
Muestra PP	1	2	1	3	2	3	2	3.5
Muestra PET laminado	3	3	2	2	3	2	1	4

La interpretación de los resultados de ambas tablas demuestra que las mejores alternativas que se proponen en cuanto a atributos, el método determinó que sería PP; que corresponde al empaque Polipropileno, por su parte en la prueba de preferencia la mejor alternativa le corresponde a PET laminado (empaque de PET laminado con una coextrusión de varias capas de polietileno). Aquí es donde se demuestra que ambos estudios utilizados para la investigación -el análisis sensorial y el fisicoquímico- permiten comprobar que ambos empaques mantienen las características organolépticas de la horchata de morro, a lo largo de la vida de anaquel determinada.

3.5 Estabilidad microbiológica de la horchata de morro

Se realizaron análisis microbiológicos en el DÍA 0 y DÍA 60 del estudio de vida de anaquel (en cada punto, una muestra por cada empaque), en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD). Los resultados entregados por el laboratorio se incluyen en el (ANEXO F: Resultados Análisis Microbiológicos. CENSALUD.)

La Tabla 3.36 muestra un resumen de los resultados obtenidos para cada determinación microbiológica y su comparación para el cumplimiento o no, con los valores especificados en la Norma NSO 67.45.01:06. Mezcla para preparar bebida de horchata. Especificaciones.

Tabla 3.36 Resultados de análisis microbiológicos a muestras de horchata de morro

Especificaciones según Norma NSO 67.45.01:06	PUNTO INICIAL			PUNTO FINAL		
	(Día 0)			(Día 60)		
	LDPE	PP	PET laminado	LDPE	PP	PET laminado
Mesófilas aerobias Recuento recomendado (10 ⁵ UFC/g)	50 UFC/g	10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g
Mohos y Levaduras (10 ³ UFC/g)	Menor de 10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g	130 UFC/g	610 UFC/g	120 UFC/g	160 UFC/g
Coliformes Totales Recuento Recomendado (10 ² UFC/g)	Menor de 10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g	10 UFC/g	60 UFC/g	140 UFC/g
Coliformes Fecales Recuento Recomendado Menor de 10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g
Salmonella spp Ausencia/25g	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

4. ANALISIS DE RESULTADOS

Las estimaciones de la vida útil del producto en cada empaque, se realizó a partir de las ecuaciones obtenidas en las gráficas de Arrhenius. Utilizando factores de influencia como la temperatura y empaque sobre la variable de respuesta, siendo en este caso la humedad; el parámetro crítico de solventar en la horchata de morro.

4.1 Análisis estadísticos de los resultados para la selección del material de empaque y determinación de vida de anaquel

Con respecto al análisis fisicoquímico por medio del parámetro de estabilidad por humedad el empaque de Polipropileno (PP) es el que presenta mayor resistencia al parámetro en cuestión, obteniendo una vida útil de 139 días a temperatura ambiente (25°C) seguido en orden descendente por PET laminado y LDPE. Cabe destacar que los tres empaques cumplen la normativa **NTE INEN 2471:2010** en cuanto al límite de porcentaje de humedad (5%) hasta los 40 días de análisis.

Siempre dentro de los análisis fisicoquímicos utilizando el parámetro de Índice de Acidez, el empaque que logra contrarrestar la rancidez del producto es Tereftalato de Polietileno (PET) laminado con una coextrusión de varias capas de polietileno seguido por el Polipropileno y el Polietileno de Baja Densidad Lineal (LDPE), con 122 y 82 días respectivamente. Se hace énfasis que tanto el empaque PP y PET laminado cumplen la Norma Codex Stan 19-1981 hasta los 40 días de análisis.

Dentro de los análisis sensoriales evaluados por los panelistas el empaque PP es la mejor opción según el método de diferenciación, mientras que el empaque PET laminado es de la mejor alternativa por medio del método de optimización por prueba de preferencia

A pesar de los resultados obtenidos indican que el tiempo de vida de anaquel es aceptable para ambos empaques (PP y PET laminado), queda siempre el criterio de cuál escoger. Antes de llevar a cabo cualquier cambio de empaque es necesario preparar una comparación de costos de los tres tipos de empaques seleccionados, que permita visualizar la conveniencia

económica de los mismos, por lo que en la Tabla 4.1 se presentan los costos de cada uno, recopilados a través de cotizaciones a la empresa Industrias plásticas S.A. de C.V. (IPSA), dedicadas a la venta de este tipo de insumo.

Tabla 4.1 Evaluación de costos de los empaques.

Tipo de empaque	Cantidad mínima de pedido (unidades de 16 onz)	Costo por cantidad mínima de pedido (\$)
PET laminado con una coextrusión de varias capas de polietileno	1000 bolsas	0.59
Polietileno de Baja densidad (LDPE)	1000 bolsas	0.36
Polipropileno no orientado (PP)	1000 bolsas	0.06

Fuente: Industrias Plásticas S.A. de C.V.

Con la información proporcionada en la Tabla 4.1 es fácilmente apreciable que el empaque de menor costo, es el empaque polipropileno no orientado (PP), el cual representa para la investigación el empaque de gama media, con un costo de \$0.06, siguiendo el empaque de gama baja de polietileno de baja densidad (LDPE) con un costo de \$0.36 y en último lugar el PET laminado con una coextrusión de varias capas de polietileno representando el empaque de gama alta con un costo de \$0.59.

En cuanto a criterios microbiológicos los tres empaques son elegibles ya que desde el día 0 hasta el día 180 no se incumplió la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.45.1:06 Mezcla para preparar bebida de horchata para ninguno de ellos.

4.2. Ficha técnica de horchata de morro

La ficha técnica de la horchata de morro tiene como finalidad describir las características de producto y establecer los parámetros y estándares de trabajo a partir de las observaciones y descripciones del proceso, para elaborar un producto de calidad, con este objetivo se elabora para la horchata de morro dicha ficha la cual se presenta en la Tabla 4.2

Tabla 4.2 Ficha Técnica Para Horchata de Morro

NOMBRE DEL PRODUCTO	Refresco de horchata de morro		
CLASIFICACIÓN	Refresco de no temporada		
ORIGEN	El morro se encuentra silvestre a lo largo de Centro América, es un árbol común que abunda en planicies y laderas esencialmente secas, de copa redondeada y diámetro corto, su fruto es redondo de color verde cuando esta inmaduro y café cuando ha alcanzado madurez		
DESCRIPCIÓN	Producto elaborado con granos de morro <i>Crescentia Alata</i> , en combinación de otros ingredientes, obtenida por procedimientos de tostado y molienda los que se mezclan hasta darle un grado adecuado de finura.		
INTERPRETACION	El refresco de horchata es un producto nutritivo, pues tiene un alto contenido calórico, hierro, vitaminas y minerales. Por estar exento de contenido en sodio, se convierte en un alimento ideal para los hipertensos; además ayuda a prevenir la arteriosclerosis		
REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS	Microorganismos	Recuento recomendado UFC/g	Recuento máximo, UFC/g
	Recuento bacterias mesófilas	100	1 000 000
	Recuento de mohos y levaduras	100	10 000
	Coliformes totales	10	100
	Coliformes fecales	Ausencia	Ausencia
	Salmonella/25 g	Ausencia	Ausencia
CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS	Característica o parámetro de Control.	Rangos y cualidades aceptables	
	Color en Agua	Blanco Oscuro	
	Sabor en agua	Característico a Horchata	
	Apariencia	Producto en suspensión	
	Grados Brix (°)	2.5-3.5	
INGREDIENTES	Morro, maíz, arroz, semilla de ayote, ajonjolí, semilla de culantro y canela		
PRESENTACION DE PRODUCTO	Bolsa plástica transparente de polipropileno no orientado		

4.3 Etiqueta nutricional para horchata de morro

La etiqueta nutricional de horchata de morro se construyó a partir de la Tabla 3.3. Tabla de composición de cada ingrediente de la horchata de morro de acuerdo a la constitución de alimentos del INCAP.

Etiqueta nutricional para horchata “EL MORRITO”

HORCHATA

Presentación: 16 oz (454 g)

MORRITOS

No.MUESTRA: 1

INGREDIENTS/INGREDIENTES:

Nutrition Facts/Datos de Nutrición	
Serving Size/Tamaño por Ración	38.6 g (2 tbsp) 38.6 g (2 cdas.)
Servings Per Container/Raciones por Envase	11
Amount Per Serving/Cantidad por Ración	
Calories/Calorías	180
	Calories from Fat/Calorías de grasa 80
	<small>% Daily Value / % Valor Diario*</small>
Total Fat/Grasa Total	9 g 14 %
Saturated Fat/Grasa Saturada	0 g 0 %
Trans Fat/Grasa Trans	0 g
Cholesterol/Colesterol	0 mg 0 %
Sodium/Sodio	15 mg 1 %
Total Carbohydrate/Carbohidrato Total	18 g 6 %
Dietary Fiber/Fibra Dietética	1 g 4 %
Sugars/Azúcares	0 g
Protein/Proteína	7 g
Vitamin A/Vitamina A	0 %
Calcium/Calcio	4 %
Vitamin C/Vitamina C	0 %
Iron/Hierro	15 %
* Percent daily values are based on a 2000 calories diet	
Porcentaje de valores diarios basados en una dieta de 2000 calorías	

El porcentaje de valor diario ha sido calculado en base a referencia del FDA

Alérgenos: Contiene maní

CONCLUSIONES

1. Por medio del índice de acidez y los parámetros de humedad como pruebas experimentales para la determinación de vida de útil de la horchata de morro, se estableció para las muestras de horchata de morro en los tres diferentes tipos de empaques analizados (LDPE, PP y PET laminado) la vida de cada uno de ellos, siendo el mejor empaque el PP con 139 días como indicador del parámetro de humedad y PET laminado como indicador de índice de acidez con 129 días, así también estos dos tipos de empaque fueron los seleccionados por los panelistas mediante el análisis sensorial
2. Dado que tanto el empaque PP como el PET laminado fueron los que presentaron mayor vida útil y los mejores evaluados sensorialmente se optó por seleccionar el de mejor factibilidad económica, siendo éste el empaque polipropileno no orientado.
3. Las muestras analizadas no sobrepasan los criterios microbiológicos dictaminados por la Norma NSO 67.45.01:06, esto se atribuye a las buenas prácticas higiénicas por parte de los manipuladores, a una desinfección correcta del equipo y/o un tiempo y temperatura adecuados para el tostado de los granos.
4. Los empaques presentaron filtraciones en la prueba de hermeticidad desde el inicio de la parte experimental además de incumplir con 5% de humedad estipulada en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2471:2010 mezclas para refresco o bebidas instantáneas, concluyéndose que el producto posee un sellado deficiente el cual no garantiza la conservación de sus características de calidad.
5. Al someter las muestras a condiciones de humedad y temperatura extremas se comprobó que a los 40 días de estudio las pruebas sobrepasaron el límite del 5% de humedad permitido por la Norma Ecuatoriana NTE INEN 2471:2010; siendo el empaque de polipropileno el que presenta menor porcentaje de humedad y por lo

tanto una vida de anaquel mayor, viéndose reflejado lo anterior en la disminución de la apariencia grumosa de la horchata de morro, con lo que según el estudio las variables críticas que tiene relación directa con la pérdida progresiva de la calidad del producto son la humedad y temperatura.

RECOMENDACIONES

- Es necesario resaltar que el proceso de elaboración de la horchata de morro es de forma artesanal, por lo que se sugiere estandarizar los procesos para lograr un producto homogéneo, existiendo la necesidad de adquirir nuevos equipos que ayuden a lograrlo, con énfasis en los procesos de: secado, molido, tostado y envasado del producto.
- Se recomienda una vez estandarizado el proceso de elaboración de la horchata de morro, haya una reevaluación de la vida de anaquel en los empaques estudiados, debido a que estos presentaron filtraciones en la prueba de hermeticidad.
- Proponer estudios que vayan orientados a la Normalización de productos étnicos para obtener datos de referencia como apoyo bibliográfico a futuras investigaciones.
- Mantener a lo largo de la cadena de producción el uso de las buenas prácticas de manufactura en la elaboración de la horchata de morro desde la adquisición de materia prima hasta su envasado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alberto Rincón. (2007). Conceptos básicos para coextrusión de películas de alta barrera. Recuperado de: <http://www.plastico.com/temas/Conceptos-basicos-para-coextrusion-de-peliculas-de-alta-barrera+3055937?pagina=1>
- Álvarez, V. (2006). *Efecto de las condiciones de almacenamiento en el tiempo de vida útil de productos de consumo masivos de baja humedad empacados en películas plásticas*. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. Ecuador.
- Ardon, E. Ardon, S. (2008). *Propuesta de una técnica de fortificación con hierro para la horchata de morro*. (Tesis de grado). Universidad de El Salvador. San Salvador.
- Borja, V. Ramírez, A. Pérez, S. Torres, N. Zumaya, O. Muñoz, O. (2013). *Desarrollo de un dispositivo resellable para empaques flexibles*. Memorias del XIX Congreso Internacional Anual se la SONIM. (pp. 129-130). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Brody, A.L. (2003) *Predicting Packaged Food ShelfLife*. FoodTechnology. Recuperado de: http://aims.fao.org/serials/c_7eb2b1fa
- Cantero H., Leyva E., Pérez M., C., (2015). Contribución a la evaluación integrada de la gestión empresarial. *Ciencias Holguín*, (21), 4. Recuperado de: <http://www.ciencias.holguin.cu/index.php/cienciasholguin/article/view/906/1011>
- Chavarrias, M. (3 de noviembre de 2010). *EROSKI CONSUMER*. Recuperado de <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnología/2010/11/03/196844.php>
- Chica, B. Osorio, S. (2003). *Determinación de la vida de anaquel del chocolate de mesa sin azúcar en una película de polipropileno biorientado*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Colombia.
- Crónicas de la Ciudad Blanca (2013). *¿De dónde viene la horchata? Mérida de Yucatán.com* Recuperado de: <http://www.meridadeyucatan.com/la-cocina-es-cultura-de-donde-viene-la-horchata/>

- El morro, planta mesoamericana con propiedades nutricionales. (25 de junio 2016). Prensa libre. Recuperado de <http://lifestyle.americaeconomia.com/articulos/el-morro-planta-mesoamericana-con-propiedades-nutricionales>
- Esparza, J. F. (2004). Envases flexibles plásticos: Uso y aplicación en la industria alimentaria. (Tesis de grado). Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile.
- Estudio de mercado industria de horchata en El Salvador. Programa de Competitividad de PYMES, a través de la Normalización Técnica en Centro América, Panamá y República Dominicana. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=35459164>
- George, D., & Mallery, P. (2003). SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. 11.0 update (4th ed.). Boston: Allyn & Bacon. p.231
- Giraldo, G.I. (1999). Métodos de estudio de vida de anaquel de los alimentos. Trabajo de posgrado. Universidad Nacional de Colombia, Colombia
- Ibarra Mirón, S. (2003). *Modelo y procedimientos para el análisis y proyección competitiva de unidades estratégicas de fabricación en empresas manufactureras cubanas*. Tesis doctoral. Universidad Central de Las Villas, Cuba.
- Licea J., Sotelo L. (2005). Microeconomía. Recuperado de: <http://repositorial.cuaed.unam.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/685/1/1355.pdf>
- Martínez, R. Martínez, F. (2011). Evaluación gastronómica y nutricional de bebidas típicas tradicionales. (Seminario de investigación). Universidad Dr. José Matías Delgado. La Libertad. El Salvador.
- Menchú, M.T., Méndez H., Barrera, M.A. y Ortega, L. (1996). Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) y Oficina Panamericana de la Salud (OPS), Guatemala
- Petrucchi, R.H.; Harwood, W.S.; Herring, F.G. *Química General*. 8ª ed. Capítulo 15. Ed. Prentice Hall, 2003.
- Rodríguez, I. (2012) Fichas Técnicas del Empaque, Envase y Embalaje.

Velásquez, N. (2010). Empaque para comercialización de azúcar refinado. (Tesis de pregrado). Universidad Católica Popular de Risaralda. Pereira- Risaralda. Colombia

ANEXOS

ANEXO A: Estudio de estabilidad acelerada USAM. Horchata de Morro.

Dónde: Lote1 (L1): M1
Lote 2 (L2): M2
Lote3 (L3): M3





LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD USAM

INFORME DE ESTUDIO DE ESTABILIDAD ACELERADA E-058
**HORCHATA DE MORRO ELABORADA
ARTESANALMENTE**

LOTES EVALUADOS: L1-16/07/2016
L2-09/07/2016
L3-09/07/2016

EMPAQUE PRIMARIO: BOLSA TRANSPARENTE INCOLORA

Fecha de emisión: SEPTIEMBRE 2016

Elaborado	Autorizado
Nombre: Licda. Martha-Ruth Marroquín	Nombre: Licda. Sandra de Silhy
Firma: 	Firma: 
Fecha: 20.09.2016	Fecha: 23.09.2016

República de El Salvador
D.N.M.
LABORATORIO DE CONTROL DE
CALIDAD USAM
No. Inscip. 520
Prop. UNIVERSIDAD SALVADOREÑA:
ALBERTO MASFERRER (USAM)
San Salvador San Salvador

	INFORME DE ESTUDIO DE ESTABILIDAD	CÓDIGO: F-PG-32-6	
	INFORME Nº: E058 NOMBRE DEL PRODUCTO: HORCHATA DE MORRO ELABORADA ARTESANALMENTE	REVISIÓN: 0	Página 2 de 2
Elaborado por: Licda. Martha Ruth Marroquín Fecha: 20.09.2016		Aprobado por: Lic. Sandra de Silhy Fecha: 23.09.2016	

1. OBJETIVO.

Presentar los resultados del estudio de estabilidad del producto HORCHATA DE MORRO ELABORADA ARTESANALMENTE, empaçado en Bolsa transparente incolora con sellado térmico; bajo condiciones aceleradas ($40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ y Humedad Relativa $75\%\pm 5\%$), por un periodo de dos meses evaluando las características físicas de humedad y hermeticidad; en una frecuencia de evaluación de 10 días.

2. ALCANCE.

Horchata de morro elaborada artesanalmente
 Empaque primario: Bolsa transparente incolora con sellado térmico.

3. RESPONSABLES.

- Licda. Martha Ruth Marroquín, Coordinador Físico Químico con competencia responsable del estudio de estabilidad.
- Licda. Sandra de Silhy, Director Técnico responsable de revisar y aprobar los resultados

4. REFERENCIAS

- COMIECO 2010. Reglamento Técnico Centroamericano. Productos Farmacéuticos Estudios de Estabilidad de Medicamentos para uso Humano, RTCA 11.01.04:10
- 2016. Farmacopea de los Estados Unidos 39 NF 34

5. INFORMACION DEL PRODUCTO

Nombre comercial del producto: Horchata de Morro elaborada artesanalmente.
 Nombre genérico: -----,
 Tamaño de lote: -----,
 Nº de lote evaluado: L1-16/07/2016; L2-09/07/2016; L3-09/07/2016
 Fecha de fabricación: L1: 16/07/16, L2: 09/07/16, L3: 09/07/16
 Fabricante: -----,
 Forma farmacéutica: POLVO



Metodología de análisis utilizada: USP 39, Método Interno del laboratorio.

Cantidad de muestra sometida a estabilidad: 45 Bolsas con sellado térmico de aproximadamente 400 g

Descripción del sistema de envase-cierre: 45 Bolsas con sellado térmico de aproximadamente 400 g.


	INFORME DE ESTUDIO DE ESTABILIDAD	CÓDIGO: F-PG-32-6	
	INFORME N°: E058 NOMBRE DEL PRODUCTO: HORCHATA DE MORRO ELABORADA ARTESANALMENTE	REVISIÓN: 0	Página 3 de 3
Elaborado por: Licda. Martha Ruth Marroquín Fecha: 20.09.2016		Aprobado por: Lic. Sandra de Silhy Fecha: 23.09.2016	

6. PLAN DE MUESTREO

6.1. ESTABILIDAD ACELERADA (40°C±2°C/75%±5%HR)

PRUEBA	ESPECIFICACION	LOTES EVALUADOS	PLAN DE MUESTREO						
			0 DÍAS	10 DÍAS	20 DÍAS	30 DÍAS	40 DÍAS	50 DÍAS	60 DÍAS
HERMETICIDAD	Ninguna de las unidades evaluadas presenta penetración de colorante en la bolsa que contiene el producto	L1-16/07/2016	X	X	X	X	X	X	X
		L2-09/07/2016	X	X	X	X	X	X	X
		L3-09/07/2016	X	X	X	X	X	X	X
HUMEDAD	-----	L1-16/07/2016	X	X	X	X	X	X	X
		L2-09/07/2016	X	X	X	X	X	X	X
		L3-09/07/2016	X	X	X	X	X	X	X

República de El Salvador
 D.N.M.
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD USAM
 No. inscrip. 520
 Prop. UNIVERSIDAD SALVADOREÑA
 ALBERTO MASFERRER (USAM)
 San Salvador San Salvador

	INFORME DE ESTUDIO DE ESTABILIDAD	CÓDIGO: F-PG-32-6	
	INFORME N°: 0568 NOMBRE DEL PRODUCTO: HORCHATA DE MORRO ELABORADA ARTESANALMENTE	REVISIÓN: 0	Página 4 de 4
Elaborado por: Licda. Martha Ruth Marroquín Fecha: 20.09.2016		Aprobado por: Lic. Sandra de Silhy Fecha: 23.09.2016	


7. RESULTADOS.

NOMBRE DEL PRODUCTO: Horchata de Morro Elaborada Artesanalmente SISTEMA ENVASE-CIERRE: Bolsa transparente incolora con sellado térmico. FECHA DE FABRICACION: L1: 16/07/16, L2: 09/07/16, L3: 09/07/16 FECHA DE INICIO DEL ESTUDIO: 21.07.16 LOTE: L1-16/07/2016; L2-09/07/2016; L3-09/07/2016 CANTIDAD FABRICADA: -----									
CONDICIONES: 40°C±2°C/75%±5% HUMEDAD RELATIVA									
PARAMETROS	LOTES EVALUADOS	TIEMPO ESPECIFICACION	0 DÍAS 21.7.16	10 DÍAS 29.7.16	20 DÍAS 8.8.16	30 DÍAS 18.8.16	40 DÍAS 29.8.16	50 DÍAS 8.9.16	60 DÍAS 19.9.16
Hermeticidad	L1-16/07/2016	Ninguna de las unidades evaluadas presenta penetración de colorante en la bolsa que contiene el producto	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple
	L2-09/07/2016		No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	
	L3-09/07/2016		Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
Humedad	L1-16/07/2016	-----	1.0%	3.93%	3.7%	4.76%	4.28%	5.08%	5.51%
	L2-09/07/2016		1.2%	4.94%	3.63%	3.88%	4.30%	5.18%	5.35%
	L3-09/07/2016		1.0%	3.25%	3.65%	3.74%	4.33%	5.17%	5.53%

GRAFICA DE HUMEDAD.



República de El Salvador
D.N.M.
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD USAM
No. Inscrp. 520
Prop. UNIVERSIDAD SALVADOREÑA ALBERTO MASFERRE (USAM)
San Salvador San Salvador

	INFORME DE ESTUDIO DE ESTABILIDAD	CÓDIGO: F-PG-32-6	
	INFORME N°: E058 NOMBRE DEL PRODUCTO: HORCHATA DE MORRO ELABORADA ARTESANALMENTE	REVISION: 0	Página 5 de 5
Elaborado por: Licda. Martha Ruth Marroquín Fecha: 20.09.2016		Aprobado por: Lic. Sandra de Silhy Fecha: 23.09.2016	



República de El Salvador
 D.N.M.
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD USAM
 No. Inscip. 520
 Prop. UNIVERSIDAD SALVADOREÑA
 ALBERTO MASFERRER (USAM)
 San Salvador San Salvador

	INFORME DE ESTUDIO DE ESTABILIDAD	CÓDIGO: F-PG-32-6	
	INFORME N°: E058 NOMBRE DEL PRODUCTO: HORCHATA DE NORRO ELABORADA ARTESANALMENTE	REVISION: 0	Página 6 de 6
Elaborado por: Licda. Martha Ruth Marroquín Fecha: 20.09.2016		Aprobado por: Lic. Sandra de Silhy Fecha: 23.09.2016	

GRAFICA DE HERMETICIDAD



NOTA: Se asignó valor numérico de 100.0% a los que cumplieron la prueba y 0.0% a los de no cumplimiento.



NOTA: Se asignó valor numérico de 100.0% a los que cumplieron la prueba y 0.0% a los de no cumplimiento.

	INFORME DE ESTUDIO DE ESTABILIDAD		CÓDIGO: F-PG-32-6	
	INFORME N°: E088 NOMBRE DEL PRODUCTO: HORCHATA DE MORRO ELABORADA ARTESANALMENTE		REVISIÓN: 0	Página 7 de 7
Elaborado por: Licda. Martha Ruth Marroquín Fecha: 20.09.2016			Aprobado por: Lic. Sandra de Silhy Fecha: 23.09.2016	



NOTA: Se asignó valor numérico de 100.0% a los que cumplieron la prueba y 0.0% a los de no cumplimiento.

8. ANÁLISIS DE LOS DATOS

- Los resultados para la prueba de hermeticidad del lote L2-09/07/2016 en las 10 frecuencias evaluadas, fueron no conformes, para todos los lotes; dado que todos tuvieron migración del colorante indicador del medio hacia el interior de la bolsa en estudio.
- El lote 3 -09/07/2016 presentó en cuatro frecuencias de análisis (inicial, treinta, cuarenta y cincuenta días), resultados conformes en cuanto a la prueba de hermeticidad; dado que ninguna de las muestras evaluadas tuvo migración del colorante indicador del medio externo al interior de la bolsa.
- El lote L1-16/07/2016 presentó en la frecuencia de análisis de cincuenta días, resultados conformes en cuanto a la prueba de hermeticidad; dado que ninguna de las muestras evaluadas tuvo migración del colorante indicador del medio externo al interior de la bolsa.
- Los resultados de la prueba de humedad fue en aumento durante los 10 periodos evaluados iniciando en el tiempo 0 días con humedades de L1-1.0%, L2- 1.2% y L3-1.0% y finalizando a los 60 días con L1-5.51%, L2-5.39% y L3-5.53%

República de El Salvador
 D.N.M.
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD USAM
 No. Inscríp. 520
 Prop. UNIVERSIDAD SALVADOREÑA
 ALBERTO MASFERRE (USAM)
 San Salvador San Salvador

	INFORME DE ESTUDIO DE ESTABILIDAD	CÓDIGO: F-PG-32-6	
	INFORME N°: E058 NOMBRE DEL PRODUCTO: HORCHATA DE MORRO ELABORADA ARTESANALMENTE	REVISIÓN: 0	Página 8 de 8
Elaborado por: Licda. Martha Ruth Marroquín Fecha: 20.09.2016		Aprobado por: Lic. Sandra de Silhy Fecha: 23.09.2016	


9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda cambiar el empaque de las Harinas de morro a Bolsas de nylon y polietileno selladas al vacío que Proporciona una barrera de protección e impide el ingreso de humedad, además este tipo de empaque cumplen con especificaciones de FDA/USD. Esto garantizará la calidad del producto. Actualmente el sellado que se utiliza para las bolsas es un sellado térmico que no proporciona la protección al producto.
















10. CONCLUSION

- El producto HORCHATA DE MORRO ELABORADA ARTESANALMENTE, empacado en Bolsa transparente incolora con sellado térmico, no fue estable durante los dos meses que fue evaluado con las pruebas de hermeticidad y Humedad, a partir del periodo 0 días cuando aún no se ingresaba a la cámara de estabilidad se pudo verificar que los empaques no superaron la prueba de hermeticidad, y se comportaron de la misma manera al ingresar a la cámara de estabilidad, por esta razón las humedades fueron en aumento ya que el empaque no proporciona una barrera de protección para la Horchata. En vista de lo anterior se puede concluir que dado que el producto no pudo superar los retos de condiciones extremas, en el empaque presentado; no es posible estimar una vida útil, hasta que se haga un cambio de empaque para el producto.



	INFORME DE ESTUDIO DE ESTABILIDAD		CÓDIGO: F-PG-32-6	
	INFORME N°: E058 NOMBRE DEL PRODUCTO: HORCHATA DE MORRO ELABORADA ARTESANALMENTE		REVISION: 0	Página 9 de 9
Elaborado por: Licda. Martha Ruth Marroquín Fecha: 20.09.2016			Aprobado por: Lic. Sandra de Silhy Fecha: 23.09.2016	

ANEXO I
FOTOS PRUEBA DE HERMETICIDAD

PERIODO EVALUADO	L1-16/07/2016	L2-09/07/2016	L3-09/07/2016
0 DÍAS			
10 DÍAS			
20 DÍAS			
30 DÍAS			
40 DÍAS			

	INFORME DE ESTUDIO DE ESTABILIDAD	CÓDIGO: F-PG-32-6	
	INFORME N°: E058 NOMBRE DEL PRODUCTO: HORCHATA DE MORRO ELABORADA ARTESANALMENTE	REVISIÓN: 0	Página 10 de 10
Elaborado por: Licda. Martha Ruth Marroquín Fecha: 20.09.2016		Aprobado por: Lic. Sandra de Silhy Fecha: 23.09.2016	

PERIODO EVALUADO	L1-16/07/2016	L2-09/07/2016	L3-09/07/2016
50 DÍAS			
60 DÍAS			

República de El Salvador
 D.N.M.
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD USAM
 No. Inscrip. 520
 Prop. UNIVERSIDAD SALVADOREÑA
 ALBERTO MASFERRER (USAM)
 San Salvador San Salvador

ANEXO B: Extracción de Grasa por Método Soxhlet.

DETERMINACIÓN DE GRASA TOTAL. Ref. AOAC 14,159 (7.062).

Método de Extracción Soxhlet (Gravimétrico).

Reactivos:

- 1- Éter de Petróleo.

Material:

- 1- Equipo de Extracción Soxhlet
- 2- Hot plate
- 3- Estufa a 100°C.
- 4- Desecador

Equipo:

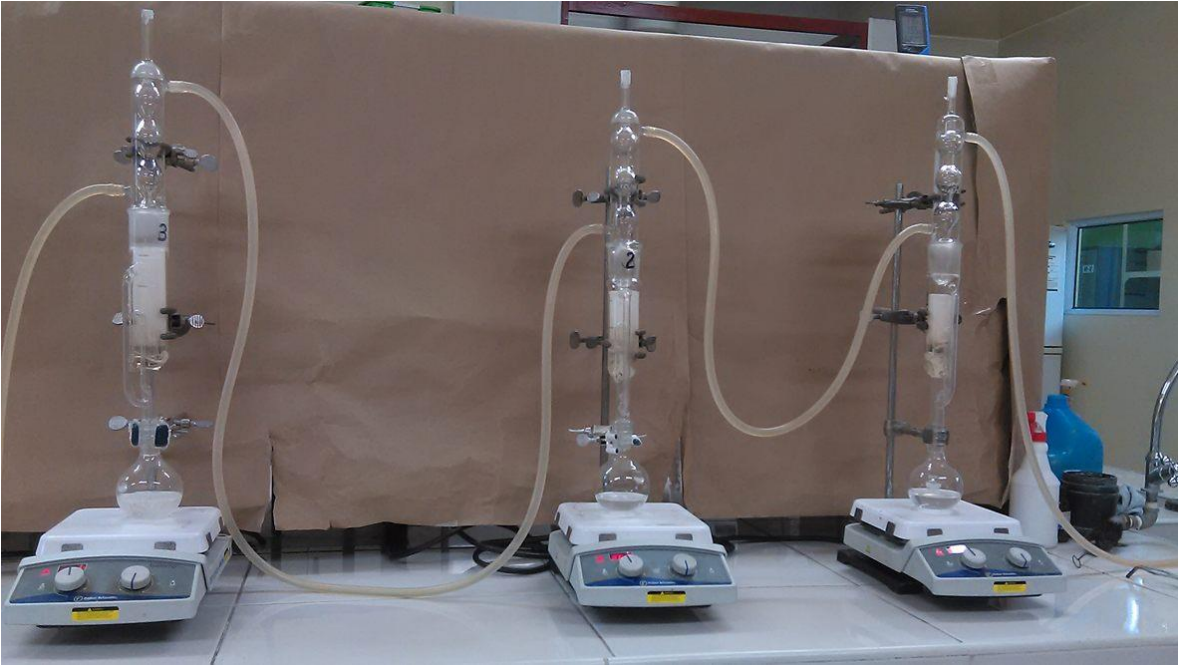
- 1- Balanza Analítica

Procedimiento:

- a) Pesar 4.0 g de muestra seca en un dedal para grasa previamente pesado.
- b) Armar el equipo de extracción empleando un matraz de fondo plano previamente tarado y pesado.
- c) Colocar el dedal con muestra dentro de la corneta, adicionar 250 mL de éter de petróleo y ajustar correctamente el refrigerante.
- d) Calentar empleando hot plate de modo que la ebullición sea constante. Dejar que la extracción se lleve a cabo por un periodo de ocho horas, y para alimentos que posean mucha grasa, dejar extraer por 12 horas.
- e) Recuperar el éter y desarmar el equipo, permitir que el éter contenido en el matraz se evapore (evaporar en hot plate) de forma que quede solamente grasa.
- f) Colocar el matraz en estufa a 100°C por 1 hora, después colocar en desecador por 30 minutos.
- g) Pesar en balanza analítica y reportar el porcentaje de grasa total.

Nota: manipular el matraz con pinzas.

SISTEMA DE EXTRACCION DE GRASA



EVAPORACION DEL SOLVENTE.



ANEXO C: Índice de Acidez como ácidos Grasos Libres y -Official Methods of Analysis A.O.A.C. 15th Edition, U.S.A. (1990).

**DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE ACIDEZ COMO ÁCIDOS GRASOS LIBRES
Y -OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS A.O.A.C. 15TH EDITION, U.S.A. (1990).**

Método de Extracción Soxhlet (Gravimétrico).

Reactivos:

- 1- Etanol 95%
- 2- Fenolftaleína 1%
- 3- NaOH 0.1 N

Material:

- 1- Soporte universal
- 2- Beaker (50,100 ml)
- 3- Bureta 25 ml
- 4- Probeta de 50 ml

Equipo:

- 1- Balanza analítica
- 2- Estufa

Procedimiento:

- a) Neutralizar 100 ml de alcohol etílico 95 % con dos gotas de fenolftaleína 1%, hasta que el punto final sea el primer tono rosado y persista por más de 30 segundos
- b) Agregar a la muestra de grasa extraída 50 ml de etanol neutralizado, hasta que entre en contacto toda la muestra con el solvente.
- c) Agregar dos gotas de fenolftaleína al 1 %
- d) Titular la muestra con NaOH al 0.1 N estandarizado hasta la aparición del primer tono de rosado.

ANEXO D: Pruebas Sensoriales

D.1 Formato de formulario para la Prueba de Preferencia

Fecha: _____

Indicaciones.

Joven consumidor, por favor pruebe cada muestra de Horchata de Morro, comenzando con la muestra de la izquierda y realice un círculo al número de la muestra que considere de su preferencia.

263

243

296

D.2 Formato de formulario para la Prueba de Diferenciación

Fecha: _____

Frente a usted hay tres muestras de horchata de morro. Se le proporcionará una muestra de referencia “R”. deguste cada muestra y califique la diferencia con respecto a “R”, para cada atributo, según la escala adjunta. Por favor enjuáguese la boca con agua, antes de degustar cada muestra.

ESCALA	PUNTAJE	ESCALA	PUNTAJE
No hay diferencia	1	Hay diferencia grande	5
Hay diferencia muy leve	2	Hay diferencia extremadamente grande	6
Hay diferencia leve	3		
Hay diferencia moderada	4		

CODIGO DE MUESTRA:		
ATRIBUTO	CALIFICACION	COMENTARIO
Sabor		
Color		
Olor		
Textura		

CODIGO DE MUESTRA:		
ATRIBUTO	CALIFICACION	COMENTARIO
Sabor		
Color		
Olor		
Textura		

CODIGO DE MUESTRA:		
ATRIBUTO	CALIFICACION	COMENTARIO
Sabor		
Color		
Olor		
Textura		

ANEXO E: Tablas de consolidado global de calificaciones de panelistas a Prueba de Diferenciación para los tres tipos de empaque

ANEXO E-1: Tabla Global para empaque LDPE

Panelista/día	Atributos			
	sabor	color	Olor	Textura
E10	1	1	1	1
E11	1	1	2	2
E12	3	3	2	2
E13	1	4	5	2
E14	4	4	4	4
E15	4	2	3	1
E16	2	3	2	3
E20	3	2	3	3
E21	3	2	2	4
E22	1	1	1	2
E23	4	3	4	6
E24	3	2	4	2
E25	5	2	1	3
E26	4	3	2	3
E30	3	4	3	4
E31	2	3	1	2
E32	3	3	1	3
E33	4	4	4	6
E34	4	1	2	2
E35	6	2	1	2
E36	6	3	4	5
E40	5	2	1	3
E41	5	2	3	4
E42	4	3	1	1
E43	4	4	3	4
E44	3	5	4	1
E45	5	1	4	2
E46	3	1	2	3
E50	2	1	1	2
E51	1	1	1	2

Continuación ANEXO E-1: Tabla Global para empaque LDPE

	Atributos			
Panelista/día	sabor	color	Olor	Textura
E52	3	1	1	2
E53	3	3	1	4
E54	3	2	2	2
E55	3	1	2	2
E56	2	1	1	1
E60	3	3	2	1
E61	4	2	2	2
E62	3	2	2	3
E63	4	4	4	4
E64	3	3	2	2
E65	3	2	2	2
E66	3	2	2	2
MODA (M₀)	3	2	2	2

ANEXO E-2: Tabla Global para empaque PP

Panelista/día	Atributos			
	sabor	color	Olor	Textura
E10	2	2	2	2
E11	4	3	3	4
E12	4	3	5	2
E13	2	3	3	2
E14	3	3	3	3
E15	4	4	3	1
E16	4	2	4	4
E20	5	3	1	3
E21	3	2	1	2
E22	2	3	1	3
E23	3	3	2	6
E24	3	2	2	2
E25	3	2	1	4
E26	4	5	2	3
E30	5	4	3	4
E31	3	3	3	3
E32	4	4	3	3
E33	6	3	4	4
E34	3	2	1	2
E35	5	1	2	1
E36	6	4	4	4
E40	4	3	2	1
E41	4	4	4	5
E42	1	3	4	4
E43	2	2	3	3
E44	3	4	3	4
E45	4	1	4	3
E46	5	4	4	5
E50	2	1	1	1
E51	2	2	1	2
E52	2	1	1	1
E53	3	3	2	2

Continuación ANEXO E-2: Tabla Global para empaque PP

Panelista/día	Atributos			
	sabor	color	olor	Textura
E54	4	1	1	3
E55	3	1	2	3
E56	3	1	2	3
E60	4	1	2	3
E61	3	3	2	2
E62	3	3	2	3
E63	3	3	4	4
E64	2	2	2	2
E65	4	4	4	3
E66	3	2	3	3

MODA (M₀)	3	3	2	3
-----------------------------	---	---	---	---

ANEXO E-3: Tabla Global para empaque PET laminado

Panelista/día	Atributos			
	sabor	color	olor	Textura
E10	4	3	4	4
E11	4	3	3	4
E12	2	3	3	2
E13	3	3	4	2
E14	4	4	4	4
E15	4	3	3	1
E16	4	4	4	4
E20	4	3	4	4
E21	2	1	1	3
E22	2	3	1	3
E23	5	5	4	6
E24	3	2	2	2
E25	4	3	1	2
E26	4	3	2	3
E30	2	3	1	4
E31	2	2	3	2
E32	2	2	1	1
E33	4	5	5	5
E34	2	2	1	2
E35	5	1	4	1
E36	6	4	5	5
E40	3	2	3	2
E41	5	4	4	4
E42	3	3	4	4
E43	5	4	4	5
E44	3	4	4	2
E45	3	4	5	4
E46	1	2	1	2
E50	1	1	1	1
E51	1	1	2	2
E52	2	1	1	2
E53	2	3	2	1

Continuación ANEXO E-3: Tabla Global para empaque PET laminado

Panelista/día	atributos			
	sabor	color	olor	textura
E54	4	1	1	2
E55	2	1	1	1
E56	2	1	1	2
E60	4	2	1	3
E61	2	2	2	2
E62	2	2	2	2
E63	4	4	4	4
E64	3	2	3	3
E65	3	3	2	3
E66	3	2	3	4

MODA (M₀)	2	3	1	2
-----------------------------	---	---	---	---



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO**



162 Años
Al servicio de la
Educación Superior

Ciudad Universitaria
Final 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 2511-2028

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: HORCHATA MORRITO Código: 210703
 Elaborado por: Mujeres emprendedoras Asociación "La Vid"
 Procedencia: Cantón San Jerónimo, Metapán, Santa Ana. Fecha envasado: 16-07-2016
 Solicitante: Claudia Machuca/María Zaldaña Fecha de emisión: 18-08-2016
 Determinación de Coliformes Totales y Fecales, Recuento de Bacterias mesófilas
 aerobias y Mohos y Levaduras por el método de vertido en placa, Determinación de
 Método: Salmonella spp. por el método ausencia-presencia.
 Fecha de Muestreo: No reportada Hora de Muestreo: No reportada
 Persona que tomó la muestra: Claudia Machuca / María Zaldaña


Descripción: Polvo de color café oscuro, con partículas heterogéneas, contenido en bolsa
plástica transparente sellada. No presenta etiqueta.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES ⁽¹⁾
Recuento de bacterias mesófilas aerobias	Menor de 10 UFC/g	10 ⁵ UFC/g
Recuento de Mohos y levaduras	130 UFC/g	10 ³ UFC/g
Bacterias coliformes totales	Menor de 10 UFC/g	10 ² UFC/g
Bacterias coliformes fecales	Menor de 10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g
<i>Salmonella spp</i>	Ausencia	Ausencia/25 g

UFC: Unidades formadoras de Colonias; mL: mililitro(s) de muestra; <: Menor a.

OBSERVACIONES:

- (1) Especificaciones basadas en la Norma NSO 67.45.01:06. Mezcla para preparar bebida de horchata. Especificaciones (referida por el solicitante).
- (2) El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y ensayada el 21/07/2016


MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez
QUIMICO-FARMACEUTICA



Fecha de análisis: 21-07-2016



INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: HORCHATA DE MORRO (EMPAQUE #1) Código: 200901
 Elaborado por: Mujeres emprendedoras Asociación "La Vid"
 Procedencia: Cantón San Jerónimo, Metapán, Santa Ana. Fecha envasado: 16-07-2016
 Solicitante: Claudia Machuca/María Zaldaña Fecha de emisión: 17-09-2016
 Determinación de Coliformes Totales y Fecales, Recuento de Bacterias mesófilas aerobias y Mohos y Levaduras por el método de vertido en placa, Determinación de Método: Salmonella spp. por el método ausencia-presencia.
 Fecha de Muestreo: No reportada Hora de Muestreo: No reportada
 Persona que tomó la muestra: Claudia Machuca / María Zaldaña

Descripción: Polvo de color café oscuro, con partículas heterogéneas, contenido en bolsa plástica transparente sellada. Contenido rotulado: 12 onzas.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES ⁽¹⁾
Recuento de bacterias mesófilas aerobias	Menor de 10 UFC/g	10 ⁵ UFC/g
Recuento de Mohos y levaduras	610 UFC/g	10 ³ UFC/g
Bacterias coliformes totales	10 UFC/g	10 ² UFC/g
Bacterias coliformes fecales	Menor de 10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g
<i>Salmonella spp</i>	Ausencia	Ausencia/25 g

UFC: Unidades formadoras de Colonias; mL: mililitro(s) de muestra; < : Menor a.

OBSERVACIONES:

- (1) Especificaciones basadas en la Norma NSO 67.45.01:06. Mezcla para preparar bebida de horchata. Especificaciones (referida por el solicitante).
- (2) El informe corresponde únicamente a la muestra remitida el 19/09/2016 y ensayada el 20/09/2016


 MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez
 QUIMICO-FARMACEUTICA



Fecha de análisis: 20-09-2016



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO**



162 Años
Al servicio de la
Educación Superior

Ciudad Universitaria
Final 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 2511-2028

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: **HORCHATA DE MORRO**
(EMPAQUE #2) Código: **200902**

Elaborado por: **Mujeres emprendedoras Asociación "La Vid"**

Procedencia: **Cantón San Jerónimo, Metapán, Santa Ana.** Fecha envasado: **09-07-2016**

Solicitante: **Claudia Machuca/María Zaldaña** Fecha de emisión: **17-09-2016**
Determinación de Coliformes Totales y Fecales, Recuento de Bacterias mesófilas aerobias y Mohos y Levaduras por el método de vertido en placa, Determinación de

Método: **Salmonella spp. por el método ausencia-presencia.**

Fecha de Muestreo: **No reportada** Hora de Muestreo: **No reportada**

Persona que tomó la muestra: **Claudia Machuca / María Zaldaña**

Descripción: **Polvo de color café oscuro, con partículas heterogéneas, contenido en bolsa plástica transparente sellada. Contenido rotulado: 12 onzas.**

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES ⁽¹⁾
Recuento de bacterias mesófilas aerobias	Menor de 10 UFC/g	10 ⁵ UFC/g
Recuento de Mohos y levaduras	120 UFC/g	10 ³ UFC/g
Bacterias coliformes totales	60 UFC/g	10 ² UFC/g
Bacterias coliformes fecales	Menor de 10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g
<i>Salmonella spp</i>	Ausencia	Ausencia/25 g

UFC: Unidades formadoras de Colonias; **mL:** mililitro(s) de muestra; **< :** Menor a.

OBSERVACIONES:

- (1) Especificaciones basadas en la Norma NSO 67.45.01:06. Mezcla para preparar bebida de horchata. Especificaciones (referida por el solicitante).
- (2) El informe corresponde únicamente a la muestra remitida el 19/09/2016 y ensayada el 20/09/2016




Fecha de análisis: **20-09-2016**



INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: **HORCHATA DE MORRO (EMPAQUE #3)** Código: **200903**
 Elaborado por: Mujeres emprendedoras Asociación "La Vid"
 Procedencia: Cantón San Jerónimo, Metapán, Santa Ana. Fecha envasado: 09-07-2016
 Solicitante: Claudia Machuca/María Zaldaña Fecha de emisión: 17-09-2016
 Determinación de Coliformes Totales y Fecales, Recuento de Bacterias mesófilas aerobias y Mohos y Levaduras por el método de vertido en placa, Determinación de Método: Salmonella spp. por el método ausencia-presencia.
 Fecha de Muestreo: No reportada Hora de Muestreo: No reportada
 Persona que tomó la muestra: Claudia Machuca / María Zaldaña

Descripción: Polvo de color café oscuro, con partículas heterogéneas, contenido en bolsa plástica transparente sellada. Contenido rotulado: 12 onzas.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES ⁽¹⁾
Recuento de bacterias mesófilas aerobias	Menor de 10 UFC/g	10 ⁵ UFC/g
Recuento de Mohos y levaduras	160 UFC/g	10 ³ UFC/g
Bacterias coliformes totales	140 UFC/g	10 ² UFC/g
Bacterias coliformes fecales	Menor de 10 UFC/g	Menor de 10 UFC/g
<i>Salmonella spp</i>	Ausencia	Ausencia/25 g

UFC: Unidades formadoras de Colonias; **mL:** mililitro(s) de muestra; **< :** Menor a.

OBSERVACIONES:

(1) Especificaciones basadas en la Norma NSO 67.45.01:06. Mezcla para preparar bebida de horchata. Especificaciones (referida por el solicitante).

(2) El informe corresponde únicamente a la muestra remitida el 19/09/2016 y ensayada el 20/09/2016

MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez
QUIMICO-FARMACEUTICA



Fecha de análisis: 20-09-2016