



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD
Y DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL
TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

**Efecto de la inclusión de harina de cáscara de tuna en parámetros
fisicoquímicos y sensoriales de salchichas de cerdo**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

PRESENTA:

FÉLIX RAÚL OCAMPO OLALDE

TUTOR PRINCIPAL

M en C Enrique Jesús Delgado Suárez

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – UNAM

COMITÉ TUTORAL

Dra. María de Lourdes Pérez Chabela

Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa

Dr. José Ángel Gutiérrez Pabello

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – UNAM



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Dedicatorias y agradecimientos

A mis padres

...por cultivar y llenar de aventuras mí camino

A mis hermanos

...por compartir las cosas buenas y malas que la vida nos ha dado

A mis amigos

...por estar en las buenas y las malas

A mis maestros

...por la paciencia que me brindaron al educarme

A ti

...que te tomas tu tiempo para leer este que es mi pequeño hijo

Resumen

El objetivo de este trabajo fue conocer el efecto de la inclusión de cáscara de tuna (*Opuntia ficus indica*) en salchichas cocidas elaboradas con carne de cerdo. Para ello se analizaron los parámetros físicoquímicos (pH, capacidad de retención de agua, humedad total) reológicas (dureza, cohesividad, elasticidad y gomosidad), parámetros de perfil de color (L^* , a^* , b^* , C^* , h^* y ΔE^*_{ab}), y sensoriales (color, textura y agrado general) del producto final.

El diseño del experimento consistió en la elaboración de 3 lotes de salchichas con inclusiones idénticas de ingredientes (carne magra y grasa de cerdo, sal, nitritos, fosfatos, k-carragenina y hielo) con excepción de la harina de cáscara de tuna, la cual fue incorporada en 3 porcentajes: 0%, 2.5% y 5%.

La evaluación de las características del perfil de color mostraron que con una mayor inclusión del coproducto ($P < 0.05$), se obtienen salchichas más oscuras y con tonalidades verde-café (desplazamiento del ángulo h^*). Mostrando diferencias del color (ΔE^*_{ab}) evidentes: mayores a 3 unidades CIELab, que son percibidas por jueces no entrenados.

Por su parte la evaluación de las características reológicas (dureza, elasticidad y cohesividad) no muestran cambios ($P > 0.05$) que indiquen que la cáscara de tuna afecta la estabilidad del sistema cárnico. En lo que respecta a la evaluación sensorial, los jueces no entrenados otorgaron las menores calificaciones al lote con 5% de cáscara de tuna ($P > 0.05$), debido al color obtenido en el producto final.

Por lo que se concluye que la harina de cáscara de tuna puede ser empleada en salchichas en inclusiones menores a 5% cuando se hable de productos cárnicos susceptibles a cambios en el color.

Palabras clave: salchichas, coproductos agroindustriales, fibra.

Abstract

The aim of this work was to know the effect of the inclusion of cactus pear peel (*Opuntia ficus indica*) in cooked sausages made with pork. For this purpose, was analysis the physical chemical parameters (pH, water holding capacity, total moisture) rheological (hardness, cohesiveness, elasticity and gum), color profile (L^* , a^* , b^* , C^* , h^* & ΔE^*) and sensory parameters (color, texture and overall liking) of the final product.

The design of the experiment consisted of the preparation of 3 batches of sausages with identical inclusions of ingredients (lean meat and pork fat, salt, nitrites, phosphates, k-carrageenan and ice), with the exception of the cactus pear, which was incorporated in 3 percentages: 0%, 2.5% and 5%.

The evaluation of the parameters of color profile showed that with a greater inclusion of the by-product ($P < 0.05$), darker and green-brown shades sausages were obtained (displacement of the h^* angle). Showing evident color differences (ΔE^*_{ab}): greater than 3 CIELab units, which are perceived by untrained judges.

On the other hand the evaluation of the rheological parameters (hardness, elasticity and cohesivity) do not show changes ($P > 0.05$) indicating that the cactus pear peel affects the stability of the meat system. Talking about the sensory evaluation, the untrained judges granted the lowest grades to the batch with 5% of cactus pear peel ($P > 0.05$), due to the color obtained in the final product.

Therefore, it can be concluded that the cactus pear peel can be used in sausages in inclusions less than 5% when talking about meat products susceptible to changes in color.

Keyword: sausages, by-products, dietary fiber

Índice

1. Introducción	9
2. Revisión bibliográfica	11
2.1 Coproductos agroindustriales.....	11
2.2 Las frutas como coproductos	12
2.3 La tuna como coproducto agroindustrial	14
2.4 Beneficios a la salud de los coproductos agroindustriales	15
2.4.1 Compuestos bioactivos.....	16
2.4.2 Fibra dietética	16
2.5 Coproductos agroindustriales en productos cárnicos	20
2.6 Características tecnológicas de coproductos agroindustriales en productos cárnicos	21
2.5.1 Capacidad de retención de agua.....	22
2.5.2 Viscosidad.....	22
2.5.3 Capacidad para formar geles	23
3. Justificación	24
4. Objetivo general.....	25
4.1 Objetivos específicos.....	25
5. Hipótesis	26
6. Material y métodos	27
6.1 Obtención de la harina de cáscara de tuna	27
6.2 Elaboración de las salchichas	28
6.3 Medición de características fisicoquímicas	29
6.3.1 pH.....	29
6.3.2 Capacidad de retención de agua	30
6.3.3 Humedad total	30
6.3.4 Rendimiento a la cocción.....	31
6.4 Medición de características reológicas.....	31
6.5 Medición de los parámetros de perfil de color	31
6.6 Evaluación sensorial.....	32
6.7 Análisis estadístico	33
7. Resultados.....	34
7.1 Características fisicoquímicas.....	34
7.2 Características reológicas.....	35
7.3 Perfil de color	36

7.4 Evaluación sensorial.....	37
8. Discusión	39
9. Conclusiones.....	43
10. Recomendaciones	44
11. Bibliografía	45

Cuadros y figuras

Figura 1. Producción estimada de coproductos agroindustriales en México.... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 1. Total de fibra dietética en coproductos agroindustriales 13

Cuadro 2. Composición proximal (% materia seca) de la tuna y la naranja 14

Cuadro 3. Efectos fisiológicos de las fracciones de fibra dietética: soluble e insoluble 18

Cuadro 4. Beneficios a la salud de los compuestos de la fibra dietética..... 19

Cuadro 5. Coproductos obtenidos de frutas incorporados en alimentos..... 21

Cuadro 6. Formulación de los lotes de salchichas..... 29

Figura 2. Formación de la emulsión cárnica y embutido..... 29

Figura 3. Medición instrumental del color de salchichas..... 32

Figura 4. Evaluación sensorial del panel no entrenado en cabinas para evaluación **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 7. Medias de mínimos cuadrados de características fisicoquímicas de salchichas con distintos niveles de inclusión de harina de cáscara de tuna 35

Cuadro 8. Medias de mínimos cuadrados de características reológicas de salchichas con distintos niveles de inclusión de harina de cáscara de tuna 36

Cuadro 9. Medias de mínimos cuadrados del perfil de color de salchichas 37 con distintos niveles de inclusión de harina de cáscara de tuna 37

Figura 5. Efecto de la adición de cáscara de tuna en características sensoriales de salchichas evaluadas por un panel no-entrenado (n=55) **¡Error! Marcador no definido.**

Abreviaturas

ΔE^*	Cambios totales del color
BHA	Butilhidroxianisol
cm³	Centímetros cúbicos
g/día	Gramos por día
g/kg	Gramos por kilogramo
h	Hora
LDL	Lipoproteína de baja densidad
°C	Grados Celsius
pH	Potencial de hidrogeniones
rpm	Revoluciones por minuto
μmol TE/g	Micromoles equivalentes Trolox por gramo

1. Introducción

En México, las salchichas son productos cárnicos populares y económicos de alto consumo, el Consejo Mexicano de la Carne (COMECARNE, 2010) estima que su consumo ronda en el 50% del total de los productos cárnicos de la dieta del mexicano.

Sin embargo existe el riesgo de padecer diversas patologías nutricionales, tales como obesidad, altos niveles de colesterol en sangre, hipertensión, cáncer de colon y enfermedades cardiovasculares asociadas al consumo en exceso de este tipo de alimentos. Esto último, en gran medida, se atribuye al excesivo aporte de grasa y sodio de los cárnicos procesados (He y MacGregor, 2002; Jiménez-Colmenero 2001; McAfee y col., 2010).

Recientes investigaciones han mostrado la importancia de los coproductos agroindustriales obtenidos de los diversos procesamientos de frutas y verduras, como ingredientes funcionales para la elaboración de alimentos formulados (Chávez-Zepeda y col., 2009; Elleuch y col., 2011; O'Shea y col., 2012). Lo anterior obedece a que las partes no comestibles de frutas y vegetales presentan un alto contenido de fibra dietética y de compuestos bioactivos (aminoácidos, vitaminas, minerales, aceites esenciales y antioxidantes) que favorecen la salud humana (Rodríguez y col., 2006; Urías-Silvas y col., 2008; McAfee y col., 2010).

La adición de coproductos agroindustriales en productos cárnicos tipo salchichas ha mostrado beneficios tecnológicos como: el aumento en la capacidad de retención de agua, mejorar los rendimientos de cocción, así como conferir un sabor neutro (García y col., 2002).

Entre los principales coproductos agroindustriales empleados se encuentran las cáscaras de cítricos (Aleson-Carbonel y col., 2005; Figuerola y col., 2005; Fernández-Lopez y col., 2007; Marín y col., 2007; Yalinkilic y col., 2012; Pérez-Chabela y col., 2015). Sin embargo, la información sobre los coproductos de otras frutas es limitada. Tal es el caso del fruto de la *Opuntia ficus-indica* (tuna), muy abundante en México (Jiménez-Aguilar y col., 2015) y con un perfil de fibra dietética similar a la de los cítricos (Sáenz y col., 2004; Stintzing y Carle, 2005).

Por tanto, la inclusión de nuevos ingredientes ricos en fibra dietética y antioxidantes, como la harina de cáscara de tuna, podría representar una ventaja desde el punto de vista nutricional. Siempre que las características tecnológicas y sensoriales de los productos finales no sean afectadas

Por estas razones, es importante evaluar si la incorporación de coproductos obtenidos de la tuna (cáscara de tuna) afecta las características físicoquímicas (pH, humedad total, capacidad de retención de agua), reológicas (dureza, cohesividad, elasticidad y gomosidad), perfil de color (L^* , a^* , b^* , C^* , h^* y ΔE^*_{ab}) y sensoriales de salchichas.

2. Revisión bibliográfica

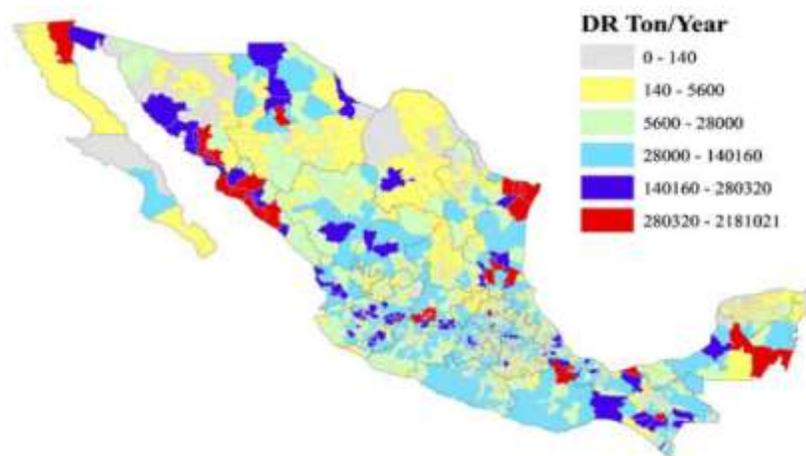
2.1 Coproductos agroindustriales

Los coproductos agroindustriales son las partes no comestibles (semillas, cáscaras, pulpas) de frutas y vegetales. Se obtienen como resultado de los diversos procesos de elaboración de alimentos y bebidas y representan entre el 20 y 70% (base húmeda) del peso de la materia prima (Schieber y col., 2001).

Históricamente, los coproductos se consideraban como desperdicios por la industria agroalimentaria, lo que los convertía en un problema de contaminación ambiental (Aguedo y col., 2012). Con el fin de mitigar esta problemática, grupos de investigadores han trabajado en el desarrollo de tecnologías y métodos para su aprovechamiento. Entre éstos, destaca el empleo en la producción de biocombustibles (Vijn y Smeekens, 1999; Narvaéz-Zapata y Sánchez-Teyer, 2010), como sustituto de celulosa en la elaboración de papel (Iñiguez-Covarrubias y col., 2001), textiles (Bessadok y col., 2009) y como material de refuerzo en plásticos biodegradables (Munoz y col., 2008).

La tendencia actual en el mercado de productos alimenticios es enriquecer dichos productos con ingredientes de valor nutrimental. Como ejemplo podemos encontrar jugos enriquecidos con vitaminas, yogurt con probióticos, pastas con fibra, entre otros alimentos (Schieber y col., 2001; Rodríguez y col., 2006).

En lo que respecta a los volúmenes de producción, se estima que México produce alrededor de 75 millones de toneladas anuales de coproductos agroindustriales (figura 1) (Valdez-Vázquez y col., 2010; SAGARPA, 2014), provenientes de la elaboración de diversos alimentos: panadería, tortillas, azúcar, chocolates, conservas de frutas y verduras, alimentos preparados, jugos, obtención de aceites, así como la elaboración de bebidas alcohólicas fermentadas (tequila, mezcal y pulque) (INEGI, 2012).



Valdez-Vázquez y col., 2010

Figura 1. Producción estimada de coproductos agroindustriales en México

2.2 Las frutas como fuentes de coproductos agroindustriales

Las principales frutas producidas en México son: la naranja, el mango, la tuna, el plátano y la manzana (SAGARPA, 2014). Estas poseen altos niveles de fibra dietética soluble (>40%), a la cual se le adjudican beneficios fisiológicos que promueven la salud (Buttriss y Stokes, 2008; Cho, 2009).

En lo que respecta a los compuestos bioactivos, se sabe que las frutas con cáscara poseen una mayor proporción de estos. Se estima que poseen más de 5000 tipos distintos. Los principales compuestos bioactivos presentes en las cáscaras son compuestos fenólicos, terpenos, flavonoides, carotenoides y vitamina C (Balasundram y col., 2006; Acosta-Estrada y col., 2014).

Un ejemplo representativo de coproductos obtenidos a partir de las frutas son las cáscaras de cítricos. Ello obedece a su amplia disponibilidad, puesto que se encuentran entre las principales frutas producidas a escala mundial (Fernández-López y col., 2004). Por esta razón, existe un gran número de investigaciones que avalan su aprovechamiento en la industria farmacéutica, cosmética y de los alimentos, donde los coproductos de cítricos se han usado para la obtención de diversos compuestos (pectina, aceites, esencias, etanol, ácido

ascórbico, limonoides y flavonoides) (Marín y col., 2007) o como ingrediente funcional en productos cárnicos (Aleson-Carbonell y col., 2002; García y col., 2002; Fernández-Ginés y col., 2003; Fernández-López y col., 2004).

Cuadro 1. Fibra dietética total en coproductos agroindustriales

Coproducto	Fibra dietética total (g/100g base seca)	Referencia
Salvado de trigo	12 – 18	Abdul-Hamid y Luan, 2000
Salvado de avena	20 – 26	Ktenioudaki y col., 2013
Cáscara de limón	60 – 68	Figuerola y col., 2005
Bagazo de manzana	48	Chávez-Zepeda y col., 2009
Cáscara de naranja	64	Figuerola y col., 2005
Cáscara de mango	44 – 70	Ajila y col., 2007
Cáscara de tuna	64	Díaz-Vela y col., 2013
Cáscara de piña	62	Chávez-Zepeda y col., 2009
Cáscara de plátano	32 – 52	Emaga y col., 2007

La tuna, fruto de la cactácea del género *Opuntia ficus-indica*. Posee una gran proporción de cáscara (>50%) y tiene una composición similar (cuadro 2) a los coproductos obtenidos de algunos cítricos, como son: la naranja y el limón (Saenz y col., 2004). Y que han sido ampliamente empleados en la elaboración de productos cárnicos como fuente de fibra. Por ello, resulta conveniente investigar si la harina de cáscara de tuna puede ser utilizada exitosamente para estos fines.

Cuadro 2. Composición proximal de la tuna y la naranja

Componentes, %	Cáscara de tuna ^a	Cáscara de naranja ^b
Humedad	9.6	10.5
Grasa	0.2	1.9
Proteína	0.1	6
Cenizas	3.9	3.7
Carbohidratos	22.2	77.8
Almidones	-	3.4
Fibra dietética (total)	64.1	40.8
Azúcar	-	25

^aDíaz-Vela y col., 2013; ^bO,Shea y col., 2015

2.3 La tuna como coproducto agroindustrial

México es uno de los principales productores de tuna a escala mundial, junto con Italia, Túnez y Marruecos (Rodríguez-González y col., 2014). La producción de este fruto en México es de cerca de 400,000 toneladas por año, lo que representa alrededor del 40% de la producción mundial (Stintzing y Carle, 2005; Yeddes y col., 2013).

Los coproductos que genera la tuna son las semillas y la cáscara. Las primeras han sido empleadas para la obtención de lípidos, principalmente esteroides, ácido linoleico, palmítico, oleico y β -sitosterol (Ramadan y Morsel, 2003). Las semillas son también ricas en tocoferoles, razón por la cual estas han sido empleadas como antioxidantes en alimentos. Tales como la margarina (Choigui y col., 2015).

De hecho, la capacidad antioxidante de las semillas de tuna (2.3 $\mu\text{mol TE/g}$) es considerada superior a la de los antioxidantes comerciales más empleados en alimentos: quercetina (1.8 $\mu\text{mol TE/g}$), ácido ascórbico (0.8 $\mu\text{mol TE/g}$) y el butilhidroxianisol (BHA) (Kuti, 2004; Stintzing y Carle, 2005; Moussa-Ayoub y col.,

2014). Quizá es por estas propiedades que la tuna ha sido empleada en la medicina tradicional en el tratamiento de aterosclerosis y gastritis, así como en pacientes diabéticos (Jiménez-Aguilar y col., 2015; Piga, 2004).

Por su parte, la cáscara posee un perfil de lípidos y un poder antioxidante semejante al encontrado en las semillas (Ramadan y Morsel, 2003). No obstante, la cáscara se ha usado mayormente para promover un aumento en la viscosidad de los alimentos a los que se adiciona.

Lo anterior gracias a los polisacáridos presentes, principalmente pectina (con alto y medio grado de metilación), residuos de ácido galacturónico y mucílagos (Habibi y col., 2005), cuya propiedad principal en alimentos es servir como espesantes y emulsificantes (Stinzing y Carle, 2005; Ennouri y col. 2007)).

2.4 Beneficios a la salud de los coproductos agroindustriales

Estudios epidemiológicos asocian el consumo de cereales, frutas y verduras con beneficios a la salud (cuadros 3 y 4), así como la reducción del riesgo de diversas enfermedades crónicas con implicaciones nutricionales (enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y algunos tipos de cáncer) (Anderson y col., 2009).

Adicionalmente, diferentes organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) o la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), promueven la disminución del consumo de grasas saturadas en la dieta y el aumento en el consumo de frutas y vegetales.

Para lo cual han fijado la recomendación del consumo de grasas, en no más del 15 y 30% del total de calorías ingeridas. Y no más del 10% de grasa saturada del total de la ingesta (OMS, 2010). La recomendación actual de consumo de fibra dietética por día es de 25g para mujeres jóvenes, 20g para las mujeres mayores de 50 años, 38g para hombres jóvenes y 30g para hombres mayores de 50 años (USDA-NIH, 2005).

En México las recomendaciones para la población no establecen valores nutricionales de referencia para el consumo de fibra dietética. No obstante, la Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud de la Secretaría de Salud, estima que el consumo de fibra debe ser de alrededor de 25 g/día en hombres y 20g/día para mujeres (SSA, 2014), valores que se encuentran por debajo de las recomendaciones de otros países.

2.4.1 Compuestos bioactivos

Los compuestos bioactivos son metabolitos secundarios de distintas rutas metabólicas de las plantas (ácido shikímico, fenilpropano, pentosas fosfato) y se encuentran libres (solubles) o ligados (insolubles) a los carbohidratos de las fibras mediante enlaces covalentes (Balasundra y col., 2006).

Los compuestos fenólicos y los flavonoides son los compuestos bioactivos más comunes y se encuentran ligados principalmente a la fracción soluble de la fibra. Sus beneficios a la salud están vinculados con su lenta y constante liberación en el lumen intestinal, donde cuentan con diferentes vías de absorción: bacteriana, enzimática o mediante transportadores de glucosa (Acosta-Estrada y col., 2014).

Ejercen mayormente protección antioxidante, pero además poseen una amplia gama de propiedades anti-alérgicas, anti-aterogénicas, anti-trombóticas, cardioprotectoras y vasodilatadoras (Dillard y Germán, 2000; Ignat y col., 2011; de la Vega y López, 2012; Acosta-Estrada y col., 2014).

2.4.2 Fibra dietética

La fibra dietética se define como los polímeros de carbohidratos (no mayores de 10 unidades monoméricas), no hidrolizables por enzimas del intestino delgado del hombre y que forman parte de las paredes celulares y fracciones de lignina en alimentos de origen vegetal (*Codex Alimentarius*, 2009).

Es clasificada de acuerdo con su solubilidad en agua (insoluble y soluble). La fracción soluble incluye a las pectinas, gomas, mucílagos y algunas fracciones de hemicelulosa. Mientras que la fibra insoluble está compuesta por los componentes de la pared celular vegetal: celulosa, lignina y hemicelulosa (Delargy y col., 1997; Cho, 2009). La influencia en la salud varía de acuerdo a la fracción de fibra dietética (insoluble/soluble).

La fibra insoluble tiene mayor impacto en la fisiología intestinal (Mussatto y Mancilha, 2007). Regula el tránsito intestinal e incrementa el volumen de las heces. Se ha teorizado que estos efectos fisiológicos tienen influencia en la disminución del tiempo de contacto con el epitelio intestinal de sustancias y metabolitos, lo que puede disminuir el riesgo de cáncer de colon (Aleson-Carbonell y col., 2005). Por desgracia conjuntamente aumenta la excreción fecal de iones como calcio, hierro, magnesio y zinc (Véliz-Rodríguez, 2000; WCRF, 2007).

También se ha descrito que brinda sensación de saciedad. Mediante el aumento del volumen del contenido gástrico y la disminución de la tasa de absorción de nutrientes, que aumenta la cantidad de estos en el lumen. Lo que puede estimular a las hormonas responsables de la respuesta fisiológica del vaciamiento (gastrina y colecistokinina) (Urías-Silvas y col., 2008; Vitaglione y col., 2008).

La fracción soluble está vinculada con la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares, mediante la reducción del colesterol transportado por las proteínas de baja densidad (LDL), triglicéridos e insulina en sangre (Mann, 2007).

Además se ha documentado que puede reducir la glicemia postprandial, esto en particular está asociado con el aumento de la viscosidad del bolo alimenticio. Con lo que se disminuye la velocidad de tránsito en el tracto digestivo, lo que tiene influencia en la disminución de la tasa de absorción de glucosa (Fernández-López y col., 2004).

Así mismo el consumo de fracciones de fibra dietética soluble (β -glucano, goma guar y pectina) disminuyen la reabsorción de ácidos biliares a nivel intestinal. Con lo que el hígado requiere sintetizar nuevos ácidos biliares a partir de colesterol, reduciendo los niveles sanguíneos de éste (Drzikova y col., 2005; Lunn y Buttriss, 2007; Álvarez y Barbut, 2013).

Cuadro 3. Efectos fisiológicos de las fracciones de fibra dietética: soluble e insoluble

Fibra soluble	Función fisiológica
Formación de gel	Retraso en el vaciado gástrico Absorción lenta de la glucosa
Retención o adsorción	Incrementa la eliminación en heces de ácidos biliares y en consecuencia Disminución de colesterol en sangre
Capacidad de retención de agua	Incrementa el bolo fecal
Fermentación	Incremento de ácidos grasos de cadena corta en intestino delgado
Fibra insoluble	
Fermentación	Incremento de ácidos grasos de cadena corta a nivel intestinal
Capacidad de retención de agua	Incrementa el bolo fecal

FUENTE: Anderson y col., 2009; Buttriss y Stokes, 2008; Tunglund y Meyer, 2002; Meyer y col., 2000

Cuadro 4. Beneficios a la salud de los compuestos de la fibra dietética

Componentes de la fibra dietética	Acción
Celulosa	Laxado y reducción del tiempo de tránsito intestinal.
Hemicelulosa	Laxado, incremento de la masa fecal y reducción del tiempo de tránsito intestinal
Pectina	Disminución del nivel de lípidos en sangre y atenúa la respuesta de glucosa en sangre
Beta-glucano	Disminución del nivel de lípidos en sangre y atenúa la respuesta de glucosa en sangre
Almidones resistentes	Laxado y atenúa la respuesta de glucosa en sangre
Inulina y fructooligosacáridos	Laxado y disminución de lípidos en sangre
Gomas	Disminuye lípidos en sangre, atenúa la respuesta de la glucosa en sangre y puede promover la salud del colón
Lignina	Capacidad de retención de agua, ligado de minerales, aumento de la excreción y puede incrementar el nivel de evacuación en heces de esteroides.

FUENTE: Anderson y col., 2009; Buttriss y Stokes, 2008; Tunland y Meyer, 2002; Meyer y col., 2000

2.5 Coproductos agroindustriales en alimentos

El interés del uso de coproductos agroindustriales en la formulación de alimentos, se debe no solo a los beneficios fisiológicos y a la salud. Además, tienen la capacidad de mejorar la calidad del producto final (Schieber y col., 2001; Elleuch y col., 2011).

Los panes, galletas y barras, son considerados los primeros alimentos en los que se probó la adición de coproductos agroindustriales (Schieber y col., 2001; Gomez y col., 2003; Alija y col., 2008; Zamora-Gasga y col., 2015). Aunque existe una gran variedad de alimentos en los que se ha probado la incorporación de coproductos como ingredientes ricos en fibra (cuadro 5).

Principalmente por la habilidad de hidratación reportada para la fracción insoluble de las fibras dietéticas. El concepto de hidratación hace referencia a la habilidad de captar agua, el aumento de tamaño, así como aumento de la viscosidad (Cho y Samuel, 2009).

En lo que respecta a los productos cárnicos, especialmente los finamente molidos, tales como salchichas y mortadelas. La incorporación de coproductos agroindustriales se ha centrado en la capacidad para modificar la textura y las propiedades reológicas de las emulsiones cárnicas, principalmente en los productos cárnicos bajos en grasa (Garcia y col., 2002).

Sin dejar de lado la capacidad de retención de agua, aumento del rendimiento de cocción, estabilidad de la emulsión, menor coste de la formulación (Aleson-Carbonell y col., 2004; Fernandez-Lopez y col., 2007; Yalinkilic y col., 2012)

2.6 Características tecnológicas de coproductos agroindustriales en productos cárnicos

Estas son las principales propiedades físicoquímicas y funcionales que son modificadas al incorporar coproductos agroindustriales en las emulsiones cárnicas: la capacidad de retener agua y grasa, el aumento de la viscosidad y la habilidad para formar geles (Bodner y Sieg, 2009; Elleuch y col., 2011).

Cuadro 5. Coproductos obtenidos de frutas incorporados en alimentos

Tipo de alimento	Referencias
Productos lácteos	Saenz y col., 2004; Staffolo y col., 2004; Crispín-Isidro y col., 2015
Mermeladas	Cerezal-Duarte y col., 2005; González-Cruz y col., 2012
Panes y galletas	(Gómez y col., 2003; Ho y col., 2013; Ajila y col., 2008; Zamora-Gasga y col., 2014)
Pastas	Ovando-Martinez y col., 2009
Productos cárnicos	García y col., 2002; Cáceres y col., 2004; Besbes y col., 2008; Eim y col., 2008; Heo y col., 2009; Pietrasik y Janz, 2010; Chávez y col., 2011; Huang y col., 2011; Sánchez-Zapata y col., 2011; Cava y col., 2012; Castillejos-Gómez y col., 2015

2.5.1 Capacidad de retención de agua

Es la habilidad que tiene la fibra dietética para retener agua después de ser hidratada. El agua promueve interacciones con grupos hidrofílicos (OH) de las cadenas de polisacáridos.

Mientras mayor sea la cantidad de enlaces, mayor el valor de la capacidad de retención de agua. Se tiene conocimiento de que la fibra de konjac (*Amorphophallus konjac*) puede captar hasta 100 veces su peso (Jimenez-Colmenero y col., 2001).

Razón por la cual, su incorporación en alimentos tiende a aumentar los rendimientos de cocción. De manera conjunta con la capacidad de retención de agua, la viscosidad imparte características sensoriales (textura y sensación en la boca). Lo que ha permitido su empleo como sustituto de grasa en alimentos (Garcia y col., 2002). Y la reducción del contenido calórico de los alimentos al sustituir grasa por carbohidratos no digeribles (Elleuch y col., 2011; Jiménez-Colmenero y col., 2001).

2.5.2 Viscosidad

Esta propiedad física de un fluido, es el resultado de la interacción de las moléculas en el sistema. Las fibras dietéticas han mostrado incorporar esta propiedad reológica en una gran variedad de alimentos (lácteos y panes), incluidos los productos cárnicos (Voragen y col., 1998).

Además se ha observado que aumenta la estabilidad de los alimentos durante la congelación y descongelación, así como la reducción de pérdidas por goteo. Esto lo logran mediante el control de la formación de cristales y la migración de la humedad (Tungland y Meyer, 2002).

Se ha reportado que a mayores pesos moleculares y cadenas de polisacáridos largas, los valores de la viscosidad cambian ejemplo de ello es el β -glucano, se sugieren diversos mecanismos que afectan estos valores, como lo son la temperatura, el tipo de proceso térmico al que es sometido la fibra (extruído,

panificación, entre otros), así como los procesos de metilación (Kim y Paik, 2012; Cho y Samuel, 2009).

2.5.3 Capacidad para formar geles

Las fibras tienden a crear asociaciones con estructuras tridimensionales en la matriz alimentaria. Con lo que logran estabilizar la estructura física y provee densidad al producto final (aumento de la dureza) (Tungland y Meyer, 2002).

El porcentaje de inclusión es uno de los principales factores que tienen efecto en esta característica, además del peso molecular, el pH y el tipo de iones presentes en la matriz alimentaria (Elleuch y col., 2011).

3. Justificación

Los productos cárnicos procesados han recibido mucha atención debido a la asociación que existe entre su consumo y diversas patologías nutricionales (obesidad, hipertensión, entre otros). Por ello incluir ingredientes ricos en fibra dietética y compuestos bioactivos, en productos de alto consumo. Representa una oportunidad para mejorar la calidad nutricional de la dieta de los consumidores.

4. Objetivo general

- Evaluar el efecto de la incorporación de la harina de cáscara de tuna en la formulación de salchichas de carne de cerdo (tipo Frankfurt), bajas en sodio y grasa, sobre las características físicoquímicas, reológicas y sensoriales del producto final.

4.1 Objetivos específicos

- Obtener harina de cáscara de tuna a partir de tunas verdes, mediante una técnica de secado en horno de convección para su incorporación en las salchichas de cerdo.
- Comparar las salchichas elaboradas, adicionadas o no con harina de cáscara de tuna para conocer el efecto de la adición del coproducto agroindustrial sobre los parámetros físicoquímicos y propiedades reológicas de las salchichas.
- Comparar las salchichas con y sin adición de harina de cáscara de tuna, para evaluar si la inclusión del coproducto afecta el nivel de aceptación del producto final por parte de los consumidores.

5. Hipótesis

La inclusión de harina de cáscara de tuna hasta en un 5%, no afectará de manera significativa a los parámetros fisicoquímicos, reológicos y sensoriales de salchichas de cerdo tipo Frankfurt.

6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación es una continuación del trabajo de investigación realizado en el laboratorio de biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Iztapalapa. Diaz-Vela y col., (2015). Quienes realizaron la caracterización bromatológica de diversos coproductos agroindustriales (piña, manzana, tuna) con el fin de obtener sus capacidades antioxidantes y valorar sus propiedades como prebióticos.

6.1 Obtención de la harina de cáscara de tuna

La técnica empleada para la obtención de la harina se basó en la descrita por Chávez-Zepeda y col. (2009). Para ello se colectaron cáscaras de tuna (variedad verde) de diversos mercados de la zona oriente de la Ciudad de México. Estas fueron transportadas en bolsas de plástico (con cierre hermético) al laboratorio del Departamento de Biotecnología de la UAM Iztapalapa.

Con ayuda de una esponja húmeda se retiraron restos de basura y arena, posterior a ello se cortaron en cuadros de 3cm². Antes de la etapa de secado (durante 24h a 62°C) con ayuda de un horno de convección de aire (Barco Instrumentos Científicos, Ciudad de México) permanecieron durante una 1h a temperatura ambiente, periodo en el cual el agua residual presente en las cáscaras de tuna, se secaron.

Ya libres de agua, las cáscaras fueron molidas en una licuadora Oster; hasta obtener una mezcla homogénea. El producto resultante se tamizó con ayuda de una tamizadora eléctrica Humboldt modelo H4330, con diferentes tamaños de malla (#20, #50, #80, #100) hasta obtener un fino polvo llamado harina (porcentaje de tamizado 45% - malla 80). El número de la malla corresponde al número de hilos por centímetro cuadrado. El harina se almacenó en recipientes de plástico con tapa, a temperatura ambiente y en un lugar fresco, protegidos de los rayos solares.

6.2 Elaboración de las salchichas

La formulación de este trabajo se basó en la empleada por Totosaus y col. (2004) para la elaboración de salchichas bajas en sodio (2 % NaCl y 0.5% KCl) y grasa (10%).

Se elaboraron 3 formulaciones de salchichas (cuadro 6) con diferentes porcentajes de inclusión de cáscara de tuna y proporción constante de los demás ingredientes (carne magra y grasa de cerdo, mezcla de sales, mezcla comercial de nitritos, mezcla comercial de fosfatos, k-carragenina y hielo).

Previo al molido de las materias primas, se retiró el tejido conectivo y la grasa presente en la carne de cerdo. La grasa (congelada) así como la carne, se cortaron en cubos de 5cm². La molienda de los ingredientes se realizó en un procesador de alimentos modelo Moulinex DPA2 (Moulinex, Ecully, France).

La formación de la emulsión requirió que se añadiera la mitad del hielo y fosfatos de manera conjunta con los ingredientes restantes (carne y grasa de cerdo, mezcla de sales, nitritos, cáscara de tuna, carragenina y papa) hasta la formación de una pasta homogénea. Posteriormente se añadió el resto del hielo y fosfatos, hasta lograr la emulsión cárnica (figura 2). El embutido se realizó con ayuda de una embutidora manual (DICK 15L) en fundas de celulosa (diámetro de 20mm) para salchicha tipo Frankfurt de la marca Fabpsa.

La cocción se realizó mediante inmersión en agua, la cual previamente se calentó a punto de ebullición 97°C. Las salchichas permanecieron bajo el agua aproximadamente 15 minutos. Tiempo suficiente para alcanza 72±1°C en su centro térmico. La medición de la temperatura se realizó con ayuda de un termómetro digital de penetración. Las salchichas se envasaron al vacío y permanecieron durante 1 día a temperatura de refrigeración (3-4°C).

Cuadro 6. Formulación de los lotes de salchichas

INGREDIENTE	Control	2.5%	5%
Carne magra de cerdo	50	50	50
Grasa dorsal de cerdo	10	10	10
Cloruro de sodio	2	2	2
Cloruro de potasio	0.5	0.5	0.5
Mezcla comercial nitritos	0.3	0.3	0.3
Mezcla comercial fosfatos	0.5	0.5	0.5
Hielo	31.2	31.2	31.2
k-carragenina	0.5	0.5	0.5
Harina de cáscara de tuna	0	2.5	5
Harina de papa	5	2.5	0
Total	100%	100%	100%



Figura 2. Formación de la emulsión cárnica y embutido

6.3 Medición de características fisicoquímicas

6.3.1 pH

Mediante la técnica descrita por la AOAC (AOAC 918.12, 2000) se determinó el pH de cada lote de salchichas con ayuda del potenciómetro modelo Beckman Instruments 540 con electrodo de bulbo de inmersión (Palo Alto, EE.UU.). Para ello se tomaron por triplicado 10g de muestra de cada lote, se adicionaron 90ml de agua destilada y se homogenizaron durante 2min en una licuadora Oster.

6.3.2 Capacidad de retención de agua

La medición de la capacidad de retención de agua se basó en una adaptación del método propuesto por Jauregui y col. (1981). Para ello se prepararon tubos para centrífuga de 25ml que contenían papeles filtro Whatman (#3 y #50) los cuales fueron enrollados y colocados dentro. En este método el papel filtro #50 debe tener contacto con las muestras, para evitar la adhesión de la misma al papel más fino, lo que facilita el retiro de la masa obtenida después de la centrifugación.

La muestra (3g de salchicha) se introdujo dentro del cartucho de papel filtro y se centrifugó durante 15min a una temperatura de 4°C y 2000rpm en una centrífuga modelo Neofuge 18R (Heal Force, Shanghai). Para obtener el resultado, se retiró el cartucho de papel filtro con la muestra procesada, se desechó el papel de filtro y se volvió a pesar la muestra. La capacidad de retención de agua se expresó como el porcentaje de peso perdido de la muestra original.

6.3.3 Humedad total

La determinación de la humedad total de los lotes de salchichas se realizó mediante la metodología de la prueba oficial AOAC No.950.46 (1996). Para ello se colocaron 3g de muestra en un crisol. Para su secado en un horno de convección a 110°C durante 12h.

Después de este tiempo las muestras se colocaron dentro de un desecador a temperatura ambiental con el fin de permitir el descenso de la temperatura y evitar la captación de humedad. El valor de la humedad total se obtuvo mediante la diferencia de pesos y se reportó en forma de porcentaje.

6.3.4 Rendimiento a la cocción

Se empleó la metodología descrita por Shand (2000). Para ello, se obtuvo el peso de las salchichas antes y después de ser cocidas y refrigeradas (2-4°C) durante 24 h. El resultado se reportó como el porcentaje de peso ganado o perdido después del proceso de cocción.

6.4 Medición de propiedades reológicas

Para determinar la dureza, cohesividad, elasticidad y gomosidad de las salchichas se realizó un análisis de perfil de textura con ayuda del texturómetro modelo Texture Pro CT (Brookfield Engineering Labs, Inc.). Para ello se obtuvieron cilindros (2cm x 2cm) de cada lote, por triplicado.

Cada muestra se sometió a un doble ciclo de compresión (50%), con ayuda de la sonda cilíndrica de 25.4mm (incluida en el equipo por el proveedor), a una velocidad constante de 1mm/s y 5s de recuperación. Los valores del análisis de perfil de textura fueron obtenidos usando el software del equipo.

6.5 Medición de los parámetros de perfil de color

La medición de las variables del color (L^* , a^* , b^* , C^* , h^* y ΔE^*_{ab}) se realizaron con ayuda del espectrofotómetro Hunter-Lab - ColorFlex EZ (Virginia, EE.UU.), siguiendo la metodología de la guía AMSA. El equipo se configuró con iluminante D65, observador a 10°, componente especular excluido y un tamaño de apertura del puerto de 25 mm.

Se obtuvieron 15g de cada lote de salchichas por triplicado, las cuales se colocaron dentro de un recipiente de vidrio (5cm de diámetro). Para ello, las muestras se cortaron en trozos pequeños, con el fin de llenar la base del recipiente de vidrio y evitar el escape de luz al momento de realizar las mediciones (fig. 3). Las diferencias instrumentales del color (ΔE^*_{ab}) se calcularon con ayuda de la fórmula CIE76 (AMSA, 2012).

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*{}^2 + \Delta a^*{}^2 + \Delta b^*{}^2)}$$



Figura 3. Medición instrumental del color de salchichas

6.6 Evaluación sensorial

La metodología empleada en la evaluación sensorial de las salchichas se basó en la metodología del Análisis Cuantitativo Descriptivo (QDA) modificado (Stone y Sidel, 1985). La evaluación sensorial empleó un panel no entrenado (n=55) conformados por estudiantes de la UAM-I. Cada juez evaluó muestras de salchichas (cilindros de 10mm de altura) codificadas con un triplete de números aleatorios, las pruebas se realizaron en cabinas de 1m² con fondo blanco y luz natural (fig.4). Se les instruyó a los jueces para que tomaran agua entre cada una de las evaluaciones.

Cada juez emitió su calificación con el uso de una escala hedónica de 9 puntos (1=me desagrada muchísimo y 9=me agrada muchísimo) para los atributos de: agrado general, agrado del color y apariencia general. Para los demás atributos (color rosa, apariencia compacta, sabor a salado, sabor a carne de cerdo, sabor a fibra, sabor amargo, textura suave, jugosidad y textura plástica) se utilizó una escala hedónica de 5 puntos (1=mucho menos de lo que esperaba y 5=mucho más de lo que esperaba).



Figura 4. Evaluación sensorial del panel no entrenado en cabinas para evaluación

6.7 Análisis estadístico

Se trabajó con un diseño completamente aleatorizado, para estimar el efecto del porcentaje de inclusión de harina de cáscara de tuna (0, 2.5 y 5%) en las características fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de las salchichas.

Los datos fueron analizados con el programa estadístico Statgraphics Centurion XV (Statpoint, Inc., Warrenton, EUA) empleando modelos lineales generalizados con una significancia del 5%. La discriminación de medias se realizó con la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P < 0.05$).

7. Resultados

A continuación se presentan los resultados del análisis estadístico para las características físicoquímicas (cuadro 7), propiedades reológicas (cuadro 8), perfil de color (cuadro 9) y análisis sensorial cuantitativo descriptivo (figura 5).

7.1 Características físicoquímicas

La humedad total de las salchichas no se vio afectada ($P > 0.05$) por la inclusión de la harina de cáscara de tuna (cuadro 7). No obstante, el pH cayó significativamente ($P < 0.05$) en hasta 0.4 unidades por debajo del valor observado en el tratamiento control. Lo mismo sucedió con el rendimiento de cocción, el cual fue entre 4 y 6% inferior en los tratamientos que en el grupo control. En cuanto a la capacidad de retención de agua, se observó un efecto contrario, pues su valor tendió a aumentar ($P < 0.10$) al aumentar el nivel de inclusión del coproducto en la formulación.

Cuadro 7. Medias de mínimos cuadrados de características físicoquímicas de salchichas con distintos niveles de inclusión de harina de cáscara de tuna

Variable	% de harina de cáscara de tuna en la formulación			ES± ¹
	0	2.5	5	
WHC (%) ²	17.0 ^a	18.7 ^a	23.3 ^b	1.13 ⁺
HT (%) ³	74.7 ^a	75.4 ^a	75.3 ^a	0.26 [*]
pH	6.3 ^a	6.1 ^b	5.9 ^c	0.03 [*]
Rendimiento (%)	109.7 ^a	106.1 ^b	104.2 ^b	0.75 ⁺

¹ES: error estándar de la estimación

³HT; humedad total

(n=48)

²WHC: capacidad de retención de agua

^{a,b,c}Medias con letras distintas en una misma fila difieren significativamente (P<0.05)

⁺P<0.10; ^{*}P<0.05

7.2 Características reológicas

La dureza y gomosidad tendieron a aumentar (P<0.10) a mayor inclusión del coproducto, siendo más evidente en el tratamiento con 5% de harina de cáscara de tuna. En lo que respecta a cohesividad y elasticidad de las salchichas, se observó que no existen cambios significativos entre tratamientos (P<0.05).

Cuadro 8. Medias de mínimos cuadrados de características reológicas de salchichas con distintos niveles de inclusión de harina de cáscara de tuna

Variable	% de harina de cáscara de tuna en la formulación			ES± ¹
	0	2.5	5	
Dureza (N)	20.6 ^a	25.9 ^{ab}	26.9 ^b	1.56 ⁺
Cohesividad	0.6 ^a	0.6 ^a	0.6 ^a	0.05 [*]
Elasticidad (mm)	0.9 ^a	0.9 ^a	0.8 ^a	0.05 [*]
Gomosidad (N/cm ²)	12.6 ^a	17.8 ^b	17.9 ^b	2.27 ⁺

¹ES: error estándar de la estimación (n=48)

^{a,b,c}Medias con letras distintas en una misma fila difieren significativamente (P<0.05)

⁺P<0.10; ^{*}P<0.05

7.3 Perfil de color

En lo que respecta al perfil de color de las salchichas, la inclusión de harina de cáscara de tuna provocó diferencias marcadas en la apariencia del producto final. Lo anterior se aprecia en los altos valores de ΔE^*_{ab} (>6) entre el control y los tratamientos.

Por otra parte, la adición creciente del coproducto redujo (P<0.05) la luminosidad (L*) y el componente cromático rojo (a*); mientras que incrementó (P<0.05) el componente cromático amarillo (b*) y la saturación del color (C*), así como tendió a aumentar (P<0.10) la tonalidad o ángulo (h*), indicativo de un predominio del color amarillo.

Cuadro 9. Medias de mínimos cuadrados del perfil de color de salchichas con distintos niveles de inclusión de harina de cáscara de tuna

Variable	% de harina de cáscara de tuna en la formulación			ES± ¹
	0	2.5	5	
L*	69.6 ^a	66.5 ^b	63.3 ^c	0.79*
a*	3.6 ^a	2.3 ^b	2.0 ^c	0.46*
b*	11.3 ^a	16.6 ^b	19.2 ^c	0.48*
ΔE* _{ab}	6.2 ²	4.1 ³	10.2 ⁴	-----
C*	11.8 ^a	16.8 ^b	19.5 ^c	0.77*
h*	72.2 ^a	81.9 ^b	84.1 ^c	1.56 ⁺

¹ES: error estándar de la estimación (n=48)

²ΔE*_{ab} (control/2.5%)

³ΔE*_{ab} (2.5%/5%)

⁴ΔE*_{ab} (control/5%)

^{a,b,c} Medias con letras distintas en una misma fila difieren significativamente (P<0.05)

⁺P<0.10; *P<0.05

7.4 Evaluación sensorial

El análisis cuantitativo descriptivo mostró que los jueces no entrenados lograron distinguir los tratamientos de salchichas con harina de cáscara de tuna. Se observó que conforme aumentó el porcentaje de inclusión en la formulación, los jueces otorgaron menores calificaciones a los atributos relacionados con el agrado general y el color (P<0.05). Mientras que atributos como el sabor y la textura de las salchichas no tuvieron valores significativos (P>0.05) entre tratamientos.

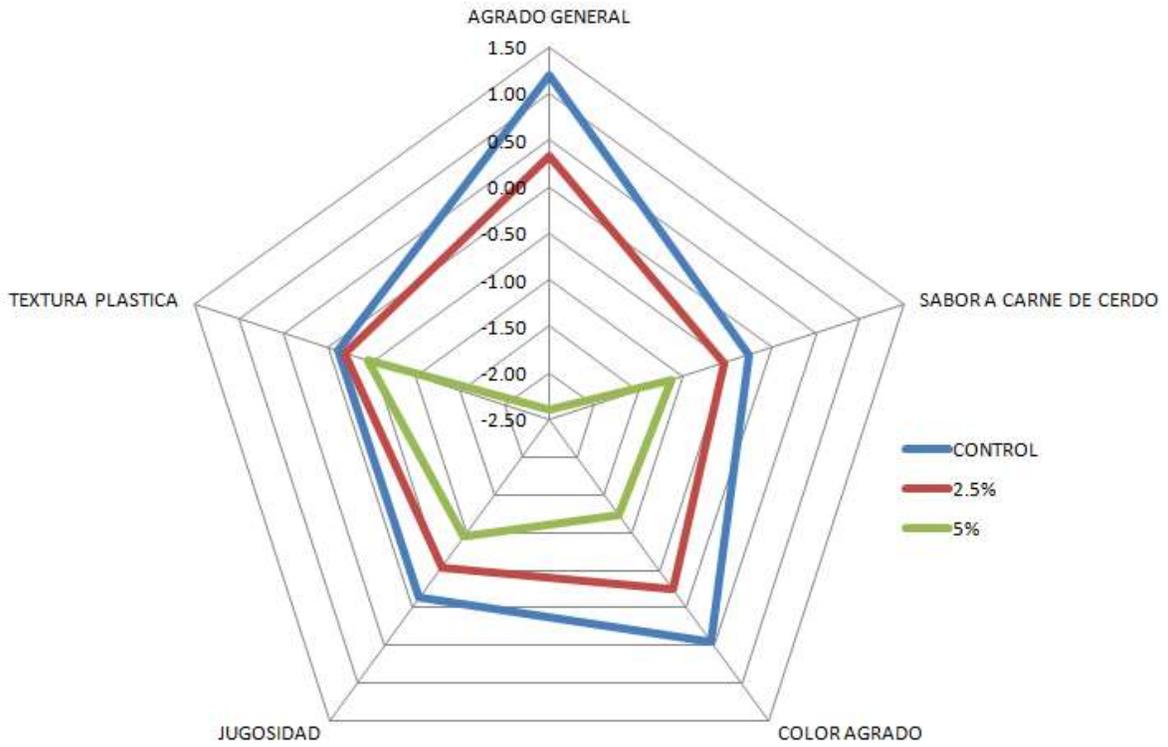


Figura 5. Efecto de la adición de harina de cáscara de tuna en características sensoriales de salchichas evaluadas por un panel no-entrenado (n=55)

8. Discusión

La incorporación de harina de cáscara de tuna en las formulaciones de salchichas de este trabajo, mostró un efecto similar al observado en trabajos que han incorporado coproductos agroindustriales en sistemas cárnicos, tales como la cáscara de naranja, el albedo de limón y bagazo de manzana (Cofrades y col., 2000; Fernández-Ginés y col., 2003; Choi y col., 2009; Yalinkilic y col., 2012; Pérez-Chabela y col., 2015; Grigelmo-Miguel y col., 1999; Crehan y col., 2000; Aleson-Carbonel y col., 2005). Entre los principales efectos reportados se encuentran: el aumento de dureza, la disminución de luminosidad y aumento del rendimiento de cocción y de la capacidad de retención de agua en el producto final.

En este trabajo se observó que al incorporar harina de cáscara de tuna el pH del producto final disminuyó ($P > 0.05$), siendo mayor en el lote con 5% de inclusión. Esta disminución puede ser atribuida a la naturaleza ácida de la cáscara de tuna (pH 5.8) (El Kossori y col., 1998). Aunque no existen datos del pH de la harina de cáscara de tuna, se asume que el pH reportado en el fruto fresco es similar. Así mismo se ha documentado que los diversos compuestos bioactivos y antioxidantes presentes en las frutas con cáscara (ácidos orgánicos y otros componentes de carácter ácido) son la causa del descenso en el pH de productos cárnicos (Fernández-López y col., 2007; Yalinkilic y col., 2012). Lo que deja abierta la posibilidad de realizar la evaluación del pH durante las etapas de elaboración de la emulsión cárnica (antes y después de la cocción).

En lo que respecta a la capacidad de retención de agua, Fernández-López y col. (2004) reportaron que la incorporación de cítricos (naranja y limón) en salchichas cocidas y fermentadas, conjuntamente a la disminución en el pH, disminuía la capacidad de retención de agua del producto final. Lo anterior no concuerda con lo que se observó en este trabajo, pues aunque la inclusión de harina de cáscara de tuna redujo el pH, la capacidad de retención de agua tiende a aumentar. Posiblemente esto se deba a que la fibra dietética presente en la cáscara de tuna tiene una mejor capacidad de retener agua en emulsiones

cárnicas. Ya que existe evidencia de que el tipo y la proporción de fibra dietética (soluble e insoluble) pueden formar diversas interacciones con los compuestos de la emulsión cárnica (Desmond y Troy, 2003; Choi y col., 2007; Elleuch y col., 2011). Aunque para poder aseverar esto, se debería haber incluido en el experimento salchichas sin k-carragenina en su formulación. La cual por si sola tiende a incrementar la capacidad de retención de agua (Garcia-Garcia y Totosaus, 2008).

Se sabe que la capacidad de retención de agua tiene impacto en los rendimientos o pérdidas después de la cocción, así como en la estabilidad de la emulsión (Choi y col., 2008). Y aunque en este trabajo se observó que el rendimiento a la cocción es menor al adicionar la cáscara de tuna. Esta no se ve alterada y se encuentra dentro de los valores reportados para este tipo de producto cárnico (salchichas) (Fernandez-Ginez y col., 2003, Fernandez-Lopez y col., 2004; Garcia-Garcia y Totosaus, 2008).

Tal vez esta variación se deba a que la fibra dietética presente en la harina de cáscara de tuna crea poros en el gel del producto cárnico (Diaz-Vela y col., 2015), lo que la hace más ligera, manteniendo la capacidad de retener agua. O que la técnica modificada empleada para determinar la capacidad de retención de agua de las salchichas no es la adecuada. Ya que de acuerdo a la cita bibliográfica consultada, la técnica empleada tiende a variar en temperatura (4 o 15°C) y número de revoluciones por minuto.

En lo que respecta a las características reológicas de las salchichas en este trabajo. Se observó que no existen cambios significativos en la cohesividad. Este parámetro indica que la adición del coproducto no interrumpe la interacción entre las proteínas y el agua durante la formación del gel (Elleuch y col., 2011).

Si bien, se observa una tendencia en el aumento de la dureza y la gomosidad en las salchichas elaboradas en este trabajo. Los valores obtenidos son similares a los reportados para este tipo de productos cárnicos (Cofrades y col., 2000; Crehan y col., 2000; García-García y Totosaus, 2008; Choi y col., 2009; Yang y col., 2010).

Caceres y col., (2004) y Aleson-Carbonel y col., (2005) reportaron que este tipo de comportamiento en emulsiones cárnicas (ligero aumento de la dureza y gomosidad, sin cambios en la cohesividad) son evidencias de la formación de un gel suave y elástico. El cual ha sido reportado que tienden a brindar la sensación de grasa en la boca durante las evaluaciones sensoriales.

Siendo esta la principal razón por la cual las fibras dietéticas obtenidas de coproductos agroindustriales han sido empleadas como sustitutos de la grasa en la formulación de salchichas y otros productos cárnicos bajos en grasa.

En lo que respecta al perfil de color de las salchichas en este trabajo, la inclusión de harina de cáscara de tuna otorgó una coloración verde con tonalidades de café (disminución de la luminosidad y desplazamiento del ángulo h^*) en el producto final. Además se observó que los jueces no entrenados percibieron las diferencias del color (ΔE^*_{ab}) de las salchichas con y sin harina de cáscara de tuna. Lo que es corroborado con los valores obtenidos en este trabajo, los cuales son superiores a las 3 unidades CIELAB, valor superior al umbral de detección de diferencias visuales del color (≤ 2.0) reportado en diversos alimentos (Martínez y col., 2001; Fernández-Vázquez y col., 2013).

Lo que tecnológicamente es una limitante para la inclusión de harina de cáscara de tuna en porcentajes superiores a 5% en productos cárnicos tipo salchicha. Algunos autores han reportado que la inclusión de coproductos agroindustriales en productos presentan cambios en el color asociados a la presencia de reacciones de Maillard durante el proceso de cocción de las emulsiones cárnicas con coproductos: cáscara de naranja (Fernández-López y col., 2004) y bagazo de manzana (Sánchez-Escalante y col., 2000; Eim y col., 2008).

Caso contrario a lo ocurrido en las salchichas de este trabajo, donde posiblemente la coloración obtenida en el producto final puede deberse al deterioro térmico del pigmento natural presente en la cáscara de tuna (clorofila). Ya que se ha reportado el cambio del color en alimentos preparados, como sopas y pures vegetales, de un verde brillante a verde oliva (Hutchings, 1994; Awuah y col., 2007; Gross, 2012)

Lo que es un área de oportunidad para futuros trabajos, en los que se estudie el uso de coproductos agroindustriales en otro tipo de alimentos sometidos a tratamiento térmico por encima de 70°C.

9. Conclusiones

La contrastación de los tres lotes de salchichas de cerdo, indicaron resultados significativos ($P < 0.05$) para los valores de pH. Llegando a disminuir hasta 0.5 unidades al adicionar 5% de harina de cáscara de tuna, con respecto al lote control.

Igualmente, la dureza y la gomosidad de las salchichas aumentó ($P < 0.05$) en los lotes con mayor porcentaje de harina de cáscara de tuna. Pero este aumento no representa una limitante tecnológica. Ya que se ha comentado la tendencia que tienen las fibras dietéticas a aumentar la dureza de las emulsiones cárnicas.

En lo que respecta al perfil de color, la contrastación de los 3 lotes de salchichas indicó cambios significativos ($P < 0.05$) en el color del producto final. El cual es afectado a tal grado que representa una desventaja tecnológica. Ya que estos cambios en el color pueden ser detectados visualmente por jueces no entrenados.

Por lo que, no se recomienda el empleo de harina de cáscara de tuna en productos cárnicos emulsificados en porcentajes mayores a 2.5%. Así como el uso de este coproducto en otro tipo de productos cárnicos emulsificados. Especialmente aquellos que incluyan pigmentos exógenos en su formulación y con ello se pueda mitigar esta desventaja tecnológica.

10. Recomendaciones

Para futuras investigaciones del empleo de coproductos agroindustriales en productos cárnicos y en relación con los datos obtenidos en este trabajo, se sugiere aumentar el tamaño de muestra, con el fin de obtener mayor rigor estadístico en los resultados.

Dentro de las áreas de oportunidad de este trabajo, no existen estudios que hayan comparado el impacto económico del método de obtención de las harinas de coproductos agroindustriales en productos cárnicos. Lo que deja abierta la posibilidad de valorar si realmente los coproductos son ingredientes económicos para las industrias de alimentos procesados.

Además se sugiere incluir las pruebas durante la vida de anaquel del producto final para analizar el comportamiento de la harina de cáscara de tuna en el sistema cárnico. Con lo que adicionalmente se puede probar el impacto de la capacidad antioxidante reportada en la tuna al ser incluida en productos cárnicos.

Así mismo se sugiere la incorporación de este y otros coproductos en otros tipos de productos cárnicos. Como pueden ser el paté, los preformados (hamburguesas o nuggets) o en productos fermentados como los chorizos donde la capacidad antioxidante de frutas como la tuna, pueden brindar una novedosa opción como antioxidante natural, con el plus de ser una fuente de fibra dietética.

11. Bibliografía

1. Acosta-Estrada, B.A., Gutiérrez-Urbe, J.A., Serna-Saldívar, S.O. (2014). *Bound phenolics in foods: a review*. Food Chemistry (152), 46-55.
2. Aguedo, M., Kohnen, S., Rabetafika, N., Bossche, S.V., Sterckx, J., Blecker, C., Beauve, C., Paquot, M. (2012). *Composition of by-products from cooked fruit processing and potential use in food products*. Journal of Food Composition and Analysis (27), 61-69.
3. Ajila, C.M., Leelavathi, K., Rao, U.P. (2008). *Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder*. Journal of Cereal Science (48), 319-326.
4. Aleson-Carbonell, L., Fernández-López, J., Perez-Alvarez, J.A., Kuri, V. (2005). *Functional and sensory effects of fibre-rich ingredients on breakfast fresh sausages manufacture*. Food Science and Technology International (11), 89-97.
5. Álvarez, D. y Barbut, S. (2013). *Effect of inulin, β -glucan and their mixtures on emulsion stability, color and textural parameters of cooked meat batters*. Meat Science (94), 320-327.
6. AMSA. 2012. *Meat color measurement guidelines*. American Meat Science Association. Illinois, USA, Section VI.
7. Anderson, J.W., Baird, P., Davis Jr., R.H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., Waters, V., Williams C.L. (2009). *Health benefits of dietary fiber*. Nutrition Reviews (67), 188-205.
8. AOAC. (1996) *Official method of analysis of AOAC international*, 16th edition. Washington, DC.
9. Awuah, G. B., Ramaswamy, H. S., & Economides, A. (2007). *Thermal processing and quality: principles and overview*. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification (46), 584-602.

10. Balasundram, N., Sundram, K., Samman, S. (2006). *Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence and potential uses*. Food Chemistry (99), 191-203.
11. Besbes, S., Attia, H., Deroanne, C., Makni, S., Blecker, C. (2008). *Partial replacement of meat by pea fiber and wheat fiber: effect on the chemical composition, cooking characteristics and sensory properties of beef burgers*. Journal of Food Quality (31), 480-489.
12. Bodner, J.M. y Sieg, J. (2009). *Fiber In: Ingredients in meat products: properties, functionality and application*. Ed. Springer Publishing, New York, NY, pp. 83-109.
13. Buttriss, J.L., y Stokes, C.S. (2008). *Dietary fibre and health: an overview*. Nutrition Bulletin (33), 186-200.
14. Cáceres, E., García, M.L., Toro, J., Selgas, M.D. (2004). *The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages*. Meat Science, 68 (1), 87–96.
15. Castillejos-Gómez, B.I., Totosaus, A., Pérez-Chabela, M.L. (2015). *Use of maguey (Agave spp.) leaves as a source of functional ingredients in cooked sausages elaboration*. In book: Advances in Science, Biotechnology and Safety of Foods, Publisher. Asociación Mexicana de Ciencias de los Alimentos, A.C., pp.163-170.
16. Cava, R., Ladero, L., Cantero, V., Ramírez, M. (2012). *Assessment of different dietary fibers (tomato fiber, beet root fiber, and inulin) for the manufacture of chopped cooked chicken products*. Journal of Food Science (77), 346-352.
17. Chávez, G.G., Chabela, M.D.L.P., Totosaus, A. (2011). *Propiedades de batidos cárnicos inoculados con bacterias lácticas termotolerantes probióticas y harina de cacao como prebiótico: alimento simbiótico*. Revista de Ingeniería Agrícola y Biosistemas (3), 5-10.
18. Chávez-Zepeda, L.P., Cruz-Méndez, G., García de Caza, L. Díaz-Vela, J., Pérez-Chabela, M.L. (2009) *Utilización de subproductos agroindustriales como fuente de fibra para productos cárnicos*. NACAMEH (3), 71-82.

19. Cho, S.S. y Samuel, P. (Eds.). (2009). *Fiber ingredients: Food applications and health benefits*. CRC Press.
20. Choi, Y.S., Choi, J.H., Han, D.J., Kim, H.Y., Lee, M.A., Kim, H.W., Jeong, J.Y., Kim, C.J. (2009). *Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber*. *Meat Science* (82), 266-271.
21. Choi, Y.S., Lee, M.A., Jeong, J.Y., Choi, J.H., Han, D.J., Kim, H.Y., Kim, C.J. (2007). *Effects of wheat fiber on the quality of meat batter*. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* (27), 22-28.
22. Chougui, N., Djerroud, N., Naraoui, F., Hadjal, S., Aliane, K., Zeroual, B., Larbat, R. (2015). *Physicochemical properties and storage stability of margarine containing Opuntia ficus-indica peel extract as antioxidant*. *Food Chemistry* (17), 382-390.
23. Codex Alimentarius Commission (2009). *Codex Committee on Nutrition and Foods for special dietary uses*. Guidelines for the use of nutrition claims. Rome, Italy.
24. Cofrades, S., Hughes, E., Troy, D.J. (2000). *Effects of oat fibre and carrageenan on the texture of frankfurters formulated with low and high fat*. *European Food Research and Technology* (21), 19-26.
25. Consejo Mexicano de la Carne (COMECARNE) (2008) Compendio estadístico de consumo, apartado 1. Consultado el 11 de mayo de 2015. <http://www.comecarne.org/estadisticas/>
26. Crehan, C.M., Hughes, E., Troy, D.J., Buckley, D.J. (2000). *Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat*. *Meat Science* (55), 463-469.
27. De la Vega, A.D.J. y López, I.M. (2012). *Propiedades antioxidantes de la cáscara de ciruela aplicados a un embutido cárnico: nota de investigación*. *NACAMEH* (6), 33-39.
28. Delargy, H.J., O'Sullivan, K.R., Fletcher, R.J. Blundell, J.E. (1997) *Effects of amount and type of dietary fibre (soluble and insoluble) on short-term*

- control of appetite*. International Journal of Food Sciences and Nutrition (48), 67-77.
29. Desmond, E.M., y Troy, D.J. (2003). *Sensory and physical characteristics of pork sausages manufactured with dietary fibers*. Irish Journal Agricultural Food Research (42), 161.
30. Díaz-Vela, J., Totasaus, A., Cruz-Guerrero, A.E., Pérez-Chabela, M.L. (2013). *In vitro evaluation of the fermentation of added-value agro-industrial by-products: cactus pear (Opuntia ficus indica L.) peel and pineapple (Ananas comosus) peel as functional ingredients*. International Journal of Food Science and Technology (48), 1-8.
31. Dillard, C.J. y German, J.B. (2000). *Phytochemicals: nutraceuticals and human health*. Journal of the Science of Food and Agriculture (80), 1744-1756.
32. Drzikova, B., Dongowski, G., Gebhardt, E., Habel, A. (2005). *The composition of dietary fibre-rich extrudates from oat affects bile acid binding and fermentation in vitro*. Food Chemistry (90), 181-192.
33. Eim, V.S., Simal, S., Rosselló, C., Femenia, A. (2008). *Effects of addition of carrot dietary fibre on the ripening process of a dry fermented sausage (sobrassada)*. Meat Science (80), 173-182.
34. El Kossori, R.L., Villaume, C., El Boustani, E., Sauvaire, Y., Méjean, L. (1998). *Composition of pulp, skin and seeds of prickly pears fruit (Opuntia ficus indica sp.)*. Plant Foods for Human Nutrition (52), 263-270.
35. Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besdes, S., Blecker, C., Attia, H. (2011). *Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review*. Food Chemistry (124), 411-421.
36. Ennouri, M., Fetoui, H., Hammami, M., Bourret, E., Attia, H., Zeghal, N. (2007). *Effects of diet supplementation with cactus pear seeds and oil on serum and liver lipid parameters in rats*. Food Chemistry (101), 248-253.
37. Fernández-Ginés, J.M., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., Sendra, E. Pérez-Álvarez, J.A. (2003). *Effect of the storage conditions on quality*

- characteristics of bologna sausages made with citrus fiber.* Journal of Food Science (68), 710-715.
38. Fernández-López, J., Fernández-Gines, J.M., Aleson-Carbonell, L., Sendra, E. Sayas-Barberá, E., Pérez-Álvarez, J.A. (2004). *Application of functional citrus by products to meat products.* Trends in Food Science and Technology (15), 176-185.
39. Fernández-López, J., Viuda-Martos, M., Sendra, E., Sayas-Barbera, E., Navarro, C., Pérez-Álvarez, J.A., (2007). *Orange fiber as potential functional ingredient for dry cured sausages.* European Food Research and Technology (226), 1-6.
40. Fernández-Vázquez, R., Stinco, C.M., Hernanz, D., Heredia, F.J. Vicario, I.M. (2013). *Colour training and colour differences thresholds in orange juice.* Food Quality and Preference (30), 320-327.
41. Figuerola, F., Hurtado, M.L., Estévez, A.M., Chiffelle, I., Asenjo, F. (2005) *Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment.* Food Chemistry (91), 395-401.
42. García, M.L., Dominguez, R., Galvez, M.D., Casas, C., Selgas, M.D. (2002) *Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages.* Meat Science (60), 227-236.
43. García-García, E., Totosaus, A. (2008) *Low-fat sodium-reduced sausages: effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and κ carrageenan by a mixture design approach.* Meat Science (78), 406-413.
44. Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C. A., Caballero, P. A., Apesteguía, A. (2003). *Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality.* European Food Research and Technology, 216 (1), 51-56.
45. González-Cruz, L., Filardo-Kerstupp, S., Bello-Pérez, L.A., Güemes-Vera, N., Bernardino-Nicanor, A. (2012). *Carotenoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of low-calorie nopal (Opuntia ficus-induca) marmalade.* Journal of Food Processing and Preservation (36), 267-275.

46. Grigelmo-Miguel, N., Abadías-Serós, M.I., Martín-Belloso, O. (1999) *Characterization of low-fat high-dietary fiber frankfurters*. *Meat Science* (52), 247-256.
47. Gross, J. (2012). *Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids*. Springer Science and Business Media.
48. He, F.J. y MacGregor, G.A. (2002). *Effect of modest salt reduction on blood pressure: a meta-analysis of randomized trials. Implications for public health*. *Journal of Human Hypertension* (16), 761–770.
49. Heo, C., Kim, H.W., Choi, Y.S., Kim, C.J., Paik, H.D. (2009) *Shelf-life estimation of frankfurter sausage containing dietary fiber from rice bran using predictive modeling*. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* (29), 47-54.
50. Hutchings, J. B. (1994). *Chemistry of food colour*. Food colour and appearance. Springer US, pp. 367-469.
51. Ignat, I., Volf, I., Popa, V.I. (2011) *A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables*. *Food Chemistry* (126), 1821-1835.
52. Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2012). *El sector alimentario en México*. Serie Estadísticas Sectoriales. Consultado el 21 de abril de 2015. [http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/SAM/2012/sam2012 .pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/SAM/2012/sam2012.pdf)
53. Iñiguez-Covarrubias, G., Diaz-Teres, R., Sanjuan-Dueñas, R., Anzaldo-Hernández, J., Rowell, R.M. (2001) *Utilization of by-products from the tequila industry. Part 2: potential value of Agave tequilana Weber azul leaves*. *Bioresource Technology*, 77(2), 101-108.
54. Jauregui, C.A., Regenstein, J.M., Baker, R.C. (1981). *A simple centrifugal method for measuring expressible moisture, a water-binding property of muscle foods*. *Journal of Food Science* (46), 1271-1273.
55. Jiménez-Aguilar, D.M., López-Martínez, J.M., Hernández-Brenes, C., Gutiérrez-Urbe, J.A., Welti-Chanes, J. (2015). *Dietary fiber, phytochemical*

- composition and antioxidant activity of Mexican commercial varieties of cactus pear.* Journal of Food Composition and Analysis (41), 66-73.
56. Jiménez-Colmenero, F. (2000). *Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products.* Trends in Food Science and Technology (11), 56–66.
57. Jiménez-Colmenero, F., Carballo, J., Cofrades, S. (2001) *Healthier meat and meat products: their role as functional foods.* Meat Science, 59(1), 5-13.
58. Kim, H.J., y Paik, H.D. (2012). *Functionality and application of dietary fiber in meat products.* Korean Journal for Food Science of Animal Resources (32), 695-705.
59. Kuti, J.O. (2004). *Antioxidant compounds from four Opuntia cactus pear fruit varieties.* Food Chemistry (85), 527-533.
60. Lunn, J., y Buttriss, J.L. (2007). *Carbohydrates and dietary fibre.* Nutrition Bulletin (32), 21-64.
61. Mann, J. (2007). *Dietary carbohydrate: relationship to cardiovascular disease and disorders of carbohydrate metabolism.* European Journal of Clinical Nutrition (61), 100-111.
62. Marín, F.R., Soler-Rivas, C., Benavente-García, O., Castillo, J., Pérez-Alvarez, J. A. (2007). *By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres.* Food Chemistry (100), 736-741.
63. Martínez, J.A., Melgosa, M., Pérez, M.M., Hita, E. Negueruela, A.I. (2001). *Note. Visual and Instrumental Color Evaluation in Red Wines.* Food Science and Technology International (7), 439-444.
64. McAfee A.J., MCSorley, E.M., Cuskelly, G.J., Moss, B.W., Wallace, J.M.W., Bonham, M.P., Fearon, A.M. (2010). *Red meat consumption: An overview of the risks and benefits.* Meat Science (84) 1–13.
65. Moussa-Ayoub, T.E., El-Hady, A.A., Omrad, H.T., El-Samahy, S.K., Kroh, L.W., Rohn, S. (2014). *Influence of cultivar and origin on the flavanol profile of fruits and cladodes from cactus Opuntia ficus-indica.* Food Research International (64), 864-872.

66. Munoz, A., Esteban, L., Riley, M.R. (2008) *Utilization of cellulosic waste from tequila bagasse and production of polyhydroxyalkanoate (PHA) bioplastics by Saccharophagus degradans*. *Biotechnology and bioengineering*, 100(5), 882-888.
67. Mussatto, S.I., y Mancilha, I.M. (2007). *Non-digestible oligosaccharides: A review*. *Carbohydrate Polymers* (68), 587-597.
68. Narváez-Zapata, J. y Sánchez-Teyer, L. (2010). *Agaves as a raw material: recent technologies and applications*. *Recent Patents on Biotechnology* (3), 185-191.
69. National Institute of Health (NIH, 2005). *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids*. U.S. Department of Health and Human Services. Dietary Guidelines for Americans. Washington D.C.
70. O'Shea, N., Arendt, E., y Gallagher, E. (2012). *Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* (16), 1-10.
71. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud*. Consultado el 08 de febrero de 2016. <http://www.who.int/dietphysicalactivity/diet/es/>
72. Pérez-Álvarez, J.A., Sayas-Barberá, M.E., Fernández-López, J., Aranda-Catalá, V. (1999). *Physicochemical characteristics of Spanish-type dry-cured sausage*. *Food Research International* (32), 599–607
73. Pérez-Chabela, M.L., Chaparro-Hernández, J., Totosaus, A. (2015). *Dietary fiber from agroindustrial by-products: orange peel flour as functional ingredient in meat products*. *Dietary Fiber, production challenges food sources and health benefits*, Publisher: Nova Science Publishers, Inc., pp.145-158.
74. Pietrasik, Z., y Janz, J.A.M. (2010). *Utilization of pea flour, starch-rich and fiber-rich fractions in low fat bologna*. *Food Research International* (43), 602-608.

75. Piga, A. (2004). *Cactus pear: A fruit of nutraceutical and functional importance*. Journal of the Professional Association for Cactus Development (6), 9-22.
76. Ramadan, M.F. y Mörsel, J.T. (2003). *Recovered lipids from prickly pear [Opuntia ficus-indica (L.) Mill] peel: a good source of polyunsaturated fatty acids, natural antioxidant, vitamins and sterols*. Food Chemistry (83), 447-456.
77. Rodríguez, R., Jiménez, A., Fernández-Bolaños, J., Guillen, R., Heredia, A. (2006). *Dietary fibre from vegetables products as source of functional ingredients*. Trends in Food Science and Technology (17), 3-15.
78. Rodríguez-González, S., Martínez-Flores, H.E., Chávez-Moreno, C.K., Macías-Rodríguez, L., Zavala-Mendoza, E., Garnica-Romo, M.G., Chacón-García, L. (2014). *Extraction and characterization of mucilage from wild species of opuntia*. Journal of Food Process Engineering (37), 285-292.
79. Sáenz, C., Sepúlveda, E., Matsuhiro, B. (2004). *Opuntia spp. mucilage's: a functional component with industrial perspectives*. Journal of Arid Environments (57), 275-290.
80. Sánchez-Escalante, A., Torrescano, G., Camou, J.P., Ballesteros, M.N., González-Méndez, N.F. (2000). *Utilization of applesauce in a low-fat bologna-type product*. Food Science and Technology International (6), 379-386.
81. Schieber, A., Stintzing, Carle, R. (2001). *By-products of plant food processing as a source of functional compounds - recent development*. Trends in Food Science and Technology (12), 401-413.
82. Secretaria de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA-2014). *Producción mensual agrícola*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado el 18 de marzo de 2016. <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119?idiom=es>

83. Shand, P.J. (2000). *Textural, water holding and sensory properties of low fat pork bologna with normal or waxy starch hull-less barley*. Journal of Food Science (65), 101-107.
84. Stintzing, F.C. y Carle, R. (2005). *Cactus stems (Opuntia spp.): A review on their chemistry, technology and uses*. Molecular Nutrition and Food Research (49), 175-194.
85. Stone, H., y Sidel, J.L. (1985). *Sensory evaluation practices* (pp. 194–226). Florida: Academic Press Inc.
86. Subsecretaria de Prevención y Promoción de la Salud (2014). *¿Cuánta fibra debemos consumir?*. Secretaria de Salud, México. Consultado el 08 de febrero de 2016. <http://www.spps.gob.mx/avisos/1851-fibra-dietetica.html>
87. Totosaus, A., Alfaro-Rodríguez, R.H., Pérez-Chabela, M.L. (2004). *Fat and sodium chloride reduction in sausages using k-carrageenan and other salts*. International Journal of Food Science and Nutrition (55), 371–380.
88. Tunland, B. y Meyer, D. (2002). *Nondigestible oligo-and polysaccharides (dietary fiber): Their physiology and role in human health and food*. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 1(3), 90–109.
89. Urías-Silvas, J.E., Cani, P.D., Delmeé, E., Neyrinck, A., López, M.G., Delzenne, N.M. (2008). *Physiological effects of dietary fructans extracted from Agave tequilana Gto. and Dasyilirion spp.* British Journal of Nutrition (99), 254-261.
90. Valdez-Vazquez, I., Acevedo-Benítez, J.A., Hernández-Santiago, C. (2010). *Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in México*. Renewable and Sustainable Energy Reviews (14), 2147-2153.
91. Véliz-Rodríguez, P. (2000). *Aplicación de las sustancias pécticas al campo médico-farmacéutico*. I. Alimentos dietéticos y propiedades funcionales. Alimentaria (312), 43-47.
92. Vijn, I. y Smeekens, S. (1999). *Fructans: More than a reserve carbohydrate?* Plant Physiology (120), 351-359.

93. Vitaglione, P., Napolitano, A., Fogliano, V. (2008). *Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut*. Trends in Food Science & Technology (19), 451-463.
94. Voragen, A.G. (1998). *Technological aspects of functional food-related carbohydrates*. Trends in Food Science & Technology, 9(8), 328-335.
95. World Cancer Research Foundation (2007). *Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: A global perspective*. American Institute for Cancer Research, Washington, DC.
96. Yalinkilic, B., Kaban, G., Kaya, M. (2012) *The effects of different levels of orange fiber and fat on microbiological, physical, chemical and sensorial properties of sucuk*. Food Microbiology (29), 255-259.
97. Yang, H.S., Kim, G.D., Choi, S.G., & Joo, S.T. (2010). *Physical and sensory properties of low fat sausage amended with hydrated oatmeal and various meats*. Korean Journal for Food Science of Animal Resources (30), 365-372.
98. Yeddes, N., Chérif, J.K., Guyot, S., Sotin, H., Ayadi, M.T. (2013) *Comparative study of antioxidant power, polyphenols, flavonoids and betacyanins of the peel and pulp of three Tunisian Opuntia forms*. Antioxidants (2), 37-51.
99. Zamora-Gasga, V.M., Bello-Pérez, L.A., Ortiz-Basurto, R.I., Tovar, J., Sáyago-Ayerdi, S.G. (2014) *Granola bars prepared with Agave tequilana ingredients: Chemical composition and in vitro starch hydrolysis*. LWT-Food Science and Technology (56), 309-314.