



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

---

---

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Área Académica de Química

Propiedades fisicoquímicas y calidad microbiológica de diferentes variedades de empanadas y pastes elaborados por una empresa hidalguense

**T E S I S**

Que para obtener el título de Licenciado de Química en Alimentos

**P R E S E N T A**

**Luis Ángel Gamero Muñoz**

Directoras:

Dra. Elizabeth Contreras López

Dra. Judith Jaimez Ordaz

Mineral de la Reforma, Hidalgo 2018



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**  
**Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería**  
*Institute of Basic Sciences and Engineering*  
**Dirección**  
 Dean

Mineral de la Reforma, Hgo., a 25 de abril de 2018

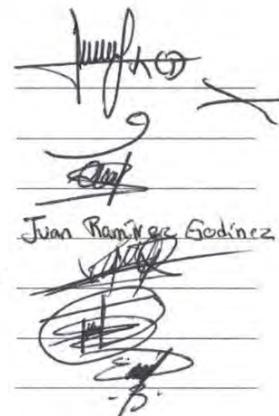
Número de control: ICBI-D/353/2018  
 Asunto: Autorización de impresión.

**M. EN C. JULIO CÉSAR LEINES MEDÉCIGO**  
 DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR

Por este medio le comunico que el Jurado asignado al Pasante de Licenciatura en Química en Alimentos **Luis Ángel Gamero Muñoz**, quien presenta el trabajo de titulación **“Propiedades fisicoquímicas y calidad microbiológica de diferentes variedades de empanadas y pastes elaborados por una empresa hidalguense”** después de revisar el trabajo en reunión de Sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación firman de conformidad los integrantes del Jurado:

- PRESIDENTE: Dra. Judith Jaimez Ordaz
- PRIMER VOCAL: Dra. Elizabeth Contreras López
- SEGUNDO VOCAL: Dra. Araceli Castañeda Ovando
- TERCER VOCAL: Dr. Juan Ramírez Godínez
- SECRETARIO: Q. A. Juan Francisco Gutiérrez Rodríguez
- PRIMER SUPLENTE: Dra. Fabiola Araceli Guzmán Ortiz
- SEGUNDO SUPLENTE: M. en C. Emmanuel Pérez Escalante



Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

Atentamente  
 “Amor, Orden y Progreso”

*[Signature]*  
 Dr. Oscar Rodolfo Suárez Castillo  
 Director del ICBI



ORSC/SEPC

Ciudad del Conocimiento  
 Carretera Pachuca - Tulancingo km. 4.5  
 Colonia Carboneras  
 Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184  
 Tel. +52 771 7172000 exts 2231, Fax 2109  
 direccion\_icbi@uaeh.edu.mx



[www.uaeh.edu.mx](http://www.uaeh.edu.mx)

Este trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Físicoquímica de Alimentos II, ubicado en el Área Académica de Química de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.



## **AGRADECIMIENTOS**

- *Le agradezco a mi madre Leticia Muñoz Rodríguez por confiar en mis capacidades, por ser mi inspiración, mi más grande apoyo y por ser el mejor ser humano que conocí, conozco y conoceré ¡gracias mamá!*
- *Le agradezco a mi padre Alberto Gamero Palafox por proporcionarme los recursos económicos durante toda mi formación académica, el ejemplo y los elementos necesarios para desenvolverme no solo en un ambiente escolar o laboral sino en lo que considero más importante, ¡la vida!*
- *Le doy gracias al museo del paste ubicado en Mineral del Monte, Hidalgo por permitirme documentarme y obtener información de su biblioteca, siempre con la mejor actitud e interés hacia mi proyecto. Les recomiendo visitarlo para conocer más detalles sobre la maravillosa historia del paste.*
- *A la Dra. Elizabeth Contreras López por confiar en proyectos que no pertenecen a su línea de investigación y por brindarme su excelente calidad como ser humano.*
- *A la Dra. Araceli Castañeda Ovando por despejar mis dudas siempre de la mejor manera y por sus llamadas de atención, ya que ambas cosas me inspiraron para ser un mejor profesional.*
- *A los académicos de la UAEH que me regalaron, prestaron o facilitaron material y reactivos o que de alguna forma contribuyeron en mi proyecto.*
- *A los amigos que contribuyeron de forma directa en mi carácter y en mi mejora como persona y a los que me auxiliaron en la parte experimental de mi proyecto.*
- *A mis detractores y a toda la gente que me tiene mala fe, ya que gracias a ellos saco lo mejor de mí.*

## LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

°C= grado Celsius

%= por ciento

AOAC= Association of Official Analytical Chemists

$a_w$ = actividad de agua

COPRISEH= Comisión para la Protección contra Riesgos Sanitarios del Estado de Hidalgo

DO= Denominación de Origen

EPA= Environmental Protection Agency

g= gramo

h=hora

ICP= Inductively Coupled Plasma

IDR= Ingestión Diaria Recomendada

IICA=Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

kcal= Kilocaloría

kJ= Kilojoule

L= litro

m=molalidad

MAG=Ministerio de Agricultura y Ganadería

mg= miligramo

min=minuto

mL=mililitro

NMX= Norma Mexicana

NOM= Norma Oficial Mexicana

OMS=Organización Mundial de la Salud

pH= potencial de hidrógeno

$pK_a$ = logaritmo negativo de la constante de disociación ácida

psi= libra de fuerza por pulgada cuadrada

RAE= Real Academia Española

RVBA= Agar bilis rojo-violeta

s=segundo

UFC= Unidad Formadora de Colonias

## ÍNDICE GENERAL

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	2
2.1	Definición de paste y empanada.....	2
2.2	Diferencias entre paste y empanada .....	2
2.3	Características y anatomía del paste hidalguense y la empanada.....	4
2.4	Referencias en la gastronomía internacional que dieron origen al paste y la empanada .....	7
2.5	Historia del paste y la empanada en Real del Monte .....	8
2.6	Proceso de producción de pastes y empanadas.....	10
2.7	Productos similares .....	12
<b>3</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	12
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	13
4.1	Objetivo general .....	13
4.2	Objetivos específicos.....	13
<b>5</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	14
5.1	Análisis fisicoquímico.....	14
5.1.1	Muestras.....	14
5.1.2	Análisis proximal.....	15
5.1.3	Determinación de Na por ICP .....	19
5.1.4	Determinación de pH .....	20
5.1.5	Determinación de $a_w$ .....	20
5.2	Análisis de la calidad microbiológica.....	20
5.2.1	Muestras.....	20
5.2.2	Metodologías empleadas para el análisis microbiológico.....	21

<b>6</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	22
6.1	Análisis fisicoquímico	22
6.1.1	Análisis proximal	22
6.1.2	Determinación de Na por ICP	24
6.1.3	Etiquetado nutrimental de pastes y empanadas	26
6.1.4	Determinación de pH	33
6.1.5	Determinación de la actividad de agua	35
6.1.6	Propuesta de conservador	37
6.2	Análisis microbiológico	39
6.2.1	Mesófilos aerobios	39
6.2.2	Mohos y levaduras	43
6.2.3	Coliformes totales	45
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	49
<b>8</b>	<b>PERSPECTIVAS</b>	49
<b>9</b>	<b>REFERENCIAS</b>	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Paste tradicional del estado de Hidalgo. ....	3
<b>Figura 2.</b> Comparación entre paste y empanada.....	4
<b>Figura 3 .</b> Anatomía del paste hidalguense. ....	5
<b>Figura 4.</b> Anatomía de una empanada comercializada en el estado de Hidalgo.....	6
<b>Figura 5.</b> Festival del paste 2017 en Mineral del Monte, Hidalgo.....	8
<b>Figura 6.</b> El trenzado del paste. ....	9
<b>Figura 7.</b> Diversificación de ingredientes en pastes y empanadas. ....	9
<b>Figura 8.</b> Proceso simplificado de la elaboración de un paste/empanada. ....	11
<b>Figura 9.</b> Muestras de estudio para el análisis fisicoquímico. ....	14
<b>Figura 10.</b> Propuesta de etiquetado para un paste de papa con carne .....	31
<b>Figura 11.</b> Referencia completa de etiquetado nutrimental.....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Condiciones de trabajo para el análisis microbiológico. ....	22
<b>Tabla 2.</b> Análisis proximal de pastes y empanadas bajo estudio. ....	23
<b>Tabla 3.</b> Resultados del análisis de sodio en pastes y empanadas bajo estudio. ....	25
<b>Tabla 4.</b> Contenido energético por porción de pastes y empanadas.....	28
<b>Tabla 5.</b> Resultados de la determinación de pH en pastes y empanadas bajo estudio. ....	33
<b>Tabla 6.</b> Valores límites y óptimos de pH para el crecimiento de los distintos tipos de microorganismos presentes en los alimentos. ....	35
<b>Tabla 7.</b> Resultados de la determinación de $a_w$ en los pastes y empanadas bajo estudio. ....	36
<b>Tabla 8.</b> Valores óptimos de $a_w$ para el crecimiento de los distintos tipos de microorganismos presentes en los alimentos. ....	37
<b>Tabla 9.</b> Porcentaje de ácido sin disociar de algunos conservadores en función del pH. ....	38
<b>Tabla 10.</b> Límites máximos propuestos para la calidad microbiológica de pastes y empanadas. ....	39
<b>Tabla 11.</b> Recuento de microorganismos mesófilos aerobios en los pastes y empanadas bajo estudio. ....	40
<b>Tabla 12.</b> Recuento de mohos y levaduras en los pastes y empanadas bajo estudio.....	44
<b>Tabla 13.</b> Recuento de coliformes totales en los pastes y empanadas bajo estudio. ....	47

## 1 INTRODUCCIÓN

El paste fue introducido a Hidalgo por los ingenieros y los contratistas de Cornwall, Inglaterra en el siglo XIX quienes llegaron a este estado en busca de plata. El arribo de los ingleses, no solo influyó la arquitectura y las costumbres, sino también la gastronomía, ejemplo de ello es el paste (del inglés *pasty*) que fue introducido por los ingleses que trabajaban en las minas. Éste era un alimento que servía para satisfacer el hambre de los mineros, quienes trabajaban durante largas jornadas.

Con los años, la receta original ha sufrido modificaciones y adaptaciones asemejándose en algunos casos a las conocidas empanadas. Se añadieron ingredientes como el chile y se cambiaron algunos otros, incluso la tradicional pasta inglesa se sustituye en algunos lugares por pasta de hojaldre.

Actualmente, los pastes y las empanadas son productos que forman parte de la gastronomía y el atractivo turístico del estado de Hidalgo, su historia y panorama actual envuelven un contexto cultural complejo que ha incentivado la creación de diversos festivales y un museo para darles difusión. En los últimos años, su producción representa una fuente de empleo para los habitantes y emprendedores de la región. Ésta situación, aunada a la expansión de su mercado hacia otros estados, ha hecho que las empresas empiecen a cumplir con la legislación vigente en pro de garantizar la inocuidad y calidad del producto en toda la cadena de producción.

Por lo que en esta investigación se pretende estudiar las características fisicoquímicas y la calidad microbiológica de los productos elaborados por una empresa hidalguense dedicada a la producción de pastes y empanadas, con la finalidad de dar cumplimiento a los requisitos sanitarios y de etiquetado de este tipo de alimentos horneados, ampliando así su mercado.

## **2 MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Definición de paste y empanada**

El término paste es conocido en la región centro del país, específicamente en el estado de Hidalgo en donde fue introducido por trabajadores ingleses. Sin embargo, en el resto de México se confunde con la empanada. A continuación, se definen ambos términos, los cuáles dan la pauta a las diferencias existentes entre ellos.

Una empanada es definida por la RAE (2014) como una masa de pan rellena de carne, pescado, verdura, etc. cocida en el horno.

El paste, por otra parte es un producto horneado con un repliegue en forma de trenza en un costado, que se elabora con pasta de trigo y se le introduce un relleno de distintos ingredientes (Museo del paste, 2006; Sánchez y Filardo, 2016).

Como se detalla en las definiciones anteriores, ambos productos comparten el hecho de contar con un relleno variado, estar elaborados de masa, y ser sometidos a un horneado, esto ha causado confusión entre los consumidores a la hora de emplear los términos correspondientes. Sin embargo, y aunque se podría debatir, existen algunos rasgos característicos que les dan identidad y permiten su identificación.

### **2.2 Diferencias entre paste y empanada**

En la gastronomía popular, muchos productos presentan sus respectivos análogos, estos cumplen con características que simulan las propiedades del producto original, es decir, son productos de imitación. El paste hidalguense cuenta con un producto análogo conocido como “empanada” que se diferencia de acuerdo a los habitantes de Cornwall (creadores originales) en la cocción de sus ingredientes y en la naturaleza de su relleno.

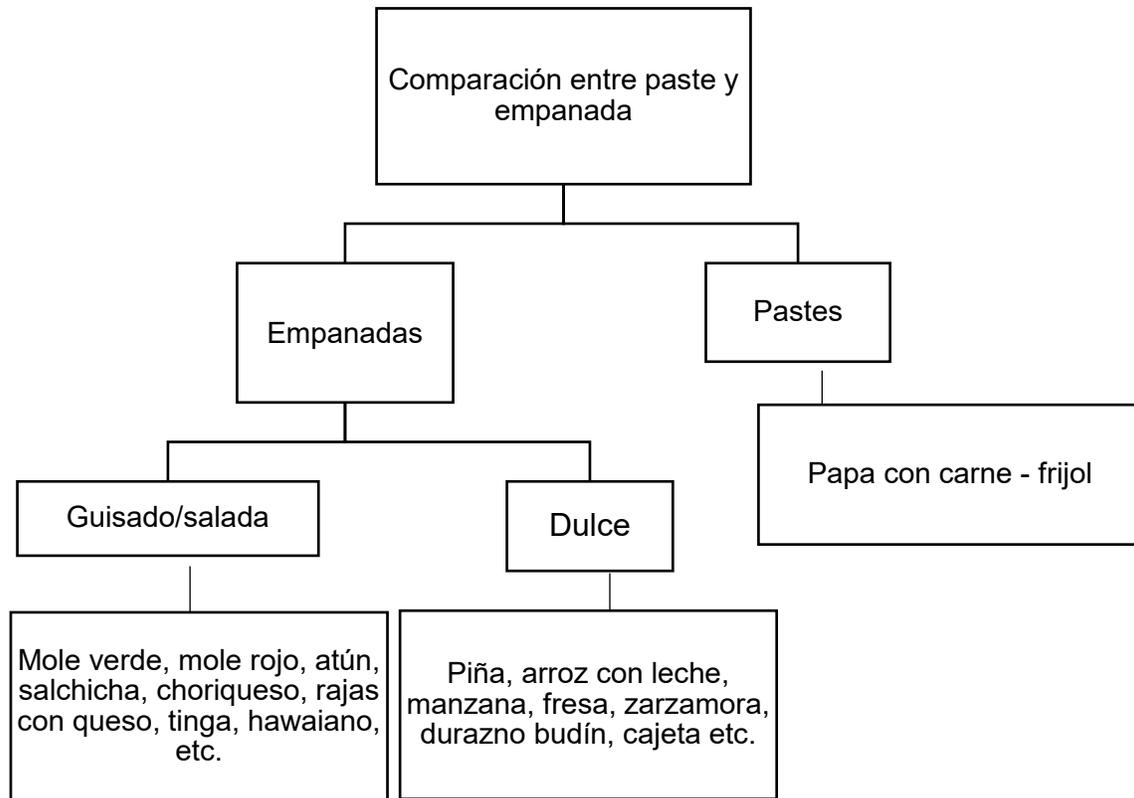
En el caso del paste, sus ingredientes deben estar crudos al momento de ser envueltos en la masa de la pasta y deben ser cubos de papa, cebolla, poro y carne picada, sazonados con sal, pimienta; si se habla del relleno tradicional, debido a que, fue el que se introdujo originalmente (Figura 1). Por su parte, la empanada cuenta con un relleno que se ha cocinado antes del horneado y posee ingredientes que van desde lo dulce (arroz con leche, piña etc.) hasta lo salado. Por lo mencionado anteriormente, variedades derivadas de la gastronomía local como el mole y tinga (por mencionar algunos sabores) son descritos mejor bajo el término de empanada (Merrick, 1995; McClure, 2005; Museo del paste, 2006; Sánchez y Filardo, 2016).



**Figura 1.** Paste tradicional del estado de Hidalgo.

Las diferencias expuestas anteriormente aunque ciertas desde el punto de vista inglés, no reflejan del todo a los usos y costumbres del estado de Hidalgo, pues la palabra “empanada” que debería incluir a la gran mayoría de rellenos de guisado, se usa generalmente para describir rellenos dulces usualmente elaborados con pasta de hojaldre. La palabra “paste” por su parte, se usa para describir rellenos tradicionales como los de papa con carne, frijol u otros rellenos de guisados. El paste de frijol curiosamente no forma parte de la receta inglesa pero se volvió un icono de la región por la importancia que esta materia prima tiene en el estado y en el país.

También es importante mencionar que actualmente el relleno del paste tradicional se elabora utilizando ingredientes precocidos y/o cocidos lo cual hace más práctica su producción y reafirma que como tal no representa una copia idéntica del “*cornish pasty*”, sino más bien una adaptación a los platillos e ingredientes locales. La Figura 2 presenta la clasificación de ambos productos en función del tipo relleno y el contexto histórico, sin embargo el nombre brindado (paste o empanada), dependerá directamente del lugar donde se expiden (pastería) y del consumidor del producto.



**Figura 2.** Comparación entre paste y empanada.

Existen otros elementos que también ayudan a descifrar las diferencias existentes entre el paste hidalguense y la empanada, su morfología es uno de estos, ya que juega un papel muy importante en la identidad y calidad del producto terminado.

### 2.3 Características y anatomía del paste hidalguense y la empanada

Basándose en la descripción dada para el "*Cornish pasty*" por Galsworthy, Williams, Rifaat y Rivas (2013); Clarkson (2014); Lim (2014) y Gray (2014) el paste hidalguense debe contar con los siguientes atributos:

1. El producto debe tener apariencia de "D", con una orilla o repliegue en un costado formando una trenza; existen algunas variaciones en Hidalgo en las cuales la ubicación de la trenza es cambiada al centro (generalmente en el paste de frijol), sin embargo la primera descripción es la más cercana a la fuente original ("*Cornish pasty*" inglés).

2. El relleno, si se habla de forma tradicional, debe ser de papa con carne. Es importante aclarar que en Hidalgo, al igual que en Inglaterra, existen otros rellenos que son diferentes al citado anteriormente como el de frijol o pescado y huevo en el caso de Inglaterra, sin embargo, en el de papa con carne, recae la herencia de un producto que cuenta con denominación de origen.
3. La masa de trigo que envuelve al alimento debe estar barnizada para conferirle una coloración dorada característica y debe ser lo suficientemente robusta y resistente para mantener su forma tanto en el horneado como en la degustación sin romperse o agrietarse. Existen algunas variaciones que utilizan masa de hojaldre, no obstante, esto también se aleja de la receta original.

Los atributos anteriores se pueden apreciar en la Figura 3 en donde se detalla la apariencia general de un paste hidalguense tradicional.

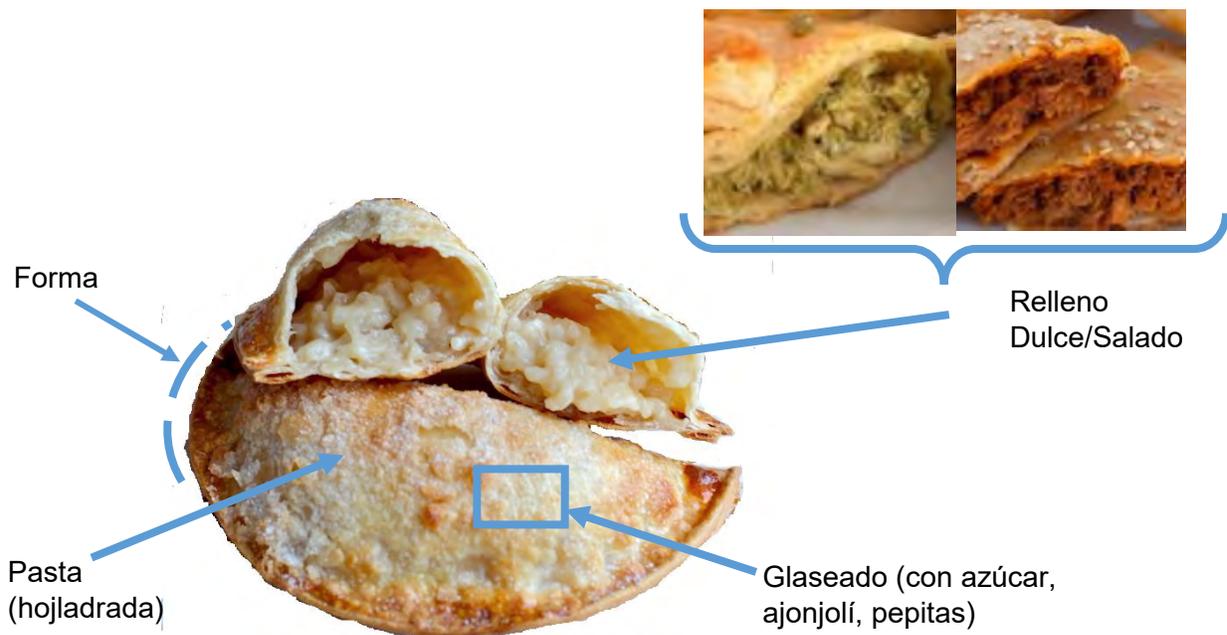


**Figura 3 . Anatomía del paste hidalguense.**

Por su parte, las empanadas comercializadas en el estado de Hidalgo cuentan con los siguientes rasgos:

1. La empanada, al igual que el paste hidalguense, tiene una apariencia en forma de "D". Sin embargo, carece de repliegues en sus costados, o al menos no en forma de trenza (Figura 4).

2. El relleno cuenta con libertad gastronómica de acuerdo al sabor deseado, se centra en los sabores dulces como el de arroz con leche, cajeta, zarzamora, piña etc. Sin embargo, dependiendo de la interpretación histórica que se le dé puede abarcar rellenos de guisado, tales como mole rojo, tinga de pollo, salchicha, entre otras adaptaciones de ingredientes.
3. La masa que envuelve al relleno está barnizada, y generalmente se elabora al estilo hojaldrado (aunque puede utilizar de base la masa del paste), su superficie generalmente se espolvorea con azúcar, para el caso de los rellenos dulces o con ajonjolí o pepitas para los guisados de mole rojo y verde, respectivamente.



**Figura 4.** Anatomía de una empanada comercializada en el estado de Hidalgo.

Las características y diferencias que se desarrollaron entre estos productos están en gran medida relacionadas con la historia del paste, ya que ésta marcó la pauta para la diversificación de ingredientes y sabores que dieron origen a las variaciones de empanadas que se comercializan en el estado de Hidalgo.

## **2.4 Referencias en la gastronomía internacional que dieron origen al paste y la empanada**

Aunque la idea de introducir un relleno a una masa de pan tiene un origen más antiguo que el que se citará a continuación, el paste y las empanadas al estilo hidalguense se basan o tienen gran influencia del “*Cornish pasty*”, un alimento inglés que evolucionó con el paso del tiempo, adaptándose a los ingredientes, procesos y cultura local en países como México, Chile, Estados Unidos, Canadá, Australia, Argentina y Sudáfrica. Se tiene registro de su existencia desde el siglo XIII, pero no fue hasta el siglo XVIII que este alimento se volvió un ícono por la clase obrera en condados como el de Cornwall (Inglaterra) debido a la utilización de ingredientes económicamente accesibles (Galsworthy et al., 2013).

Cornwall es un condado de gran tradición minera en Europa ubicado en el extremo suroccidental de Inglaterra, se le considera uno de los pilares más importantes en la gastronomía del estado de Hidalgo. La relación que estableció con México se debió principalmente a la migración de sus habitantes (la mayoría mineros) a causa del agotamiento de las reservas de estaño en su territorio (su principal actividad económica en esa época) llevando con ellos la receta del “*Cornish pasty*”.

Esta receta cuenta con más de 200 años y ha sido transmitida de forma oral con mínimas variaciones, como resultado, posee una denominación de origen (DO) en Reino Unido y un Record Guinness por el “*pasty*” más grande del mundo. Es importante resaltar que, a pesar de utilizar otros ingredientes en la elaboración del relleno, la tradición y protección del nombre hace referencia a una sola variedad. La influencia que este alimento y los habitantes de Cornwall ejercieron en el mundo es tal que en Hidalgo, México se realiza un festival anual para conmemorar su historia y tradición (Figura 5). Un caso similar ocurre en el estado de Michigan (Estados Unidos) en donde se declaró el 24 de mayo como “Michigan Pasty Day”. Es importante conocer el desarrollo que tuvo el paste junto a la minería en el estado de Hidalgo, ya que éste influyó su diversificación en los productos conocidos como empanadas (Museo del paste, 2006).



**Figura 5.** Festival del paste 2017 en Mineral del Monte, Hidalgo.

## **2.5 Historia del paste y la empanada en Real del Monte**

La historia del paste y las empanadas en México está estrechamente relacionada con la minería e influencia inglesa en el estado de Hidalgo, ésta se dio justo después de la independencia de México (1810-1821), pues el conflicto paralizó la actividad minera y causó el abandono y deterioro de decenas de minas en el país. Para reactivar esta actividad el dueño del consorcio minero más importante de la Nueva España (como todavía se le conocía a México) “El tercer Conde de Regla” (Pedro José María Ignacio Antonio Pascual Ramón Manuel Santos Romero de Terreros), requirió de la inversión extranjera de países como Inglaterra, que para el año de 1824, ya había alquilado algunas minas con un personal procedente de Camborne, Redruth y Gwennap (Canudas, s.f.). Este acontecimiento marcó la pauta para que en los años siguientes y a pesar de la falta de infraestructura en el país, comenzaran a llegar más y más flotillas de trabajo con mineros y toneladas de equipo inglés a las minas del distrito minero de lo ahora conocido como Pachuca-Real del Monte, la mayoría procedentes de Cornwall, Norfolk y Birmingham (Menes, 1987).

Los nuevos habitantes de Real del Monte (como ahora se le conoce) se asentaron en los barrios aledaños a las minas, en donde en poco tiempo, y a pesar de que en un principio mantuvieron sus costumbres y tradiciones intactas, establecieron fuertes vínculos con la población local (mestizos, náhuatl, otomíes y guanajua) permitiendo el intercambio cultural y social. Es por esta razón que, la presencia inglesa entre 1824 y 1849 se describe en la historia hidalguense como una etapa de adopción y fusión de costumbres y elementos culturales.

La gastronomía como parte de la cultura inglesa, en especial la de los mineros de Cornwall, no se quedó atrás, pues introdujeron su alimento típico (“*Cornish pasty*”) a suelo mexicano. Este alimento tenía la particularidad de que su forma y tamaño (más grande que el actual) lo hacía fácil de transportar al trabajo como en el caso de los mineros, su estructura aislaba el relleno, protegiéndolo en el entorno laboral. Se tiene la idea de que los mineros tomaban estos productos por sus bordes para evitar ser envenenados por el arsénico que se podía encontrar en sus manos y posteriormente los retiraban y tiraban lejos (Figura 6).



**Figura 6.** El trenzado del paste.

La receta se fue transformando al paso del tiempo pues los mineros empezaron a aceptar la inclusión y combinación de ingredientes propios de la región lo que le dio un sello e identidad al ahora llamado “paste hidalguense” y, en algunos casos, dependiendo del relleno utilizado y el trenzado, a las conocidas empanadas. La adaptación se produjo entonces gracias a la riqueza y variedad de la gastronomía mexicana, la cual a su vez también se vio influenciada por la cocina española y la cocina de las culturas cercanas al estado de Hidalgo. Los elementos que se incorporaron (Figura 7) se traducen en ingredientes como el perejil, frijoles refritos, rajas, mole, atún, queso, pollo, e inclusive pulque, que le dieron identidad y carácter mexicano al producto (Museo del paste, 2006).



**Figura 7.** Diversificación de ingredientes en pastes y empanadas.

Estos bocadillos poco a poco se volvieron de los favoritos, arraigándose fuertemente entre los técnicos, mineros ingleses y en la población de Real del Monte. Con el paso de los años, la fusión culinaria presente en estos productos resultó no ser sólo un éxito en la población local, lo que propició su comercialización en sitios públicos cercanos al lugar por algunas familias de Real del Monte. La receta pasó de mano en mano con sus respectivas modificaciones, como la inclusión de masa hojaldrada, causando su venta de forma ambulante en canastas de palma o mimbre tanto en Real del Monte como en municipios aledaños. Esto propició que en poco tiempo se empezaran a abrir locales dedicados exclusivamente a su venta hasta llegar a ser lo que hoy se conoce como pasterías; actualmente existen más de seis franquicias de renombre que tienen varias sucursales en su poder. Por estas razones y sin dejar de lado el ambulante, a estos alimentos se le puede encontrar con facilidad en cafeterías, escuelas (desde nivel básico hasta superior), restaurantes y en las ya mencionadas pasterías en municipios como Mineral del Monte (como parte del atractivo turístico), Pachuca de Soto, Mineral de la Reforma, Zempoala y Tizayuca por mencionar algunos y en estados de la República Mexicana como Puebla, México y Querétaro donde también se comercializan en menor medida.

## **2.6 Proceso de producción de pastes y empanadas**

Los pastes y las empanadas se elaboran básicamente en cuatro etapas, la primera consiste en elaborar la masa que envolverá el producto y requiere harina con más proteína que la convencional para obtener una masa resistente y flexible. La segunda etapa consiste en elaborar el relleno con los ingredientes deseados y con las operaciones unitarias que esto implique, dependerá de si se busca realizar un producto tradicional o una variedad popular. La tercer etapa consiste en el cerrado y envoltura del producto, en la masa mediante el trenzado o por la unión de ambos extremos en el caso de las empanadas, que también se acompaña por un barnizado con huevo o la adición de azúcar, pepitas o ajonjolí en algunas variedades. La última etapa consiste en el horneado del producto cuyas condiciones de tiempo y temperatura dependerán del uso de horno de gas, horno eléctrico y horno con ventilador. De acuerdo a Galsworthy et al., (2013) y The Cornish Pasty Association (2016) el proceso de producción de pastes y empanadas, utilizando la masa tradicional sería similar al que se describe en la Figura 8.

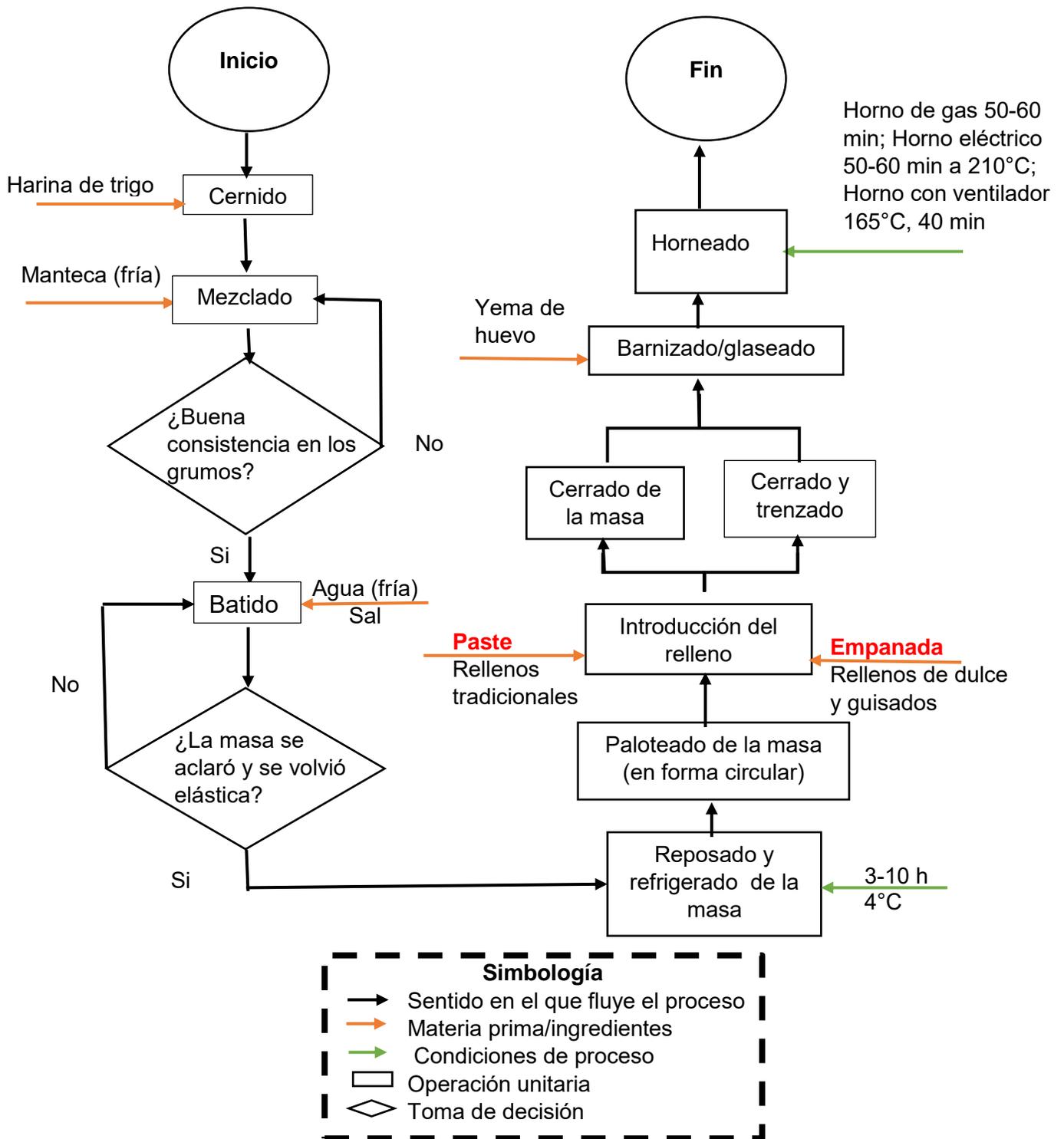


Figura 8. Proceso simplificado de la elaboración de un paste/empanada.

## **2.7 Productos similares**

Merrick (1995) describe productos alrededor del mundo (además del “*Cornish pasty*”) que se asemejan a las empanadas y a los pastes hidalguenses:

- En Argentina se elabora una empanada que contiene un relleno de carne cocida, huevo duro y pasas sultanas.
- En Chile se elabora una empanada conocida como “de pino” la cual contiene carne, huevo duro, aceitunas, entre otros condimentos.
- En Rusia y Polonia, el relleno de verduras y carne o pescado se incluyen en una masa con levadura que se fríe.
- Las áreas mineras de América elaboran varios tipos de empanadas, algunas con zanahoria, carne de cerdo o res y con sabores tan variados como el de apio y ajo.
- En Escocia se elabora el “forfar bridie”, empanada que contiene filete finamente cortado en rodajas con algo de sebo picado y cebolla.
- En Italia se hace el “panzerotti”, una empanada a base de masa de pizza con un relleno de tocino, huevo, tres tipos de queso y una buena cantidad de menta picada.

## **3 JUSTIFICACIÓN**

En los últimos años, las empresas regionales elaboradoras de pastes han mostrado un gran interés en expandirse, esto como resultado de la buena aceptación que sus productos han tenido entre la población. A fin de alcanzar esta meta, es necesario dar cumplimiento a requisitos sanitarios y de etiquetado que demanda la COPRISEH. Por lo que en este trabajo de investigación se pretende contribuir con una empresa local hidalguense en la determinación de la etiqueta nutrimental y del estudio de la calidad fisicoquímica y microbiológica de sus pastes para dar cumplimiento a los lineamientos de calidad solicitados para este tipo de productos.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Caracterizar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de diferentes tipos de empanadas y pastes, a través de técnicas oficiales de análisis, con el fin de determinar su calidad y proponer un etiquetado de acuerdo a la normativa nacional.

### **4.2 Objetivos específicos**

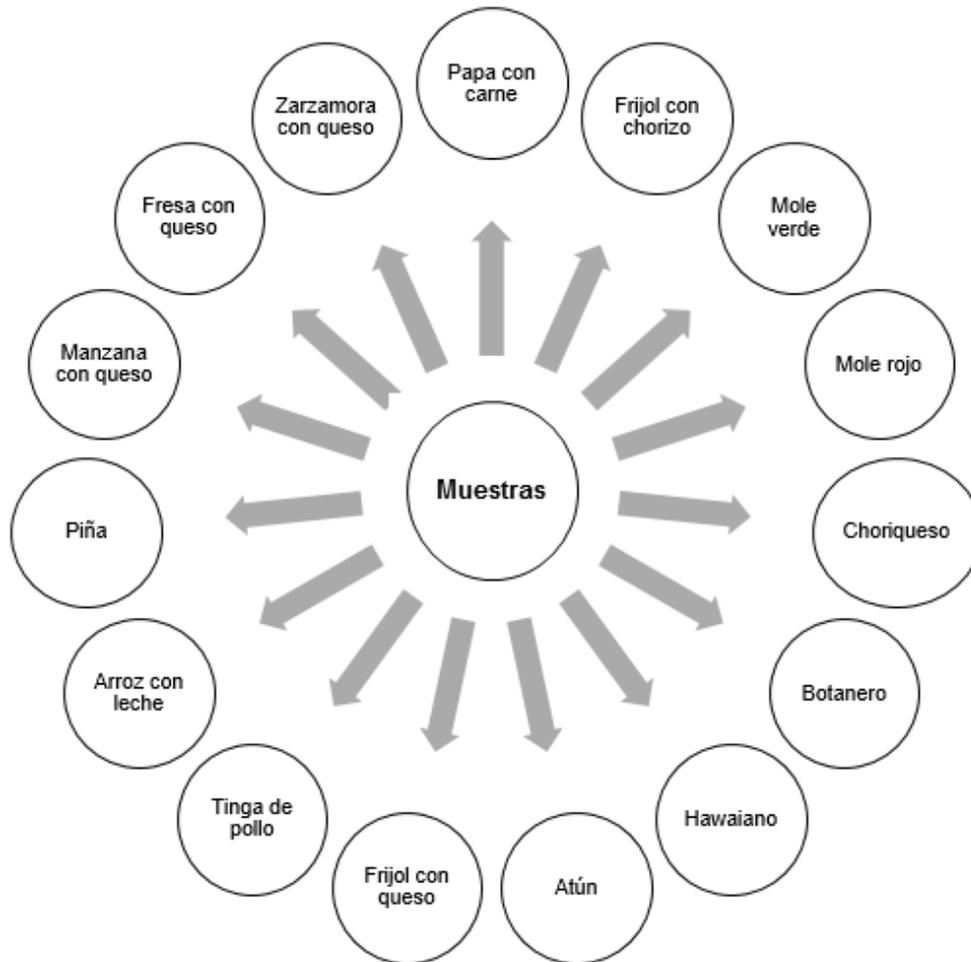
- Determinar la composición proximal y el contenido de sodio de las empanadas y pastes bajo estudio mediante técnicas oficiales de análisis, a fin de conocer su contenido en nutrientes y elaborar una propuesta de etiquetado.
- Analizar algunas propiedades fisicoquímicas de las empanadas y pastes estudiados mediante técnicas analíticas para determinar su estabilidad y proponer un conservador.
- Estudiar la calidad microbiológica de las empanadas y pastes analizados a través del uso de técnicas establecidas en la normativa mexicana a fin de proponer estrategias de conservación del producto.

## 5 METODOLOGÍA

### 5.1 Análisis fisicoquímico

#### 5.1.1 Muestras

Las muestras fueron proporcionadas por una empresa hidalguense ubicada en Mineral de la Reforma, Hidalgo, y dada la confidencialidad del proyecto no se indica el nombre de la misma. Se analizaron 15 pares de muestras de empanadas y pastes (Figura 9), así como los tipos de masa horneada con los que se elaboran (tradicional y hojaldrada). Las muestras fueron trasladadas en bolsas de polietileno (Ziploc®) desde su lugar de elaboración hasta el laboratorio, empezando su análisis desde el día de su recepción. Cuando se requirió, se obtuvieron más muestras por parte de la empresa.



**Figura 9.** Muestras de estudio para el análisis fisicoquímico.

Debido a que las muestras de estudio cuentan con una composición heterogénea, se les homogenizó en un procesador de alimentos, que además de reducir el tamaño de partícula, facilitó su manejo y posterior análisis fisicoquímico (análisis proximal, determinación de  $a_w$  y pH).

### 5.1.2 Análisis proximal

Se utilizó el esquema Weende respaldado por los métodos de la AOAC (2005) que plantea los siguientes métodos:

- Humedad- secado en estufa (método oficial 935.36)
- Minerales- cenizas – incineración en mufla (método oficial 930.22)
- Grasa cruda - método Soxhlet (método oficial 935.38)
- Nitrógeno total (proteína cruda) - método Kjeldahl (método oficial 950.36)
- Fibra cruda - método gravimétrico (método oficial 950.37)
- Extracto libre de nitrógeno/carbohidratos - obtenido por diferencia

#### 5.1.2.1 Determinación de humedad

Para determinar el contenido de humedad se colocaron 10 g de producto en charolas de aluminio a peso constante, estas se transfirieron a una estufa a una temperatura de 60°C durante 6 h hasta lograr el peso constante. El procedimiento se realizó por triplicado y el resultado se calculó con la Ecuación 1. Las muestras sin humedad se conservaron en bolsas de polietileno (Ziploc®) para otras determinaciones (grasa, proteína y sodio).

$$\text{Ec. 1} \quad \% \text{ Humedad} = \frac{P_0 - P_f}{m} \times 100$$

Donde:  $P_0$ = peso de la charola con muestra antes del secado (g);  $P_f$ = Peso de la charola con muestra después del secado (g);  $m$ =Peso de la muestra fresca (g).

\*Se consideró como peso constante en las charolas cuando la variación en su peso fue menor a 0.001 g.

### **5.1.2.2 Determinación de cenizas**

Para cuantificar las cenizas se colocó entre 1 y 2 g de producto en crisoles a peso constante (por triplicado). Este contenido se incineró en una parrilla de calentamiento hasta que terminó el desprendimiento de humo en la muestra. Posteriormente, los crisoles se colocaron en una mufla a una temperatura de 550 °C hasta obtener una coloración homogénea en las cenizas y un peso constante del crisol. El tiempo de calentamiento fue de aproximadamente 6 h y el porcentaje de cenizas se calculó con la Ecuación 2.

$$\text{Ec. 2} \quad \% \text{ Cenizas} = \frac{P_f - P_0}{m} \times 100$$

Donde:  $P_f$ =Peso del crisol con la muestra después de incinerada (g);  $P_0$  = peso del crisol vacío a peso constante (g);  $m$ =Peso de la muestra fresca (g).

### **5.1.2.3 Determinación de grasa cruda por el método Soxhlet**

Para determinar el contenido de grasa se colocaron de 3 a 5 g de muestra libre de humedad (por triplicado) en un cartucho de celulosa en forma rectangular construido de papel filtro. Posteriormente, se montó un sistema Soxhlet conectado a un equipo que recirculó agua fría a 4 °C. El sistema incluyó un matraz balón de 250 mL previamente puesto a peso constante donde se adicionaron 150 mL de éter de petróleo. En la parte superior donde se encuentra el compartimiento de extracción del sistema, se colocaron los cartuchos con las muestras. A continuación, se realizó un calentamiento moderado, hasta la extracción total de la grasa (aproximadamente 4 horas).

Una vez completa la extracción, la mayor parte del solvente se recuperó con un rotavapor, el resto se eliminó colocando el matraz en una estufa a 60°C hasta peso constante. La manipulación de los matraces en todo el procedimiento se llevó a cabo con guantes para prevenir alteraciones por la grasa corporal. El porcentaje de grasa en base seca se calculó con la Ecuación 3 y se corrigió en base húmeda con la Ecuación 4.

$$\text{Ec. 3} \quad \% \text{ Grasa} = \frac{P_f - P_0}{m} \times 100$$

Donde:  $P_f$  = Peso del matraz con grasa (g);  $P_0$  = peso del matraz vacío a peso constante (g);  
 $m$  = Peso de la muestra sin humedad (g).

$$\text{Ec. 4} \quad \% \text{ Grasa corregida} = A \times \left[ \frac{100 - B}{100} \right]$$

Donde: A = Contenido de grasa en base seca (%); B = Contenido de humedad (%).

#### 5.1.2.4 Determinación de proteína cruda (método Kjeldahl)

Esta determinación se llevó a cabo en tres etapas, las cuales se detallan a continuación:

##### Digestión

Para realizar la digestión se colocaron (por triplicado), 70 mg de muestra desgrasada, 0.5 g de  $K_2SO_4$  y 3 mL de mezcla digestiva en el interior de tubos de digestión Kjeldahl. Estos tubos se colocaron en un digestor a  $370^\circ C$  por 15 min, pasado este tiempo se les dejó enfriar a temperatura ambiente y se les adicionaron 1.5 mL de  $H_2O_2$  al 30%. Tras la adición de  $H_2O_2$  se reanudó el calentamiento a  $370^\circ C$ , hasta el final de la digestión, que se detectó cuando el contenido del tubo se observó completamente translúcido, sin partículas en suspensión y con una coloración azul verdosa. Para la corrección de los valores obtenidos, se corrieron blancos preparados de la misma forma pero sustituyendo la muestra por sacarosa. El contenido del tubo Kjeldahl se guardó en tubos de ensaye convencionales a  $4^\circ C$  hasta su destilación.

Nota: la mezcla digestiva se preparó adicionando 0.3 g de  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  en 2 mL de agua destilada, junto con 5 mL de  $H_3PO_4$  y 43 mL de  $H_2SO_4$ .

## Destilación

Las muestras digeridas con anterioridad se sometieron a destilación. El destilador automático se programó para adicionar un flujo de 5 s de NaOH al 50%, 20 s de agua destilada y un tiempo de destilación de 200 s de potencia de vapor. Los destilados se recolectaron en un matraz Erlenmeyer que contenía 50 mL de solución indicadora, lo cual provocó que el líquido resultante tuviera un color verde esmeralda.

Nota: la solución indicadora se realizó ajustando a un volumen final de 1 L, 5 g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 35 mL de indicador A (preparado con 50 mg de fenolftaleína aforados a 50 mL con etanol) y 10 mL de indicador B (que contiene 33 mg de verde de bromocresol y 66 mg de rojo de metilo aforados a 100 mL con etanol).

## Valoración

El contenido de los matraces, incluido el blanco, se valoró con HCl 0.01 N estandarizado hasta el vire de coloración verde esmeralda a café rojizo. El porcentaje de proteína se calculó mediante las Ecuaciones 5 y 6 y se corrigió en base húmeda con ayuda de la Ecuación 7.

$$\text{Ec. 5.} \quad \% \text{ Nitrógeno} = \frac{(P - B)(N)(\text{meq})(100)}{m}$$

$$\text{Ec. 6.} \quad \% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno} \times F$$

Donde: P=Volumen gastado en la titulación de la muestra (mL); B= Volumen gastado en la titulación del blanco (mL); N=normalidad del HCl; meq=miliequivalentes de nitrógeno (0.014); m=Peso de la muestra (g); F=Factor de conversión (6.25).

$$\text{Ec. 7.} \quad \% \text{ Proteína corregida} = A \times \left[ \frac{100 - B - C}{100} \right]$$

Donde: A = Contenido de proteína en base seca (%); B = Contenido de humedad (%); C=Contenido de grasa(%).

### **5.1.2.5 Carbohidratos**

El extracto no nitrogenado (en este caso carbohidratos) se obtuvo por diferencia al restar 100% a la suma de los demás componentes de la muestra.

### **5.1.3 Determinación de Na por ICP**

#### **5.1.3.1 Preparación de la curva de calibración**

Para determinar el contenido de sodio en las muestras de pastes y empanadas, primero se realizó un curva de calibración con 7 estándares en un intervalo comprendido entre 0-150 mg/L, a partir de una solución multielemental con una concentración de 1000 mg/L. Estos, se introdujeron a un espectrofotómetro de emisión atómica con fuente de plasma de acoplamiento inductivo utilizando un flujo de argón.

#### **5.1.3.2 Tratamiento y lectura de la muestra**

La determinación de sodio se realizó en dos etapas: una de preparación de muestra/digestión y otra de lectura en equipo. La metodología utilizada se basó en la reportada como “método 3052” (EPA, 1996), para ello se pesaron 0.25 g de muestra libre de grasa y humedad (por triplicado), que se colocaron en vasos de teflón modelo HP500 de CEM®, y donde se les adicionó 10 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado. Las muestras se digestaron en un sistema de reacción acelerada por microondas en un equipo modelo “MARS X” de la marca CEM®. Se trabajó con tres rampas de temperatura, la primera y segunda fueron para la digestión de materia orgánica, y van desde la T<sub>amb</sub> hasta 165°C durante 5.5 min, y de 165°C a 175°C durante 4.5 min respectivamente (con un límite de presión de 300 psi), la tercera y última rampa únicamente permite el enfriamiento para la manipulación de las muestras. Una vez completada la digestión y que los vasos de teflón se enfriaron las muestras se enrasaron a un volumen de 50 mL con agua desionizada.

Para finalizar, las muestras se introdujeron bajo las mismas condiciones que los estándares de sodio (0-150 mg/L), en un espectrofotómetro de emisión atómica con fuente de plasma acoplado inductivamente (ICP). La cuantificación de sodio en las muestras se realizó por interpolación de

la ecuación de la recta obtenida de aplicar la regresión lineal de los valores de la curva de calibración.

#### **5.1.4 Determinación de pH**

La determinación de pH se realizó tomando como base la NMX-F-317-NORMEX-2013, triturando y mezclando 40 g de muestra (por triplicado) con 250 mL de agua destilada hasta la formación de una pasta uniforme, la cual se agitó y se ajustó a una temperatura de 20°C. Las medidas se realizaron potenciométricamente, con un electrodo calibrado previamente con buffers de pH 4, 7 y 10.

#### **5.1.5 Determinación de $a_w$**

La actividad de agua se determinó calibrando un equipo Aqualab® de la serie 3 con soluciones de referencia de KCl 0.5 m y NaCl 6.0 m que cuentan con valores de actividad de agua de 0.984 y 0.760 a 25°C, respectivamente. Las muestras se colocaron (perfectamente homogenizadas y por triplicado) en un recipiente plástico que se introdujo a la cámara del equipo (previamente limpia) que en un lapso aproximado de 5 min arrojó el resultado de la medición. Entre cada una de las muestras se llevó a cabo una limpieza del recipiente llenándose solamente a tres cuartos de su capacidad. El equipo contaba con una precisión de 0.003  $a_w$ , un rango de 0.030 -1.000  $a_w$  y una resolución de  $\pm 0.001$ .

### **5.2 Análisis de la calidad microbiológica**

#### **5.2.1 Muestras**

Se analizaron 15 pares de muestras de empanadas y pastes (Figura 9), excluyendo las masas horneadas, las cuáles se obtuvieron en un punto de venta fijo y se recolectaron a horarios similares. Su traslado se realizó en bolsas de polietileno (Ziploc®), desde el lugar de elaboración, hasta el laboratorio, donde se analizaron el mismo día.

## **5.2.2 Metodologías empleadas para el análisis microbiológico**

Se evaluó la presencia de tres grupos de microorganismos indicadores, mediante tres muestreos en el producto terminado de la empresa. La fecha en la que se realizaron los muestreos se mantuvo en secreto a la empresa en cuestión, para evitar mejoras en el proceso y en la inocuidad de sus productos. En la parte experimental se siguieron las metodologías establecidas en la NOM-092-SSA1-1994 para mesófilos aerobios, NOM-111-SSA1-1994 para mohos y levaduras, NOM-113-SSA1-1994 para coliformes totales y la NOM-110-SSA1-1994 para la preparación y dilución de muestras. A continuación se resume lo realizado:

En condiciones de esterilidad y procurando tomar partes representativas de los productos, se colocaron 10 g de muestra en bolsas de plástico con 90 mL de diluyente de peptona estéril (dilución  $10^{-1}$ ), mismas que se homogenizaron de forma manual durante 3 min. Las diluciones decimales restantes se realizaron transfiriendo 1 mL de la dilución anterior (en este caso  $10^{-1}$ ) a un tubo de ensayo con 9 mL de diluyente de peptona utilizando un vortex para homogenizar el contenido de los tubos, esta operación se repitió hasta obtener las diluciones deseadas ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ), que se seleccionaron con base el número de UFC observado en ensayos preliminares.

En lo que respecta a la siembra por vertido en placa, se realizó inoculando (por duplicado) cajas de Petri con un 1 mL de las diluciones preparadas y 15 mL de medio de cultivo mantenido a  $45 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$  que se homogenizaron mediante 6 movimientos de derecha a izquierda, 6 en el sentido de las manecillas del reloj, 6 en sentido contrario y 6 de atrás a adelante, con el fin de incorporar el inóculo en el medio, también se incluyeron cajas sin inóculo como testigo de esterilidad. Las cajas se dejaron solidificar a temperatura ambiente y se incubaron en posición invertida. Las condiciones de tiempo, temperatura y medio de cultivo dependen del grupo de microorganismo estudiado y se muestran en la Tabla 1. En el caso de los coliformes totales después de que el medio estaba completamente solidificado en la caja, se vertieron aproximadamente 4 mL del medio RVBA a  $45 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$  en la superficie del medio inoculado y se dejó que solidificara para posteriormente ser incubado.

**Tabla 1.** Condiciones de trabajo para el análisis microbiológico.

Grupo indicador	Tiempo de incubación	Temperatura de incubación	Medio de cultivo
Mesófilos aerobios	48 ± 2 h	35 ± 2°C	Agar para métodos estándar
Hongos	3 y 5 días	25 ± 1°C	Agar papa - dextrosa
Coliformes totales	24 ± 2 h	35°C ± 2°C	Agar bilis rojo- violeta

## 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Análisis fisicoquímico

#### 6.1.1 Análisis proximal

El paste y la empanada son productos de carácter regional en México, y hasta hace algunos años no se había mostrado interés en conocer más acerca de su composición nutrimental. Algunos trabajos recopilatorios de información alimentaria como el de Muñoz et al., (2010) han descrito brevemente el contenido nutrimental de una empanada, sin especificar el relleno o la procedencia de esta, esto último es importante, ya que como se observó en la sección 2.2, el término “empanada” agrupa diferentes estilos de alimentos horneados. Al respecto, en la Tabla 2 se muestra el resultado del análisis proximal realizado a las muestras, cabe resaltar que no se reportó la cantidad de fibra, ya que este tipo de productos no destacan por poseer ingredientes con cantidades significativas de este componente (Zumbado, 2004).

Como se observa en la Tabla 2, el % de humedad fue el componente mayoritario, estableciéndose en un intervalo de 33.37 a 50.90 % para las muestras con relleno. De acuerdo a Kuklinski (2003) este tipo de alimentos podría ser clasificado como semiestable, ya que su contenido de humedad oscila entre 12 y 60 %. Como era de esperarse, las masas horneadas tradicional y hojaldrada presentaron valores inferiores de humedad (13.09 % y 13.98 % respectivamente), debido a que carecen de un relleno, el cual les confiere la mayor parte del agua de constitución.

**Tabla 2.** Análisis proximal de pastes y empanadas bajo estudio.

Muestra	Humedad (%)	Cenizas (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Carbohidratos*
Zarzamora con queso	41.90±0.13	1.29±0.02	13.58±0.20	4.13±0.19	39.10
Fresa con queso	40.83±0.78	0.95±0.02	17.92±0.42	3.24±0.17	37.05
Piña	46.37±1.09	0.66±0.02	12.71±0.14	2.96±0.04	37.30
Manzana con queso	45.20±0.29	0.73±0.01	13.89±0.69	3.52±0.08	36.66
Arroz con leche	39.70±1.95	1.15±0.01	12.60±0.45	7.81±0.36	38.74
Papa con carne	45.37±1.05	1.75±0.08	15.61±0.12	6.85±0.01	30.41
Frijol con chorizo	38.96±1.52	1.79±0.03	20.31±1.13	4.35±0.17	34.58
Frijol con queso	40.83±0.27	1.82±0.03	15.65±0.08	3.80±0.10	37.90
Tinga	50.90±0.54	1.22±0.01	11.98±0.07	5.19±0.13	30.71
Botanero	47.68±1.49	2.21±0.01	14.56±0.06	8.01±0.18	27.54
Mole verde	47.81±1.17	1.46±0.07	14.63±0.63	12.57±0.60	23.54
Mole rojo	41.05±1.66	1.41±0.02	15.58±0.71	8.34±0.18	33.63
Hawaiano	48.26±2.00	2.08±0.04	15.34±0.64	5.54±0.32	28.78
Papa con atún	45.61±1.17	1.89±0.09	13.29±0.28	2.29±0.11	36.93
Choriqueso	33.37±0.23	2.28±0.08	25.56±1.03	4.79±0.22	34.00
Pasta horneada tradicional	13.09±0.20	1.81±0.00	25.68±0.13	6.70±0.30	52.72
Pasta horneada hojaldrada	13.98±0.14	1.54±0.02	25.41±0.11	9.42±0.17	49.65

Nota: Los valores representan la media ± desviación estándar de tres determinaciones.

\*Obtenido por diferencia

El contenido de grasa destaca en las muestras analizadas como un componente importante, tanto por su contenido, como por las propiedades sensoriales que este ingrediente otorga. Las muestras presentaron valores comprendidos entre 11.98 y 25.56 % (Tabla 2). Como puede observarse, las pastas con las que son elaborados estos pastes y empanadas contribuyen de manera importante en el contenido final de grasa. Así mismo, sería importante considerar el uso de antioxidantes, cuando en un futuro no muy lejano se intenten conservar estos productos, a fin de evitar problemas de rancidez y prolongar su vida útil. Al respecto, la NOM-247-SSA1-2008, establecería aquellos aditivos permitidos y la concentración máxima de uso.

El contenido de proteínas de estos productos podría ser de bajo valor biológico relativo pues la masa que envuelve el producto deriva de harina de trigo, la cual carece de aminoácidos esenciales como la lisina y el triptófano (González, Ramírez y Santos, 2013; Bisio, 2016). Sin embargo, aquellas variedades de producto que cuenten con carne en su composición, como las de mole, elevan su contenido de proteína y con ello su valor biológico. En las muestras analizadas, se encontraron valores de proteína en un intervalo de 2.29 a 12.57 %. Como se mencionó, el relleno del paste o empanada puede incrementar el contenido de proteína, así como la pasta tradicional u hojaldrada que es empleada en su elaboración.

En general, el contenido de carbohidratos fue el segundo componente en importancia en las muestras analizadas y osciló entre 23.54 y 39.10 %. Este se ve influenciado en su mayoría por el almidón de la harinas utilizadas, y aumenta en la muestras con rellenos dulces como arroz con leche, piña, manzana, zarzamora y fresa (Tabla 2). En cuanto a las pastas tradicional y hojaldrada, el contenido de carbohidratos fue el componente principal obteniendo, valores de 52.72 y 49.65 %, respectivamente.

### **6.1.2 Determinación de Na por ICP**

El sodio es un oligoelemento que se encuentra de forma natural en los alimentos, sin embargo, la mayor parte de este, se añade intencionalmente durante su preparación en la forma de cloruro de sodio (sal común). Ya que el exceso de sal tiene efectos nocivos en la dieta, como la elevación de la tensión arterial (hipertensión), retención de líquidos, hinchazón en diferentes partes del cuerpo, la aparición de varices, etc. (Morón, 2003), su contenido se debe reportar en las etiquetas nutrimentales de los productos de acuerdo a la NOM-051-SCFI/SSA1-2010.

Los resultados de la determinación de sodio en las muestras de pastes y empanadas, se obtuvieron por interpolación y corrección de los valores arrojados por la ecuación de la curva estándar ( $Y=13917x+104091$ ,  $r^2=0.99$ ). Estos se muestran en la Tabla 3 expresados en mg Na/100 g de muestra y en mg Na/por porción.

**Tabla 3.** Resultados del análisis de sodio en pastes y empanadas bajo estudio.

Muestra	mg de sodio en 100 g de muestra	mg de sodio en una pieza (141.4 g)*
Zarzamora con queso	54.85± 0.16	77.6
Fresa con queso	74.12 ±0.36	104.8
Piña	61.81± 0.28	87.4
Manzana con queso	60.79 ±0.73	86.0
Arroz con leche	70.25±0.50	99.3
Papa con carne	592.49± 0.83	837.8
Frijol con chorizo	516.90± 1.20	730.9
Frijol con queso	485.46±0.77	686.5
Tinga	236.64±0.74	334.6
Botanero	684.18± 0.41	967.4
Mole verde	353.23± 1.59	499.5
Mole rojo	216.01± 0.50	305.4
Hawaiano	692.99± 0.43	979.9
Papa con atún	544.97±0.16	770.6
Choriqueso	641.01±0.71	906.4
Pasta horneada tradicional	171.04±0.97	241.8
Pasta horneada hojaldrada	244.59±1.48	345.9

Nota: los valores de la segunda columna representan la media ± desviación estándar de tres determinaciones.

\* valores redondeados para la etiqueta nutrimental.

La concentración de sodio determinada en las diferentes muestras de pastes y empanadas se encontró en un intervalo de 54.85 a 692.99 mg Na/100 g muestra (Tabla 3). Se observa que las muestras con rellenos frutales (piña, zarzamora, fresa, y manzana) presentan los valores de sodio más bajos en comparación con las muestras de rellenos de guisado. Esto se debe principalmente a que, las frutas prácticamente no contienen sodio, por lo que su contenido se debe únicamente a la masa de trigo y al queso que poseen como ingrediente (Gil, 2010). Sin embargo, las muestras con relleno de guisado, cuentan con sodio añadido durante su preparación, debido a que en algunos casos, han sufrido procesos de salado o curación como en el caso de los embutidos.

Lo anterior se refleja en las variedades de hawaiano, botanero y choriqueso que presentaron las mayores concentraciones de sodio (692.99, 684.18, 641.01 mg Na/100 g de muestra, respectivamente). Es importante considerar este valor, ya que la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda una ingesta de 2 g sodio/día (equivalente a 5 g sal/día). Por lo que es recomendable que el consumidor revise las etiquetas de los pastes y empanadas que se elaboraran, a fin de evitar excesos, debido a las enfermedades con las que un alto consumo de sodio es relacionado.

### **6.1.3 Etiquetado nutrimental de pastes y empanadas**

Los pastes y las empanadas son productos que únicamente se venden a granel, esto sumado a la falta de información sobre su composición química ha frenado el desarrollo de empaques y un etiquetado nutrimental apropiado. La información nutrimental que se debe reportar en la etiqueta se puede tomar de diversas normativas, como lo son la NOM-247-SSA1-2008 y la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, la primera brinda indicaciones para alimentos elaborados a base de cereales como lo son los pastes y las empanadas; la segunda es más específica, pues está dedicada exclusivamente a dar los parámetros generales de etiquetado. Ambas normativas no aplican a alimentos vendidos a granel, pero brindan las especificaciones generales que permiten una aproximación para un etiquetado completo.

La información plasmada debe ser veraz, describirse y presentarse de forma tal que no induzca a error al consumidor con respecto a la naturaleza y características del producto. Entre los elementos obligatorios que deben ser declarados en un etiquetado adecuado destacan el contenido energético, la cantidad de proteínas, carbohidratos, grasas o lípidos, fibra dietética y sodio, así como información sobre cualquier otro nutrimento complementario (opcional) acerca del cual se haga una declaración de propiedades. La inclusión de información complementaria de un nutrimento no obliga a incluir uno de los otros y sólo se realiza si se tiene asignada una IDR (Ingesta Diaria Recomendada) y el contenido en la porción esté por arriba del 5% de la IDR. Entre estos nutrimentos se encuentran el calcio, fósforo, magnesio, hierro, zinc, yodo, y las vitaminas A, E, C, B1, B2, B3, B6, B9 y B12.

De acuerdo a lo previamente descrito y a los resultados del análisis proximal y de la determinación de sodio, es posible realizar una propuesta de etiquetado nutrimental de los pastes y empanadas analizadas. Para ello primero se ajustó la composición proximal de las muestras al peso promedio de una pieza, es decir 141.4 g. A partir de dicha composición se calculó el valor energético aportado por cada macronutriente con la conversión de 9 kcal/g para lípidos, 4 kcal/g para carbohidratos y proteínas; los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Contenido energético por porción de pastes y empanadas.

Muestra	g/p	Grasa		Proteína		Carbohidratos			Contenido energético total		
		kcal	kJ	kcal	kJ	g/p	kcal	kJ	kcal	kJ	
Zarzamora con queso	19.2	172.8	723.0	5.8	23.4	97.7	55.3	221.1	925.3	417.3	1745.9
Fresa con queso	25.3	228.1	954.3	4.6	18.3	76.6	52.4	209.6	876.9	456.0	1907.7
Piña	18.0	161.7	676.5	4.2	16.7	69.9	52.8	211.0	882.8	389.4	1629.2
Manzana con queso	19.6	176.8	739.7	5.0	19.9	83.2	51.8	207.4	867.6	404.0	1690.5
Arroz con leche	17.8	160.4	671.0	11.0	44.2	184.7	54.8	219.1	916.7	423.7	1772.4
Papa con carne	22.1	198.7	831.2	9.7	38.8	162.2	43.0	172.0	719.6	409.4	1713.0
Frijol con chorizo	28.7	258.5	1081.6	6.2	24.6	103.0	48.9	195.6	818.4	478.8	2003.0
Frijol con queso	22.1	199.2	833.4	5.4	21.5	89.8	53.6	214.4	896.8	435.0	1820.0
Tinga	16.9	152.5	637.9	7.3	29.4	122.9	43.4	173.7	726.7	355.5	1487.4

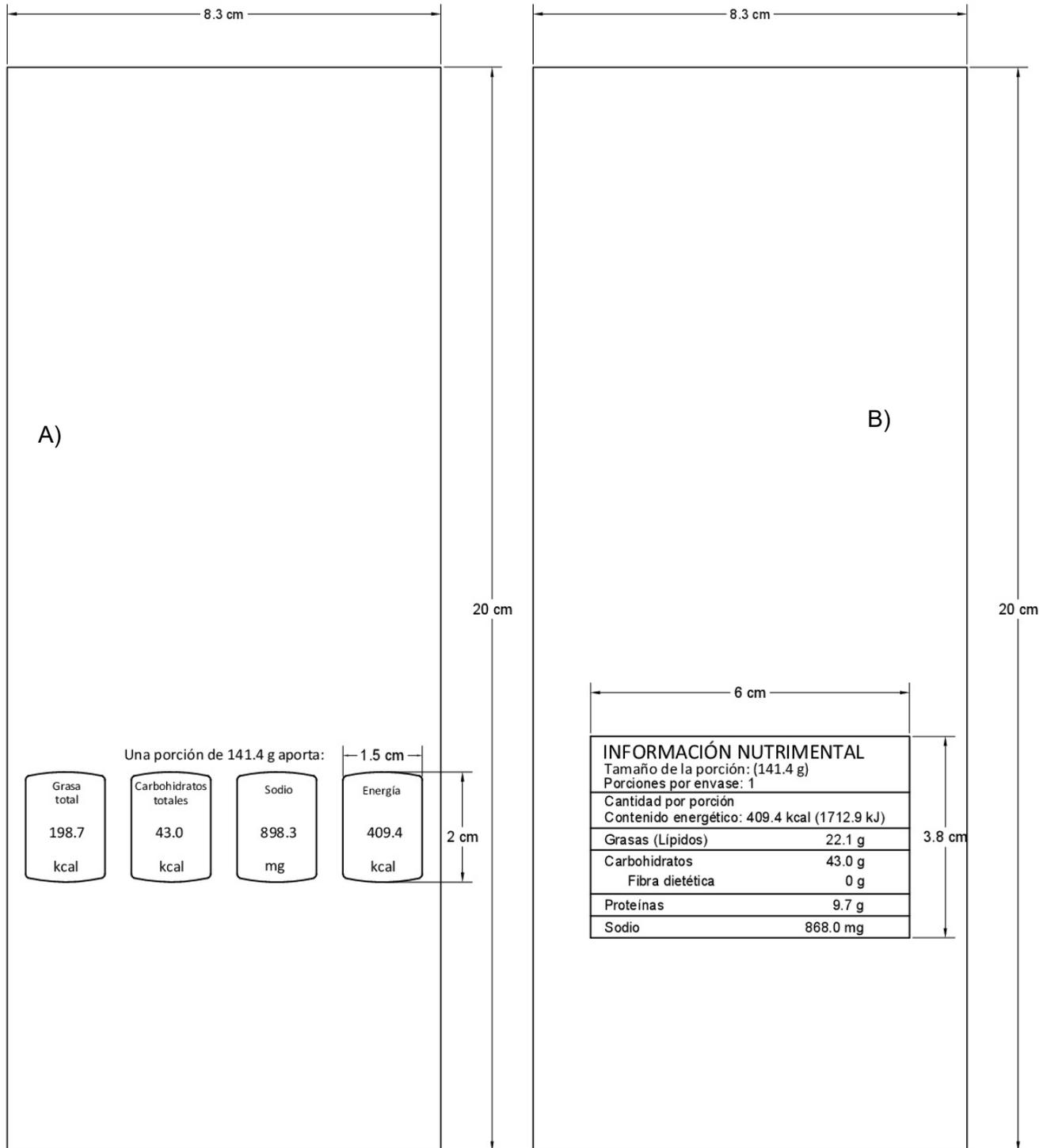
**Tabla 4 (continuación).** Contenido energético por porción de pastes y empanadas.

Muestra	Grasa		Proteína		Carbohidratos		Contenido energético total				
	g/p	kcal	KJ	g/p	kcal	KJ	g/p	kcal	KJ		
Botanero	20.6	185.3	775.4	11.3	45.3	189.5	38.9	155.8	651.7	386.4	1616.6
Mole verde	20.7	186.1	778.7	17.8	71.1	297.5	33.3	133.1	557.0	390.3	1633.2
Mole rojo	22.0	198.2	829.4	11.8	47.1	197.2	47.5	190.2	795.7	435.6	1822.4
Hawaliano	21.7	195.2	816.7	7.8	31.4	131.2	40.7	162.8	681.0	389.3	1628.9
Papa con atún	18.8	169.1	707.4	3.2	12.9	54.1	52.2	208.9	874.0	390.9	1635.5
Choriqueso	36.2	325.3	1361.1	6.8	27.1	113.3	48.1	192.3	804.6	544.7	2278.9
Pasta horneada tradicional	36.3	326.8	1367.4	9.5	37.9	158.5	74.5	298.2	1247.6	662.9	2773.5
Pasta horneada hojaldrada	35.9	323.3	1352.8	13.3	53.3	222.9	70.2	280.9	1175.0	657.4	2750.6

\*g/p= gramos de macronutriente por porción de producto.

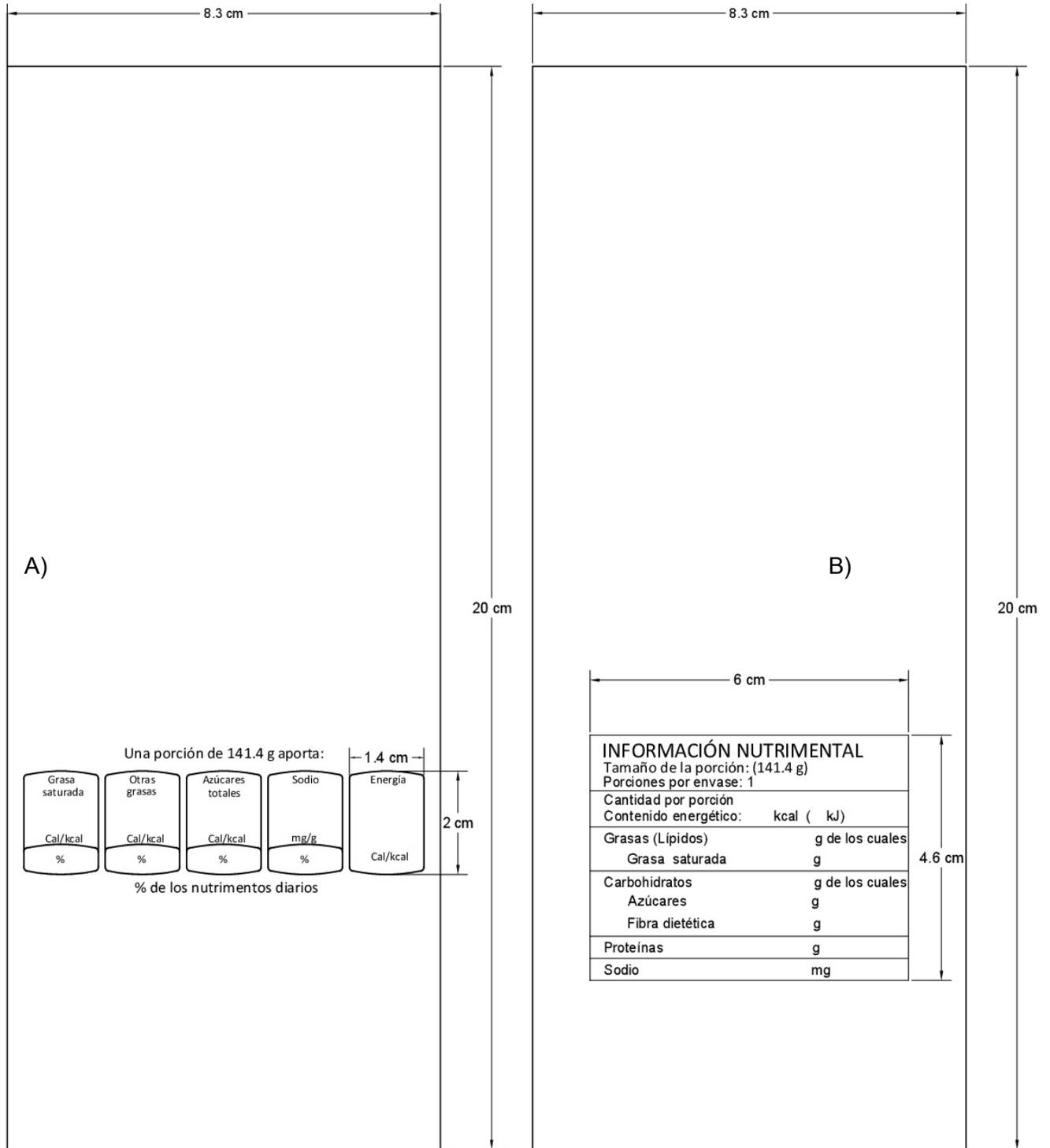
Con los resultados de la Tabla 4 y tomando como base las bolsas de papel en que se expiden estos productos, se diseñaron los prototipos para el etiquetado nutrimental de pastes y empanadas. El primero de ellos (Figura 10), se realizó en función del análisis proximal, tomando como ejemplo un producto de la empresa (paste de papa con carne). El segundo (Figura 11) se elaboró como una referencia para todos los requerimientos establecidos por la NOM-051-SCFI/SSA-12010 y la NOM-247-SSA1-2008. Ambos prototipos cuentan con medidas de construcción para la utilización del diseño en una futura impresión.

En este sentido, es importante aclarar que una tabla nutrimental completa requiere el desglose de carbohidratos, indicando la cantidad correspondiente a azúcares (monosacáridos y disacáridos) y la cantidad de grasas, especificando la cantidad que corresponde a grasa saturada. Por lo que sería conveniente realizar dichas determinaciones en un trabajo posterior a fin de complementar el etiquetado.



**Figura 10.** Propuesta de etiquetado para un paste de papa con carne

A) Vista frontal B) Vista posterior



**Figura 11.** Referencia completa de etiquetado nutricional.

A) Vista frontal B) Vista posterior

#### 6.1.4 Determinación de pH

El pH es una unidad de medida de los iones hidronio ( $H_3O^+$ ) o protones ( $H^+$ ) en un sistema, se representa en una escala logarítmica que comprende valores desde 0 a 14. Se utiliza como un factor de estabilidad para los alimentos y los sistemas biológicos clasificándolos en sistemas ácidos, básicos y neutros; se denominan ácidos si tienen un pH inferior a 7, básicos si tienen un pH superior a 7 y neutros si poseen un valor igual a 7 (Feduchi, Blasco, Romero, y Yáñez, 2010).

La Tabla 5 presenta los resultados de la determinación de pH en pastes y empanadas, en ella se destacan muestras ácidas, como la de zarzamora con queso y piña, las cuales exhibieron valores de pH de 4.07 y 4.57, respectivamente. Dicha acidez se atribuye en ambos casos a la presencia de ácidos orgánicos como el ácido cítrico (Belitz, Grosch, y Schieberle, 2009). El resto de las muestras analizadas presentaron valores que oscilaron entre 4.95 a 5.98, que de igual modo, poseen carácter ácido.

**Tabla 5.** Resultados de la determinación de pH en pastes y empanadas bajo estudio.

Variedad de producto analizado	pH a 25 °C
Zarzamora con queso	4.07
Fresa con queso	5.07
Piña	4.57
Manzana con queso	5.27
Arroz con leche	5.94
Papa con carne	5.79
Frijol con chorizo	5.42
Frijol con queso	5.98
Tinga	5.46
Botanero	5.18
Mole verde	5.57

**Tabla 5 (continuación).** Resultados de la determinación de pH en pastes y empanadas bajo estudio.

Variedad de producto analizado	pH a 25 °C
Mole rojo	5.82
Hawaiano	5.54
Papa con atún	5.69
Choriqueso	5.34
Masa horneada tradicional	5.55
Masa horneada hojaldrada	5.65

Nota: La diferencia máxima permisible en el resultado de las pruebas efectuadas por triplicado, no excedió de 0.1 unidades de pH.

Al respecto, Planella (1989) clasifica los alimentos de acuerdo a los siguientes límites de pH: alimentos de baja acidez con un  $\text{pH} > 5.3$ , alimentos de acidez media con un pH de 4.5 a 5.3 y alimentos de alta acidez con un  $\text{pH} < 4.5$ .

De acuerdo a esta clasificación la mayoría de las muestras se agruparían en la categoría de baja acidez. Estos límites de pH, sin embargo pueden variar en la literatura. Por ejemplo Orrego (2003), clasifica a los alimentos como productos de baja acidez o semi-ácidos con un  $\text{pH} > 4.5$ , productos ácidos con un pH 4.0-4.5 y productos de alta acidez con un  $\text{pH} < 4.0$ , clasificación que aunque no es muy lejana a la anterior, cambiaría el orden en que se clasificaron las muestras.

La interpretación de este parámetro en este trabajo de investigación, va enfocado al aspecto microbiológico de las muestras, debido a que este dicta gran parte del deterioro y conservación del producto al intervenir en la regulación de reacciones químicas y bioquímicas (Shafiur, 2007). En la Tabla 6 se presentan los intervalos de pH que permiten el crecimiento de determinados grupos de microorganismos en alimentos. De acuerdo a estos valores y a los resultados obtenidos en los productos analizados, se aprecia una mayor cercanía al pH óptimo de crecimiento de mohos y levaduras, por lo que habría que prestar atención al deterioro fúngico. Ahora bien, esto no significa que microorganismos como las bacterias no deterioren el producto, puesto que algunas de ellas como *Bacillus subtilis* y *Serratia marcescens* provocan problemas como viscosidad y coloraciones rojizas en productos horneados (Pascual y Calderón, 2000). Además, hay que considerar interacciones con otros factores, como la composición, temperatura y  $a_w$ .

**Tabla 6.** Valores límites y óptimos de pH para el crecimiento de los distintos tipos de microorganismos presentes en los alimentos.

Microorganismo	Máximo	Óptimo	Mínimo
Bacterias	11.0	6.5-7.5	4.5
Levaduras	8.0-8.5	5.0-6.5	1.5-3.5
Mohos	8.0-11.0	4.5-6.8	1.5-3.5

Fuente Bello, 2000.

En cuanto a las pastas horneadas (tradicional y hojaldrada), éstas son claramente más susceptibles al deterioro por hongos, en especial de mohos. Es posible, que al igual que en productos derivados del trigo, sean susceptibles al crecimiento de *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium expansum*, *Aspergillus niger* y *Neurospora sitophila*. y de especies de los géneros *Mucor* y *Geotrichum* que causan el famoso enmohecimiento del pan (Frazier y Westhoff, 1993).

#### 6.1.5 Determinación de la actividad de agua

La actividad de agua es un valor característico de los alimentos que oscila entre 0 y 1, puede ser definido como una medida indirecta del agua disponible en un sistema para que se lleven a cabo reacciones químicas, bioquímicas y microbiológicas. Resulta útil como indicador de estabilidad y seguridad alimentaria pues se correlaciona bien con la velocidad de crecimiento microbiano y las diferentes reacciones degradativas de los alimentos (Hernández y Sastre, 1999; Bello, 2000; Fennema y Sanz, 2000).

La Tabla 7 presenta los valores promedio de  $a_w$  en los productos analizados, se aprecia que todos ellos, a excepción de la masa horneada (tradicional y hojaldrada), presentan valores superiores a 0.91, lo que de acuerdo a la Tabla 8 propiciaría su susceptibilidad al deterioro bacteriano, esto sin embargo podría diferir en las variedades de relleno frutal, que a pesar de contar con altos valores de  $a_w$ , la influencia que ejerce su alta concentración de azúcares y bajo pH, teóricamente permitiría el crecimiento de una población de tipo fúngico, y no bacteriano. (Guerrero, García, Wacher, y Regalado, 2014).

**Tabla 7.** Resultados de la determinación de  $a_w$  en los pastes y empanadas bajo estudio.

Variedad de producto analizado	Actividad de agua a 25 °C
Zarzamora con queso	0.974±0.002
Fresa con queso	0.979±0.004
Piña	0.982±0.003
Manzana con queso	0.996±0.003
Arroz con leche	0.943±0.005
Papa con carne	0.989±0.004
Frijol con chorizo	0.979±0.002
Frijol con queso	0.987±0.001
Tinga	0.988±0.004
Botanero	0.959±0.002
Mole verde	0.985±0.005
Mole rojo	0.981±0.009
Hawaiano	0.982±0.002
Papa con atún	0.993±0.001
Choriqueso	0.945±0.003
Masa horneada tradicional	0.834±0.010
Masa horneada hojaldrada	0.857±0.006

Nota: los valores representan la media ± desviación estándar de tres determinaciones.

Las masas horneadas (tradicional y hojaldrada) al igual que los productos de panadería presentan una notable susceptibilidad al deterioro fúngico, su bajo valor de actividad de agua (0.834 y 0.857) en conjunto con su valor de pH (5.65 y 5.55) podría reducir la velocidad de crecimiento de bacterias, pero no así la de mohos y levaduras. Esto es importante para la propuesta del conservador, ya que en las muestras de estudio, la masa es la primera barrera que separa el relleno con el medio externo y por tanto, lo protege de la contaminación.

A su vez, el crecimiento de microorganismos se debe a que los pasteles y empanadas son alimentos inestables, debido a que deberían contar con una  $a_w < 0.95$  y  $pH < 5.2$  para serlo (Kuklinski, 2003).

**Tabla 8.** Valores óptimos de  $a_w$  para el crecimiento de los distintos tipos de microorganismos presentes en los alimentos.

Microorganismos	Actividad de agua ( $a_w$ )
Bacterias (en general)	>0.91
Bacterias halófilas	0.75
Levaduras (en general)	>0.87
Levaduras osmófilas	0.61
Mohos (en general)	>0.70
Mohos xerófilos	0.61

Fuente: Kuklinski, 2003.

#### 6.1.6 Propuesta de conservador

La información que proporciona el valor de pH y  $a_w$  puede ser usada para la selección de un conservador que se adecue a las características de los productos analizados. La NOM-247-SSA1-2008, permite el uso de los siguientes conservadores:

- Ácido benzoico y sus sales de sodio
- Ácido propiónico y sus sales de sodio o calcio
- Ácido sórbico y sus sales de sodio, calcio y potasio.
- Diacetato de sodio
- Eritorbato de sodio
- Propil parabeno

Estos aditivos tienen la característica de poder presentarse en una forma disociada y no disociada, de acuerdo al pH del medio. La forma no disociada, sin embargo, es la más importante porque es la que ejerce el efecto antimicrobiano (bacteriostático) al penetrar en las membranas de los microorganismos. Los conservadores más accesibles económicamente y comunes con efecto antifúngico son el ácido benzoico, propiónico y sórbico (Titus, 2013).

**Tabla 9.** Porcentaje de ácido sin disociar de algunos conservadores en función del pH.

pH	Sórbico	Benzoico	Propiónico
3	98	94	99
4	86	60	88
5	37	13	42
6	6	1.5	6.7
7	0.6	0.15	0.7
pKa	4.67	4.19	4.87

Fuente: Badui, 2006.

De acuerdo a la Tabla 9, el ácido propiónico sería el conservador que presentaría el mayor porcentaje sin disociar de ácido en el intervalo de pH en que se encuentran las muestras (4-6 aproximadamente). Por tanto, sería el conservador con mayor actividad antifúngica. Además de que este, evita el crecimiento de bacterias como *B. mesentericus* causante de la correosidad en los productos horneados de panificación. Para su empleo se requeriría utilizar una de sus sales, pues estas presentan mayor solubilidad que el ácido mismo. La sal cálcica sería mejor sobre la de sodio, ya que la primera contribuye al enriquecimiento del producto y tiene la ventaja de no causar daños en la salud, pues en solución se metaboliza como cualquier ácido graso (Barros, 2009). Su concentración sería de 0.3% en peso del producto terminado (424.2 mg en 141.4 g) como lo reporta la literatura (Smith y Hong, 2003).

La propuesta sin embargo, no garantiza los mejores resultados, ya que su efectividad dependerá de su espectro de acción ante la flora que afecte a estos alimentos, la composición del alimento (en este caso rellenos diferentes), actividad de agua, el nivel inicial de contaminación o recontaminación, manejo y la distribución del producto terminado (Gil, 2010). También es muy probable también que si se quiere implementar un conservador, se tenga que evaluar la combinación de algunos de ellos sin rebasar los límites máximos permitidos por la normativa mexicana, o cuando se utilicen mezclas de conservadores, la suma de éstos no exceda el límite máximo del conservador de mayor concentración como lo señala la NOM-247-SSA1-2008.

## 6.2 Análisis microbiológico

No existen normas (nacionales e internacionales) que regulen las especificaciones sanitarias que deben cumplir los pastes y empanadas, por lo tanto, el análisis de la calidad microbiológica se realizó tomando como referencia los límites máximos permitidos para los grupos indicadores (Tabla 10) que se establecen para algunos productos de panificación en la NOM-247-SSA1-2008 y la NOM-147-SSA1-1996.

**Tabla 10.** Límites máximos propuestos para la calidad microbiológica de pastes y empanadas.

Especificaciones	Límite máximo (UFC/g)
Mesófilos aerobios	10,000
Coliformes totales	20
Hongos (mohos y levaduras)	100

Tabla adaptada de la NOM-247-SSA1-2008 y la NOM-147-SSA1-1996.

A continuación se presentan los resultados del análisis microbiológico de los pastes y empanadas estudiados.

### 6.2.1 Mesófilos aerobios

Los microorganismos mesófilos aerobios son un grupo microbiano caracterizado por crecer en presencia de oxígeno a una temperatura óptima comprendida entre 20-45°C. Al tratarse de un conjunto de microorganismos, solo se les puede estimar como flora total sin especificar cada tipo de microorganismo presente (Bravo, 2004). Los resultados de la interpretación del recuento en placa para este grupo microbiano en los tres muestreos se presentan en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Recuento de microorganismos mesófilos aerobios en los pastes y empanadas bajo estudio.

Variedad de producto	Bacterias aerobias en placa en agar para cuenta estándar, incubadas 48 horas a 35°C					
	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3	
	Conteo (UFC/g)	¿Cumple la norma?	Conteo (UFC/g)	¿Cumple la norma?	Conteo (UFC/g)	¿Cumple la norma?
Zarzamora con queso	<10 UFC	Si	25* UFC	Si	85 UFC	Si
Fresa con queso	60 UFC	Si	30 UFC	Si	260 UFC	Si
Piña	5* UFC	Si	5* UFC	Si	<10 UFC	Si
Manzana con queso	25* UFC	Si	15* UFC	Si	<10 UFC	Si
Arroz con leche	<10 UFC	Si	45* UFC	Si	1,300 UFC	Si
Papa con carne	37,000 UFC	No	21,000 UFC	No	21,000 UFC	No
Frijol con chorizo	4700 UFC	Si	5* UFC	Si	<10 UFC	Si
Frijol con queso	5* UFC	Si	170* UFC	Si	190 UFC	Si
Tinga	55* UFC	Si	20* UFC	Si	270 UFC	Si
Botanero	10* UFC	Si	210 UFC	Si	5* UFC	Si
Mole verde	640 UFC	Si	25* UFC	Si	15* UFC	Si
Mole rojo	CE	No	1,200 UFC	Si	110,000 UFC	No
Hawaiano	54,000 UFC	No	30* UFC	Si	10* UFC	Si
Papa con atún	4,400 UFC	Si	<10 UFC	Si	5 *UFC	Si
Choriqueso	65* UFC	Si	3,300 UFC	Si	5 *UFC	Si
Control	Negativo		Negativo		Negativo	

\*= valor estimado de acuerdo a los criterios de la NOM-092-SSA1-1994.

CE=Crecimiento extendido

En general, los resultados microbiológicos para mesófilos aerobios indican que las muestras se encuentran dentro del límite permisible para este tipo de microorganismo, excepto para las muestras de papa con carne, mole rojo y hawaiano. En el caso del paste con relleno de papa con carne, el resultado se puede deber a que la receta tradicional indica que todos los ingredientes se utilizan de forma cruda y estos son sometidos a cocción únicamente durante el horneado del paste. Por lo que, si la carga microbiana inicial de los distintos ingredientes es elevada, el producto final no alcanzaría una buena calidad microbiológica. Es importante considerar que otros factores externos que contribuyen en la carga microbiana son: malas prácticas de manufactura, descuidos en la higiene y desinfección de las materias primas, además, se tiene que tener en cuenta que los guisados generalmente se elaboran en otras instalaciones (de la misma empresa) por lo que también una mala manipulación, conservación y traslado de los ingredientes que conforman el producto influiría en su carga microbiana final.

Cabe aclarar que no se cuenta con información sobre el proceso exacto de elaboración, además de que dependiendo de la demanda de producción el producto podría estar más tiempo en exhibición y por tanto, susceptible a la contaminación dentro del establecimiento (mal manejo del producto post tratamiento).

La muestra de mole rojo, posee un relleno que individualmente posee una carga microbiana importante, atribuido principalmente a su manejo. La NMX-F-422-1982 establece un límite máximo de 3,000,000 UFC/g en cuenta estándar para este producto, lo que da una idea sobre su posible carga inicial; ésta aunque reducida tras el horneado, no es suficiente para entrar en los límites de la Tabla 10. Aunado a lo anterior sus ingredientes como: aceites, harinas, féculas, almidones, sal, especias y condimentos representan un sustrato susceptible a la proliferación microbiana de los microorganismos sobrevivientes a la cocción y a su contaminación post tratamiento térmico.

La muestra “hawaiana” tiene un relleno de jamón, queso y piña, estos ingredientes debido a su alto valor nutritivo y contenido de humedad, representan un sustrato que favorece el crecimiento de bacterias alterantes, que ejercen efectos negativos sobre su calidad. Esto pudo ser factor en el recuento bacteriano del producto terminado del muestreo 1 (Guerrero, García, Wachter y Regalado, 2014).

De acuerdo con el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (1980) y Bello (2000) las muestras con recuentos fuera de los límites propuestos se explican por:

- Una concentración inicial alta de esporas o de células vegetativas debido a la deficiente limpieza, desinfección o calidad de las materias primas e ingredientes utilizados, puesto que entre mayor sea el número de esporas o células existentes, más intenso debe ser el tratamiento necesario para su total destrucción (relación tiempo-temperatura).
- La influencia que ejercen los nutrientes, es decir, la composición del sustrato (carbohidratos, aminoácidos, y los ácidos orgánicos) de un determinado paste y/o empanada, ya que, cuanto más rico es el medio de crecimiento para los microorganismos, más termorresistentes son las células vegetativas o las esporas. En general, un medio rico de crecimiento hace más termorresistentes a las esporas de las bacterias.
- Las características de la penetración del calor con el que se pueda asegurar que todas las partículas del alimento alcancen la temperatura requerida dentro del tiempo previamente establecido. Ésta dependerá del tamaño, forma, naturaleza química y consistencia de la masa del producto.

En lo que respecta a las demás muestras, éstas presentaron un recuento en placa aceptable a lo largo del estudio debido a que se encuentran por debajo del límite máximo de UFC/g propuesto en la Tabla 10. A diferencia de los coliformes que son sumamente sensibles al calor, el grupo de los mesófilos aerobios posee miembros con termorresistencias muy diferentes entre cada una de las especies, por lo que no es extraño que se presente crecimiento microbiano en las muestras posterior al horneado, ya que esta etapa del proceso no es considerada como una esterilización alimentaria. Si bien es un proceso que consigue una gran reducción de la flora microbiana destruyendo la mayoría de las células bacterianas, las levaduras y las esporas de los mohos, el objetivo primordial de esta operación unitaria es la cocción que le ofrece las cualidades sensoriales deseadas al producto. Sin embargo, este tratamiento térmico no destruye las esporas de muchas bacterias como las que producen problemas de viscosidad en productos del trigo (Bello, 2000).

Finalmente, un recuento alto sobre todo en alimentos procesados térmicamente, delata materia prima excesivamente contaminada, manipulación deficiente después del horneado, la posibilidad de que se presente algún patógeno, y aunque no es el caso, si superara una tasa de  $10^6$ - $10^8$  (1,000,000-100,000,000 UFC/g) podría ser un indicio de descomposición (Pascual y Calderón, 2000).

### **6.2.2 Mohos y levaduras**

Los mohos y las levaduras pertenecen al grupo complejo de los hongos, que aunque difícil de definir, se les puede describir como organismos eucarióticos, heterótrofos con nutrición por absorción y característicamente micelares. Tienen la característica de desarrollarse y formar colonias en un medio sólido a 25°C (Allaert y Escolá, 2002).

En la Tabla 12 se muestran los resultados de la determinación de mohos y levaduras en las muestras de estudio, los cuales se cuantificaron como la suma de ambos grupos. Los resultados obtenidos después de tres muestreos indican una calidad microbiológica variable atribuida principalmente a factores post-cocción. Entre las muestras con calidad microbiológica aceptable se encuentran la de piña, manzana con queso, arroz con leche, botanero, mole verde, hawaiano y chori queso.

**Tabla 12.** Recuento de mohos y levaduras en los pastes y empanadas bajo estudio.

Variedad de producto	Mohos y levaduras en agar papa - dextrosa, incubadas a 25 ± 1°C durante 5 días					
	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3	
	Conteo (UFC/g)	¿Cumple la norma?	Conteo (UFC/g)	¿Cumple la norma?	Conteo (UFC/g)	¿Cumple la norma?
Zarzamora con queso	60* UFC	Si	15* UFC	Si	190 UFC	No
Fresa con queso	280 UFC	No	5*UFC	Si	260 UFC	No
Piña	80* UFC	Si	15* UFC	Si	<10 UFC	Si
Manzana con queso	<10 UFC	Si	70* UFC	Si	5* UFC	Si
Arroz con leche	<10 UFC	Si	5* UFC	Si	85* UFC	Si
Papa con carne	160,000 UFC	No	4,400 UFC	No	23,000 UFC	No
Frijol con chorizo	1,400 UFC	No	<10 UFC	Si	5* UFC	Si
Frijol con queso	170 UFC	No	55 UFC	Si	40* UFC	Si
Tinga	10* UFC	Si	<10 UFC	Si	180 *UFC	No
Botanero	40* UFC	Si	390 UFC	No	<10 UFC	Si
Mole verde	25* UFC	Si	5 *UFC	Si	<10 UFC	Si
Mole rojo	180,000 UFC	No	270 UFC	No	85*UFC	Si
Hawaiano	60* UFC	Si	<10 UFC	Si	10* UFC	Si
Papa con atún	4,400 UFC	No	<10 UFC	Si	5* UFC	Si
Choriqueso	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si
Control	Negativo		Negativo		Negativo	

Nota: \*= valor estimado de acuerdo a los criterios de la NOM-092-SSA1-1994.

Al respecto, Frazier y Westhoff (1993) aseguran que los hongos (mohos y levaduras) son la causa más común de la alteración en productos de panadería, no porque las temperaturas que se alcanzan durante el horneado sean insuficientes para destruir las esporas (tanto en el interior como el exterior de los productos), sino por una contaminación posterior. Ésta puede ocurrir durante el enfriamiento del producto, por contacto con la superficie en la que se exhiben, por una mala manipulación (prácticas de higiene) o por el aire del ambiente de trabajo.

Las malas prácticas de manejo del producto justifican la presencia de este grupo de microorganismos en las muestras de estudio (como fresa con queso, frijol y tinga) y genera una incógnita en cuanto a la manipulación post tratamiento térmico, la cual de acuerdo a los resultados obtenidos parece ser deficiente. Muestras como las del paste de papa con carne y mole rojo, siguen sin cumplir los límites indicados en la normativa, dichos resultados corroboran los obtenidos para mesófilos aerobios.

El significado de la contaminación fúngica de los alimentos, especialmente por mohos, viene dado por el potencial que tiene para deteriorarlos, y cambiar sus características sensoriales (Pascual y Calderón, 2000). De ahí la importancia de mantener las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) durante toda la cadena de producción.

### **6.2.3 Coliformes totales**

Los coliformes totales son bacterias de morfología bacilar, Gram negativas, aerobias o anaerobias facultativas, no formadoras de endosporas, oxidasa negativas que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas en 24-48 horas a 36°C (García, Martínez, Utrilla, y Morillo, 2006). En la Tabla 13 se muestran los resultados para el recuento en placa de este grupo indicador, interpretados de acuerdo a lo indicado en la NOM-113-SSA1-1994 y la NOM-092-SSA1-1994.

En general, todas las muestras presentaron un recuento <10 UFC/g de muestra, lo cual indica la nula presencia de dicho grupo microbiano. La excepción fue la muestra de empanada de fresa con queso, en donde fue detectada la presencia de organismos coliformes (200 UFC/g muestra) en la primera semana de muestreo. En este caso, es posible especular acerca de la calidad microbiológica de las fresas, las cuales han sido relacionadas a este tipo de microorganismos,

ya que al crecer cerca del suelo, algunos de estos son regados con aguas negras (Sánchez 2002; Bravo, 2004).

El nulo crecimiento de organismos coliformes en las muestras de estudio podría atribuirse al horneado que sufren estos alimentos, pues este grupo microbiano se destruye fácilmente por el calor. Por lo que su presencia en alimentos procesados térmicamente se debe principalmente a las malas condiciones de manipulación y contaminación postratamiento térmico (Bibek, 2005). En el caso específico de este grupo indicador, las muestras tienen una calidad aceptable con base en los resultados mostrados en la Tabla 13.

También es importante, no confundir el grupo indicador de los coliformes totales, con el de los coliformes fecales, pues aunque estos también fermentan la lactosa produciendo ácido y gas, lo hacen a una temperatura de  $45^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  y dentro de las 48 h. Su presencia además, representa la contaminación de los alimentos con materia fecal, ya que estos poseen un hábitat intestinal en el hombre y animales, a diferencia de los coliformes totales que aunque pueden tener hábitat intestinal, pueden encontrarse en el suelo, plantas, etc. (IICA y MAG, 2001).

**Tabla 13.** Recuento de coliformes totales en los pastes y empanadas bajo estudio.

Variedad de producto	Coliformes totales en placa de agar rojo violeta bilis, incubados a 35°C durante 24 ± 2 h					
	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3	
	Conteo (UFC/g)	¿Cumple la norma?	Conteo (UFC/g)	¿Cumple la norma?	Conteo (UFC/g)	¿Cumple la norma?
Zarzamora con queso	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si
Fresa con queso	200 UFC	No	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si
Piña	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si
Manzana con queso	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si
Arroz con leche	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si
Papa con carne	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si
Frijol con chorizo	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si
Frijol con queso	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si
Tinga	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si
Botanero	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si
Mole verde	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si
Mole rojo	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si
Hawaiano	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si
Papa con atún	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si
Choriqueso	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si	<10 UFC	Si
Control	Negativo		Negativo		Negativo	

La calidad microbiológica de los alimentos analizados puede mejorarse siguiendo procedimientos de calidad que aseguren la inocuidad del producto, algunos de estos se señalan a continuación:

- Mantener la cadena de frío en el transporte de la masa, rellenos e ingredientes, que así lo requieran, desde las instalaciones de fabricación hasta la pastaría.
- Limpiar y desinfectar los utensilios que estén en contacto directo e indirecto con los productos para evitar la contaminación directa y cruzada.
- Acatar las buenas prácticas de higiene que se establecen en la NOM-120-SSA1-1994 para el personal, instalaciones (pisos, paredes, techos, ventanas y puertas), servicios a planta, equipamiento, proceso, control de plagas, limpieza y desinfección. En base a eso diseñar programas de acción, para verificar su cumplimiento.
- Mantener los productos en un lugar fresco hasta su venta, lejos del calor de la cocina o del horno.
- Enfriar rápidamente los pasteles y empanadas después del horneado con el fin de reducir la condensación de humedad por debajo del producto en el lugar donde se coloque.
- Evitar que los productos estén expuestos en lugares con intensas corrientes de aire.
- Emplear conservadores, sobre todo como inhibidores de los hongos (mohos y levaduras).
- Conservar las materias primas en lugares secos para evitar un aumento en su contenido de humedad y por lo tanto, favorecer la proliferación de microorganismos.

## **7 CONCLUSIONES**

El etiquetado nutrimental de un producto es requisito necesario para su comercialización de acuerdo a organismos reguladores, por ello se estableció el etiquetado de los pastes y empanadas a través del análisis de su composición proximal y del contenido de sodio.

El conocimiento de las propiedades fisicoquímicas de los pastes y empanadas es fundamental para la selección adecuada de un conservador que prolongue la vida útil de este tipo de productos.

Establecer la calidad microbiológica de los pastes y empanadas elaborados permite asegurar la inocuidad de los productos y establecer medidas de control de calidad internas que garanticen las Buenas Prácticas de Manufactura.

## **8 PERSPECTIVAS**

Sería conveniente complementar la información del etiquetado nutrimental proporcionando la cantidad de azúcares y almidón, así como el contenido de grasa saturada e insaturada presentes en las muestras.

Sería recomendable evaluar el efecto de los conservadores propuestos en la vida útil de los productos analizados.

## 9 REFERENCIAS

- Allaert, C., y Escolá, M. (2002). *Métodos de análisis microbiológicos de alimentos*. Madrid: Díaz de Santos.
- AOAC, (2005). *Official Methods for Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (18th edition). Washington: USA.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos* (Cuarta ed.). México: Pearson Educación.
- Barros, C. (2009). *Los aditivos en la alimentación de los españoles y la legislación que regula su autorización de uso* (Segunda ed.). Madrid: Visión Libros.
- Belitz, H. D., Grosch, W., and Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry* (Fourth ed.). Berlin: Springer.
- Bello, J. (2000). *Ciencia Bromatológica "principios generales de los alimentos"*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Bibek, R. (2005). *Fundamental Food Microbiology*. Florida: CRC PRESS.
- Bisio, A. (2016). *El pan*. USA: De Vecchi.
- Bravo, M. F. (2004). *El manejo higiénico de los alimentos- Guía para la obtención del distintivo H*. México: Limusa.
- Canudas, E. (s.f.). *Las venas de plata en la historia de México- Síntesis de Historia Económica Siglo XIX* (Vol. I). Villahermosa: Editorial Utopía.
- Clarkson, J. (2014). *Food History Almanac* (Vol. I). United Kingdom: Rowman Littlefield.
- EPA, (1996). *Microwave assisted acid digestion of siliceous and Organically based matrices*. Washington, DC: American Chemical Society.
- Feduchi, E., Blasco, I., Romero, C. S., y Yáñez, E. (2010). *Bioquímica "Conceptos esenciales"*. Madrid: Médica Panamericana.
- Fennema, O. R., y Sanz, B. (2000). *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia.
- Frazier, W. C., y Westhoff, D. C. (1993). *Microbiología de los alimentos*. Zaragoza: Acribia.

- Galsworthy, B., Williams, R., Rifaat, G., y Rivas, L. (2013). *Cornwall & hidalgo una conexión duradera*. México: San Ángel Ediciones.
- García, M., Martínez, F., Utrilla, A., y Morillo, R. M. (2006). *ATS/DUE personal laboral de la comunidad autónoma de extremadura* (Vol. II). Sevilla: MAD.
- Gil, A. (2010). *Tratado de nutrición* (Segunda ed., Vol. II). Madrid: Médica Panamericana.
- González, C., Ramírez, P. C., y Santos, S. E. (2013). *La química en la vida cotidiana*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Gray, W. (2014). *Cornwall with kids* (Segunda ed.). UK: Footprint Travel Guides.
- Guerrero, I., García, B., Wachter, M., y Regalado, C. (2014). *Microbiología de los alimentos*. México: Limusa
- Hernández, M., y Sastre, A. (1999). *Tratado de nutrición*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. (1980). *Curso sobre preparación y evaluación de proyectos agropecuarios y agroindustriales*. Tunja: ICFES.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (ICCA), *Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)*. (2001). Manual de procedimientos para el control microbiológico de alimentos. Asunción: ICCA, MAG.
- Kuklinski, C. (2003). *Nutrición y bromatología*. Barcelona: Omega.
- Lim, C.J. (2014). *Food City*. New York: Routledge Taylor & Francis Group.
- McClure, C. W. (2005). *Fleeing Falmouth A novel of courage and insight*. Lincoln: iUniverse.
- Menes, J. M. (1987). *"Los ingleses y las minas de Real del Monte (1824-1849)"*. Pachuca: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Merrick, H. (1995). *The Pasty Book*. Cornwall: Tor Mark.
- Morón, A. (2003). *El engaño de las dietas- Como aprender a adelgazar- Estudio y análisis de una epidemia: la obesidad*. Madrid: Díaz de Santos.
- Muñoz, M., Ledesma, J. Á., Chávez, A., y Pérez, F. (2010). *Composición de alimentos Miriam Muñoz de Chávez- Valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo* (Segunda ed.). México: McGraw Hill.

Museo del Paste. (2006). La historia del paste. Hidalgo, México: Museo del paste. Recuperado el 04/01/2017 de <http://museodelpaste.com/>

Museo del Paste. (2006). La historia del paste [Murales de información]. Real del Monte, Hidalgo: Museo del paste.

Norma Mexicana NMX-F-317-NORMEX-2013, Alimentos-determinación de pH en alimentos y bebidas no alcohólicas-método potenciométrico-método de prueba. Extraída el 01/02/2017 desde: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-317-NORMEX-2013.PDF>

Norma Mexicana NMX-F-422-1982. Productos alimenticios para uso humano. Alimentos regionales. mole y sus variedades. Food products for human use. Regional foods. Chili sauce and its varieties. Normas mexicanas. Dirección general de normas. Extraída el 03/01/2018 desde: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-422-1982.PDF>

Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria. Extraída el 10/01/2018 desde: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5137518&fecha=05/04/2010](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5137518&fecha=05/04/2010)

Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Extraída el 20/03/2017 desde: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/092ssa14.html>

Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Extraída el 20/03/2017 desde: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/110ssa14.html>

Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Extraída el 20/03/2017 desde: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/111ssa14.html>

Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Extraída el 20/03/2017 desde: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/113ssa14.html>

Norma Oficial Mexicana NOM-120-SSA1-1994, bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas. Extraída el 20/01/2018 desde: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/120ssa14.html>

Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996, bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, semolas o semolinas. alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, semolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Extraída el 10/01/2018 desde: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/147ssa16.html>

Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba. Extraída el 10/01/2018 desde: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009)

Orrego, C. E. (2003). *Procesamiento de alimentos*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.

Pascual, M. D., y Calderón y Pascual, V. (2000). *Microbiología Alimentaria- Metodología Analítica Para Alimentos y Bebidas*. Madrid: Díaz de Santos.

Planella, I. (1989). *Posibilidades de la agroindustria de granja en el Uruguay*. Montevideo: Instituto Interamericano De Cooperación Para La Agricultura.

Real Academia Española. (2014). Disquisición. En *Diccionario de la lengua española* (23.a ed.). Recuperado el 25/02/2017 de <http://dle.rae.es/?id=EIL4pFW>

Sánchez, V., y Filardo, S. (2016). Productos cárnicos del paste hidalguense. *Industria Cárnica*, 26-28.

Sánchez, M. (2002). *La agricultura de riego en Michoacán*. Zamora: El colegio de Michoacán.

Shafiur, M. (2007). *Handbook of food preservation* (Segunda ed.). Boca Raton: Taylor & Francis Group.

Smith, J., y Hong, L. (2003). *Food Additives Data Book*. UK: Blackwell Science Ltd.

The Cornish Pasty Association. (2016). Make your own genuine cornish pasty. UK: *The Cornish Pasty Association*. Recuperado el 23/07/2017 de <http://cornishpastyassociation.co.uk/about-the-pasty/make-your-own-genuine-cornish-pasty/>

Titus A. M. (2013). *Chemistry of Food Additives and Preservatives*. Republic of South Africa John Wiley & Sons, Ltd.

Zumbado, F. H. (2004). *Análisis Químico de los Alimentos Métodos Clásicos*. La Habana, Cuba: Instituto de Farmacia y Alimentos-Universidad de la Habana.