



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

***CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE UN
POSTRE DE ARROZ CON LECHE Y CHÍA ADICIONADO CON
NATAMICINA Y SORBATO DE POTASIO***

TRABAJO RECEPCIONAL EN LA MODALIDAD DE:

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Licenciada de Química en Alimentos

PRESENTA:

Vania Gabriela Martínez Paredes

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

Dra. Elizabeth Contreras López



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Institute of Basic Sciences and Engineering
Área Académica de Química
Chemistry Department

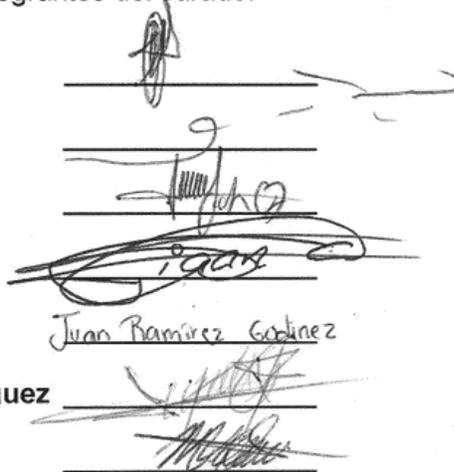
M. en A. JULIO CÉSAR LEINES MEDÉCIGO
DIRECTOR DE CONTROL ESCOLAR
DE LA U.A.E.H.

Presente:

Por este conducto le comunico que el jurado asignado a la pasante de la Licenciatura de Química en Alimentos **Vania Gabriela Martínez Paredes**, quien presenta el trabajo de investigación **"Caracterización y evaluación de la vida útil de un postre de arroz con leche y chía adicionado con natamicina y sorbato de potasio"**, después de revisar el trabajo en reunión de Sinodales, estos han decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

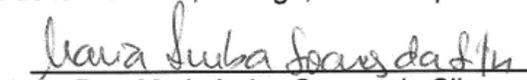
A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Jurado:

- | | |
|------------------|--|
| Presidente | Dra. Verónica Salazar Pereda |
| Primer vocal | Dra. Elizabeth Contreras López |
| Segundo vocal | Dra. Judith Jaimez Ordaz |
| Tercer vocal | Dr. Giaan Arturo Álvarez Romero |
| Secretario | M. en C. Juan Ramírez Godínez |
| Primer suplente | Q.A. Juan Francisco Gutiérrez Rodríguez |
| Segundo suplente | Mtra. María Elena Martínez Román |



Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"
Mineral de la Reforma, Hidalgo, 14 de Septiembre de 2016


Dra. Maria Luisa Soares da Silva
Coordinadora Adjunta
Licenciatura en Química de Alimentos



Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Ciudad del Conocimiento
 Carretera Pachuca - Tulancingo km. 4.5
 Colonia Carboneras
 Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184
 Tel. +52 771 7172000 exts. 2200 y 2201, Fax 6502
 aaq_icbi@uaeh.edu.mx

www.uaeh.edu.mx



Agradecimientos

Este trabajo de tesis elaborado en mi apreciada Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo es un esfuerzo en el cual directa e indirectamente participaron distintas personas, dándome su opinión, consejos, brindándome su ayuda incondicional, escuchándome, teniéndome paciencia, dándome ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad, y por lo cual estoy profundamente agradecida con la vida y con Dios por haberme rodeado de todas aquellas personas que formaron parte importante de este camino, ya que sin ellas nada de esto hubiera sido posible y a las cuales quiero agradecer particularmente a continuación.

En primer lugar, a mi directora de tesis Dra. Elizabeth Contreras López, le agradezco por haberme brindado la confianza para llevar a cabo este proyecto, por tenerme paciencia y guiarme con sus consejos y su amplio conocimiento durante este camino, por su apoyo incondicional y por siempre tener tiempo para resolver mis dudas, escuchar mis inquietudes y mostrar siempre su interés y la mejor disposición para que este trabajo saliera adelante de la mejor manera.

A mis padres les extiendo el más profundo agradecimiento, ya que sin ellos el día de hoy no estaría aquí. Gracias por su apoyo incondicional, sus consejos, paciencia y confianza, por nunca dejarme sola y aguantarme en los malos momentos pero también por abrazarme en los momentos de alegría; pero sobre todo gracias por siempre creer en mí.

A mi pequeña hermana Valeria, gracias por ayudarme siempre que lo necesité, por ser mi confidente y por nunca dejarme sola, gracias por tu paciencia y comprensión, eres la mejor hermana que la vida pudo darme.

Extiendo un especial agradecimiento a Liz Nava y Juan R. Godínez, dos grandes amigos que durante este proyecto me brindaron su incondicional y desinteresada ayuda y apoyo, sin ustedes dos este proyecto no hubiera sido posible, igualmente gracias por sus consejos, por compartirme su conocimiento y por los buenos momentos que vivimos.

Igualmente a mis grandes amigos Abril, Giovanni, Mariana, Itzel y Fany, con los que compartí momentos inolvidables durante mi formación profesional, gracias por su apoyo y amistad, en especial a Abril con la que siempre conforme un gran equipo dentro y fuera de las aulas de clase.

Y por último pero no menos importante agradezco al Dr. Giaan, Dra. Judith, Dra. Verónica, Q.A Juan Francisco y a la Mtra. María Elena por su disposición y valiosa colaboración en la corrección del documento de tesis. Y a todos los profesores que me compartieron su conocimiento y experiencia durante mi formación profesional.

Vania Gabriela

ÍNDICE

	PAG
Índice de Tablas	III
Índice de Figuras	III
1. Introducción	1
2. Antecedentes	2
2.1 Arroz con leche	2
2.1.1 Materias primas empleadas para la elaboración del arroz con leche	2
2.2 Conservación de alimentos	7
2.3 Conservadores en alimentos.....	8
2.3.1 Sorbatos	12
2.3.2 Natamicina	12
2.4 Vida útil	13
2.4.1 Etapas del ensayo de vida útil. Principios de las Pruebas Aceleradas de Vida Útil (PAVU).....	13
2.5 Análisis Sensorial.....	14
2.5.1 Aplicación de la evaluación sensorial en estudios de la vida útil de un alimento	14
2.5.2 Tipos de pruebas empleadas en la evaluación sensorial	15
2.5.3 Pruebas afectivas utilizadas en el análisis sensorial	16
3. Objetivos	18
3.1 Objetivo General	18
3.2 Objetivos Específicos.....	18
4. Metodología	19
4.1 Formulación del producto	19
4.1.1 Análisis sensorial.	20
4.2 Caracterización proximal del producto	22

4.3 Vida útil	27
4.3.1 Acidez	28
4.3.2 Determinación del pH.....	29
4.3.3 Análisis microbiológico	29
4.3.4 Evaluación sensorial.....	31
5. Resultados y discusión.....	33
5.1 Selección de la formulación mediante la prueba de preferencia por ordenamiento.....	33
5.1.1 Análisis estadístico de datos mediante la Prueba de Friedman	33
5.2 Caracterización inicial del producto	35
5.2.1 Composición Proximal de la formulación base adicionada al 1% de chía	35
5.2.2 Calidad microbiológica inicial del producto seleccionado	37
5.2.3 Caracterización físicoquímica inicial del producto.....	38
5.3 Estimación de la vida útil del producto desarrollado a través del monitoreo de los factores de deterioro	40
5.3.1 Monitoreo de parámetros microbiológicos.....	41
5.3.2 Monitoreo de parámetros físicoquímicos	43
5.3.3 Análisis sensorial	47
5.4 Correlación entre datos sensoriales y físicoquímicos.....	48
6. Conclusiones	51
7. Referencias.....	52
ANEXOS	55

Índice de Tablas

Tabla 1. Composición del arroz con cáscara (paddy), integral y pulido.....	2
Tabla 2. Composición química detallada de la leche.....	4
Tabla 3. Energía y composición porcentual correspondiente a diversos granos.....	7
Tabla 4. Generalidades y usos de los conservadores químicos.....	11
Tabla 5. Formulación base de arroz con leche.....	19
Tabla 6. Representación porcentual de los resultados de la evaluación sensorial	33
Tabla 7. Suma total de resultados del análisis sensorial	34
Tabla 8. Resultados del análisis proximal de dos diferentes formulaciones de arroz con leche y chía (g/100g de muestra).....	36
Tabla 9. Resultados de análisis microbiológico inicial del arroz con leche adicionado al 1% de chía.....	37
Tabla 10. Valores iniciales de acidez y pH del arroz con leche y chía adicionado al 1% de chía .	38
Tabla 11. Resultados de análisis microbiológico para la determinación de la vida útil	41
Tabla 12. Cambios de pH para el arroz con leche y chía almacenado a 4°C durante 6 semanas	44
Tabla 13. Cambios en el porcentaje de acidez titulable (g ácido. láctico/L) en el tiempo para arroz con leche y chía almacenado a 4°C.....	44
Tabla 14. Parámetros cinéticos de pH y acidez del producto desarrollado	45
Tabla 15. Valores de vida útil del producto con diferentes tratamientos de procesamiento	46

Índice de Figuras

Figura 1. Proceso de elaboración de la formulación base de arroz con leche	20
Figura 2. Ficha de cata para la prueba de ordenamiento por preferencia.....	21
Figura 3. Esquema de diluciones	29
Figura 4. Ficha de cata para prueba de diferencia con un control.....	32
Figura 5. Evolución de la diferencia en la calidad global del arroz con leche y chía percibida por los panelistas a través del tiempo	47
Figura 6. Gráfico de correlación entre estudio sensorial (calidad global) y la acidez titulable de la muestra control.....	49
Figura 7. Gráfico de correlación entre estudio sensorial (calidad global) y la acidez titulable de la muestra con natamicina.....	49
Figura 8. Gráfico de correlación entre estudio sensorial (calidad global) y la acidez titulable de la muestra con sorbato de potasio	50

1. Introducción

El arroz con leche es un postre dulce, ampliamente consumido en México. Contiene entre siete y diez veces más leche que arroz, además de estos ingredientes, también puede incluir cáscara de limón, canela o sus aromas, o adicionarse con diferentes ingredientes como vainilla, pasas, nueces, chía, entre otros. Este producto generalmente se prepara de manera artesanal, sin embargo, debido a su gran popularidad y aceptación, en los últimos años se ha observado un incremento en su producción a nivel industrial. En este caso, la formulación del postre también puede contener leche en polvo, almidón, aromas y estabilizadores entre otros aditivos; la mezcla final de ingredientes dependerá del fabricante.

Debido a las características propias del arroz con leche, tales como su composición fisicoquímica, derivada de su alto contenido en leche, azúcar y arroz, este postre es susceptible a diferentes tipos de deterioro (microbiano, fisicoquímico y sensorial). Sin embargo, el tipo de deterioro que puede sufrir dependerá de factores como la calidad microbiológica inicial de los ingredientes, las buenas prácticas de manufactura, las condiciones de almacenamiento y el uso de conservadores, entre otros.

La natamicina y el sorbato de potasio, son sustancias utilizadas en la conservación de los alimentos debido a su acción antifúngica y antimicrobiana, respectivamente. Su adición a los alimentos en concentraciones adecuadas permite el control de los factores de descomposición y/o alteración asociada con la presencia de microorganismos y logra el mantenimiento de las propiedades sensoriales, microbiológicas, nutricionales y funcionales por un tiempo prolongado.

Es por ello que el objetivo de este trabajo es llevar a cabo la caracterización y evaluación de un arroz con leche y chía adicionado con natamicina y sorbato de potasio. Los resultados permitirán estudiar la influencia de estos conservadores en la vida útil del producto así como conocer los principales factores de deterioro de este tipo de postre.

2. Antecedentes

2.1 Arroz con leche

El arroz con leche es un postre elaborado en múltiples países y por ende existen diferentes versiones, sin embargo, en todas sus variaciones el arroz con leche está constituido de tres ingredientes elementales: arroz, leche y azúcar y se obtiene mediante la cocción del arroz en la leche con el azúcar, igualmente se le adiciona vainilla, canela, cáscara de cítricos (naranja o limón), entre otros, para aromatizarlo y que se puede consumir frío o caliente.

2.1.1 Materias primas empleadas para la elaboración del arroz con leche

2.1.1.1 Arroz

El arroz (*Oryza sativa* L.) es el cultivo cerealero más importante del mundo en desarrollo y el alimento básico de más de la mitad de la población del mundo. Suele ser considerado como una planta herbácea anual semiacuática. Se conocen unas veinte especies del género *Oryza* pero prácticamente todo el arroz cultivado pertenece a *O. sativa* L. (Bienvenido, 1994).

El grano de arroz está conformado por tres componentes básicos: almidón, proteínas y lípidos que constituyen el 98.55% de la materia seca; el porcentaje de estos elementos varía de acuerdo con el grado de procesamiento del arroz (Tabla 1) (Martínez y Cuevas, 1989).

Tabla 1. Composición del arroz con cáscara (paddy), integral y pulido, (Martínez y Cuevas, 1989).

Componentes	Arroz paddy	Arroz integral	Arroz pulido
Proteína	5.8-7.7	7.1-8.3	6.3-7.1
Lípidos	1.5-2.3	1.6-2.8	0.3-0.3
Fibra	7.2-10.4	0.6-1.0	0.2-0.5
Cenizas	2.9-5.2	1.0-1.5	0.3-0.8
Carbohidratos solubles	63.6-73.2	72.9-75.9	76.7-78.4
Almidón	53.4	66.4	77.6
Energía (kJ/g)	15.8	15.2-16.1	14.6-15.6

El arroz es utilizado para la alimentación humana, en la industria de alimentos se emplea para diferentes fines en la elaboración de sopas, dulces, alimentos para bebés, etc.

2.1.1.2 Leche

La leche es un líquido secretado por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos, tras el nacimiento de la cría (Alais, 2003); la leche de vaca es la más abundante y la de mayor consumo en el mundo.

- **Propiedades físicas y químicas de la leche:**

La leche contiene diferentes grupos de nutrientes, las sustancias orgánicas (carbohidratos, lípidos, proteínas) están presentes en cantidades más o menos iguales y constituyen la principal fuente de energía. Estos nutrientes se reparten en elementos constructores, las proteínas, y en compuestos energéticos, los carbohidratos y los lípidos (Badui, 2006). Otros componentes principales son los componentes minerales (Ca, Na, K, Mg, Cl), la composición química detallada de la leche se presenta en la Tabla 2.

La leche de vaca tiene una densidad media de 1.032 g/mL. Es una mezcla compleja y heterogénea compuesta por un sistema coloidal de tres fases:

- Solución: los minerales así como los carbohidratos se encuentran disueltos en el agua.
- Suspensión: las sustancias proteicas se encuentran con el agua en suspensión.
- Emulsión: los lípidos en agua se presentan como emulsión. Contiene una proporción importante de agua (cerca del 87%). El resto constituye el extracto seco que representa el 13%.

El pH de la leche es ligeramente ácido, con un promedio de 6.7; dado por el contenido de humedad de 87% y la combinación de nutrientes. Otra propiedad química importante es la acidez, o cantidad de ácido láctico, que suele ser el 0.15-0.16% de la leche (Revilla, 1982).

La leche y sus derivados constituyen un alimento de alta calidad nutricional para la humanidad. Sus características microbiológicas y químicas le permiten ser procesada de muchas maneras con el objetivo de obtener diversos productos. Antes de ser consumida, la leche es sometida a varios tratamientos con el fin de conservar o mejorar su calidad microbiológica y así cumplir con las normas de calidad necesarias para el consumo de productos lácteos.

La leche es la base de la industria láctea y la materia prima principal de diversos productos alimentarios; tiene una infinidad de formas de industrialización, especialmente porque se ha desarrollado mucha tecnología, en cuanto a maquinaria y procesos se refiere; probablemente debido a que es un producto de mucha aceptación a nivel de consumidores en todo el mundo. De la leche se pueden obtener derivados directos como quesos, leche fluida pasteurizada, leche descremada, leche en polvo, etc., también se debe tener presente que la leche se puede usar como ingrediente importante en la elaboración de muchos otros productos alimenticios (Molina, 2013).

Tabla 2. Composición química detallada de la leche, (Revilla, 1982).

Constituyente o grupo de constituyentes	Cantidad aproximada por litro de leche
Agua	790-905 g
Lípidos en emulsión	22-80 g
Grasa (triglicéridos)	37 g
Fosfolípidos (lecitina)	0.30-0.50 g
Esteroles	0.10 g
Tocoferoles	0.30-1.20 mg
Carotenoides	0.02-0.04mg
Vitamina A	1600 UI
Vitamina D	13-33 UI
Vitamina E	0.2-1.84 mg
Vitamina K (Menadiona)	80µg
Proteínas en dispersión coloidal	35 g
Caseína (alfa, beta y gamma)	27.10 g
Albúmina	4.06 g
Beta lactoglobulina	2.60 g
Alfa lactoglobulina	1.17 g
Albúmina de suero sanguíneo	0.34 g
Globulinas	0.77 g
Euglobulinas	?
Pseudoglobulinas	?
Proteosas-peptonas	1.13 g
Enzimas	?
Peroxidasa, catalasa, xantinoxidasa, fosfatasas, lipasas, reductasa, proteasas, amilasa, lisozima, lactasa, aldolasa	?
Materiales disueltos	
Carbohidratos	50g
Lactosa	49 g
Glucosa	50 mg
Otros azúcares	?
Iones y sales orgánicas e inorgánicas	
Calcio (CaO)	0.90-2.20 g

Fósforo (P ₂ O ₅)	0.75-2.90 g
Potasio (K ₂ O)	1.20-2.20 g
Sodio (Na ₂ O)	0.35-1.50g
Magnesio (MgO)	0.14-0.20g
Cloro (NaCl)	0.70-2.20g
Azufre (SO ₄)	0.30g
Carbonatos (CO ₂)	0.20g
Citratos (ácido cítrico)	1.20-2.20g
Cobre	0.13-0.25mg
Hierro	0.45-0.65mg
Zinc	0.42-3.90mg
Cobalto	0.25mg
Estaño	0.11mg
Yodo	40-70µg
Aluminio	460µg
Arsénico	50µg
Boro	270µg
Bromo	200µg
Cromo	15µg
Flúor	150µg
Plomo	40µg
Manganeso	22µg
Molibdeno	73µg
Selenio	40- 1270µg
Sílica	1430µg
Bario, litio, rubidio, plata, estroncio, titanio, vanadio	?
Vitaminas hidrosolubles	
Tiamina	0.35-0.45mg
Riboflavina	1.57mg
Piridoxina	0.35-0.48mg
Ácido pantoténico	2.90-3.50mg
Ácido nicotínico	0.85-1mg
Inositol	130-180mg
Ácido fólico	2.30µg
Biotina	15-35µg
Vitamina B ₁₂	3-7µg
Colina	130mg
Ácido ascórbico	16-20mg

?= Presencia, identidad o concentración dudosa

- **Principales usos de la leche**

La leche empezó a transformarse de forma accidental cuando se transportaba leche en estómagos de animales que poseen enzimas (proteasas), un tipo de proteínas específicas que cuajan la leche. De esta práctica surgió el proceso artesanal de elaboración del queso, tal vez el primer producto derivado de la leche. La leche representa una fuente

muy importante de nutrimentos para el ser humano y se ha transformado a lo largo de los años en un sinnúmero de productos (Estrada, 2011).

Según el Codex Alimentarius, por producto lácteo se entiende un “producto obtenido mediante cualquier elaboración de la leche, que puede contener aditivos alimentarios y otros ingredientes funcionalmente necesarios para la elaboración” (CODEX STAN 206-1999). La diversidad de productos lácteos varía considerablemente de región a región y entre países de la misma región, según los hábitos alimentarios, las tecnologías disponibles de elaboración de la leche, la demanda de mercado y las circunstancias sociales y culturales. Sin embargo, los productos elaborados con leche más representativos de su uso como materia prima son: leche en polvo, quesos, leches fermentadas (yogurt, keffir, etc.), leche evaporada, leche condensada, mantequilla, entre otros.

2.1.1.3 Chía

La chía (*Salvia hispanica* L.) es una planta herbácea, anual y estival que pertenece a la familia Lamiaceae. Su origen se remonta a los 3500 años a.C., y fue conocida por las culturas precolombinas de México y de Guatemala. Habitualmente se denomina semilla al fruto de chía, el que se clasifica dentro de los frutos secos indehiscentes. Su tamaño es de 1 mm a 1,2 mm de ancho y 2 mm a 2,2 mm de largo aproximadamente; tiene una forma oval y la capacidad de desarrollar un mucílago cuando se hidrata (Rovalti, Escobar y Prado, *s.f*).

La chía resurgió muchos años después, adquiriendo particular importancia por la composición química de su semilla. Posee entre un 34% y 35,6% de ácidos grasos, destacándose el alfa-linolénico (64%), perteneciente a la serie omega³. Posee además 25% de fibra y 20% de proteínas. Es también fuente de otros compuestos de gran importancia para la salud, tales como antioxidantes, vitaminas y minerales. No contiene gluten, por lo que es apta para celíacos, lo que la convierte en un alimento completo y saludable, desconociéndose la existencia de componentes tóxicos en ella (Rovalti, Escobar y Prado, *s.f*); debido a estas propiedades se ha incrementado el interés comercial por *Salvia hispanica* y se han industrializado diferentes productos alimenticios y medicinales preparados con semilla de chía (Hernández, *et. al.*, 2008).

La Tabla 3 muestra la composición de las semillas de chía y la correspondiente a cinco cereales de mayor importancia a nivel mundial (arroz, cebada, avena, trigo, maíz). En la

misma puede observarse que el contenido de proteínas, lípidos, fibra y energía de la semilla de chía es mayor que los demás presentes en los otros cultivos.

Tabla 3. Energía y composición porcentual correspondiente a diversos granos

Grano	Energía Kcal/100g	Proteínas	Lípidos	Carbohidratos	Fibra	Cenizas
				%		
Arroz ¹	358	6.5	0.5	79.1	2.8	0.5
Cebada ¹	354	12.5	2.3	73.5	17.3	2.3
Avena ¹	389	16.9	6.9	66.3	10.6	1.7
Trigo ¹	339	13.7	2.5	71.1	12.2	1.8
Maíz ¹	365	9.4	4.7	74.3	3.3	1.2
Chía ^{2,3}	550	19-23	30-35	9-41	18-30	4-6

¹United States Department of Agriculture (2002); ²Ayerza y Coates (2004); ³Diario Oficial de la Unión Europea (2009).

2.2 Conservación de alimentos

La conservación comercial de alimentos no se estableció sino hasta principios del siglo XIX, después de una serie de descubrimientos que permitieron sentar las bases científicas y técnicas para dicha conservación, sin embargo, a pesar del completo desconocimiento que se tenía en la antigüedad de las causas de degradación de los alimentos, nuestros antepasados desarrollaron muchos métodos de conservación más o menos efectivos, que se emplearon durante cientos de años.

Las técnicas primitivas de conservación se desarrollaron a partir de la experiencia y de la necesidad. El hombre utilizó, según el hábitat en que vivía, diferentes formas de conservación de sus alimentos. Entre los métodos más comunes se encuentran: el secado, el ahumado, el salado, el encurtido y, cuando las temperaturas eran suficientemente bajas, la congelación. Con frecuencia, varios de estos métodos se utilizaban combinados, muchas veces inconscientemente, para obtener un producto que se mantuviera mejor que el conservado por un único método.

Los métodos tradicionales de conservación de alimentos se desarrollaron por prueba y error y conducían a productos de características variables y de inconsistente durabilidad. Aunque estos métodos fueron refinándose con el paso del tiempo, muchos de ellos no producían un alimento adecuadamente conservado que fuese además nutritivo y

apetitoso. Ninguno fue capaz de conservar todos los alimentos y en general estaban muy limitados a productos específicos. Fue hacia finales del siglo XVIII cuando la industrialización y los largos viajes por mar provocaron la necesidad de conseguir que los métodos de conservación de alimentos fueran aplicables a productos muy diferentes.

En la historia de la conservación de alimentos hay un punto de inflexión alrededor del año 1860. Antes de esa fecha, los alimentos conservados eran caros, usados por los ricos y por las expediciones navales, se producían en áreas urbanas y en consecuencia no contribuían en la alimentación de la población en general. Es a partir de 1860, cuando los alimentos conservados comienzan a producirse donde la materia prima era barata y abundante, por ejemplo en Australia y América del Sur, desde donde se exportaba a Europa. La introducción de las técnicas de producción en masa a partir de 1860 tiene como consecuencia una reducción rápida de los costes de los alimentos conservados. Casi al mismo tiempo, comienzan a conocerse las causas del deterioro microbiano de los alimentos y los procesos empíricos de la tecnología de alimentos empiezan a apoyarse en bases científicas (Casp y Abril, 2003).

2.3 Conservadores en alimentos

El ser humano ha utilizado desde tiempo inmemorial algunas sustancias químicas, cuyos efectos beneficiosos permitían prolongar el tiempo de vida de muchas materias primas alimenticias, a este tipo de sustancias se les conoce como *conservadores*.

Un *conservador químico* es aquella sustancia o mezcla de sustancias, de carácter orgánico o inorgánico, capaces de inhibir, retardar o detener los procesos de deterioro de los alimentos como pueden ser fermentaciones, putrefacción, enmohecimiento, acidificación, entre otros provocados por microorganismos o enzimas (Badui, 2006). Las funciones conservadoras de estas sustancias se atribuyen a sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antipardeamiento, etc.

El aprovechamiento de las propiedades conservadoras de muchas sustancias químicas ha dado lugar al desarrollo de numerosos métodos químicos de conservación de alimentos. Por las consecuencias de su empleo, se pueden distinguir dos grandes grupos de metodologías:

- Métodos que, además de conservar, provocan modificaciones profundas en las características sensoriales y nutritivas de la materia prima alimenticia.

- Métodos que sólo pretenden conservar mediante la adición de una sustancia química, o de una mezcla de ellas, sin afectar a las propiedades sensoriales de los productos alimenticios. En estos casos, el alimento puede permanecer estable durante mucho tiempo, o bien su vida útil sólo se prolonga si el almacenado se complementa con una refrigeración (Bello, 2000).

De acuerdo con su procedencia se puede establecer una distinción entre varios grupos de conservadores (Bello, 2000):

- **Sustancias antimicrobianas**, formadas en el seno de un alimento o bien, adicionadas al alimento de modo intencionado, que propiamente constituyen los aditivos conocidos bajo el nombre de *conservadores químicos*.
- **Sustancias bactericidas**, contenidas en algunas especias, o elaboradas por algunos microorganismos, que tienen una acción destructora frente a determinadas especies microbianas, de modo particular frente a las bacterias gram-positivas y a las que forman esporas, e incluso frente a algunas bacterias patógenas concretas como *Listeria monocytogenes*. Suelen ser de naturaleza peptídica poseedora de una actividad antibiótica.

Un ejemplo de este tipo de conservadores es la natamicina, también llamada piramicina, que es producida por el *Streptomyces natalensis*, y es empleada en varios países como conservador contra hongos y levaduras (Badui, 2006).

- **Sustancias químicas contenidas en las especias**, o en sus aceites esenciales, con una actividad multifuncional no limitada a su acción conservadora, además de contribuir al *flavor* de los alimentos en cuya formulación intervienen, algunas de sus estructuras químicas tienen un efecto inhibitorio frente a muchos microorganismos, sobre todo frente a bacterias gram-positivas, mucho más sensibles que las gram-negativas.

Otra forma de clasificar a los conservadores es de acuerdo a su naturaleza química, como conservadores orgánicos e inorgánicos (Hernández, 1999):

A. Conservadores orgánicos:

- Ácidos orgánicos saturados (acético, propiónico, láctico)
- Ácidos orgánicos insaturados (ácido sórbico y sus sales)
- Ácido benzoico y sus derivados

B. Conservadores inorgánicos:

- Nitritos y nitratos
- Sulfitos y derivados

Sin embargo, el empleo de conservadores está condicionado de acuerdo al tipo de alimento al que se vaya a adicionar y su efectividad depende de distintos factores como lo son: la especificidad de acción, composición del alimento, nivel inicial de la contaminación, el manejo y distribución del producto terminado (Badui, 2006). En la Tabla 4 se presentan algunas características generales para cada tipo de conservador químico, así como sus aplicaciones en alimentos.

Actualmente la sociedad ha ido tomando conciencia de la importancia de consumir productos alimenticios inocuos y de la más alta calidad. En este sentido, la tendencia actual es la sustitución de los antimicrobianos sintéticos por los naturales presentes en especies, hierbas, plantas o extractos (fenólicos, aceites esenciales, fitoalexinas, ácidos orgánicos, flavonoides, alcaloides, lactonas, glucósidos, glicósidos, dienos, sulfóxidos, isotiocianatos), animales (lisozima, lactoperoxidasa, lactoferrina, ovotransferina, avidina, transferinas, mieloperoxidasa, anticuerpos) o microorganismos (nisina, pediocina y otras bacteriocinas; subtilina, natamicina, y otros antibióticos, diacetil, bacteriófagos, levaduras y otros metabolitos) (Welti y Bermúdez, s.f).

Tabla 4. Generalidades y usos de los conservadores químicos, (Badui, 2006).

Conservador	pH óptimo	Toxicidad	Acción antimicrobiana	Usos
Conservadores orgánicos				
Ácido acético y acetatos	Ácido	NE	Levaduras, bacterias y hongos	Productos cárnicos que se almacenan por corto tiempo
Ácido propiónico y propionatos	Ácido ≤6 para propionatos de Na y Ca	NE	<i>B. mesentericus</i> Hongos	Panificación, quesos y frutas deshidratadas
Ácido sórbico y sorbatos	Ácido ≤6.5	NE	Hongos y levaduras	Quesos, encurtidos, jugos de frutas, pan, vino, pasteles, mermeladas y otros
Ácido benzoico y benzoatos	2.5-4	Nula a concentraciones de 0.05 a 0.1% en peso	Levaduras y bacterias y en menor grado hongos	Jugos de frutas, bebidas carbonatadas, postres, alimentos fermentados, mermeladas y otros
Conservadores inorgánicos				
Nitritos y nitratos	5.5	Nula a concentraciones: 200 ppm de nitritos y 500 ppm de nitratos	<i>A. botulinum</i>	Embutidos cárnicos
Sulfitos y dióxido de azufre	<4.5	Nula a concentraciones de 200-300 ppm		Vino
Antibióticos				
Nisina	Ácido	NE	Bacterias Gram-positivas	Vinos y quesos
Natamicina	4-7	NE	Hongos y levaduras	Lácteos, cárnicos, panificación, conservas y jugos de frutas

NE: no especificada

De especial interés para este trabajo son los sorbatos y la natamicina, es por ello que se describen a continuación su uso y propiedades.

2.3.1 Sorbatos

Actualmente el conservador más utilizado por la industria alimentaria es el ácido sórbico, ya sea en forma de ácido o como sorbatos. La razón principales que no es tóxico, además de que no aporta sabores, ni aromas extraños al alimento. Generalmente se usan en la industria alimentaria los sorbatos, que tienen la ventaja de que son más fácilmente solubles que el ácido sórbico (Calvo, s.f).

El ácido sórbico y sus sales de sodio y potasio se agregan en una cantidad <0.3% p/p para inhibir el crecimiento de hongos y levaduras en los alimentos con un pH de hasta 6.5; su efectividad aumenta al reducir el pH, es decir, la forma sin disociar es la activa. Ejercen su función al unirse a la superficie de las células microbianas, modificando la permeabilidad de la membrana y el metabolismo, aunque también se ha sugerido que su estructura de dieno interfiere con el sistema enzimático de las deshidrogenasas de los microorganismos. Se emplea en quesos, encurtidos, jugos de fruta, pan, vino, pasteles, mermeladas, entre otros. No son tóxicos para el hombre ya que se metabolizan como cualquier otro ácido graso, por medio de reacciones de β -eliminación (Badui, 2006).

2.3.2 Natamicina

La natamicina o piramicina, es un antibiótico producido por las bacterias *Streptomyces natalensis* y *S. chattanoogensis*, se pueden encontrar en el mercado en forma de polvo, suspensiones o soluciones. Es estable a pH 4-7, se descompone por la acción de los antioxidantes, de la luz y los metales pesados. Actúa sobre la membrana celular aumentando su permeabilidad y en algunos microorganismos sobre diferentes enzimas del metabolismo oxidativo; no tiene efecto sobre bacterias, su principal aplicación es contra levaduras y mohos (Villada, 2010).

Varios países han aprobado su utilización y se ha empleado desde hace más de 30 años para prolongar el tiempo de vida de diferentes productos. La natamicina elimina los mohos y levaduras eficazmente en dosis muy bajas (3-10ppm), sin embargo los niveles de adición recomendados oscilan típicamente entre 2.5 y 25ppm; puede utilizarse en una serie de aplicaciones tales como: el tratamiento superficial de quesos, el tratamiento superficial de productos cárnicos, la adición directa a yogur, nata agria, queso crema y requesón, la adición directa a zumos y pulpas de frutas, en conservas y finalmente en productos de panificación (San Lucas, 2012).

2.4 Vida útil

La vida útil de un alimento representa aquel periodo de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables. Entre muchas variables que deben considerarse en la vida útil de un alimento están: la naturaleza del alimento, su composición, las materias primas usadas, el proceso al que fue sometido, el envase y las condiciones de almacenamiento y distribución (Hough y Fiszman, 2005).

2.4.1 Etapas del ensayo de vida útil. Principios de las Pruebas Aceleradas de Vida Útil (PAVU)

Basándose en los fundamentos de la cinética de reacción de los alimentos, es posible diseñar y realizar científicamente buenos ensayos de vida útil. La meta es obtener la máxima información minimizando tiempo y costos, esto se consigue usando los Principios de los ensayos Acelerados de Vida Útil (pruebas aceleradas de vida útil o PAVU). Al diseñar pruebas de vida útil basadas en la pérdida de calidad de los alimentos deben seguirse los siguientes pasos:

1. Determinar la sanidad microbiológica y parámetros de calidad de la formulación y procesos propuestos.
2. Determinar, analizando los ingredientes y el proceso, cuáles son las principales reacciones químicas que probablemente determinan la pérdida de calidad.
3. Seleccionar el envase a usar en la prueba de vida útil. Los productos con baja humedad deben exponerse abiertos en cámaras a un porcentaje de humedad relativa (%HR) predeterminando o en tarros herméticos o bolsas impermeables al contenido de humedad y a_w deseados.
4. Seleccionar las temperaturas de almacenamiento (al menos dos).
5. Usando la representación gráfica de la vida útil y conociendo la vida útil deseada a la temperatura media de distribución, determinar cuánto tiempo deberá mantenerse a cada una de las temperaturas de ensayo. Si no se dispone de información sobre el valor Q_{10} probable, entonces se necesitan más de dos temperaturas de ensayo.
6. Decidir los ensayos a realizar y la frecuencia de realización a cada temperatura.

7. Representar gráficamente los datos a medida que se obtienen para determinar el orden de reacción y para decidir si la frecuencia entre pruebas se aumenta o se reduce. Con demasiada frecuencia los datos no son analizados hasta terminar el experimento, en cuyo caso el científico no puede sacar conclusiones.
8. Para cada condición de almacenamiento ensayada, la estimación de k (pendiente), hace que la representación gráfica sea adecuada para estimar la vida útil potencial en la condición de almacenamiento (final) deseada (Fennema, 2000).

2.5 Análisis Sensorial

La *Evaluación Sensorial* es una disciplina científica, mediante la cual se evalúan las propiedades organolépticas a través del uso de uno o más de los sentidos humanos (vista, olfato, gusto tacto y oído) (Posada, 2011).

Igualmente se define la evaluación sensorial como “la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído”. Así mismo la evaluación sensorial es una función que la persona realiza desde la infancia y que la lleva, consciente o inconscientemente, a aceptar o rechazar los alimentos de acuerdo con las sensaciones experimentadas al observarlos o ingerirlos. Sin embargo, las sensaciones que motivan este rechazo o aceptación varían con el tiempo y el momento que se perciben.

De esta manera, la calidad sensorial de un alimento es el resultado de la interacción entre el alimento y el hombre, dando origen a una sensación provocada por determinados estímulos procedentes del alimento a veces modulada por las condiciones fisiológicas, psicológicas y sociológicas de la persona o grupos de personas que la evalúa. Por lo tanto, la necesidad de adaptarse a los gustos del consumidor obliga a que, de una forma u otra, se intente conocer cuál será el juicio crítico del consumidor en la evaluación sensorial que realiza del alimento (Hough y Fiszman, 2005).

2.5.1 Aplicación de la evaluación sensorial en estudios de la vida útil de un alimento

Desde el punto de vista sensorial, se define la vida útil como “el tiempo durante el cual las características y desempeño del producto se mantienen como fueron proyectadas por el fabricante. El producto es consumible o utilizable durante este periodo, brindándole al

usuario final las características, desempeño y beneficios sensoriales deseado” (Posada, 2011).

Cuando la producción de un alimento está bien definida, tanto en términos instrumentales como sensoriales, la calidad del producto es más completa (Hough y Fiszman, 2005). Por ello cuando las empresas necesitan determinar la fecha de vencimiento de un alimento pueden utilizar valores publicados en libros, copiar la fecha de un producto similar en el mercado o pueden llevar a cabo un estudio completo para evaluar las características sensoriales del alimento a lo largo de su vida de anaquel (Posada, 2011). Este último caso es el que representa mayor dificultad como método para la determinación de la vida útil del alimento a evaluar; sin embargo, es el más recomendable, ya que a pesar de que requiere de mayor tiempo y recursos, es la vía más confiable para determinar la vida de anaquel del producto específico en desarrollo, que, aunque pertenezca a una misma categoría de alimentos, que son afines en composición, se va a comportar de manera diferente y su vida útil sensorial no será la misma que a otros productos ya existentes en el mercado.

2.5.2 Tipos de pruebas empleadas en la evaluación sensorial

2.5.2.1 Pruebas de discriminación

Las pruebas de discriminación pueden ser clasificadas de muy diversos modos, pero en la práctica las podemos dividir en dos grupos principales: las pruebas de diferencia global y las pruebas para diferenciar atributos.

Las pruebas de diferencia global son pruebas, como la triangular y la dúo-trío, diseñadas para demostrar si los evaluadores pueden detectar alguna diferencia entre las muestras.

Las pruebas para diferenciar atributos son aquellas en las que se evalúa si se encuentran diferencias entre un atributo (o en unos pocos) en particular y todos los otros son ignorados. En este grupo están las pruebas de comparación por pares y todos los tipos de pruebas de comparación múltiple.

- ***Prueba del triángulo o triangular:*** método empleado cuando el objetivo de la prueba es determinar si existe diferencia sensorial entre dos productos. Este método es particularmente útil en situaciones en las que el tratamiento puede

producir cambios en el producto, y no puede caracterizarse simplemente por uno o dos atributos.

- **Prueba de comparación por pares o pareada:** esta prueba se emplea cuando se quiere determinar de qué manera un atributo sensorial difiere entre dos muestras (por ejemplo: más dulce o menos dulce). Por este motivo igual se le conoce como prueba de preferencia direccional.
- **Prueba de diferencia con un control:** este ensayo se utiliza cuando se quiere determinar si existen diferencias entre una o más muestras con respecto a un control y, a su vez, estimar el tamaño de las diferencias. La prueba puede utilizarse para medir la diferencia global o medir la diferencia de un atributo. Esta prueba es útil en situaciones en que la diferencia es evidente, pero en las que el tamaño de la diferencia puede afectar las decisiones que deben tomarse. Este es el caso de pruebas de control de calidad y *ensayos de vida útil*.
- **Prueba de ordenación:** la prueba de ordenación o de ranking se utiliza para la determinación de diferencias perceptibles entre varios productos de acuerdo a la intensidad de una característica o propiedad determinada. La prueba permite determinar si existe diferencia entre tres o más muestras y el sentido de la misma (Hough y Fiszman, 2005).

2.5.3 Pruebas afectivas utilizadas en el análisis sensorial

El principal propósito de los métodos afectivos es evaluar la respuesta (reacción, preferencia o aceptación) de consumidores reales o potenciales de un producto, idea o característica específica de un producto. A diferencia de los métodos analíticos que se realizan con evaluadores seleccionados y entrenados, las pruebas afectivas se realizan con los consumidores objetivo del producto en cuestión. Los métodos afectivos cuantitativos son aquellos con los cuales se determina la respuesta de un gran grupo de consumidores (de 50 a 400) sobre la preferencia, atributos sensoriales, etc. Están basadas en el agrado o desagrado que provoca un producto o un conjunto de productos (Hough y Fiszman, 2005).

2.5.3.1 Pruebas de preferencia

- **Comparación por pares para medir preferencia:** el método fuerza la elección de un producto sobre otro sin indicar si los mismos eran aceptables o no. Puede abarcar uno o más pares de productos, y los consumidores pueden evaluar uno o más pares de muestras.

- ***Ordenamiento por preferencia:*** se utiliza cuando el objetivo del ensayo es comparar la preferencia de varias muestras. Este método indica la dirección de la preferencia, pero no la magnitud o tamaño de dicha preferencia. Es un método de elección forzada, sencillo y de fácil comprensión por parte de los consumidores (Hough y Fiszman, 2005).

2.5.3.2 Pruebas para medir aceptabilidad

La medición de aceptabilidad sensorial se realiza a través del uso de escalas hedónicas, permitiendo la evaluación de hasta 5 ó 6 muestras dependiendo de la naturaleza del producto. Se basan en que el consumidor dé su impresión una vez que ha probado las muestras señalando cuánto le agradan o desagradan (grado de aceptabilidad sensorial). El consumidor debe evaluar cada muestra sobre una escala que puede ser de tipo estructurada, semiestructurada o no estructurada. La marca que realiza el consumidor sobre la escala se transforma en un valor numérico (puntuación) que luego se analiza estadísticamente por análisis de varianza (Hough y Fiszman, 2005).

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Caracterizar un postre de arroz con leche y chíá adicionado con natamicina y sorbato de potasio como conservadores y evaluar los cambios en el producto a través del tiempo mediante el monitoreo de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, a fin de estimar su vida útil.

3.2 Objetivos Específicos

- 1.-** Desarrollar la formulación de un producto elaborado a base de leche, arroz y chíá, a través de pruebas de ensayo y error así como análisis sensorial a fin de determinar la mejor formulación.
- 2.-** Caracterizar el producto desarrollado mediante técnicas oficiales de análisis para conocer su composición química.
- 3.-** Adicionar natamicina y sorbato de potasio a la formulación obtenida con la finalidad de evaluar el comportamiento de ambos conservadores sobre la vida útil del producto.
- 4.-** Determinar la calidad microbiológica inicial del producto a través del recuento de bacterias mesófilas, coliformes, mohos y levaduras para conocer la población microbiana prevaleciente en el alimento.
- 5.-** Seleccionar los principales factores de deterioro del producto mediante una revisión bibliográfica a fin de establecer las propiedades a monitorear durante un periodo de tiempo determinado.
- 6.-** Estimar la vida útil del producto a través del monitoreo de los factores de deterioro para determinar el periodo de tiempo en el cual el producto mantiene sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.

4. Metodología

4.1 Formulación del producto

En base a una formulación estándar del producto constituida de arroz, leche, azúcar, vainilla y canela (Tabla 5), se adicionaron tres concentraciones diferentes de chía (1%, 1.5% y 2%). Estas se establecieron en base al estudio realizado por Gayosso (2015), en donde se observó que concentraciones superiores a 3% de chía afectan la preferencia del consumidor hacia este tipo de productos.

Tabla 5. Formulación base de arroz con leche

Materia prima	Cantidad (g)	%
Leche pasteurizada	1646.4	79.67
Arroz	250	12.09
Azúcar	150	7.25
Canela	10	0.48
Vainilla	10	0.48
Agua	500	-

El proceso de elaboración de la formulación estandarizada de arroz con leche se presenta en la Figura 1. Este consistió en pesar los insumos de acuerdo a las cantidades especificadas en la Tabla 5. Enseguida se lavó el arroz tres veces con agua (1:3 respectivamente), a fin de eliminar el exceso de almidón. Posteriormente se llevó a cabo la pre-cocción del arroz en agua (1:2 respectivamente) a una temperatura de ebullición de 94°C durante 10 minutos, al transcurrir dicho tiempo se drena el agua restante, al mismo tiempo que se precalentó la leche a 70°C, a la cual previamente se le adicionó el azúcar, canela, vainilla y el conservador empleado, al alcanzar dicha temperatura se le incorporó el arroz pre-cocido, y se dejó ebullición durante 35 minutos a temperatura de 97°C agitando constantemente. Al finalizar el proceso de cocción, se adicionó la chía, mezclando uniformemente para incorporarla completamente al arroz con leche y finalmente se realizó el envasado en bolsas de polietileno, a las cuales se les añadió 250g de producto y se sometieron a sellado al vacío, para posteriormente almacenarse en refrigeración a 4°C.

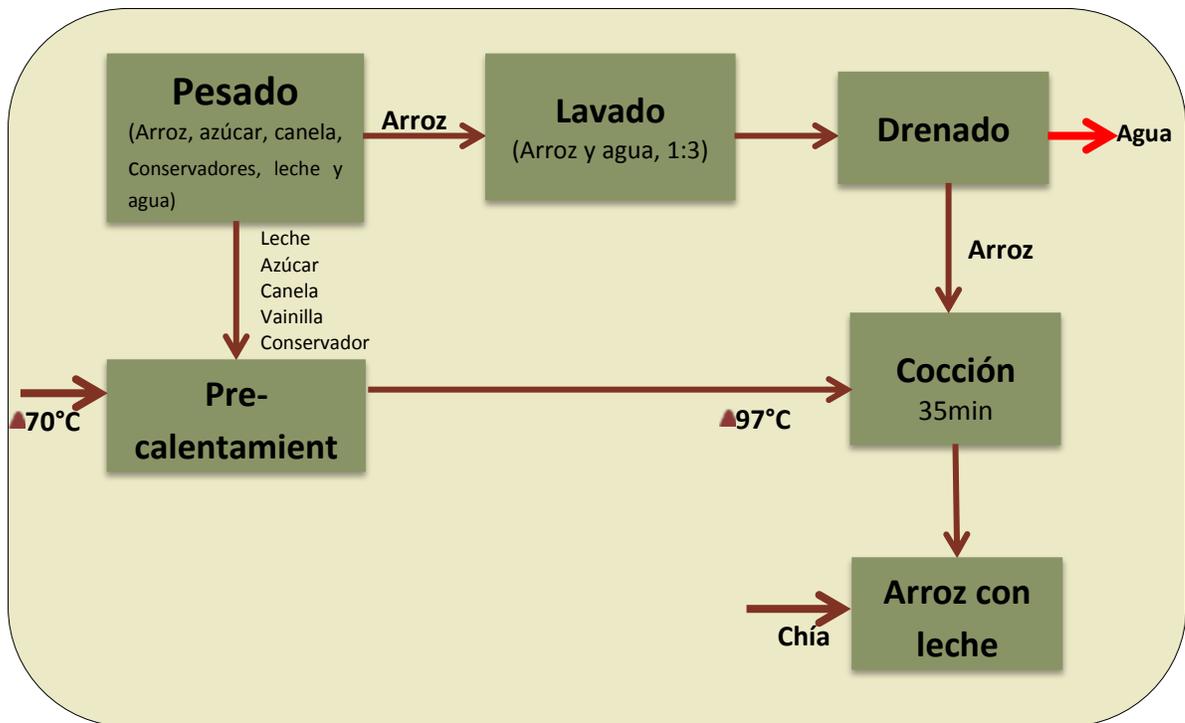


Figura 1. Proceso de elaboración de la formulación base de arroz con leche

Las formulaciones desarrolladas adicionadas de 1, 1.5 y 2% de chía, se sometieron a un análisis sensorial para, en base a los resultados, seleccionar la formulación más aceptada por los consumidores y posteriormente someterla a los análisis correspondientes de vida útil y caracterización fisicoquímica.

4.1.1 Análisis sensorial.

4.1.1.1 Prueba de ordenamiento por preferencia

La prueba consiste en colocar dos o más muestras de manera desordenada, y el objetivo es ordenarlas de mayor a menor o viceversa de acuerdo a la preferencia personal de un grupo de consumidores y/o a una característica en específico del producto (Espinosa, 2007).

Para realizar esta prueba se presentaron tres muestras de arroz con leche, cada una con diferente concentración de chía añadida (1%, 1.5% y 2%) a 135 consumidores; dichas muestras fueron codificadas con números aleatorios de tres dígitos, empleando los siguientes códigos: **169** para la muestra adicionada al 1%, **753** para la de 1.5% y **568** para la muestra con 2% y presentadas en diferente orden a cada consumidor, al cual se le pidió ordenarlas de acuerdo a su preferencia y/o agrado de mayor a menor, evaluando la textura (consistencia) del producto, ya que la chía modifica esta propiedad del alimento. Es importante mencionar que entre cada muestra el evaluador enjuagó su paladar con agua. La ficha de cata empleada se presenta en la Figura 2.

 Licenciatura de Química en Alimentos
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

PRUEBA DE PREFERENCIA POR ORDENAMIENTO

Nombre: _____ Género: Mujer Hombre
Edad: _____ Ocupación: _____

Producto: "Arroz con leche y chía"

Frente a usted hay tres muestras de arroz con leche y chía. Pruébelas de izquierda a derecha y ordénelas de acuerdo a su preferencia en cuanto a la característica de textura (consistencia) del producto.

Código de la muestra	
1º _____	Más preferida
2º _____	
3º _____	Menos preferida

Comentarios:

¡MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!

Figura 2. Ficha de cata para la prueba de ordenamiento por preferencia

4.2 Caracterización proximal del producto

Una vez seleccionada la muestra mediante el análisis sensorial, se llevó a cabo su caracterización fisicoquímica a fin de conocer su valor nutricional.

4.2.1.1 Determinación de humedad

Fundamento: La determinación se basa en la pérdida de agua que sufre la muestra al ser calentada en una estufa de vacío a 65°C, hasta peso constante. Generalmente a la pérdida del material que se volatiliza bajo estas condiciones, se le denomina humedad.

Equipo y material: Estufa de vacío, balanza analítica, desecador, pinzas para crisol, charolas de aluminio y espátula.

Procedimiento: El método empleado fue el 925.10 de la AOAC (1990).

Se sometieron a peso constante las charolas de aluminio (limpias y sin tocar), para lo cual se colocaron en la estufa de vacío a 65°C durante 4 horas. Una vez que se encontraron a peso constante se adicionaron 5 g de muestra. Ésta se distribuyó de manera uniforme de tal modo que la humedad pudiera evaporarse fácilmente. Las charolas se introdujeron entonces en la estufa de vacío a 65°C y permanecieron ahí hasta que el peso fue constante.

Cálculos: El porcentaje de humedad se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_o - P_f}{m} \times 100$$

Donde:

P_o = Peso de la charola con muestra antes del secado de la muestra (g)

P_f = Peso de la charola con muestra después del secado de la muestra (g)

m = Peso de la muestra (g)

4.2.1.2 Determinación de cenizas

Fundamento: La determinación de cenizas en seco es el método más común para cuantificar la totalidad de minerales en alimentos y se basa en la descomposición de la materia orgánica quedando solamente materia inorgánica en la muestra, esta técnica es eficiente ya que determina tanto cenizas solubles en agua, como insolubles y solubles en medio ácido. En este método toda la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a

una temperatura de 550°C; el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza.

Equipo y material: Crisoles de porcelana, balanza analítica, pinzas para crisol, desecador, espátula, estufa, parrilla de calentamiento y mufla.

Procedimiento: El método empleado fue el 923.03 de la AOAC (1990).

Se colocaron de 2 a 3 g de muestra en crisoles previamente limpios, lavados y puestos a peso constante en una mufla a 550°C; los crisoles con las muestras se incineraron en una parrilla de calentamiento (a su máxima temperatura), hasta observar la eliminación de todo el humo de la muestra, posteriormente, los crisoles se introdujeron en la mufla a 550°C durante 24 horas. Transcurrido este tiempo se procedió a pesar los crisoles hasta obtener un peso constante.

Cálculos: El porcentaje de cenizas se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_c - P_s}{m} \times 100$$

Donde:

P_c = Peso del crisol con cenizas (g)

P_s = Peso del crisol a peso constante (g)

m = Peso de la muestra (g)

4.2.1.3 Determinación de proteína por el método Kjeldahl

Fundamento: La proteína equivale al nitrógeno total tanto orgánico (nitrógeno amino y amido) como nitrógeno no proteico (urea, aminoácidos; etc.), obtenido mediante la digestión de la muestra con ácido sulfúrico (H_2SO_4) y la formación de hidróxido de amonio (NH_4OH) que es recibido en ácido para finalmente titularlo con álcali de una concentración conocida.

Equipo y material: Espátulas, vidrios de reloj, piseta, probeta (50 mL), agitador de vidrio, vasos de precipitado (250 y 1000 mL), perilla, agitador magnético, parrilla de agitación, matraz aforado (1000 mL), pipeta graduada (10 mL), matraces aforados (100 mL), tubos de digestión, digestor Kjeldahl, matraces Erlenmeyer (50 mL), destilador automático, bureta (25mL), pinzas para bureta, soporte universal.

Reactivos: Mezcla digestiva, solución indicadora, sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), ácido ortofosfórico (H_3PO_4), ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, ácido bórico (H_3BO_3), fenolftaleína ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$), verde de bromocresol ($\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{Br}_4\text{O}_5\text{S}$), rojo de metilo ($\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$), alcohol etílico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), sulfato de potasio (K_2SO_4), peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 30%, hidróxido de sodio (NaOH) al 50%, ácido clorhídrico (HCl) 0.01 N y agua destilada.

Mezcla digestiva: Se pesaron 3 g de sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) (el Cu actúa como catalizador) y se disolvió en 20 mL de agua destilada, se adicionaron 50 mL de ácido ortofosfórico (H_3PO_4) y se procedió a disolver completamente. Posteriormente, se adicionó cuidadosamente por las paredes del recipiente que contenía la mezcla 430 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado y se agitó la mezcla durante 30 minutos aproximadamente.

Solución indicadora: Se pesaron 5g de ácido bórico (H_3BO_3) y se disolvieron en agua destilada. Se adicionaron 35 mL de indicador A (100 mg de fenolftaleína ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$) aforados a 100 mL con alcohol etílico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$)) y 10 mL de indicador B (33 mg de verde de bromocresol ($\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{Br}_4\text{O}_5\text{S}$) + 66 mg de rojo de metilo ($\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$) aforados a 100 mL con alcohol etílico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$)). Esta mezcla se ajustó a un color café rojizo con ácido o álcali según se requiriera y se aforó a 1L con agua destilada.

Procedimiento: La determinación de proteína por el método Kjeldahl se llevó a cabo mediante el método 930.33 de la AOAC (1990).

Digestión: En un tubo de digestión se colocaron 70 mg de muestra, 0.5 g de sulfato de potasio (K_2SO_4) (para aumentar la ebullición) y 3 mL de mezcla digestiva. Los tubos se introdujeron en el digestor y se llevaron a 370°C por 15 minutos, transcurrido el tiempo, cada tubo se retiró y enfrió. Una vez fríos, se les adicionó 1.5 mL de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 30% y se volvieron a introducir en el digestor para alcanzar nuevamente 370°C y se mantuvieron así hasta el final de la digestión.

Los tubos se retiraron del digestor hasta que el contenido se observó completamente traslúcido, sin partículas negras en suspensión (indican materia orgánica no digerida). De igual manera, en forma simultánea se prepararon blancos sustituyendo la muestra por sacarosa o glucosa.

Destilación: La muestra previamente digerida, se transfirió al tubo de destilación y se colocó un matraz Erlenmeyer con 50 mL de solución indicadora, como recipiente de

destilación. En este caso el destilador automático se programó para adicionar al contenido del tubo 60 mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 50%, con un tiempo de destilación de 6 minutos al 60% de potencia de vapor.

Titulación: El contenido del matraz de recolección se tituló con ácido clorhídrico (HCl) 0.01 N hasta que el vire cambió de verde esmeralda a café rojizo.

Cálculos: El porcentaje de proteína se calcula mediante las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(P - B) \times N \times \text{meq} \times 100}{m}$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno} \times F$$

Donde:

P = Volumen de HCl gastado en la titulación de la muestra (mL)

B = Volumen de HCl gastado en la titulación del blanco (mL)

N = Normalidad del HCl empleado en la valoración

meq = Miliequivalentes de nitrógeno (0.014)

m = Peso de la muestra (g)

F = Factor de conversión (6.38)

4.2.1.4 Determinación de fibra cruda

Fundamento: La fibra cruda equivale a la pérdida por ignición, del residuo seco remanente después de la digestión de la muestra con ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 1.25% p/v e hidróxido de sodio (NaOH) al 1.25% p/v, bajo condiciones específicas.

Equipo y material: Estufa, pinzas para crisol, cápsulas de porcelana, mufla, digestor de fibra, parrilla de calentamiento, vasos de Berzelius (600 mL), dispositivo de filtración al vacío (matraz Kitasato, embudo Buchner, mangueras para vacío), tela de lino (del tamaño del diámetro del filtro) y embudos Buchner.

Reactivos: Ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 1.25% p/v, hidróxido de sodio (NaOH) al 1.25% p/v, antiespumante, alcohol etílico (CH₃CH₂OH) y agua destilada.

Procedimiento: La determinación del contenido de fibra cruda se llevó a cabo mediante el método 962.09 de la AOAC (1990).

Se pesaron de 2 a 3 g de muestra, se colocaron en un vaso de Berzelius, se agregaron unas perlas de vidrio y unas gotas de antiespumante. Posteriormente, se adicionaron cuidadosamente 200 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 1.25% p/v en ebullición y el vaso se colocó en el digestor (previamente caliente). Al cabo de 30 minutos de ebullición, el vaso se retiró, el contenido se filtró al vacío a través de la tela de lino y se lavó con agua destilada caliente hasta eliminar el ácido por completo (hasta que el lavado presente pH neutro). El residuo, junto con las perlas de vidrio, se transfirieron al vaso de Berzelius y se le adicionan 200 mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 1.25% p/v en ebullición, además de unas gotas de antiespumante; se coloca en el digestor y se deja en ebullición por 30 minutos. Transcurrido este tiempo, el contenido del vaso se filtró al vacío como en el paso anterior, se lavó con agua caliente y se adicionó al residuo 25 mL de alcohol etílico (CH₃CH₂OH) para eliminar una mayor cantidad de humedad. Este residuo se transfirió a una cápsula de porcelana a peso constante y se introdujo en la estufa para su secado a 105°C. Una vez a peso constante, la cápsula con el residuo se colocó en la mufla para su calcinación a 550°C hasta peso constante.

Cálculos: El contenido de fibra cruda en la muestra, se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{P_s - P_c}{m} \times 100$$

Donde:

P_s = Peso constante del crisol con el residuo seco (g)

P_c = Peso constante del crisol después de la calcinación (g)

m = Peso de la muestra (referido a la muestra original) (g)

4.2.1.5 Determinación de grasa por el método Soxhlet

Fundamento: Una cantidad previamente homogeneizada y seca, medida o pesada del alimento se somete a una extracción con éter de petróleo o éter etílico, libre de peróxidos o mezcla de ambos. Posteriormente, se realiza la extracción total de la materia grasa libre por Soxhlet.

Equipo y material: Sistema extractor Soxhlet (refrigerante, sifón, matraz balón 250mL), balanza analítica, papel filtro o dedal de celulosa, baño termorregulado, estufa de aire 103 + 2°C, manto calefactor o rotavapor, material usual de laboratorio.

Reactivos: Éter de petróleo P.E. 40-60°C.

Procedimiento: La determinación del contenido de fibra cruda se llevó a cabo mediante el método 920.85 de la AOAC (1990).

Se colocaron de 3 a 5g de muestra libre de humedad en un cartucho de celulosa, se tapó con algodón y se introdujo en el compartimiento de extracción de un equipo Soxhlet. Por otro lado, en un matraz balón de 250mL (previamente puesto a peso constante) se adicionaron 150mL de éter de petróleo. A continuación se procedió a un calentamiento moderado, hasta la extracción total de la grasa (aproximadamente 8 horas), regulando que el reflujo fuera gota a gota y constante. Una vez completada la extracción, la mayor parte del solvente se recuperó con un rotavapor y el resto se eliminó colocando el matraz en una estufa a 65°C hasta peso constante.

Cálculos: El contenido de grasa en la muestra, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasa cruda} = \frac{P_f - P_0}{m} \times 100$$

Donde:

P_f = Peso constante del matraz con el extracto etereo (g)

P_0 = Peso constante del matraz antes de la determinación (g)

m = Peso de la muestra fresca referido al peso original (g)

4.2.1.6 Determinación de carbohidratos

Procedimiento: Estos se calcularon por diferencia.

Cálculos: El contenido de carbohidratos en la muestra, se calculó mediante la siguiente fórmula:

$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Cenizas} + \% \text{ Proteína} + \% \text{ Fibra cruda} + \% \text{ Grasa})$

4.3 Vida útil

Para la determinación de la vida útil se empleó la muestra seleccionada en la prueba de preferencia por ordenamiento. Dicha formulación fue sometida a dos diferentes conservadores: natamicina y sorbato de potasio en una concentración de 10 ppm

(CODEX, 2000). Ambos tratamientos se aplicaron con la finalidad de compararlos contra una muestra control (sin adición de conservador); evaluar cuál es el mejor conservador para el producto y con ello preservarlo por un periodo de tiempo prolongado.

Para estimar la vida útil del control y del producto adicionado de natamicina y sorbato de potasio, se colocaron las muestras en bolsas de polietileno y se almacenaron a 4°C. Los factores seleccionados como parámetros de calidad fueron: acidez, pH, bacterias mesófilas, coliformes y mohos y levaduras. Estos fueron monitoreados semanalmente durante un periodo de 6 semanas en total.

4.3.1 Acidez

Fundamento: La leche fresca, en estado normal, no contiene prácticamente ácido láctico. Al determinarse la acidez total, el gasto de álcali es debido al CO₂ disuelto, fosfatos ácidos, proteínas (principalmente caseína), y citratos ácidos contenidos en la leche. El ácido láctico producido durante el “agriado”, se debe fundamentalmente a la acción de microorganismos del tipo de los estreptococos lácticos, sobre la lactosa (AOAC, 1990).

Equipo y material: balanza analítica, vaso de precipitados (100mL), bureta (50mL), soporte universal, pinzas para bureta, matraz aforado (50mL), espátula, gotero y matraz Erlenmeyer (250mL)

Reactivos: NaOH 0.1 N y fenolftaleína 0.5% en etanol 95%.

Procedimiento: pesó en un vaso de precipitados 9 g de muestra y se adicionaron de 4–5 gotas de fenolftaleína, para posteriormente neutralizar con NaOH 0.1 N, hasta alcanzar un pH de 8.3 y observar un vire a color rosa débil pero persistente.

Cálculos: Como la solución utilizada es NaOH 0.1 N, se mide la acidez mediante los grados Dornic (forma común de medir la acidez en la industria láctea). Los grados Dornic se obtienen según el volumen de NaOH gastados:

$$^{\circ}\text{Dornic} = 10 \times V \text{ gastado (mL)}$$

Expresando la acidez como g de ácido láctico por cada 100mL de base:

$$\% \text{ Ácido Láctico} = ^{\circ}\text{D} \times 0.01 = ^{\circ}\text{D} \times 10^{-2}$$

4.3.2 Determinación del pH

Se realizó la calibración del equipo por medio de buffers adecuados (pH 4.00 y pH 7.00), posteriormente se procedió directamente a la medición del valor de pH correspondiente a la muestra en estudio (CAA, 1989), realizándola por triplicado.

4.3.3 Análisis microbiológico

4.3.3.1 Preparación de la muestra para análisis microbiológico

La preparación de la muestra se realizó de acuerdo a la NOM-110-SSA1-1994. Se pesaron 10 g de cada muestra en una bolsa plástica estéril y se adicionan 90 mL de diluyente estéril. La mezcla se homogeniza en un Stomacher-400 durante 1 minuto, constituyendo la dilución primaria a partir de la cual se realizaran cinco diluciones decimales transfiriendo 1 mL de la primera dilución en 9 mL del mismo diluyente, hasta llegar a la dilución quinta dilución, como se muestra en la Figura 3. Dichas disoluciones se emplearon para las tres técnicas de recuento a continuación descritas.

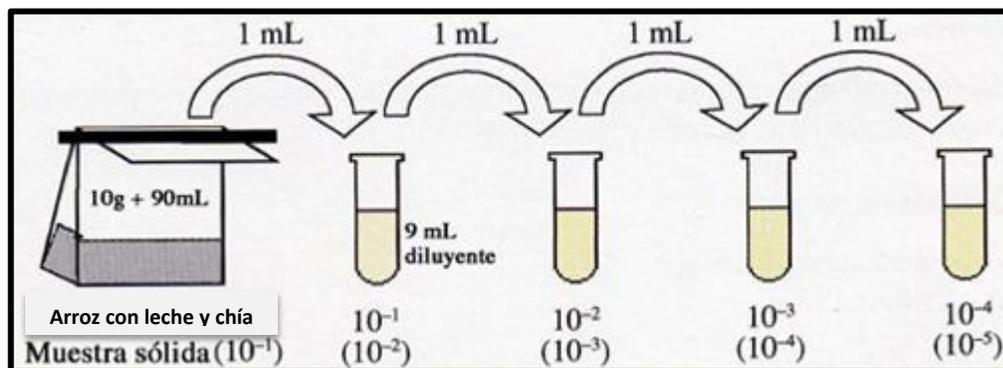


Figura 3. Esquema de diluciones

4.3.3.2 Recuento de Bacterias Mesófilas Aerobias en placa (BMA)

Procedimiento: El recuento de BMA se llevó a cabo de acuerdo a la NOM-092-SSA1-1994.

Se inoculó 1 mL de la primera disolución de la muestra (previamente agitada durante 1 minuto en el Vortex) a una caja Petri; para las demás diluciones se realizó el mismo

procedimiento. Una vez que cada caja tuviera 1 mL de la disolución correspondiente, se procedió a agregar a cada una de las cajas entre 12 y 15 mL de AME (Agar Medio Estándar) y se mezcló mediante 6 movimientos de derecha a izquierda, 6 en el sentido de las manecillas del reloj, 6 en sentido contrario y 6 de atrás a adelante, sobre una superficie lisa y horizontal hasta lograr una completa incorporación del inóculo en el medio cuidando que el medio no mojara la cubierta de las cajas. Finalmente el medio se dejó solidificar y las cajas se incubaron en posición invertida (la tapa hacia abajo) durante 48 ± 2 horas entre $35-37^{\circ}\text{C}$.

Para cada muestra se sembró el duplicado de cada una de las diluciones y se incluyeron cajas control conteniendo únicamente medio de cultivo y medio de cultivo más diluyente como testigos de esterilidad.

Transcurrido el tiempo de incubación se procedió a contar cada una de las placas que se encontraron en el intervalo de 25 a 250 colonias, usando el contador de colonias.

La expresión de resultados se llevó a cabo mediante el apartado 10 de la NOM-092-SSA1-1994.

4.3.3.3 Recuento de Coliformes Totales en placa

Procedimiento: El recuento de Coliformes Totales se llevó a cabo de acuerdo a la NOM-113-SSA1-1994.

Se inculó 1 mL de la primera disolución de la muestra (previamente agitada durante 1 minuto en el Vortex) a cada una de las cajas pertenecientes a esta dilución; se realizó lo mismo con las demás cajas de acuerdo a la dilución correspondiente. Una vez que cada caja tuviera 1 mL de la disolución correspondiente, se procedió a agregar a cada una de las cajas entre 12 y 15 mL del medio Rojo Bilis Violeta previamente preparado y se mezcló hasta lograr una completa incorporación del inóculo en el medio cuidando que el medio no mojara la cubierta de las cajas, se esperó hasta su solidificación y se agregó una sobrecapa del mismo agar, finalmente se dejó solidificar. Una vez solidificado el medio, las cajas se incubaron en posición invertida por 24 h a 35°C .

Para cada muestra se sembró el duplicado de cada una de las diluciones y se incluyeron cajas control conteniendo únicamente medio de cultivo y medio de cultivo más diluyente como testigos de esterilidad.

Transcurrido el tiempo de incubación se procedió a contar cada una de las placas que se encontraron en el intervalo de 15 a 150 colonias, usando el contador de colonias.

La expresión de resultados se llevó a cabo mediante el apartado 10 de la NOM-113-SSA1-1994.

4.3.3.4 Recuento de Mohos y Levaduras

Procedimiento: El método que se llevó a cabo es el establecido por la NOM-111-SSA1-1994.

Se inoculó 1 mL de la primera disolución de la muestra (previamente agitada durante 1 minuto en el Vortex) a cada una de las cajas pertenecientes a esta dilución y se realizó lo mismo con las demás cajas de acuerdo a la dilución correspondiente. Una vez que cada caja tuviera 1 mL de la disolución correspondiente, se procedió a agregarle entre 12 y 15 mL del medio Agar Papa Dextrosa previamente preparado y se mezcló hasta lograr una completa incorporación del inóculo en el medio, finalmente el medio se dejó solidificar y las cajas se incubaron en posición invertida por 5 días a 25°C.

Para cada muestra se sembró el duplicado de cada una de las diluciones y se incluyeron cajas control conteniendo únicamente medio de cultivo y medio de cultivo más diluyente, como testigos de esterilidad.

Transcurrido el tiempo de incubación se procedió a contar las colonias de cada placa después de 3, 4 y 5 días de incubación. Después de 5 días, se seleccionaron aquellas placas que contuvieran entre 10 y 150 colonias. Se consideraron los conteos de 3 y 4 días de incubación en el caso de que algunas cajas mostraran crecimiento extendido de mohos o cuando sea difícil contar colonias bien aisladas.

La expresión de resultados se llevó a cabo mediante el apartado 10 de la NOM-111-SSA1-1994.

4.3.4 Evaluación sensorial

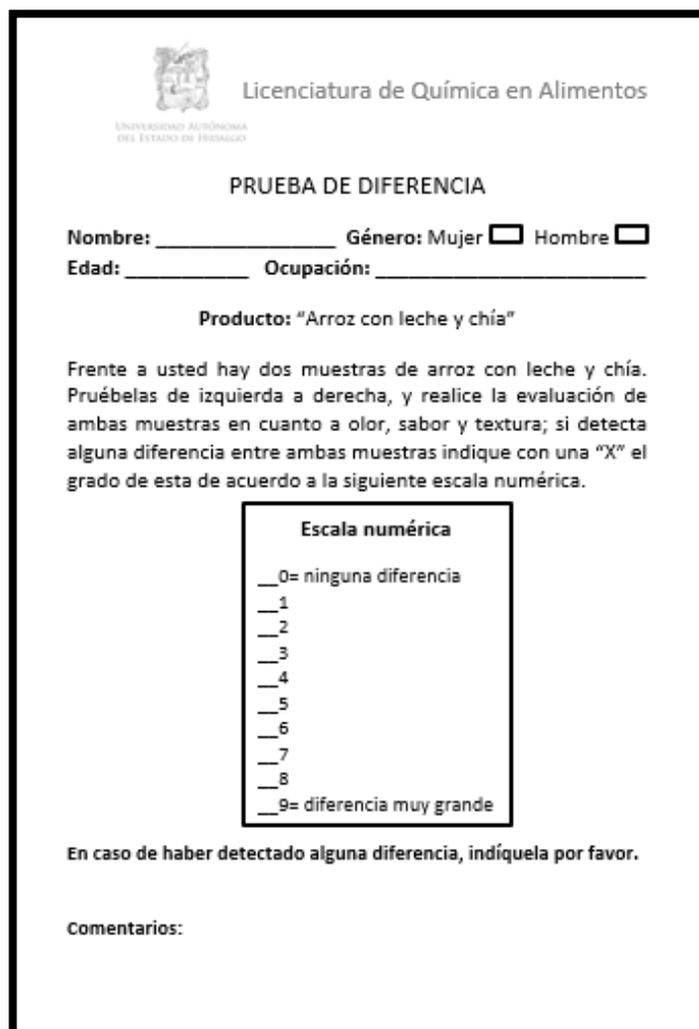
4.3.4.1 Prueba de preferencia con un control

Para llevar a cabo la evaluación sensorial del producto en sus tres diferentes tratamientos (control, natamicina y sorbato de potasio) se empleó una *prueba de diferencia con un control*, este ensayo se utiliza cuando se quiere determinar si existe diferencia entre una o más muestras con respecto a un control. La prueba puede utilizarse para medir la diferencia global o medir la diferencia de un atributo.

En esta prueba la tarea del evaluador consiste en medir la diferencia entre una muestra control (testigo ciego) y una o más muestras problema, usando una muestra provista para tal fin. Para medir la diferencia se pueden emplear escalas numéricas estructuradas o no estructuradas y para el análisis de resultados se calculan los promedios para cada

muestra problema contra el testigo ciego analizando las diferencias mediante un análisis de varianza (Hough y Fiszman, 2005).

Para realizar esta prueba se presentaron a 10 panelistas semientrenados tres pruebas diferentes, en donde el testigo ciego (muestra de arroz con leche y chíá fresca) se comparaba con cada una de las muestras, los panelistas llenaron una ficha de cata (Figura 4) para cada una de las muestras problema. En la prueba se midió la diferencia global entre las muestras y se realizó semanalmente durante un periodo de 5 semanas. Para el análisis de resultados se empleó un análisis mediante un diseño de bloques completamente aleatorizado en donde el tiempo y cada una de las pruebas (CT vs C, TC vs N y TC vs SP) fueron tomados como los factores de variación.



The image shows a questionnaire form for a taste test. At the top left is the logo of the Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. To its right is the text 'Licenciatura de Química en Alimentos'. Below this is the title 'PRUEBA DE DIFERENCIA'. The form includes fields for 'Nombre:', 'Género: Mujer Hombre

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Licenciatura de Química en Alimentos

PRUEBA DE DIFERENCIA

Nombre: _____ Género: Mujer Hombre

Edad: _____ Ocupación: _____

Producto: "Arroz con leche y chíá"

Frente a usted hay dos muestras de arroz con leche y chíá. Pruébelas de izquierda a derecha, y realice la evaluación de ambas muestras en cuanto a olor, sabor y textura; si detecta alguna diferencia entre ambas muestras indique con una "X" el grado de esta de acuerdo a la siguiente escala numérica.

Escala numérica

__0= ninguna diferencia

__1

__2

__3

__4

__5

__6

__7

__8

__9= diferencia muy grande

En caso de haber detectado alguna diferencia, indíquela por favor.

Comentarios:

Figura 4. Ficha de cata para prueba de diferencia con un control

5. Resultados y discusión

5.1 Selección de la formulación mediante la prueba de preferencia por ordenamiento

Para elegir la formulación con la cual se trabajaría en los ensayos de vida útil y caracterización físico-química, se realizó una prueba de ordenamiento por preferencia, en donde se presentaron a 135 consumidores las muestras de arroz con leche adicionadas con chía a tres diferentes concentraciones: 1%, 1.5% y 2%.

De las 135 pruebas realizadas únicamente una fue descartada debido a que no fue respondida correctamente. En la Tabla 6 se presentan los resultados obtenidos del análisis sensorial, en donde se indica de manera porcentual los valores de preferencia otorgadas a cada una de las muestras evaluadas; los resultados completos obtenidos de las evaluaciones sensoriales se presentan en el Anexo 2. Es importante mencionar que **1** indica el valor asignado a la muestra más preferida; **2** es el valor asignado a la muestra con grado intermedio de preferencia y **3** el valor asignado a la muestra menos preferida

Tabla 6. Representación porcentual de los resultados de la evaluación sensorial

Nivel de preferencia otorgado	MUESTRA		
	169 ¹	753 ²	568 ³
	% de panelistas		
1	34.33	32.09	33.58
2	32.84	34.33	32.84
3	32.84	33.58	33.58

¹Muestra con 1% de chía adicionado; ²Muestra con 1.5% de chía adicionado;
³Muestra con 2% de chía adicionado.

5.1.1 Análisis estadístico de datos mediante la Prueba de Friedman

Para los fines de este estudio se empleó el análisis de varianza por rangos: Prueba de Friedman. Esta prueba es usada cuando se evalúa la preferencia de dos o más productos (Liria, 2007).

En esta prueba se lleva a cabo el cálculo de χ^2 y se compara con un valor χ^2 obtenido de la Tabla de Distribución Chi cuadrada (Anexo 1). Para el cálculo de χ^2 se emplea la siguiente ecuación:

$$\chi^2 = \left[\left(12 \div ((k)(J)(J + 1)) \right) * \sum T_j x^2 \right] - 3k (J+1)$$

Dónde:

T= # total de cada columna

J= # de productos o columnas

K= # de panelistas o filas

En la Tabla 7 se presentan los resultados de la suma total obtenida para cada una de las muestras.

Tabla 7. Suma total de resultados del análisis sensorial

Muestra	Suma Total
169 ¹	266
753 ²	270
568 ³	268

¹Muestra con 1% de chía adicionado; ²Muestra con 1.5% de chía adicionado;
³Muestra con 2% de chía adicionado.

Al aplicar la Prueba de Friedman se obtuvo el siguiente valor de χ^2 calculada:

$$\chi^2 = 0.0597$$

El valor crítico de χ^2 , obtenido de la tabla de distribución chi cuadrada (Anexo 1), para 2 grados de libertad (v), (3 muestras -1= 2 grados de libertad), un nivel de confianza de 95%, $\alpha= 0.05$, es:

$$\chi^2 = 5.991$$

Como el valor de χ^2 calculado es menor al valor crítico (χ^2 extraído de tabla), decimos que el nivel de preferencia para las tres muestras no muestra diferencia significativa que defina a la muestra mayormente aceptada; es decir no hay una muestra que sea mayormente preferida sobre las otras dos. Por lo tanto, para la elección de la muestra se

toman en cuenta otros criterios, en este caso se decidió trabajar con la muestra que contenía 1% de chía, debido a que, a nivel de producción industrial, ésta concentración reducirá los gastos de producción para la empresa.

5.2 Caracterización inicial del producto

5.2.1 Composición Proximal de la formulación base adicionada al 1% de chía

Los resultados obtenidos del análisis proximal se muestran en la Tabla 8. En donde se puede observar que el producto tiene un alto contenido de humedad, la cual es debida a la elevada proporción de leche empleada en su elaboración (79.67%), y cuyo componente principal es el agua (87% en promedio) (Revilla, 1982). Así mismo se presenta la composición proximal de un arroz con leche elaborado en un estudio por Gayosso (2015), el cual se adicionó al 1.1% de chía y para el cual en la formulación base se emplearon los siguientes porcentajes de cada uno de los componentes del producto: leche 75.6%, arroz 8.4%, azúcar 14.7% y canela 0.2%.

Los resultados obtenidos para ambos estudios (Tabla 8), en cuanto a la composición proximal, presentan diferencias importantes para cada uno de los constituyentes químicos de ambos productos, como los son: humedad con 10.86%, cenizas 0.22%, lípidos 3.33% y proteína con 11.58% de diferencia (entre los porcentajes de ambas muestras), siendo mayor la cantidad de dichos componentes para el arroz con leche elaborado para fines de este estudio adicionado con 1.5% de chía y menor para el arroz con leche adicionado al 1.1% de chía elaborado por Gayosso (2015); sin embargo, pasa lo contrario para el caso de la fibra y carbohidratos cuyas diferencias entre ambas muestras son de 4.48% y 4.55% respectivamente y se presentan en mayor cantidad en el arroz con leche elaborado por Gayosso (2015).

Dichas diferencias se atribuyen a la formulación base empleada en la elaboración de cada una de las muestras analizadas, ya que en el arroz elaborado por Gayosso (2015) el porcentaje de azúcar es casi el doble (14.7%) que la cantidad empleada para la formulación base del arroz elaborado en este estudio (7.25%), razón por la cual se observa la gran diferencia en el porcentaje de carbohidratos, así mismo el porcentaje de leche y de arroz difiere en ambas formulaciones siendo mayor la cantidad de dichos componentes en la formulación base del arroz con leche adicionado al 1.5% de chía (79.67% de leche y 12.09% de arroz), con respecto a la cantidad empleada por Gayosso

(2015) (75.6% de leche y 8.4 de arroz), derivando las diferencias en humedad, proteína y grasa.

Igualmente se compararon los resultados con un estudio realizado a ocho diferentes marcas de arroz con leche comercial por la revista Eroski Consumer (Arroz con leche: el envase no hace al arroz, 2008), en donde el análisis develó el perfil nutricional de dichas muestras, las cuales son ricas en carbohidratos (22% del producto) y pobres en proteínas (3%) y grasa (también el 3%). Dichos valores difieren de los encontrados en este estudio, estas diferencias se atribuyen a la adición de chíá al producto desarrollado, ya que es una semilla que tiene un alto contenido de proteína (19-23%), ácidos grasos (30-35%) y fibra (18-30%). Además la proporción en la que son empleados los diferentes ingredientes define la composición del producto.

En el caso de carbohidratos, el producto desarrollado presentó un contenido del 6.05%, el cual es bajo con respecto a las muestras evaluadas en el estudio de Eroski Consumer y por Gayosso (2015), cuyos contenidos fueron superiores al 22%. En este producto, el contenido de carbohidratos está definido por la presencia de sacarosa, lactosa de la leche, así como por el almidón proveniente del arroz. En cuanto al aporte de fibra del producto se tiene un valor del 1.16%, dicho contenido es aportado principalmente por la chíá añadida, y en segundo lugar al arroz.

En el mercado se pueden encontrar productos igualmente denominados “arroz con leche” cuya composición y aporte nutrimental es diferente entre cada productor, lo cual se atribuye a los ingredientes empleados en su elaboración, así como a la proporción en que son empleados.

Tabla 8. Resultados del análisis proximal de dos diferentes formulaciones de arroz con leche y chíá (g/100g de muestra)

COMPONENTE	Arroz con leche adicionado al 1% de chíá g/100g muestra	Arroz con leche adicionado al 1.1% de chíá g/100g muestra ¹
Humedad	69.76±0.057	58.90±0.55
Cenizas	0.78±0.79	0.56±0.06
Lípidos	6.35±0.69	3.02±0.50
Proteína	15.90±0.69	4.32±0.2
Fibra	1.16±0.73	5.64±0.70
Carbohidratos	6.05	27.56

¹Gayosso (2015).

5.2.2 Calidad microbiológica inicial del producto seleccionado

El arroz con leche no cuenta con una normativa específica que establezca sus parámetros de calidad. Sin embargo, la NOM-243-SSA1-2010 para dulces a base de leche de alta humedad (más de 20%), procesados por coagulación, aireación y procesos enzimáticos; establece como parámetro de calidad para los dulces de leche de alta humedad a los microorganismos coliformes totales.

En este trabajo, además de la determinación de coliformes totales, se estudió la presencia de mesófilos aerobios, así como mohos y levaduras en las muestras adicionadas de natamicina y sorbato de potasio, así como para la muestra control (sin adición de conservador), los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 9. Los resultados mostraron una calidad microbiológica adecuada de las tres muestras de arroz con leche analizadas, ya que no se presentó crecimiento microbiano de ningún tipo.

Tabla 9. Resultados de análisis microbiológico inicial del arroz con leche adicionado al 1% de chía

Tratamiento	Bacterias Mesófilas Aerobias (UFC/g)	Coliformes Totales (UFC/g)	Mohos y levaduras (UFC/g)
Control	<10*	<10*	<10*
Natamicina	<10*	<10*	<10*
Sorbato de Potasio	<10*	<10*	<10*
LMP ≤ 10 UFC/g o mL	NE*	$\leq 10^*$	NE*

NE= No Establecido por la NOM-243-SSA1-2010

LMP= Límite máximo permitido por la NOM-243-SSA1-2010

<10: Placas sin colonias, se reporta la cuenta en placa como menor que el valor de la dilución más baja usada

A pesar de que no se cuenta con límites máximos permitidos para cada uno de los microorganismos ensayados, estos resultados se compararon con un estudio realizado por Carranza *et. al.*, (2013), en donde analizaron 50 muestras de arroz con leche industrial y 30 del tipo artesanal y como resultado se tuvo que, un 38% de las muestras de origen industrial y 70% de las de origen artesanal mostraron un recuento total de

mesófilos aerobios superior a 104 UFC/g. Con respecto a coliformes totales, 14% de las muestras industriales y 70% de las artesanales superaron los 100 NMP/g. Para mohos y levaduras no se encontró ningún reporte.

Es importante mencionar que la calidad microbiológica de este tipo de productos está determinada por diferentes factores tales como la calidad de la materia prima empleada, las condiciones de elaboración, envasado y almacenamiento. Así mismo, el tratamiento térmico al que es sometido el producto debe eliminar toda presencia de microorganismos, ya que en caso contrario la presencia de estos afectaría las propiedades del producto y por lo tanto, su vida útil.

5.2.3 Caracterización fisicoquímica inicial del producto

El arroz con leche es un producto que se elabora a partir de ingredientes lácteos, cereales y especias, siendo la leche el componente mayoritario del producto, en el cual las características de acidez y pH favorecen el crecimiento microbiano en el mismo. Es por ello que se tomaron estos parámetros como una referencia para evaluar la calidad fisicoquímica del producto a través del tiempo, sin embargo, para llevar a cabo la evaluación del cambio de estos parámetros fue necesario realizar su medición cuando el producto estaba recién elaborado, es decir “fresco”. Los valores iniciales del producto elaborado se muestran en la Tabla 10. Los ensayos se realizaron para los tres diferentes tipos de muestras: el control, la formulación con natamicina y la adicionada con sorbato de potasio.

Tabla 10. Valores iniciales de acidez y pH del arroz con leche y chíá adicionado al 1% de chíá

Muestra	Ácido láctico (g/L)	pH
Control	1.28	6.2
Natamicina	0.857	6.4
Sorbato de potasio	0.963	6.3

La acidez en este tipo de productos (lácteos) es atribuida al ácido láctico y a otros ácidos procedentes de la degradación microbiana de la lactosa, y eventualmente de los lípidos, en leches en vías de alteración (Negri, s.f). Para realizar el cálculo de la acidez y comparar los resultados obtenidos para cada muestra se empleó como referencia la NOM-155-SCFI-2012, para leche entera pasteurizada; que indica las especificaciones

fisicoquímicas para la leche llevada a diferentes tratamientos, como la pasteurización, proceso por el cual es procesada la leche que se emplea para la elaboración del arroz con leche, los valores mínimos y máximos para acidez estipulados son 1.3 y 1.7 respectivamente, y son expresados como ácido láctico (g/L). Se empleó dicha norma como referencia debido a que el ingrediente predominante en la formulación es la leche y por lo tanto es el componente que está determinando el valor de acidez en el producto; y a que no se cuentan con referencias ni normas específicas para arroz con leche y/o productos similares.

Respecto a los resultados de acidez, la formulación control presentó valores similares al límite establecido en la NOM-155-SCFI-2012 para leche entera pasteurizada. Las formulaciones adicionadas de natamicina y sorbato de potasio, presentaron valores de acidez por debajo del límite establecido para la leche (Tabla10).

Para el pH los valores de referencia que se consideraron son los establecidos por la NMX-F-446-1984. Alimentos para Humanos. Leche pasteurizada Preferente; debido a que la NOM-155-SCFI-2012 únicamente establece límites para la acidez. Los resultados obtenidos para las formulaciones adicionadas de natamicina y sorbato de potasio, así como para la formulación control (Tabla 10) se encontraron por debajo de los límites aceptables establecidos por la NMX-F-446-1984 que corresponde a 6.6 mín. y 6.8 máx.

Esto puede atribuirse a que la leche, previamente pasteurizada, durante la elaboración del producto fue nuevamente sometida a tratamiento térmico, empleando una temperatura de 97°C, temperatura a la cual permanece en ebullición por un tiempo de 35 minutos; teóricamente la temperatura de ebullición de la leche corresponde a 100.17°C (Molina, 2013), sin embargo, esta va a depender del lugar geográfico en donde se lleve a cabo el proceso, ya que dependiendo la altura, la presión va a variar (aumentar) y repercutirá directamente sobre la temperatura de ebullición de cualquier líquido, en este caso disminuyendo.

La temperatura es un factor que influye de distintas maneras sobre los componentes de la leche y de acuerdo a las condiciones del proceso (97°C por 35 minutos), ésta pudo inducir un cambio en la lactosa. Este disacárido al ser sometido durante largo tiempo a altas temperaturas puede sufrir: la reacción de caramelización, que provoca la formación de ácidos como el fórmico, láctico, propiónico, etc., y de otros compuestos como el hidroximetil furfural, furfuroaldehído, etc. La segunda transformación característica es la reacción de Maillard, en la cual la lactosa se une a los grupos aminos de los

aminoácidos, principalmente a los de la lisina, lo cual hace que se degraden las proteínas y se pierda algo de valor nutritivo, debido a esta reacción la leche se oscurece (Molina, 2013). Sin embargo, para que se lleve a cabo esta última reacción, el tiempo de exposición al tratamiento térmico es mayor que el que se requiere para que se lleve a cabo la caramelización.

En base a lo anterior, se puede atribuir el ligero descenso del pH en el producto (en sus tres presentaciones) a una reacción de caramelización, ya que debido a ésta se forman ácidos, que afectan el pH y consecuentemente a la acidez presente en el producto.

5.3 Estimación de la vida útil del producto desarrollado a través del monitoreo de los factores de deterioro

Por lo general, la *vida útil* de un alimento se define como el periodo de tiempo durante el cual resulta deseable el consumo de un producto alimenticio elaborado. Con ello, se quiere expresar el tiempo que tarda la calidad de un alimento en alcanzar niveles considerados inaceptables para su consumo (Bello, 2000). Por lo tanto, la finalización de la vida útil de los alimentos puede deberse a que el consumo implique un riesgo para la salud del consumidor o porque las propiedades sensoriales se han deteriorado hasta hacer que el alimento sea rechazado (Navas, 2007).

Para llevar a cabo los ensayos de vida útil en un alimento es necesario establecer los parámetros que van a ser monitoreados en el producto, desde el momento de su elaboración (tiempo cero), hasta el punto en el que el producto muestre alguna variación significativa en los parámetros monitoreados o en alguno de ellos, que compruebe la descomposición del alimento; estos parámetros dependerán de la naturaleza, elaboración y constituyentes del producto.

Los análisis realizados para la determinación de la vida útil del arroz con leche y chía, son los mismos que se consideraron al realizar la caracterización inicial del producto, es decir, se llevó a cabo un monitoreo semanal de pH, acidez titulable, así como un análisis sensorial, esto se realizó para cada una de las muestras (control, natamicina y sorbato de potasio). El análisis microbiológico se llevó a cabo al inicio, en la tercera y sexta semana de almacenamiento; esto debido a que la calidad microbiológica inicial fue buena ya que no observó la presencia de microorganismos indicadores tales como bacterias mesófilas, coliformes totales y mohos y levaduras (Tabla 11). Los resultados se describen a continuación.

5.3.1 Monitoreo de parámetros microbiológicos

La Tabla 11 muestra los resultados del análisis microbiológico de las tres muestras analizadas en las semanas 0, 3 y 6 de almacenamiento a 4°C. Esto a fin de determinar la eficacia de cada uno de los conservadores empleados.

Se tomaron con indicadores microbiológicos los recuentos de bacterias mesófilas aerobias, de mohos y levaduras y de coliformes totales.

Tabla 11. Resultados de análisis microbiológico para la determinación de la vida útil

	SEMANA		
	0	3	6
Bacterias Mesófilas aerobias UFC/g			
Control	<10	<10	<10
Natamicina	<10	<10	<10
Sorbato de potasio	<10	<10	<10
Coliformes Totales UFC/g			
Control	<10	<10	<10
Natamicina	<10	<10	<10
Sorbato de potasio	<10	<10	<10
Mohos y levaduras UFC/g			
Control	<10	<10	<10
Natamicina	<10	<10	<10
Sorbato de potasio	<10	<10	<10

<10: Placas sin colonias, se reporta la cuenta en placa como menor que el valor de la dilución más baja usada.

Como podemos observar, la calidad microbiológica de los productos analizados fue adecuada, ya que no se observó crecimiento microbiano de ninguno de los microorganismos indicadores estudiados durante las 6 semanas de estudio. Por lo anterior se podría considerar que el factor microbiológico no representa ningún riesgo de descomposición para el producto. Es importante mencionar, que dicha calidad se encuentra determinada por las condiciones iniciales de elaboración del producto y como se observó en la caracterización microbiológica inicial (Tabla 11), ésta fue aceptable y se mantuvo así a lo largo del almacenamiento.

Estos resultados podrían indicar que en este tipo de productos no es necesaria la adición de un conservador, siempre y cuando las Buenas Prácticas de Manufactura prevalezcan durante la elaboración y almacenamiento del producto.

La principal función de un conservador es el control microbiológico, y como se observa en la Tabla 11 el crecimiento microbiano fue nulo durante las 6 semanas de estudio, tanto para las muestras adicionadas con conservador como para la muestra control, por lo tanto con dichos resultados no es posible realizar un análisis comparativo de la efectividad de los conservadores empleados sobre el efecto en la calidad microbiológica del producto.

En el estudio realizado por Carranza *et. al.*, (2013), en donde evalúan la calidad microbiológica de 50 muestras de arroz con leche elaborado industrialmente, hacen referencia al Decreto Ejecutivo N° 35485 COMEX-S-MEIC-MAG Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67. 04.50:08 Alimentos: Criterios Microbiológicos para la Inocuidad de los Alimentos (2009), que, para el caso de productos cocinados, el estándar para recuentos totales mesófilos aerobios indica que el postre no debe superar las 104 UFC/g. Para las muestras analizadas por Carranza *et. al.*, (2013) se reportó que un 38% tuvieron un recuento de entre 10^4 y 10^5 (UFC/g) e indican que “este efecto puede ser consecuencia de mala calidad de la materia prima, una inadecuada manipulación de los alimentos y/o un almacenamiento inadecuado del producto”.

Comparando los resultados obtenidos para el arroz con leche y chíá elaborado en este trabajo, en los que para las tres muestras analizadas se obtuvieron placas sin colonias para bacterias mesófilas aerobias, se observó que al contrario del estudio de Carranza *et. al.*, (2013), las materias primas empleadas para la elaboración del producto no representaron una fuente de contaminación microbiana. Así mismo, los resultados obtenidos para este recuento indican que el tratamiento térmico al cual se sometió el producto fue eficiente y también permite descartar la posibilidad de contaminación con microorganismos patógenos de origen humano o animal.

Para el caso de los coliformes totales, los resultados permiten demostrar que las condiciones higiénicas en las que se elaboró el producto fueron adecuadas, ya que una de las ventajas de la determinación de estos microorganismos es que, siendo sensibles a los desinfectantes, sirven como indicador de las condiciones iniciales de procesamiento; además, en los alimentos listos para consumo, como en este caso, sirven para mostrar un adecuado proceso de cocción (Carranza *et. al.*, 2013).

En cuanto a mohos y levaduras, los resultados igualmente fueron satisfactorios para las tres muestras evaluadas, y así como en los casos anteriores, al no haber crecimiento de estos microorganismos en la muestra control, tampoco son considerados como uno de los factores deterioradores del producto. Sin embargo, es importante mencionar que los mohos y levaduras crecen más lentamente que las bacterias en alimentos no ácidos que conservan humedad, como es el caso del arroz con leche y chía, pero si crecen con mayor rapidez en productos en alimentos ácidos y en los que tengan baja actividad de agua.

El arroz y la chía, al ser un cereal y una semilla respectivamente, son alimentos con baja actividad de agua, que pudieron haber representado una fuente de contaminación al producto, la cual, de ser el caso, fue eliminada durante la pasteurización del producto. Con estos resultados, se puede inferir que la descomposición que presentó el producto no fue de origen microbiano.

5.3.2 Monitoreo de parámetros fisicoquímicos

Los análisis físico-químicos fueron realizados para evaluar la evolución del pH y acidez titulable durante el almacenamiento a 4°C.

5.3.2.1 Análisis de pH

Los resultados obtenidos de pH (Tabla 12), para los tratamientos control, natamicina y sorbato de potasio, fueron analizados mediante un diseño de bloques completamente aleatorizado (Anexo 3), a un nivel de significancia del 5%. Los resultados indicaron que existe una diferencia significativa del cambio de pH a través del tiempo; sin embargo, no hay diferencia significativa entre los valores de pH de las tres muestras estudiadas, es decir, el pH no se ve afectado en el producto por el uso de conservadores.

Tabla 12. Cambios de pH para el arroz con leche y chía almacenado a 4°C durante 6 semanas

pH ± DE			
Semana	Control	Natamicina	Sorbato
0	6.5 ± 0.02	6.4 ± 0.04	6.3 ± 0.04
1	6.41 ± 0.03	6.3 ± 0.03	6.4 ± 0.005
2	6.4 ± 0.02	6.4 ± 0.005	6.54 ± 0.05
3	6.3 ± 0.01	6.38 ± 0.03	6.2 ± 0.01
4	6.2 ± 0.01	6.2 ± 0.02	6.2 ± 0.1
5	6.25 ± 0.02	6.26 ± 0.02	6.3 ± 0.02
6	6.0 ± 0.06	6.04 ± 0.05	6.25 ± 0.06

5.3.2.2 Análisis de acidez titulable

Los resultados obtenidos de la acidez titulable (Tabla 13), para los tratamientos control, natamicina y sorbato de potasio, fueron analizados mediante un diseño de bloques completamente aleatorizado (Anexo 4), a un nivel de significancia del 5%. Los resultados mostraron una diferencia significativa en el incremento de la acidez a través del tiempo; sin embargo, no se observó diferencia significativa entre los valores de acidez entre las tres muestras analizadas, es decir, la acidez no se ve afectada en el producto por el uso de conservadores.

Tabla 13. Cambios en el porcentaje de acidez titulable (g ácido láctico/L) en el tiempo para arroz con leche y chía almacenado a 4°C

%Acidez Titulable (g ácido láctico/L), ± DE			
Semana	Control	Natamicina	Sorbato
0	1.0435 ± 0.31	0.7281 ± 0.03	0.9133 ± 0.02
1	1.2057 ± 0.05	0.8615 ± 0.03	0.9668 ± 0.15
2	1.1280 ± 0.07	0.9085 ± 0.07	1.0940 ± 0.07
3	1.2540 ± 0.13	1.1505 ± 0.12	1.3531 ± 0.10
4	1.3274 ± 0.09	1.3241 ± 0.10	1.5847 ± 0.14
5	1.4241 ± 0.14	1.6336 ± 0.09	1.6552 ± 0.11
6	1.4790 ± 0.04	2.4173 ± 0.14	1.6238 ± 0.18

DE: Desviación Estándar

En los Anexos 6 y 7 se representa gráficamente la evolución del pH y la acidez titulable durante las seis semanas de almacenamiento.

Los cambios anteriormente expuestos, son atribuidos a variaciones fisicoquímicas en el producto y no a actividad microbiana. Alais (1985) atribuye el aumento en la acidez de la leche con consecuente descenso del valor de pH, a la actividad de bacterias ácido lácticas. Sin embargo, en el trabajo realizado, no se observó crecimiento microbiano en el producto a lo largo de su almacenamiento, en consecuencia los cambios observados en él no son debidos a la presencia de microorganismos.

En general, en los alimentos, las reacciones de degradación siguen cinéticas de orden cero o de primer orden. A fin de estimar dicho orden y la vida útil del producto desarrollado, se calcularon los parámetros cinéticos de pH y acidez a través de la representación gráfica de pH (o acidez) vs tiempo y del ln pH (o acidez) vs tiempo), ecuaciones 1 y 2 respectivamente. Los datos obtenidos se presentan en la Tabla 14.

$$Q = Q_0 + kt \quad \text{Ec. 1}$$

$$\ln Q = \ln Q_0 + kt \quad \text{Ec. 2}$$

Tabla 14. Parámetros cinéticos de pH y acidez del producto desarrollado

		Orden 0			1° Orden		
Parámetro	Muestra	Q0	k (días)	R2	Q0	k (días-1)	R2
Acidez titulable	Control	1.0578	0.0099	0.9203	0.0640	0.0079	0.9122
	Natamicina	0.5362	0.0359	0.8585	-0.3871	0.0268	0.9546
	Sorbato	0.8846	0.0204	0.9261	-0.0946	0.0162	0.9247
pH	Control	6.5107	-0.0103	0.8866	1.8739	-0.0016	0.8811
	Natamicina	6.4286	-0.0069	0.6380	1.8610	-0.0011	0.6370
	Sorbato	6.3868	-0.0035	0.1912	1.8541	-0.0006	0.1924

A partir de los datos obtenidos, se seleccionó la acidez como parámetro crítico, ya que los valores de las constantes de velocidad de reacción (k), son mayores que para el pH. Los valores del coeficiente de determinación (R^2), más cercanos a 1, indican que el incremento en la acidez del producto sigue un comportamiento de primer orden (Tabla 14).

A partir de la representación gráfica de primer orden para la acidez (ln acidez vs tiempo), se obtuvieron las ecuaciones que describen el aumento de acidez en el producto, y que servirán para calcular la vida útil en las diferentes condiciones de procesamiento: muestra control (Ec. 3), con natamicina (Ec. 4) y con sorbato (Ec 5).

$$\ln \text{acidez} = 0.0640 + 0.0079t \quad \text{Ec. 3}$$

$$\ln \text{acidez} = -0.3871 + 0.0268t \quad \text{Ec. 4}$$

$$\ln \text{acidez} = -0.0946 + 0.0162t \quad \text{Ec. 5}$$

A partir de las ecuaciones 3, 4 y 5 se calcularon los valores de vida útil de producto, considerando un valor crítico de acidez de 1.3 g ácido láctico/L (NOM-155-SCF1-2012) Tabla 15. Los valores indicaron una vida útil similar con y sin conservador. Por lo que se confirmaría que en este producto no es necesaria la adición de conservadores. Es importante mencionar que los datos calculados indican una vida útil, inferior a 25 días, por lo que sería conveniente considerar la adición de otro tipo de aditivos, que permitan mejorar la estabilidad del producto y por lo tanto prolongar su vida útil.

Tabla 15. Valores de vida útil del producto con diferentes tratamientos de procesamiento

Muestra	Tiempo estimado de vida útil (días)
Control	25
Natamicina	24
Sorbato	22

5.3.3 Análisis sensorial

5.3.3.1 Prueba de diferencia con un control

Los resultados obtenidos de la diferencia en la percepción de la calidad global de las muestras de arroz con leche y chíá contra el testigo ciego, almacenadas a 4°C durante 5 semanas se presentan en el Anexo 8, en donde se indica el valor numérico que otorgó cada uno de los panelistas a la diferencia que detectaron al comparar cada una de las muestras (control, natamicina y sorbato de potasio) con una muestra control fresca. Para un mejor análisis de los resultados, se construyó la gráfica presentada en la Figura 5. Los análisis estadísticos se muestran en el Anexo 5.

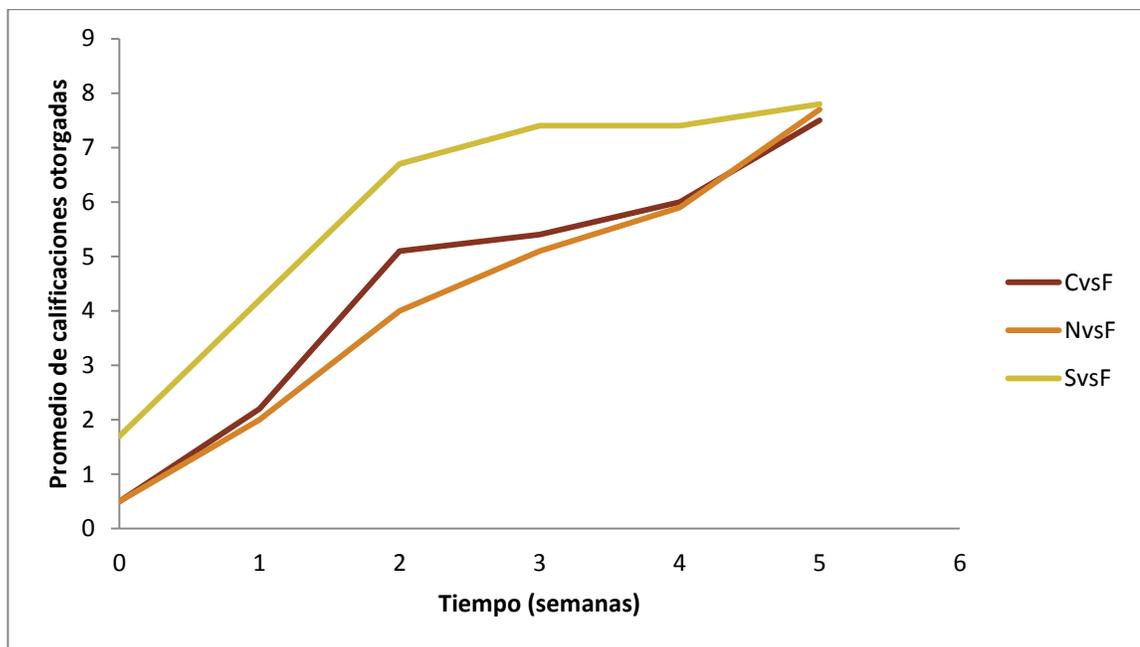


Figura 5. Evolución de la diferencia en la calidad global del arroz con leche y chíá percibida por los panelistas a través del tiempo

De acuerdo a los resultados obtenidos (Figura 5), se observó un cambio en la percepción de la calidad global de las muestras analizadas, luego de las 5 semanas de almacenamiento a 4°C. La muestra control y la adicionada de natamicina tuvieron un

comportamiento similar, es decir los jueces tuvieron una percepción similar para ambas. Sin embargo, la muestra que contenía sorbato de potasio fue percibida de manera diferente a la muestra control (sin conservador) y a la adicionada de natamicina.

Las muestras fueron evaluadas hasta la semana 5 de almacenamiento, ya que no presentaban deterioro; sin embargo, en la semana 6 ya no fue posible evaluar sensorialmente las muestras ya que se presentaron olores no característicos del producto.

5.4 Correlación entre datos sensoriales y fisicoquímicos

En las Figuras 6, 7 y 8 se presentan las correlaciones entre la percepción de la calidad global de las muestras y el cambio en la acidez determinado como parámetro de deterioro. Los valores obtenidos reflejaron un coeficiente de correlación aceptable (>0.95) entre los datos sensoriales y fisicoquímicos de la muestra control y de la adicionada de natamicina. Sin embargo, la adicionada de sorbato de potasio presentó un coeficiente de correlación inferior (0.81); esto podría atribuirse al cambio en la pendiente observada después de la semana 2.

La correlación observada indicaría que es posible estimar la vida útil del producto desarrollado a través de parámetros fisicoquímicos (acidez) y/o sensoriales (evaluación de la calidad sensorial global), esto debido a que el incremento en la acidez (>1.3 g de ácido láctico/L) del producto es percibido sensorialmente y se asocia con el deterioro de la muestra.

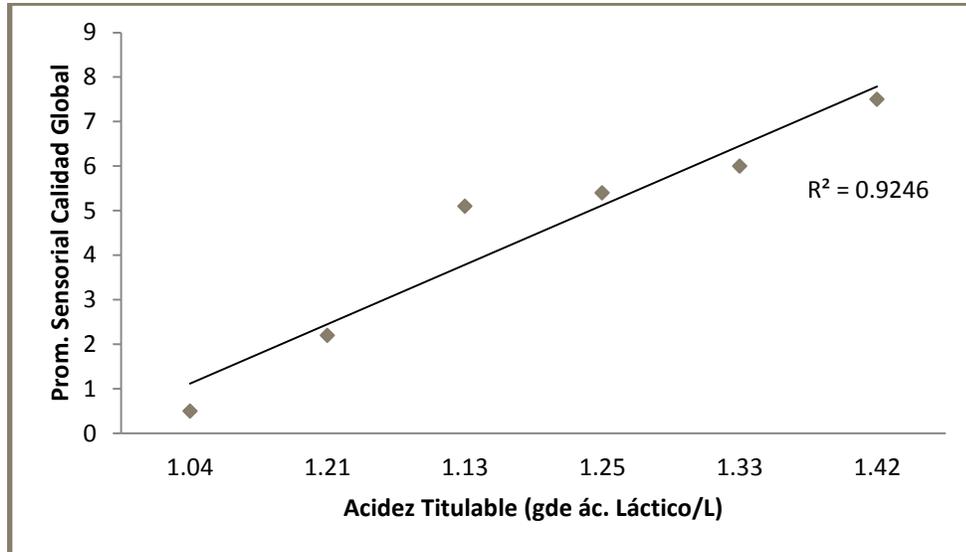


Figura 6. Gráfico de correlación entre estudio sensorial (calidad global) y la acidez titulable de la muestra control

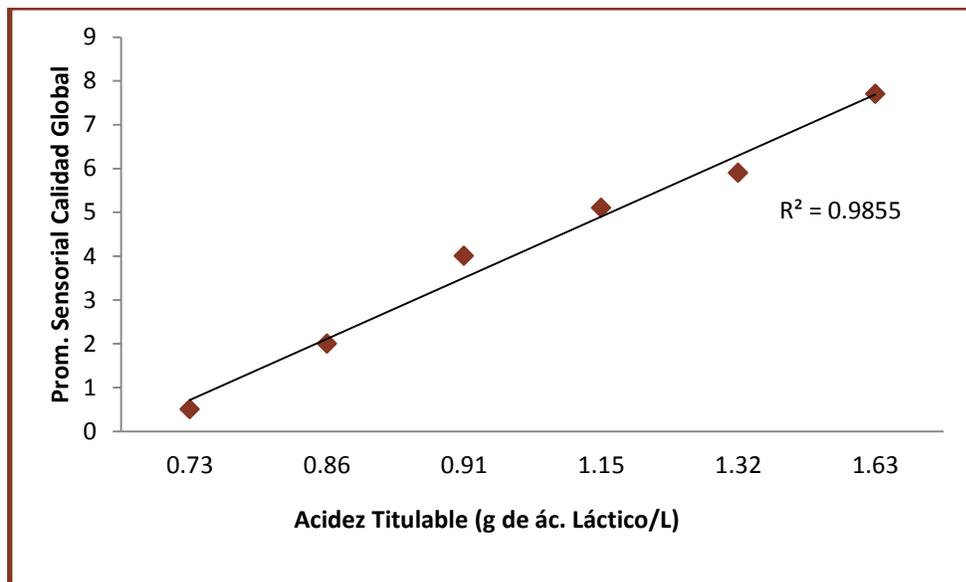


Figura 7. Gráfico de correlación entre estudio sensorial (calidad global) y la acidez titulable de la muestra con natamicina

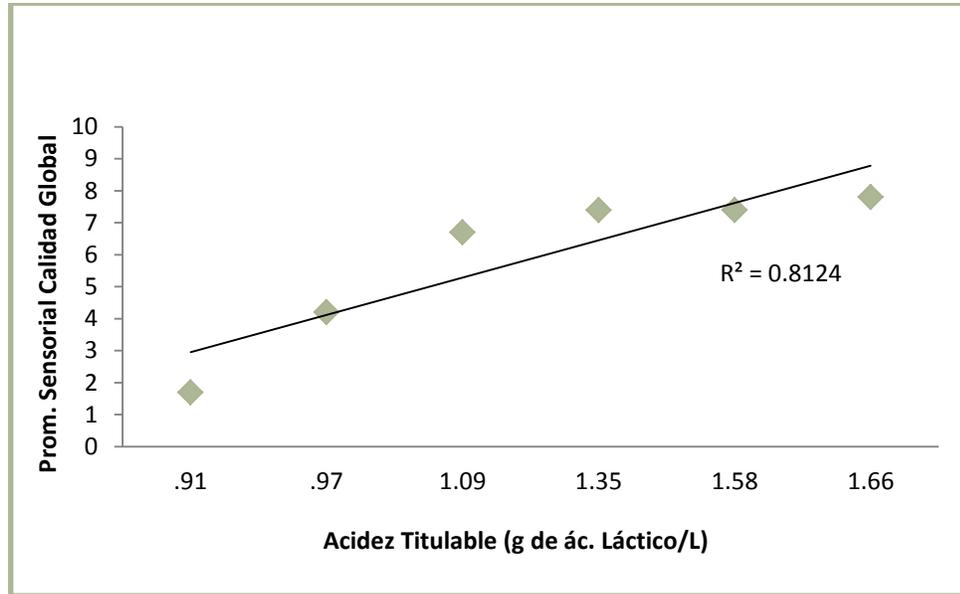


Figura 8. Gráfico de correlación entre estudio sensorial (calidad global) y la acidez titulable de la muestra con sorbato de potasio

6. Conclusiones

- Se desarrolló un postre a base de arroz con leche y diferentes concentraciones de chía y la preferencia mostrada por los jueces no fue significativa para ninguna de las concentraciones ensayadas.
- La adición de antimicrobianos no es necesaria en el producto desarrollado si la calidad microbiológica inicial del mismo así como las buenas prácticas de manufactura son controladas.
- El principal factor de deterioro del producto desarrollado es de naturaleza fisicoquímica asociado a la aparición de olores perceptibles sensorialmente.
- El tiempo de vida útil del postre a base de arroz con leche y chía fue relativamente corto debido a su naturaleza por lo que sería conveniente el uso de aditivos que mantengan la estabilidad fisicoquímica del mismo durante un periodo de tiempo prolongado.

7. Referencias

Alais, C. (2003). *Ciencia de la leche: Principios de técnica lechera*. [Barcelona]: Editorial Reverté, S. A.

AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. Published by AOAC, Inc. Helrich K (editor). (15th ed.). Arlington, Vol. I and II.

AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. (18th ed.). Washington. USA.

Ayerza, R. (1996). *Production Potential of Chía in Northwestern Argentina: Ind Crops Prod*.

Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson Education.

Bello, J. (2000). *Ciencia bromatológica: Principios generales de los alimento*. [Madrid]: Díaz de Santos.

Bienvenido, O.J. (1994). *El arroz en la nutrición humana*. Recuperado de: http://books.google.com.mx/books?id=d1Ak3Zg2_PYC&printsec=frontcover&dq=Arroz&hl=es&sa=X&redir_esc=y·v=onepage&q=Arroz&f=false

Calvo, M. (s.f). *Bioquímica de los alimentos: Conservantes*. Recuperado de: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/aditivos/conservantes.html>

Carranza, F., Rivera, P., Chavez C. & Arias, M. L. (2013). *Análisis bacteriológico del arroz con leche expendido en el Área Metropolitana de Costa Rica*. Costa Rica. Universidad de Costa Rica.

Casp, A. & Abril, J. (2000). *Procesos de conservación de alimentos* (2^a ed.). Mundi-Prensa.

Comisión del Codex Alimentarius (2000). *Ratificación y/o revisión de las dosis máximas para aditivos alimentarios de las normas del Codex (CX/FAC) N° 00/5*.

Consumer Eroski. *Arroz con leche: El envase no hace al arroz*. Revista Consumer Eroski [en línea]. Número Febrero 2008.

Diario Oficial de la Unión Europea (2009). Autorización de la comercialización de semillas de chíá (*Salvia hispanica*) como nuevo ingrediente alimentario con arreglo al Reglamento (CE) N° 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo.

Estrada, M. A. (2011). *El libro blanco de la leche y los productos lácteos* (1ª ed.).

Recuperado de:

http://canilec.org.mx/descarga_archivos_publico/Libro_Blanco_mail.pdf

Espinosa, J. (2007). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Cuba: Editorial Universitaria.

Fennema, R. (2000). *Química de los alimentos*. (2ª ed.). Acribia Editorial.

Gayosso, R. (2015). *Influencia de la adición de dos variedades de chíá (*Salvia hispanica*) sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un postre preparado a base de arroz*. Licenciada en Química en Alimentos. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Hernández, J.A., Colín, S. *Caracterización morfológica de chíá (*Slavia hispanica*)*. Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 31, núm. 2, abril-junio, 2008. Sociedad Mexicana de Fitogénica, A. C. Chapingo, México.

Hough, G. & Fiszman, S. (2005). *Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos*. España: Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

Liria, M.R. (2007). *Guía para la evaluación sensorial de alimentos*. Lima. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/evytaguevara/gua-para-la-evaluacin-sensorial-de-alimentos>

Martínez, C. & Cuevas, F. (1989). *Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz*. Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Negri, L. M. (s.f). *El pH y la acidez de la leche*. Recuperado de: <http://www.aprocal.com.ar/wp-content/uploads/pH-y-acidez-en-leche2.pdf>

Norma Mexicana NMX-F-446-1984. Alimentos para humanos. Leche pasteurizada preferente. Foods for humans. Preferential pasteurized milk.

Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.

Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.

Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994. Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012. Leche- Determinaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.

Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.

Posada, C.C. (2011). *Recopilación de estudios de vida útil de productos nuevos y ya existentes de la compañía de galletas Noel S.A.S.* Ingeniera de Alimentos. Corporación Universitaria Lasallista.

Producción y productos lácteos. Recuperado de: <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/leche-y-productos-lacteos/es/#.V2rsULjhDIV>

Revilla, A. (1982). *Tecnología de la leche: Procesamiento, manufactura y análisis.* (2ª ed.). Costa Rica: Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura.

San Lucas, H. (2012). *Uso de Natamicina en Pan de Molde sin Corteza para Aumentar el Tiempo de Vida Útil.* Ingeniero de alimentos. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

United States Department of Agriculture - USDA (2002). Nutrient Database for Standard Reference. Release 15, Nutrient. Data Laboratory, Beltsville Research Center, US Department of Agriculture. USA.

Villada, J. (2010). *Conservadores químicos utilizados en la industria alimentaria.* Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Welti, J. & Bermúdez, D. (s.f). *Nuevas tendencias en el procesado de alimentos.* Recuperado de: <http://www.foodproductenvision.com/index.php/docs/category/6-procesamiento?download=64:nuevas-tendencias-en-el-proceso-de-alimentos>

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de Distribución Chi Cuadrado χ^2

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361

Anexo 1. Tabla de Distribución Chi Cuadrado χ^2 (Continuación).

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
30	59,7022	56,3325	53,6719	50,8922	46,9792	43,7730	40,2560	37,9902	36,2502	34,7997	33,5302	32,3815	31,3159	30,3073	29,3360
31	61,0980	57,6921	55,0025	52,1914	48,2319	44,9853	41,4217	39,1244	37,3591	35,8871	34,5981	33,4314	32,3486	31,3235	30,3359
32	62,4873	59,0461	56,3280	53,4857	49,4804	46,1942	42,5847	40,2563	38,4663	36,9730	35,6649	34,4804	33,3809	32,3394	31,3359
33	63,8694	60,3953	57,6483	54,7754	50,7251	47,3999	43,7452	41,3861	39,5718	38,0575	36,7307	35,5287	34,4126	33,3551	32,3358
34	65,2471	61,7382	58,9637	56,0609	51,9660	48,6024	44,9032	42,5140	40,6756	39,1408	37,7954	36,5763	35,4438	34,3706	33,3357
35	66,6192	63,0760	60,2746	57,3420	53,2033	49,8018	46,0588	43,6399	41,7780	40,2228	38,8591	37,6231	36,4746	35,3858	34,3356
36	67,9850	64,4097	61,5811	58,6192	54,4373	50,9985	47,2122	44,7641	42,8788	41,3036	39,9220	38,6693	37,5049	36,4008	35,3356
37	69,3476	65,7384	62,8832	59,8926	55,6680	52,1923	48,3634	45,8864	43,9782	42,3833	40,9839	39,7148	38,5348	37,4156	36,3355
38	70,7039	67,0628	64,1812	61,1620	56,8955	53,3835	49,5126	47,0072	45,0763	43,4619	42,0450	40,7597	39,5643	38,4302	37,3354
39	72,0550	68,3830	65,4753	62,4281	58,1201	54,5722	50,6598	48,1263	46,1730	44,5395	43,1053	41,8040	40,5935	39,4446	38,3354
40	73,4029	69,6987	66,7660	63,6908	59,3417	55,7585	51,8050	49,2438	47,2685	45,6160	44,1649	42,8477	41,6222	40,4589	39,3353
45	80,0776	76,2229	73,1660	69,9569	65,4101	61,6562	57,5053	54,8105	52,7288	50,9849	49,4517	48,0584	46,7607	45,5274	44,3351
50	86,6603	82,6637	79,4898	76,1538	71,4202	67,5048	63,1671	60,3460	58,1638	56,3336	54,7228	53,2576	51,8916	50,5923	49,3349
55	93,1671	89,0344	85,7491	82,2920	77,3804	73,3115	68,7962	65,8550	63,5772	61,6650	59,9804	58,4469	57,0160	55,6539	54,3348
60	99,6078	95,3443	91,9518	88,3794	83,2977	79,0820	74,3970	71,3411	68,9721	66,9815	65,2265	63,6277	62,1348	60,7128	59,3347
70	112,3167	107,8079	104,2148	100,4251	95,0231	90,5313	85,5270	82,2553	79,7147	77,5766	75,6893	73,9677	72,3583	70,8236	69,3345
80	124,8389	120,1018	116,3209	112,3288	106,6285	101,8795	96,5782	93,1058	90,4053	88,1303	86,1197	84,2840	82,5663	80,9266	79,3343
90	137,2082	132,2554	128,2987	124,1162	118,1359	113,1452	107,5650	103,9040	101,0537	98,6499	96,5238	94,5809	92,7614	91,0234	89,3342
100	149,4488	144,2925	140,1697	135,8069	129,5613	124,3421	118,4980	114,6588	111,6667	109,1412	106,9058	104,8615	102,9459	101,1149	99,3341
120	173,6184	168,0814	163,6485	158,9500	152,2113	146,5673	140,2326	136,0620	132,8063	130,0546	127,6159	125,3833	123,2890	121,2850	119,3340
140	197,4498	191,5653	186,8465	181,8405	174,6478	168,6130	161,8270	157,3517	153,8537	150,8941	148,2686	145,8629	143,6043	141,4413	139,3339
160	221,0197	214,8081	209,8238	204,5300	196,9152	190,5164	183,3106	178,5517	174,8283	171,6752	168,8759	166,3092	163,8977	161,5868	159,3338
180	244,3723	237,8548	232,6198	227,0563	219,0442	212,3039	204,7036	199,6786	195,7434	192,4086	189,4462	186,7282	184,1732	181,7234	179,3338
200	267,5388	260,7350	255,2638	249,4452	241,0578	233,9942	226,0210	220,7441	216,6088	213,1022	209,9854	207,1244	204,4337	201,8526	199,3337
250	324,8306	317,3609	311,3460	304,9393	295,6885	287,8815	279,0504	273,1944	268,5987	264,6970	261,2253	258,0355	255,0327	252,1497	249,3337
300	381,4239	373,3509	366,8439	359,9064	349,8745	341,3951	331,7885	325,4090	320,3971	316,1383	312,3460	308,8589	305,5741	302,4182	299,3336
500	603,4458	593,3580	585,2060	576,4931	563,8514	553,1269	540,9303	532,8028	526,4014	520,9505	516,0874	511,6081	507,3816	503,3147	499,3335
600	712,7726	701,8322	692,9809	683,5155	669,7690	658,0936	644,8004	635,9329	628,8157	622,9876	617,6713	612,7718	608,1468	603,6942	599,3335

Anexo 1. Tabla de Distribución Chi Cuadrado χ^2 (Continuación).

v/p	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9975	0,999
1	0,3573	0,2750	0,2059	0,1485	0,1015	0,0642	0,0358	0,0158	0,0039	0,0010	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000
2	1,1957	1,0217	0,8616	0,7133	0,5754	0,4463	0,3250	0,2107	0,1026	0,0506	0,0201	0,0100	0,0050	0,0020
3	2,1095	1,8692	1,6416	1,4237	1,2125	1,0052	0,7978	0,5844	0,3518	0,2158	0,1148	0,0717	0,0449	0,0243
4	3,0469	2,7528	2,4701	2,1947	1,9226	1,6488	1,3665	1,0636	0,7107	0,4844	0,2971	0,2070	0,1449	0,0908
5	3,9959	3,6555	3,3251	2,9999	2,6746	2,3425	1,9938	1,6103	1,1455	0,8312	0,5543	0,4118	0,3075	0,2102
6	4,9519	4,5702	4,1973	3,8276	3,4546	3,0701	2,6613	2,2041	1,6354	1,2373	0,8721	0,6757	0,5266	0,3810
7	5,9125	5,4932	5,0816	4,6713	4,2549	3,8223	3,3583	2,8331	2,1673	1,6899	1,2390	0,9893	0,7945	0,5985
8	6,8766	6,4226	5,9753	5,5274	5,0706	4,5936	4,0782	3,4895	2,7326	2,1797	1,6465	1,3444	1,1042	0,8571
9	7,8434	7,3570	6,8763	6,3933	5,8988	5,3801	4,8165	4,1682	3,3251	2,7004	2,0879	1,7349	1,4501	1,1519
10	8,8124	8,2955	7,7832	7,2672	6,7372	6,1791	5,5701	4,8652	3,9403	3,2470	2,5582	2,1558	1,8274	1,4787
11	9,7831	9,2373	8,6952	8,1479	7,5841	6,9887	6,3364	5,5778	4,5748	3,8157	3,0535	2,6032	2,2321	1,8338
12	10,7553	10,1820	9,6115	9,0343	8,4384	7,8073	7,1138	6,3038	5,2260	4,4038	3,5706	3,0738	2,6612	2,2141
13	11,7288	11,1291	10,5315	9,9257	9,2991	8,6339	7,9008	7,0415	5,8919	5,0087	4,1069	3,5650	3,1118	2,6172
14	12,7034	12,0785	11,4548	10,8215	10,1653	9,4673	8,6963	7,7895	6,5706	5,6287	4,6604	4,0747	3,5820	3,0407
15	13,6790	13,0298	12,3809	11,7212	11,0365	10,3070	9,4993	8,5468	7,2609	6,2621	5,2294	4,6009	4,0697	3,4825
16	14,6555	13,9827	13,3096	12,6243	11,9122	11,1521	10,3090	9,3122	7,9616	6,9077	5,8122	5,1422	4,5734	3,9417
17	15,6328	14,9373	14,2406	13,5307	12,7919	12,0023	11,1249	10,0852	8,6718	7,5642	6,4077	5,6973	5,0916	4,4162
18	16,6108	15,8932	15,1738	14,4399	13,6753	12,8570	11,9462	10,8649	9,3904	8,2307	7,0149	6,2648	5,6234	4,9048
19	17,5894	16,8504	16,1089	15,3517	14,5620	13,7158	12,7727	11,6509	10,1170	8,9065	7,6327	6,8439	6,1673	5,4067
20	18,5687	17,8088	17,0458	16,2659	15,4518	14,5784	13,6039	12,4426	10,8508	9,5908	8,2604	7,4338	6,7228	5,9210
21	19,5485	18,7683	17,9843	17,1823	16,3444	15,4446	14,4393	13,2396	11,5913	10,2829	8,8972	8,0336	7,2889	6,4467
22	20,5288	19,7288	18,9243	18,1007	17,2396	16,3140	15,2787	14,0415	12,3380	10,9823	9,5425	8,6427	7,8648	6,9829
23	21,5095	20,6902	19,8657	19,0211	18,1373	17,1865	16,1219	14,8480	13,0905	11,6885	10,1957	9,2604	8,4503	7,5291
24	22,4908	21,6525	20,8084	19,9432	19,0373	18,0618	16,9686	15,6587	13,8484	12,4011	10,8563	9,8862	9,0441	8,0847
25	23,4724	22,6156	21,7524	20,8670	19,9393	18,9397	17,8184	16,4734	14,6114	13,1197	11,5240	10,5196	9,6462	8,6494
26	24,4544	23,5794	22,6975	21,7924	20,8434	19,8202	18,6714	17,2919	15,3792	13,8439	12,1982	11,1602	10,2561	9,2222
27	25,4367	24,5440	23,6437	22,7192	21,7494	20,7030	19,5272	18,1139	16,1514	14,5734	12,8785	11,8077	10,8733	9,8029
28	26,4195	25,5092	24,5909	23,6475	22,6572	21,5880	20,3857	18,9392	16,9279	15,3079	13,5647	12,4613	11,4973	10,3907
29	27,4025	26,4751	25,5391	24,5770	23,5666	22,4751	21,2468	19,7677	17,7084	16,0471	14,2564	13,1211	12,1278	10,9861

Anexo 1. Tabla de Distribución Chi Cuadrado χ^2 (Continuación).

v/p	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9975	0,999
30	28,3858	27,4416	26,4881	25,5078	24,4776	23,3641	22,1103	20,5992	18,4927	16,7908	14,9535	13,7867	12,7646	11,5876
31	29,3694	28,4087	27,4381	26,4397	25,3901	24,2551	22,9762	21,4336	19,2806	17,5387	15,6555	14,4577	13,4073	12,1961
32	30,3533	29,3763	28,3889	27,3728	26,3041	25,1478	23,8442	22,2706	20,0719	18,2908	16,3622	15,1340	14,0555	12,8104
33	31,3375	30,3444	29,3405	28,3069	27,2194	26,0422	24,7143	23,1102	20,8665	19,0467	17,0735	15,8152	14,7092	13,4312
34	32,3219	31,3130	30,2928	29,2421	28,1361	26,9383	25,5864	23,9522	21,6643	19,8062	17,7891	16,5013	15,3679	14,0568
35	33,3065	32,2821	31,2458	30,1782	29,0540	27,8359	26,4604	24,7966	22,4650	20,5694	18,5089	17,1917	16,0315	14,6881
36	34,2913	33,2517	32,1995	31,1152	29,9730	28,7350	27,3363	25,6433	23,2686	21,3359	19,2326	17,8868	16,7000	15,3243
37	35,2764	34,2216	33,1539	32,0532	30,8933	29,6355	28,2138	26,4921	24,0749	22,1056	19,9603	18,5859	17,3730	15,9652
38	36,2617	35,1920	34,1089	32,9919	31,8146	30,5373	29,0931	27,3430	24,8839	22,8785	20,6914	19,2888	18,0501	16,6109
39	37,2472	36,1628	35,0645	33,9315	32,7369	31,4405	29,9739	28,1958	25,6954	23,6543	21,4261	19,9958	18,7318	17,2612
40	38,2328	37,1340	36,0207	34,8719	33,6603	32,3449	30,8563	29,0505	26,5093	24,4331	22,1642	20,7066	19,4171	17,9166
45	43,1638	41,9950	40,8095	39,5847	38,2910	36,8844	35,2895	33,3504	30,6123	28,3662	25,9012	24,3110	22,8994	21,2509
50	48,0986	46,8638	45,6100	44,3133	42,9421	41,4492	39,7539	37,6886	34,7642	32,3574	29,7067	27,9908	26,4636	24,6736
55	53,0367	51,7391	50,4204	49,0554	47,6105	46,0356	44,2448	42,0596	38,9581	36,3981	33,5705	31,7349	30,0974	28,1731
60	57,9775	56,6200	55,2394	53,8091	52,2938	50,6406	48,7587	46,4589	43,1880	40,4817	37,4848	35,5344	33,7909	31,7381
70	67,8664	66,3961	64,8990	63,3460	61,6983	59,8978	57,8443	55,3289	51,7393	48,7575	45,4417	43,2753	41,3323	39,0358
80	77,7631	76,1879	74,5825	72,9153	71,1445	69,2070	66,9938	64,2778	60,3915	57,1532	53,5400	51,1719	49,0430	46,5197
90	87,6661	85,9925	84,2854	82,5111	80,6247	78,5584	76,1954	73,2911	69,1260	65,6466	61,7540	59,1963	56,8918	54,1559
100	97,5744	95,8078	94,0046	92,1290	90,1332	87,9453	85,4406	82,3581	77,9294	74,2219	70,0650	67,3275	64,8571	61,9182
120	117,4041	115,4646	113,4825	111,4186	109,2197	106,8056	104,0374	100,6236	95,7046	91,5726	86,9233	83,8517	81,0726	77,7555
140	137,2476	135,1491	133,0028	130,7657	128,3800	125,7580	122,7476	119,0293	113,6594	109,1368	104,0343	100,6547	97,5908	93,9253
160	157,1019	154,8555	152,5564	150,1583	147,5988	144,7834	141,5475	137,5457	131,7560	126,8700	121,3457	117,6791	114,3496	110,3592
180	176,9652	174,5799	172,1373	169,5879	166,8653	163,8682	160,4206	156,1526	149,9687	144,7413	138,8205	134,8843	131,3050	127,0114
200	196,8359	194,3193	191,7409	189,0486	186,1717	183,0028	179,3550	174,8353	168,2785	162,7280	156,4321	152,2408	148,4262	143,8420
250	246,5387	243,7202	240,8297	237,8085	234,5768	231,0128	226,9048	221,8059	214,3915	208,0978	200,9387	196,1604	191,8020	186,5537
300	296,2700	293,1786	290,0062	286,6878	283,1353	279,2143	274,6901	269,0679	260,8781	253,9122	245,9727	240,6631	235,8126	229,9620
500	495,3734	491,3709	487,2569	482,9462	478,3231	473,2099	467,2962	459,9261	449,1467	439,9360	429,3874	422,3034	415,8081	407,9458
600	594,9938	590,6057	586,0930	581,3623	576,2859	570,6681	564,1661	556,0560	544,1801	534,0185	522,3654	514,5285	507,3385	498,6219

Anexo 2. Resultados de prueba de ordenamiento por preferencia.

PRUEBA			
PANELISTA	169 ¹	753 ²	568 ³
	Rango asignado		
1	1	3	2
2	1	2	3
3	2	1	3
4	2	3	1
5	3	1	2
6	1	3	2
7	2	3	1
8	3	2	1
9	1	2	3
10	3	1	2
11	2	3	1
12	2	3	1
13	3	2	1
14	2	1	3
15	2	3	1
16	1	2	3
17	1	2	3
18	2	3	1
19	3	1	2
20	2	3	1
21	3	2	1
22	1	3	2
23	2	1	3
24	1	3	2
25	2	3	1
26	2	1	3
27	1	2	3
28	2	1	3
29	3	2	1
30	3	2	1
31	1	2	3
32	2	1	3

33	2	3	1
34	2	3	1
35	3	2	1
36	2	3	1
37	2	1	3
38	3	2	1
39	3	1	2
40	1	3	2
41	3	1	2
42	2	3	1
43	1	3	2
44	3	1	2
45	1	3	2
46	2	3	1
47	3	1	2
48	3	1	2
49	2	3	1
50	1	3	2
51	2	3	1
52	2	1	3
53	3	1	2
54	2	3	1
55	3	2	1
56	3	2	1
57	3	2	1
58	3	2	1
59	1	3	2
60	2	1	3
61	3	1	2
62	1	3	2
63	1	3	2
64	1	2	3
65	3	2	1
66	1	2	3
67	3	2	1
68	2	1	3
69	2	3	1
70	3	1	2
71	1	2	3

72	3	2	1
73	2	3	1
74	2	3	1
75	1	3	2
76	1	2	3
77	2	1	3
78	1	2	3
79	1	2	3
80	1	3	2
81	3	1	2
82	3	1	2
83	3	2	1
84	1	3	2
85	1	3	2
86	1	2	3
87	1	2	3
88	1	3	2
89	1	3	2
90	1	3	2
91	2	1	3
92	2	1	3
93	3	2	1
94	1	2	3
95	2	1	3
96	2	1	3
97	3	1	2
98	2	1	3
99	3	2	1
100	3	1	2
101	3	1	2
102	1	2	3
103	1	2	3
104	2	1	3
105	2	1	3
106	2	3	1
107	3	1	2
108	3	1	2
109	1	3	2
110	3	1	2

111	3	1	2
112	3	2	1
113	1	3	2
114	1	2	3
115	3	2	1
116	3	1	2
117	1	2	3
118	2	3	1
119	3	1	2
120	1	2	3
121	1	2	3
122	1	2	3
123	2	1	3
124	2	3	1
125	1	3	2
126	2	1	3
127	1	2	3
128	3	1	2
129	1	2	3
130	2	3	1
131	3	2	1
132	1	2	3
133	2	3	1
134	3	2	1

¹Muestra con 1% de chía adicionado; ²Muestra con 1.5% de chía adicionado; ³Muestra con 2% de chía adicionado

Anexo 3. Análisis de varianza de arroz con leche y chía para pH.

ANOVA					
Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F. Calc.	F. Teórica
Tiempo	0.2658	6	0.0443	5.8438	$f_{0.05,6,12} = 2.996$
Conservador	0.0032	2	0.0016	0.2116	$f_{0.05,2,12} = 3.885$
Error	0.0909	12	0.0075		
Totales	0.3600	20			

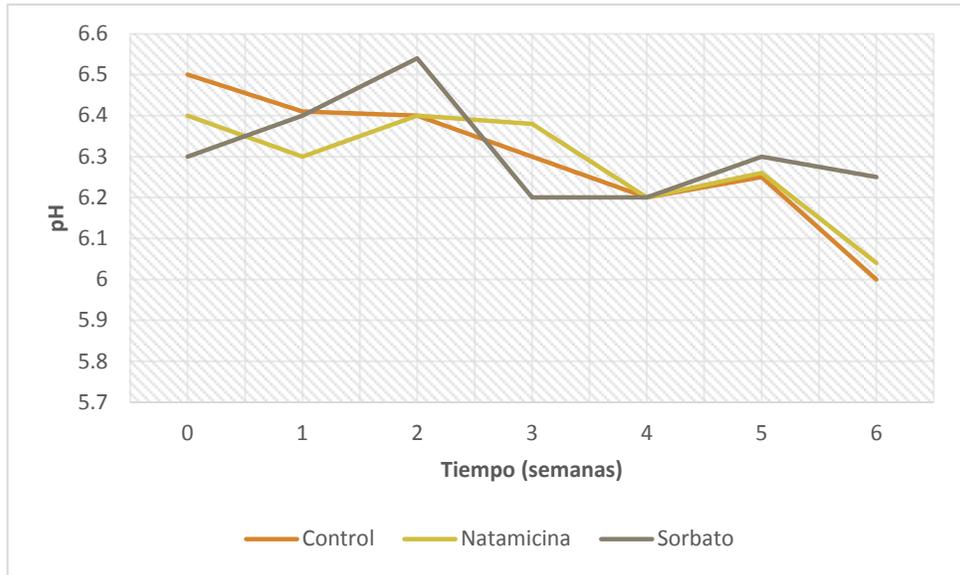
Anexo 4. Análisis de varianza de arroz con leche y chía para %acidez titulable (g/L).

ANOVA					
Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F. calc.	F. Teórica
Tiempo	2.0767	6	0.3461	5.6074	$f_{0.05,6,12} = 2.996$
Conservador	0.0077	2	0.0038	0.0627	$f_{0.05,2,12} = 3.885$
Error	0.7407	12	0.0617		
Totales	2.8252	20			

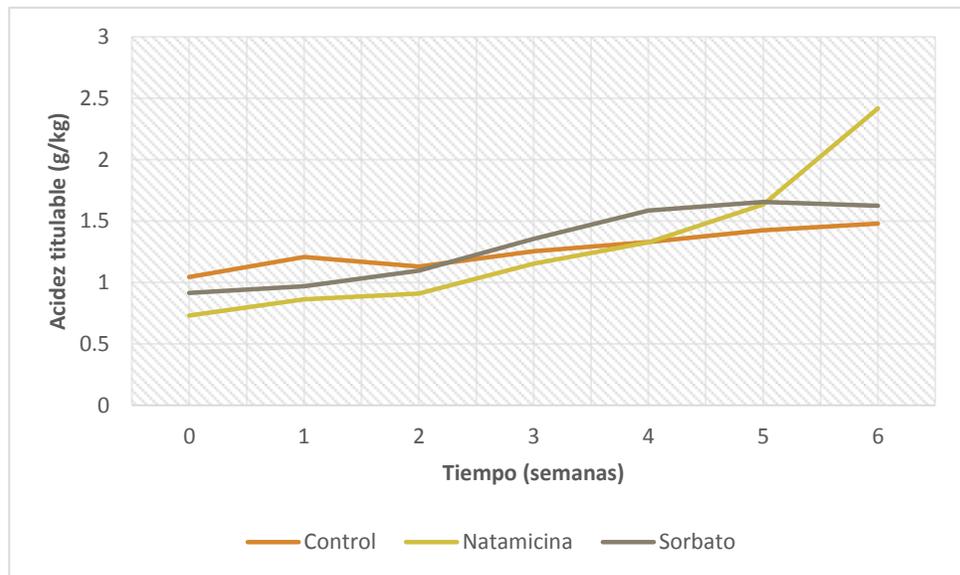
Anexo 5. Análisis de varianza de arroz con leche y chía para prueba de diferencia con un control.

ANOVA					
Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F. calc.	F. Teórica
Conservador	9.6944	2	4.8472	19.4494	$f_{0.05,2,10} = 4.103$
Tiempo	94.9961	5	18.9992	76.2347	$f_{0.05,5,10} = 3.326$
Error	2.4922	10	0.2492		
Totales	107.1827	17			

Anexo 6. Evolución del pH a través del tiempo.



Anexo 7. Evolución de %acidez titulable (g/L) a través del tiempo.



Anexo 8. Resultados de la prueba de diferencia con un control.

Panelista	Semana 0			Semana 1			Semana 2			Semana 3			Semana 4			Semana 5		
	Valor numérico asignado																	
	TCvsC	TCvsN	TvsSP	TCvsC	TCvsN	TCvsSP												
1	0	0	3	3	2	4	4	3	8	4	4	9	8	9	9	8	9	6
2	1	0	2	1	2	4	9	2	3	8	5	9	5	3	9	9	8	9
3	0	0	0	0	3	5	6	6	3	7	5	8	4	4	9	3	3	7
4	0	1	1	4	1	6	9	3	9	3	7	4	7	2	6	9	8	5
5	0	1	2	2	3	4	6	4	9	5	5	9	9	9	4	9	9	9
6	1	1	1	2	2	3	2	5	6	9	1	7	6	4	9	6	8	9
7	1	0	2	3	1	3	2	2	9	5	5	6	0	7	9	9	9	7
8	2	1	2	4	2	5	2	8	8	0	9	9	9	9	9	7	6	9
9	0	0	2	1	3	4	2	6	3	6	7	7	7	8	5	6	8	8
10	0	1	2	2	1	4	9	1	9	7	3	6	5	4	5	9	9	9
Promedio	0.5	0.5	1.7	2.2	2	4.2	5.1	4	6.7	5.4	5.1	7.4	6	5.9	7.4	7.5	7.7	7.8

TC: Testigo Ciego; C: muestra control (sin conservador); N: muestra con natamicina; SP: muestra con Sorbato de Potasio.

En donde la escala numérica (de 0 a 9) otorga un valor a la diferencia detectada por cada panelista entre cada muestra comparada con la muestra fresca, para lo cual 0 indica ninguna diferencia detectada que al ir incrementando el valor numérico la diferencia es mayor hasta llegar a 9 que indica una diferencia muy elevada entre cada una de las muestras comparada con la muestra control.