# ESTUDIO DE LA VIDA ÚTIL DE UNA MASA DE MAÍZ AMARILLO PARA LA ELABORACIÓN DE EMPANADAS EN LA EMPRESA MAQUIEMPANADAS

# LUZ ELIANA HERNÁNDEZ MONTOYA

# FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN MICROBIOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA AGROINDUSTRIAL MAESTRÍA EN MICROBIOLOGÍA AGROINDUSTRIAL

**MANIZALES** 

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES

2020

# ESTUDIO DE LA VIDA ÚTIL DE UNA MASA DE MAÍZ AMARILLO PARA LA ELABORACIÓN DE EMPANADAS EN LA EMPRESA MAQUIEMPANADAS

# LUZ ELIANA HERNÁNDEZ MONTOYA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de: Magister en Microbiología Agroindustrial

# **Director:**

EDUARDO JAVID CORPAS IGUARÁN, Ph.D.

**Codirectora:** 

KATHERIN CASTRO RÍOS, Ph.D

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES

FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN MICROBIOLOGÍA Y
BIOTECNOLOGÍA AGROINDUSTRIAL

MAESTRÍA EN MICROBIOLOGÍA AGROINDUSTRIAL

**MANIZALES** 

2020

# **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a Dios y a mis padres por brindarme siempre el amor, el apoyo y comprensión para seguir adelante luchando por los sueños, por enseñarme que la vida está hecha de oportunidades y sacrificios que serán la recompensa del mañana, también quiero agradecer a mis tutores Eduardo Corpas y Katherin Castro por la tenacidad, dedicación y enseñanza; adicionalmente

a mis compañeras de la maestría Angélica Noreña y María Alejandra Jiménez por el acompañamiento, por los consejos y el crecimiento espiritual para ser mejor persona

#### **AGRADECIMIENTOS**

# Instituciones y oficinas

Al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS), por el apoyo brindado a través del programa beca pasantía joven investigador número 775 del año 2017.

# Universidad Católica de Manizales

- ✓ Dirección de Investigaciones y Posgrados.
- ✓ Instituto de Investigación en Microbiología y Biotecnología Agroindustrial, por el uso de los laboratorios y sus instalaciones para el desarrollo del trabajo de grado.
- ✓ Grupo de Investigación y desarrollo tecnológico para el sector agroindustrial y agroalimentario (INDETSA), por el apoyo constante durante el desarrollo de la investigación.

# **Docentes e investigadores**

- ✓ Dr. Eduardo Javid Corpas Iguarán, cómo director de trabajo de grado, por el tiempo brindado, su constante ejemplo y enseñanza profesional, académica y personal, y por la oportunidad de permitirme trabajar como Joven investigadora de Colciencias en el Instituto de Microbiología y Biotecnología Agroindustrial.
- ✓ Dra. Katherin Castro Ríos, como codirectora del trabajo de grado por su tiempo, dedicación y apoyo técnico durante el proceso de investigación.

#### IMPACTOS ALCANZADOS

- ✓ Proyecto realizado en marco a la beca pasantía de Jóvenes Investigadores de Colciencias Convocatoria No 775 del 2017
- ✓ Participación en el curso de "Análisis Bibliométrico" con una duración de 12 horas. Llevado a cabo los días 01 y 02 del mes de marzo de 2018 (Anexo 1).
- ✓ Participación "Día Institucional de la Investigación UCM 2018" en calidad de ponente con la investigación titulada: "Estudio de la vida útil de una masa de maíz amarillo para la elaboración de empanadas en la empresa Maquiempanadas" (Anexo 2).
- ✓ Otorgamiento de la beca semestral equivalente al 50% del valor de la matrícula por el promedio académico más alto (Anexo 3).
- ✓ Participación en el XIV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, CONACTA 2018, realizado en la ciudad de Bogotá del 3 al 5 de octubre del 2018, con la presentación del trabajado titulado: "Evaluación de conservación y procesamiento de la calidad fisicoquímica y microbiológica de empanadas de maíz" bajo la modalidad de póster (Anexo 4).
- ✓ V Premio ACTA a la Investigación en Inocuidad de Alimentos, primer puesto en la modalidad de póster para el trabajo titulado: "Evaluación de conservación y procesamiento de la calidad fisicoquímica y microbiológica de empanadas de maíz" en el XIV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, CONACTA 2018 (Anexo 5).

- ✓ Publicación en la revista Alimentos Hoy del artículo titulado: Evaluación de conservación y procesamiento en la calidad fisicoquímica y microbiológica de empanadas de maíz. Autores: Luz Eliana Hernández Montoya, María Fernanda Agudelo Buritica, Eduardo Corpas-Iguarán, Katherin Castro-Ríos (Anexo 6).
- ✓ Artículo aceptado en la revista Brazilian Journal of Food Technology (Q3), del trabajo bibliométrico titulado "Vida útil en masa y productos derivados del maíz: estudio bibliométrico" (Anexo 7).

# TABLA DE CONTENIDO

INTRODU	CCIÓN	15
OBJETIVO	OS	19
Objetivo	General:	19
Objetivos	s específicos:	19
MARCO T	EÓRICO	20
1.1. An	tecedentes	20
1.2. Ma	aíz (Zea mays)	22
1.2.1.	Generalidades del maíz.	22
1.2.2.	Estructura y composición del grano de maíz	22
1.2.3.	Producción a nivel mundial y nacional.	24
1.2.4.	Aplicaciones del maíz.	25
1.2.5.	Subproductos del maíz.	26
1.3. La	empanada	26
1.4. Ma	aquiempanadas	28
1.5. Ca	lidad e inocuidad alimentaria	28
1.6. Vi	da útil	31
1.6.1.	Parámetros intrínsecos.	33
1.6.2.	Parámetros extrínsecos.	35
1.6.3.	Condiciones fisicoquímicas.	36
1.6.4.	Condiciones microbiológicas.	37
1.7. Té	cnicas de conservación y almacenamiento	39
1.7.1.	Proceso de fritura a altas temperaturas.	39
1.7.2.	Refrigeración y congelación.	40
1.8. BI	BLIOGRAFÍA	42
	BLECIMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICO SA FRESCA Y EMPANADA ELABORADA A PARTIR	
	PRE-FRITA	
	TRODUCCIÓN	
2.2. M	ATERIALES Y MÉTODOS	52

2.2.1. Pi	reparación y selección de las muestras.	52
2.2.2. A	nálisis fisicoquímico.	53
2.2.3. A	nálisis microbiológico.	53
2.2.4. A	nálisis de los datos.	54
2.3. <b>RESU</b>	LTADOS Y DISCUSIÓN	54
2.3.1. A	nálisis fisicoquímicos.	54
2.3.1.1.	Determinación del porcentaje de humedad	54
2.3.1.2.	Determinación del pH	56
2.3.2. A	nálisis microbiológico.	58
2.4. CONC	CLUSIONES	60
2.5. BIBLI	IOGRAFÍA	61
ELABORADA	INAR EL TIEMPO DE DETERIORO DE LA EMPANADA A PARTIR DE MASA DE MAÍZ FRESCO Y PRE-FRITA, DA EN REFRIGERACIÓN.	63
	ODUCCIÓN	
	ERIALES Y MÉTODOS	
3.2.1. Ti	ipo de estudio.	65
	bicación y población	
	luestras	
3.2.4. Pi	reparación de las muestras	67
	rocedimiento de análisis.	
3.2.5.1.	Análisis fisicoquímicos	67
3.2.5.2.	Análisis microbiológico	68
3.2.6. A	nálisis estadístico.	69
3.3. <b>RESU</b>	LTADOS Y DISCUSIÓN	70
3.3.1. Ti	iempo de falla empanadas almacenadas en refrigeración	80
3.4. CONC	CLUSIONES	86
3.5. BIBLI	IOGRAFÍA	86
ELABORADA	INAR EL TIEMPO DE DETERIORO DE LA EMPANADA A PARTIR DE MASA DE MAÍZ FRESCO Y PRE-FRITA,	
	DA EN CONGELACIÓN.	
4.1. INTR	ODUCCION	90

<b>4.2. M</b> A	ATERIALES Y MÉTODOS	92
4.2.1.	Tipo de estudio.	92
4.2.2.	Ubicación y población.	92
4.2.3.	Muestras.	93
4.2.4.	Preparación de las muestras.	93
4.2.5.	Procedimiento de análisis.	94
4.2.5.	1. Análisis fisicoquímicos	94
4.2.5.	2. Análisis microbiológico	94
4.2.6.	Análisis estadístico.	95
4.3. RE	SULTADOS Y DISCUSIÓN	95
4.3.1.	Tiempo de falla empanadas almacenadas en congelación	102
4.4. CC	ONCLUSIONES	106
4.5. BII	BLIOGRAFÍA	107
5. RECO	MENDACIONES Y PERSPECTIVAS	110

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma análisis fisicoquímico
Figura 2. Flujograma análisis microbiológicos.
Figura 3. Elaboración de las empanadas en la maquina CM06B. Foto: Autoría propia
Figura 4. Flujograma para determinación del tiempo falla en la empanada sin freír y
empanada pre-frita almacenadas en refrigeración
<b>Figura 5</b> . Equipos empleados para la medición de pH y a <sub>w</sub>
<b>Figura 6.</b> Diluciones seriadas para determinación del recuento microbiano
Figura 7. Crecimiento de la población de mesófilos aerobios en la empanada sin freí
(a) y en la empanada pre-frita (b) en refrigeración.
Figura 8. Crecimiento de la población de mohos y levaduras en la empanada sin freí
(a) y en la empanada pre-frita (b) en refrigeración
Figura 9. Alteraciones en el deterioro de la empanada sin freír y la empanada pre
frita, durante los días de almacenamiento en refrigeración
Figura 10. Flujograma para determinación del tiempo falla en la empanada sin freír y
empanada pre-frita almacenadas en refrigeración
Figura 11. Crecimiento de mesófilos aerobios, mohos y levaduras en la empanada sin
freír (a) y pre-frita (b) en congelación99

# LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Porcentaje de humedad en las muestras almacenadas en congelación y
refrigeración
<b>Gráfica 2.</b> Valores de pH en las muestras almacenadas en congelación y refrigeración.
57
<b>Gráfica 3.</b> Comportamiento microbiano de las muestras almacenadas en congelación.
59
<b>Gráfica 4.</b> Comportamiento microbiano de las muestras almacenadas en refrigeración.
60
<b>Gráfica</b> 5. Comportamiento de la población de mesófilos en la empanada sin freír y
empanada pre-frita almacenada en refrigeración
Gráfica 6. Comportamiento de la población de mohos en la empanada sin freír y
empanada pre-frita almacenada en refrigeración
<b>Gráfica</b> 7. Comportamiento de la población de levaduras en la empanada sin freír y
empanada pre-frita almacenada en refrigeración
Gráfica 8. Comportamiento del pH en refrigeración de la empanada sin freír y pre-
frita
<b>Gráfica 9</b> . Comportamiento de la actividad del agua en refrigeración de la empanada
sin freír y pre-frita80
<b>Gráfica 10.</b> Curva de supervivencia para mesófilos en empanada sin freír (6 Log10).
81

<b>Gráfica 11.</b> Curva de supervivencia para levaduras en empanada sin freír (2 Log <sub>10</sub> )
<b>Gráfica 12.</b> Curva de supervivencia para mohos en empanada sin freír (2 Log <sub>10</sub> )83
<b>Gráfica 13.</b> Curva de supervivencia para mesófilos en empanada pre-frita (5 Log <sub>10</sub> )
83
<b>Gráfica 14.</b> Curva de supervivencia para mohos en empanada pre-frita (2 Log <sub>10</sub> )84
<b>Gráfica 15.</b> Curva de supervivencia para levaduras en empanada pre-frita (2 Log <sub>10</sub> )
84
<b>Gráfica 16.</b> Comportamiento de la población de mesófilos aerobios de las empanadas
sin freír y pre-frita almacenada en congelación97
<b>Gráfica 17.</b> Comportamiento de la población de mohos y levaduras de las empanadas
sin freír almacenadas en congelación98
<b>Gráfica 18</b> . Comportamiento del pH en congelación de empanadas sin freír y pre-frita
101
Gráfica 19. Comportamiento de la actividad del agua (a <sub>w</sub> ) en congelación de
empanadas sin freír y pre-frita102
<b>Gráfica 20.</b> Curva de supervivencia para mesófilos en empanada sin freír (6 Log <sub>10</sub> )
<b>Gráfica 21.</b> Curva de supervivencia para levaduras en empanada sin freír (2 Log <sub>10</sub> )
<b>Gráfica 22</b> . Curva de supervivencia para mohos en empanada sin freír (1Log <sub>10</sub> ) 10 <sup>4</sup>
<b>Gráfica 23.</b> Curva de supervivencia para mohos en empanada pre-frita (3 Log <sub>10</sub> ). 105

#### LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Constancia de participación en el curso de "Análisis Bibliométrico"
- Anexo 2. Certificado Participación "Día Institucional de la Investigación UCM 2018"
- Anexo 3. Respaldo beca académica.
- **Anexo 4**. Certificado Participación en el XIV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, CONACTA 2018.
- **Anexo 5.** Certificado primero puesto en la modalidad de poster del V Premio ACTA a la Investigación en Inocuidad de Alimentos.
- **Anexo 6.** Publicación en la revista Alimentos Hoy del artículo titulado: Evaluación de conservación y procesamiento en la calidad fisicoquímica y microbiológica de empanadas de maíz.
- **Anexo 7.** Artículo aceptado en la revista: Brazilian Journal of Food Technology, del trabajo bibliométrico titulado "Vida útil en masa y productos derivados del maíz: estudio bibliométrico"

# **ABREVIATURAS**

aw Actividad del Agua

**BPH** Buenas Prácticas De Higiene **BPM** Buenas Prácticas de Manufactura

**COVENIN** Comisión Venezolana De Normas Industriales **ETA** Enfermedades Transmitidas por Alimentos

**FAO** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y

la Agricultura

**ICONTEC** Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación

NTC Norma Técnica Colombiana

**ODS** Objetivos de Desarrollo del Milenio

OMS Organización Mundial de la Salud

**OPS** Organización Panamericana de la Salud

**PECTIA** Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del

Sector Agropecuario Colombiano

**UFC** Unidades Formadoras de Colonia

# INTRODUCCIÓN

La determinación de la vida útil de un producto, se considera un factor importante en la industria agroalimentaria ya que por medio de ella se cerciora al consumidor que va a obtener la máxima calidad de producto durante un periodo de tiempo determinado, en diferentes aspectos ya sean microbiológico, nutritivo y sensorial.

El Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos define la vida útil como:

"El período de tiempo durante el cual el producto alimenticio permanecerá seguro; asegúrese de conservar sus características sensoriales, químicas, físicas, microbiológicas y funcionales deseadas; cuando corresponda, cumpla con cualquier declaración de etiqueta de datos nutricionales, cuando se almacene bajo las condiciones recomendadas "(Zweep, 2018).

Por tal motivo las empresas productoras de alimentos se encuentran comúnmente con la necesidad de producir alimentos inocuos y seguros, mediante programas de seguridad alimentaria que eviten la contaminación del mismo en cualquiera de las etapas de producción y distribución. Por ende, se hace transcendental establecer la vida útil del producto ante el consumidor y el estado, mediante el empleo de estudios "tiempo de deterioro" como fuentes de información que evalúan los cambios en los procesos de producción o las reformulaciones en la estabilidad de los alimentos, empleando diferentes herramientas predictivas que ayuden a conocer los mecanismos implicados en el deterioro del alimento (Kilcast & Subramaniam, 2000).

En Colombia uno de los platos más distintivos de su gastronomía son las empanadas, estas son ampliamente distribuidas en todo el territorio colombiano, dado que se pueden encontrar una variedad de ellas dependiendo de la zona geográfica, (Lorenzo, Zaritzky, & Califano, 2008; Tettay De Fex, 2019), la base principal para su elaboración es el maíz, uno de los cereales de mayor cultivo a nivel mundial debido a sus propiedades nutricionales, y del cual mediante procesos de transformación se obtiene las masas de maíz.

La empanada de maíz es uno de los productos de mayor importancia puesto que su comercialización se realiza en fresco, refrigerado o congelado, su consumo diario es de aproximadamente 12 millones de unidades, de las cuales más del 98% son elaboradas "a mano" en un mercado de 15.000 unidades de negocio, que incluyen procesadores de masa, restaurantes, cafeterías y puestos en vía pública (Redacción Tecnologica, 2016). Este producto se considera susceptible a sufrir alteraciones en sus características originales afectando su aceptación por parte del consumidor ya que es un producto que se elabora a partir de maíz fresco, donde los procesos de cocción de la materia prima se realizan de manera parcial; lo que posibilita que algunos patógenos puedan desarrollarse través de productos metabólicos a temperaturas de refrigeración, afectando la inocuidad del producto. Esta circunstancia puede ser exacerbada considerando que las empanadas, al ser adquiridas por expendios informales, pueden tener manejo de tiempos y temperaturas inadecuados en el almacenamiento, lo que podría generar cambios en los atributos de calidad del producto final, que se podrían

reflejar en una baja aceptación del producto por parte del cliente o pérdidas económicas por insatisfacción.

En el caso de las empanadas refrigeradas, congeladas y pre-fritas, los estudios previos que se han realizado son muy insipientes, donde la mayoría de ellos hacen referencia a un producto similar como es la arepa; por tanto se hizo viable determinar algunos aspectos como los límites de determinados indicadores microbiológicos en el producto durante la etapa de su consumo y el tiempo estimado de supervivencia del mismo; generando un conocimiento científico que oriente a un proceso legislativo que pueda desarrollar actividades de vigilancia y control sobre un producto de alto consumo en el país.

En la actualidad existe una estrecha relación entre la inocuidad de los alimentos, la nutrición y la seguridad alimentaria, dado que cuando un alimento se vuelve insalubre ocasiona un círculo vicioso de enfermedades y mal nutriciones que atañe a poblaciones más vulnerables (WHO, 2020). Consecuentemente, la FAO (Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura) y la OMS (Organización Mundial de la Salud) consideran la importancia del acceso de todas las personas a alimentos inocuos, nutritivos y suficientes, y lo esencial de promover alimentos inocuos para fomentar la salud y la erradicación del hambre, dos de las principales metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (OPS, 2019); adicional a ello el ente nacional mediante el Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano (PECTIA 2017-2027) ha optado por implementar temáticas de investigación enfocada en la inocuidad y calidad de los alimentos, para el

mejoramiento de la cadena productiva como directrices de cumplimiento ya sean nacionales o internacional para legitimar la inocuidad de los productos a través de la cadena de valor (Corpoica - Minagricultura, 2016).

Siendo así, el desarrollo del proyecto de investigación responde a la seguridad alimentaria como política pública a nivel mundial; según la OMS la problemática sanitaria de los alimentos impacta de una manera directa la salud pública y la economía de los países, es por tanto que deben desarrollarse estrategias a lo largo de la cadena productiva incluyendo la etapa de consumo a fin de minimizar la probabilidad de que el producto genere consecuencias negativas en la población (FAO, OPS, WFP, & UNICEF, 2018).

Adicionalmente se enlaza con la Política Institucional de Proyección Social de la universidad, al incentivar la articulación entre la institución y el sector productivo, mediante la investigación enfocada a la solución de problemas sociales y aporte a la gestión empresarial para el desarrollo de la región (Universidad Católica de Manizales, 2015).

Finalmente, el presente estudio permitió evaluar las características de calidad de las empanadas, inicialmente con el fin de aplicar un mejoramiento de sus atributos, identificando el tiempo de falla microbiológico del producto, y así asegurar su inocuidad en el tiempo de consumo generando un impacto en la salud pública.

# **OBJETIVOS**

# **Objetivo General:**

Determinar la vida útil de una masa de maíz amarillo para la elaboración de empanadas en la empresa Maquiempanadas.

# **Objetivos específicos:**

- Establecer las características fisicoquímicas de la masa fresca y empanada elaborada a partir de masa fresca y pre-frita.
- Determinar el tiempo de deterioro de la empanada elaborada a partir de masa de maíz fresco, almacenada en congelación y refrigeración.
- 3. Establecer el tiempo de deterioro de empanada pre-frita a partir de maíz fresco, almacenada en congelación y refrigeración.

# MARCO TEÓRICO

# 1.1. Antecedentes

La calidad e inocuidad de los alimentos son fundamentales para la seguridad alimentaria, en el contexto nacional en un estudio realizado en la ciudad de Bogotá por (Bayona, 2009) informa sobre La presencia de carga microbiana patógena (*Salmonella* sp. y *Escherichia coli*), en alimentos vendidos en la vía pública de un sector del norte de Bogotá (Colombia). El cual se evaluaron alimentos como arepa de maíz, perros calientes, hamburguesas, empanadas, chorizos, jugo natural de naranja, ensalada de frutas y pelanga, productos adquiridos a partir de 15 ventas ambulantes, durante doce semanas consecutivas, entre los meses de febrero y mayo del 2008. Se practicaron ensayos microbiológicos de ausencia-presencia, obteniéndose un 11,8% y 25% de *Salmonella* spp. y *E. coli*, respectivamente, siendo evidente el riesgo microbiológico de los alimentos vendidos de esta manera.

En relación a estudios sobre vida útil, podemos tener como referencia un estudio realizado por (Acevedo, Montero, & Mertelo, 2018), donde determinaron la vida útil de la arepa con huevo a través de pruebas aceleradas. La vida útil de la arepa se calculó teniendo en cuenta el aumento en el índice de peróxido (IP) del producto en condiciones aceleradas con la ayuda del factor Q10 (Coeficiente de Temperatura). Se utilizó un modelo de orden cero para la degradación cinética, además de los análisis físico-químicos y microbiológicos. Los resultados indicaron un aumento en IP a temperaturas más altas y también durante el primer período de fritura. Concluyendo que el IP tiende

a aumentar básicamente con la temperatura y el tiempo de fritura, debido a la acumulación de compuestos oxidantes primarios menos estables.

A nivel internacional, en un estudio realizado por (Chavarri, Rojas, Rumbos, & Narcise, 2014) se evaluó la microbiota asociada al maíz tierno molido, se analizaron 20 muestras provenientes de diversos centros de distribución de Maracay, Estado de Aragua. Aplicaron métodos de análisis fisicoquímico como pH y acidez; recuento de mohos levaduras según la Norma Covenin 1337:1990 (Comisión Venezolana De Normas Industriales) y recuento de bacterias mesófilos según la Norma Covenin 1104:1996. Los resultados obtenidos inferían que no se encontraba diferencia entre el pH y la acidez, ni tampoco entre la estimación del recuento de mohos, levaduras, bacterias mesófilas, a diferencia de la población de Coliformes totales y fecales los cuales se encontraban por encima de los límites permitidos por la norma mexicana NOM-147-SSA1-1996 de cereales y sus productos y la venezolana Covenin 1452:1993, demostrando así un elevada contaminación de las muestras analizadas implicando un riesgo para la salud humana.

Por otro lado investigaciones realizados por (Flores et al., 2006) analizaron muestras de masas de maíz para tortillas proveniente de municipio de Saltillo, Coahuila, donde emplearon dos métodos uno directo y otro indirecto con posterior incubación de las muestras, analizaron el contenido de mesófilos aerobios, mohos, levaduras y Coliformes. A partir de los resultados obtenidos realizaron caracterización bioquímica para la identificación de los microorganismos, encontrando que *Escherichia coli* estaba presente en el 100% de las muestras analizadas de forma directa e indirecta; seguido de otros microorganismos como: *Citrobacter freundii, Citrobacter diversus* 

Staphylococcus aureus, Enterobacter agglomeran, Klebsiella oxytoca Staphylococus epidermidis y Pseudomona aeruginosa. Y hongos como Aspergillus fumigatus, A. niger, Penicillium y Mucor spp. Deduciendo que los microorganismos que afectan la viabilidad de la masa son: los hongos y las levaduras, debido a que soportan condiciones de aw bajas caso contrario a lo que sucede con las bacterias.

# 1.2. Maíz (Zea mays)

# 1.2.1. Generalidades del maíz.

El maíz (*Zea mays*) es un cereal perteneciente a la familia de las gramíneas o poáceas, una especie de monocotiledóneas de crecimiento anual y un ciclo vegetativo muy amplio (David & Tovar, 2013), históricamente las culturas indígenas del Perú y México fueron las primeras pioneras en el desarrollo de los cultivos de maíz, en Colombia estos se dieron en el Valle del alto magdalena y en la zona de San Agustín donde los indígenas cultivaban diferentes variedades conocidas hoy en día (Fondo Nacional Cerealistas, 2017). Por tanto el maíz actualmente constituye un componente importante de la vida de los pueblos de América por ser el sustento de la dieta alimenticia de los de la población, dando lugar a un serie de sistemas agrícolas muy variados (Asturias, 2004).

# 1.2.2. Estructura y composición del grano de maíz.

Los granos de maíz se encuentran constituidos principalmente de tres partes: la cascarilla, el endospermo y el germen.

La cascarilla o el pericarpio es considerada la piel externa o cubierta del grano, sirve como elemento protector ocupando aproximadamente el 23% de este, se caracteriza por estar compuesto principalmente de un 40% de celulosa y un 40% de pentaglicanos (Asturias, 2004; González, 2009; USDA, 2006).

El endospermo, es la reserva energética del grano y ocupa hasta el 80% del peso del grano. Contiene aproximadamente el 90% de proteína, y pequeñas cantidades de aceites, minerales y elementos trazas. Está conformado por almidón y gluten, rodea el embrión y proporciona alimento para el crecimiento de la semilla. En él se puede evidenciar dos regiones definidas: una primera región de consistencia suave y apariencia opaca que ocupa el 34% del peso del endospermo el cual se le denomina endospermo harinoso y una segunda llamada endospermo córneo, de consistencia dura y apariencia traslúcida; que representa el 66 % del peso del endospermo (Asturias, 2004; David & Tovar, 2013; González, 2009; Ospina, 2002).

El germen es el embrión del maíz, una pequeña planta miniatura. Se encuentra en la parte inferior del grano y representa el 7% del grano; contiene grandes cantidades de energía en forma de aceite, su principal función radica en el aporte nutricional a la planta cuando se da inicio al periodo de crecimiento, además de la generación de sustancia adicionales para los procesos de germinación y desarrollo de la misma (Asturias, 2004; USDA, 2006).

# 1.2.3. Producción a nivel mundial y nacional.

Es considerado uno de los tres cereales más consumidos a nivel mundial junto con el trigo y el arroz, se cultiva en todo el mundo por los cuales se produce aproximadamente 8 millones de toneladas de maíz en todo el mundo, siendo los Estados Unidos, China, Brasil, Argentina, India, México, Italia, Sur África, Francia e Indonesia son los principales países productores de maíz. (Gwirtz & Garcia, 2014; Singh, Singh, & Shevkani, 2011).

En Colombia, el maíz es el tercer cultivo con mayor superficie de siembra después del café y el arroz. Frente a esto es considerado el país con mayor volumen de importaciones en Suramérica y el séptimo en el mundo (Govaerts et al., 2019), la producción de este grano es de alrededor 1,6 millones de toneladas, con un rendimiento promedio en maíz tecnificado de 5,4 toneladas por hectárea, y de 2 toneladas por hectárea en maíz tradicional y de los cuales se importan alrededor de 4,9 millones de toneladas (El Tiempo, 2018; Govaerts et al., 2019). Su consumo anual es de aproximadamente 4 millones de toneladas, dada su abundante demanda se convierte en un producto de gran importancia para la seguridad alimentaria nacional, por lo que requiere de unas óptimas condiciones de calidad e inocuidad durante sus etapas de almacenamiento y procesamiento, con el fin de evitar riesgos en la salud de la población colombiana.

# 1.2.4. Aplicaciones del maíz.

El maíz tiene tres aplicaciones posibles: alimento, forraje y materia prima para la industria. Como alimento mediante el empleo de todo el grano, maduro o no, este puede ser transformado mediante técnicas de molienda en seco para obtener un número relativamente amplio de productos intermedios, como por ejemplo sémola en escamas, harina y harina fina, que a su vez tienen un gran número de aplicaciones en una amplia diversidad de alimentos; o técnicas de molienda húmeda el que se produce almidón de maíz y subproductos como el gluten que se emplea como ingrediente alimenticio, mientras que el germen de maíz elaborado para producir aceite da como subproducto harina de germen, adicionalmente dentro de esta técnica se incluye el procedimiento de cocción en solución alcalina (eliminación del pericarpio) empleado para la elaboración las tortillas (pan plano de México y otros países de América Central) (FAO, 1993; Izquierdo & Cirilo, 2013).

En lo que respecta a su aplicación como forraje, en países desarrollados se emplea para la elaboración de piensos compuestos para la alimentación de aves de corral, cerdos y rumiantes, con más del 60% de la producción; sin embargo dada su alta demanda en los últimos años países en desarrollo en donde el maíz es un alimento fundamental también ha sido empleado para la fabricación de piensos (FAO, 1993; Izquierdo & Cirilo, 2013).

Adicionalmente también se emplea este grano para la producción de bioetanol, fabricación de pinturas y disolventes, farmacia, productos cosméticos, polímeros biodegradables, entre otros.

# 1.2.5. Subproductos del maíz.

Desde el punto de vista nutricional tiene gran relevancia en la alimentación de los colombianos, dada su variedad nutricional y utilidad como fuente de bebidas alcohólicas y aceites; también ha sido empleado como base para la elaboración de diferentes platos típicos regionales y postres (Ministerio de Cultura, 2012).

Como un subproducto del maíz se encuentran, las masas de maíz, su proceso de elaboración ha transcendido de forma casera y artesanal a una actividad industrial, involucrando la tecnología de forma más continua. Se entiende como masa maíz a la red de moléculas de almidón solubilizadas y gránulos de almidones dispersos, parcialmente gelatinizados, en una fase continua de agua libre, en la que se sostienen los gránulos de almidón no gelatinizados, las piezas de endospermo y los lípidos. (Rodríguez Sandoval, Fernández Quintero, & Ayala Aponte, 2005). Los proceso de refrigeración prolonga su vida útil, pero no ha sido recomendados puesto que produce oscurecimiento y endurecimiento (Cuevas, Plaza, & Fernández, 2016).

# 1.3. La empanada

a empanada, es un alimento típico que consta de un relleno (con o sin proteína) aliñado envuelto en una capa fina de masa de maíz amarillo el cual se somete a un proceso de fritura, tiene su origen en la cocina árabe, inspirando la elaboración de diversos platos en países como España, Francia e Italia. Tras los procesos de colonización, llegó a

América adquiriendo así su presentación característica resultante de la fusión con los sabores del Nuevo Continente. Fue así como el trigo se reemplazó por el maíz, y el relleno comenzó a cambiar sus ingredientes, hasta evolucionar al típico alimento nacional (Polo M, 2007). podría afirmarse que el simbolismo de la empanada tiene su base en las tres culturas más predominantes en el país, como son la indígena, afrodescendiente y criolla (Valencia, 2008). En Colombia el amor hacia las empanadas ha generado que existen dos monumentos a estas, uno en Caicedonia, Valle del cauca y otro en Manizales, Caldas, haciendo parte de la cultura gastronómica y de la economía de muchos hogares (Peña, 2017).

Son más de 254 clases de empanadas las que existen en el país: empanadas de cambray, vallunas, de huevo (de la costa), paisa, de pipián del Cauca, entre muchas otras (Valencia, 2008). Según investigaciones realizadas sobre el consumo de alimentos típicos colombianos, soportadas con cifras de las cámaras de comercio y censos a establecimientos comerciales, en el país el consumo oscila alrededor de 12 millones de empanadas diarias, con un crecimiento del 37.74% destacándose ciudades como Valle del Cauca, Medellín, Barranquilla y Bogotá. Además, en el país existen cerca de 15.000 microempresas, cuyo promedio de venta diaria es de 2500 unidades de empanadas diarias, para un total de ventas anuales de \$570.000.000. Se concluye también, que el 98% de la producción local es totalmente artesanal, sin la utilización de ningún tipo de tecnología (Redacción Tecnología, 2016).

# 1.4. Maquiempanadas

Teniendo en cuenta la demanda nacional y local de este tipo de producto, en el año 2010 nace Maquiempanadas S.A.S como una iniciativa de innovación y emprendimiento familiar, bajo la asesoría del programa de empresas de alto potencial Manizales Más, iNNpulsa Colombia y ProColombia; y con el apoyo de entidades como Colciencias, Sena, Bavaria y el Parque Tecnológico de la Universidad Nacional. La empresa se dedicada al diseño, fabricación, distribución, mantenimiento, asesoría y venta de maquinaria para la industria de alimentos, brindando soluciones económicas, flexibles e innovadoras a las empresas del sector agroalimentario

La innovación se basó en la fabricación de una máquina que aumenta hasta 20 veces la productividad en el proceso de fabricación de empanadas y otros productos como arepas, aborrajados y patacones (Rojas, 2015).

# 1.5. Calidad e inocuidad alimentaria

La OMS estima que más de 600 millones de personas son afectadas por enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) y 420.000 mueren al año por consumir alimentos contaminados con diferentes agentes etiológicos ya sean bacterias, virus, parásitos, toxinas o sustancias químicas (FAO, 2019). En Colombia, Según reportes del instituto nacional de salud hasta la semana 51 de 2018 fueron notificados 11502 casos que estuvieron involucrados en los 881 brotes reportados, 49,8% más que el año 2017, donde los principales factores de riesgo fueron la inadecuada conservación y almacenamiento de los alimentos (Instituto Nacional de Salud, 2017, 2018; Santos,

2017); la prevención y el control de las ETA se han convertido en las metas de la salud pública a consecuencia de su alto impacto socio-económico que genera la atención de la mismas, su incremento se enlaza en diversos factores como, las diferentes formas de transmisión, la presencia de nuevos grupos poblaciones en condición de vulnerabilidad y el aumento a la resistencia antimicrobiana de diferentes patógenos, convirtiendo su incidencia es un indicador directo de la calidad higiénico-sanitaria (World Health Organization, 2020). Como una alternativa para el manejo de las ETA, se ha empleado el establecimiento de los criterios microbiológicos en todos los productos destinados al consumo humano, por medio de los cuales se refleja el conocimiento en la aplicación de las buenas prácticas de higiene (BPH) y la conciencia sobre el impacto generado en la salud humana.

Por consiguiente, la calidad de un alimento puede ser expresada en términos de características propias de los alimentos que enmarca la calidad nutricional, la calidad higiénica y la calidad organoléptica. Los procesos de calidad incluyen aspectos que influyen en el valor del producto para el consumidor, considerando atributos negativos como la descomposición, contaminación, producción de olores desagradables y atributos positivos como el origen, su color, su aroma y textura, siendo así se conceptualiza el termino de calidad como el conjunto de características que influyen en su aceptabilidad por parte de los consumidores de forma explícita o implícita (Kilcast & Subramaniam, 2000).

El termino inocuidad de los alimentos hace referencia al conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos asegurando que una vez ingeridos, no representen un riesgo para la salud. Según La FAO en su Guía para el Día Mundial de la Inocuidad de los Alimentos 2019 afirma que:

La inocuidad de los alimentos es una cuestión fundamental de salud pública para todos los países y uno de los temas de mayor prioridad para los consumidores, productores y gobiernos. No hay seguridad alimentaria sin inocuidad de los alimentos y, en el mundo actual la cadena de suministro alimentario se ha vuelto más compleja, cualquier incidente adverso que implique la inocuidad de los alimentos puede afectar negativamente a la salud pública, el comercio y la economía a escala mundial (FAO, 2019), p.2).

Todas las poblaciones tienen derecho a consumir alimentos inocuos, es decir, que no contengan agentes físicos, químicos o biológicos en niveles o de naturaleza tal, que pongan en peligro la salud. De tal manera se precisa la inocuidad como un atributo fundamental de la calidad; asegurándose desde la producción primaria hasta las demás fases de la cadena alimentaria como el procesamiento, el empaque, el transporte, la comercialización, preparación del producto y consumo (Garzón, 2009).

#### 1.6. Vida útil

La contaminación de los alimentos puede producirse en cualquiera de las etapas del proceso de fabricación o de distribución, aunque en gran parte la responsabilidad recae principalmente en el productor; por ello es que las empresas productoras de alimentos se encuentran comúnmente con la necesidad de establecer la vida útil de un producto ante el consumidor y el estado. Por otra parte, el estado, a través de la respectiva normatividad, solicita a las empresas suministrar la vida útil del producto como parte de la información. Cuando no se tiene un estudio preciso de la vida útil de un producto se pueden generar devoluciones por variaciones de las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales percibidas por el consumidor. Consecuentemente, afectando la imagen de la empresa productora debido a las altas devoluciones del producto.

El análisis de vida útil es generalmente el tiempo en el que un alimento almacenado es seguro sin presentar cambios en las propiedades sensoriales, físicas, químicas y microbiológicas (Adegoke, 2004). Es así como se convierte en una herramienta de verificación de calidad, que permite conocer el periodo de tiempo de durabilidad de un alimento después de un proceso de transformación o conservación, definiéndolo como un producto apto o no para su consumo. Los estudios de vida útil generan un gran impacto en la inocuidad alimentaria, ya que da garantía de que un alimento es seguro, que no es peligroso para la salud, no está contaminado o que el tipo de contaminación no es un riesgo para el consumidor y que posee las características de calidad esperadas (Man, 2002).

Existen diferentes técnicas para determinar la vida útil de un producto una de ella el "tiempo de deterioro" el cual se determina mediante el almacenamiento del producto a una temperatura adecuada y se mide la carga microbiana a intervalos escalonados, el tiempo para alcanzar un nivel predeterminado de recuento total se considera el punto final (Kilcast & Subramaniam, 2000), consecuentemente se hace una estimación del tiempo falla mediante la metodología de curvas de supervivencia del producto; una función gráfica que ilustra la "probabilidad de supervivencia", es decir la probabilidad en este caso de que un alimento sobreviva con sus condiciones iniciales hasta un momento determinado en el tiempo.

En términos de vida útil de la empanada, su tiempo es relativamente corto de modo que se ha podido establecer que dos factores importantes influyen en el proceso, que son las condiciones de textura y la calidad microbiológica; este último se presenta debido a que la cocción del producto se realiza de manera parcial, lo cual posibilita la multiplicación de algunos patógenos a temperaturas de refrigeración.

Debido a lo anterior en métodos de vida útil, los alimentos se clasificas en: alimentos perecederos como aquellos que pueden sufrir deterioro ya sea de origen microbiológico y/o enzimático donde su durabilidad es menor a 30 días aproximadamente bajo condiciones específicas de envasado y almacenamiento, generalmente deben mantenerse a temperatura de refrigeración o congelación; alimentos semiperecederos como aquellos que cuentan con vida útil entre 30 y 90 días, contienen inhibidores naturales que les proporcionan tolerancia a ciertas condiciones ambientales y los poco perecederos o de largar duración los cuales son estables a temperatura ambiente, su

vida puedes variar en meses o años ya que se han sometido a proceso de preservación como esterilización, deshidratación entre otras (Giraldo Gómez, 1999).

Existen diversidad de parámetros intrínsecos y extrínsecos en los alimentos que se convierten en factores determinantes para su vida útil como lo son:

#### 1.6.1. Parámetros intrínsecos.

**Materias primas:** la calidad del producto final es el reflejo de la calidad de su materia prima. La caducidad no siempre se verá afectada por las características y parámetros de una materia prima, por ello se debe identificar todas aquellas que puedan afectar y en consecuencia conocer su efecto. Para este caso se debe tener en cuenta el tipo de materia prima a emplear en la fabricación del relleno y la preparación de las masas.

Composición y formulación del producto: la composición del alimento es el factor individual más importante de un alimento. Los alimentos fritos en este caso tienen un contenido relevante de aceite, siendo la calidad del mismo de gran importancia para establecer caducidad. Se calculó que este tipo de alimento absorbe aceite en un porcentaje de 7-13% según lo reportado en la literatura.

**Estructura del alimento:** los alimentos sólidos y semisólidos, no siempre poseen una estructura homogénea y uniforme. Por ello, los factores químicos y físico que afectan el crecimiento microbiano y/o a las reacciones químicas o bioquímicas pueden variar según la localización en el alimento. Se debe tener en cuenta el interior del producto ya

que puede albergar todo tipo de microorganismos y su capa externa ser la barrera para su posterior destrucción.

Componente de nutrientes: los alimentos ricos en nutrientes se convierten en el sustrato ideal para la proliferación de los microorganismos, por esta razón requiere mayores controles en el momento de ser procesador, como es el caso de los altos contenidos de carbohidratos.

**pH:** este factor es importante para el control de microorganismo, por eso algunos métodos de conservación se basan en la disminución del pH a través de fermentaciones o por la incorporación de ácidos orgánicos. La mayoría de las bacterias se desarrollan a un pH de 4,5 y 9, con óptimo entre 6,5 y 7,5. Y los mohos y levaduras se pueden desarrollar a un pH entre 2 y 11, con un óptimo de 4 a 6 (Badui, 2006).

Actividad del agua: la a<sub>w</sub> describe el grado de disponibilidad de agua en el alimento. La actividad del agua tiene un valor máximo de 1 y un mínimo de 0. A menor valor mayor conservación del producto. Se relaciona directamente con la textura de los alimentos; sin embargo, el producto es más susceptible alteraciones; cuanto menor es la actividad de agua de un alimento mayor es su vida útil (Badui, 2006).

El crecimiento de la mayoría de las bacterias que producen deterioro en alimentos está alrededor de 0,97 a 0,99 siendo rango más bajo, y para el crecimiento de hongos y levaduras está próxima a 0,61. El crecimiento de hongos micotoxigénicos se produce con valores de a<sub>w</sub> cercanos a 0,78 (Badui, 2006; Belitz, Grosch, & Schieberle, 2012).

#### 1.6.2. Parámetros extrínsecos.

**Elaboración:** el proceso de elaboración incluye múltiples operaciones, puede tener un efecto considerable sobre la microbiota y las propiedades físicas, químicas, bioquímicas y sensoriales del alimento, y por ende la caducidad del mismo; algunas actividades son:

- Preparación de materia primas: clasificación, lavado y pelado
- Reducción del tamaño: cortado y molido
- Operaciones que necesiten aceite caliente: fritura
- Operación que extraen calor de los alimentos: refrigeración y congelación
   Se debe tener en cuenta cada proceso de elaboración del producto desde la clasificación
   de las materias primas, hasta la incorporación de cada una durante las fases de armado del producto.

Higiene: hace parte de la BPM (Buenas Prácticas De Manufactura), se deben aplicar a todos los procesos de elaboración y manipulación del alimento, se convierten en una herramienta fundamental para obtener alimentos inocuos, constituye una serie de principios básicos (Higiene del personal; limpieza y desinfección de las instalaciones y materiales o utensilios; aspectos operativos o de los manipuladores, materias primas, aditivos y envases; almacenamiento y transporte) que garantizan la disminución de los riesgos inherentes a la producción y la distribución. Una higiene inadecuada con lleva a una contaminación, que puede ser de naturaleza física, química o microbiológica y que puede afectar en gran medida la seguridad y estabilidad del alimento.

**Humedad relativa**: todos los microorganismos necesitan agua para crecer y en los alimentos esta condiciona por la a<sub>w</sub>. Una humedad relativa baja en el almacenamiento, permite una disminución del a<sub>w</sub> en el alimento y por lo tanto restringe el crecimiento de algunos microrganismos.

**Temperatura**: la mayoría de las bacterias patógenas pueden crecer a diferentes rangos de temperaturas, sin embargo, la mayoría lo hace a 4,4 y 60 °C. Mientras que los mohos y levaduras se caracterizan por crecer a temperatura ambiente.

# 1.6.3. Condiciones fisicoquímicas.

Algunas condiciones físicas (humedad y el contenido de agua) y otras químicas ligada a los componentes nutricionales del alimento como algunos procesos de oxidación e hidrolisis química puede generar limitación de la vida útil del producto.

Todos los alimentos, que hayan sido sometidos a procesos de industrialización independiente del método, contiene agua en mayor o menos proporción. Las cifras de contenido en agua oscilan entre un 60 y un 95% en los alimentos naturales, esta puede encontrase libre siendo la única disponible para el crecimiento de los microorganismos y para intervenir en otras transformaciones y ligada es decir unida a la superficie sólida inmóvil sin interacción alguna (Arevalo Saenz, 2017).

La actividad del agua determina en forma directa el grado de interacción de la misma con los demás constituyentes de los alimentos y en una forma indirecta la capacidad de ejecutar diferentes reacciones (Fennema & Tannenbaum, 2010).

Diferentes propiedades de los alimentos ya sean coligativas, reológicas y de textura depende de su contenido de agua aun cuando este influye definitivamente en las reacciones físicas, químicas, enzimáticas y microbiológicas inmóvil (Arevalo Saenz, 2017).

#### 1.6.4. Condiciones microbiológicas.

Los microorganismos requirieren diversas condiciones favorables para multiplicarse, durante este proceso se pueden generar gases, producir ácidos o en ciertas ocasiones toxinas. Encontrando dos posiciones que pueden afectar el alimento, por un lado los microorganismos que generan daño o alteración en los alimentos y los que causan daño a la salud; el primero se presenta cuando los microorganismos crecen y se multiplican generando, como parte de su metabolismo productos secundarios o desechos que pueden ser percibidos como: olores desagradables, consistencias pegajosas y cambios en la coloración, textura y sabor del producto y el segundo como aquellos que están presentes sin reflejar ningún cambio en el producto, no son visibles pero cuando se consumen generan una alteración en el organismos.

Por tanto, el desarrollo de microorganismos causa deterioro en los alimentos haciendo que el producto sea rechazado desde un punto de vista de calidad. Algunos microorganismos necesitan una fuente de nitrógeno orgánico tal como aminoácidos, mientras que otros se desarrollan solo si hay suficiente glucosa. La actividad del agua, el pH, la temperatura y el oxígeno también son factores determinantes en el crecimiento microbiano.

Existen dos poblaciones de microorganismos que afectan a los alimentos:

Las bacterias mesófilas aerobias, estiman el componente microbiano total, sin especificar los tipos de microorganismos; esta determinación refleja la calidad sanitaria de los productos analizados indicando las condiciones higiénicas de la materia prima, además de la forma como fueron manipulados durante su elaboración. Bajo normatividad tiene un valor limitado en la presencia de patógenos o sus toxinas. Un recuento total de mesófilos aerobios bajo no asegura que un alimento este exento de patógenos o sus toxinas; pero tampoco un recuento alto significa evitablemente la presencia de patógenos.

Los mohos y levaduras son organismos fúngicos que muestran diferencias considerables en su estructura, se da el nombre de moho a hongos multicelulares filamentosos, ya que cuentan con un micelio verdadero, microscópico y cuyo crecimiento en los alimentos se identifica por su aspecto aterciopelado o algodonoso. Las levaduras son hongos que crecen generalmente en forma de agregados celulares independientes, que pueden ser globosas, ovoides periformes alargadas o casi cilíndricas, estas crecen sobre medios sólidos, formando colonias de aspecto característico que recuerdan a las colonias bacterianas; su presencia en los alimentos se da básicamente por generación de olores agrios debido a sus procesos de fermentación. La importancia de estas poblaciones radica especialmente por los mohos no solo por el deterioro y la apariencia que genera sobre el producto, sino también por el potencial de muchos de ellos para producir una gran variedad de micotoxinas a las

que el hombre es susceptible, así como su capacidad para provocar infección e incluso reacciones alérgicas en personas hipersensibles a los antígenos fúngicos.

#### 1.7. Técnicas de conservación y almacenamiento

#### 1.7.1. Proceso de fritura a altas temperaturas.

Las técnicas de fritura de los alimentos es uno de los conocimientos culinarios más antiguos de los que se tiene registro, probablemente esta práctica data del siglo VI A.C, y fue probablemente uno de los primeros procesos técnico - culinarios que permitió prolongar la vida útil de los alimentos (Dana & Saguy, 2003; Morton, 1996), por ende, freír constituye uno de los métodos de trasferencia de calor más rápido es así como la implementación de un sistema óptimo de fritura y procesado puede añadir un valor considerable a los productos alimentarios (Mistretta, 2015).

Esta técnica se basa en un proceso físico-químico complejo, en el cual el producto es sometido a inmersión en un aceite o grasa comestibles que está a un temperatura entre 150 y 200 °C, la diferencia de temperatura entre el alimento y el aceite desencadena un proceso simultáneo de transferencia de calor y de materia, esta transferencia genera que la proteína se desnaturalice, el almidón se gelatinice y se crea vapor de agua, dando lugar a formación de corteza y desarrollo de color, fenómenos típicos de los efectos combinados de múltiples reacciones químicas (Mir-Bel, Oria, & Salvador, 2009; Oke, Idowu, Sobukola, Adeyeye, & Akinsola, 2018). Estas reacciones químicas crean importantes cambios micro estructurales, generalmente ocurre es una rápida coagulación de las proteínas de la superficie del producto provocando

impermeabilización del mismo, donde se controla la pérdida de agua convirtiéndose en vapor de agua que se transfiere del alimento al aceite circulante, mientras que el aceite absorbido por el alimento remplaza en parte el agua liberada hasta en un 40% del producto final influenciando en todas sus propiedades organolépticas, especialmente sabor, color y aroma (Mellema, 2003; Mir-Bel et al., 2009; Moreno & Bouchon, 2008). Dado lo anterior, es así como el calor reduce el contenido de humedad de la capa hasta 3% o menos y la humedad desprendida es la causante del vapor generado durante el proceso. Cuando se realiza de manera correcta se genera la textura crujiente, el aspecto agradable, el color dorado, uniforme y brillante y se obtiene una mayor estabilidad en el efecto de la conservación, debido a la destrucción parcial o total de los microorganismos contaminantes y la inactivación de enzimas presente en el mismo (Pineda, 2010).

#### 1.7.2. Refrigeración y congelación.

Considerado como métodos de conservación; A través del tiempo se han implementado diferentes maneras de conservar los alimentos a fin de estar disponibles por más tiempo y asequible a posterior consumo.

Las condiciones de almacenamiento, representan un papel fundamental para evitar los procesos de deterioro en los alimentos, de allí radica la importancia de tener en consideración métodos de conservación a bajas temperaturas de almacenamiento ya que son de gran importancia en el manejo, procesamiento, y transporte de los alimentos

procesados puesto que un buen control de la misma es imprescindible para prolongar la vida útil del producto, los procesos de degradación metabólica de las proteínas de los alimentos y algunas reacciones enzimáticas son inhibidas de una forma parcial o total por el frio, este a su vez también influye en la velocidad de reproducción de la gran mayoría de los microorganismos (patógenos y no patógenos), impidiendo que aumente su población, actuando sobre su metabolismo retardándolo (en refrigeración) hasta detenerlo (a -18 °C) con el consiguiente retraso en la descomposición del propio alimento (Canadian Beef Latinoamérica, 2015).

Existen diferentes métodos de conservación a bajas temperaturas, entre ellas se encuentran.

La Refrigeración; fundamentalmente consiste en conservar los alimentos a baja temperaturas, entre 1 a 4 °C. Este método de conservación permite preservar durante un tiempo relativamente corto los alimentos (días o semanas). A esta temperatura se reduce el desarrollo de algunos microorganismo termófilos (como *Bacillus* y *Clostridium*) y muchos de los mesófilos, sin embargo, los microorganismos psicrótrofos pueden desarrollarse entre estas temperaturas, produciendo alteraciones de tipo organoléptico (Noguera et al., 2018); mediante este método se disminuyen los procesos bioquímicos que conllevan al deterioro y la perdida de nutrientes, sin embargo, este tipo de conservación estará ligado o limitado al tipo de producto, tipo de empaque o envase empleado. Es importante tener en cuenta algunos factores que se deben controlar cuando se refrigeran los alimentos como lo son:

- ✓ El rango de temperatura, todo alimento posee una temperatura optima y adecuada de conservación.
- ✓ La húmeda relativa del ambiente; los ambientes muy secos generan paso de humedad del alimento al medio externo por consiguiente se ve afectado el peso del mismo.
- ✓ La circulación de aire.
- Buenas prácticas, la contaminación cruzada se convierte en el problema más común de la conservación por refrigeración, importancia en la delimitación de los alimentos.

La Congelación; es uno de los métodos de elección para la conservación a largo plazo de los alimentos, en este proceso la temperatura disminuye por debajo de su punto de congelación (hasta 18 °C) y una parte del agua cambia de estado líquido a sólido, formando cristales de hielo. La congelación retrasa el deterioro de los alimentos y prologa su seguridad durante este proceso la deshidratación del alimento es menor al igual que la pérdida de peso mejorando sus características organolépticas y deteniendo los procesos bacteriológicos y enzimáticos que modifican al alimento. La efectividad del almacenamiento en frío depende de la calidad inicial de la materia prima y de las condiciones de tiempo y temperatura (Noguera et al., 2018; Oteiza, Giannuzzi, & Lupano, 2003).

#### 1.8. BIBLIOGRAFÍA

Acevedo Correa, D., Montero Castillo, P. M., & Mertelo, R. jose. (2018).

- Determination of the Shelf-life of Arepa with Egg through Accelerated Testing. *Contemporary Engineering Sciences*, 11(35), 1713–1725. https://doi.org/https://doi.org/10.12988/ces.2018.84148
- Adegoke. (2004). Understanding Food Microbiology. In *Ibadan, Nigeria: Alleluia Ventures Ltd, ISBN 978-36676-1-0*. https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=VkfAjnYa0YYC&oi=fnd &pg=PA1&ots=aZgHkMSr43&sig=wbg264it0sWBOvxrrZIJLKUX6Zc&redi r esc=y#v=onepage&q&f=false
- Arevalo Saenz, S. T. (2017). *Agua En Los Alimentos* [Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. http://www.qo.fcen.uba.ar/quimor/wp-content/uploads/12-8 EL AGUA EN LOS ALIMENTOS.pdf
- Asturias, M. Á. (2004). Maíz de alimento sagrado a negocio del hambre. In *Acción Ecológica*. Red por una América latina libre de transgénicos.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos* (E. Q. Duarte (ed.); Cuarta Edi). Pearson Educación de México, S.A. de C.V. https://doi.org/10.1109/APSEC.2012.123
- Bayona, M. (2009). Evaluación Microbiológica De Alimentos Adquiridos En La Vía Pública En Un Sector Del Norte De Bogotá. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 12, 9–17. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0123-42262009000200002&lang=es
- Belitz, H.-D. (Hans-D., Grosch, W. (Werner), & Schieberle, P. (2012). *Química de los alimentos*. Acribia.
- Canadian Beef Latinoamérica. (2015). *Importancia de mantener la cadena de frío*.

  Canada Beef. http://www.canadabeef.mx/importancia-de-mantener-la-cadena-de-frio/
- Chavarri, M., Rojas, V., Rumbos, N., & Narcise, R. (2014). Detección de microorganismos en maíz tierno molido comercializado en Maracay, estado

- Aragua, Venezuela. Revista de La Sociedad Venezolana de Microbiología, 34, 33–37.
- Cuevas, J. F., Plaza, J. L., & Fernández, A. (2016). Análisis de perfil de textura en masas reconstituidas de harina de maíz amarillo fermentado. *Agronomía Colombiana*, 34, 537–539. https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1supl.58339
- Dana, D., & Saguy, S. (2003). Integrated approach to deep fat frying: engineering nutrition, health and consumer aspects. *J. Food Eng.*, 56, 143–152.
- David, C., & Tovar, G. (2013). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 11(1), 97–110. http://investigaciones.usbcali.edu.co/ockham/images/volumenes/Volumen11N 1/Guillermo11-1\_c7.pdf
- FAO. (1993). *El maiz en la nutrición humana*. Colección FAO: Alimentación y nutrición, No 25. http://www.fao.org/3/t0395s/T0395S02.htm#Capitulo 1 Introducción
- FAO. (2019). Guía para el Día Mundial de la Inocuidad de los Alimentos 2019. www.fao.org/world-food-safety-day
- Fennema, O., & Tannenbaum, S. (2010). Fennema Quimica de los alimentos. In O. R. Fennema, S. Damodaran, & L. K. Parkin (Eds.), *Química de los Alimentos* (3rd ed.).
- Flores, H. D., Zamora, J. E., Villarreal, J. L. y, & Villarreal, J. A. (2006). Determinación Y Caracterización De Microorganismos Presentes En La Masa Para Tortilla De Maíz En Tortillerias. In *Memorias de la Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, AIDIS*. FEMISCA.
- Fondo Nacional Cerealistas. (2017). Indicadores Cerealistas.
- Garzón, M. allister T. (2009). La inocuidad de alimentos y el comercio internacional.

- Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 22(3), 330–338. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0120-06902009000300009&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Giraldo Gómez, G. I. (1999). *Métodos De Estudio De Vida De Anaquel De Los Alimentos* (p. 106). http://www.bdigital.unal.edu.co/51276/1/metodosdeestudiodevidadeanaquelde losalimentos.pdf
- González, U. (2009). El maíz y los productos de su industrialización. Trillas.
- Govaerts, B. ., Vega, D. ., Chávez, X. ., Narro, L. ., San Vicente, F. ., Palacios, N. ., Pérez, M. ., González, G. ., Ortega, P. ., Carvajal, A. ., Arcos, A. L. ., Bolaños, J. ., Romero, N. ., Bolaños, J. ., Vanegas, Y. F. ., Echeverría, R. ., Jarvis, A. ., Jarvis, A., Jiménez, D. ., ... Tapasco, J. (2019). Maíz para Colombia Visión 2030. In *CIMMYT*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Gwirtz, J. A., & Garcia, M. N. (2014). Processing maize flour and corn meal food products. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1312*(1), 66–75. https://doi.org/10.1111/nyas.12299
- Instituto Nacional de Salud. (2017). *Boletín epidemiológico semanal* (p. 77). Instituto Nacional de Salud.
- Instituto Nacional de Salud. (2018). Boletin Epidemiológico Semanal-Las enfermedades transmitidas por Alimentos-ETA. https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2018

  Boletín epidemiológico semana 52.pdf
- Izquierdo, N. G., & Cirilo, A. g. (2013). *Usos del maíz. Efectos del ambiente y del manejo sobre la composición del grano* (pp. 83–92). http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/47599/Documento\_completo.pdf?sequence=1

- Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2000). The stability and shelf-life of food. In *The stability and shelf-life of food*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC. https://doi.org/10.1533/9781855736580
- Man. (2002). Caducidad de los alimentos.
- Mellema, M. (2003). Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends Food Sci Technol*, 14(9), 364–373.
- Ministerio de Cultura. (2012). *Gran libro de la cocina colombiana / Recopilación de Carlos Ordóñez*. (Ministerio de Cultura (ed.)).
- Mir-Bel, J., Oria, R., & Salvador, M. L. (2009). Influence of the vacuum break conditions on oil uptake during potato post-frying cooling. *Journal of Food Engineering*, 95(3), 416–422. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.06.001
- Mistretta, J. (2015). Gestión eficaz del aceite en los sistemas de fritura. Industria Alimentos. https://www.industriaalimenticia.com/articles/87764-gestion-eficaz-del-aceite-en-los-sistemas-de-fritura
- Moreno, M., & Bouchon, P. (2008). A different perspective to study the effect of freeze, air, and osmotic drying on oil absorption during potato frying. *J Food Sci*, 73, 122–128.
- Morton, I. (1996). Geography and history of the frying process. In *II Symposium Internacional sobre "fritura de los alimentos"*, (Vol. 49).
- Noguera, F., Gigante, S., Menoni, C., Aude, I., Montero, D., & Peña, N. (2018). *Principios de la preparación de alimentos* (Publicacio).
- Oke, E. K., Idowu, M. A., Sobukola, O. P., Adeyeye, S. A. O., & Akinsola, A. O. (2018). Frying of Food: A Critical Review. *Journal of Culinary Science and Technology*, *16*(2), 107–127. https://doi.org/10.1080/15428052.2017.1333936
- Ospina, J. (2002). *Caracteristicas físico mecanicas y analisis de calidad de granos*. https://www.iberlibro.com/9789587011821/Caracteristicas-físico-mecanicas-

- analisis-calidad-9587011821/plp
- Oteiza, J. M., Giannuzzi, L., & Lupano, C. E. (2003). Modeling of microbial growth in refrigerated doughs for "empanadas" with potassium sorbate and whey protein concentrate. *Journal of Food Processing and Preservation*, 27(4), 253–270. https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2003.tb00516.x
- Peña, M. (2017). *Hoja de vida de la empanada*. El Colombiano. http://www.elcolombiano.com/redes-sociales/origen-de-la-empanada-NG6293096
- Pineda, J. L. flores. (2010). Arranque y estandarización de una planta procesadora de platano. Instituto Tecnológico de Colima.
- Polo M, L. (2007). La hoja de vida de la empanada. El Tiempo.
- Redacción Tecnología. (2016, October). Máquinas colombianas para hacer empanadas son un éxito en el exterior. *El Espectador*.
- Rodriguez Sandoval, E., Fernández Quintero, A., & Ayala Aponte, A. (2005). Reología y textura de masas: Aplicaciones en trigo y maíz. *Ingeniería e Investigación*, 25(1), 72–78. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64325110
- Rojas, S. (2015). Maquiempanadas, la empresa que innovó la gastronomía local. *El Tiempo*.
- Santos, M. C. (2017). Informe del evento enfermedades transmitidas por alimentos, hasta el periodo epidemiológico IX, Colombia, 2017 (Issue 3). simposiovirologia.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-Vigilancia/Informe de Evento Epidemiolgico/ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS PE IX 2017.pdf
- Singh, N., Singh, S., & Shevkani, K. (2011). Maize: Composition, Bioactive Constituents, and Unleavened Bread. In *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention* (pp. 89–99). Elsevier Inc.

- https://doi.org/10.1016/B978-0-12-380886-8.10009-1
- USDA. (2006). Thinking bio renewables: think corn. Iowa Corn Promotion Board.
- Valencia, L. C. (2008). *Banacionalización: la espectacularidad de la comida colombiana*. Pontificia Universidad Javeriana.
- WHO. (2020). *Inocuidad de los alimentos*. World Health Organization. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety

# 2. ESTABLECIMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA MASA FRESCA Y EMPANADA ELABORADA A PARTIR DE MASA FRESCA Y PRE-FRITA

# 2.1. INTRODUCCIÓN

En Colombia la producción anual de maíz se ha incrementado sustancialmente, para finales del 2017 se reportaron 195795 ton/h de producción mediante cultivo tradicional y 5,8 ton/h de producción mediante cultivo tecnificado, sin embargo aún se importan más de 4 millones de ton/año de maíz (Fondo Nacional Cerealista, 2017). El maíz tiene gran relevancia en la alimentación de los colombianos, es base para la elaboración de productos típicos como arepas, empanadas, pasteles, rebosados, galletas, panes y buñuelos; bebidas calientes, frías o fermentadas, sopas, aperitivos o guarniciones, platos típicos regionales y postres (Ministerio de Cultura, 2012). En el caso de las empanadas, estas son ampliamente producidas en américa latina, y se utilizan cereales como trigo y maíz para su elaboración, se suelen comercializar en fresco, refrigerado o congelado (Lorenzo et al., 2008). En Colombia la empanada de maíz es uno de los productos derivados de este cereal de mayor importancia, con un consumo diario de 12 millones de unidades, de las cuales más del 95% son elaboradas "a mano" en un mercado de 15000 unidades de negocio, que incluyen procesadores de masa, restaurantes, cafeterías y puestos en vía pública (Redacción Tecnologica, 2016).

La Organización Mundial de la Salud reporta que se presentan aproximadamente 600 millones de casos de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), producidos por

31 agentes incluyendo bacterias, virus, parásitos, toxinas y químicos (World Health Organization, 2015), estos eventos de salud pública en el país pueden ser prevenidas a través de una buenas prácticas de fabricación y el control microbiológico de los productos. En el caso de las empanadas, que se elaboran a partir de maíz fresco, la cocción del producto se presenta de manera parcial; debido a esto, y considerando la capacidad de algunos patógenos para multiplicarse a temperaturas de refrigeración, el producto almacenado es susceptible de sufrir alteraciones en sus características originales que afecten la aceptación por parte del consumidor. Además, algunos microorganismos pueden desarrollarse a niveles que por sí mismos o a través de sus productos metabólicos puedan afectar la inocuidad del producto.

La composición, formulación, elaboración y almacenamiento del producto pueden tener un efecto sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del mismo. Por lo tanto, tener presentes ciertos parámetros de calidad, se convierte en una herramienta fundamental para el control del crecimiento y supervivencia de microorganismos como por ejemplo el pH. Algunas bacterias se desarrollan a pH óptimos de 6,4 y 7,5 y ciertas poblaciones de mohos y levaduras lo pueden hacer a pH óptimos de 4 a 6 (Adams & Moss, 2008). Otro parámetro son las condiciones de humedad, el agua es el componente fundamental para el desarrollo de microorganismos, la cantidad de agua disponible aceleran el desarrollo de estos, de ahí que el tiempo de almacenamiento de un producto, el procesamiento y las condiciones de empaque y conservación estén relacionados con el contenido de agua del alimento.

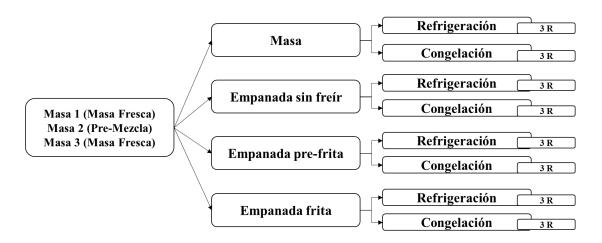
Algunos procesos de transformación a elevada temperatura, se espera que puedan controlar o disminuir la población microbiana en los productos. En el caso de la fritura, es una técnica ampliamente empleada, donde un alimento se sumerge en aceite o grasa caliente, generalmente por encima de la temperatura de ebullición del agua, en donde están involucrados procesos de transferencia de calor y masa, generando cambios fisicoquímicos y sensoriales en el alimentos (Oyedeji et al., 2017). El efecto del calor reduce el contenido de humedad, por tanto, si se realiza de manera correcta, al tener en cuenta variables como la temperatura, el tiempo y el tipo de aceite, se generan características deseables de textura, color y sabor deseables y adicional se obtiene una mayor estabilidad del producto durante la conservación, debido a que puede ocurrir destrucción parcial o total de microorganismos contaminantes o la inactivación de enzimas presentes en el mismo. Para complementar una correcta manipulación de alimentos, aplicación de prácticas de limpieza y desinfección, una buena higiene del personal, limpieza de las instalaciones, equipos y materiales, condiciones de almacenamiento y empaque del producto, se convierte en un pilar fundamental para disminuir los riesgos inherentes a la elaboración y obtener alimentos seguros e inocuos. El presente trabajo tiene por finalidad, evaluar los cambios fisicoquímicos y microbiológicos que ocurren en un masa y empanada de maíz fresco, almacenada en

refrigeración y congelación, y que han sido sometidas a pre-fritura y fritura.

#### 2.2. MATERIALES Y MÉTODOS.

# 2.2.1. Preparación y selección de las muestras.

Se desarrolló un estudio experimental para determinar los parámetros de calidad fisicoquímicos y microbiológicos de tres tipos de masas de maíz fresca, empanadas de masa fresca, empanadas pre-fritas y fritas, almacenadas durante 5 días en refrigeración (8 °C) y congelación (-20 °C); se seleccionaron dos masas de maíz fresco de manera aleatoria entre los proveedores locales de la ciudad de Manizales y una premezcla comercial para la elaboración de arepas (Figura 1 y 2). El relleno de las empanadas (sin proteína), el procedimiento de armado de estas (máquina de armado MQE CM06B), la fritura y conservación se realizaron en la empresa Maquiempanadas en la ciudad de Manizales. Los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de alimentos de la Universidad Católica de Manizales y laboratorio de procesos agroindustriales de la Universidad de Caldas. El número de muestras empleadas para los análisis fisicoquímicos fue de 3 muestras por proceso, y para los análisis microbiológicos fue de 5 muestras por proceso, en ambos casos los análisis se realizados por duplicado.



**Figura 1**. Flujograma análisis fisicoquímico.

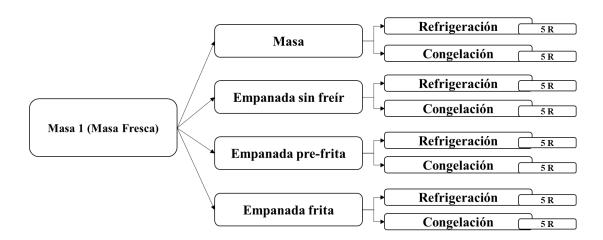


Figura 2. Flujograma análisis microbiológicos.

# 2.2.2. Análisis fisicoquímico.

Se empleó la técnica de potenciometría para determinar el pH de las muestras en el pH-metro Metrohm (827 pH Lab), para la humedad se utilizó el método indirecto de secado en estufa de tiro forzado en donde se tomaron de 2 a 3 gr de muestra y se introdujeron a una estufa (Binder) con temperatura de 90 °C durante 12 horas, el porcentaje de humedad se determinó con la siguiente formula:

Porcentaje de humedad (%) = Peso inicial – Peso final/ Peso inicial \* 100

#### 2.2.3. Análisis microbiológico.

Se empleó el método de recuento en placa mediante siembran por profundidad, se tomaron 10 g de cada muestra en 90 mL de agua peptona estéril, para obtener una mezcla homogénea se aplicó un triturado con ayuda del stomacher, posteriormente se

realizaron diluciones seriadas, transfiriendo alícuotas de 1 mL a tubos de ensayo con 9 mL del diluyente hasta obtener las diluciones consecutivas requeridas de acuerdo a las condiciones del producto, posterior se vertió un 1 mL de cada dilución a cajas de Petri estéril agregando el medio de cultivo enfriado a 45 °C, se empleó agar Plate Count (Scharlau) para el recuento de mesófilos aerobios y agar Rosa de Bengala con cloranfenicol (Scharlau) para el recuento de mohos y levaduras. Las bacterias se incubaron a 35  $\pm$  2 °C durante 48 horas y los hongos a 30  $\pm$  2 °C durante 5 días. El recuento de mesófilos aerobios, mohos y levaduras se realizó de acuerdo con la referencia de la Norma Técnica Colombiana 5372.

#### 2.2.4. Análisis de los datos.

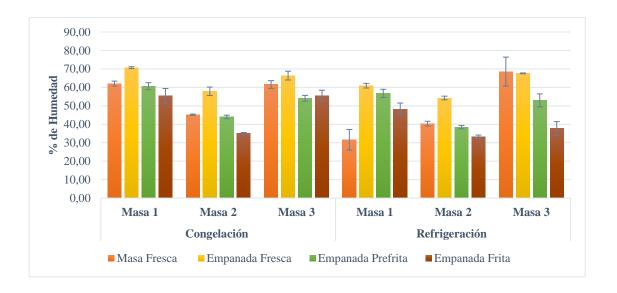
Los resultados fueron analizados mediante estadística descriptiva y diseño experimental factorial aleatorizado, con un nivel de confianza del 95%. Las muestras fueron analizadas por duplicado, a través de un análisis de varianza, empleando el programa Statgraphics®plus.

# 2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

# 2.3.1. Análisis fisicoquímicos.

#### 2.3.1.1. Determinación del porcentaje de humedad.

En la gráfica 1, se puede observar el porcentaje de humedad de las muestras evaluadas. Luego del análisis estadístico se evidencia que los procesos de pre-fritura y fritura y el tipo de masa empleado, tienen un efecto estadísticamente significativo (p<0,05) en relación con la pérdida de humedad, independiente del método de conservación al cual sean sometidos. Se encontró además que, entre los tres tipos de masa empleados, existe una diferencia estadísticamente significativa de la masa 2 en comparación con la masa 1 y 3 en cuanto a su contenido de humedad, cuando se encuentran en refrigeración o congelación. Posiblemente se deba a la composición y origen de estas, ya que la masa 2 es una pre-mezcla que fue reconstituida, pero también la refrigeración genera una ligera deshidratación de las masas y las empanadas durante el almacenamiento, lo que posteriormente podría influir en la textura final. El relleno también impacta en el incremento de la humedad de las empanadas, como se observa en la gráfica 1, al comparar la humedad de la masa y la de la empanada sin freír. Como es conocido los procesos de fritura inciden en la pérdida de agua de los alimentos y las empanadas no son la excepción, evaporando rápidamente el agua superficial y generando una corteza característica en este tipo de producto, con unas características determinadas de textura (Fellows, 2000). Además, si la temperatura interna es suficiente, es posible incidir en la reducción de microorganismos, lo que puede disminuir los riesgos microbiológicos en la empanada de maíz, susceptible a deteriorarse rápidamente.



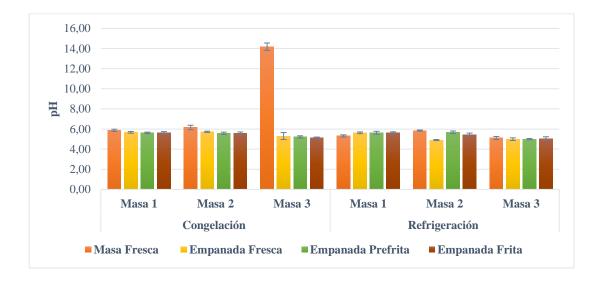
**Gráfica 1.** Porcentaje de humedad en las muestras almacenadas en congelación y refrigeración.

# 2.3.1.2. Determinación del pH.

En la gráfica 2 se puede observar que el pH de las muestras tiende a disminuir cuando se encuentra en refrigeración y tiende a permanecer más estable en congelación. En la figura también se puede evidenciar un elevado pH cuando la muestra 3 de masa se conservó durante la congelación, este caso en particular es probable que la muestra posea un conservante en exceso, haya sido adulterado o se adicionara cal o algún elemento similar para controlar microorganismos o mejorar textura. Estadísticamente se observó que el pH está influenciado por las características de los diferentes tipos de masas cuando son sometidas a los dos métodos de conservación; y solo ocurren diferencias significativas del pH cuando los diferentes productos son sometidos a congelación, donde la masa fresca difiere de su pH con relación a los otros productos. Las condiciones de pH se logran mantener constante en los dos métodos de

conservación, aunque ocurre una leve variación de los valores con respecto al tipo de masa 2, esto se deba posiblemente a que es una pre-mezcla y al reconstituirse cambie sus condiciones fisicoquímicas a diferencia de cuando la masa es fresca directa.

En general se puede inferir que, en refrigeración el pH disminuye por la acidificación o fermentación espontánea generada por los microorganismos alterantes presentes en la masa, que siguen creciendo pese a las condiciones de temperatura en refrigeración y en el caso de la congelación, el pH permanece más estable o no tiene tantas variaciones, debido a un mejor control de los microorganismos presentes en las masas de maíz que pueden incidir en el deterioro de la masa y la empanada (Capparelli & Mata, 1975; Chaves-Lopez et al., 2016).

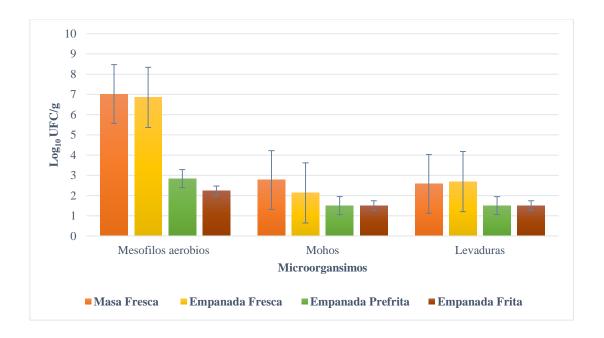


**Gráfica 2.** Valores de pH en las muestras almacenadas en congelación y refrigeración.

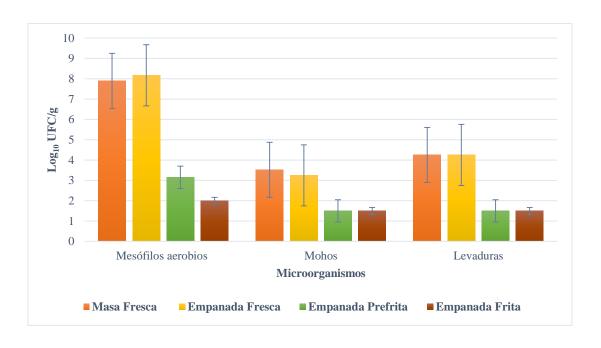
## 2.3.2. Análisis microbiológico.

Las características nutricionales del alimento se convierten un medio apto para el desarrollo de una variedad de microorganismo, los altos contenidos de almidón en el producto son una fuente rica de energía para los microorganismos por tanto puede generar efectos de degradación en el producto. Mediante los análisis microbiológicos se pudo determinar que, la masa fresca y empanada de masa fresca fueron los que presentaron mayor carga microbiana como se puede evidenciar en la gráfica 3 y 4, muy similar al estudio realizado en Venezuela donde concluyeron que el maíz tierno molido es un sustrato ideal para el crecimiento microbiano, ya que se evidenció elevada contaminación por mohos, levaduras y Coliformes, sobrepasando los límites establecidos por las normas venezolanas y mexicanas para harinas y cereales. (Chavarri et al., 2014), teniendo en cuenta que los métodos de conservación ya sea refrigeración o congelación no muestran un impacto en los recuentos de mesófilos aerobios, mohos y levaduras (p<0,05). Otro estudio realizado México demostró que la masa de maíz producida en las plantas de Guadalajara, México contiene una variedad de bacterias de diferentes géneros, donde el perfil de la masa de maíz fresco, nixtamalizado está compuesto principalmente por bacterias acido lácticas y bacterias mesófilas aeróbicas, con cantidades pequeñas de Coliformes, mohos y levaduras (Adolphson, Dunn, Jefferies, & Steele, 2013).

El alto contenido de estos indicadores microbiológicos puede ser una consecuencia de dos factores, uno es posiblemente la deficiencia en las prácticas de manipulación de alimentos del producto, y el segundo factor puede ser al origen de la materias primas e insumos para su elaboración. Las altas temperaturas de calor a las cuales son sometidos los productos, es decir los procesos de pre-fritura y fritura tienen un efecto estadísticamente significativo para los recuentos de los microorganismos (p<0,05), la deshidratación superficial de la masa de maíz y empanadas y la altas temperaturas, logran la inhibición de la mayoría de los microorganismos (IFT, 2003).



**Gráfica 3.** Comportamiento microbiano de las muestras almacenadas en congelación.



**Gráfica 4.** Comportamiento microbiano de las muestras almacenadas en refrigeración.

# 2.4. CONCLUSIONES

Los procesos de fritura y pre-fritura inciden en la disminución de la humedad y en la reducción de microorganismos mesófilos, mohos y levaduras en las empanadas, lo que podría impactar en la calidad en punto de venta y estabilidad en el almacenamiento de este tipo de productos, mejorando la inocuidad del alimento que llega al consumidor.

El tipo de congelación empleada este estudio tiende a mantener la humedad del producto durante el almacenamiento, contrario a lo que ocurre con la refrigeración en donde se produce una deshidratación parcial del producto.

El pH en las masas y empanadas de maíz tiende a disminuir en refrigeración y se mantiene en congelación, lo que indica que es posible una fermentación de la masa y las empanadas en refrigeración, causada por lo microorganismos presentes en el alimento.

# 2.5. BIBLIOGRAFÍA

- Adams, M., & Moss, M. (2008). Food Microbiology. RSC Publishing.
- Adolphson, S. J., Dunn, M. L., Jefferies, L. K., & Steele, F. M. (2013). Isolation and characterization of the microflora of nixtamalized corn masa. *International Journal of Food Microbiology*, *165*(3), 209–213. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.05.010
- Capparelli, E., & Mata, L. (1975). Microflora of Maize Prepared as Tortillas. *Applied Microbiology*, 29(6), 802–806.
- Chavarri, M., Rojas, V., Rumbos, N., & Narcise, R. (2014). Detección de microorganismos en maíz tierno molido comercializado en Maracay, estado Aragua, Venezuela. *Revista de La Sociedad Venezolana de Microbiología*, 34, 33–37.
- Chaves-Lopez, C., Serio, A., Delgado-Ospina, J., Rossi, C., Grande-Tovar, C. D., & Paparella, A. (2016). Exploring the Bacterial Microbiota of Colombian Fermented Maize Dough "Masa Agria" (Maiz Añejo). *Frontiers in Microbiology*, 7, 1168. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01168
- Fellows, P. . (2000). Food processing technology principles and practice (Segunda). CRC Press.
- Fondo Nacional Cerealista. (2017). Informe de gestión 2017-A.
- IFT. (2003). Analysis of Microbial Hazards Related to Time/Temperature Control of Foods for Safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2(s2), 33–41. https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00049.x

- Lorenzo, G., Zaritzky, N., & Califano, A. (2008). Optimization of non-fermented gluten-free dough composition based on rheological behavior for industrial production of "empanadas" and pie-crusts. *Journal of Cereal Science*, 48(1), 224–231. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.09.003
- Ministerio de Cultura. (2012). *Gran libro de la cocina colombiana / Recopilación de Carlos Ordóñez*. (Ministerio de Cultura (ed.)).
- Oyedeji, A. B., Sobukola, O. P., Henshaw, F., Adegunwa, M. O., Ijabadeniyi, O. A., Sanni, L. O., & Tomlins, K. I. (2017). Effect of Frying Treatments on Texture and Colour Parameters of Deep Fat Fried Yellow Fleshed Cassava Chipse. *Journal of Food Quality*, 2017, 10.
- Redacción Tecnologica. (2016). *Máquinas colombianas para hacer empanadas son un éxito en el exterior*. El Espectador. https://www.elespectador.com/tecnologia/maquinas-colombianas-hacer-empanadas-son-un-exito-el-ex-articulo-660312
- World Health Organization. (2015). WHO estimates of the global burden of foodborne diseases: foodborne disease burden epidemiology reference group 2007-2015. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data WHO, 1–268. https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.07.009

# 3. DETERMINAR EL TIEMPO DE DETERIORO DE LA EMPANADA ELABORADA A PARTIR DE MASA DE MAÍZ FRESCO Y PRE-FRITA, ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN.

## 3.1. INTRODUCCIÓN

El maíz actualmente es cultivado en la mayoría de los países del mundo, siendo la tercera cosecha en importancia, después del trigo y el arroz, considerándose promisorio en el desarrollo de ingredientes alimentarios funcionales y la producción de alimentos nutritivos de alta calidad que buscan satisfacer las demandas del mercado (Ai & Jane, 2016). Su consumo en países de América latina ha incrementado, debido a sus propiedades nutricionales, contenido de carbohidratos, proteínas y lípidos que desempeñan una función muy importante en la nutrición humana (FIRA, 2016). Por estas características se convierte en una materia prima básica para la preparación de diversos productos típicos en América latina como tortillas, arepas, humitas, bebidas alcohólicas y empanadas.

Teniendo en cuenta la variedad de alimentos que se obtienen a partir de este grano, garantizar alimentos inocuos y de calidad es la preocupación constante de los actores que intervienen en la cadena de alimentos (Bayona, 2009). La empanada, es un alimento tipo snack de la cultura colombiana, elaborado a partir de una masa o harina de maíz, con un relleno de origen proteico o no, que se somete procesos de horneado o fritura. Por sus características se convierte en un alimento de alto consumo, adquirido en puntos de ventas formales o informales. Por ser un producto con una humedad elevada, es susceptible a sufrir alteraciones o deterioro en sus características originales

debido a sus composición fisicoquímica (Hernández, Agudelo, Corpas-Iguarán, & Castro-Rios, 2018).

Los procesos de deterioro en los alimentos son generados por factores físicos, químicos o microbiológicos que repercuten en la vida útil del producto; la temperatura es un factor a considerar, puesto que su uso incorrecto facilita el crecimiento de microorganismos en el producto, causando su deterioro; este factor también influye sobre la oxidación lipídica, degradación de vitaminas y cambios en la textura del alimento (Ruiz Güiza & Heredia Avella, 2017). Particularmente, las bacterias psicrótroficas son capaces de crecer entre 0 y 4 °C a un ritmo lento, durante el almacenamiento prolongado en refrigeración (Gonzalez Quiroz, 2012); como consecuencia de estas reacciones los alimentos pueden alterarse causando problemas de salud pública y riesgos de inocuidad.

En la actualidad no se han encontrado reportes de vida útil en empanadas; sin embargo, se han reportado estudios asociados con el deterioro en otros alimentos típicos como la arepa. Se conocen estudios sobre la determinación de la vida útil de la arepa de huevo a través de pruebas aceleradas, mediante el aumento del índice de peróxido, indicando que este aumenta básicamente con la temperatura y el tiempo de fritura debido a la acumulación de compuestos oxidantes primarios (Acevedo Correa, Montero Castillo, & Martelo, 2018), y estudios que evalúan el efecto de la fritura al vacío sobre las propiedades bromatológicas y sensoriales de las empanada, frente a diversos factores de temperatura y tiempos de freído, concluyendo que en la parte sensorial la mejor temperatura fue de 120 °C y en lo bromatológico fue en 140 °C (Acevedo Correa,

Montero Castillo, & Mertelo, 2018). Teniendo en cuenta que los estudios sobre el tema son insuficientes, la siguiente investigación tuvo como objetivo evaluar el tiempo falla de la empanada de maíz sin freír y pre-frita almacenada en refrigeración.

### 3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.2.1. Tipo de estudio.

Se realizó un estudio experimental en el laboratorio de Microbiología de Alimentos de la Universidad Católica de Manizales, para la determinación de las condiciones fisicoquímicas y el tiempo falla de las empanadas almacenadas en refrigeración, mediante análisis de supervivencia sobre la aparición apreciable de microorganismos en el producto.

#### 3.2.2. Ubicación y población.

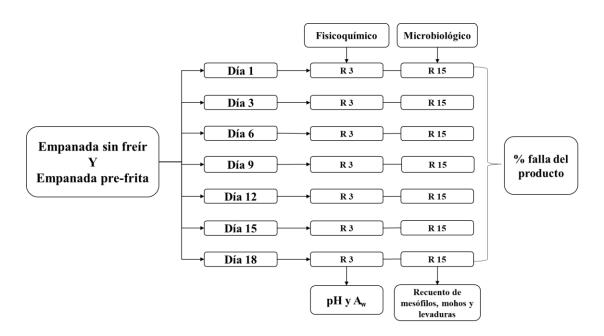
La población de estudio en general correspondió a unidades de masa fresca, empanada sin freír (masa fresca) y empanadas pre-fritas, armadas en la maquina CM06B en la empresa Maquiempanadas, ubicada en el barrio Fátima de Manizales (Caldas) y almacenadas en refrigeración (Figura 3).



Figura 3. Elaboración de las empanadas en la maquina CM06B. Foto: Autoría propia.

# 3.2.3. Muestras.

Para los análisis fisicoquímicos se emplearon 3 unidades de empanada sin freír (masa fresca) y empanada pre-frita, para un total de 15 muestras. Y para los análisis microbiológicos se emplearon 15 unidades de empanada sin freír (empanadas de masa fresca) y empanada pre-frita, para un total de 210 muestras; los análisis se realizaron cada tres días durante cuatro semanas consecutivas (Figura 4).



**Figura 4**. Flujograma para determinación del tiempo falla en la empanada sin freír y empanada pre-frita almacenadas en refrigeración.

#### 3.2.4. Preparación de las muestras.

Las muestras de empanada pre-frita se sometieron a un proceso de fritura en aceite de soya a una temperatura de 180 °C durante 3 min, se enfriaron a temperatura ambiente durante 10 min y posteriormente se empacaron en bolsas tipo ziploc de polietileno de baja densidad. La temperatura de almacenamiento fue de  $5,19 \pm 0,79$  °C, todos los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se realizaron al mismo tiempo.

#### 3.2.5. Procedimiento de análisis.

#### 3.2.5.1. Análisis fisicoquímicos.

Se empleó la técnica de potenciometría para la determinación del pH de las muestras (SIAnalytics Lab 855 pH), la actividad del agua (aw) del alimento se cuantificó a través de un medidor de aw (Schaller 3115, mod RH2 + AW- Wert) y para la humedad se utilizó el método indirecto de secado en estufa de tiro forzado en donde se tomaron de 2 a 3 gr de muestra y se introdujeron a una estufa (Binder) con temperatura de 90 °C durante 12 horas, el porcentaje de humedad se determinó con la siguiente formula: Porcentaje de humedad (%) = Peso inicial – Peso final/ Peso inicial \* 100





Figura 5. Equipos empleados para la medición de pH y a<sub>w</sub>.

# 3.2.5.2. Análisis microbiológico.

Se empleó el método de recuento en placa mediante siembra en profundidad; según criterios de la NTC 4491-1 (2005), se tomaron 10 gr de cada muestra en 90 mL de agua peptonada (Oxiod), se homogenizó en un stomacher (Seward 400, Lab System), posteriormente se realizaron diluciones seriadas, transfiriendo alícuotas de 1 mL a tubos de ensayo con 9 mL del diluyente agua peptonada (Oxoid) hasta obtener las diluciones consecutivas requeridas de acuerdo a las condiciones del producto, posterior se vertió un 1 mL de cada dilución a cajas de Petri estéril agregando el medio de cultivo a 45 °C, se empleó agar Plate Count (Scharlau) para el recuento de mesófilos aerobios y agar Rosa de Bengala con cloranfenicol (Scharlau) para el recuento de mohos y levaduras. Las bacterias se incubaron a 35  $\pm$  2 °C durante 48 h y los hongos a 30  $\pm$  2 °C durante 5 días. Transcurrido el tiempo de incubación, se procedió a contar las colonias de mesófilos aerobios, mohos y levaduras, teniendo como criterio la NTC 4092 (2009).

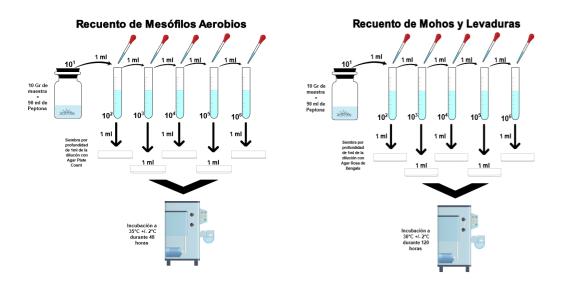


Figura 6. Diluciones seriadas para determinación del recuento microbiano.

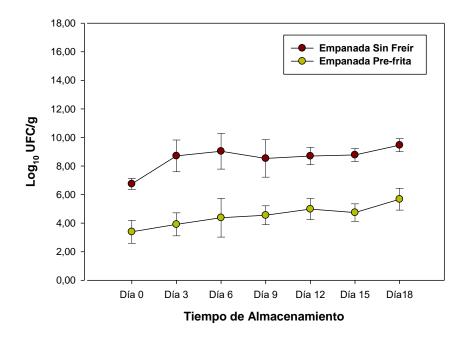
# 3.2.6. Análisis estadístico.

Los datos iniciales fueron analizados mediante la estadística descriptiva en programa de Microsoft Excel y los más complejos se analizaron mediante el paquete estadístico SPSS aplicando la prueba de Durbin-Watson para detectar la presencia de autocorrelación en intervalo de tiempo dado, se realizaron comparaciones de medias de T-student a través de análisis de varianza para los análisis fisicoquímicos y para indicar diferencias entre los días de recuento de microorganismos, y por medio de análisis no paramétricos se calculó la probabilidad de supervivencia mediante el estimador de Kaplan-Meier para el tiempo de ocurrencia del fenómeno determinado.

# 3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

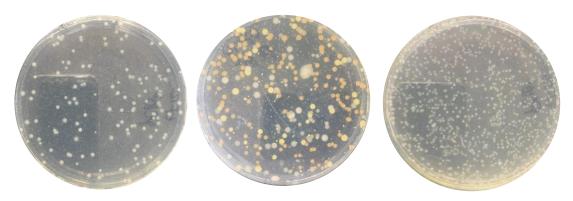
Se evaluaron un total de 210 muestras, a partir de los análisis realizados a la empanada sin freír y pre-frita, durante su etapa de almacenamiento en refrigeración a una temperatura promedio de 5,19 ± 0,79 °C, se logró identificar el comportamiento poblacional a través de los 18 días de conservación en relación a sus atributos fisicoquímicos y microbiológicos. Estadísticamente se presentaron diferencias significativas (p<0,05) entre los recuentos de cada uno de las poblaciones de microorganismos analizados para el producto antes de la fritura y posterior a la fritura. Mediante la gráfica 5, se evidencia el efecto del almacenamiento en refrigeración sobre el crecimiento poblacional de bacterias mesófilas, donde es evidente que la carga microbiana presente en el producto es mayor en la empanada sin freír durante todo el tiempo de almacenamiento, adicionalmente podemos inferir que se presentaron comportamientos variados en el producto sin freír, en el día 1 y 3 y entre el día 15 y 18, estadísticamente no se presentaron diferencias significativas (p>0.05) entre los recuentos a partir del día 6 hasta el día 15, en algunas circunstancias estos acontecimientos ocurren por cambios graduales en la temperatura del producto, donde las fases logarítmicas de crecimiento no se expresan por causas de procesos de adaptabilidad paulatina a las nuevas condiciones, de tal manera que los recuentos para el día 1 fueron de 6,75 Log<sub>10</sub> ufc/g y de 9,46 Log<sub>10</sub> ufc/g en el día 18, casi el doble de los obtenidos en la empanada pre-frita; muy similares a los logrados en el estudio realizado sobre las masa de maíz nixtamalizadas fresca, donde se presentaron recuentos de 3,5 X10<sup>4</sup> y 8,3X10<sup>7</sup>ucf/g, teniendo en cuenta que este tipo de alimentos se encuentran a pH altos, el perfil microbiano se componen principalmente de LAB (Bacterias ácido lácticas), bacterias mesófilas no lácticas, y cantidades más pequeñas de mohos y levaduras siendo potencialmente fuente de deterioro, así como de cambios nutricionales y sensoriales en el producto a lo largo del tiempo (Adolphson et al., 2013). En cierto modo cuando lo productos están en fresco son más susceptibles a contener una alta carga microbiana derivada de materias primas y de factores intrínsecos y extrínsecos, de allí radica la importancia de considerar la existencia de bacterias psicrófilas, dada sus características de sobrevivir en ambientes de refrigeración.

Del mismo modo, en la empanada pre-frita se presentó un incremento constante en el comportamiento de las bacterias mesófilas, donde los recuento oscilaron de 3,39 Log<sub>10</sub> ufc/g en el primer día y de 5,68 Log<sub>10</sub> ufc/g en el día 18, sin presentarse diferencias estadísticamente significativas (p>0,05) de los recuentos entre día y día de análisis hasta el día 15, después de 18 días los recuentos en la empanada pre-frita seguían siendo inferiores, incluso a los obtenidos en el primer día en la empanada fresca. Uno de las condiciones para la presencia de esta ocurrencia son los procesos de fritura a altas temperaturas durante tiempos reducidos, donde se busca una impermeabilización de la superficie del producto, para reducir la perdida de agua desde su interior mediante los mecanismos de transferencia de agua libre por aceite absorbido, reduciendo así de una manera parcial la carga microbiana presente e influenciando sobre sus características organolépticas.

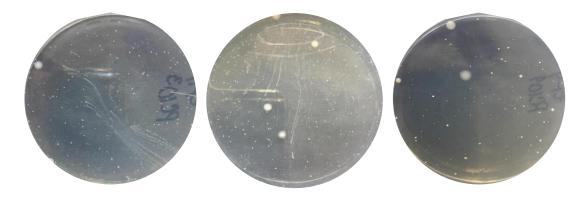


**Gráfica 5.** Comportamiento de la población de mesófilos en la empanada sin freír y empanada pre-frita almacenada en refrigeración.

# Empanada sin freír (a)



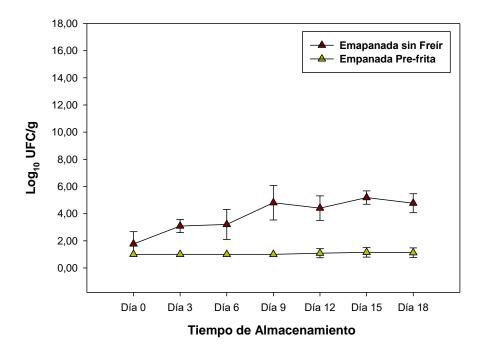
Empanada pre-frita (b)



**Figura 7.** Crecimiento de la población de mesófilos aerobios en la empanada sin freír (a) y en la empanada pre-frita (b) en refrigeración.

Por otra parte, como se evidencia en la gráfica 6, el recuento de la población de mohos en la empanada sin freír incremento conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento, sus conteos para el primer día de análisis se establecieron en 1,77 Log<sub>10</sub> ufc/g y para el día 18 estuvieron en 4,77 Log<sub>10</sub> ufc/g, y con respecto a la empanada pre-frita los recuentos permanecieron reducidos y estables a través del tiempo, paso de contener 1,00 Log<sub>10</sub> ufc/g a 1,13 Log<sub>10</sub> ufc/g para el último día de almacenamiento, por tanto los análisis reflejan que no se presentaron diferencias estadísticamente significativas (p>0,05) en los recuentos entre cada día de análisis; determinando la población con menor predominancia en el estudio; de esta manera que los hongos pueden mantenerse viables en las materias primas o el alimentos previamente procesados durante largos periodos de almacenamiento, a causas de sus estructuras de resistencia, ya sea por la formación de esporas o toxinas que le favorecen sobrevivir en ambientes hostiles y posterior activarse cuando encuentran las condiciones propicias para su desarrollo y en ocasiones más extremas morir lentamente como consecuencia de las altas temperaturas y los bajos niveles de actividad acuosa en

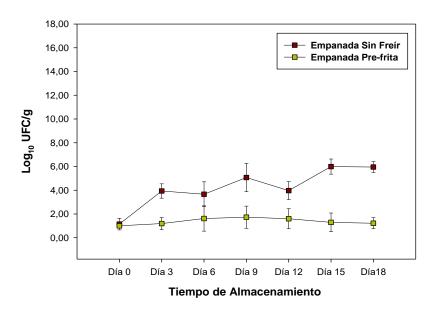
el producto. En estudios comparativos se obtuvieron recuento viables bajos de mohos en la masa fermentada demostrando el papel de la fermentación hacia la inhibición del crecimiento de microorganismos de deterioro indeseables, y una mejora adicional de la calidad y la extensión del período de almacenamiento de broa (Rocha & Malcata, 2012).



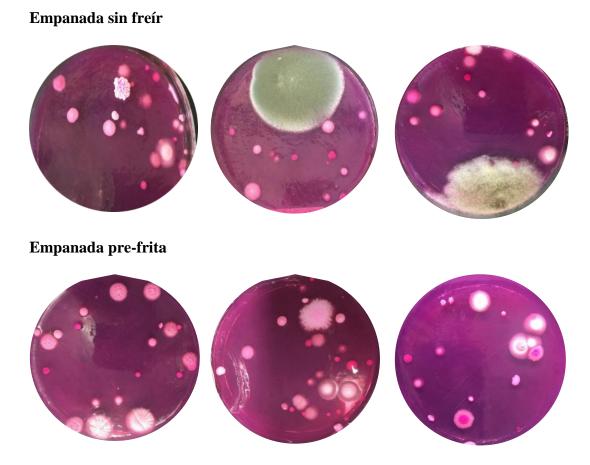
**Gráfica 6.** Comportamiento de la población de mohos en la empanada sin freír y empanada pre-frita almacenada en refrigeración.

En consecuencia, en la gráfica 7 se evidencia la estimación del recuento de la población de levaduras en la empanada sin freír, la cual fue de 1,15 Log<sub>10</sub> ufc/g en el día 1 y finalizo en el día 18 con 5,95 Log<sub>10</sub> ufc/g, de modo que, se presentó una diferencia estadísticamente significativa (p<0,05) en los recuentos entre cada día de análisis; mientras que en la empanada pre-frita el recuento inicial fue similar al obtenido en la

empanada sin freír y a medida que transcurría el tiempo de almacenamiento incremento ligeramente hasta el día 9 y posterior decrecimiento hasta finalizar el experimento, por lo que no se presentaron diferencias estadísticamente significativa (p>0,05) de los recuentos entre cada día de análisis, pero si entre el primer y último día de evaluación. Este tipo de población se expresa en bajas condiciones dado que juegan un papel secundario en la alteración de los alimentos, por competencia con las poblaciones bacterianas dado que estas últimas tienen un tiempo de generación más corto en comparación con ellas y en ocasiones la generación de sustancias antimicrobiana inhibe este tipo de poblaciones. Cuando lo comparamos con otro estudios sus comportamiento es relativamente constante, como sucede con una masa de maíz control, donde los recuentos aumentaron cien veces en lo recuentos de levaduras durante las 72 horas de fermentación; sin embargo en la masa nixtamalizada, los conteos se mantuvieron constantes durante todo el periodo de fermentación (Sefa-Dedeh, Cornelius, Amoa-Awua, Sakyi-Dawson, & Afoakwa, 2004).



**Gráfica 7.** Comportamiento de la población de levaduras en la empanada sin freír y empanada pre-frita almacenada en refrigeración.



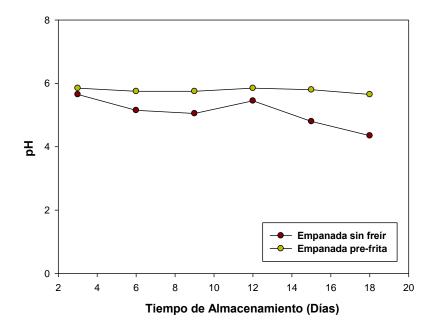
**Figura 8.** Crecimiento de la población de mohos y levaduras en la empanada sin freír (a) y en la empanada pre-frita (b) en refrigeración.

El papel que ejercen los microorganismos en los procesos de deterioro en los alimentos, está estrechamente relacionado con las condiciones nutricionales del mismo, el contenido de agua propia y la temperatura en que se encuentren. En consecuencia, durante el tiempo de almacenamiento, la propiedades intrínsecas de la empanada sin freír fueron más variables de manera significativa en comparación con la empanada

pre-frita, por esta razón los comportamiento de los valores de pH en la empanada sin freír disminuyeron con el pasar de los días (Gráfica 8), condicionando de una manera evidente el deterioro del producto; además de eso se evidencio la presencia de una capa blanca superficial de aspecto mucoso y la presencia de un olor desagradable asociado con procesos de fermentación espontánea; evento que se generan por algunos tipos de bacterias que emplean los carbohidratos de amilosa y amilopectina (almidón) como fuente de energía para su multiplicación formando metabolitos secundarios como producción de ácidos volátiles que afecten las condiciones del producto. Esto se relaciona con el estudio realizado por (Chaves-Lopez et al., 2016) la presencia de lactobacilos, bacterias acéticas y levaduras explica los perfiles de valores de pH bajo en las masas analizadas. Estos ácidos no solo son responsables de generar cambios en el sabor, sino que su efecto en la reducción del pH juega un papel clave en la activación de las fitasas endógenas y bacterianas, aumentando el valor nutricional de la masa. Así como otros estudios realizado en salvado de maíz donde la reducción del pH durante el proceso activó las actividades enzimáticas relacionadas con el consorcio microbiano que caracteriza la fermentación espontánea del salvado de maíz, proporcionando un cambio en la estructura de la fracción de fibra y una reducción del contenido de ácido fítico en las dos transferencias ensayadas (Decimo et al., 2017).



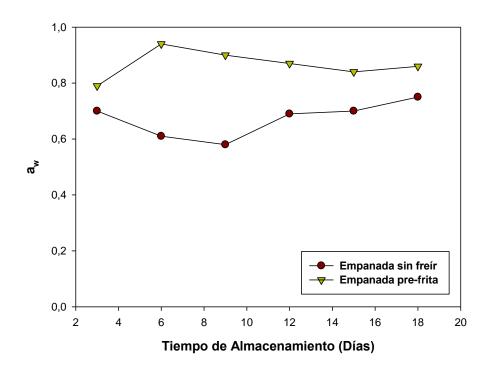
**Figura 9.** Alteraciones en el deterioro de la empanada sin freír y la empanada prefrita, durante los días de almacenamiento en refrigeración.



**Gráfica 8.** Comportamiento del pH en refrigeración de la empanada sin freír y prefrita.

Con relación al a<sub>w</sub> para los dos tipos de empanadas (Gráfica 9), la tendencia fue a aumentar al final del almacenamiento, sin embargo, durante los primeros 6 días la a<sub>w</sub>

incrementó para la empanada pre-frita y disminuyó en la empanada sin freír, esto asociado al proceso de fritura. La empanada pre-frita por tener una corteza, promueve intercambio de humedad entre el relleno y la corteza aumentando la medida de actividad del agua al interior de la empanada, sin embargo, tiende a estabilizarse con el tiempo con un valor promedio de  $0.85 \pm 0.06$ . Mientras que en la empanada sin freír, al no tener una corteza generada por fritura, permite un intercambio directo entre el ambiente del empaque, del refrigerador y el interior de la empanada, propiciando la deshidratación que se ve reflejado en la disminución durante los primeros días del  $a_w$ , para posteriormente estabilizarse con un valor promedio de  $0.70 \pm 0.07$ , esto sugiere la importancia de la estabilización del  $a_w$  entre la corteza y el interior de la empanada (Aguirre, Osella, Carrara, Sánchez, & Buera, 2011) y la permeabilidad de la película empleada en el empaque (Wypych, 2016). Por consiguiente, los valores de  $a_w$ , son elevados y permiten el crecimiento de microorganismos alterantes en alimentos (Jay, Loessner, & Golden, 2005).

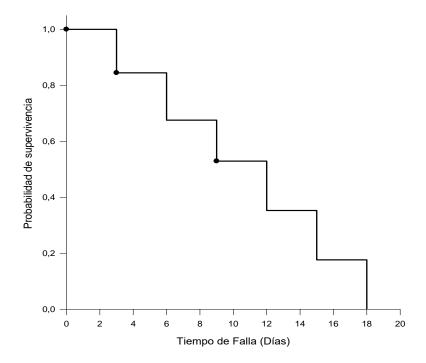


**Gráfica 9**. Comportamiento de la actividad del agua en refrigeración de la empanada sin freír y pre-frita.

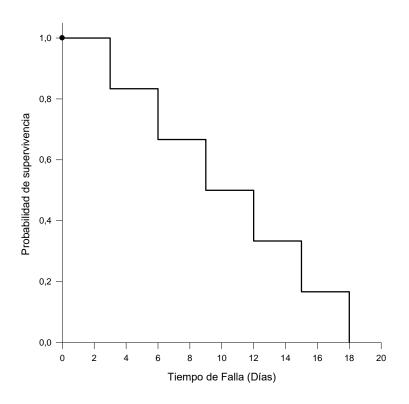
#### 3.3.1. Tiempo de falla empanadas almacenadas en refrigeración.

Para determinar el tiempo falla, se tuvo en cuenta los criterios microbiológicos de valores máximos según la NTC 5372 (2007) para arepas de maíz refrigeradas por el ser el único referente normativo en Colombia similar al producto evaluado. Teniendo en cuenta esto, los valores máximos son 3  $Log_{10}$  ufc/gr para mohos y levaduras y 4  $Log_{10}$  ufc/gr para mesófilos aerobios. Como se observa en la gráfica 10, la curva de supervivencia indica que existe una probabilidad del 90% de que el producto sin someter a fritura "sobreviva" o "no falle" durante el almacenamiento en refrigeración hasta el tercer día para una población de mesófilos aerobios  $\geq$  6  $Log_{10}$ , teniendo en cuenta que supera los límites permitido por la norma. Para el caso de mohos y levaduras

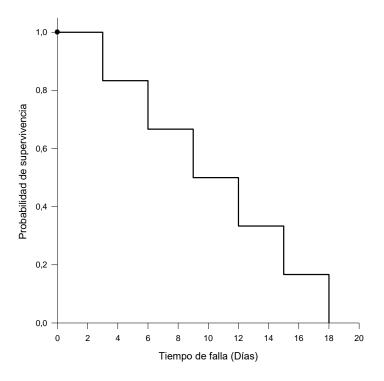
(Gráfica 11 y 12), el tiempo de falla estimado para una población de mohos y levaduras  $\geq$  2 Log<sub>10</sub>, sería de 3 días con una probabilidad del 90%.



**Gráfica 10.** Curva de supervivencia para mesófilos en empanada sin freír (6 Log10).

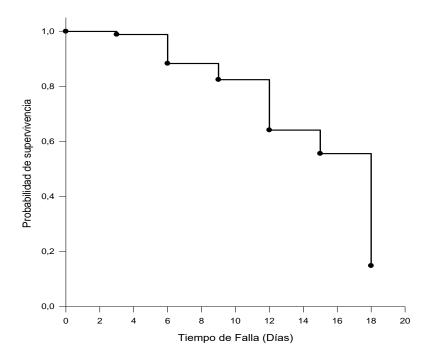


**Gráfica 11.** Curva de supervivencia para levaduras en empanada sin freír (2 Log<sub>10</sub>).

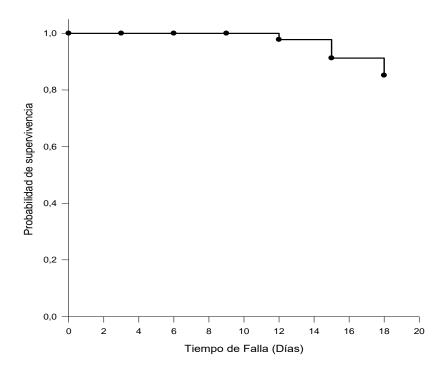


#### **Gráfica 12.** Curva de supervivencia para mohos en empanada sin freír (2 Log<sub>10</sub>).

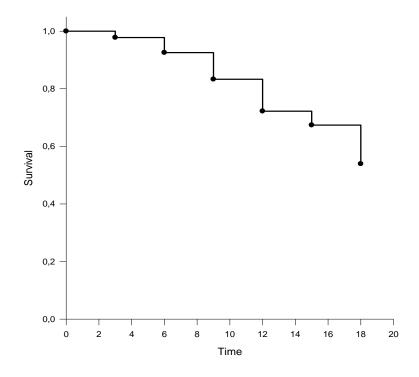
Como se observa en la gráfica 13, la curva de supervivencia para empanada pre-frita indica que existe una probabilidad del 90% de que el producto "sobreviva" o que "no falle", durante el almacenamiento en refrigeración en el día 6 para una población de mesófilos aerobios ≥ 5 Log<sub>10</sub>. Para el caso de mohos y levaduras (Gráfica 14 y 15), el tiempo de falla estimado para una población de mohos y levaduras ≥2 Log<sub>10</sub>, sería de 18 días y 8 días respectivamente. Teniendo en cuenta que es mayor el riesgo de inocuidad por bacterias, por lo tanto, la recomendación de almacenamiento en las condiciones del estudio, sería de 6 días en refrigeración para empanadas pre-fritas.



**Gráfica 13.** Curva de supervivencia para mesófilos en empanada pre-frita (5 Log<sub>10</sub>).



**Gráfica 14.** Curva de supervivencia para mohos en empanada pre-frita (2 Log<sub>10</sub>).



**Gráfica 15.** Curva de supervivencia para levaduras en empanada pre-frita (2 Log<sub>10</sub>).

La refrigeración disminuye el desarrollo de los microorganismos y retarda algunas reacciones involucradas en el deterioro de los alimentos (Castro-Ríos, 2011), pero como se observó en los resultados no evita el crecimiento de los microorganismos; sin embargo, brinda unas condiciones básicas para garantizar la inocuidad de la empanada en cortos tiempos de almacenamiento como en puntos de ventas directos al consumidor. Se recomienda que para venta en el día el producto se almacene sin freír en refrigeración, pero si se requiere producción para varios días, la recomendación es pre-freír la empanada de maíz y refrigerar; siempre y cuando no sobrepase los 3 días de almacenamiento. La fritura tiene un efecto en la destrucción parcial de los microorganismos e inactiva algunas enzimas; sin embargo, el efecto en la vida útil estará limitada por la humedad interna después de la fritura (Fellows, 2017).

Las empanadas de maíz se caracterizan por tener una humedad alta (superior al 60%) (Hernández, Agudelo, Corpas-Iguarán, & Castro-Rios, 2018) esto limita la vida útil del producto en refrigeración si no es complementado con otro método de conservación físico o químico. Resultados similares se observaron en un trabajo desarrollado con arepa rellena con huevo, con una masa similar a la empleada en la empanada de maíz, en este trabajo estimaron una vida útil por el método acelerado de 0,9 a 1,6 días (Acevedo et al., 2018). Al contrario de lo encontrado en otros estudios con otro productos de maíz como la arepa, en donde la vida útil puede aumentar hasta 30 días con la inclusión de ácido ascórbico y almacenamiento en refrigeración (Corpas-Iguarán & Tapasco-Alzate, 2013) o el efecto de atmósferas modificadas y el tipo de polímero de empaque, determinando que la combinación de 100% de CO<sub>2</sub>, permitía una vida útil

de 9 días a temperatura de 25 °C y 55 días en refrigeración a 5 °C (Restrepo Flórez, Montes Álvarez, Gómez Álvarez, & Cano Salazar, 2012).

#### 3.4. CONCLUSIONES

Dado los resultados anteriores se logró deducir que almacenar las empanadas pre-fritas en refrigeración, aumenta la vida útil a 6 días, comparado con las empanadas sin fritura que fue de 3 días. Lo anterior se debe a que, durante el almacenamiento en refrigeración, el pH disminuye de una manera considerable en la empanada sin freír en comparación a la empanada pre-frita, indicando un deterioro visible en el producto a medida que se prolonga el tiempo de almacenamiento, sin embargo, fue más lento en la empanada pre-frita debido a reducción en la carga microbiológica presente en este producto. Es así como finalmente podemos concluir que los métodos de conservación mediante la refrigeración durante periodos cortos de almacenamiento en conjunto con el proceso de pre-fritura constituyen una combinación adecuada para mantener la vida útil del producto, garantizando la inocuidad del mismo; siempre y cuando este sea de distribución a la venta directa para el consumidor.

#### 3.5. BIBLIOGRAFÍA

Acevedo Correa, D., Montero Castillo, P. M., & Mertelo, R. jose. (2018).

Determination of the Shelf-life of Arepa with Egg through Accelerated Testing.

Contemporary Engineering Sciences, 11(35), 1713–1725.

https://doi.org/https://doi.org/10.12988/ces.2018.84148

- Acevedo Correa, D., Montero Castillo, P., & Martelo, R. J. (2018). Effect of Vacuum Frying on the Bromatological and Sensory Properties of Empanadas. 

  \*Contemporary Engineering Sciences, 11(38), 1853–1861. 

  https://doi.org/https://doi.org/10.12988/ces.2018.84182
- Adolphson, S. J., Dunn, M. L., Jefferies, L. K., & Steele, F. M. (2013). Isolation and characterization of the microflora of nixtamalized corn masa. *International Journal of Food Microbiology*, 165(3), 209–213. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.05.010
- Aguirre, J. F., Osella, C. A., Carrara, C. R., Sánchez, H. D., & Buera, M. del P. (2011). Effect of storage temperature on starch retrogradation of bread staling. *Starch Stärke*, *63*(9), 587–593. https://doi.org/10.1002/star.201100023
- Ai, Y., & Jane, J. L. (2016). Macronutrients in Corn and Human Nutrition. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 15(3), 581–598. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12192
- Bayona, M. (2009). Evaluación Microbiológica De Alimentos Adquiridos En La Vía Pública En Un Sector Del Norte De Bogotá. *Revista U.D.C.A Actualidad & amp; Divulgación Científica*, 12, 9–17. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0123-42262009000200002&lang=es
- Castro-Ríos, K. (2011). Tecnología de Alimentos. Ediciones de la U.
- Chaves-Lopez, C., Serio, A., Delgado-Ospina, J., Rossi, C., Grande-Tovar, C. D., & Paparella, A. (2016). Exploring the Bacterial Microbiota of Colombian Fermented Maize Dough "Masa Agria" (Maiz Añejo). *Frontiers in Microbiology*, 7, 1168. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01168
- Corpas-Iguarán, E., & Tapasco-Alzate, O. (2013). Comportamiento de mohos en arepa blanca asada en relación al tiempo de almacenamiento en refrigeración.

  \*\*Alimentos\*\* Hoy, 22(13), 23–39.

- http://www.alimentoshoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/153/147
- Decimo, M., Quattrini, M., Ricci, G., Fortina, M. G., Brasca, M., Silvetti, T., Manini, F., Erba, D., Criscuoli, F., & Casiraghi, M. C. (2017). Evaluation of microbial consortia and chemical changes in spontaneous maize bran fermentation. *AMB Express*. https://doi.org/10.1186/s13568-017-0506-y
- Fellows, P. . (2017). 18 Frying. In *Food Processing Technology* (Fourth Edi, pp. 783–810). Woodhead Publishing.
- FIRA. (2016). Panorama Agroalimentario: Maíz 2016. *Direccion de Evaluación y Evaluación Económica y Sectorial*, 0–39. https://doi.org/clave que ese articulo tiene
- Gonzalez Quiroz, D. C. (2012). Determinación de fallas en el área de empaques que afectan la calidad de los productos embutidos en la empresa comestibles DAN S.A [Corporación Universitaria Lasallista]. http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/812/1/REGISTRO\_FALLAS\_AREA\_EMPAQUES\_DAN.pdf
- Hernández, L. E., Agudelo, M. F., Corpas-Iguarán, E. J., & Castro-Rios, K. (2018). Evaluación de conservación y procesamiento en la calidad fisicoquímica y microbiológica de empanadas de maíz. *Paper Presented at the XIV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos*.
- NTC 4491-1, microbiology of food and animal feeding stuffs. Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination. Part 1: general rules for the preparation of the initial suspension and decimal dilutions., (2005). https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC4491-1.pdf
- NTC-5372, arepas de maíz refrigeradas. especificaciones de producto, (2007).
- NTC 4092, microbiology of food and animal feeding stuffs. General requirements and guidance for microbiological. Examinations., (2009).

- http://service.udes.edu.co/modulos/documentos/karenmartinez/50159704-NTC4092.pdf
- Jay, J. M. (James M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). Modern food microbiology. Springer.
- Restrepo Flórez, C. ., Montes Álvarez, J., Gómez Álvarez, L. ., & Cano Salazar, J. . (2012). Efectos del empacado en atmósferas modificadas para la conservación de arepa de maíz. *Revista Lasallista De Investigación*, 9(2), 102–112.
- Rocha, J. M., & Malcata, F. X. (2012). Microbiological profile of maize and rye flours, and sourdough used for the manufacture of traditional Portuguese bread. *Food Microbiology*, *31*(1), 72–88. https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.01.008
- Ruiz Güiza, J. P., & Heredia Avella, M. (2017). Evaluación del efecto sobre la vida útil de uso de Stevia rebaudiana Bertoni como edulcolorante en una bebida a base de avena [Universidad de la Salle]. http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21537/43112015\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sefa-Dedeh, S., Cornelius, B., Amoa-Awua, W., Sakyi-Dawson, E., & Afoakwa, E. O. (2004). The microflora of fermented nixtamalized corn. *International Journal of Food Microbiology*, *96*(1), 97–102. https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00114-4
- Wypych, G. (2016). LDPE low density polyethylene. In *Handbook of polymers* (pp. 178–184). ChemTec Publishing.

# 4. DETERMINAR EL TIEMPO DE DETERIORO DE LA EMPANADA ELABORADA A PARTIR DE MASA DE MAÍZ FRESCO Y PRE-FRITA, ALMACENADA EN CONGELACIÓN.

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

La congelación es uno de los principales procesos de conservación de alimentos, además de los más antiguos, ya que existen evidencias de que esta técnica es usada desde el 1000 A.C., consiste en reducir la temperatura por debajo de los -18 °C, manteniendo la calidad nutricional y sensorial, aumentar la vida útil y conservar los alimentos por amplios periodos de tiempo (Ojha, Kerry, Tiwari, & O'Donnell, 2016) La calidad final del alimento en congelación dependerá de la composición química, la cantidad de agua, los sólidos solubles e insolubles, el tiempo de congelación y las características del proceso de congelación (Biglia, Comba, Fabrizio, Gay, & Ricauda Aimonino, 2016). El aumento de la vida útil en el alimento se da por el retardo en los cambios bioquímicos y por la inhibición del crecimiento de microorganismos debido al choque térmico generado por la disminución de la temperatura, la formación de hielo, la concentración de solutos extracelular e intracelular, la reducción del volumen celular y la deshidratación (Ojha et al., 2016).

Los alimentos congelados son un mercado en constante crecimiento (alrededor de €142 billones), no solo en países tradicionales como Estados Unidos, sino también en mercados emergentes como Asia y América Latina, en donde una clase media moderna requiere productos conveniente y nutritivos, afines a las necesidades e identidad

cultural, lo que demanda alimentos congelados "a la medida" (BordBia, 2014). Entre este tipo de productos con una identidad cultural definida, se encuentran los llamados "productos típicos o étnicos", elaborados con productos regionales y con una importancia económica y cultural para un país.

En el caso de América es innegable la influencia del maíz en la elaboración del alimentos, produciendo más del 52% del maíz del mundo, destacando como productores a Estados Unidos, Argentina, Brasil y México (FAO, 2018). La forma de consumo del maíz varia de una región a otra, en al caso de América Latina se utilizan harinas de maíz refinado, harinas de maíz nixtamalizado, bebidas fermentadas, productos de panadería, y snacks, encontrando productos como la Chicha en los países andinos, las arepas en Venezuela, las empanadas de maíz en Colombia, las humitas en Chile y Bolivia, y las tortillas en México (Serna-Saldivar & Perez Carrillo, 2019)

Este tipo de productos típicos de maíz tiene un gran impacto económico en la pequeña industria local de América Latina y en los mercados étnicos de los inmigrantes latinos por el mundo, sin embargo entre los inconvenientes para la industrialización se encuentra la alta humedad y por lo tanto la corta vida útil, lo que incide el consumo en un corto periodo de tiempo (Gwirtz & Garcia, 2014). Esto implica la utilización de métodos que mejoren la comercialización y por lo tanto aumenten la vida útil en anaquel. Las empanadas son snacks consumidos regularmente en América Latina, consisten en círculos pequeños de masa de maíz, trigo, yuca, arroz o plátano (según la región o país), con diferentes rellenos y que se doblan en forma de media luna o triángulos (Lorenzo, Zaritzky, & Califano, 2015)

La vida útil las empanadas de maíz no ha sido reportada a la fecha, sin embargo, se han realizado trabajos relacionados en "arepas" un producto tradicional de Colombia y Venezuela, que consiste en una masa de maíz horneada o frita, similar a la masa base para algunas formulaciones de empanadas de maíz.

Teniendo en cuenta la poca información relacionada con la vida útil de las empanadas y las masas de maíz en congelación y la corta vida útil que suelen tener los productos típicos de maíz de alta humedad en América Latina, el objetivo de este trabajo fue evaluar la vida útil de las empanadas de maíz con relleno sin proteína, pre-frita y sin freír, sometidos a un proceso de congelación.

### 4.2. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.2.1. Tipo de estudio.

e realizó un estudio experimental en el laboratorio de Microbiología de Alimentos de la Universidad Católica de Manizales, para la determinación de las condiciones fisicoquímicas y el tiempo falla de las empanadas almacenadas en congelación, mediante análisis de supervivencia sobre la aparición apreciable de microorganismos en el producto.

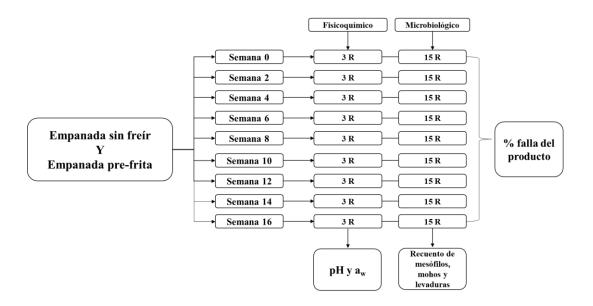
#### 4.2.2. Ubicación y población.

La población de estudio en general correspondió a unidades de masa fresca, empanada sin freír (masa fresca), empanadas pre-fritas y fritas, armadas en la maquina CM06B

en la empresa Maquiempanadas, ubicada en el barrio Fátima de Manizales (Caldas) y almacenadas en congelación.

#### 4.2.3. Muestras.

Para los análisis fisicoquímicos se emplearon 3 unidades de empanada sin freír (masa fresca) y empanada pre-frita, para un total de 15 muestras. Y para los análisis microbiológicos se emplearon 15 unidades de empanada sin freír (empanadas de masa fresca) y empanada pre-frita, para un total de 320 muestras; los análisis se realizaron cada dos semanas durante 16 semanas (Figura 10).



**Figura 10.** Flujograma para determinación del tiempo falla en la empanada sin freír y empanada pre-frita almacenadas en congelación.

#### 4.2.4. Preparación de las muestras.

Las muestras de empanada pre-frita se sometieron a un proceso de fritura en aceite de soya a una temperatura de 180 °C durante 3 min, se enfriaron a temperatura ambiente durante 10 min y posteriormente se empacaron en bolsas tipo ziploc de polietileno de baja densidad. La temperatura de almacenamiento fue de  $5,19 \pm 0,79$  °C, todos los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se realizaron al mismo tiempo.

#### 4.2.5. Procedimiento de análisis.

#### 4.2.5.1. Análisis fisicoquímicos.

Se empleó la técnica de potenciometría para la determinación del pH de las muestras (SIAnalytics Lab 855 pH), la actividad del agua (aw) del alimento se cuantificó a través de un medidor de aw (Schaller 3115, mod RH2 + AW- Wert) y para la humedad se utilizó el método indirecto de secado en estufa de tiro forzado en donde se tomaron de 2 a 3 gr de muestra y se introdujeron a una estufa (Binder) con temperatura de 90 °C durante 12 horas, el porcentaje de humedad se determinó con la siguiente formula: Porcentaje de humedad (%) = Peso inicial – Peso final/ Peso inicial \* 100

#### 4.2.5.2. Análisis microbiológico.

Se empleó el método de recuento en placa mediante siembra en profundidad; según criterios de la NTC 4491-1 (2005), se tomaron 10 gr de cada muestra en 90 mL de agua peptonada (Oxiod), se homogenizó en un stomacher (Seward 400, Lab System), posteriormente se realizaron diluciones seriadas, transfiriendo alícuotas de 1 mL a

tubos de ensayo con 9 mL del diluyente agua peptonada (Oxoid) hasta obtener las diluciones consecutivas requeridas de acuerdo a las condiciones del producto, posterior se vertió un 1 mL de cada dilución a cajas de Petri estéril agregando el medio de cultivo a 45 °C, se empleó agar Plate Count (Scharlau) para el recuento de mesófilos aerobios y agar Rosa de Bengala con cloranfenicol (Scharlau) para el recuento de mohos y levaduras. Las bacterias se incubaron a  $35 \pm 2$  °C durante 48 h y los hongos a  $30 \pm 2$  °C durante 5 días. Transcurrido el tiempo de incubación, se procedió a contar las colonias de mesófilos aerobios, mohos y levaduras, teniendo como criterio la NTC 4092 (2009).

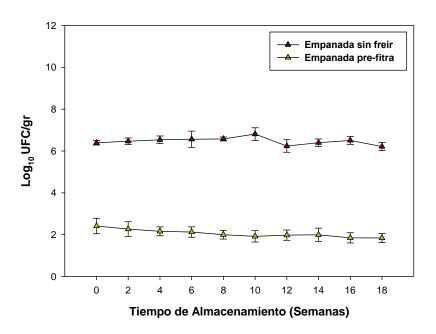
#### 4.2.6. Análisis estadístico.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva con el programa Excel<sup>®</sup> y las pruebas de normalidad y las curvas de supervivencia para el cálculo del tiempo de falla, fueron estimadas por el método de Kaplan-Meier con el paquete estadístico SPSS<sup>®</sup>.

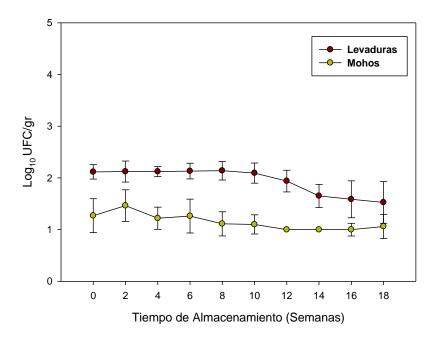
#### 4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron un total de 320 muestras entre empanada de masa fresca y empanada prefrita sometida a procesos de congelación, la temperatura promedio de almacenamiento oscilo entre  $15.2 \pm 2.64$  °C, los recuentos de las poblaciones microbianas se realizaron cada dos semanas durante 18 semanas.

Como se observa en la gráfica 16 y 17, existió crecimiento de mesófilos aerobios, mohos y levaduras en la empanada sin freír, el mayor crecimiento se observó en los mesófilos aerobios con un promedio de  $6,47 \pm 0,28$  Log<sub>10</sub> ufc/gr, en comparación con mohos y levaduras en donde el promedio fue de 1,15  $\pm$  0,26 Log<sub>10</sub> ufc/gr y 1,94  $\pm$  0,33 Log<sub>10</sub> ufc/gr respectivamente. En comparación con la empanada pre-frita, solamente crecieron microorganismos mesófilos aerobios, y no se observó presencia de mohos y levaduras. El recuento de mesófilos aerobios fue en promedio  $2,05 \pm 0,32 \text{ Log}_{10} \text{ ufc/gr}$ . en congelación se manifiesta una lenta multiplicación de las células bacteriana, dado que a estas temperaturas básicamente lo que hacen es transformar su velocidad de metabolismo, procuran conservar su viabilidad y evitar que los cristales de hielo formados por el cambio de temperatura del agua ocasionen daño en sus membranas haciéndolas inviables (Sánchez & Corrales, 2005), en otras palabras trasforman su membrana aumentando la proporción de fosfolípidos manteniendo su estado semifluido (Bouachanh, Jean, Desmasures, Micheline, & Jean, 2004); haciendo más complejo y lento su proceso de replicación; pero su vez esto evidencia que el proceso de pre-fritura logra una disminución considerable de la carga inicial de microorganismos, logrando controlar mohos y levaduras, y disminuyendo mesófilos aerobios alrededor de 4 Log<sub>10</sub>, esta reducción se relaciona con la destrucción térmica de los microorganismos y una disminución del a<sub>w</sub> en la superficie de la empanada (Bordin, Kunitake, Aracava, & Trindade, 2013).



**Gráfica 16.** Comportamiento de la población de mesófilos aerobios de las empanadas sin freír y pre-frita almacenada en congelación.



**Gráfica 17.** Comportamiento de la población de mohos y levaduras de las empanadas sin freír almacenadas en congelación.

Los comportamientos microbianos independiente del ambiente donde se encuentren son muy variados, posiblemente se deba a la frecuente expresión de poblaciones mixtas, ya que, dependiendo de las óptimas condiciones de crecimiento, será la expresión de los microorganismos. En ocasiones debido a la rápida velocidad de crecimiento o al metabolismo en cuanto a sus tiempos de generación, ciertas especies pueden rebosar en cantidades a otras (Ray & Bhunia, 2010); de allí la diversidad morfológica de colonias que se observan cuando se realizan los aislamientos microbiológicos.

Por las prácticas higiénicas realizadas durante el armado y pre-fritura de las empanadas se puede establecer que la carga inicial de microorganismos proviene principalmente de la materia prima más susceptible que es el maíz. La fermentación espontánea del maíz, es importante en productos tradicionales como la "masa agría", una masa empleada en la elaboración de "empanadas de añejo" en donde el maíz se fermenta espontáneamente co-existiendo bacterias acidolácticas, bacterias aerobias mesófilas y levaduras, a diferencia de otros procesos fermentativos industriales (Chaves-Lopez, Serio, Grande-tovar, Cuervo-mulet, & Delgado-ospina, 2014), esto también se ha observado en otros productos tradicionales alrededor del mundo, en donde también se han encontrado bacterias acidolácticas, mohos y levaduras (Chaves-Lopez et al., 2016; Mwizerwa et al., 2018; Ogbonnaya & Bernice Chidinma, 2012; Rahmawati, Dewanti-Hariyadi, Hariyadi, Fardiaz, & Richana, 2013). Esto sugiere que los procesos de fritura

y la congelación, permite retardar el proceso de deterioro generado por los microorganismos propios del maíz o incluidos por ambiente y manipulación, pero no los inhiben.

# Empanada sin freír (a)

Mesófilos aerobios

# Mohos y levaduras



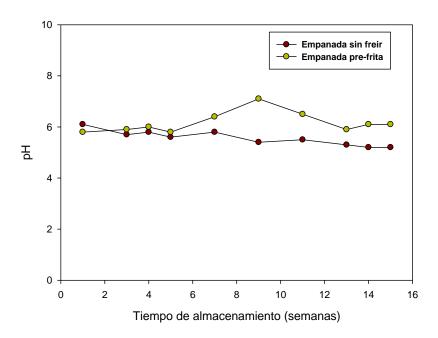
# Empanada pre-frita (b)

#### Mesófilos aerobios



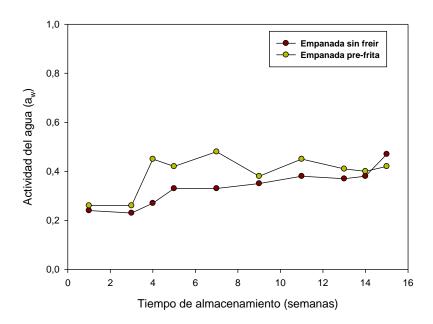
**Figura 11.** Crecimiento de mesófilos aerobios, mohos y levaduras en la empanada sin freír (a) y pre-frita (b) en congelación.

La gráfica 18, muestra el comportamiento del pH durante el almacenamiento de las empanadas sin proceso de fritura y pre-frita durante 3 min a 180 °C, como se observa este parámetro tiende a disminuir con el tiempo de almacenamiento con una variación desde 6,1 a 5,2 y un pH promedio de 5,56 ± 0,30. Algo contrario ocurrió con el pH de la empanada pre-frita, en donde aumentó desde 5,8 a 7,1 hasta la semana 7, pero posteriormente descendió hasta 5.9 en la semana 13 con un valor promedio de 6,13 ± 0,45. La disminución del pH durante el almacenamiento en congelación, puede ser un indicativo de deterioro del producto relacionado con la fermentación de los carbohidratos presentes en la masa y el relleno de las empanadas, y posterior formación de ácidos orgánicos como productos secundarios. Esto se ha observado en la fermentación espontánea del maíz en el producto tradicional colombiano "masa agria", en donde el pH disminuyó de 6.6 hasta 3.8, por la fermentación en la que participan bacterias acidolácticas, bacterias mesófilas y levaduras (Chaves-Lopez et al., 2014).



**Gráfica 18**. Comportamiento del pH en congelación de empanadas sin freír y pre-frita.

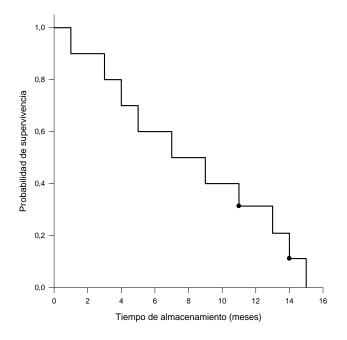
Respecto al  $a_w$  para los dos tipos de empanadas (Gráfica 19), aumentó con el tiempo de almacenamiento. Para la empanada sin freír el  $a_w$  fluctuó en congelación entre 0,23 y 0,47 y un valor promedio de 0,34  $\pm$  0,07, mientras la empanada pre-frita tuvo una variación entre 0,26 y 0,48, con un  $a_w$  promedio de 0,40  $\pm$  0,07, la  $a_w$  reportada durante el almacenamiento en congelación se encuentra por debajo de los valores aproximados en los que crecen bacterias, mohos y levaduras que usualmente alteran los alimentos (0,8 a 0,9) (Jay et al., 2005). El incremento en la actividad del agua durante el almacenamiento en congelación de las empanadas, puede estar relacionado con la estabilización del  $a_w$  entre la corteza y el interior de la empanada (Aguirre et al., 2011) o la permeabilidad de la película empleada en el empaque y la resistencia a grasas y aceites (Wypych, 2016).



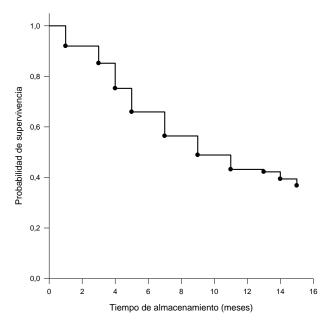
**1Gráfica 19.** Comportamiento de la actividad del agua (a<sub>w</sub>) en congelación de empanadas sin freír y pre-frita.

#### 4.3.1. Tiempo de falla empanadas almacenadas en congelación.

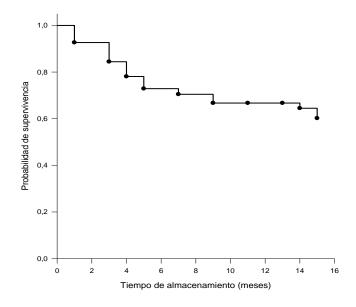
Para determinar el tiempo de falla se tuvo como referencia la NTC 5372 (2007). Teniendo en cuenta esto, los valores máximos son 3  $Log_{10}$  ufc/gr para mohos y levaduras y 4  $Log_{10}$  ufc/gr para mesófilos aerobios. Como se observa en la gráfica 20, la curva de supervivencia indica que existe una probabilidad del 80% de que el producto "sobreviva" o que "no falle" durante el almacenamiento en congelación en la tercera semana para una población de mesófilos  $\geq 6$   $Log_{10}$ . Para el caso de mohos y levaduras (Gráfica 21 y 22), el tiempo de falla estimado para una población de 1  $Log_{10}$  de mohos y 2  $Log_{10}$  para levaduras sería de 4 semanas. Teniendo en cuenta que es mayor el riesgo de inocuidad por bacterias, la recomendación de almacenamiento en las condiciones del estudio, sería de 3 semanas en congelación para empanadas sin freír.



**Gráfica 20.** Curva de supervivencia para mesófilos en empanada sin freír (6 Log<sub>10</sub>).

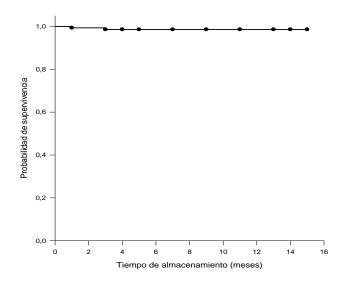


**Gráfica 21.** Curva de supervivencia para levaduras en empanada sin freír (2 Log<sub>10</sub>).



**Gráfica 22**. Curva de supervivencia para mohos en empanada sin freír (1Log<sub>10</sub>).

Para el caso de las empanadas pre-fritas, se evidencia un aumento considerable en la vida útil del producto. Como se observa en la gráfica 23, existe una probabilidad superior al 98% de que el producto "sobreviva" o "no falle" después de las 16 semanas de almacenamiento. El aumento en la vida útil está relacionado con el efecto del procesamiento a alta temperatura, debido a que la fritura utiliza temperaturas de 180 °C, disminuyendo la carga de microorganismos en la masa a niveles aceptables por la normatividad seleccionada.



**Gráfica 23.** Curva de supervivencia para mesófilos aerobios en empanada pre-frita (3 Log<sub>10</sub>).

La fritura de los alimentos, permite la cocción de estos en un corto periodo de tiempo por la inmersión en aceite caliente (entre 160 y 190 °C) durante algunos minutos, aunque la fritura no se considera como un proceso de conservación, evita el deterioro del alimento por efecto de la destrucción térmica de los microorganismos, y la inactivación de enzimas, sin embargo la vida útil estará limitada por la humedad al interior del producto después de la fritura (Fellows, 2017). Las empanadas de maíz se caracterizan por tener una humedad alta (superior al 60%) (Hernández et al., 2018), esto permitiría que el crecimiento de los microorganismos persista después de la fritura, es allí donde la congelación tiene un papel fundamental en retardar el crecimiento de los microorganismos que alteran este alimento. Por lo tanto, la sinergia entre la congelación que retarda o controla el crecimiento de los microorganismos alterantes y la fritura que limita parte de los microorganismos presentes en la empanada, permiten

el aumento de la vida útil hasta las 16 semanas que se observaron durante esta investigación. Las temperaturas empleadas en la fritura son suficientes para destruir células vegetativas de microorganismos patógenos, como se observó en el trabajo reportado por Whyte, Hudson, and Graham (2006), en donde se logró el control de *Campylobacter* spp. en hígado de pollo sometido a fritura durante 2 a 3 min, logrando un producto seguro para ser consumido.

#### 4.4. CONCLUSIONES

Los efectos de las bajas temperaturas en combinación con las técnicas de fritura impactan de forma significativa sobre el producto, dado que se evidenció que el almacenamiento en congelación de las empanadas pre-fritas aumenta la vida útil en 16 semanas, comparado con las empanadas sin proceso de fritura que fue de 3 semanas. Esto implica que se genera un control sobre la carga microbiana de mesófilos aerobios reduciéndose hasta en 4 log y de la población de productores de toxinas como lo son algunos hongos, siendo ausentes durante el estudio, factores que previenen la alteración del producto. En otra instancia también fue evidente el cambio en el pH, disminuyó para la empanada sin freír y pre-frita, efecto contrario al aw que aumentó para ambos productos.

El estudio demuestra el potencial de almacenar en congelación empanadas pre-fritas, mejorando las posibilidades de distribución logística al interior de Colombia y en el extranjero, y disminuir las pérdidas por deterioro generado por microorganismos para los productores.

#### 4.5. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, J. F., Osella, C. A., Carrara, C. R., Sánchez, H. D., & Buera, M. del P. (2011). Effect of storage temperature on starch retrogradation of bread staling. *Starch Stärke*, *63*(9), 587–593. https://doi.org/10.1002/star.201100023
- Biglia, A., Comba, L., Fabrizio, E., Gay, P., & Ricauda Aimonino, D. (2016). Case Studies in Food Freezing at Very Low Temperature. *Energy Procedia*, 101(September), 305–312. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.11.039
- Bord Bia. (2014). *The future of frozen food*. Bord Bia Irish Food Board. http://www.bordbia.ie/industry/manufacturers/insight/publications/bbreports/Do cuments/Future of Frozen Report.pdf
- Bordin, K., Kunitake, M. T., Aracava, K. K., & Trindade, C. S. F. (2013). Changes in food caused by deep fat frying--a review. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 63(1), 5–13. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24167953
- Bouachanh, T., Jean, P., Desmasures, N., Micheline, G., & Jean, P. (2004). Resin straw as an alternative system to securely store frozen microorganisms. *Journal of Microbiological Methods*, *57*, 181–186.
- Chaves-Lopez, C., Serio, A., Delgado-Ospina, J., Rossi, C., Grande-Tovar, C. D., & Paparella, A. (2016). Exploring the Bacterial Microbiota of Colombian Fermented Maize Dough "Masa Agria" (Maiz Añejo). *Frontiers in Microbiology*, 7, 1168. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01168
- Chaves-Lopez, C., Serio, A., Grande-tovar, C. D., Cuervo-mulet, R., & Delgado-ospina, J. (2014). Traditional Fermented Foods and Beverages from a Microbiological and Nutritional Perspective: The Colombian Heritage. *ComprehensiveReviews InFoodScienceandFoodSafety*, 13, 1031–1048. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12098

- FAO. (2018). FAOSTAT: Datos para maíz en el mundo. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/metadata
- Fellows, P. . (2017). 18 Frying. In *Food Processing Technology* (Fourth Edi, pp. 783–810). Woodhead Publishing.
- Gwirtz, J. A., & Garcia, M. N. (2014). Processing maize flour and corn meal food products. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1312*(1), 66–75. https://doi.org/10.1111/nyas.12299
- Hernández, L. E., Agudelo, M. F., Corpas-Iguarán, E. J., & Castro-Rios, K. (2018). Evaluación de conservación y procesamiento en la calidad fisicoquímica y microbiológica de empanadas de maíz. *Paper Presented at the XIV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos*.
- NTC 4491-1, microbiology of food and animal feeding stuffs. Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination. Part 1: general rules for the preparation of the initial suspension and decimal dilutions., (2005). https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC4491-1.pdf
- NTC-5372, arepas de maíz refrigeradas. especificaciones de producto, (2007).
- NTC 4092, microbiology of food and animal feeding stuffs. General requirements and guidance for microbiological. Examinations., (2009). http://service.udes.edu.co/modulos/documentos/karenmartinez/50159704-NTC4092.pdf
- Jay, J. M. (James M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern food microbiology*. Springer.
- Lorenzo, G., Zaritzky, N., & Califano, A. (2015). Mechanical and optical characterization of gelled matrices during storage. *Carbohydr Polym*, 117, 825–835.
- Mwizerwa, H., Ooko Abong, G., Kuria Mbugua, S., Wandayi Okoth, M., Gacheru, P., Muiru, M., Obura, B., & Viljoen, B. (2018). Profiling of Microbial Content and

- Growth in Fermented Maize Based Products from Western Kenya. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 6(2), 509–519. https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.2.25
- Ogbonnaya, N., & Bernice Chidinma, C. (2012). Studies on Akamu, a traditional fermented maize food. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(4), 180–184. https://doi.org/10.4067/s0717-75182012000400011
- Ojha, K. S., Kerry, J. P., Tiwari, B. K., & O'Donnell. (2016). Freezing for Food Preservation. In *Reference Module in Food Science*. Elsevier.
- Rahmawati, Dewanti-Hariyadi, R., Hariyadi, P., Fardiaz, D., & Richana, N. (2013). Isolation and identification of microorganisms during spontaneous fermentation of maize. *J. Teknol. Dan Industri Pangan*, 24(1), 33–39. https://doi.org/10.6066/jtip.2013.24.1.33
- Ray, B., & Bhunia, A. K. (2010). Fundamentos de microbiologia de los alimentos. McGraw-Hill Interamericana.
- Sánchez, C., & Corrales, L. (2005). Congelación bacteriana: Factores que intervienen en el proceso. *Nueva Publicación Científica*, *3*, 109–113.
- Serna-Saldivar, S. O., & Perez Carrillo, E. (2019). Chapter 16 Food Uses of Whole Corn and Dry-Milled Fractions. In *Corn: Chemistry and Technology 3* (Third Edit, pp. 435–467). Woodhead Publishing and AACC International Press; 3 edition (November 9, 2018). https://www.amazon.com/Corn-Chemistry-Technology-Sergio-Serna-Saldivar-ebook/dp/B07KDSF1QQ
- Whyte, R., Hudson, J. A., & Graham, C. (2006). Campylobacter in chicken livers and their destruction by pan frying. *Letters in Applied Microbiology*, *43*(6), 591–595. https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2006.02020.x
- Wypych, G. (2016). LDPE low density polyethylene. In *Handbook of polymers* (pp. 178–184). ChemTec Publishing.

#### 5. RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS

- Se recomienda como estudio adicional implementar el uso de conservantes o aditivos naturales antimicrobianos como medida para mejorar la vida útil del producto ya sea de la empanada sin freír o pre-frita cuando se almacenan en refrigeración.
- Se hace necesario complementar los estudios de la prolongación de la vida útil del producto y de conservación de las características sensoriales durante el almacenamiento con la evaluación de métodos de empaque al vacío.
- Como otra medida de recomendación en relación al factor de la conservación por congelación es complementar con la evaluación de las características sensoriales o reológicas del producto como la textura durante su periodo de almacenamiento.
- Como perspectivas a estudios futuros que se pueda realizar estudios sobre microbiología predictiva y de biología molecular para determinar la ecología microbiana presente en el producto.

# BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Corpoica Minagricultura. (2016). Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector Agropecuario Colombiano (2017-2027). Corpoica Minagricultura.
- FAO, OPS, WFP, & UNICEF. (2018). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en américa latina y el caribe, desigualdad y sistemas alimentarios. In *Organización de las naciones unidad para la alimentación y la agricultura*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2010.04268.x
- Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2000). The stability and shelf-life of food. In *The stability and shelf-life of food*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC. https://doi.org/10.1533/9781855736580
- Lorenzo, G., Zaritzky, N., & Califano, A. (2008). Optimization of non-fermented gluten-free dough composition based on rheological behavior for industrial production of "empanadas" and pie-crusts. *Journal of Cereal Science*, 48(1), 224–231. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.09.003
- OPS. (2019). La inocuidad de los alimentos es responsabilidad de todos. Organización Panamericana de La Salud-Panamá. https://www.paho.org/pan/index.php?option=com\_content&view=article&id=12 36:la-inocuidad-de-los-alimentos-es-responsabilidad-de-todos&Itemid=442
- Redacción Tecnologica. (2016). *Máquinas colombianas para hacer empanadas son un éxito en el exterior*. El Espectador. https://www.elespectador.com/tecnologia/maquinas-colombianas-hacer-empanadas-son-un-exito-el-ex-articulo-660312
- Tettay De Fex, J. P. (2019). ¿Cúal es el origen de las empanadas? Periódico Vivir En El Poblado. https://vivirenelpoblado.com/el-origen-de-las-empanadas/
- Universidad Católica de Manizales. (2015). *Políticas institucionales UCM* (p. 21). Centro Editorial Universidad Católica de Manizales.

- WHO. (2020). *Inocuidad de los alimentos*. World Health Organization. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety
- Zweep, C. (2018, September 13). *Determinación de la vida útil del producto* . Food Quality and Safety . https://www.foodqualityandsafety.com/article/determining-product-shelf-life/3/

#### ANEXO 1.



Manizales, 05 de marzo de 2018

#### A QUIEN CORRESPONDA

Por medio de la presente hago constar que Luz Eliana Hernández Montoya identificada con cédula de ciudadanía número 1.053.837.777, participó en el curso de "Análisis Bibliométrico" con una duración de 12 horas; organizado por el Instituto de Investigación en Microbiología y Biotecnología Agroindustrial, Programa de Bacteriología y la Maestría en Microbiología Agroindustrial de la Facultad de Ciencias de la Salud, los días 01 y 02 del mes de marzo del año 2018, en el Aula Móvil de la Universidad Católica de Manizales de la ciudad de Manizales, Caldas.

Decana Facultad de Ciencias de la Salud

LORIA INÉS ESTRADA SALAZAR Dr. EDUARDO JAVID CORPAS IGURÁN Director Instituto de Investigación en Microbiología y Biotecnología Agroindustrial

Carrera 23 # 60 - 63 - Av. Santander / Manizales - Colombia PBX: (+57) 6 893 30 50 - direxco@ucm.edu.co - www.ucm.edu.co

## ANEXO 2.



Dirección de Investigaciones y Posgrados

Personería Jurídica, Decreto 271 del 19 de junio de 1962 de la Arquidiócesis de Manizales Resolución 3275 del 25 de junio de 1993 del Ministerio de Educación Nacional de Colombia

Certifica que

# Luz Eliana Hernández Montoya C.C. 1.053.837.777



Participó en calidad de *Ponente* en el

# Día Institucional de la Investigación UCM 2018

Nombre ponencia: Estudio de la vida útil de una masa de maíz amarillo para la elaboración de empanadas en la empresa Maquiempanadas

Realizado en la ciudad de Manizales (Colombia), el 16 de noviembre de 2018.

Hwo. Elizabeth Caicedo C. Mgm. Hna. Maríá Elizabeth Caicedo Caicedo O.P. Rectora

Mgra. Catalina Triana Navas Secretaria General

Dado en Manizales (Colombia) el 12 de diciembrede 2018





#### RECTORÍA RESOLUCIÓN No. 058 17 DE DICIEMBRE DE 2018

Por medio de la cual se
"Conceden becas a estudiantes de pregrado y posgrado
con mayor promedio académico"

La Rectora de la Universidad Católica de Manizales, en uso de las atribuciones que le confiere el Estatuto General y

#### CONSIDERANDO:

- a. Que el Reglamento Académico de la Universidad Católica de Manizales en el Capítulo XIV, Artículo No. 88, establece el otorgamiento de una beca semestral por programa, equivalente al 50% del valor de la matrícula, al estudiante de pregrado y posgrado, que haya obtenido el promedio académico más alto.
- b. Que la Unidad de Admisiones y Registro Académico, de la Universidad Católica de Manizales reportó a las Direcciones de programas de la Facultad de Salud, la información sobre los estudiantes de pregrados y posgrados, que obtuvieron los promedios académicos más altos en el segundo período académico. Según acta No. 013 del 14 de diciembre de 2018.
- Que los programas realizaron la elección de los estudiantes con mayor promedio académico y reportaron dicha información, a la Secretaria General de la Universidad Católica de Manizales.

#### RESUELVE:

Artículo primero: Conceder una beca equivalente al 50% del valor de la matrícula a los estudiantes que se relacionan a continuación:

Programa Académico	Nombre	Sem	Prom
Bacteriología	Valentina Herrera Rodríguez	1	4.7
Enfermeria	Luisa Fernanda Mejía Ramírez	II	4.5
Esp. en Administración de la Salud	Carlos Augusto Burbano Ortega		4.7
Maestría en Microbiología Agroindustrial	Luz Eliana Hernández Montoya	11	4.7

Carrera 23 # 60 - 63 - Av. Santander / Manizales - Colombia PBX: (+57) 6 893 30 50 - direxco@ucm.edu.co - www.ucm.edu.co



Artículo segundo: Elegir a la estudiante Luisa Fernanda Mejía Ramírez del programa de enfermería, quien ha cursado 38 créditos de su plan de estudios con un promedio de

Artículo tercero: Después de revisados todos los promedios de la Maestría en Microbiología Agroindustrial, se decide postular a la beca a la estudiante Luz Eliana Hernández Montoya, ya que de las 4 estudiantes que tenían el promedio igual (4,7) ella se ha destacado por tener productos y reconocimiento a nivel investigativo: beca como Joven Investigadora de Colciencias 2018, el Premio ACTA a la inocuidad alimentaria en el año 2018 derivado de su trabajo de grado de la maestría titulado "Evaluación de conservación y procesamiento en la calidad fisicoquímica y microbiológica de empanadas de maíz

Artículo cuarto: La adjudicación de la beca constituye un estímulo y reconocimiento al excelente desempeño académico de los estudiantes, durante el segundo periodo académico de 2018. La beca aplica para la matrícula del primer período académico de

Comuníquese y cúmplase.

Manizales, 17 de diciembre de 2018

Mera. Jelizabet Laicedo CAIGEDO O.P. Rectora



# CERTIFICADO DE PARTICIPACIÓN

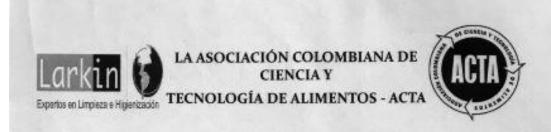
LUZ ELIANA HERNANDEZ MONTOYA C.C. 1053.837.777

Participó en el "CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS - CONACTA 2018"

Realizado en la Universidad de la Salle (Bogotá D.C.)

Del 03 al 05 de Octubre de 2018

Jaime Orjuela Osorio
Director Ejecutivo ACTA



OTORGA EL PRIMER PUESTO DEL V Premio ACTA a la investigación en inocuidad de alimentos A:

Luz Eliana Hernández Montoya, María Fernanda Agudelo Buritica, Eduardo Corpas Iguarán, Katherin Castro Ríos.

Por el trabajo de pregrado titulado "Evaluación de conservación y procesamiento en la calidad fisicoquímica y microbiológica de empanadas de maíz". De la Universidad Católica de Manizales.

Presentado durante el XIV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos CONACTA 2018.

Se firma en la Ciudad de Bogotá a los cuatro (4) días del mes de Octubre de dos mil dieciocho (2018)

Edna Liliana Peralta Directora de Programa de Ingenieria Universidad de la Salle Jorge A Cabrera L Director Premio ACTA





#### Evaluación de conservación y procesamiento en la calidad fisicoquímica y microbiológica de empanadas de maíz.

Luz Eliana Hernández Montoya<sup>1</sup>, María Fernanda Agudelo Buritica<sup>2</sup>, Eduardo Corpas-Iguarán<sup>1</sup>, Katherin Castro-Ríos<sup>1\*</sup>

Instituto de investigación en Microbiología y Biotecnología Agroindustrial., Universidad Católica de Manizales, Cra. 23 # 60-63, Manizales. Colombia.

<sup>2</sup> Jefe de planta, Maquiempanadas, Carrera 34 No 64-24, Barrio Fátima, Manizales. Colombia

Email: kcastro@ucm.edu.co: katherin.castro@protonmail.ch

#### Resumen

En Colombia se consumen alrededor de 12 millones de empanadas de maíz al día, siendo un producto de gran relevancia cultural y económica para el país, por lo tanto, las características fisicoquímicas y microbiológicas son decisivas en la calidad e inocuidad del producto final. Con el fin de entender estas variables, se evaluaron los parámetros de calidad fisicoquímicos y microbiológicos de masas frescas de maíz y empanada sin procesar, pre-frita y frita, sometidas a dos procesos de conservación (refrigeración y congelación). Se seleccionaron tres muestras comerciales de masas de maíz, con las cuales se elaboraron empanadas en la empresa Maquiempanadas. Se evaluaron las variables de pH y humedad mediante técnicas convencionales, y las variables microbiológicas mediante método de recuento en placa profunda para mesófilos aerobios, mohos y levaduras según los lineamientos de la NTC 5372. Los datos obtenidos se analizaron mediante un diseño experimental factorial, con un nivel de confianza de 95%, las muestras fueron seleccionadas de forma aleatoria. Los resultados analizados mediante los diseños experimentales planteados evidencian que cuando los productos se sometieron a refrigeración durante 5 días, el pH se ve influenciado por las características del tipo de masa de maíz (masa de maíz cocido o premezcla) y en el caso de la humedad, el proceso (pre-fritura y fritura) y el tipo de masa influyen en la disminución de agua del producto. Cuando el método de conservación empleado fue la congelación, tanto el tipo de masa, como el proceso, influyen en el pH y la humedad. Posteriormente se evaluó la calidad microbiológica a la masa con mejores características fisicoquímicas, determinando que el tipo de conservación no tiene efecto estadístico significativo en la reducción de microorganismos, pero la fritura y la pre-fritura si influyen significativamente estos.

Palabras claves: Masa de maíz, Fritura, Refrigeración, Congelación, microorganismos.

Vol 27, No 46 (2019), Revista Alimentos Hoy -3

# ANEXO 7.

Brazilian Journal of Food Technology



# Vida útil en masas y productos derivados del maíz: estudio bibliométrico

# Shelf life in dough and corn-derived products: bibliometric study

Journal:	Brazilian Journal of Food Technology
Manuscript ID	BJFT-2019-0023.R2
Manuscript Type:	Original article / Artigo original
	Bibliometrics, bibliometrics indicators, BibExcel, VOSviewer, maize, stability

SCHOLARONE™ Manuscripts

# 1. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO SOBRE MASA Y PRODUCTOS DERIVADOS DE MAÍZ

# 1.1. INTRODUCCIÓN

La bibliometría constituye la particularidad métrica que más desarrollo conceptual ha tenido y la metría más aplicada; según (Gorbea Portal, 2016) "su estudio ha sido el de mayor multiplicidad temática y cobertura geográfica temporal de todas las investigaciones realizadas sobre la metría de la información y del conocimiento científico". La bibliometría fue redefinida por Pritchard como "La aplicación de los métodos estadísticos y matemáticos a los libros y otros medios de comunicación" (Pritchard, 1969). La aplicación de investigaciones bibliométricas de tipo descriptivos o clásicas realizadas bajo el enfoque teórico o dimensional en etapas iniciales de desarrollo se caracterizan por el uso de diverso modelos matemáticos clásicos, como los de "Lotka, Bradford, Zipf, Price, Brookes", enfocados a modelar y determinar niveles de productividad de autores, concentración-dispersión de la información, frecuencia de palabras en los textos, crecimiento exponencial de la ciencia y obsolescencia de las publicaciones científicas, respectivamente (Gorbea Portal, 2016).

El incremento de la información de los resultados obtenidos de los procesos investigativos en cualquier campo de la ciencia puede ser evaluados, determinados y proporcionados a través de los indicadores bibliométricos (Escorcia, 2008). El uso de los indicadores trae como ventaja la obtención de datos objetivos, pudiendo ser

ratificada o comprobada por estudios de otros investigadores; su metodología es accesible y sencilla dado que permite cuantificar la colaboración; lo que posibilita trabajar con grandes universos que conducen a resultados estadísticamente más significativos en comparación cuando se utilizan "estudios de casos" (Katz & Martin, 1997), entre ellos tenemos los siguientes:

**Indicadores de producción:** se basan en las frecuencias de publicación de un investigador, grupo de investigadores, instituciones o países; el objetivo es reflejar la inclusión en la comunidad científica, mediante la evidencia de los temas más productivos y destacados en determinada área de conocimiento y las revistas de publicación principales.

**Indicadores de relación**: basado en las autorías o en las citaciones conjuntas, se emplean para la construcción y la visualización de la colaboración científica, así como las redes de co-citación entre los investigadores, instituciones o países.

**Indicadores de visibilidad o impacto** mide la influencia de los autores y de los trabajos publicados. Uno de los indicadores más importantes es el llamado índice H, definido como: Un científico tiene un índice H, si de todos sus trabajos h reciben al menos H citas cada uno, y el resto tiene como máximo H citas.

#### 1.1.1. Fuente de datos.

Web Of Science (WOS), es una de la plataformas de base de datos mejor catalogada, la cual colecciona referencias de las principales publicaciones científicas de cualquier disciplina o campo del conocimiento, tanto científico como tecnológico, humanístico y sociológicos desde 1945, esenciales para el apoyo de las investigaciones y los reconocimientos de los esfuerzos y avances realizados por la comunidad científica y tecnológica (Web of Science Group, n.d.).

Esta plataforma multidisciplinaria conecta índices regionales, de especialidad, de datos y de patentes con la Colección principal de Web of Science. Permite rastrear ideas en todas las disciplinas y el tiempo desde más de 1.7 mil millones de referencias citadas de más de 159 millones de registros.

#### 1.1.2. Herramientas de análisis.

BibExcel, es una herramienta creada por el departamento de sociología de la Universidad de Umeå en Suecia; su versatilidad es amplia puesto que analiza frecuencias de términos y construye relaciones de los términos, y así organizar matrices y vectores que representan este tipo de análisis (Pichuante, 2016).

OSviewer, es una herramienta de uso libre desarrollada por la Universidad de Leiden en los Países Bajos, permite la construcción y visualización de redes bibliométricas, mediante el desarrollo de mapas, estas redes pueden incluir revistas, investigadores o publicaciones individuales se construyen en base a co-citación o acoplamiento bibliográfico y relaciones de coautoría permitiendo por tanto la fácil identificación de elementos relacionados.

La siguiente investigación tuvo como objetivo realizar el análisis bibliométrico de temas relacionados con vida útil de masa y productos derivados del maíz, los estudios relacionados con el procesamiento, almacenamiento y materias a partir de una búsqueda bibliográfica en la base de datos de Web of Science.

# 1.2. MATERIALES Y MÉTODOS

# 1.2.1. Tipo de estudio y material de análisis.

El análisis bibliométrico se realizó a partir de la colección de la base de datos de Web of Science de Thomas Reuters debido a su cobertura selectiva de publicaciones con prestigio y visibilidad en las diferentes disciplinas (Archambault, Campbell, Gingras, & Larivière, 2009); con fecha de acceso a la información el día 5 de abril 2018.

La ecuación de búsqueda de palabras clave empleada fue: "shelf life" and maize OR "shelf life" and "Zea mays" OR "shelf life" and corn flour" OR "shelf life" and "maize flour" OR "shelf life" and "arepas" OR "shelf life" and empanadas OR "shelf life" and "masa corn" OR "shelf life" and "texture dough", en el periodo de tiempo comprendido entre 2001 y 2017 con la intención de analizar las investigaciones más recientes y ampliar el panorama de la información. Para ello, se consideraron específicamente los documentos de tipología "artículos", "revisiones", o "capítulos de libros" con enfoque en el tema.

Es importante resaltar que la ecuación de búsqueda integró dos productos derivados del maíz, arepas y empanadas, considerando que son los de mayor relevancia cultural y económica en Colombia.

La hipótesis de trabajo fue: Existe un comportamiento destacable de la frecuencia e interacciones, en cuanto a los países, palabras claves, instituciones, revistas y autores involucrados en los estudios sobre vida útil en masas y productos derivados del maíz.

#### 1.2.2. Indicadores bibliométricos.

Se utilizaron los siguientes indicadores bibliométricos: Indicadores de producción, para la determinación del número de publicaciones en relación a tipo de documento, autores, países, organización o institución, áreas de investigación, revista, año y total de citaciones. Indicadores de visibilidad e impacto, para la determinación del índice H de los autores, las instituciones y los países. Indicadores de relación y colaboración, para la ejecución de mapas temáticos de co-autorías entre autores y países, y la co-ocurrencia de palabras claves.

## 1.2.3. Recopilación y análisis de los datos.

La recopilación de los datos se obtuvo mediante la descarga de los registros obtenidos 167 usando la ecuación de búsqueda previamente descrita, en formato de texto plano de la 168 base de datos de Web of Science. Se emplearon las herramientas de BibExcel y 169 VOSviewer para organizar y clasificar los indicadores bibliométricos, posterior

se aplicaron 170 los cálculos de frecuencia y las representaciones mediante tablas y gráficas en el 171 programa de Microsoft Excel<sup>®</sup> 2013.

# 1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

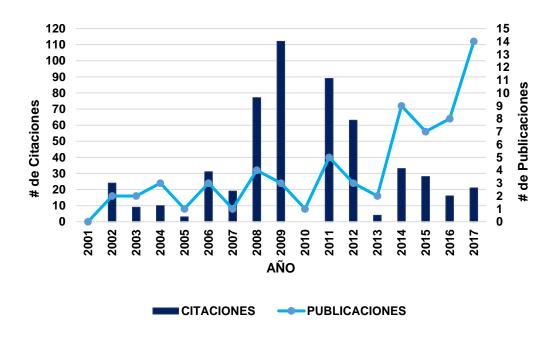
# 1.3.1. Tendencias de investigación bibliométrica.

En este estudio se identificó un total de 115 documentos, aplicando los criterios de inclusión se filtraron un total de 68 documentos a la fecha de consulta. A partir de los datos obtenidos se determinó que el artículo con mayor número de citaciones fue: "Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel issue?", escrito por: Moroni AV; Dal Bello F; Arendt EK, con un total de 100 citaciones, publicado en la revista Food Microbiology en el año 2009 (Moroni, Dal Bello, & Arendt, 2009).

#### 1.3.2. Indicadores de producción.

El artículo original fue la tipología documental de mayor frecuencia representando el 93% (63 artículos) de los documentos, y el 7% restante correspondió a revisiones de tema. La gráfica 1 muestra la evolución de la productividad científica a partir del año 2001 hasta el 2017; donde se evidencia una tendencia creciente de las publicaciones sobre el tema, a inicios del año 2002 con publicaciones que contemplan las condiciones y características de la tortillas de maíz nixtamalizado, un producto derivado del maíz que es de gran consumo en la cocina mexicana (Book, Brill, & Heidolph, 2002; Seetharaman, Chinnapha, Waniska, & White, 2002). Posterior, al año 2014 se

evidencia un aumento relativo de las publicaciones (9 publicaciones) hasta el año 2017 (14 publicaciones), este resultado puede deberse al creciente interés mundial de establecer materias primas y alimentos inocuos de la mejor calidad, mediante la constante busque de determinar su vida útil por medio de las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas de los productos. En relación al número de citaciones se puede observar un aumento entre el periodo del 2008 al 2012, y se evidencia una ausencia de citación en el año 2010 posiblemente se relacione al único documento de ese año, que hasta la fecha de consulta no contaba con citaciones; entre los cuales sobresalen temas como la estabilidad en el almacenamiento de los granos maíz frente aspecto toxicológicos (Luna-Vital, Li, West, West, & Gonzalez de Mejia, 2017) y la estabilidad de los extractos de los granos de maíz morado cuando se someten a diferentes pH (Temba, Njobeh, & Kayitesi, 2017).

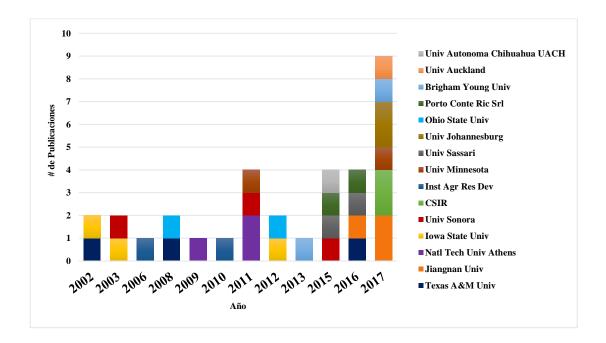


**Gráfica 1.** Número de publicación respecto al número de citaciones por año.

#### 1.3.2.1. Instituciones.

Durante los procesos de investigación la intervención de las instituciones u organizaciones juegan un papel fundamental en la ejecución y divulgación del conocimiento, en consecuencia la gráfica 2 muestra un top 15 de las instituciones con mayor participación en relación al mayor número de publicaciones sobre el tema de búsqueda, fueron: Texas A&M University (Mondal et al., 2008; Santana, Pérez, Velázquez, Cisneros, & Jacobo, 2016; Seetharaman et al., 2002), Jiangnan University (Sharif et al., 2017; Yue, Guo, & Zhu, 2017a; Zhou, Qian, Meng, Gao, & Lu, 2016), National Technical University of Athens (Lebesi & Tzia, 2011; Sabanis, Lebesi, & Tzia, 2009; Sabanis & Tzia, 2011), Iowa State University (Antunez, Botero Omary, Rosentrater, Pascall, & Winstone, 2012; Seetharaman et al., 2002; Vidal, Love, Love, White, & Johnson, 2003) y Sonora University (Márquez & Vidal, 2011; M. Á. Sánchez et al., 2015; Vidal et al., 2003); resaltando las dos primeras instituciones como aquellas que presentaron publicaciones en los últimos dos años, al igual sobresale la participación de CSIR, University Minnesota, University of Johannesburg, Brigham Young University y University Auckland con publicaciones en el año 2017. Cuando ocurre una interacción entre una o más instituciones se convierte en un pilar para el intercambio y multidisciplinariedad del conocimiento científico como ocurre entre Texas A&M University y Iowa State University que generan conocimiento acerca las propiedades de textura, viscosidad y térmicas de dos productos horneados comunes hechos de harina de trigo, panecillos y tortillas de maíz (Seetharaman et al., 2002); y también la interacción que presenta esta última institución con Sonora University en

contribuir con la información en temas de vida útil en masa de maíz nixtamalizadas con procesos de auto-oxidación (Vidal et al., 2003).



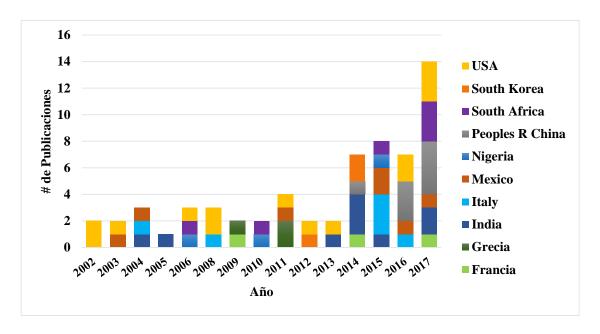
**Gráfica 2.** Principales instituciones participantes en relación al número y año de publicación.

#### 1.3.2.2. Colaboración internacional.

Determinar el país de origen o las colaboraciones entre ellos para la generación de nuevos conocimientos, soportan el enfoque de la investigación y sus posibles potenciales investigativos, siendo así, se contabilizaron un total de 28 países participantes. En la gráfica 3 podemos evidenciar el top 10 de los países con mayor participación, resaltando principalmente la participación de Estados Unidos con un 20,5% entre el periodo de 2011 al 2017, uno de sus trabajos está basados en caracterizar e identificar la microbiota de masas de maíz nixtamalizada de seis molinos comerciales

diferentes de tortillas en todo Guadalajara, México (Adolphson, Dunn, Jefferies, & Steele, 2013) y un segundo trabajo enfocado en una revisión de los residuos del procesamiento de masa de maíz: generación, propiedades y utilización potencial con el fin de desarrollar una base de conocimiento integral sobre los residuos generados (Rosentrater, 2006). Posteriormente sigue la India con 13,2% entre el periodo de 2013 al 2017; algunas de sus publicaciones se apoyan en la evaluación y monitoreo de la condiciones fisicoquímicas y sensoriales de alimentos típicos de la india cuando son almacenados a diferentes temperaturas de conservación, con el fin de establecer su vida útil a través del tiempo (Kaushik, Mishra, Malik, & Sharma, 2015; Mogra & Choudhry, 2014; B. P. Singh, Jha, Sharma, & Rasane, 2013); luego China con 11,8 % entre el periodo del 2014 al 2017; México con 10,3 %entre el periodo de 2011 al 2017 e Italia con 8,8% en los años 2015 y 2016; de allí en menor participación el resto de países. De igual forma, se destaca que entre los países con mayor número de citaciones fue Irlanda y Grecia con 128 y 71 citas respectivamente.

No obstante se identifica la participación de Colombia trabajando en conjunto con Argentina en el artículo titulado "Antifungal effect of kéfir fermented milk and shelf life improvement of corn arepas" (Gamba et al., 2016). De acuerdo a todo lo anterior podemos inducir que durante los primeros once años la participación de los países en general fue relativamente baja y constante, y solo hasta el año 2014 se refleja una tendencia de aumento en la intervención de los países.



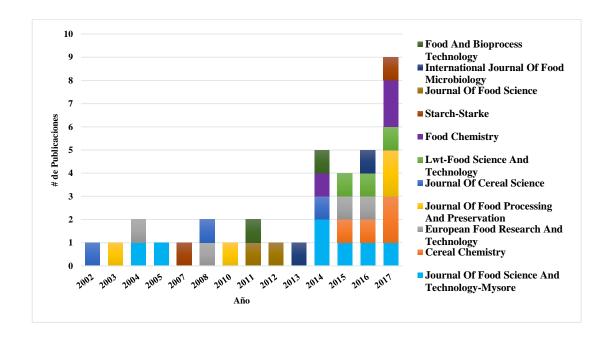
**Gráfica 3.** Participación de países con relación al número y año de publicación.

# 1.3.2.3. Revistas de publicación.

Las revistas pueden actuar como agentes en el proceso científico en forma de canales los cuales pueden poner en consenso la información en común del conocimiento científico; de acuerdo a esto se encontraron un total de 44 revistas, en la gráfica 4 se pueden identificar las revistas con mayor número de referencias o publicaciones, los cuales coinciden en temas relacionados con alimentos, cereales, microbiología, y química de alimentos resaltando las siguientes: Journal of Food Science and Technology-Mysore con el 10,3%, una de sus publicaciones comenta sobre la Influencia del almacenamiento de la harina de maíz proteica funcional, sensorial y de calidad (Shobha et al., 2014), en un análisis bibliométrico aplicado a esta revista se observó un aumento en el número de contribuciones en volúmenes sucesivos, siendo India el principal contribuyente tanto en el volumen inaugural como en los cinco

volúmenes estudiados y el mayor número de contribuciones es de los autores conjuntos (Vijay & Raghavan, 2007). Continuando con Cereal Chemistry con 5,9% y Journal of Food Processing and Preservation con 5,9%, además de European Food Research and Technology con 5,9% y por ultimo Journal of Cereal Science con 4,4%.

Así mismo, se determinó una tendencia creciente a partir del año 2014 del número de publicaciones realizadas en las revistas de mayor impacto para esta área de conocimiento, exponiendo que entre los temas publicados en el último año estaban basados en aspectos de la estabilidad de la vida útil y la calidad de productos a base de maíz como masas y tortillas mediante la adicción de conservantes proteicos (Phillips, Pike, Eggett, & Dunn, 2017; Yue, Guo, & Zhu, 2017b) y en las condiciones reológicas y microbiológicas del grano y las masas de maíz que favorecen la vida anaquel (C. Deepa & Umesh Hebbar, 2017; Valderrama et al., 2017).



**Gráfica 4.** Principales revistas en relación al número y año de publicación.

A partir de las revistas se logró sondear y obtener las principales áreas de investigación de mayor influencia, resaltando principalmente el área: Food Science Technology con 53 documentos (57%), posteriormente las otras áreas como, Chemistry Applied con 8 documentos (9%) y Biotechnology Applied Microbiology con 6 documentos (7%), de modo que con el trascurso de los años se modela una tendencia de aumento constante del número publicaciones en esta principal área de conocimiento, de manera que enfoca las investigaciones en alimentos desde el punto de vista de sus propiedades y composiciones (físicas, químicas y microbiológicas) hasta su desarrollo o mejoramiento a nivel industrial.

#### 1.3.3. Indicadores de visibilidad.

Los 68 documentos analizados fueron publicados por un total de 274 autores. Uno de los autores con mayor relevancia en las investigaciones sobre el tema con respecto a los documentos encontrados; es la profesora Constantina Tzia del departamento de ingeniería química de la Universidad Nacional de Atenas en Grecia, con un total de 3 publicaciones, un índice H de 3 y 71 citaciones. La tabla 7 muestra los autores y su correspondiente índice H, marcando la productividad y evaluando el impacto en el acumulado y relevancia de las publicaciones, analizando la correlación entre la producción científica generada y la cantidad de citas recibidas de su producción académica en relación al tema, aunque se registra índices relativamente bajos, esto se asocia a la baja producción científica relacionada con el tema durante el periodo de estudio; no obstante se resalta el trabajo en conjunto de los autores Deepa, C y Hebbar,

HU donde sus temas se enfocan en los procesos de micronización (jet-milling) sobre los granos de maíz con posterior transformación a harina de maíz para conservar su vida útil (C. Deepa & Hebbar, 2014; C. Deepa & Umesh Hebbar, 2017; Chandran Deepa & Hebbar, 2017).

De los autores más citados encontramos a Arendt EK con 2 publicaciones y un total de 128 citaciones (Moroni et al., 2009; Zannini, Pontonio, Waters, & Arendt, 2012) y de la contribución de autores por documento se encontró que de todos los documento solo uno contaba con la participación de 9 autores (Sharif et al., 2017) y 3 documentos con la participación de 8 autores cada una (Okeke et al., 2015; M. Á. Sánchez et al., 2015; Valderrama et al., 2017).

También se logró identificar el índice H de las instituciones y los países participantes donde se evidencia que las instituciones National Technical University of Athens y Iowa State University presentaron mayor índice H:3 y Estados unidos el país con mayor índice H:6.

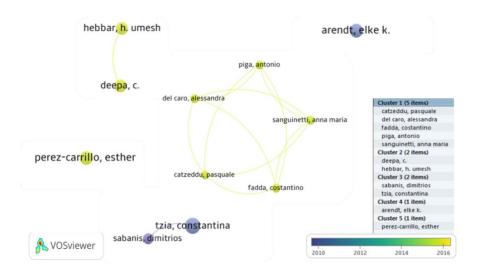
Tabla 1. Principales autores y su índice H.

Autor	Publicaciones	País	H- index	Citaciones	Referencia
Tzia C	3	Grecia	3	71	(Lebesi & Tzia,
	C	0100100		, -	2011; Sabanis et al.,
					2009; Sabanis &
					Tzia, 2011)
Deepa C	3	India	1	4	(C. Deepa &
					Hebbar, 2014; C.
					Deepa & Umesh
					Hebbar, 2017;
					Chandran Deepa &
					Hebbar, 2017)
Hebbar HU	3	India	1	4	(C. Deepa &
Hebbul He	5	211010	-	·	Hebbar, 2014; C.
					Deepa & Umesh
					Hebbar, 2017;
					Chandran Deepa &
					Hebbar, 2017)

Perez- Carrillo E	2	México, USA	1	3	(Chuck Hernández, Perez Carrillo, Soria Hernández, & Serna Saldívar, 2015; Santana et al., 2016)
Piga A	2	Italia	2	6	(Sanguinetti et al., 2016, 2015)
Del Caro A	2	Italia	2	6	(Sanguinetti et al., 2016, 2015)
Waniska RD	2	USA	2	31	(Mondal et al., 2008; Seetharaman et al., 2002)
Catzeddu P	2	Italia	2	6	(Sanguinetti et al., 2016, 2015)
Giannuzzi L	2	Argentina	1	3	(Gamba et al., 2016; Oteiza et al., 2003)

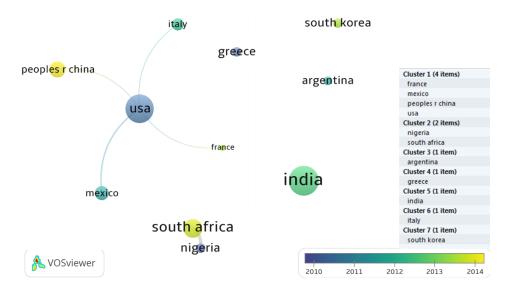
# 1.3.4. Indicadores de relación.

ediante el empleo de la herramienta VOSwiever se realizó la construcción del mapeo de redes sobre co-autorías entre autores indicando que de 274 autores solo 11 de ellos trabajaron en co-autorías. en la figura 1 se muestran cinco clústeres donde 3 de ellos trabajan temas en conjunto; la relación más estrecha se presenta en el primer clúster que concierne a cinco autores entre ellos con publicaciones en los años 2015-2016, seguido del segundo y tercer clúster que muestra la correlación entre dos autores y publicaciones en el año 2015 y 2010, respectivamente.



**Figura 1.** Mapa de redes de co-autorías entre autores.

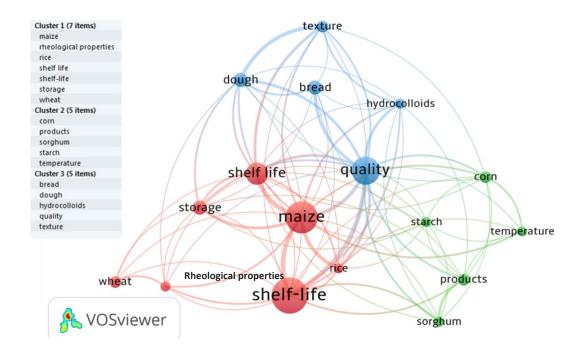
No obstante en la figura 2, se detalla la interpretación de la relación de co-autorías entre países, deduciendo que de los 28 países, tan solo 7 de ellos han trabajo bajo co-autoría de las publicaciones, siendo Estado Unidos el más representativo y trabajando en conjunto con países como Francia (Hesso, Loisel, Chevallier, & Le-Bail, 2014; Liu, Hou, Cardin, Marquart, & Dubat, 2017), Italia (Clubbs, Vittadini, Shellhammer, & Vodovotz, 2008), México (Santana et al., 2016; Vidal et al., 2003) y China (Zheng, Zhang, Zhou, & Wang, 2016), como se refleja en el primer clúster; otros países que trabajan en relación de co-autorías son Sur África y Nigeria (Darman Djoulde, Oldewage-Theron, Egal, & Samuel, 2010; Okeke et al., 2015; Ugoji, Laing, & Hunter, 2006); el resto de países lo hacen de carácter independiente.



**Figura 2.** Mapa de redes de co-autorías entre países

A partir del análisis de co-ocurrencia de las palabras claves en la figura 3 se puede inferir que, del total de 554 palabras claves, 17 de ella se encontraban concurrentemente y presentaban una relación estrecha sobre el tema. Para ello, se obtuvo un total de 17 nodos agrupados en 3 clúster que conectan entre sí con 147 enlaces, determinando lo siguiente:

- Los nodos rojos reflejan las relaciones más dinámicas, donde la principal palabra empleada en el mayor porcentaje de documentos encontrados es "Maize" en afinidad con "Shelf life", "Shelf-life", "Quality" y "Storage"; Teniendo en cuenta que en algunos documentos la escritura de la palabra "Shelf life" puede variar por un guion.
- En los nodos azules se evidencia una relación muy fuerte entre las palabras claves "Dough" y "Texture", dado que en los estudios de las condiciones reológicas y textura de las masas estas propiedades son factores asociados que definen la influencia de los diferentes componentes, permitiendo el control de calidad del producto y orientando al diseño y adaptación de nuevas tecnologías.
- Por otro lado, los nodos verdes tratan palabras que hacen referencia a factores que tiene influencia en los estudios de vida útil de los alimentos como lo son "Temperature".



**Figura 3.** Mapeo de co-ocurrencia de palabras claves.

## 1.4. CONCLUSIONES

Se evidenció un crecimiento gradual en los últimos años de la información científica; los principales estudios en vida útil relacionados con masas y productos derivados de maíz se han centrado en la nixtamalización del maíz, calidad e inocuidad de materias primas y productos procesados y en la estabilidad del maíz en almacenamiento. Se identificó una gran participación de países de diversos continentes como Estados Unidos, Italia, China, India y Sudáfrica; al igual que de instituciones reconocidas como Texas A&M University, Jiangnan University, National Technical University of Athens, Iowa State University y Sonora University, partiendo de la importancia que se genera a partir de las relaciones entre co-autorías cuando se ejecutan trabajos e investigaciones en conjunto con otros países e instituciones para la generación del nuevo conocimiento fundamentado en las propiedades y composición del maíz, junto

con el apoyo de importantes revistas que sirven como canal para transmitir la información como Journal of Food Science and Technology-Mysore. Además, se justificó la participación conjunta entre actores investigando sobre el tema desde diferentes aspectos, generando un impacto por parte de autores como Constantina Tzia la de mayor índice H y Arendt EK como el de mayor citación. Finalmente, es importante destacar a los actores e identificar lo que han trabajado puede generar perspectivas para el desarrollo de futuras investigaciones enfocadas en el mejoramiento de la calidad, e inocuidad del maíz y sus derivados y a su vez involucrar diferentes procesos, técnicas o metodologías para la ejecución de los mismos.

# 1.5. BIBLIOGRAFÍA

- Adolphson, S. J., Dunn, M. L., Jefferies, L. K., & Steele, F. M. (2013). Isolation and characterization of the microflora of nixtamalized corn masa. *International Journal of Food Microbiology*, 165(3), 209–213. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.05.010
- Antunez, P. D., Botero Omary, M., Rosentrater, K. A., Pascall, M., & Winstone, L. (2012). Effect of an Oxygen Scavenger on the Stability of Preservative-Free Flour Tortillas. *Journal of Food Science*, 77(1), S1–S9. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02470.x
- Archambault, É., Campbell, D., Gingras, Y., & Larivière, V. (2009). Comparing bibliometric statistics obtained from the Web of Science and Scopus. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(7), 1320–1326. https://doi.org/10.1002/asi.21062
- Book, S. L., Brill, R. V., & Heidolph, B. B. (2002). Effects of leavening acids on characteristics

- of fresh and 30-day-old tortillas. *Cereal Foods World*, 47(8), 390. https://search.proquest.com/docview/230373730?pq-origsite=gscholar
- Chuck Hernández, C., Perez Carrillo, E., Soria Hernández, C., & Serna Saldívar, S. O. (2015). Functionality and Organoleptic Properties of Maize Tortillas Enriched with Five Different Soybean Proteins. *Cereal Chemistry Journal*, 92(4), 341–349. https://doi.org/10.1094/CCHEM-07-14-0154-R
- Clubbs, E. A., Vittadini, E., Shellhammer, T. H., & Vodovotz, Y. (2008). Effects of storage on the physico-chemical properties of corn tortillas prepared with glycerol and salt. *Journal of Cereal Science*, 47(2), 162–171. https://doi.org/10.1016/J.JCS.2007.03.007
- Darman Djoulde, R., Oldewage-Theron, W., Egal, A. A., & Samuel, F. (2010). Influence of room-temperature storage-reheating cycles on nutritional properties of maize meal porridge (pap) used in the VAAL region, South Africa. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34(2), 181–191. https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00323.x
- Deepa, C., & Hebbar, H. U. (2014). Micronization of maize flour: Process optimization and product quality. *Journal of Cereal Science*, 60(3), 569–575. https://doi.org/10.1016/J.JCS.2014.08.002
- Deepa, C., & Umesh Hebbar, H. (2017). Effect of micronization of maize grains on shelf-life of flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(5), e13195. https://doi.org/10.1111/jfpp.13195
- Deepa, Chandran, & Hebbar, H. U. (2017). Influence of micronization on physicochemical properties of maize grains. *Starch Stärke*, 69(3–4), 1600060. https://doi.org/10.1002/star.201600060
- Escorcia, T. A. (2008). El análisis bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado. Pontificia Universidad Javeriana.
- Gamba, R. R., Caro, C. A., Martínez, O. L., Moretti, A. F., Giannuzzi, L., De Antoni, G. L., & León Peláez, A. (2016). Antifungal effect of kefir fermented milk and shelf life improvement of corn arepas. *International Journal of Food Microbiology*, 235, 85–92.

- https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.06.038
- Gorbea Portal, S. (2016). Una nueva perspectiva teórica de la bibliometría basada en su dimensión histórica y sus referentes temporales. In *Investigacion Bibliotecologica* (Vol. 30, Issue 70, pp. 11–16). Universidad Nacional Autonoma de Mexico. https://doi.org/10.1016/j.ibbai.2016.10.001
- Hesso, N., Loisel, C., Chevallier, S., & Le-Bail, A. (2014). Impact of Pregelatinized Starches on the Texture and Staling of Conventional and Degassed Pound Cake. *Food and Bioprocess Technology*, 7(10), 2923–2930. https://doi.org/10.1007/s11947-014-1254-5
- Katz, J. S., & Martin, B. R. (1997). What is research collaboration? *Elsevier Science*, 26(1), 1–18. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0048-7333(96)00917-1
- Kaushik, P., Mishra, A., Malik, A., & Sharma, S. (2015). Production and shelf life evaluation of storable myco-granules for multiple environmental applications. *International Biodeterioration* & *Biodegradation*, 100, 70–78. https://doi.org/10.1016/J.IBIOD.2015.02.011
- Lebesi, D. M., & Tzia, C. (2011). Effect of the Addition of Different Dietary Fiber and Edible Cereal Bran Sources on the Baking and Sensory Characteristics of Cupcakes. *Food and Bioprocess Technology*, 4(5), 710–722. https://doi.org/10.1007/s11947-009-0181-3
- Liu, T., Hou, G. G., Cardin, M., Marquart, L., & Dubat, A. (2017). Quality attributes of whole-wheat flour tortillas with sprouted whole-wheat flour substitution. *LWT Food Science and Technology*, 77, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.017
- Luna-Vital, D., Li, Q., West, L., West, M., & Gonzalez de Mejia, E. (2017). Anthocyanin condensed forms do not affect color or chemical stability of purple corn pericarp extracts stored under different pHs. *Food Chemistry*, 232, 639–647. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2017.03.169
- Márquez, A. C., & Vidal, R. L. Q. (2011). Improvements in the Shelf Life of Commercial Corn Dry Masa Flour (CMF) by Reducing Lipid Oxidation. *Journal of Food Science*, 76(2),

- C236-C241. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01983.x
- Mogra, R., & Choudhry, M. (2014). Development and quality evaluation of value added instant rab mixes. *Journal of Food Science and Technology*, 51(6), 1140–1146. https://doi.org/10.1007/s13197-012-0615-1
- Mondal, S., Tilley, M., Alviola, J. N., Waniska, R. D., Bean, S. R., Glover, K. D., & Hays, D.
  B. (2008). Use of Near-Isogenic Wheat Lines to Determine the Glutenin Composition and Functionality Requirements for Flour Tortillas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(1), 179–184. https://doi.org/10.1021/jf071831s
- Moroni, A. V., Dal Bello, F., & Arendt, E. K. (2009). Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel issue? *Food Microbiology*, 26(7), 676–684. https://doi.org/10.1016/J.FM.2009.07.001
- Okeke, C. A., Ezekiel, C. N., Nwangburuka, C. C., Sulyok, M., Ezeamagu, C. O., Adeleke, R. A., Dike, S. K., & Krska, R. (2015). Bacterial Diversity and Mycotoxin Reduction During Maize Fermentation (Steeping) for Ogi Production. *Frontiers in Microbiology*, 6, 1402. https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01402
- Oteiza, J. M., Giannuzzi, L., & Lupano, C. E. (2003). Modeling of microbial growth in refrigerated doughs for "empanadas" with potassium sorbate and whey protein concentrate. *Journal of Food Processing and Preservation*, 27(4), 253–270. https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2003.tb00516.x
- Phillips, R., Pike, O. A., Eggett, D. L., & Dunn, M. L. (2017). Folate Stability in Folic Acid Enriched Corn Masa Flour, Tortillas, and Tortilla Chips over the Expected Shelf Life. 

  \*Cereal Chemistry Journal\*, 94(6), CCHEM-02-17-003. 

  https://doi.org/10.1094/CCHEM-02-17-0037-R
- Pichuante, C. (2016). Visualización de grafos de co-autoría y de conocimiento basado en publicaciones científicas, implentada en VOSviewer [Pontificia Universidad Católica de Chile]. https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/21357/Trabajo de tesis Charlotte Pichuante E. 15.12.2016.pdf?sequence=1

- Pritchard, A. (1969). Statistical Bibliography or Bibliometrics? *Journal of Documentation* 25, 4, 348.
- Rosentrater, K. A. (2006). A review of corn masa processing residues: Generation, properties, and potential utilization. *Waste Management*, 26(3), 284–292. https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2005.03.010
- Sabanis, D., Lebesi, D., & Tzia, C. (2009). Development of fibre-enriched gluten-free bread: a response surface methodology study. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(sup4), 174–190. https://doi.org/10.1080/09637480902721196
- Sabanis, D., & Tzia, C. (2011). Selected Structural Characteristics of HPMC-Containing Gluten Free Bread: A Response Surface Methodology Study for Optimizing Quality.

  \*International Journal of Food Properties, 14(2), 417–431. https://doi.org/10.1080/10942910903221604
- Sánchez, M. Á., Neder, D. suarez, Quintero, A. R., Ruiz, M. G. G., Meléndez, C. O. P., Piñón, H. A. C., Galicia, T. G., & Ramírez, B. W. (2015). Physicochemical properties of frozen tortillas from nixtamalized maize flours enriched with β-glucans. Food Science and Technology (Campinas), 35(3), 552–560. https://doi.org/10.1590/1678-457X.6715
- Sanguinetti, A. M., Del Caro, A., Scanu, A., Fadda, C., Milella, G., Catzeddu, P., & Piga, A. (2016). Extending the shelf life of gluten-free fresh filled pasta by modified atmosphere packaging. *LWT Food Science and Technology*, 71, 96–101. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2016.03.010
- Sanguinetti, A. M., Secchi, N., Del Caro, A., Fadda, C., Fenu, P. A. M., Catzeddu, P., & Piga, A. (2015). Gluten-free fresh filled pasta: The effects of xanthan and guar gum on changes in quality parameters after pasteurisation and during storage. *LWT Food Science and Technology*, 64(2), 678–684. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2015.06.046
- Santana, J. G., Pérez, E. C., Velázquez, H. H. R., Cisneros, L. Z., & Jacobo, D. A. V. (2016).

  Application of wounding stress to produce a nutraceutical-rich carrot powder

- ingredient and its incorporation to nixtamalized corn flour tortillas. *Journal of Functional Foods*, 27, 655–666. https://doi.org/10.1016/J.JFF.2016.10.020
- Seetharaman, K., Chinnapha, N., Waniska, D., & White, P. (2002). Changes in Textural, Pasting and Thermal Properties of Wheat Buns and Tortillas During Storage. *Journal of Cereal Science*, *35*(2), 215–223. https://doi.org/10.1006/JCRS.2001.0428
- Sharif, H. R., Abbas, S., Majeed, H., Safdar, W., Shamoon, M., Khan, M. A., Shoaib, M., Raza, H., & Haider, J. (2017). Formulation, characterization and antimicrobial properties of black cumin essential oil nanoemulsions stabilized by OSA starch. *Journal of Food Science and Technology*, 54(10), 3358–3365. https://doi.org/10.1007/s13197-017-2800-8
- Shobha, D., kumar, H. V. D., Sreeramasetty, T. A., Puttaramanaik, Gowda, K. T. P., & Shivakumar, G. B. (2014). Storage influence on the functional, sensory and keeping quality of quality protein maize flour. *Journal of Food Science and Technology*, *51*(11), 3154–3162. https://doi.org/10.1007/s13197-012-0788-7
- Singh, B. P., Jha, A., Sharma, N., & Rasane, P. (2013). Optimization of a Process and Development of a Shelf Life Prediction Model for Instant Multigrain Dalia Mix. *Journal of Food Process Engineering*, 36(6), 811–823. https://doi.org/10.1111/jfpe.12050
- Temba, M. C., Njobeh, P. B., & Kayitesi, E. (2017). Storage stability of maize-groundnut composite flours and an assessment of aflatoxin B1and ochratoxin A contamination in flours and porridges. *Food Control*, 71, 178–186. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.06.033
- Ugoji, E. O., Laing, M. D., & Hunter, C. H. (2006). An investigation of the shelf-life (storage) of Bacillus isolates on seeds. *South African Journal of Botany*, 72(1), 28–33. https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2005.04.001
- Valderrama, C. B., Domínguez, F. P., Hernández, C. A., Flores, N. S., Villagran, P. O., Pérez,C. R., Sánchez, G. H., & Oaxaca, A. L. (2017). Effect of Nixtamalized Maize with

- Lime Water (Nejayote) on Rheological and Microbiological Properties of Masa. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1), e12748. https://doi.org/10.1111/jfpp.12748
- Vidal, R.-L., Love, M. H., Love, J. A., White, P. J., & Johnson, L. A. (2003). Lipid-autoxidation-limited shelf-life of nixtamalized instant corn masa. *Journal of Food Lipids*, 10(2), 153–163. https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.2003.tb00012.x
- Vijay, K. R., & Raghavan, I. (2007). Journal of Food Science and Technology: A bibliometric study. *Annals of Library & Information Studies*, *54*(4), 6–6.
- Web of Science Group. (n.d.). *Web of Science Grupo de Web of Science*. Retrieved November 29, 2019, from https://clarivate.com/webofsciencegroup/solutions/web-of-science/
- Yue, F.-L., Guo, X.-N., & Zhu, K.-X. (2017a). Impact of Characteristics of Different Wheat Flours on the Quality of Frozen Cooked Noodles. *Cereal Chemistry Journal*, 94(5), 881–886. https://doi.org/10.1094/CCHEM-04-17-0082-R
- Yue, F.-L., Guo, X.-N., & Zhu, K.-X. (2017b). Impact of Characteristics of Different Wheat Flours on the Quality of Frozen Cooked Noodles. *Cereal Chemistry Journal*, 94(5), 881–886. https://doi.org/10.1094/CCHEM-04-17-0082-R
- Zannini, E., Pontonio, E., Waters, D. M., & Arendt, E. K. (2012). Applications of microbial fermentations for production of gluten-free products and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *93*(2), 473–485. https://doi.org/10.1007/s00253-011-3707-3
- Zheng, A., Zhang, B., Zhou, L., & Wang, S. (2016). Application of radio frequency pasteurization to corn (Zea mays L.): Heating uniformity improvement and quality stability evaluation. *Journal of Stored Products Research*, 68, 63–72. https://doi.org/10.1016/J.JSPR.2016.04.007
- Zhou, C.-F., Qian, P., Meng, J., Gao, S.-M., & Lu, R.-R. (2016). Effect of Glycerol and Sorbitol on the Properties of Dough and White Bread. *Cereal Chemistry Journal*, *93*(2), 196–200. https://doi.org/10.1094/CCHEM-04-15-0087-R