



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE
CUAUTITLÁN.**

Aprovechamiento de los residuos industriales de
manzana para la obtención de una harina aplicada
en una botana horneada.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

P R E S E N T A:

Gabriela Alejandra Aguirre Castillo

ASESORES:

**Dra. María Andrea Trejo Marqués
M. en C. David Rodrigo López Soto**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Aprovechamiento de los residuos industriales de manzana para la obtención de una harina aplicada en una botana horneada.

Que presenta la pasante: **Gabriela Alejandra Aguirre Castillo**
Con número de cuenta: **413110613** para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 07 de Diciembre de 2017.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	M. en C. María Guadalupe Amaya León	
VOCAL	Dra. María Andrea Trejo Márquez	
SECRETARIO	M. en C. Julieta González Sánchez	
1er. SUPLENTE	Dr. Enrique Fuentes Prado	
2do. SUPLENTE	M. en C. Selene Pascual Bustamante	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/cga*

Dedicatorias

- Este trabajo se lo dedico en primer lugar a Dios por permitirme empezar este proyecto y poner las condiciones propicias para que lo terminara.
- Dedico este trabajo a mis padres quienes siempre me apoyaron y motivaron en esta etapa de mi vida ya que sin ellos no hubiera sido posible este logro, les agradezco por la familia que me dieron y por tanto amor que me demuestran día a día.
- A mis hermanos que me dan su cariño compañía y me hacen saber que nunca voy a estar sola porque los tengo a mi lado, y fueron parte importante para que pudiera lograr esta meta.
- A mis tíos, Boti, Jesus, por ser tan lindos conmigo, por todo su apoyo y cariño, son muy importantes para mí.
- Dedico también este trabajo a mi abuelita Yolanda, todo tu apoyo cariño, comprensión y consejos me impulsaron para poder cerrar este ciclo.
- Tambien quisiera dedicar este trabajo a Alberto Colin, porque a pesar de todo siempre me apoyaste, y fuiste mi compañero en gran parte de este camino, tu ayuda y cariño son invaluable para mi, y parte de este trabajo tambien te lo debo a ti.

Agradecimientos.

- La presente tesis se realizó con el financiamiento del proyecto “Desarrollo tecnológico para el aprovechamiento integral de frutas y hortalizas” (PAPIIT IT201216) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM.
- A la UNAM específicamente a la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, por permitirme ser parte de esta maravillosa escuela y por la formación que me otorgo.
- Agradezco a la doctora Andrea Trejo por todo su tiempo, dedicación a este proyecto, además agradezco todos los conocimientos transmitidos y el apoyo que me brindó para poder realizar mi tesis, así mismo le agradezco abrirme las puertas del departamento de ingeniería y tecnología para poder realizar mi servicio social.
- Así mismo agradezco la ayuda y tiempo otorgados por mis sinodales, la M. en C. María Guadalupe Amaya León, M. en C. Julieta González Sánchez, Dr. Enrique Fuentes Prado, M. en C. Selene Pascual Bustamante, y a mi asesor M. en C. David Rodrigo López Soto.
- A Silvia Jalife porque se convirtió en una segunda madre en la escuela, por procurarme y siempre brindarme su ayuda.
- A Johana Castillo por tu apoyo y ayuda en el taller y por convertirte en una gran amiga.
- A Javier Cruz por ser además de un gran maestro, un gran amigo e instruirme y guiarme.
- A mis amigos que formaron parte de este camino Florencia Bernal, Aurora Granados, Laura Santana, Roberto Cruz, Fernando Veléz, Efraín Cruz.
- A la familia Colín Calvillo por sus consejos, tiempo y cariño.

Contenido

Índice de figuras	III
Índice de tablas	IV
Resumen	1
1. Introducción	3
2. Antecedentes	5
2.1 Generalidades de manzana	5
2.1.1 Composición química de la manzana	6
2.1.2 Producción mundial de la manzana.	8
2.1.3 Producción en México	10
2.1.4 Desórdenes fisiológicos y enfermedades postcosecha.	11
2.2 Hongos productores de micotoxinas en alimentos.	14
2.2.1 <i>Penicillium expansum</i>	15
2.2.2 Patulina	17
2.3 Industrialización de la manzana.....	22
2.3.1. Proceso de elaboración de sidra.....	23
2.3.2 Residuos generados en la industria de la sidra	26
2.4 Harinas	27
2.5 Botanas	28
2.5.1 Industria de las botanas en México.....	30
3. Objetivos.....	32
4. Metodología.....	35
4.1 Cuadro metodológico	35
4.1.2 Pre tratamiento de los residuos.....	36
4.3 Elaboración de harina de Manzana.....	36

4.4 Elaboración de una botana de maíz	37
4.5 Elaboración de una botana con harina de manzana	38
4.6 Técnicas utilizadas	39
4.6.2 Propiedades funcionales de la harina.....	40
4.6.3 Análisis Microbiológico	41
4.6.4 Análisis Químico Proximal	42
4.6.5 Evaluación Sensorial	44
5. Resultados y Discusión.....	47
5.2 Propiedades funcionales de las harinas.	49
5.3 Composición química de las harinas	53
5.4 Evaluación sensorial botanas horneadas.....	56
5.4.1 Evaluación sensorial botana de manzana.	57
5.4.2 Evaluación sensorial de la botana elaborada con los residuos de manzana.	58
5.5 Composición química de las botanas horneadas.	59
5.5.1 Análisis microbiológico.....	62
5.5.2 Elaboracion de una etiqueta para las botanas horneadas adicionadas de harina de manzana.	64
6. Conclusiones.....	65
7. Recomendaciones.	66
8. Bibliografía	67

Índice de figuras

Figura 1. Producción mundial de manzana.....	9
Figura 2. Producción de manzana en México en un periodo de 2009 a 2012.....	10
Figura 3. Estructura general de la especie <i>Penicillium</i>	16
Figura 4. Fruto infectado con <i>Penicillium expansum</i>	17
Figura 5. Estructura química de la patulina.....	17
Figura 6. Diagrama de proceso para la elaboración de sidra.....	24
Figura 7. Residuos de manzana provenientes de la elaboración de sidra.....	36
Figura 8. Diagrama de proceso de la obtención de harina.....	37
Figura 9. Diagrama de proceso de la elaboración de una botana.....	38
Figura 10. Esquema general de una cromatografía en capa fina.....	39
Figura 11. Cuestionario de evaluación sensorial aplicado a la botana de maíz.....	45
Figura 12. Cuestionario de evaluación sensorial aplicado a la botana de manzana.....	45
Figura 13. Cuestionario de evaluación sensorial aplicado a la botana elaborada de residuos de manzana.....	45
Figura 14. Gráfica de capacidad de absorción de agua de harinas de manzana y maíz.....	50
Figura 15. Capacidad de hinchamiento de harinas de manzana a dos tamaños de partícula de 0.850 mm y de 0.425 mm.....	50
Figura 16. Capacidad de absorción de aceite de harinas de manzana a dos tamaños de partícula tamaños de partícula de 0.850 mm y de 0.425 mm.....	51
Figura 17. Evaluación sensorial aplicada a las 2 formulaciones propuestas para la elaboración de una botana de maíz.....	56
Figura 18. Evaluación sensorial de botanas con harina de manzana, 345: 45% de harina de manzana-55% harina de maíz, 730: 30 % de harina de manzana-70% harina de maíz y 515: 15 % de harina de manzana-85% harina de maíz.....	57
Figura 19. Evaluación sensorial de botanas con 45 % harina de residuo de manzana 55% harina de maíz contra una botana elaborada con 100% harina de maíz.....	58
Figura 20. Etiqueta posterior de las botanas horneadas adicionadas de harina de manzana.....	64

Figura 21. Etiqueta frontal de las botanas horneadas adicionadas de harina de manzana.....64

Índice de tablas

Tabla 1 .Principales variedades comerciales de manzana.....	5
Tabla 2 .Composición química de la manzana.....	8
Tabla 3 .Principales fisiopatías de la manzana.....	12
Tabla 4 .Principales enfermedades que afectan a la manzana.....	13
Tabla 5 .Hongos productores de micotoxinas.....	14
Tabla 6 .Principales micotoxinas en alimentos.....	15
Tabla 7 .Características de la patulina.....	19
Tabla 8 .Principales daños a la salud provocados por la patulina.....	20
Tabla 9 .Principales formas de aprovechamiento de residuos.....	27
Tabla 10 .Clasificación de harinas.....	28
Tabla 11 .Clasificación de botanas según su proceso.....	29
Tabla 12 .Normatividad nacional reguladora de las botanas.....	31
Tabla 13 .Formulación para una botana de maíz.....	37
Tabla 14 .Formulaciones propuestas para botanas adicionadas con harina de manzana...38	
Tabla 15 .Presencia de patulina en las diferentes muestras evaluadas	48
Tabla 16 .Comparación de las propiedades funcionales de la harina de manzana y la harina de maíz.....	52
Tabla 17 .Composición química de la harina de maíz nixtamalizado y de manza.....	54
Tabla 18 .Composición química de la botana de maíz comparada con la botana elaborada con 45% de harina de manzan.....	59
Tabla 19 .Conteo de coliformes totales y hongos y levaduras totales en las botanas elaboradas con harina de manzana.....	62

RESUMEN

Resumen

La cantidad de residuos que se generan diariamente del procesamiento de distintos frutos ha generado una problemática económica y ambiental. Por lo cual el objetivo de este trabajo es el aprovechamiento de estos residuos provenientes de la producción de jugos y sidras de manzana, a través de la elaboración de una harina que sea apta para su aplicación en la formulación de una botana horneada.

Las manzanas de la variedad Golden Delicious fueron obtenidas en el mercado del Carmen de Cuautitlán Izcalli, Estado de México y se procedió a simular un proceso de extracción de jugo para posteriormente trabajar únicamente con el residuo generado. También se trabajó con los residuos generados de la producción de sidra procedentes de Zacatlán de las Manzanas, Puebla. Para determinar si había presencia de patulina en las manzanas utilizadas se realizó una cromatografía en capa fina utilizando acetato de etilo para realizar la extracción y como fase móvil tolueno-acetato de etilo-ácido fórmico (5:4:1). Posteriormente se obtuvo una harina por medio de un secado, una molienda y un tamizado en el cual se obtuvieron 2 tamaños de partícula, 0.850 y 0.425 mm. La harina obtenida se caracterizó por medio de un análisis químico proximal y se realizó también una evaluación de las propiedades funcionales de la harina.

La harina de manzana que presentó propiedades funcionales más adecuadas para su aplicación en una botana fue la harina con un tamaño de partícula de 0.850 mm, que tuvo una capacidad de absorción de agua de 8.67 g agua/g harina, una capacidad de hinchamiento de 0.48 mL/g y una capacidad de absorción de aceite de 1.36 mL/g. El contenido de fibra cruda en la harina de manzana fue del 7.69 ± 0.51 %, los carbohidratos presentaron ser un 58.87 ± 0.95 %; mientras que la humedad contenida fue de 10.19 ± 0.14 %, la cantidad de proteínas fue menor a 1.2 %, el contenido de grasa de 0.56 ± 0.03 % y un contenido de cenizas de 2.00 ± 0.25 %. Aunque contiene menor porcentaje de proteína presentó 5 % más de fibra cruda y 0.6 % más cenizas que la harina de maíz. Con esta harina se elaboró una botana horneada variando la concentración de harina de manzana utilizando 15, 30 y 45 %, con estas

Resumen

botanas se realizó una evaluación sensorial, los resultados de esta evaluación indicaron que al utilizar 45 % de harina de manzana en la formulación se obtenía una mayor aceptación del producto final. A la botana elaborada con esta concentración se le realizó un análisis químico proximal, dando como resultado un contenido de carbohidratos del 68 %, 9.78 ± 1.27 % de fibra dietética, 10.5 ± 0.70 % de humedad, 5.23 ± 0.91 % de grasas, 4.35 ± 0.42 % de cenizas y el porcentaje de proteínas fue menor al 1.2 %. Al igual que en las harinas la botana adicionada de harina de manzana resultó más rica en fibra dietética; ya que la botana de maíz sólo presentó 0.69 ± 0.13 % en su composición química. Además, se encontró que los residuos elaborados a nivel laboratorio con manzana obtenida del mercado del Carmen, y los residuos provenientes de la producción de sidra de Zacatlán de las manzanas se encontraron libres de esta micotoxina.

Con esto se concluyó que la harina obtenida de los residuos de manzana tiene las propiedades funcionales adecuadas para ser aplicada en la formulación de una botana horneada, la cual al tener 45 % de esta harina tiene mayor cantidad de fibra y de minerales por lo que resulta conveniente sustituir la harina de maíz para enriquecer a estos productos.

INTRODUCCIÓN

Introducción

1. Introducción

El manzano (*Malus domestica*) es uno de los árboles frutales más cultivados en todo el mundo gracias a que existe una gran variedad de manzanas en el mercado (Golden, Granny, Smith, Gala, Reineta). Desde el punto de vista nutritivo la manzana es una de las frutas más completas y enriquecedoras en la dieta. Un 85 % de su composición es agua, por lo que resulta muy refrescante e hidratante. Los azúcares presentes en esta fruta, en su mayoría fructosa y en menor proporción, glucosa y sacarosa, son de rápida asimilación en el organismo, siendo estos los nutrientes más abundantes después del agua. Además esta fruta es una fuente discreta de vitamina E y aporta una escasa cantidad de vitamina C (FUTAPO, 2014). Uno de los beneficios de su ingesta es el mejoramiento del tránsito intestinal y regula el metabolismo del colesterol gracias a la fibra contenida en la cáscara y a sustancias pecticas que contiene (Yamada, 1996).

De acuerdo con datos de CAFI en el 2016, la producción mundial de manzana, está dominada por China con un 49 % de ésta, lo que equivale a 40 millones de toneladas métricas anuales. En segundo lugar se encuentra EE.UU., con una producción de 4 millones de toneladas métricas; con una cuota del 4 %. Turquía también es un actor importante en el comercio de la manzana, seguido de Polonia e Italia, los primeros países europeos en esta lista con cuotas de mercado del 4 y 3 %, respectivamente.

Las tres variedades más importantes de manzana son en primer lugar la Golden Delicious con 2.546 millones de toneladas métricas, seguida por la variedad Gala con 1.331 millones de toneladas métricas y las manzanas Idared con 1.111 millones de toneladas métricas (CAFI, 2016). La producción de manzana en México alcanza cerca de 3 mil mdp anuales y la superficie destinada a este cultivo es de 62 mil hectáreas, principalmente en el norte del país. Chihuahua es el estado de mayor productor de manzana del país, entre los años 2009 y 2012 participó en promedio con el 67.4 % del volumen y el 66.5 % del valor generado. Durango, Coahuila y Puebla son también entidades importantes en el cultivo de esta fruta y en conjunto generaron el 25.4 % del volumen y el 26.5 % del valor (SHCP, 2014).

Introducción

La manzana es un producto utilizado en diversos procesos como la elaboración de sidra, proceso en el cual se genera una gran cantidad de residuos, uno de ellos es la magaña que es la pulpa obtenida tras ser exprimida. Estos residuos tienden a fermentarse, a ocupar mucho espacio y a generar determinados problemas ambientales como la emisión de gases con efecto invernadero y la contaminación de agua en el proceso de lavado con la adición de detergentes y materia orgánica soluble (CNMA, 2008). Del total de materia contenida en la manzana, alrededor del 65 % va a parar al mosto. Quedando una gran cantidad de materia prima sin aprovechar; sin embargo, se ha descubierto que en estos subproductos del procesado de la sidra existen compuestos de alto valor añadido que pueden ser aprovechados y recuperados. Este es el caso de los compuestos polifenólicos que se pueden extraer de la torta de prensado, con elevada capacidad antioxidante. También se pueden obtener polisacáridos como la pectina y la fibra dietética (AZTI-Tecnalia, 2010). Sin embargo, es importante controlar una problemática que aqueja a la manzana, la cual es la presencia de moho azul atribuido principalmente por la infección por el hongo *Penicillium expansum*. El cual representa un riesgo para la salud por la capacidad que tiene este microorganismo de producir una micotoxina conocida como patulina. Esta micotoxina es resistente al calor y estable a medios ácidos lo cual dificulta su eliminación, se puede presentar en frutos tanto dañados, como en frutos aparentemente sanos por lo que algunos productos ya procesados derivados de este fruto, también presentan patulina (Cabello *et al.* 2012).

Por lo antes mencionado, el presente trabajo tiene como objetivo la obtención de una harina de manzana aplicada a la elaboración de una botana que podría presentar una posible solución ante esta problemática, reduciendo las pérdidas económicas de los residuos industriales, así como el impacto ambiental y social referente a la salud de los consumidores.

ANTECEDENTES

Antecedentes




2. Antecedentes

2.1 Generalidades de manzana

La manzana (*Pyrus Malus o Malus domestica*) es el fruto del manzano, árbol de la familia de las rosáceas, que pertenece al orden de los *rosales* y del género *Malus* (Agustí, 2004). Este árbol puede alcanzar los 10 m de altura y se encuentra distribuido por las regiones templadas de todo el mundo, por lo tanto la manzana es una de las frutas dulces de mayor comercialización a nivel mundial (Gil, 2013). Este fruto es un pomo, de color variable (rojo, amarillo, verde) y forma esférica, achatada y troncocónica, de pulpa blanca, jugosa, aromática y de sabor agradable. Posee semillas pequeñas, de cubiertas marrón oscuro y brillante.




Las variedades de manzana se clasifican de acuerdo con el color de su epidermis, y dentro de ella por su precocidad y características de la coloración (intensidad y tipo de color: liso o estriado). Y aunque existen más de 1000 variedades apenas se comercializa una docena (Gil, 2013). Las manzanas más conocidas a nivel comercial se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales variedades comerciales de manzana.

Tipo	Color	Forma	Sabor	Temporada
Golden Delicious 	Amarillo dorado, su piel es amarilla verdosa con puntos oscuros.	Redondeada y muy regular	Es dulce, aromática, de pulpa jugosa y muy crujiente.	A partir del mes de Septiembre y durante todo el año hasta finales de Agosto siguiente.
Red Delicious 	Alargada y grande	Alargada y grande.	La pulpa es jugosa, blanda, amarillenta y de textura granulada. De sabor dulce, es aromática y agradable al paladar, algo perfumada.	Desde principios de septiembre hasta marzo o abril.
Starking 	Rojo brillante con estrías verdosas	Redondeada	La pulpa es blanca-amarilla, de sabor dulce y muy crujiente.	Desde el mes de agosto hasta el final del invierno

Antecedentes

Tabla 1. Principales variedades comerciales de manzana. (Continuación)

Tipo	Color	Forma	Sabor	Temporada
Granny Smith 	Verde intenso con puntitos blancos	Muy redondeada	Es de textura muy crujiente, de pulpa blanca, muy jugosa y con un sabor pronunciadamente ácido.	Desde la segunda quincena de septiembre hasta junio.
Royal Gala 	Tiene la piel con estrías rojas y naranjas sobre una base de color verde-amarillo.	Redondeada	Su pulpa blanca es muy crujiente, aromática, jugosa y fina. Es de una calidad organoléptica neutra	Desde primeros días de agosto hasta diciembre
Golden Supreme 	Verde con tonalidades rosadas en una de sus caras	Tiene forma globulosa.	Pulpa crujiente, jugosa, ligeramente ácida y poco aromática.	Desde agosto hasta noviembre

Fuente: Gil-Albert (1997).

2.1.1 Composición química de la manzana

El componente principal del fruto debido a su abundancia es el agua, ésta representa hasta un 95 % de la composición química del fruto. Su importancia es grande, ya que permite mantener en disolución muchos de los demás componentes y hace posible las reacciones orgánicas (Gil, 2013).

De entre las sales minerales, el componente principal es el potasio, seguido del fósforo, calcio, magnesio y sodio que son los elementos minerales menos importantes (Gil-Albert 1997). Estos son elementos orgánicos que tienen funciones estructurales (como en los huesos y dientes) y reguladoras dentro del organismo, estos no pueden ser producidos por el organismo, por lo cual es importante incluirlos en la dieta (Gil, 2010).

Los azúcares entre los que destaca la fructosa son los nutrientes más abundantes. La manzana es una fuente discreta de vitamina C comparada con la guayaba fruto que llega a contener hasta 349.35 mg/100g dependiendo la variedad; sin embargo, es un aporte significativo de acuerdo a la dosis diaria que estableció el Instituto Nacional de Saludo, siendo de 90 mg de esta vitamina para una persona adulta (Solarte *et al.* 2012).

Antecedentes

Esta fruta es rica en fibra (2.3 %) de la cual el 70 % es insoluble y el 30 % es soluble. La fibra insoluble son compuestos que debido a su composición química presentan una baja capacidad de absorción de agua, este tipo de fibra actúa en el intestino grueso aumentando el peso y volumen de las heces, acelerando el tránsito intestinal, la celulosa, la hemicelulosa y la lignina son parte de este tipo de fibra. Mientras que la fibra soluble se forma por compuestos capaces de generar soluciones muy viscosas en el estómago y el intestino delgado, esta propiedad de retener agua hace que el proceso de vaciamiento gástrico sea más lento, cuando la fibra soluble llega al colon se convierte en un sustrato altamente fermentable por la microbiota del colon dando como resultado efectos benéficos como el control de la glucemia, este tipo de fibras se compone por mucílagos, gomas, pectina entre otros compuestos (Álvarez, 2006; Soriano, 2011)

De acuerdo a la tabla 2, la manzana tiene en su composición química un 0.5 % de pectina. La pectina es un polisacárido de alto peso molecular y resulta benéfico a la salud ya que es una fuente de fibra dietética debido a su habilidad de formar geles acuosos (Yamada, 1996), la pectina reduce la intolerancia a la glucosa en diabéticos e incluso baja el nivel del colesterol sanguíneo (Heitman *et al.*, 1992).

También destaca por su alta capacidad antioxidante (Gil, 2013) la cual ayuda a la prevención de enfermedades crónicas, la manzana es una fruta que aporta una gran cantidad de componentes fenólicos los cuales se encuentra en su mayoría en la piel de este fruto (Wolfe, 2003).

A continuación en la tabla 2 se muestra la composición química de la manzana de la variedad Golden Delicious.

Antecedentes

Tabla 2 .Composición química de la manzana

Componente	Cantidad
Agua	85-93%
Azúcares Totales	9-14%
Ácidos Orgánicos	1.5%
Grasas	0.3-0.4%
Celulosa Bruta	0.8-1.7%
Proteína	0.02-0.1%
Sales minerales (Cenizas)	0.2-0.45
Pectinas	0.4%
Taninos	0.007-0.16%
Vitamina A	50-100 UI
Vitamina C (ácido ascórbico)	0.5-20mg /100g

Fuente: Gil-Albert(1997)

2.1.2 Producción mundial de la manzana.

Durante el periodo de 2008 y 2010 la producción mundial de manzanas osciló alrededor de 70 millones de toneladas, mostrando un incremento de 75 millones en el 2011 (Bravo, 2013). Por otra parte, la WAPA (Asociación Mundial de Peras y Manzanas, por sus siglas en inglés) registra una producción de 69,5 millones de toneladas en 2010, con leves variaciones entre los años 2008 y 2010. En el año 2013 fue de 80.822.521 t de las cuales China produjo 39, 684,118 t casi el 50% del total siendo el mayor productor como se muestra en la figura 1 (Toranzo, 2016).

Antecedentes

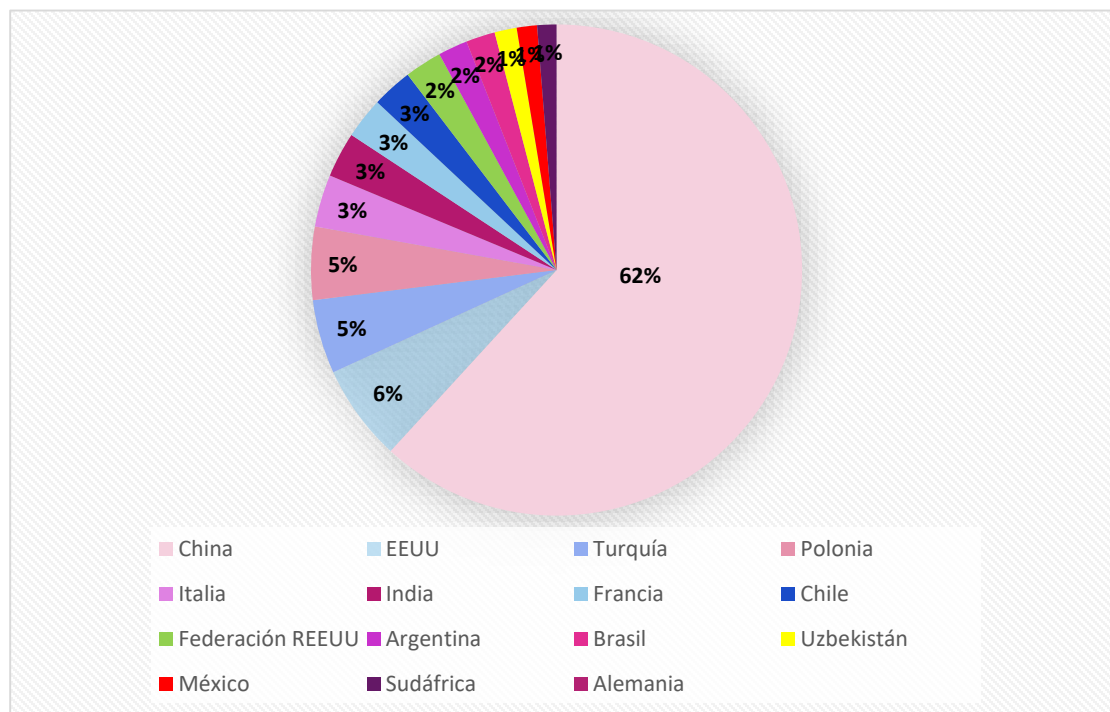


Figura 1: Producción mundial de manzana.

Fuente: **Elaboración propia con información de Toranzo (2016).**

El ingreso de China al mercado de las manzanas significó un impacto importante en el comercio mundial de esta fruta ya que la producción de este país a principios de los 90 es casi la misma cantidad de lo que exporta actualmente. Se debería esperar que la producción de China siga subiendo ya que se continúa plantando manzanas, incluso comprando plantas en países de Europa. La principal variedad producida por China es Fuji con un 70 %, luego otras como Gala, Quingguan, Red Delicious y Golden Delicious sobre una superficie aproximada de 2.3 millones de hectáreas. Un 30 % del total de la superficie sembrada se encuentra en la provincia de Shaanxi. Están plantando en mayor densidad, con incremento de la mecanización y a fin de disminuir costos la técnica del embolsado de la Fuji es menos usada (Toranzo, 2016).

De acuerdo a su valor comercial, las exportaciones mundiales de manzanas son lideradas por Estados Unidos, con 1 080 millones de dólares (USD) y una participación de 16.9 % de las exportaciones mundiales totales. China se ubica en el segundo lugar, con una participación de 15 % y exportaciones por 960 millones USD. Le sigue Italia, con una participación de 14.7 % y 940 millones USD. Mientras que Chile sube al cuarto lugar entre los mayores

Antecedentes

exportadores mundiales de manzanas, con exportaciones de USD 720 millones y 11.2% de participación (Bavo, 2013).

2.1.3 Producción en México

La producción de manzana en México alcanza cerca de 3 mil mdp anuales y la superficie destinada a este cultivo es de 62 mil hectáreas, principalmente en el norte del país. Hasta el año del 2011, el volumen de producción fue de cerca de 600 mil toneladas; sin embargo, en el 2012 se observó una caída de 40 % respecto al año anterior, llegando apenas a las 375 mil toneladas, debido a la sequía que predominó en la zona norte y que se reflejó en una caída del rendimiento desde 10 ton/ha en los últimos diez años a 6 ton/ha. Para el cierre del 2016 se obtuvo una producción total de 716,930 toneladas, con un valor de 4.66 mil millones de pesos, en una superficie cosechada de 54,248 hectáreas (SIAP, 2017) Como se muestra en la figura 2 Chihuahua es el mayor productor de manzana del país, entre los años de 2009 y 2012 la entidad participó en promedio con aproximadamente el 67.4 % del volumen y el 66.5 % del valor generado. Los estados de Durango, Coahuila y Puebla son también entidades importantes en el cultivo de esta fruta y en conjunto las tres entidades generaron el 25.4 % del volumen y el 26.5 % del valor. En el 2016 Chihuahua aportó 81.8% del volumen nacional recolectado, seguido por los estados de Durango y Puebla con el 5.9% y 5.2%, respectivamente (SIAP, 2017)

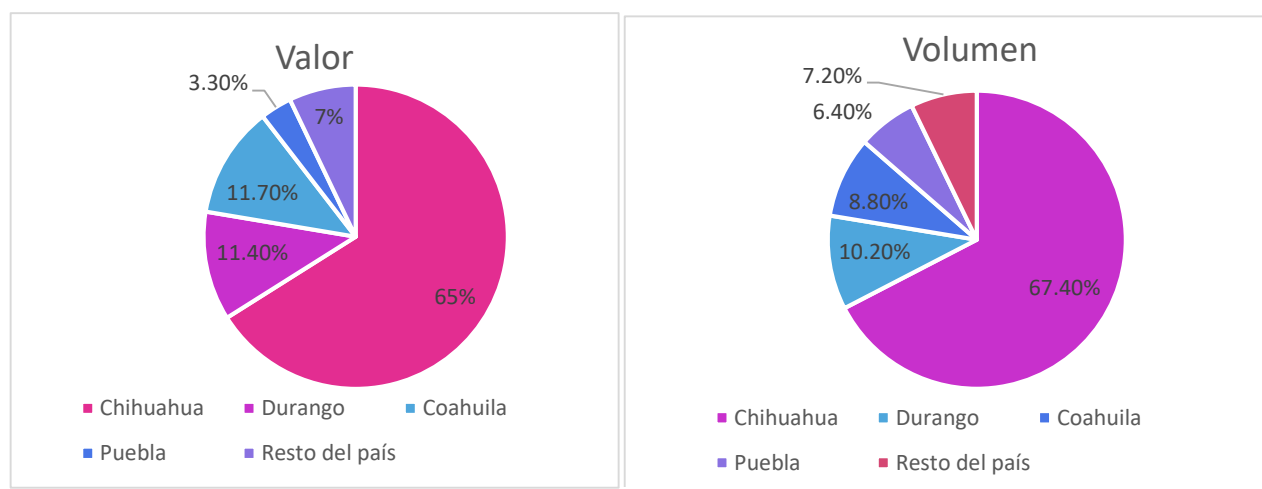


Figura 2. Producción de manzana en México en el periodo de 2009 a 2012

Fuente: SIAP – SAGARPA (2014)

Antecedentes

El consumo aparente en México es de cerca de 800 mil toneladas anuales y las importaciones en los últimos 10 años han sido en promedio de 210 mil toneladas, lo que equivalen al 21 % y 30 % del consumo de esta fruta (SHCP, 2014). Por su parte, el “Atlas agroalimentario 2016” publicado por SAGARPA destaca que el consumo per cápita de manzana en el país es de 8.8 kilogramos y es en la estación de otoño cuando existe mayor disponibilidad de frutos maduros (SIAP, 2017).





2.1.4 Desórdenes fisiológicos y enfermedades postcosecha.

En México la presencia de enfermedades y plagas es ocasionada principalmente por microorganismos, otros organismos o deficiencia de nutrientes en el manzano y su fruto, generando grandes pérdidas en la producción de la manzana. Estos problemas repercuten en la economía de los estados productores de este fruto, por lo que su conocimiento es fundamental para evitar tales pérdidas. Si bien una planta puede sufrir el ataque de una plaga o un agente patógeno, en caso de los manzanos y perales en la formación de sus frutos estos resultan especialmente vulnerables debido a su alto contenido en azúcares y agua por ello es necesario implementar barreras o trampas que mantengan a los frutos en plena maduración a salvo de plagas y enfermedades (Greenwood *et al.*, 2009).

Las principales fisiopatías que afectan a las manzana (*Malus sp.*) son la escaldadura (storage scald), picado amargo (bitter pit), pardeamiento interno (internal browning) y corazón acuoso (watercore) (Mitcham *et al.*, 2002, Matzinger y Tong, 2008). Las principales fisiopatías se explican en la Tabla 3.

Antecedentes

Tabla 3. Principales fisiopatías de la manzana.

Fisiopatía	Características	Imagen
Escaldadura	El síntoma se presenta con una coloración café en la cáscara, el daño no llega a sobrepasar la pulpa	
Picado o mancha amarga	Se debe a deficiencias nutricionales en la planta, especialmente relacionado con carencias de calcio, excesos de nitrógeno y potasio	
Pardeamiento interno	Esta fisiopatía es generada por problemas de intolerancia a elevadas concentraciones de dióxido de carbono, cuando la fruta es almacenada utilizando atmósferas controladas	
Corazón acuoso	Este daño es ocasionado por la acumulación de sorbitol en los espacios intercelulares de los tejidos que componen la pulpa	

Fuente: Mitcham *et al.*, 2002; Jones *et al.*, 2007.

El moho gris (*Botrytis cinerea*) y azul (*Penicillium expansum*) se consideran los principales problemas patológicos que inciden sobre esta fruta en la etapa postcosecha los cuales se describen en la Tabla 4 (Mitcham *et al.*, 2002, Matzinger y Tong, 2008).

Antecedentes

Tabla 4. Principales enfermedades que afectan a la manzana.

Enfermedad	Características	Imágenes
OÍDIO DEL MANZANO <i>(Podosphaera leucotricha)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • La yema de la flor infectada se deforma y florece más tarde. • Los frutos pueden deformarse. 	
ROÑA O MOTEADO DEL MANZANO (<i>Venturia inaequalis</i>)	Hojas: Manchas aceitunadas, oscurecidas y regulares. Flores: moteado aparece generalmente después de la floración Fruto: la enfermedad obstaculiza su desarrollo, se deforman, agrietan y caen.	
Moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>):	Es el hongo responsable 20-60% de las pérdidas postcosecha de las manzana	
Podredumbre del corazón o corazón mohoso (Géneros <i>Alternaria</i>, <i>Fusarium</i> y <i>Penicillium</i>)	Podredumbre seca, de color gris oscuro afecta las semillas y el corazón del fruto con consistencia blanda y acuosa que afecta la pulpa del fruto.	
Moho azul (<i>Penicillium expansum</i>)	Este microorganismo penetra la fruta por las heridas, causando suavidad y acuosidad en la zona dañada y es productor de la micotoxina llamada patulina.	

Fuente: Johan *et al.* (2007); INFOAGRO (2013); Viñas *et al.*,(2006).

Antecedentes

2.2 Hongos productores de micotoxinas en alimentos.

Todos los frutos pueden ser atacados por diversos microorganismos, como los hongos los cuales son capaces de producir micotoxinas dañinas a la salud humana. Las micotoxinas presentes en alimentos son producidas principalmente por 5 tipos de hongos: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Claviceps* y *Alternaria*. En la Tabla 5 se enlistan las micotoxinas producidas por los diferentes microorganismo (Antón y Lizaso, 2001).

Tabla 5. Hongos productores de micotoxinas.

Hongo	Micotoxina
Aspergillus	Aflatoxinas Sterigmatocistina Ocratoxina A
Fusarium	Tricotocenos (DON, NIV, Toxina T2, DAS) Zearalenonas Fumonisinias Fusarina Moniliformina
Penicillium	Patulina Citrinina Ocratoxina A
Alternaria	Alternariol Ácido tennazónico
Claviceps	Alcaloides

Fuente: Elaborada con información de Antón y Lizaso (2001)

Muchos hongos no son productores de micotoxinas incluso pudiendo invadir el grano o fruto, por lo que un producto enmohecido no tiene por qué ser necesariamente tóxico. Del mismo modo, puede detectarse una micotoxina sin la presencia del hongo productor, ya que éste puede haber sido inhibido por procesos químicos o por alteración de los factores ambientales mientras que las micotoxinas siguen permaneciendo en la fruta. Hasta el momento, se han identificado más de 200 tipos de micotoxinas; sin embargo, las que pueden encontrarse con mayor frecuencia como contaminantes naturales en los alimentos para animales o humanos son las siguientes: aflatoxinas (B1, B2, G1, G2 M1), ocratoxinas, zearalenona, tricotecenas (vomitoxina, T-2, nivalenol, DON), citrinina, patulina y fumosinas (B1 y B2) (Antón y Lizaso, 2001).

Antecedentes

En climas tropicales y subtropicales el desarrollo fúngico se ve favorecido por factores como humedad relativa y alta temperatura (Gallego, 2010). En la Tabla 6 se muestra un resumen de las principales toxinas encontradas en alimentos.

Tabla 6. Principales micotoxinas en alimentos.

Micotoxina	Hongo Productor	Efectos Tóxicos	Alimentos Implicados
Aflatoxinas (B1, B2, G1, G2 y M1)	<i>Aspergillus</i>	Hepatotóxica, inmunotóxica, teratogénica	Maíz, arroz, cacahuete, pistachos, nueces, girasol, soja, leche y productos lácteos, especias
Ocratoxinas (A)	<i>Aspergillus</i>	Nefrotóxica, inmunotóxica, teratogénica, mutagénica, embriotóxica, trastornos neurológicos	Maíz, trigo, cebada, centeno, avena, arroz, uvas, zumo de uvas, vino, cerveza, café, cacao, regaliz, especias
Fumonisin (B1, B2)	<i>Fusarium</i>	Neurotóxica, inmunotóxica, nefrotóxica, hepatotóxica	Maíz, trigo, soja, cebada, cerveza
Tricotecenos (Deoxinivalenol, T2 y HT-2)	<i>Fusarium</i>	Necrosis cutáneas, alteraciones digestivas, hemorragias, taquicardia, inmunotóxica, hematotóxica, neurotóxica	Trigo, maíz, cebada, cerveza, centeno, avena
Zearalenona	<i>Fusarium</i>	Efectos estrogénicos, problemas reproductivos	Maíz, trigo, cebada, centeno, avena, cerveza
Patulina	<i>Penicillium</i>	Trastornos gastrointestinales, neurológicos, cancerogénica nefrotóxica, mutagénica	Manzana, zumos y sidra

Fuente: Elaborada con información de ELIKA (2017)

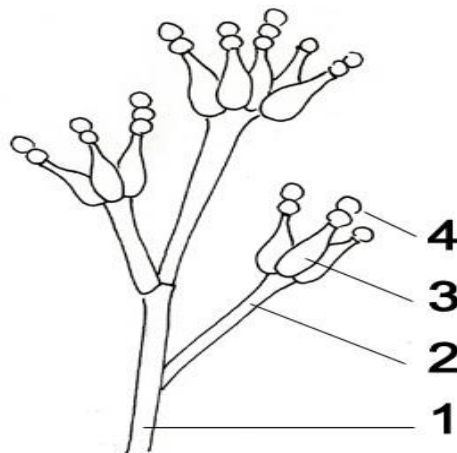
2.2.1 *Penicillium expansum*.

Penicillium expansum es un hongo filamentoso e incoloro que pertenece al filio de los acomicetes (Ascomycota), de la clase Eurotiomycetes, del orden Eurotiales, dentro de la familia taxonómica *Trichomaceae* (Contreras, 2013). *Penicillium expansum* es un psicrófilo que puede crecer a 0°C, pero que también puede crecer a -2 ó -3 °C aunque la temperatura óptima de crecimiento es de 25 °C y la máxima de 35 °C y puede producir la micotoxina patulina a temperaturas de entre 0 y 25 °C. La actividad de agua mínima que se necesita para su germinación es de 0.82 a 0.83, tiene bajo requerimiento de oxígeno, debido ya que se han

Antecedentes

encontrado colonias en atmósferas con niveles de oxígeno menores al 2 % y hasta un 15 % de dióxido de carbono (Soriano del Castillo, 2007).

Su forma reproductiva es asexual, los conidióforos crecen de tal manera que forman un denso cepillo como un cojinete, los penicilios generan conidios, un tipo de espora caracterizada por formarse directamente en la hifa. El conidióforo, la parte vegetativa del cuerpo fructífero se ramificará dando lugar a la métula, un tipo celular intermedio. En el extremo de la métula aparece un tipo celular con forma de botella, llamado fiálide. En el extremo de las fiálides es donde crecerán las ascosporas, una o varias una encima de otras. Las esporas más pegadas a la fiálide son las más jóvenes y las más alejadas son las más viejas y se acaban soltando para dispersar el hongo. Por lo general tan solo las esporas tienen color y éste es normalmente azul (Contreras, 2013). En la Figura 3 se pueden observar estas estructuras.



1. Conidióforos; 2. Métula; 3. Fiálide; 4. ascospora

Figura 3. Estructura general de la especie *Penicillium*.

Fuente: Contreras R. 2013

Antecedentes

Los daños provocados por hongos causan pérdidas durante la cosecha del fruto, en más del 80 % son atribuidas a la pudrición azul ocasionada por *Penicillium expansum* que es capaz de desarrollarse por debajo de 0 °C (Spotts *et al.*, 1999). Los frutos atacados por este hongo manifiestan un olor a humedad y las zonas de lesión consisten de masas blandas en general de color marrón claro, con margen definido, la superficie de la zona afectada se cubre de un micelio blanquecino cambiando de color azul o azul-verdosa (Figura 4). La zona esporulada llega a cubrir toda la zona afectada, con esporulación abundante y esporas de fácil separación del micelio (Viñas *et al.*, 2006).



Figura 4. Fruto infectado con *Penicillium expansum*

Fuente: Pereañez E. 2014.

Uno de los grandes problemas que puede generar este hongo se debe a que las esporas pueden llegar a sobrevivir durante largas temporadas en los contenedores de madera, paredes, techos de los frigoríficos, donde el hongo puede crecer y reproducirse (Snowdon, 1990).

Este hongo es considerado el mayor productor de patulina en alimentos, especialmente en frutos de cáscara blanda como la manzana. El *Penicillium expansum* está involucrado en la mayoría de los problemas de putrefacción en manzanas y peras y es el mayor productor de patulina en jugos de manzana y otros productos de manzana y pera, también pudiendo afectar otras frutas tales como: tomate, frutilla, palta, banana, mango, uva, durazno y damasco (Jackson y Dombrink Kurtzman, 2006).

2.2.2 Patulina

La estructura química de la patulina es 4-hidroxi-4H-furo[3,2-c]piran-2(6H)-ona, como se muestra en la Figura 5 (Ortega, 2011). Los primeros estudios sobre patulina datan de la década de los 40 del siglo XX, cuando se la aisló por primera vez y se le determinó su actividad antimicrobiana debido a su capacidad de inhibir más de 75 especies de bacterias, tanto Gram positivas como Gram negativas, estudiando la posibilidad de su empleo como

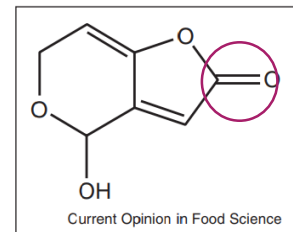


Figura 5. Estructura química de la Patulina.

Fuente: (Al Wright, 2015)

Antecedentes

antibiótico. Durante esta década los estudios sólo tendían a su uso con fines medicinales por tal razón fue probada como tratamiento de una simple gripa hasta como en unguento para curar infecciones micóticas, pero los estudios en animales revelaron que sumada a su capacidad antimicrobiana posee efectos tóxicos (Jackson y Dombrink-Kurtzman, 2006)

La patulina es una micotoxina producida por gran número de diferentes hongos de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Byssochlamys*; y entre las principales especies se encuentran: *Aspergillus clavatus*, *A. giganteus*, *A. terreus*, *Byssochlamys fulva*, *B. nivea*, *Paecilomyces variotii*, *Penicillium carnuem*, *P. claviforme*, *P. clavigerum*, *P. concentricum*, *P. coprobi*, *P. cyclopium*, *P. cyaneo-fulvum*, *P. dipomycola*, *P. equinum*, *P. expansum*, *P. gladicola*, *P. granularum*, *P. griseofulvum*, *P. lanosum*, *P. lapidosum*, *P. melinii*, *P. novae-zeelandiae*, *P. roqueforti*, *P. sclerotignum* y *P. vulpinu* (Harrison, 1989; Jackson y Dombrink – Kurtzman, 2006). Sin embargo *P. expansum* es el responsable de la contaminación en pomáceas como la manzana y los productos derivados de este fruto (Welke *et al.*, 2010). Pueden encontrarse en futas, hortalizas, quesos y cereales enmohecidos, así como en forrajes. La patulina se encuentra por contaminación natural por medio de *Penicillium* spp. en numerosas frutas y legumbres en forma fresca y procesadas (jugos, salsas, mermeladas, jaleas) pero la contaminación más frecuente es la provocada por *Penicillium expansum* que se encuentra en determinadas formas de podredumbre de las manzanas, tales como el “moho azul”, dañadas en la superficie. Sin embargo, no puede excluirse la presencia de Patulina en frutas aparentemente sanas (CODEX, 1999). En la Tabla 7 se mencionan las principales características de la patulina.

Antecedentes

Tabla 7.Características de la patulina

Propiedad	Características
Punto de fusión	111°C
Solubilidad	Soluble en agua, metanol, etanol, acetona, acetato de etilo, éter y cloroformo. Insoluble en benceno y éter de petróleo.
Máximo de absorbancia	275 nm
Estabilidad	Estable en medio ácido.
Perdida de actividad biológica	En exposición con ácido sulfúrico 2N durante seis horas a ebullición, de igual manera en medios alcalinos ya que se hidroliza. Se reduce en presencia de SO ₂ y en condiciones de fermentación.
Condiciones óptimas de desarrollo en la manzana	pH de 6 y una temperatura de 17 °C

Fuente: Tabla elaborada con información de Ortega (2011) y Soriano (2007)

La principal afección que provoca esta toxina en humanos es alteraciones al hígado, nefrona, así como desarrollo de carcinomas. Durante su ingesta se han dado casos de náuseas y vómitos, se ha considerado también inmunosupresiva (Gimeno y Ligia, 2011). Su posible actividad carcinogénica se debe al doble enlace en la posición 4 de la molécula de lactona, este compuesto altera la síntesis de ARN y ADN inhibiendo la acción de la enzima ARN polimerasa. Esta micotoxina puede inhibir la síntesis de proteínas secuestrando la molécula aminoacil-ARNt y modificar el metabolismo de la célula inhibiendo a las enzimas lactato deshidrogenasa, aldolasa y la adenosina trifosfatasa o ATPasa (Soriano 2002; Riley y Showker, 1991).

A nivel celular se ha demostrado que la patulina tiene efectos que incluyen la disrupción de la membrana plasmática, inhibición de la síntesis de proteínas, inhibición del transporte de aminoácidos dependiente del sodio, interrumpe también la traducción y la transcripción, además de inhibir la síntesis de ADN. Así mismo se ha demostrado que induce la formación de acoplamiento cruzados de las proteínas a nivel intra e inter molecular, esto se lleva a cabo con el grupo tiol de la cisteína pero también ocurre en las cadenas laterales de lisina e histidina y grupos amino (Soriano, 2007).

Antecedentes

2.2.3 Efectos en la salud causados por patulina

Como muchas otras toxinas la patulina se consideró carcinogénica hasta que en 1986 la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer en su revisión 40 concluyó que no podría hacerse una evaluación de la carcinogenicidad para los seres humanos y que no había pruebas suficientes en animales de experimentación y la clasificó como agente del grupo 3. Los agentes incluidos en este grupo no pueden ser clasificados como sustancias cancerígenas en humanos. Se ha demostrado que causa hemorragias y promueve la formación de edemas inflamación gastrointestinal e insuficiencia renal. Se ha determinado que su ingesta máxima tolerable por día es de 0.4 mg/kg de peso (Calvo y Mendoza, 2002). En EE.UU el límite es de 50µg/Kg en jugos y sidras, 25µg en productos sólidos y 10 µg en alimento para bebe (Moake, 2005). En la Tabla 8 se muestra un resumen de los principales daños a la salud provocados por la patulina.

Tabla 8. Principales daños a la salud provocados por la patulina.

Síntomas agudos	Agitación. Convulsiones Congestión pulmonar. Edema. Hiperemia. Distensión de tracto gastrointestinal. Náuseas. Degeneración de las células del epitelio Hemorragia e inflamación intestinal.
Síntomas crónicos	Genotóxica Neurotóxica Inmunotóxica Inmunosupresiva Teratogénica
Efectos a nivel celular	Disrupción de la membrana plasmática Inhibición de la síntesis de proteínas Disrupción de la transcripción y traducción. Inhibición de la síntesis de ADN. Inhibición del transporte de aminoácidos acoplados al sodio. Inhibición de la ARN polimerasa. Inhibición de la aminoacil – tRNA sintetasa. Inhibición de la aldolasa molecular. Inhibición de ureasa. Formación de proteínas reticulares.

Fuente: Soriano (2007)

Antecedentes

2.2.3.1 Métodos de control de la patulina.

En un estudio realizado por Funes en el 2011 se encontró que de un total de 4633 muestras de jugo de manzana 57.4 % estaban contaminadas por patulina en una concentración de 1.4 µg/kg hasta 115µg/kg; mientras que en jugos concentrados se encontraron concentraciones de 3.2 µg/kg hasta 1227 µg/kg. El puré de manzana presentó contaminación en 7.2 % de un total de 97 muestras, donde se encontró una concentración mínima de 10 µg/kg y máxima de 86 µg/kg, en el caso de alimentos para bebé el 13.8 % de las 312 muestras dieron positivo con valores de 0.2 µg/kg hasta 11.7 µg/kg. Por lo cual es importante tener métodos de control de esta micotoxina.

Antes de la cosecha es posible que se produzca una proliferación del hongo *Penicillium expansum* y por lo tanto la contaminación con patulina que prolifera en la fruta dañada y excesivamente madura. El empleo de buenas prácticas agrícolas reducen los daños físicos y de esta forma la contaminación con esta micotoxina. La contaminación con patulina después de la cosecha puede reducirse considerablemente almacenando el producto a una temperatura inferior a 10 °C y reduciendo al mínimo la duración de almacenamiento. Es importante sólo almacenar los frutos sanos, retirando las manzanas visiblemente mohosas. Se ha comprobado que el lavado y la pulverización a presión son procedimientos que pueden reducir el contenido de patulina de las manzanas. En cuanto a los jugos de manzana se puede reducir el contenido de patulina mediante la filtración con la que se elimina la patulina unida a partículas sólidas de la pulpa de manzana. Aunque la patulina no se destruye con temperatura, la pasteurización destruye las esporas de *Penicillium expansum* y evita la posible proliferación posterior de mohos y de producción posterior de patulina (FAO, 2003).

Recientes estudios demuestran que algunas levaduras y bacterias específicas tienen la habilidad de degradar o inactivar a la patulina, y se han utilizado como una forma de control del *Penicillium expansum* como lo es el caso de las levaduras *Rhodospiridium kratochvilovae* (Castoria *et al.*, 2005), *Lactobacillus plantarum* (Hawar *et al.* 2013); el cual degrada a este compuesto en hidroascladio y la *Kodameae ohmeri* que degrada a la micotoxina en E-ascladio y Z-ascladiol, algunas levaduras como *Metschnikowia* también son útiles para la

Antecedentes

protección de frutos contra esta micotoxina aunque aún no se identifica el compuesto obtenido de esta degradación (Dong *et al.*, 2015). Así mismo hay bacterias que son capaces de metabolizar a la patulina a su pared celular por ejemplo bacterias ácido lácticas y *Alicyclobacillus sp.* (Yuan *et al.*, 2014).

De acuerdo con Funes (2011), la adición de ácido ascórbico (500 ppm) y dióxido de azufre (100 ppm) para clarificar los jugos de manzana reducen el contenido de patulina hasta en un 25 %. Brackett y Marth en 1979 adicionaron ácido ascórbico en jugos de manzana contaminados y reportaron la desaparición de la toxina dentro de las tres semanas de agregado. Resultados similares fueron mostrados por Lovett y Peeler (1973), quienes comprobaron que el agregado de ácido ascórbico aumenta la velocidad de degradación de la patulina en soluciones acuosas, donde simulaban las condiciones existentes en un jugo de frutas. En esa misma línea Drusch *et al.* (2007) mostraron la baja estabilidad de la patulina en modelos acuosos cuando se agrega ácido ascórbico

2.3 Industrialización de la manzana

El consumo de la manzana en nuestro país es principalmente en fresco. Esta forma abarca entre el 70-75 % del total de la producción del país, mientras que el restante 30-25 % es para uso industrial. En lo que se refiere a consumo en fresco, cabe señalar que a pesar de que éste depende principalmente de las condiciones socioeconómicas de la población, para el caso de la manzana el consumo nacional por habitante se ha incrementado hasta alcanzar actualmente un promedio del orden de 7.7 kg/año en el 2006, situando a la manzana en la cuarta fruta más consumida del país (Comité Estatal Sistema Producto Manzana del Estado de Chihuahua, 2012).

Con respecto al uso industrial, encontramos un número importante de productos que se derivan de la manzana, como la elaboración de jugos, refrescos o bien elaboración de alimentos azucarados. En tal caso, podemos clasificar los derivados de la industrialización de la siguiente manera (Comité Estatal Sistema Producto Manzana del Estado de Chihuahua, 2012):

Antecedentes

- 1.- Obtención de ácido málico, empleado en la industria farmacéutica y en la alimentaria como sustituto del ácido cítrico.
- 2.- Producción de jugos concentrados y congelados para la elaboración doméstica de bebidas refrescantes de origen natural al adicionarles agua.
- 3.-Elaboración de ates de manzana, mermeladas y productos azucarados
- 4.- Fabricación de vinos y aguardientes. Principalmente la sidra.

2.3.1. Proceso de elaboración de sidra

Es la bebida resultante de la fermentación alcohólica, total o parcial, de la manzana fresca o de su mosto. Su graduación alcohólica mínima adquirida será de un 5 % en volumen. Se denomina seca a la sidra que contiene menos de 30 g/L de azúcares, semiseca entre 30 y 50 g/L y dulce cuando contiene más de 50 g/L hasta su límite máximo de 80 g/L (Sidra de Asturias, 2017).

En un reportaje publicado en el periódico *El Economista* en el 2013 revela que el estado de Puebla, en el municipio de Zacatlán abastece el 30 % de la producción total de sidra generando 12 millones de pesos. La producción de sidra de esta entidad se distribuye principalmente en el Estado de México, Tlaxcala e Hidalgo, mientras que a nivel internacional, el estado exporta 30 mil unidades a España y Francia. La producción total es de entre 30,000 y 40,000 cajas, considerando que cada una trae ocho botellas, ésta fue de 320,000 unidades, con lo cual la localidad se posiciona como el mayor productor en el estado, seguido de Huejotzingo, con 150,000 botellas al año.

Antecedentes

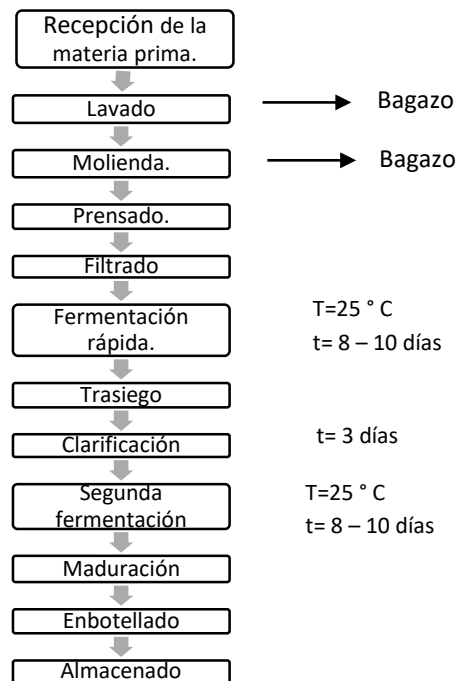


Figura 6. Diagrama de proceso para la elaboración de sidra

Fuente: Elaborado con información de Sidra de Asturias (2013).

Los productores de sidra de Asturias, reportaron en el 2013 la forma más común de elaborar sidra la cual consta de los siguientes 12 pasos:

1. Recolección de la manzana: Inicia en la segunda quincena de Octubre de cada año, aunque depende del estado de maduración de las manzanas, este proceso se realiza de forma manual.
2. Recepción de la materia prima: Las manzanas se reciben en una báscula y se realiza un primer análisis visual rechazando aquellas que presentan una anomalía.
3. Lavado: Se realiza con agua a presión con el fin de eliminar toda suciedad adherida a las mismas. Después de esta limpieza los operarios seleccionan manualmente aquellas unidades que no se encuentran en condiciones óptimas.
4. Molienda: En la trituradora se lleva el magayado, dicha trituración se realiza con molinos eléctricos, es importante seleccionar la graduometría de la magaya o pulpa

Antecedentes

triturada para evitar que sea excesivamente pequeña lo cual taparía los conductos por donde sale el mosto o demasiado grande dejando trozos de manzana sin triturar.

5. Prensa o lagares: En este momento, el primer mosto o sidra dulce comienza a depositarse en la base del lagar. Las prensas pueden ser de madera o prensas hidráulicas de acero inoxidable. Una vez lleno cada lagar con manzanas mayadas y tras unas horas de reposo de la magaya comienza el cortado del llagar, proceso que consiste en hacer un canal a lo largo del perímetro del lagar facilitando la salida del mosto. La magaya cortada se coloca sobre la otra para volver a ser prensada. Al cabo de 3 ó 4 días la magaya es extraída de la prensa completamente exprimida. Una vez extraído el mosto se bombea hacia los toneles donde la sidra dulce proveniente de las prensas está en disposición de fermentar.
6. Filtrado: Este proceso trata de almacenar el mosto frío de 12 a 24 horas en unos tanques, donde mediante el enfriamiento y el reposo del mosto, las partículas no deseadas se posan en fondo, y al filtrarlo se consigue la limpieza y aclaramiento del zumo
7. Fermentación: El mosto por acción de las levaduras junto con las bacterias del entorno se va transformando en sidra con desprendimiento del anhídrido carbónico. Durante la fermentación alcohólica los azúcares son transformados en un gran número de componentes entre los que destacan como productos mayoritarios el etanol y CO₂.
8. Trasiegos rotativos: Consiste en trasladar la sidra que se encuentra en un depósito a otro depósito para eliminar impurezas y homogeneizar la sidra.
9. Clarificación: Las botellas son colocadas en pupitres para la decantación de las levaduras, que se depositan en el cuello de la botella.
10. Segunda fermentación: Dicha fermentación la llevan a cabo las bacterias lácteas, que son las que convierten al ácido málico que contiene la sidra en ácido láctico. La fermentación maloláctica provoca un descenso importante de la acidez de la sidra.
11. Embotellado: El embotellado se realiza durante todo el año, según los pedidos y las necesidades del mercado y consiste en el llenado, encorchado y etiquetado de las botellas.
12. Almacenado: la sidra debe almacenarse al menos por 5 meses.

2.3.2 Residuos generados en la industria de la sidra

Los residuos generados en este proceso, regularmente son los restos de manzana tras ser exprimida, son un problema para el productor. Son restos que se fermentan y llegan a ocupar mucho espacio y generan determinados problemas ambientales. De este proceso se obtienen cuatro tipos de residuos: la manzana defectuosa que no pasa por la prensa, la pulpa de la manzana que queda de la extracción de manzana de mosto, las lías de decantación de mosto, y las lías de decantación de sidra. Del total de materia contenida en la manzana, alrededor del 65 % va a parar al mosto. Queda una gran cantidad de materia prima sin aprovechar, y además se debe tener en cuenta que la producción de sidra ha ido en aumento en los últimos años (AZTI-Tecnalia, 2012).

Destinar estos residuos para alimentación animal o abono no aporta un gran valor añadido. Además, los ganaderos solamente pueden contar con este alimento durante unas pocas semanas del año; sin embargo, se ha descubierto que en estos subproductos del procesado de la sidra existen compuestos de alto valor añadido que pueden ser aprovechados o recuperados. Es el caso de los compuestos polifenólicos que se pueden extraer de la torta de prensado, los cuales presentan una elevada capacidad antioxidante. Además, se les atribuye propiedades beneficiosas para la salud, como la disminución de riesgo de cáncer de colon y la disminución de presión arterial (Arranz, 2012). También se puede obtener polisacáridos como la pectina y la fibra dietética (AZTI-Tecnalia, 2012). Así mismo estos residuos son aplicables para la elaboración de dulces como lo son los ates y las harinas. En la Tabla 9 se muestran las principales formas de aprovechar este tipo de residuos.

Antecedentes

Tabla 9. Principales formas de aprovechamiento de residuos.

Método	Descripción
Compostaje 	El compostaje es el producto final obtenido mediante un proceso de descomposición biológica de la materia orgánica.
Lombricultura 	Técnica en la que además del abono, se puede obtener proteína animal usando para ello la lombriz roja californiana que se alimenta de la materia orgánica y la convierte en humus o abono natural
Extracción de pectinas 	Son sustancias blancas amorfas que forman en agua una solución viscosa; combinadas en proporciones adecuadas con azúcar y ácidos, forman una sustancia gelatinosa utilizada como espesante
Fibra dietética (alimento para animales y humanos) 	Constituyente que da firmeza y textura fuerte a las estructuras externas de las frutas. Posee efectos preventivos contra determinadas enfermedades cardiovasculares y ayuda a mejorar la función gastrointestinal.
Elaboración de subproductos 	Estos residuos son aptos para la elaboración de dulces como ates, mermeladas y harinas.

Fuente: Tabla elaborada con información de Yepes *et al.* (2008)

2.4 Harinas

Se conoce como harina al polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón (leguminosas, tubérculos, raíces). El denominador común de las harinas vegetales es el almidón, que es un carbohidrato complejo (Barriga, 2003). Se puede obtener harina de distintos cereales, aunque la más habitual es la harina de trigo, también se utilizan

Antecedentes

harina de centeno, cebada, avena, maíz o arroz. Existen harinas de leguminosas (garbanzos, judías) e incluso en Australia se elaboran harinas a partir de semillas de varias especies de acacias (harina de acacia) (Ranken, 1993). La principal clasificación de las harinas se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Clasificación de Harinas.

Criterio	Tipo de harina	Ejemplo:
Origen	Cereales	Trigo, Maíz , Avena, Centeno, Cebada
	Tubérculos	Papa
	Leguminosas	Garbanzo, judías, soya, frijol
	Semillas	Acacias
	Otros	Nopal
Refinación	Refinada	Trigo, maíz, espelta
	Morena	Trigo, avena, centeno
	Integral	Trigo, avena, centeno
Tamaño de partícula	Fina	Trigo, maíz,
	Gruesa	Sémola de trigo
Otros procesos del grano	Nixtamalización	Maíz
	Malteado	Trigo, Cebada

Fuente: Ranken (1993)

Además de su principal uso en la elaboración de productos de panificación, las harinas son ampliamente utilizadas en la elaboración de botanas fritas u horneadas, en particular las elaboradas a base de trigo y maíz en sus muy diversas presentaciones (churritos, fritos, doritos, chetos, totopos).

Generalmente las botanas fritas a base de harinas son elaboradas por extrusión y en este caso es común adicionar almidones que ayuden a mejorar la textura final de la botana. También se pueden elaborar algunas mezclas de granos con frutas, vegetales y algunos extractos y concentrados para la elaboración de productos que posean un alto valor nutricional, otra forma de mejorar el valor nutritivo de las botanas de cereales es agregando harinas con mayor contenido de proteínas como las de leguminosas (Amador, 2011).

2.5 Botanas

El término “snack” o “botanas” define a una comida ligera, usualmente una ración individual que debe ser fácil de manipular, estar lista para comer, ser accesible y de tamaño pequeño

Antecedentes

que debe mitigar momentáneamente la sensación de hambre (Hurtado *et al.*, 2001). El número de botanas o “snack” que son consumidas durante el día se ha incrementado en las últimas décadas y se incrementará aún más en un futuro a corto plazo (Cees de Graaf, 2006). El mercado de las botanas en México ha crecido en un 40.61 % en años pasados, al pasar de 29,484 millones de pesos en el 2007 a 41,459 millones de pesos en el 2012. Las botanas estuvieron presentes en el 97 % de los hogares mexicanos en el 2012, 1.4 % superior al año previo, en tanto que, en volumen, el consumo promedio en los hogares fue de 2.8 kilogramos durante el 2012, que son 100 gramos más que el promedio del año previo (Tejeda, 2013). Para el año de 2015 según datos reportados en una investigación del periódico Excelsior en 2015, en México se consumió un promedio de 157 mil toneladas de papas fritas al año. Las ciudades de Guadalajara, Ciudad de México y Monterrey fueron los lugares donde principalmente se venden los productos de esta categoría, ciudades que cuentan con aproximadamente 30 millones de consumidores. Actualmente en el mercado hay una gran variedad de botanas las cuales se dividen en diferentes clasificaciones (tabla 11

Tabla 11. Clasificación de botanas según su proceso.

Frituras	Papas fritas
	Zanahoria Frita
	Plátano frito
	Derivados de papa
	Chicharrón de Cerdo
	Fritura de Harina
Extruidos	Pellets de Harina
	Corn Chips
	De masa: Corn sticks
	Collets
Troquelados	Botanas de tortilla
Recubiertos	Extruidos compuestos
	Cacahuates recubiertos
Explotados	Palomitas de Maíz
Tostados	Cacahuates
	Habas
	Almendras
	Semillas de calabaza
	Semillas de girasol
	Garbanzos
Horneados	Pretzels

Fuente: Ríos (1989)

2.5.1 Industria de las botanas en México

En el periodo que comprende del año 2002 al 2004, el consumo per cápita de botanas en México pasó de 2.35 a 3.28 kilogramos por persona al año, es decir, que hubo un incremento en 46.3%. En el año 2004, la Cámara Nacional de la Industria de Transformación señaló que el volumen estimado de producción de botanas pasó de 235 mil toneladas en el año 2000 a 344 mil toneladas en 2004 (Industria de Botanas, 2010).

Para el año 2015 el consumo de botanas dulces y saladas en México creció 5.3% frente al año anterior a pesar del impuesto especial del 8% que se impuso a estos productos desde el 2014 como un intento de reducir el consumo de estos productos y por consecuencia lograr una disminución en los índices de obesidad y diabetes en la población. (OPPORTIMES, 2016).

De estos productos se pueden obtener entre 430 y 576 kilocalorías de un paquete comercial de porción individual, sin embargo, la cantidad de fibra, proteínas, vitaminas y minerales presente es muy escasa por lo cual no es muy recomendable que se consuman diariamente (PROFECO, 2012). Desde el punto de vista nutricional, el principal problema de las botanas es el alto contenido de lípidos. En un estudio reciente se demostró que las botanas saladas contienen entre un 10 y un 40% de grasa (Fernández-Michel *et al.* 2008), las cuales en su mayoría son grasas trans, este es un tipo específico de grasa que se forma cuando los aceites se convierten en grasas y aunque son de origen vegetal estas pueden ocasionar que el colesterol “bueno” (lipoproteínas de alta densidad) disminuyan mientras que el “malo” (lipoproteínas de baja densidad) aumente, lo cual ocasionaría problemas cardiovasculares (PROFECO, 2012).

Además del alto contenido de grasas, estos productos son ricos en sodio, este mineral aparte de dar sabor, ayuda a su conservación, sin embargo, el consumo excesivo puede generar problemas de salud como lo es la hipertensión arterial, edemas y problemas cardiovasculares. De acuerdo a la OMS la cantidad de sal diaria consumida no debe superar los 6 gramos (PROFECO, 2012).

Antecedentes

Actualmente solo se cuenta con el proyecto de norma oficial PROY-NOM-216-SSA1-2002, la cual establece las especificaciones sanitarias que deben cumplir las botanas, excluyendo a las tortillas y tostadas. Sin embargo, también es importante tener en cuenta las normas que regulen algunas medidas sanitarias y componentes que se encuentren dentro de la formulación de estos productos.

Tabla 12. Normatividad nacional reguladora de las botanas.

PROY-NOM-216-SSA1-2002	Proyecto de norma oficial mexicana, productos y servicios. Botanas. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
NOM-033-SSA1-1993,	Bienes y servicios. Irradiación de alimentos. Dosis permitidas en alimentos, materias primas y aditivos alimentarios.
NOM-040-SSA1-1993,	Bienes y servicios. Sal yodada y sal yodada fluorurada. Especificaciones sanitarias.

Fuente: NOM-040-SSA1-1993; NOM-033-SSA1-1993; PROY-NOM-216-SSA1-2002

OBJETIVOS

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Aprovechamiento de los residuos industriales de manzana mediante la obtención de una harina para su posterior aplicación en la formulación de una botana horneada sustituyendo parcialmente la harina de maíz.

3.2 Objetivos Particulares

Objetivo particular 1

Evaluar la presencia de la micotoxina patulina en los residuos de manzana por medio de una cromatografía en capa fina para garantizar que el residuo sea apto para elaborar un producto libre de este compuesto.

Objetivo particular 2

Caracterizar la harina obtenida de los residuos de manzana mediante las propiedades funcionales (capacidad de hinchamiento, capacidad de absorción de agua y capacidad de absorción de aceite) para determinar si es aplicable en la formulación de una botana horneada.

Objetivo particular 3

Evaluar la composición química de la harina de manzana mediante un análisis químico proximal para conocer su aporte a una botana y compararla con la harina de maíz nixtamalizado.

Objetivo particular 4

Elaborar una botana horneada sustituyendo el 15, 30 y 45 % de la harina de maíz nixtamalizado por harina de manzana y realizar una evaluación sensorial para seleccionar la formulación con mejores características, así como evaluar sus propiedades microbiológicas y funcionales.

Objetivos

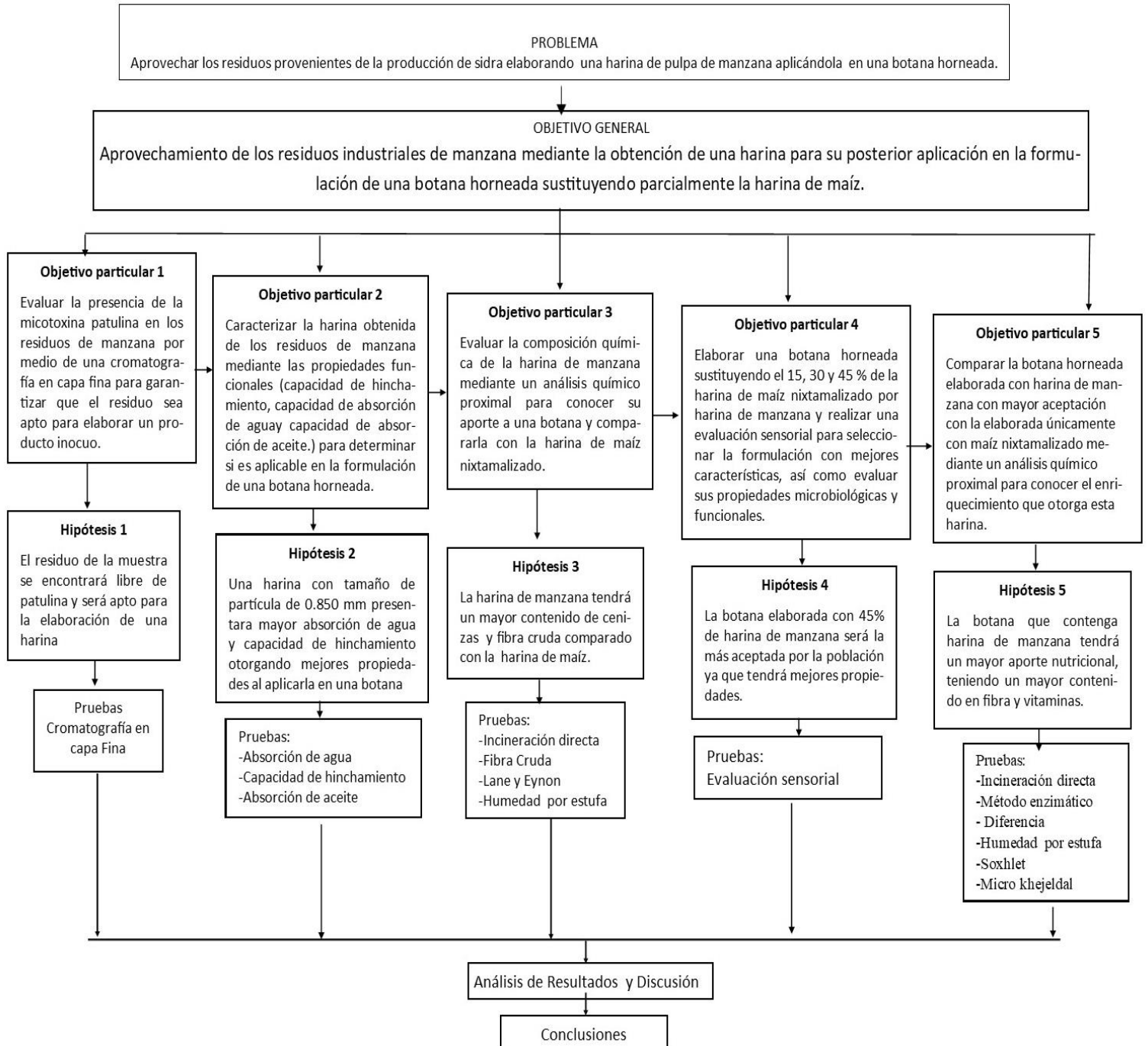
Objetivo particular 5

Comparar la botana horneada elaborada con harina de manzana con mayor aceptación con la elaborada únicamente con maíz nixtamalizado mediante un análisis químico proximal para conocer las mejoras en la composición química que otorga esta harina

MATERIALES Y MÉTODOS

4. Metodología

4.1 Cuadro metodológico



4.2 Material de estudio.

Para este estudio se utilizaron manzanas de la variedad “Golden Delicious” procedentes del estado de Chihuahua, las cuales se obtuvieron en el mercado local del municipio de Cuautitlán Izcalli (Mercado del Carmen). De las manzanas obtenidas se seleccionaron aquellas frutas que cumplían con un estado de madurez óptimo. Así mismo se utilizaron residuos de manzana provenientes de la producción de sidra artesanal de la región de Zacatlán, Puebla. En la figura 7 se muestran los residuos con los que se trabajó en el presente proyecto.

4.1.2 Pre tratamiento de los residuos.

Los residuos utilizados fueron acondicionados; y previamente se retiraron las semillas, tallos, y pedazos de manzana que eran demasiado grandes.



Figura 7. Residuos de manzana provenientes de la elaboración de sidra.

4.3 Elaboración de harina de manzana

Para la elaboración de la harina se siguió el procedimiento señalado en la figura 8. Para saber que tamaño de partícula otorgaba las mejores propiedades para la elaboración de la botana se evaluó el efecto del tamaño de partícula en los parámetros de capacidad de absorción de agua, capacidad de hinchamiento y densidad aparente. Así mismo se realizó un análisis químico proximal de la harina, el cual consistió en la determinación de humedad, cenizas, carbohidratos y fibra cruda; la descripción en las técnicas utilizadas se muestra en el apartado 4.6.

Metodología

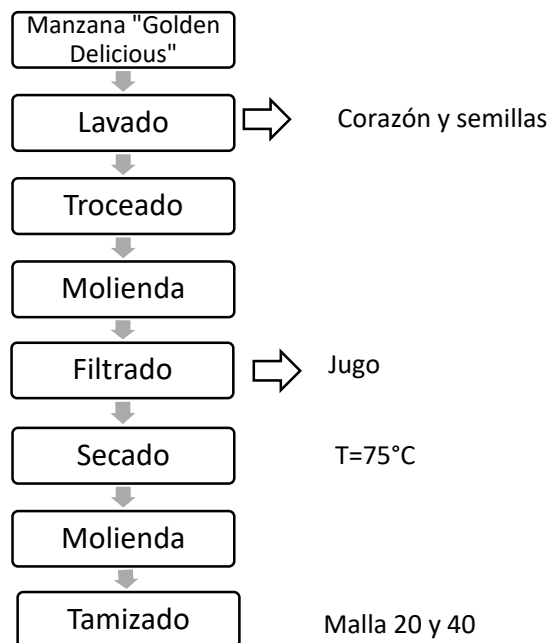


Figura 8: Diagrama de proceso para la obtención de la harina de manzana.

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Elaboración de una botana de maíz

Se estableció una formulación, descrita en la tabla 13, para elaborar una botana de maíz y se siguió el procedimiento descrito en la figura 9, que son las botanas más comunes en el mercado y que sirvió como control para poder comparar una botana adicionada con harina de manzana en 3 diferentes concentraciones, a estas botanas se les realizó una evaluación sensorial para conocer si era aceptada por un grupo de panelistas. A la botana elaborada se le realizó un análisis químico proximal; el cual consiste en la determinación de humedad, cenizas, lípidos, proteínas y carbohidratos; dichas técnicas se describen en el apartado 4.6.

Tabla 13. Formulación para una botana de maíz.

Ingredientes	%
Agua	62
Harina de maíz	31
Aceite	4.34
Sal	0.88
Polvo para hornear	0.31

Metodología

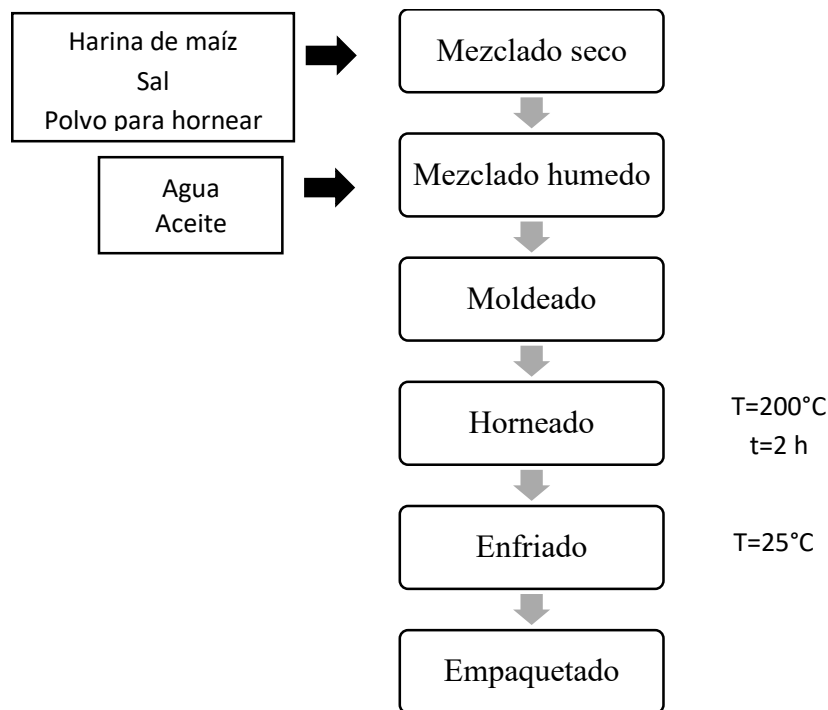


Figura 9: Diagrama de proceso para la elaboración de una botana.
Fuente: Elaboración propia.

4.5 Elaboración de una botana con harina de manzana

Una botana se elaboró empleando como base harina de maíz, sustituyendo la concentración de la harina con tres concentraciones de harina de manzana, la cual se llevó a cabo con el mismo procedimiento de la figura 9 para las tres formulaciones propuestas que se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. Formulaciones propuestas para botanas adicionadas de harina de manzana.

Ingrediente (%)	45% harina de manzana	30% harina de manzana	15% harina de manzana
Agua	62.97	62.97	62.97
Harina de maíz	17.32	22.04	26.71
Harina de manzana	14.16	9.44	4.77
Aceite	4.34	4.34	4.34
Sal	0.88	0.88	0.88
Polvo para hornear	0.31	0.31	0.31

Metodología

4.6 Técnicas y métodos

4.6.1 Detección de patulina por cromatografía en capa fina.

El método de cromatografía en capa fina AOAC Official Method 974.18. Se utilizó para la detección de patulina. La cromatografía en capa fina (thin layer chromatography o TLC) es una técnica analítica rápida y sencilla. La muestra a analizar se depositó cerca de un extremo de una placa de silica gel de 2 mm de la marca Merck. La placa se colocó en un recipiente de vidrio cerrado que contiene un volumen de fase móvil compuesta por tolueno-acetato de etilo-ácido fórmico (5:4:1). Se utilizó un estándar de patulina (marca Sigma- Aldrich); con el cual se preparó una solución de 2mg/mL. Para revelar la placa se utilizó el 3-Metil-benzitiazolinona hidrazona hidrociorhidrica monohidrato (MBHT) al 5% el cual es necesario ver bajo luz UV.

Para la extracción de la patulina de las muestras, se empleo aetato de etilo y posteriormente se concentró evaporándolo en un rotavapor evitando llegar hasta sequedad.

En la Figura 10 se muestra el montaje típico de una cromatografía en capa fina y todos sus componentes.

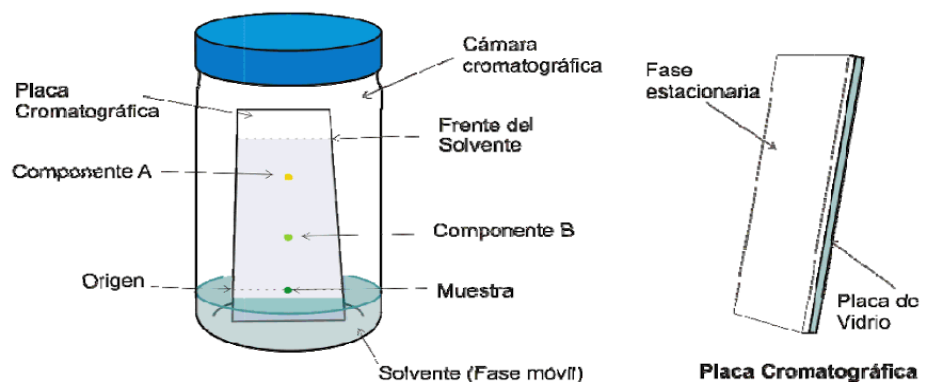


Figura 10. Montaje típico de la cromatografía en capa fina

Fuente: Guarnizo (2000)

Metodología

En el sistema de cromatografía de capa fina se emplea el valor de Rf que se define como factor de retención, correspondiente a su migración relativa en relación con el disolvente (Rouessac y Rouessac, 2000).

$$Rf = \frac{\text{Distancia recorrida por el soluto}}{\text{Distancia recorrida por el frente del disolvente}} = \frac{x}{Xo} \dots \dots \dots \text{Ec. (1)}$$

Las manchas de las muestras problemas debieron coincidir con los estándares de referencia en el valor de Rf obtenido y el matiz (color).

4.6.2 Propiedades funcionales de la harina

4.6.2.1 Capacidad de absorción de agua

La capacidad de absorción de agua (CAA) se expresa como la máxima cantidad de agua que puede ser retenida por gramo de muestra seca en presencia de un exceso de agua bajo la acción de una fuerza externa como la centrifugación. Para su determinación se pesó 0.1 gramos de muestra seca en tubos para centrifuga, se adicionaron 2.5 mL agua destilada y se agitó. Luego se dejó reposar a temperatura ambiente por 18 horas para después centrifugarlos a 3000 rpm durante 20 minutos, en una centrífuga marca Daigger 4350. A las muestras centrifugadas se les retiró el residuo fresco se pesó, se secó (2h, 120 °C) y se volvió a pesar (Rasgado, 2015). Los resultados se expresaron en g de sedimento / g de muestra

Se utilizara la ecuación:

$$CAA = \frac{\text{Peso de sedimento}}{\text{Peso muestra}} \dots \dots \dots \text{Ec. (2)}$$

4.6.2.2 Capacidad de absorción de aceite

La capacidad de absorción de aceite indica la máxima cantidad de aceite que puede ser retenida por gramo de muestra seca en presencia de un exceso de aceite, después de ser sometida a una fuerza externa que es la centrifugación. Para su evaluación se pesaron 0.1 gramos de muestra en tubos de centrífuga y se le adicionaron 1.5 mL de aceite vegetal. Se

Metodología

agitaron durante 30 minutos (30 segundos cada 5 minutos). Posteriormente se centrifugaron en una centrífuga Daigger 4350 los tubos a 2000 rpm durante 25 minutos y se eliminó el sobrenadante. El aceite absorbido de las muestras se determinó por diferencia de peso (Rasgado, 2015). La capacidad de absorción de aceite se expresó como gramos de aceite absorbidos por gramo de muestra seca (Abdul, 2000).

4.6.2.3 Capacidad de hinchamiento

Indica la capacidad de la harina para aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua; se determinó colocando 0.2 gramos de la harina de manzana en una probeta graduada, se adicionaron 20 mL de agua destilada registrando su volumen inicial (V_i) luego se agitó suavemente y se dejó en reposo durante 18 horas a temperatura ambiente, posteriormente se midió el volumen que ocupó la muestra (V_f). La capacidad de hinchamiento se reportó como la relación del volumen ocupado por la muestra entre el peso de la muestra seca (Robertson *et al.*, 2000).

4.6.3 Análisis Microbiológico

Se realizó un análisis microbiológico de coliformes, hongos y levaduras para corroborar que el producto era apto para su consumo. Para el análisis de microorganismos coliformes, se siguió lo establecido en la NOM-113-SSA1-1994, utilizando como medio de cultivo agar rojo bilis y se incubaron las muestras 35°C por 24 horas.

En el caso de mohos y levaduras se realizó según la NOM-111-SSA1-1994, utilizando agar papa dextrosa y una incubación a una temperatura de 25 °C por un tiempo de 3 a 5 días.

El conteo de ambos microorganismos se realizó basados en las normas previamente mencionadas.

4.6.4 Análisis Químico Proximal

4.6.4.1 Determinación de proteínas

La determinación se llevó a cabo con la técnica Método micro Kjeldahl por triplicado establecida por la AOAC. El método se basa en la descomposición de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, teniendo como resultado la formación de sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, el que se destila recibiendo en: a) Ácido sulfúrico donde se forma sulfato de amonio y el exceso de ácido es valorado con hidróxido de sodio en presencia de rojo de metilo, o b) Ácido bórico formándose borato de amonio el que se valora con ácido clorhídrico (AOAC, 1984). Los resultados se expresaron en porcentaje y el factor utilizado fue de 5.7

4. 6.4.2 Determinación de Cenizas

La determinación de cenizas se realizó por el método de incineración directa establecida por la NMX-F-066-S-1978. Esta técnica fundamenta que las cenizas son los residuos inorgánicos de los alimentos que permanecen en la muestra posterior a la ignición u oxidación completa de la materia orgánica. Los resultados se expresan en porcentajes de ceniza.

4. 6.4.3 Determinación de humedad

Se determinó la humedad por medio de la técnica de estufa establecida en la NMX-F-083-1986. Este método se basa en la pérdida de peso debido a la evaporación del agua bajo condiciones establecidas. Los resultados se reportan en porcentaje de humedad.

4. 6.4.4 Determinación de lípidos

La determinación de la concentración de lípidos se determinó por el método Soxhlet establecido en la AOAC (1990) y la metodología de la NMX-F-089-S-1978. Esta técnica se fundamenta en que una cantidad previamente homogeneizada y seca, medida o pesada del alimento, éste se somete a una extracción con éter de petróleo o éter etílico, libre de peróxidos

Metodología

o mezcla de ambos. Posteriormente, se realiza la extracción total de la materia grasa libre por Soxhlet (AOAC 1990). Los resultados se reportan en porcentaje de grasa.

4. 6.4.5 Determinación de fibra dietética

La cantidad de fibra dietética presente se determinó siguiendo el método enzimático – gravimétrico establecido por la AOAC (1990), en el que muestras en duplicado de alimentos secos y desgrasados son gelatinizados con α - amilasa térmicamente estable y luego digerida enzimáticamente con proteasa y amiloglucosidasa para remover la proteína y el almidón. La fibra dietética soluble es precipitada por la adición de etanol, el residuo total se filtra, se lava, se seca y se pesa. En el residuo en duplicado se determina proteína, y en el otro cenizas.

El procedimiento consiste en pesar por duplicado 1g de muestra a las cuales se les agregaron 50 mL de solución buffer de fosfatos pH 6.0 y se agitaron. Posteriormente se agregaron 0.1mL de solución de α – amilasa termoestable y se incubaron a 95 °C por 30 minutos. Se dejó enfriar y se ajustó el pH a 7.5 utilizando una solución de NaOH. Se le agregó 5 mg de proteasa y se incubaron a 60°C por 30 minutos con agitación constante. Se ajustó el pH 4.0-4.6 a 60°C con una solución de HCl 0.325 N. Posteriormente se agregó 0.1mL de solución de amiloglucosidasa y se incubó a 60°C por 30 minutos. La solución se filtró a través de un crisol con capa de celita aplicando vacío y se lavó el residuo 3 veces con 20 mL de etanol al 70 %, 2 veces con 10 mL de etanol al 90% y 2 veces con 10 ml de acetona. Se secó hasta peso constante para la determinación de blanco cenizas y proteínas.

4. 6.4.6 Determinación de fibra cruda

El método utilizado fue el reportado por la NMX-F-090-S-1978. La prueba se basa en la digestión ácida y alcalina de la muestra obteniéndose un residuo de fibra cruda y sales que con calcinación posterior se determina la fibra cruda. Los resultados se expresaron en porcentaje de fibra.

4. 6.4.7 Determinación de carbohidratos

El contenido de carbohidratos determinó por la técnica de Lane y Eynon reportada en la NMX-F-312-1978. Se basa en la determinación del volumen de una disolución de la muestra, que se requiere para reducir completamente un volumen conocido del reactivo alcalino de cobre. El punto final se determina por el uso de un indicador interno, azul de metileno, el cual es reducido a blanco de metileno por un exceso de azúcar reductor.

4.6.5 Evaluación Sensorial

Se realizó una prueba hedónica tanto a las botanas de harina de maíz como a las botanas con harina de manzana para saber que formulación es más aceptada por la población.

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuánto agrada o desagrada un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde "me gusta muchísimo", pasando por "no me gusta ni me disgusta", hasta "me disgusta muchísimo" (la evaluación de las botanas de harina de maíz se llevaron a cabo en el laboratorio de postcosecha a 12 panelistas no entrenados, el cuestionario aplicado se muestra en la figura 12, donde la muestra 367 representa la formulación 1 y la muestra 674 representa a la formulación 2. En el caso de la evaluación de las botanas adicionadas de harina de manzana la prueba se realizó en la FES Cuautitlán campo 1, a 50 panelistas no entrenados y se muestra en la figura 12, la muestra 345 representa a la botana que contiene 45% de harina de manzana, la muestra 730 a la muestra que contiene 30% y la muestra 515 a aquella que contiene 15 % de harina de manzana.

Presentación de las muestras: Las muestras se presentaron en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de 3 dígitos. Cada muestra deberá tener un código diferente. El orden de presentación de las muestras puede ser aleatorizado para cada panelista o de ser posible, balanceado.

Metodología

Nombre: _____ Fecha : _____

De las muestras de botana de maíz horneada que se le presentan califique sus características indicando del 1 me disgusta mucho al 5 me gusta mucho.

muestra 367			muestra 674		
sabor	textura	color	sabor	textura	color

Comentarios: _____

Figura 11: Cuestionario de Evaluación Sensorial aplicado para la botana de maíz.

Fecha: _____

Nombre: _____

INSTRUCCIONES: Frente a usted se presenta tres muestras de botana horneada con harina de manzana. Por favor observe y pruebe cada una de ellas. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra de acuerdo al puntaje.

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta levemente
3	No me gusta ni me disgusta
4	Me gusta levemente
5	Me gusta mucho

Característica	345	730	515
Color			
Sabor			
Crocancia			
Dureza			

Figura 12: Cuestionario de Evaluación Sensorial aplicado para la botana de manzana.

Así mismo se realizó una prueba hedónica para comparar las botanas elaboradas con residuos de manzana provenientes de la elaboración de sidra con las botanas de harina de maíz, de esta forma se busca comprobar que la botana que contenga harina de manzana en su formulación tendrá la misma o mayor aceptación por la población que la botana patrón. Esta evaluación se llevo a cabo en la FESC campo1 a 50 panelistas no entrenados.

En la figura 13 se muestra el cuestionario aplicado para esta prueba.

Metodología

Nombre:

Fecha:

INSTRUCCIONES Frente a usted se presentan 2 muestras de botana horneada. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas, yendo de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta levemente
3	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me gusta levemente
5	Me gusta mucho

Código	Calificación para cada atributo			
	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA
175				
693				

Figura 13. Cuestionario de Evaluación Sensorial aplicado para la botana elaborada de residuos de manzana.

4.6.5 Tratamiento estadístico.

El tratamiento de resultados se llevó a cabo con un análisis de varianza (ANOVA), diseño factorial 2^3 , con un nivel de significancia del 0.05 en un paquete estadístico SPSS versión 22.

En el caso de la evaluación sensorial, para el análisis de los datos, las categorías se convierten en puntajes numéricos del 1 al 9, donde 1 representa "disgusta muchísimo" y 9 representa "gusta muchísimo". Los puntajes numéricos para cada muestra, se tabulan y analizan utilizando análisis de varianza (ANOVA) (Watts, 1992)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados y discusión

5. Resultados y Discusión

5.1 Detección de patulina en las muestras de manzana por comatografía en capa fina.

La patulina es una micotoxina fácil de encontrar en la manzana debido a que esta fruta contiene una gran cantidad de azúcares libres, como la glucosa, fructosa y sacarosa. Los cuales constituyen la principal fuente de carbono necesaria para el crecimiento del hongo *P. expansum*, así como ácido málico importante para el aumento y estabilidad química de la patulina. Como se ha mencionado anteriormente esta micotoxina tiene efectos adversos a la salud, por lo cual es importante determinar si la materia prima se encuentra libre de este compuesto y si resulta viable utilizarla para la elaboración de las botanas.

El estudio de presencia de patulina se le realizó a las manzanas obtenidas del mercado del Carmen, ya que con éstas se realizaron las pruebas a escala piloto, así también a los residuos provenientes de la elaboración de sidra y a las manzanas provenientes de las huertas de Zacatlán. En cuanto a las botanas, el estudio se realizó a las botanas elaboradas apartir de las manzanas provenientes del mercado del Carmen y las botanas realizadas con los residuos de la industrialización de la sidra de Zacatlán con la finalidad de corroborar que la micotoxina no este presente en el producto final. Por situación de rendimiento y escaza materia prima no se pudo hacer una harina y botana apartir de las manzanas provenientes de las huertas de Zacatlán. En la tabla 15 se reportan las muestras utilizadas y el resultado obtenido en esta prueba.

Resultados y discusión

Tabla 15: Presencia de patulina en las diferentes muestras evaluadas.

Muestra	Presencia de patulina
Manzana proveniente del mercado del Carmen.	Negativo
Residuos de manzana provenientes de Zacatlán	Negativo
Manzana de huerta.	Negativo
Botana elaborada con harina de manzana del mercado del Carmen.	Negativo
Botana elaborada con residuos de manzana provenientes de Zacatlán	Negativo

Los cromóforos y anillos aromáticos de la patulina presentes en la solución estándar, producen una mancha naranja fluorescente al revelar las placas de TLC con un Rf de 0.46. Estos datos concuerdan con los obtenidos por Soriano en el 2002, quien describe al estándar como una mancha amarillo marrón con un Rf de 0.5, bastante cercano al obtenido en los resultados del presente proyecto.

Con este experimento se puede concluir que las botanas se encuentran libres de patulina, lo cual coincide con los resultados obtenidos para la manzana proveniente del Mercado del Carmen y los residuos de sidra, ya que fue la materia prima para elaborar estas botanas. Si la materia estuviera contaminada con patulina, se esperaría que la botana presentará esta micotoxina, ya que es resistente a los procesos térmicos (Kadikal *et al*, 2002), es decir, no sería posible eliminar a la patulina con el horneado al que se someten estas botanas.

Estos resultados también indican que los residuos de manzana provenientes de la elaboración de sidra son de buena calidad comparados con los reportados por Fernández Cruz *et al*. (2010) quienes estudiaron 30 residuos de manzana provenientes de diversos procesos entre los que se encuentran el proceso de elaboración de jugo, de sidra, mermelada, alimento para bebe entre otros, los cuales presentaban todos contaminación de patulina hasta en una concentración de 300 $\mu\text{g}/\text{Kg}$. En el 2002 Nas *et. al* determinaron que la contaminación por patulina aumenta desde 1.99 $\mu\text{g}/\text{L}$ hasta 179.31 $\mu\text{g}/\text{L}$ cuando se utiliza un 30 % de manzanas recogidas del suelo; mientras que la contaminación puede aumentar hasta 860.95 $\mu\text{g}/\text{L}$ cuando en el proceso de fabricación de jugo se utilizan sólo manzanas caídas del árbol. La

Resultados y discusión

patulina se ha transformado en un indicador de calidad en la fruta usada para la producción de diversos productos, debido a que la presencia de esta micotoxina en estos productos es atribuida a la utilización de manzanas en mal estado.

Ya que la patulina representa una problemática, Hermosillo en el 2015, realizó un estudio para determinar el porcentaje de manzanas contaminadas de patulina en venta a granel y en caja de diferentes centros de distribución frutícola, uno de ellos fue el mercado del Carmen, mismo lugar del cual se obtuvieron las muestras para esta experimentación. Reportando que el 90 % de las manzanas estudiadas se encontraban libres de esta micotoxina, del 10 % restante, el 8 % corresponden a manzanas infectadas vendidas a granel y sólo el 2 % de las manzanas vendidas por caja contienen patulina, esto quiere decir que es relativamente bajo el riesgo de comprar frutos contaminados en este centro de distribución, lo cual concuerda con los datos obtenidos, pues en esta experimentación no hubo presencia de patulina.

5.2 Propiedades funcionales de las harinas.

Las propiedades funcionales de las harinas son las responsables de las características que tendrá el producto final. Estas propiedades se ven influenciadas por tratamientos térmicos, tamaño de partícula y la composición de la harina. Por esta razón se evaluaron los parámetros de capacidad de absorción de agua, capacidad de absorción de aceite y capacidad de hinchamiento para determinar qué tamaño de partícula otorga las propiedades funcionales más adecuadas.

Los parámetros de capacidad de absorción de agua, la capacidad de absorción de aceite y la capacidad de hinchamiento son propiedades que contribuyen a que el producto final no se desmorone y presente una buena apariencia durante más tiempo (Modercary, 1994). Los resultados obtenidos para estas propiedades se muestran en las Figuras 14 y 15 respectivamente y están comparados en función al tamaño de partícula de la harina de manzana.

Resultados y discusión

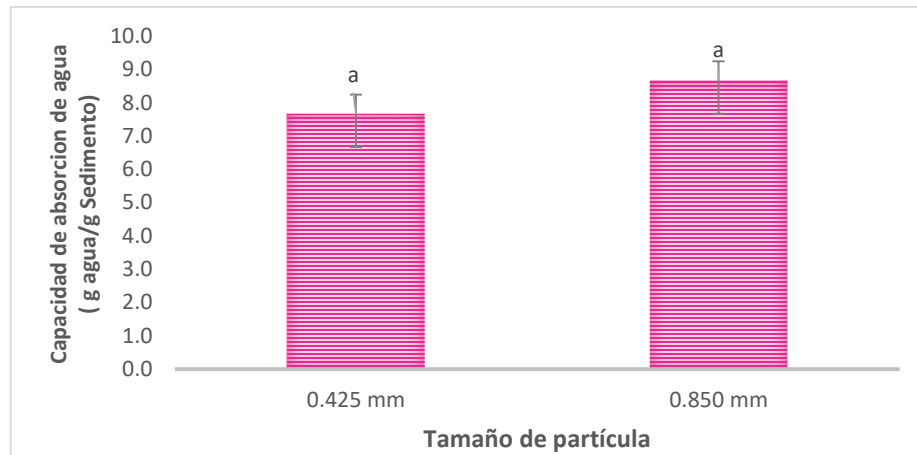


Figura 14. Capacidad de absorción de agua de harinas de manzana de tamaño de partícula de 0.850 mm y de 0.425mm. Las letras diferentes indican si hay diferencia significativa. Nivel de significancia de $p < 0.05$.

El tamaño de partícula que presentó mayor capacidad de agua fue la harina de 0.85 mm, esto se debe probablemente a que la capacidad de retención de agua aumenta al incrementarse el tamaño de partícula y esto proporciona mejores características organolépticas a las botanas (Zambrano *et al.* 1998).

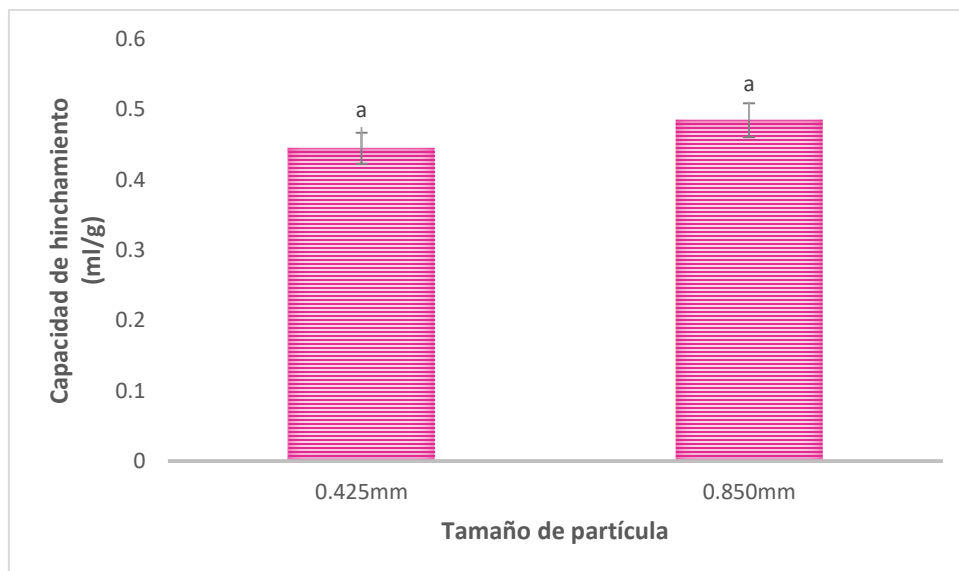


Figura 15. Capacidad de hinchamiento de harinas de manzana de de tamaño de partícula de 0.850 mm y de 0.425mm. Las letras diferentes indican si hay diferencia significativa. Nivel de significancia de $p < 0.05$.

Resultados y discusión

La capacidad de hinchamiento estaría directamente relacionada con la capacidad de absorción de agua y es una propiedad funcional de las proteínas, fundamental para la preparación de alimentos viscosos tales como sopas, salsas, masas y de productos horneados, donde se requiere una buena interacción proteína-agua (Praderes et al.,2009). La comparación de medias no muestra diferencia significativa respecto al tamaño de partícula, ya que al tener la misma cantidad de fibra y de proteína en su composición química, no habrá variación en esta propiedad funcional. A su vez la capa externa de la pared celular de la fibra celulósica al contacto con agua inicia un proceso de hinchamiento gelatinoso, ya que la estructura se dilata en cuanto inicia la absorción de agua (Scallan, 1977).

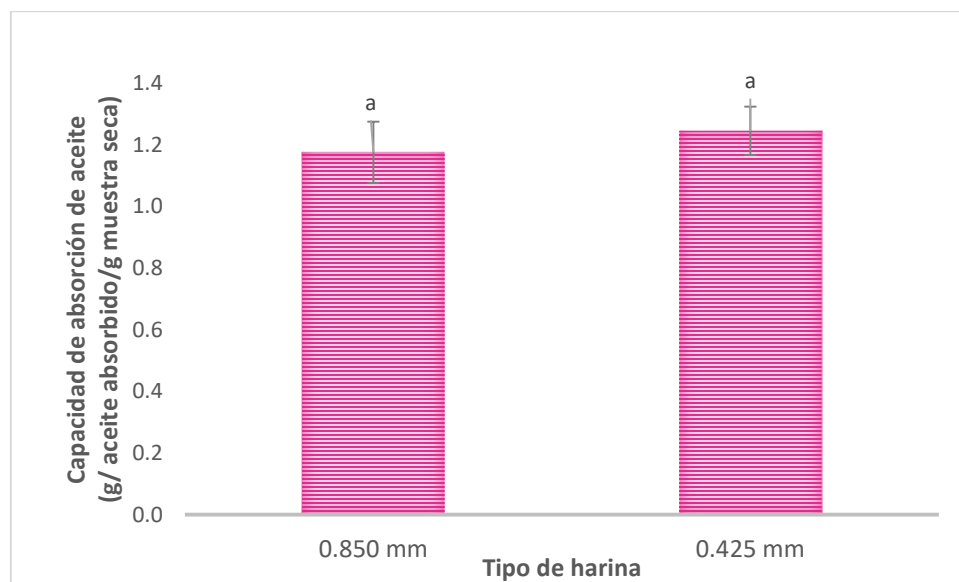


Figura 16. Capacidad de absorción de aceite de harinas de manzana a dos tamaños de partícula diferente. Las letras diferentes indican si hay diferencia significativa. Nivel de significancia de $p < 0.05$.

Al igual que la capacidad de hinchamiento, la capacidad de absorción de aceite está determinada por la estructura de la matriz proteica, lo cual a su vez determina las interacciones proteína-grasa y con la cantidad de fibra contenida (Kinsella, 1976). Esta propiedad se relaciona con el número de cadenas laterales no polares de las proteínas que se

Resultados y discusión

le atribuyen a los aminoácidos ramificados que se enlazan con cadenas hidrocarbonadas de grasa (Sgarbieri, 1998).

Al no existir diferencia significativa se seleccionó el tamaño de partícula de 0.850 mm ya que tiene una mayor capacidad de absorción de agua; lo cual dará como resultado una botana con una mejor textura, y una capacidad de absorción de aceite menor cuando esta retención es baja proporciona una sensación no grasosa en los productos fritos u horneados, así se obtendrá una botana con mejores propiedades organolépticas (Peraza, 2000).

Las propiedades funcionales de la harina de manzana con este tamaño de partícula se compararon con las de la harina de maíz para comprobar que se puede obtener un producto de propiedades similares. Los resultados de muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Comparación de las propiedades funcionales de la harina de manzana y la harina de maíz.

Propiedad funcional	Harina de manzana	Harina de maíz
Capacidad de absorción de agua (g de agua / g de sedimento)	8.67 ± 0.57a	5.67±0.57 b
Capacidad de hinchamiento (mL/g)	0.484 ±0.07a	0.486 ±0.008 a
Capacidad de absorción de aceite (mL/g)	1.175 ±0.1 a	1.360±0.05 a

Como se observa en la tabla 16 existe diferencia entre el tipo de harina (de manzana y de maíz) solo en el parámetro de capacidad de absorción de agua, esto se le atribuye a la cantidad de fibra contenida en la harina de manzana, debido que en la harina de manzana se encuentra un mayor porcentaje, siendo de 7.69 %. Esto concuerda con la literatura, en el 2002 Flores y colaboradores reportaron un porcentaje de fibra contenido en la harina de maíz en un rango de 1.26 a 1.60 %, aumentando la capacidad de absorción, debido que es altamente soluble. La capacidad de absorción agua es una propiedad de interés de las harinas, debido a que impacta directamente al rendimiento de la conversión de harina a masa. Los datos obtenidos concuerdan a su vez con los reportados para harinas comerciales, que abarcan un intervalo de 3.9-4.19 L agua/Kg de harina (Leal-Díaz et al., 2005). Estos resultados son ligeramente

Resultados y discusión

menores en comparación con los obtenidos experimentalmente con la harina de maíz. Ambas harinas tienen una capacidad de hinchamiento muy parecidas, esto se traduce a características del producto final más similares.

Los resultados obtenidos difieren con los reportados por García y colaboradores quienes determinaron un valor de capacidad de hinchamiento de 5.57 ± 0.80 (mL/g) en una harina de quinchoncho, ésta es una leguminosa similar a los chícharos. Esto puede deberse a que es una leguminosa rica en proteínas las cuales son las responsables de esta propiedad funcional. Respecto a la capacidad de absorción de aceite es ligeramente menor en la harina de manzana debido a que aunque tiene menor cantidad de proteínas la cantidad de fibra también es un compuesto que influye en esta propiedad funcional. En ambas harinas se obtuvieron valores menores que los reportados por Sangronis et al. (2004) quienes obtuvieron valores de 1.9 a 2.9 g aceite / g harina en harinas de leguminosas ricas en proteínas a diferentes temperaturas.

5.3 Composición química de las harinas

La composición química de la harina de manzana se determinó para conocer cuál sería su aporte nutrimental y compararlo con la harina de maíz nixtamalizado y de esta forma conocer si es conveniente usar esta harina como sustituto en la elaboración de una botana horneada. Se realizó una determinación del porcentaje de humedad ya que además de ser parte de la composición química, debe entrar dentro del parámetro que indica la Norma Oficial, para que la harina se encuentre en condiciones óptimas. Se cuantificó el porcentaje de carbohidratos pues es el componente mayoritario de las harinas, el porcentaje de fibra cruda y cenizas. Los resultados obtenidos experimentalmente del análisis químico proximal realizado a la harina de maíz, se compararon con lo reportado por Flores y colaboradores quienes en el 2002 realizaron un análisis químico proximal de diferentes harinas comerciales de maíz nixtamalizado para determinar si los resultados obtenidos coinciden con lo reportado bibliográficamente, esta comparación se muestra en la tabla 17.

La humedad está relacionada con la vida útil de las harinas; así mismo con la capacidad de absorción de agua esta característica como se observa en la tabla, fue menor al 15% cumpliendo con lo establecido en la NOM-187-SSA1/SCFI-2002, lo cual ayuda a evitar la

Resultados y discusión

proliferación de microorganismos y conservar sus propiedades funcionales. Además de que coincide con lo reportado en la literatura, los valores de humedad obtenidos en la harina de manzana (Suárez, 2005).

Con respecto al contenido de carbohidratos, éste valor es superior al esperado siendo de 60% en la harina de manzana, considerando que el fruto fresco contiene más del 14 % de carbohidratos en un contenido de agua superior al 80%, ya que al reducir la cantidad de agua la concentración del resto de los componentes aumenta (Barahona, 1998). Los carbohidratos de este fruto son en su mayoría glucosa y fructosa considerados carbohidratos simples y celulosa, hemicelulosa y pectinas que son carbohidratos no digeribles también conocidos como fibra. Mientras que, en la harina de maíz, el almidón es el carbohidrato principal, el cual se considera un carbohidrato complejo que debe ser desintegrado en moléculas más simples por la acción de enzimas digestivas lo que hace que su digestión sea más lenta (Cordero, 2003).

Los resultados obtenidos experimentalmente del análisis químico proximal realizado a la harina de manzana, se compararon con lo reportado por Flores *et al.* (2002), como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Composición química de la harina de maíz nixtamalizado y de manzana.

Componente	Harina de maíz nixtamalizado (Bibliográfico)	Harina de manzana	Harina de maíz nixtamalizado
Carbohidratos(%)	66- 69	78.36	74.42
Azúcares (%)	NR	58.87 ± 0.95	ND
Humedad (%)	9.4 – 11.7	10.19 ± 0.14 a	10.27±0.48 a
Fibra cruda (%)	1.26 – 1.60	7.69 ± 0.51a	2.59±0.49 b
Cenizas (%)	1.20 – 1.50	2.00±0.25 a	1.40±0.58 a
Grasa (%)	3.90- 5.01	0.56±0.03 a	5.78±0.01 b
Proteína (%)	9.0 - 10.9	<1.2 a	5.54 b

Fuente: Flores *et.al* (2002).-

ND no determinado. NR no reportado. ± indica la desviación estándar.

En cuanto a la fibra cruda se muestra que el contenido es considerablemente superior en la harina de manzana, siendo una ventaja para ser utilizada como sustituto de la harina de maíz, ya que aporta efectos benéficos a la salud y mejorar el valor nutricional de diversos

Resultados y discusión

productos. En México el consumo diario de fibra es inferior a la cantidad recomendada para un estado óptimo de salud. La mediana de consumo de la población adulta en 2006 fue de 20.7 g al día, que representa el 69 % de la recomendación diaria de fibra para adultos (30 g/d) (Barquera *et al.*, 2009). Parte del problema de la baja ingestión de fibra, se debe al consumo deficitario de alimentos de origen vegetal y a un alto consumo y en comida “chatarra”. Por lo cual una botana que tenga un contenido más alto en fibra que las botanas comunes presenta una alternativa para contribuir a solucionar esta problemática.

El porcentaje de cenizas indica la cantidad de materia inorgánica presentes en el alimento tal es el caso de los minerales (Greenfield, 2006). Estos son importantes en la dieta humana ya que cumplen ciertas funciones como mantener la dureza y rigidez de ciertos tejidos como huesos y dientes, intervienen en la acción de determinadas enzimas y participan en el mantenimiento de la presión osmótica de los líquidos corporales, como el sodio, cloro y potasio (Cardellá, 2007). Como se observa en la Tabla 17, la harina de manzana aporta ligeramente un mayor contenido de minerales enriqueciendo el aporte nutricional.

El contenido de proteína difiere por la composición química tanto del maíz como de la manzana, Tovar en el 2008 reportó que el maíz tiene hasta un 9.2 % de proteína mientras que la manzana solo llega al 1%, lo mismo sucede en el caso del contenido de grasa, la manzana sólo contiene 0.3-0.4 % el cual proviene de la cera que se encuentra en la cáscara y ayuda a minimizar la pérdida de agua por transpiración (FAO,2008), mientras que el maíz contiene hasta un 4.5 %

Resultados y discusión

5.4 Evaluación sensorial de botanas horneadas

5.4.1 Evaluación sensorial de la botana de maíz

Una prueba hedónica de aceptación se realizó para conocer cuál de las dos formulaciones propuestas era más aceptada por los panelistas. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 17.

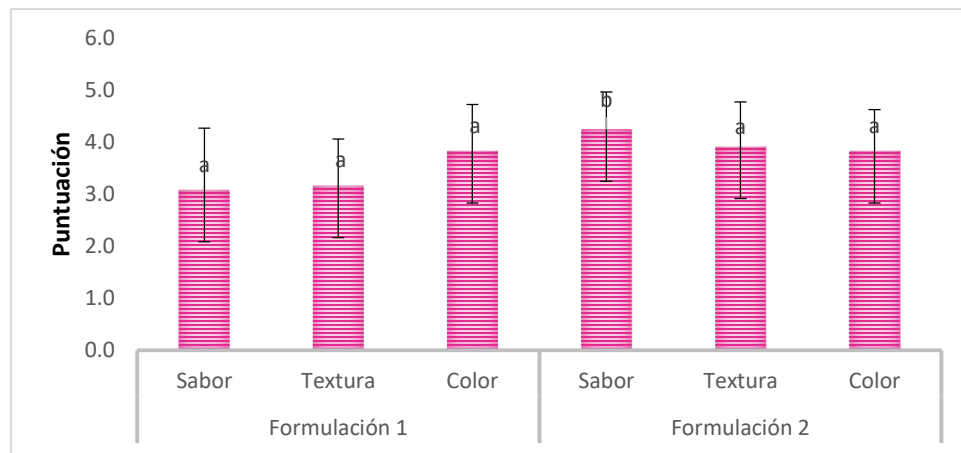


Figura 17. Resultados de evaluación sensorial aplicada a las 2 formulaciones propuestas para la elaboración de una botana de maíz. Las letras diferentes indican si hay diferencia significativa. Nivel de significancia de $p < 0.05$.

La comparación de medias indica que sólo en el parámetro de sabor hay diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las dos diferentes formulaciones. Como se observa en la figura 17 ambas muestras tuvieron la misma aceptación en cuanto al color, sin embargo la muestra 2 fue de mayor agrado al tener valores superiores que la muestra 1 en sabor y textura con 4.3 y 3.9 puntos, respectivamente. Esto se le atribuye a que la formulación 2 tiene un mayor contenido en agua, lo cual le da una textura menos arenosa y más crujiente.

Resultados y discusión

5.4.2 Evaluación sensorial de la botana de manzana.

Se realizó una prueba hedónica de aceptación para conocer cuál de las tres formulaciones propuestas era más aceptada por los panelistas, es decir aquellas con una sustitución del 15, 30 ó 45% con haría de manzana.. Los resultados se muestran en la figura 18.

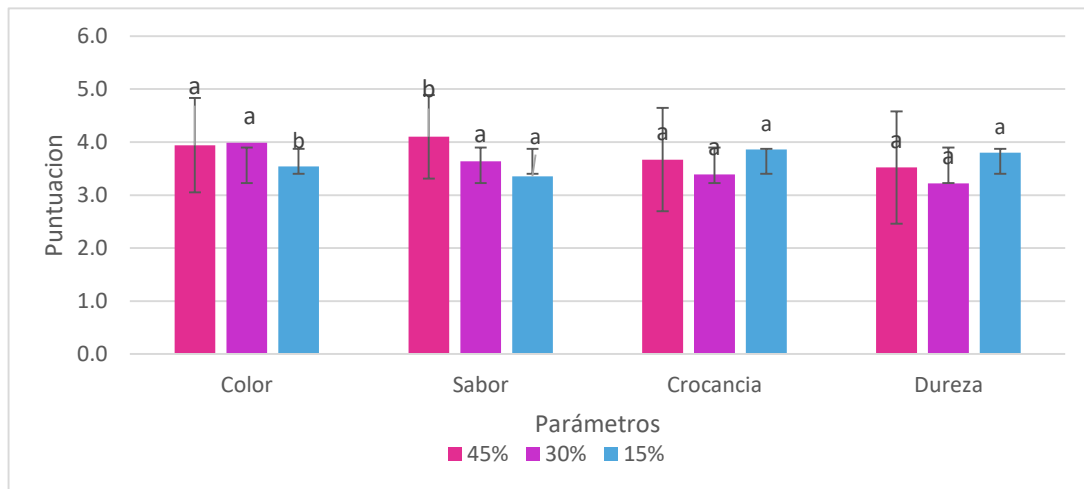


Figura 18. Evaluación sensorial de botanas con harina de manzana,: 45% de harina de manzana-55% harina de maíz, 30 % de harina de manzana-70% harina de maíz y 15 % de harina de manzana-85% harina de maíz. Las letras diferentes indican si hay diferencia significativa. Nivel de significancia de $p < 0.05$.

Según la comparación de medias en cuanto al parámetro de color entre la muestra con 45 % y la de 30% de harina de manzana no hay diferencia significativa ($p < 0.05$), la crocancia y la dureza no presentaron diferencia significativa entre ninguna de las 3 formulaciones; sin embargo, en cuanto al parámetro de sabor si se presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) en la muestra que contiene 45 % de harina de manzana comparada con las de 30 y 15%. Por lo tanto se seleccionó la muestra con mayor porcentaje de harina de manzana ya que como se observa en la figura 18 el sabor fue el parámetro que determinó la selección de la formulación.

Resultados y discusión

5.4.3 Evaluación sensorial de la botana elaborada con los residuos de manzana.

Se realizó una evaluación sensorial a la botana elaborada con 45 % de harina de manzana obtenida de los residuos provenientes de la elaboración de sidra, para compararla con la botana patrón, es decir la botana de maíz para saber si tendría la misma aceptación que ésta. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 19.

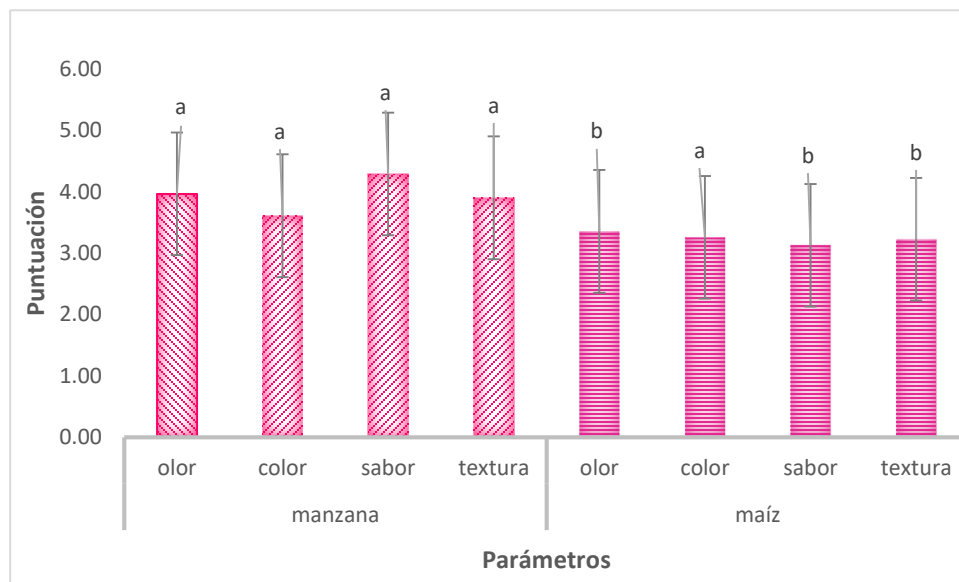


Figura 19. Evaluación sensorial de botanas con 45% harina de residuos manzana 55% harina de maíz contra una botana elaborada con 100% harina de maíz

La comparación de medias indica que en todos los parámetros evaluados hay diferencia significativa ($p < 0.05$) con excepción del color, esto debido a que la botana adicionada con harina de manzana tuvo mayor aceptación en todos sus parámetros, por lo que podemos decir que la harina de elaborada con residuos de manzana otorga un sabor, olor y textura más agradable a los panelistas comparada con una botana que fue elaborada únicamente con harina de maíz, lo cual resulta favorable en caso de que se desee industrializar este producto.

Resultados y discusión

5.5 Composición química de las botanas horneadas.

Se elaboró una botana de manzana utilizando la concentración que se seleccionó por medio de una evaluación sensorial y también se elaboró una botana utilizando solo harina de maíz, debido a que las botanas elaboradas con esta harina son las más comerciales. A ambas botanas se les realizó un análisis químico proximal para conocer el aporte nutricional y de esta forma determinar de qué manera la harina de manzana puede enriquecer las botanas comunes elaboradas únicamente con harina de maíz. Los resultados obtenidos se muestran en la en la en la tabla 18.

Tabla 18. Composición química de la botana de maíz comparada con la botana elaborada con 45 % de harina de manzana.

Componente	Botana de harina de maíz	Botana adicionada con harina de manzana
Carbohidratos (%)	76.23	68.94
Proteínas (%)	5.23±0.53 a	< 1.2 b
Lípidos (%)	6.19±0.82 a	5.23±0.91 a
Humedad (%)	7.7±0.10 a	10.5±0.70 b
Cenizas (%)	3.96±0.11a	4.35±0.42b
Fibra dietética (%)	0.69±0.13 a	9.78±1.27b
Sodio (%)	ND	1.1

La tabla 18 muestra que la botana adicionada con harina de manzana presenta un mayor contenido de humedad con respecto a la botana de harina de maíz, 10.5 y 7.7 % respectivamente existiendo diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Este comportamiento influye en características físicas, como lo es la crocancia, atributo deseable en botanas, que a pesar de que ambas harinas de maíz estuvieron dentro de lo establecido por la NOM-187-SSA1/SCFI-2002, la harina de manzana tuvo valores por encima de la harina de maíz y esto se debe a que la harina de manzana tiene una capacidad de absorción de agua mayor. De acuerdo con Salvador *et. al* (2009), al evaluar la textura crujiente de botanas tipo, la humedad

Resultados y discusión

es un factor de alto impacto en esta característica, debido a que al aumentar la cantidad de humedad en un alimento horneado, su crocancia disminuye.

Al ser productos horneados ambas botanas tienen un porcentaje bajo en lípidos y no hay diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre ambas botanas; ya que este porcentaje proviene del aceite de soja presente en la formulación. El aceite de soja con el cual se elaboraron las botanas tiene 15 % de ácidos grasos saturados, 23 % de ácidos grasos monoinsaturados y 62 % de ácidos grasos poliinsaturados. Considerando que los ácidos grasos monoinsaturados son los que se recomienda consumir en mayor medida, seguido de los ácidos grasos poliinsaturados que se recomiendan representen el 10 % del total de las grasas ingeridas y por último, es aconsejable que el 7 % o menos de las grasas de la dieta sean saturadas (Gottau, 2011).

El hecho de que sean horneadas representa una ventaja contra aquellas que alcanzan hasta un 39 % de contenido de grasa (PROFECO, 2008). Esto se debe a que los aceites vegetales con los que se realiza este proceso son ricos en grasas saturadas las cuales sólo tienen enlaces sencillos entre átomos de carbono adyacentes no contienen dobles enlaces, lo que les confiere una gran estabilidad y la característica de ser sólidos a temperatura ambiente (Carbajal, 2002). Esto las convierte en el tipo de grasas malas, causantes de diabetes, obesidad, y problemas cardiovasculares (Gottau, 2010).

Existen dos tipos de carbohidratos, los simples o azúcares que son moléculas pequeñas como la fructosa provenientes de la fruta y presentes en la botana adicionada de manzana, y los carbohidratos complejos como los almidones que están presentes en la harina de maíz, éstos son moléculas de gran tamaño formadas por grandes cantidades de moléculas de glucosa unidas entre sí y antes de ser absorbidos por el cuerpo deben descomponerse en azúcares más simples, por esta razón demoran más tiempo en ser digeridos (Pickering, 2000). A pesar de tener un contenido bajo en grasa, los carbohidratos representan el mayor componente de este producto, por lo cual su consumo diario no es recomendable puesto que al contener ambos tipos de biomoléculas presentan un riesgo a la salud (Martínez, 2000). Este riesgo existe cuando se ingieren más calorías de las que el organismo necesita, una parte de los carbohidratos consumidos se almacena en el organismo como grasa (Phyllis, 1997).

Resultados y discusión

El contenido de sodio presente en la botana se considera alto, ya que la revista *El poder del consumidor* reportó en el 2012 que la Organización Mundial de la Salud recomienda que que no se debe ingerir más de seis gramos de sal al día, es decir, 2,400 miligramos de sodio. La botana presenta un 1.1 % de sodio es decir 1100 miligramos por cada 100 g de botana, por lo cual se recomienda un consumo moderado de este producto ya que la ingesta en exceso de sodio genera graves problemas para la salud como lo es la hipertensión arterial. En diciembre de 2012, la PROFECO analizó 30 marcas de frituras y botanas en donde se encontraron niveles de sodio de un rango de 426 a 28673 miligramos. Considerando que la botana obtenida en esta experimentación no tiene ningún sazoador en su formulación y después de realizar un balance de materia de la formulación, la sal de mesa sólo aporta 38.75 mg de sodio, la harina de manzana 3.6 mg y el polvo para hornear 10.6 mg dando un total de 52.95 mg de sodio. Siendo esta una cantidad menor al resultado de la prueba experimental, esto puede deberse a dos factores, una posible contaminación de sodio en el material que se ocupó para la elaboración de la botana o que el polvo para hornear presentará una mayor concentración de sodio.

Como se observa en la tabla 18, existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) de acuerdo a la comparación de medias ya que la botana que contiene 45 % de harina de manzana en su formulación es considerablemente más rica en fibra que aquella que no contiene esta harina, debido a que el almidón y a la pectina presente en las frutas, funciona como fibra soluble, esta harina de manzana puede ser adicionada a diversos productos con el propósito ser una fuente de fibra dietética para la industria alimentaria (Ovando, 2008).

La fibra cruda es definida como el residuo obtenido tras el tratamiento de los vegetales con ácidos y álcalis. Mientras que la fibra vegetal se refiere fundamentalmente a los elementos fibrosos de la pared vegetal; sin embargo, la fibra dietética engloba todo tipo de sustancias, sean fibrosas o no, y que, por tanto, incluye la celulosa, la lignina, las pectinas, las gomas, etc (Dueñas, 2008). Por esta razón la botana de harina de manzana tiene un contenido mayor de fibra dietética comparada con el contenido de fibra cruda contenida en la harina de manzana por sí sola, ya que este tipo de fibra incluye a las pectinas, de acuerdo con Ortuño

Resultados y discusión

la concentración de este polímero en la manzana representa el 2 % del producto en fresco (Tabla 11).

Los minerales son esenciales para la función de los seres humanos representan del 4 a 5 % del peso corporal en el ser humano. Normalmente su consumo en la dieta no es suficiente y aunque se consideran micronutrientes su deficiencia puede llegar a traer serios problemas a la salud (Otero, 2012). Ambas botanas presentan una mayor cantidad de cenizas comparado con las harinas originales ya que se les agrega sal en la formulación y a comparación de las vitaminas los minerales siempre conservan su estructura, de esta sal de mesa se obtiene sodio que funciona con electrolito y cloruro el cual equilibra el flujo de los ácidos.

Por otro lado la harina de manzana contiene 6 % de más minerales en comparación con la harina de maíz, lo cual da como resultado una botana con un aporte nutricional mayor ya que los minerales son compuestos inorgánicos que aunque se necesitan en cantidades muy pequeñas son esenciales en la dieta (Mahan, 2013).

En cuanto a las proteínas existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) ya que el contenido de este macronutriente es aproximadamente 4 % menor en la harina de manzana comparada con la harina de maíz, esto se debe a la composición química de la harina con la que fueron elaboradas, esto se puede considerar una desventaja de la harina de manzana ya que este nutriente es esencial para la producción de hormonas, anticuerpos, enzimas y tejido (Phyllis, 1997).

5.5.1 Análisis microbiológico

La calidad microbiológica en los alimentos es fundamental porque esto influye en su conservación y vida de anaquel. Esto se debe a que los microorganismos presentes en los alimentos, son los responsables de las enfermedades transmitidas por alimentos. El análisis microbiológico se realizó con el objetivo de comprobar que las botanas elaboradas con harina de manzana tenían una carga microbiológica aceptada por la NOM-247-SSA1-2008 para cereales y productos derivados. Los resultados de este estudio se muestran en la tabla 19.

Resultados y discusión

Tabla 19. Conteo de coliformes totales y hongos y levaduras totales en la botana elaboradas con harina de manzana.

Conteo de microorganismos		
Coliformes totales.	Hongos totales	Levaduras totales
< 10 UFC	< 10 UFC	36 UFC

Como se muestra en la tabla anterior no hay presencia de microorganismos coliformes los cuales son indicadores de la eficiencia de los procesos de sanitización, desinfección y buenas prácticas de manufactura durante el proceso de elaboración.

Los hongos y las levaduras se encuentran ampliamente distribuidos en el ambiente, por lo que son frecuentes en la microbiota habitual de muchos alimentos; se dispersan fácilmente por el aire y el polvo, son un grupo indicador de la contaminación del grado general de la contaminación en alimentos y del riesgo de desarrollo de hongos toxigenicos en alimentos como frutos secos, especias, cereales y otros granos, y sus derivados (Koburger & Martha. 1984).

Como se muestra en la tabla 19 no hay presencia de hongos; sin embargo, si hubo un desarrollo de 36 UFC de levaduras, según la NOM-247-SSA1-2008 no hay un límite establecido para este tipo de microorganismos sin embargo; Cambreño y Zambrano en el 2014 reportan un desarrollo de microorganismos en galletas adicionadas con harina de mango muy similares a los presentes en este proyecto, donde no hubo presencia de microorganismos coliformes ni de hongos, pero la cantidad de levaduras fue superior presentando 176 UFC. Este tipo de microorganismos son capaces de proliferar en alimentos con un porcentaje de humedad bajo, hasta del 10% como lo son productos horneados (Zeballos, 2002)

La baja carga microbiología presente se debe a que es un producto horneado, en este proceso la actividad de agua (Aw) disminuye, el aw es uno de los factores más importantes para el desarrollo de microorganismos ya que es la cantidad de agua disponible en un alimento por lo que alimentos con baja aw tendrán un periodo de vida útil mayor (Morató, 2012). En general las bacterias necesitan disponer de más agua que las levaduras y mohos (Amerling, 2001).

Resultados y discusión

5.5.2 Elaboración de una etiqueta para las botanas horneadas adicionadas de harina de manzana.

En esta experimentación se propone una etiqueta para el producto final, la cual se elaboró siguiendo lo estipulado en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados. Información comercial y sanitaria, dicha etiqueta consta de una parte posterior, en la que se describe el aporte nutricional que otorga esta botana, la fecha de consumo preferente, la lista de ingredientes utilizados, es importante mencionar que se debe reportar la cantidad de fibra dietética que contiene el producto así como la cantidad de sodio, esta parte de la etiqueta se muestra en la figura 20.

"CONSERVE EL AMBIENTE. DEPOSITA EL ENVASE VACÍO EN LA BASURA"


Información Nutricional		
Porciones por envase: 1 Aprox.		
Porción: 200g		
	100g	1 Porción
Energía (kcal)	62	87
Proteínas (g)	0,0	0,0
Grasa Total (g)	5,23	10,46
Carbohidratos (g)	15,6	21,8
Fibra dietética (g)	9,78	19,58
Sodio (mg)	1.1	2.2

INGREDIENTES: Agua, Harina de maíz, Harina de manzana, Aceite, Sal, Polvo de hornear.

CAD: ABR 17 LT: LU1543

CONSERVESE EN UN LUGAR FRESCO Y SECO

HECHO EN MÉXICO. Elaborado por laboratorios postcosecha Av. Jorge Jiménez Cantú, s/n, INFONAVIT Nte, 54740, Cuautitlán Izcalli, Méx. www.laboratoriopostcosecha.com.mx Met. 5049-1234 Int. 01800-123-4321


7 509997 006970

Porcentaje del Valor Nutricional de Referencia de acuerdo con la NOM-051-SCFI/SSA1-2010.

Figura 20. Etiqueta posterior de las botanas horneadas adicionadas de harina de manzana.

Resultados y discusión

En la figura 21 se muestra la parte frontal de la etiqueta la cual indica cuanto producto contiene en gramos, así como la descripción del mismo.



Figura 21. Etiqueta frontal de la botana horneada adicionada de harina de manzana.

CONCLUSIONES

Conclusiones

6. Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye:

- ✦ Los residuos de manzana provenientes de la producción de sidra, así como las manzanas provenientes del mercado del Carmen se encuentran libres de patulina; por lo que son aptas para ser utilizadas en la elaboración de una harina.
- ✦ Las propiedades funcionales de la harina de manzana como lo es la capacidad de hinchamiento (0.484 ± 0.07 ml/g), absorción de agua (8.67 ± 0.57 g agua/ g sedimento) y absorción de aceite (1.175 ± 0.1 ml/g), resultan adecuadas para la elaboración de una botana.
- ✦ La harina de manzana brinda una mejora en el aporte nutrimental, debido a que proporciona un mayor contenido de minerales (2.00 ± 0.25 %), comparado con la harina de maíz nixtamalizado (1.40 ± 0.58 %), resultando apropiada su utilización en la elaboración de una botana.
- ✦ Aunque tiene un alto contenido de carbohidratos (78.36 %) y un escaso aporte de proteínas (<1.2 %), la cantidad de fibra presente en la botana adicionada de harina de manzana es significativamente mayor (7.69 ± 0.51 %) comparada con la harina de maíz (2.59 ± 0.49) por lo cual es preferible su consumo,
- ✦ Las botanas se elaboraron siguiendo las buenas prácticas de manufactura, la materia prima se manejó de manera adecuada lo cual se refleja en un producto adecuado para el consumo al tener una baja carga microbiana.
- ✦ Los parámetros microbiológicos en los desechos fueron importantes para la verificación de la ausencia de patulina.
- ✦ Las botanas adicionadas de harina de manzana cumplen con las normas de un producto con características de horneado similares, lo cual indica que este proceso ayuda a su conservación.
- ✦ La evaluación sensorial indica que la adición de 45 % harina de manzana a las botanas resulta agradable para los consumidores teniendo una mayor aceptación de los mismos comparada con la harina de maíz.
- ✦ El uso de residuos de sidra es útil para la elaboración de alimentos funcionales con una adecuada calidad.

RECOMENDACIONES

Recomendaciones

7. Recomendaciones.

- ✦ Evaluar de forma cuantitativa la cantidad de patulina presente en las muestras por medio de espectrofotometría o bien por cromatografía líquida de alta presión (HPLC).
- ✦ Cuantificar la cantidad de pectina en los residuos provenientes de la sidra por medio del método de precipitación con ácido , ya que podría ser otra forma de aprovechamiento
- ✦ Elaborar otros productos con la harina de manzana obtenida, como lo son productos de panificación en especial galletas y panques.
- ✦ Realizar la cuantificación de fibra cruda y fibra dietética tanto en la harina como a la botana de manzana para realizar una comparación más precisa.
- ✦ Determinar la vida de anaquel de la botana evaluada en diferentes empaques.

BIBLIOGRAFÍA

8. Bibliografía

- Agusti, M. (2004). Fruticultura. Cap. 12: Frutales de pepita. . 247-272 pp.. Ediciones Mundi-Prensa.
- Álvarez, E. (2006) .La fibra dietética. Revista Nutr. Hosp. 21 (Supl. 2) 61-72
- Amador, J. 2011. Botanas de frijol, el futuro contra la comida chatarra. Zacatecas, México. Recuperado el 19 de febrero de 2017. Disponible en : <http://www.zacatecasonline.com.mx/noticias/local/13842-botanas-frijol-comida.html>
- Amerling ,C. (2001). Tecnología de la carne: antología. Universidad Estatal a Distancia
- Antón y Lizaso (2002) Hongos y micotoxinas. Fundacion Iberica para la seguridad alimentaria. Madrid.
- AOAC (2005). Official Methods of Analysis. AOAC 974.18 O Patulin in Apple Juice. ThinLayer Chromatographic Method. En: Chapter 49 (Natural Toxins), section 49.7.01.
- Arranz, M. S. (2010) Compuestos polifenólicos (extraíbles y no extraíbles) en alimentos de la dieta española: metodología para su determinación e identificación. Tesis de doctorado. Universidad complutense de Madrid. Madrid.
- AZTI- Tecnalia. (2010). Azti investiga la forma de dar valor a los residuos procedentes de la elaboración de la sidra. Recuperado el 23 de febrero de 2017. Disponible en: http://www.euskadi.eus/contenidos/boletin_revista/sustrai_76/es_agripes/adjuntos/76_28_29_c.pdf
- Baert, K., Meulenaer, B., Kasase, C., Huyghebaert, A., Ooghe, W. y Devlieghere, F. (2007). “Free and bound patulin in cloudy Apple juice” Food Chemistry, 100(3):1278- 1282
- Barquera S, Hernandez-Barrera L, Campos-Nonato I, Espinosa J, Flores M, J AB, Rivera JA. (2009) Energy and nutrient consumption in adults: Analysis of the

Bibliografía

Mexican National Health and Nutrition Survey 2006. Salud Publica Mex, 51 Suppl 4:S562-73

- Baraona, M. (1998). Manzana, melocotón, fresa y mora Fruticultura especial. UNED. San José, Costa Rica.
- Barriga, X. (2003). La importancia de la harina. Montagud. Mexico. 16 pp.
- Bennett, G.A. and Shotwell, O. (1990), Criteria for Determining Purity of Fusarium Mycotoxins. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 73: 270,
- Brackett , R. y Marth, E.(1979).Ascorbic acid and ascorbate cause disappearance of patulin from buffer solutions and Apple juice. Journal of Food Protection, 42:864-866.
- Bravo, M. (2013) Manzanas: una temporada de alto valor de exportaciones. Oficina de estudios y políticas agrarias. Recuperado el 20 de septiembre de 2017. Disponible en: http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/138124860212431.pdf
- Cabello, A., Nieto, C., Chávez, M. y Cuz, Z. (2012). Contaminacion por hongos filamentosos en la manzana :amenaza para la salud y la economía. Recuperado el : 26 de septiembre del 2017. Disponible en: <http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC31/6.html>
- CAFI (2016). crece. El consumo de la manzana mundial crece. Cafi.org. Disponible en <http://www.cafi.org.ar/el-consumo-mundial-de-la-manzana-crece-2/> fecha de consulta : 2 de febrero
- Calvo Carrillo ,M. y Mendoza Martínez, E. (2002) Toxicología de los alimentos. México. Mc Grow Hill
- Camacho, A., Giles, M, Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B. y O.Velázquez. 2009. Técnicas para análisis microbiológico de alimentos. 2da edición. Facultad de química. Estado de México.
- Cees de Graaf (2006) Effect of Snack son energy intake: An evolutionary perspective. Research Review Appetite: 47:18-23.
- Comité Estatal Sistema Producto Manzana del Estado de Chihuahua (2012) Plan rector sistema producto manzana. México.Chihuahua

Bibliografía

- Castoria R, Morena V, Caputo L, Panfili G, De Curtis F, De Cicco V (2005) Effect of the biocontrol yeast *Rhodotorula glutinis* strain LS11 on patulin accumulation in stored apples. *Phytopathology* , 95:1271-1278.
- CODEX (1999) Documento de síntesis relativo a la patulina. Francia
- Comisión nacional del medio ambiente, CNMA (2008).Guía para el control y prevención de la contaminación industrial. Recuperado el 12 de febrero del 2017. Disponible en: http://www.sinia.cl/1292/articles-26230_pdf_frutas_hortalizas.pdf
- Contreras, R. (2013). Generalidades sobre el género *Penicillium*. Recuperado el 26 de septiembre del 2017. Disponible en : <https://biologia.laguia2000.com/hongos/generalidades-sobre-el-genero-penicillium>
- Cordero Álvarez, R (2003). ¿Vivir o durar?. México. Ed. PyV
- Dombrink-Kurtzman, M.A., Knutson, C.A. (1997). A study of maize endosperm hardness in relation to amilose content and susceptibility to damage. *Cereal Chemistry* 74, 776-780.
- Dueñas Gonzales J.(2008) Fibra Cruda. Disponible en : <https://es.scribd.com/doc/8462551/Fibra-Cruda-y-Extracto-etereo>. Recuperado el :27 de julio de 2017
- Delahaye . P.E., Vásquez, H., Herrera, I. y Garrido , R. (1997) Snack de Maíz enriquecidos con fibra dietética y carotenoides de la harina de zanahoria (*Daucus Carota*) procesados por extrusión. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 23. 235 - 248. Venezuela.
- Dong X, Jiang W, Li C, Ma N, Xu Y, Meng X .(2015) Patulin biodegradation by marine yeast *Kodameae ohmeri*. *Food Addit Contam Part A*, 32:352-360.
- Drush, S., Kopka, S. y Keading, J.(2007). Stability of patulin in a juice-like aqueous model system in the presence of ascorbis acid. *Food Chemistry*. 100(1): 192-197
- ELIKA (2017) Micotoxinas en alimentos y piensos ¿ un riesgo químico emergente?. Recuperado el 4 de septiembre de 2017. Disponible en : <http://www.elika.eus/datos/articulos/Archivo890/berezi%2017%20FINAL.pdf>

Bibliografía

- El universal (2013). Producción de sidra crece 30%. Recuperado el 17 de marzo del 2017. Disponible en : <http://archivo.eluniversal.com.mx/articulos/62012.html>
- El poder del consumidor. (2012). Ojo con las botanas y frituras de harina de trigo y/o maíz. Recuperado el 26 de octubre del 2017. Disponible en : <http://dev.elpoderdelconsumidor.org/analisisdeproductos/reporte-sobre-frituras-y-botanas-de-harina-de-trigo-yo-maiz/>
- Espitia, P., Pardo, Y. y Montalvo, A. (2013) Características del análisis proximal de harinas obtenidas de frutos de plátano variedades Papocho y Pelipita (Musa ABB Simmonds). Universidad de Córdoba. Colombia
- FAO (2003) Manual sobre la aplicación del sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (APPCC) en la prevención y control de micotoxinas. Recuperado el : 7 de septiembre del 2017. Disponible en: https://books.google.com.mx/books?id=CaRQvQBE8awC&pg=PA110&dq=patulina&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi_k4rz4pHWAhVJ-2MKHfuXD5EQ6AEINjAD#v=onepage&q=patulina&f=false
- FAO. (2008) Nutrientes esenciales-lípidos. Recuperado el 22 de septiembre del 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB492S/AB492S02.htm>
- Fernández-Michel, S.G., Alanís-Guzmán, M. G., Ramos Clamont, M. G., García-Díaz C. L. Determinación y calidad de grasa aportada por botanas saladas consumidas por niños torreonenses en edad escolar. Revista Salud Pública y Nutrición. Recueperado el 26 de febrero de 2017. Disponible: www.respyn.uanl.mx/
- Fernández Cruz, M., Mansilla, M. y Tadeo, J. (2010). "Mycotoxins in fruits and their processed products: Analysis, occurrence and health implications" Journal of Advanced Research, 1(2):113-122.
- Flores Farias, R., Martínez Bustos, F. y Salinas Moreno, Y. (2002) Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. Agrociencia 36: 557-567
- Fundación educación para el desarrollo FUTAPO (2014). Producción de manzana. Sucre- Bolivia

Bibliografía

- Funes, G. (2011). Factores que afectan el contenido de patulina y fumonisinas durante el procesamiento de alimentos. Tesis de Doctorado. Universidad de Buenos Aires
- Gallego Brogueraas I. (2010) Micotoxinas. Recuperado 15 de febrero de 2017. Disponible en: <http://www.analizacalidad.com/docftp/fi1136micotoxinas.pdf>
- García O., Aiello C. Peña M. , RamírezJ. Acevedo I. (2012). Caracterización físico-química y propiedades funcionales de la harina obtenida de granos de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) sometidos a diferentes procesamientos. Revista Científica UDO Agrícola 12 (4): 919-928. 2012
- Gil, A. (2013). Tratado de nutrición. Madrid : Panamericana .
- Gil-Albert Velarde F. (1997). Tratado de arboricultura frutal. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Gil Hernández, A, (2010) Nutrición en las enfermedades del páncreas exócrino. En: tratado de nutrición. Ed. Panamericana. Tomo 4, Cap 32, 960- 991
- Gimeno, A. y Ligia, M. (2011). Micotoxinas y Micotoxicosis en Animales y Humanos (1-160 pp.). (3ra ed.) USA: Special Nutrients Inc.
- Gottau,G. (2011). El tipo de grasa que contienen los diferentes aceites. Recuperado el : 4 de octubre del 2017. Disponible en : <https://www.vitonica.com/dietas/el-tipo-de-grasa-que-contienen-los-diferentes-aceites>
- Gottau, G. (2010). El efecto sobre el organismo de los distintos tipos de grasa. Recuperado el: 4 de octubre de 2017. Disponible en: <https://www.vitonica.com/grasas/el-efecto-sobre-el-organismo-de-los-diferentes-tipos-de-grasas>
- Greenwood, P., Rodríguez, C., González, J. y Halstead, A. (2009). Enciclopedia de las plagas y enfermedades de las plantas: Guía completa para la prevención, la identificación y el tratamiento de los problemas de las plantas. Barcelona, España: Blume
- Greenfield, H. (2006). Datos de composición de alimentos. FAO. Roma

Bibliografía

- Harrison, M. (1989). Presence and stability of patulin in Apple products: a review. *Journal of Food Safety*, 9(3) :147- 153.
- Hawar S, Vevers W, Karieb S, Ali BK, Billington R, Beal J. (2013) Biotransformation of patulin to hydroascladiol by *Lactobacillus plantarum*. *Food Control*, 34:502-508...
- Heitman, D. W.; Hardman, W. E. y. Cameron. (1992)“Dietary supplementation with pectin and guar gum on 1,2-dimetilhidrazine-induced colon carcinogenesis in rats”. *Carcinogenesis* 13
- Hermosillo Moreno G. (2015) detección de patulina en manzana “golden delicious” y en productos derivados elaborados industrial y artesanalmente comercializados en México. Tesis de licenciatura de Ingeniería en Alimentos. UNAM. FESC. México DF. Pp. 49-52
- INFOAGRO (2013) El cultivo de la manzana 2 da parte. Recuperado el 14 de febrero del 2017. Disponible en: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/manzana2.htm
- International Agency for Research on Cancer (IARC) (1986). Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans: Patulin. 40 :83-98.
- Jackson, L. y Dombrink-Kurtzman, M. (2006). Patulin. *Microbiology of fruits and vegetables*, Cap. 13: 281-311. Ed. Sapers, G., Gorny, J. y Yousef, A.
- Jones, W; Brunner, J; Chang-Lin, X. (2007). Guide to apple postharvest defects and disorders card. Estados Unidos, University of Washington. Disponible en http://entomology.tfrec.wsu.edu/Cullage_Site/Cards/Physiol.html Fecha de consulta.
- Kadakal, C., Nas, S. y Poyrazoglu, E. (2002). “Efect of comercial processingg stages of apple juice on patulin, fumaric acid and hydroxymethylfurfural (HMF) levels “ *Journal of Food Quality*, 25 : 359 – 3868.
- Kinsella JE (1976) Functional properties of protein foods. A survey. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 7 : 219-280.

Bibliografía

- Koburger J. & Martha E. (1984) Yeasts and Molds. In: Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 2nd ed. Marvin S. (Ed.) APHA. USA. 197-199.
- Leal-Diaz, A., Rooney, L.W., Waniska, R.D. Barron, M., Riaz, M. (2003). Evaluation of extrusion properties of quality protein maize and food grade maize. AACC Annual meeting: Program book Pub. By The American Association of Cereal Chemist. St Paul MN. P.132.
- Lovett, J y Peeler, J. (1973). Effect of pH on thermal destruction kinetics of patulin in aqueous solutions. Journal of Food Science, 38 (6): 1094-1095.
- Martínez, C. (2000). Efectos del Exceso de carbohidratos. Recuperado el: 4 de octubre de 2017. Disponible en: http://www.medspain.com/ant/n10_mar00/carbohidratos.htm
- Matzinger, B; Tong, C.(2008). Comm . Consultado 20 nov. 2008.
- Mahan, K. y Raymond, J. (2013) Dietoterapia.Universidad de Washington.. Elsevier.
- Mitcham, E. Harris, L; Yada, S; (2002). Apples: Safe methods for store, preserve, and enjoy. Davis, US, University of California, n° 8229.
- Moake MM, Padilla-Zakour OI, Worobo RW: (2005).Comprehensive reeviw of patulin control methods in foods. Compr Rev Food Sci Food saf, 1:8-21
- Modercay , L. (1994). Preparación y determinación de propiedades funcionales de concentrados proteicos de haba (*Vicia faba*). Universidad Nacional de Colombia. Bogota.
- NMX-F-089-S-1978. Determinación de extracto etéreo (método Soxhlet)
- NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos.
- NMX-F-083-1986. Alimentos. determinación de humedad en productos alimenticios
- NMX-F-090-1978. Determinacion de fibra cruda en alimentos.
- NMX-F-0312-1978. Determinacion de reductores directos y totales en alimentos.
- PROY-NOM-SSA1-2016.Productos y servicios.Botanas. Especificaciones sanitarias.Metodos de prueba

Bibliografía

- NOM-111-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
- NOM-113-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.
- 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.
- NOM-033-SSA1-1993, Bienes y servicios. irradiación de alimentos. dosis permitidas en alimentos, materias primas y aditivos alimentarios.
- NOM-040-SSA1-1993, Bienes y servicios. Sal yodada y sal yodada fluorurada. Especificaciones sanitarias.
- Official Methods of Analysis. A.O.A.C. 15 th Edition. U.S.A. (1990).
- Ontuño Vian, A. (2006) Introducción a la química industrial. Editorial?? Barcelona España.
- OPPORTIMES (2016). Crece 5.3% consumo de botanas en México. Publicado el 23 de marzo del 2016. Recuperado el 10 de septiembre de 2017. Disponible en: <https://www.opportimes.com/mercados/crece-5-3-consumo-de-botanas-en-mexico/>
- Ortega V. M. (2011) Evaluación de la microextracción líquido-líquido dispersiva para la determinación de Patulina en zumos de manzana mediante electroforesis capilar. Tesis de Maestría en Química. Universidad de Granada pp 8
- Otero Lamas, B, (2012). Nutrición. Red tercer milenio, México.
- Ovando, M. (2008). Pasta adicionada con harina de plátano: digestibilidad y capacidad antioxidante. Tesis de maestría no publicada. Instituto Politécnico Nacional, Morelos, México
- Peraza, G. (2000) .Caracterización de los residuos fibrosos de *Canavalia ensiformis* L. y *Phaseolus lunatus*.y su incorporación a un producto alimenticio. Tesis Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Química. México.

Bibliografía

- Phyllis, A. (1997). Recetas nutritivas que curan. Nueva York, AVERY
- Pickering, T. (2000). Buenas noticias sobre hipertensión arterial. España. Granica
- Praderes, G.; A. García y E. Pacheco. 2009. Caracterización físico-química y propiedades funcionales de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) obtenida por secado en doble tambor rotatorio. Revista de la Facultad de Agronomía (UCV) 35 (2): 79-84.
- PROFECO (2012) El laboratorio PROFECO reporta: Frituras al desnudo ¿Qué se esconde detrás del sabor? Recuperado el 20 de septiembre del 2017. Disponible en: http://red.ilce.edu.mx/sitios/tabletas/familia/Laboratorio_Frituras.pdf
- PROFECO (2008) El laboratorio PROFECO reporta : Papas fritas envasadas. consultado el 29 de mayo de 2017 Disponible en : https://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_08/56-63%20papas.pdf
- Ranken M.D. (1993). Manual de industrias de los alimentos, ACRIBA, Zaragoza, España.
- Rasgado Vázquez S. (2015). Extracción de fibra dietética de residuos agroindustriales para su aplicación en alimentos funcionales. Tesis grado licenciatura: FESC. Estado de México
- Ríos O.R, (1989) Tecnología de botanas. Tesis para obtener el título de IQA. Facultad de Química UAC. Santiago Querétaro, Qro. México.
- Robertson J.A, Mondredon F.D, Dysseler P, Guillon T. (2000). Hidration properties of dietary fiber and resistant starch: a European Collaborative Study. IWT, 33(1): 73-79.
- Riley, R. y Showker, J. (1991). The mechanism of patulin's cytotoxicity and the antioxidant activity of indole tetramic acids. Toxicology and applied Pharmacology, 109(1) 108-126.
- Rouessac, F. y Rouessac , A. (2000). Análisis Químico. España: Mc- GrawHill
- SAGARPA-UNIFRUT (2013). Estudio de infraestructura logística para la manzana y durazno del Estado de Chihuahua. Fecha de consulta: 7 de Septiembre de 2013. Disponible en: www.sagarpa.org.mx

Bibliografía

- Sangronis, E., Machado, C. y Cava, R.(2004) Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* Y *Cajan cajan*) germinadas.UAEM.
- Salvador A., Varela P., Sanz T., Fiszman S.M. (2009). Understanding potato chips crispy texture by simultaneous fracture and acoustic measurements, and sensory analysis. LWT-Food Science and Technology. 42. 763-767.
- Scallan A.M.; (1977). “The accommodation of water within pulp fibers. Fiber Water Interactions in PaperMaking”, Oxford Technical Division, The British Paper Board Industry Federation: 19-23
- Secretaria de Hacienda y Crédito público (SHCP). (2014).Chihuahua, Durango y Puebla destacan en la producción de manzana. Recuperado el: 19 de marzo del 2017. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/manzana-mexico-produjo-716-930-toneladas-en-2016?idiom=es>.
- Sidra de Asturias (s/f). recuperado el 19 de febrero del 2017. Disponible en: <http://www.sidradeasturias.es/detalle.php?var=60&vari=59&%20vari2=60>
- Sgarbieri V (1998) Propiedades funcionales de proteínas en alimentos. Bol. SBCTA 32 : 105-126
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2017) Manzana: México produjo 716,930 toneladas en 2016. Recuperado el 4 de septiembre de 2017. Disponible en : <https://www.gob.mx/siap/articulos/manzana-mexico-produjo-716-930-toneladas-en-2016?idiom=es>
- Snowdon A L (1990) A Color Atlas of Postharvest Diseases and Disorders of Fruits and Vegetables Vol. 1. General Introduction & Fruits. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida, USA. 302 p.
- Solarte, E., Hernández, S., Morales, A., Fernández, J. y Melgarejo, L. (2012). Caracterización fisiológica del fruto de guayaba durante la maduración. Recuperado el: 26 de septiembre de 2017. Disponible en : http://www.bdigital.unal.edu.co/8536/20/05_Parte_01_Cap03.pdf
- Soriano, M. (2011). Nutrición básica humana. Universitat de Valencia,España.
- Soriano del Castillo, J. (2007). Micotoxinas en alimentos. España: Díaz de Santos.

Bibliografía

- Soriano, M., Vejar, B. y Bonilla, P. (2002) Frecuencia de hongos anemófilos productores de micotoxinas en algunos mercados de Lima. Detección de patulina en manzanas en descomposición. Ciencia e investigación Vol V(2)- Universidad Mayor de San Marcos.
- Spotts R A, L A Cervantes, E A Mielke (1999) Variability in postharvest decay among apple cultivars. Plant Dis. 83:1051-1054. Suárez Moreno, D. (2005). Guía de proceso para la elaboración de néctares, mermeladas, uva pasas y vinos. Bogotá. . Convenio Andrés Bello
- Tejeda, C. (2013) El economista: El mercado de botanas creció en México casi 40% en cinco años. Recuperado el: 21 de septiembre de 2017. Disponible en: <http://www.promocion.salud.gob.mx/cdn/?p=4016>
- The world Apple and pear association (WAPA)(2010). Apple and Pear Production by country and year (2003-2010). Recuperado el 20 de septiembre del 2017. Disponible en: http://www.wapa-association.org/asp/page_1.asp?doc_id=446
- Toranzo, J. (2016) Producción mundial de manzanas y peras. INTA Argentina
- Viñas, M., Usall, J., Echeverría, G., Graell, J., Ayala, I. y Recasens, D. (2006). Poscosecha de pera, manzana y melocotón. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Watts B. M. (1992) Métodos sensoriales básicos para la evaluación de los alimentos. Editorial, Canadá
- Welke, J., Hoeltz, M., Dottori, H. y Noll, . (2010). Fungi and patulin in apples and the role of processing on patulin levels in juices: A study on naturally contaminated apples. Journal of Food Safety, 30 (2): 276- 287.
- Wolfe K, Wu X, Liu RH (2003) Actividad antioxidante de la piel de las manzanas. J Agric Food Chem;51:609-14
- Yamada, H. (1996) "Contribution of pectins on health care" En Visser, J. y Voranger, G.J. (Eds.) Pectins and Pectinases. Elsevier Science., ciudad de edición
- Yuan Y, Wang X, Hatab S, Wang Z, Wang Y, Luo Y, Yue T (2014) Patulin reduction in apple juice by inactivated Alicyclobacillus spp.. Lett Appl Microbiol 59:604-609.

Bibliografía

- Yepes, M., Montoya, L. y Orozco , F. (2008). Valorización de residuos agroindustriales – frutas en Medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellin 61(1):4422-4431
- Zambrano, M., Hernández, A. y Gallardo, Y. (1998). Caracterización fisicoquímica del nopal. En temas de tecnología de alimentos. Vol. 2. Fibra dietética; editada por Lajolo, M y Wenzel, E. CYTED. Instituto politécnico Nacional. Distrito Federal, México.
- Zeballos Salgado, V. (2002). Análisis de mesófilos aerobios, mohos y levaduras, coliformes totales y Salmonella spp. en cuatro ingredientes utilizados en la planta de lácteos de Zamorano, Honduras.