

# **UNIVERSIDAD DE SONORA**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICO-BIOLÓGICAS**

**Desarrollo y Evaluación de Calidad de un Embutido Cárnico  
Adicionado con Nopal (*Opuntia sp.*) y Brócoli (*Brassica  
oleracea*)**

**TESIS PROFESIONAL**

Que para obtener el Título de:

**QUÍMICO EN ALIMENTOS**

Presenta:

**Ana Carolina Cruz Montaña**

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi familia que siempre me ha apoyado y ha estado ahí para cuando lo necesite. A mi mamá, gracias por estar conmigo y darme mucha fuerza y consejos para seguir adelante, gracias por tus palabras de aliento cuando las necesito. Papá gracias por empujarme para cada día ser mejor persona y crecer profesionalmente, ustedes son mi ejemplo a seguir.

A mis hermanas Yoly, Ale, Gaby, Elsa y Rosita gracias por estar conmigo en todo momento y por todo el amor, confianza que siempre me han brindado, las quiero mucho hermanitas.

A mi novio Héctor, gracias por estar conmigo y darme tantos consejos para seguir adelante te quiero mucho.

A mis amiguitas del alma Dany, Gladys, Eli por estar conmigo y apoyarme en cualquier decisión, las quiero amiguitas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de Sonora, por darme la oportunidad de realizar mis estudios y a cada uno de mis compañeros y maestros de los que aprendí muchas cosas, gracias por acompañarme durante el transcurso de mi carrera.

Al Centro de Investigación de Alimentos por permitirme realizar mi tesis en sus instalaciones, y a todos los maestros que me ayudaron en la realización de este trabajo.

Al Dr. Juan Pedro Camou, por permitirme realizar la tesis con él, además de apoyarme y transmitirme tantos conocimientos y experiencias a lo largo de mi trabajo.

Al M.C. Martín Valenzuela, gracias por todo el apoyo durante todo este trabajo, por enseñarme que siempre hay que seguir adelante y terminar lo que se empieza. Gracias por todo el tiempo, confianza y lecciones que jamás olvidaré.

Al I.Q. Germán Barbeitia por apoyarme a lo largo de este trabajo, gracias por enseñarme tantas cosas que siempre recordaré y me ayudarán a lo largo de mi vida profesional y personal.

A mi maestro de carrera Q.B. César Otero, por apoyarme y ayudarme a seguir adelante, siempre dándome buenos consejos y buena actitud para terminar mi trabajo, gracias.

A mis compañeras y amigas Elizabeth, Erika, Lizeth y Jimena, gracias por el apoyo durante este trabajo. Sin ustedes no sería igual el aprendizaje y sobretodo, ustedes hicieron que ese aprendizaje se enriqueciera aún más.

## CONTENIDO

	Página
FORMA DE APROBACIÓN.....	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
CONTENIDO.....	5
LISTA DE TABLAS.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
OBJETIVOS.....	9
HIPÓTESIS.....	10
RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
ANTECEDENTES .....	14
Alimentos Funcionales y Productos Cárnicos.....	14
Salchicha.....	15
Nopal.....	17
Brócoli.....	18
Plasma Bovino.....	20
Obesidad.....	21
Diabetes.....	21
Componentes de un Producto Cárnico Emulsionado.....	22
Carne.....	22
Agua.....	22
Plasma.....	22
Sal.....	23
Fosfatos.....	23
Sal Cura.....	23
Aditivos.....	24
MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
Obtención de la Materia Prima.....	25
Preparación de la Carne.....	25
Formación de la Emulsión.....	25
Embutido.....	26

Tratamiento Térmico.....	26
Parámetros a Evaluar.....	27
Actividad de Agua (Aw).....	27
Medición de pH.....	27
Medición de Color (CIE L*a*b*).....	28
Medición de Textura.....	28
Análisis Sensorial.....	28
Análisis Proximal.....	29
Diseño de Experimento y Análisis Estadístico.....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
Rendimiento.....	31
Medición del Potencial de Hidrógeno.....	32
Medición de Actividad de Agua.....	33
Medición de Color.....	33
Análisis Proximal.....	35
Análisis de Perfil de Textura (APT).....	36
Análisis de Esfuerzo al Corte (WB).....	37
Análisis Sensorial.....	38
CONCLUSIONES.....	40
BIBLIOGRAFÍA.....	41

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Formulación utilizada en la elaboración del producto tipo salchicha .....	26
2. Tratamiento térmico utilizado en la elaboración del producto tipo salchicha.....	27
3. Escala de referencia de nueve puntos utilizada en el análisis sensorial de los productos evaluados.....	29
4. Rendimiento después del tratamiento térmico.....	31
5. Comportamiento de los valores L*, a* y b* en los tratamientos de los productos cárnicos adicionados con nopal y brócoli.....	34
6. Resultados del análisis proximal expresado en porcentaje en los diferentes tratamientos de producto tipo salchicha adicionado con nopal y brócoli.....	36
7. Resultados de textura para los diferentes tratamientos evaluados.....	37
8. Evaluación del análisis sensorial para los tratamientos evaluados.....	39

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Resultados del análisis de potencial de hidrógeno para los diferentes tratamientos.....	32
2. Resultados del análisis de actividad de agua para los diferentes tratamientos.....	33
3. Resultados de firmeza de los diferentes tratamientos evaluados.....	38



## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Desarrollar y evaluar calidad un producto cárnico tipo salchicha adicionado con nopal y brócoli.

### **Objetivos Específicos**

Establecer la formulación y el proceso de elaboración de un producto cárnico tipo salchicha adicionado con brócoli y nopal.

Determinar las características físicas y químicas del producto elaborado mediante determinaciones de color, pH,  $a_w$ , análisis proximal y textura.

Evaluar la calidad del producto elaborado mediante un análisis sensorial.

## **HIPÓTESIS**

Al adicionar ingredientes no tradicionales como nopal y brócoli en la elaboración de un producto cárnico tipo salchicha, se verán afectadas las características de calidad desde el punto de vista físico, químico y sensorial, pero a su vez aumentará su valor nutricional.

## RESUMEN

En la actualidad existen muchos problemas debido a la mala alimentación, es por ello que es muy importante la investigación para el desarrollo de alimentos nutritivos y de calidad que sean opciones de consumo para una dieta balanceada. Los vegetales por su aporte nutricional representan una excelente alternativa para dar a los productos cárnicos una imagen saludable. Es por ello que en este trabajo el objetivo fue desarrollar un producto cárnico adicionado con nopal y brócoli, así como determinar su calidad. Se evaluaron cinco tratamientos con diferentes cantidades de nopal y brócoli (0/0, 5/5, 10/10, 15/15, y 20/20). Se realizaron análisis fisicoquímicos de pH y actividad de agua, color CIE L\* a\* b\*, textura (análisis de perfil de textura y esfuerzo al corte), análisis proximal (humedad, proteína, ceniza, grasa) y análisis sensorial midiendo los parámetros de color, firmeza, sabor, jugosidad y aceptabilidad general. Los parámetros de pH se vieron afectados, a medida que la cantidad de nopal y brócoli aumentaban, el pH disminuyó. El color disminuyó conforme se fueron adicionando los componentes no tradicionales al producto cárnico. La luminosidad (L\*) y el matiz rojo-verde (a\*) tienden a disminuir conforme se incorpora nopal y brócoli, por el contrario, el matiz amarillo-azul (b\*) incrementa al incorporar estos ingredientes. El análisis proximal nos muestra que el producto tiene un alto contenido proteico (16%), bajo contenido de grasa (4%); comparando estos resultados con la NMX-065-1984, el producto con estas características es una excelente fuente de proteína ya que los valores son casi el doble de lo mínimo permitido, además de que las salchichas comerciales presentan entre 20 y 30% de grasa, siendo el 30% el máximo permitido por dicha norma. Es así que este producto aporta más beneficios nutricionales con un valor mínimo de grasa. En base a estos resultados se concluye que la adición de ingredientes no tradicionales como nopal y brócoli en productos cárnicos, en este caso tipo salchicha, podrían ser una opción más de consumo saludable para personas con diabetes, obesidad y sobrepeso, pero también para la población en general, ya que además de ser un producto cárnico con aporte nutricional es un producto que es agradable al paladar.

## INTRODUCCIÓN

El principal papel de la dieta diaria es brindar suficientes nutrientes para un buen desarrollo y mantenimiento de las funciones básicas del individuo. Una mala nutrición puede provenir tanto de una alimentación deficiente como de un exceso en la ingesta de alimentos. Existen muchos estudios que relacionan el consumo de alimentos y las enfermedades (Erkkilä *et al.*, 2008; Van Horn *et al.*, 2008).

Una mala alimentación puede guiar a problemas de sobrepeso, obesidad y ciertos tipos de cáncer en las personas. El sobrepeso y obesidad son condiciones que aceleran la aparición de enfermedades cardiovasculares y diabetes. Este problema está muy arraigado en nuestro país. Datos de la Secretaría de Salud indican que el 39.7% de la población mexicana presenta sobrepeso y 31.7% obesidad (SSA, 2002). Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en 2007 se registraron 514 000 defunciones; de ellas, los tumores malignos ocuparon el tercer lugar entre las principales causas de decesos a nivel nacional, con 68 815 casos, sólo por debajo de las enfermedades del sistema circulatorio, y las endócrinas, nutricionales y metabólicas. Estos datos indican que, en el país, el cáncer representó la tercera causa de muerte entre mujeres con 35 303 defunciones (15.4%), sólo por debajo de los decesos por enfermedades del sistema circulatorio, y las endocrinas, nutricionales y metabólicas. En los hombres, constituyó la cuarta, con 33 509 decesos (11.8%) (INEGI, 2007).

La prevención de enfermedades a base de la dieta diaria es vista cada vez más como una opción. Para ello, debe haber un compromiso por parte de los individuos de cambiar hábitos alimenticios. La industria alimentaria debe tener también el compromiso de ofrecer alimentos nutritivos que ayuden a disminuir los problemas de salud relacionados con una mala alimentación. Una opción viable se encuentra en el campo de los alimentos funcionales. Estos son definidos como alimentos que además de satisfacer las necesidades nutricionales básicas, proporcionan beneficios para la salud o reducen el riesgo de sufrir enfermedades (Salazar, 2006).

En el desarrollo de productos cárnicos funcionales se ha estudiado la incorporación de componentes no tradicionales que hacen al producto final más atractivo al consumidor por tener sustancias naturales y benéficas para la salud (Núñez de González *et al.*, 2009; Cofrades *et al.*, 2000). Dentro de los ingredientes naturales que es factible utilizar para el desarrollo de productos cárnicos funcionales está el nopal y el brócoli.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un producto cárnico tipo salchicha adicionado de nopal y brócoli con el fin de brindar al consumidor una opción más de alimentos saludables.

Hoy en día es evidente que el sobrepeso y la obesidad representan un problema grave en nuestro país. Estos padecimientos crónicos degenerativos promueven el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y diabetes, mismas que han sido declaradas como epidemia a nivel mundial por parte de la Organización Mundial de Salud. Los ojos del mundo están puestos en nuestro país ya que actualmente ocupamos el primer lugar en sobrepeso (OMS, 2003). Se necesita educar a la población en el campo de la salud y la nutrición, promoviendo hábitos alimenticios saludables, ejercicio y trabajar en el desarrollo de nuevas alternativas de alimentación como son los alimentos cárnicos funcionales. Estos son excelentes fuentes proteicas y además proporcionan nutrientes adicionales que pueden ayudar a combatir los problemas derivados de una mala alimentación. En México es poca o nula la investigación en el campo de los productos cárnicos funcionales. Esta es necesaria para que la industria cárnica proponga alternativas saludables de consumo.

En la actualidad existen muchas enfermedades debido a la mala alimentación. Nuestro país ocupa el primer lugar mundial en sobrepeso, por lo que es necesario implementar acciones que ayuden a combatir este grave problema de salud pública. Entre estas acciones debe estar incluida la investigación para el desarrollo de alimentos más nutritivos y de excelente calidad que sean opciones de consumo para una dieta balanceada, objetivo que cumplen los productos cárnicos funcionales.

El consumo de vegetales aporta a la dieta diaria nutrientes como antioxidantes, beta carotenos, vitaminas, proteínas y minerales. Su consumo debe promoverse ya sea en forma fresca o procesada. El nopal y el brócoli son ricos en vitaminas, minerales, fibra y otros nutrientes. Sus beneficios a la salud están bien documentados en la literatura científica donde hay evidencia que su consumo disminuye el nivel de colesterol y glucosa en sangre y disminuye el riesgo de padecer cáncer (Herr y Büchler, 2010). No se debe dejar por fuera la promoción del consumo de carne o productos cárnicos ya que estos son fuente de proteínas de excelente calidad. La combinación de carne y vegetales en el desarrollo de nuevos productos tiene por objeto brindar al consumidor un producto con nutrientes de dos fuentes muy diferentes. Al mismo tiempo, la incorporación de componentes no tradicionales como nopal y brócoli a un producto cárnico, puede tener efecto en su calidad fisicoquímica y sensorial por lo que es necesario evaluarla.

## **ANTECEDENTES**

### **Alimentos Funcionales y Productos Cárnicos**

Un alimento puede considerarse funcional si se demuestra satisfactoriamente que, además de sus efectos nutritivos, afecta beneficiosamente a una o más funciones del organismo de modo que mejora el estado de salud o bienestar y reduce el riesgo de una enfermedad (Diplock, 1999).

Las múltiples posibilidades de elaboración de alimentos funcionales basadas en la incorporación a un alimento convencional de una gran variedad de componentes con actividad biológica, hacen que la gama de productos comercializados actualmente haya aumentado de forma significativa.

En los países industrializados, una gran parte de la población para la que cubrir las necesidades nutricionales ya no es un problema, dispone en el mercado de una gran variedad de nuevos alimentos con ingredientes bioactivos que están diseñados para cubrir las necesidades de salud específicas. Ante la amplia oferta de nuevos productos, los consumidores necesitan entender claramente los criterios en los que se basan sus potenciales beneficios para la salud y demandan información acerca de sus propiedades para así poder decidir sobre la conveniencia de su adquisición.

La tendencia de alimentos funcionales ha conllevado a la publicación de varios artículos describiendo estudios de los efectos incluyendo uno o más ingredientes con propiedades funcionales en varios tipos de alimentos, en los que la carne y productos cárnicos tienen una atención especial en este tema (Fernández, 2005).

La industria cárnica es una de las más importantes en el mundo y como resultado de la demanda del consumidor o por la competitividad de la industria, la investigación de nuevos productos alimenticios es continua. Por lo tanto, las investigaciones para el lanzamiento de nuevos productos se dirige a proveer alternativas saludables para la variedad existente de enfermedades que se derivan en contenido de grasa, ácidos grasos saturados, colesterol y su asociación con enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer y obesidad (Fernández, 2005).

La idea de presentar alimentos funcionales es para reducir la prevalencia de enfermedades crónicas degenerativas consumiendo habitualmente alimentos de consumo normal (Vasconcellos, 2001).

La modificación de la carne que confiere propiedades funcionales está basada en modificaciones en la alimentación que el animal recibe o en la manipulación post mortem. En primera instancia, lípidos, ácidos grasos y vitaminas que pueden modificarse, mientras que la grasa puede removerse por procesos mecánicos. En cuanto a los productos cárnicos, los cambios se hacen principalmente directo en la reformulación modificando el contenido de lípidos y ácidos grasos, y/o añadiendo una serie de ingredientes funcionales como fibra, proteínas vegetales, ácidos grasos mono insaturados o poli insaturados, vitaminas y calcio. La carne y los productos cárnicos son esenciales para una dieta balanceada, aunque sean susceptibles las modificaciones para brindar una apariencia saludable (Jiménez-Colmenero, 2001).

Los productos cárnicos son esenciales en la dieta de países desarrollados. Sus principales componentes, aparte de agua son proteínas y grasas con una contribución de vitaminas y minerales de alta biodisponibilidad. Ambos, la carne y sus productos pueden modificarse añadiendo ingredientes benéficos para la salud o para eliminar o reducir componentes que son dañinos. De esta forma, una gran cantidad de alimentos pueden obtenerse sin alterar su base, y así considerarse saludables (Fernández, 2005).

## **Salchicha**

Una emulsión cárnica es un complejo sistema polifásico que consta de las siguientes fases: una disolución verdadera (sal, fosfatos, ácidos orgánicos, azúcar, entre otros), dispersión coloidal (proteínas de la carne), suspensión (trozos de carne) y emulsión (grasa) (Blanno, 2005)

La salchicha es un embutido curado y cocido, elaborado con carne de vacuno, carne de cerdo y vacuno, carne de aves o una mezcla de otras especies animales autorizadas, grasa animal comestible, ingredientes y aditivos de uso permitido perfectamente triturados, mezclados y emulsificados o no, introducidas en tripas autorizadas con diámetro no mayor de 27 mm. Las salchichas se clasifican como embutidos escaldados y en su elaboración se pueden usar carnes de origen diverso, lo que determina su calidad y precio. Se prefiere carne recién sacrificada de novillos, terneras y cerdos jóvenes y magros, debido a que este tipo de carne posee fibra tierna y se aglutina y amarra fácilmente. Además, carece de grasa interna y es capaz de fijar gran cantidad de agua. Estos productos son de consistencia suave, elevada humedad y corta duración (unos ocho días en refrigeración) (Códex Alimentarius, 1994).

En la elaboración de las salchichas estilo Viena se emplea carne de res y cerdo, grasa y hielo. La carne de cerdo confiere color entre rosa claro y rojo mate a la masa, en cambio la

carne de res presenta un color rojo claro e intenso, que da consistencia a la masa y sabor fuerte. Es indispensable un mezclador (*cutter*) para formar una emulsión y para ayudar a su formación se agrega hielo. Reciben un tratamiento térmico que coagula las proteínas y le dan una estructura firme y elástica; posteriormente son ahumadas para darles un sabor característico (Códex Alimentarius, 1994).

Independientemente del tipo de salchicha, todas tienen la posibilidad de presentar defectos visuales durante su fabricación. Dentro de los defectos más comunes en el exterior de las salchichas o productos embutidos se encuentra el crecimiento de hongos y bacterias; nunca se debe subestimar la importancia de un buen saneamiento del ambiente de proceso. Una limpieza deficiente puede propiciar numerosos defectos causados por contaminación microbiológica (Hanson y Bautista, 2010).

Otro punto es el color de ahumado defectuoso, en las salchichas pueden aparecer puntos o manchas que quedaron sin ahumar. Este defecto puede deberse al contacto de unas salchichas con otras durante el proceso de ahumado, y puede presentarse tanto en el ahumado tradicional como en el de humo líquido. En los casos en los que el producto presente una apariencia “deslavada” se podría culpar a la programación del cocimiento. Una causa probable es que durante el ciclo de ahumado en el horno, exista una baja temperatura y/o alta humedad. Es importante que la humedad de la superficie del producto crudo sea consistente. Si está muy seca, no se podrá desarrollar un buen color; si está muy húmeda, pueden aparecer manchas o una apariencia deslavada. Un baño de la superficie puede llevarla a una humedad uniforme, y el secado antes del ahumado puede ayudar a que sea pegajosa y elástica, tal como se desea (Hanson y Bautista, 2010).

Los defectos internos en el color de las salchichas y/o productos embutidos se presentan por varias causas. La decoloración es un defecto muy común en los productos y se debe a la exposición al oxígeno y a la luz, este defecto se puede reducir a través del empaque al vacío y el almacenamiento a temperaturas frías (0 a 2° C). Otra condición es la del color de curado muy intenso, un alto pH en la materia prima puede resultar en el oscurecimiento de las tonalidades rosáceas típicas del curado en la carne de cerdo. Si no se desea tener un color oscuro, debe evitarse entonces el uso de carne dura, firme y seca (DFS) y fosfatos alcalinos en la formulación (Hanson y Bautista, 2010).

En ocasiones el color de curado intenso se considera positivo, por lo que esta condición no se considera un defecto del todo. Por otro lado está el color de curado poco intenso, esto es porque los ingredientes y la materia prima pueden ser los causantes de este defecto, como es el caso de la carne pálida, suave y exudativa (PSE). Esta materia prima genera comúnmente un



color de curado poco intenso, aparte de que se tiene poca funcionalidad de la proteína. Las burbujas de aire son otro defecto en los embutidos, mientras más volumen de aire quede atrapado en la mezcla cárnica inicial, más pálido será el producto. Esto se debe a la gran cantidad de luz reflejada por la superficie. Los puntos oscuros son causados por el uso de componentes cárnicos de baja calidad, por la presencia de coágulos de sangre o por otros materiales que tienden a oscurecer el producto. La edad del animal antes del sacrificio también puede contribuir en el oscurecimiento interno del producto. Los animales más viejos tendrán más cantidad de hemoglobina en la sangre que los animales más jóvenes. Debe recordarse que la mioglobina es el pigmento más importante de la carne, ya que representa el 80% de la pigmentación total (Hanson y Bautista, 2010).

En algunos procesos de elaboración de salchichas, este oscurecimiento puede resultar positivo para la calidad visual del producto. Otro punto muy importante también es la decoloración verdosa, esta condición es el resultado de contaminación microbiológica. En casos muy aislados se pueden formar anillos verdosos debajo de la superficie del producto. Esto último se puede deber a la presencia de bacterias que generan esta pigmentación (como *Lactobacillus viridescens*), pero es más común que se deba a la oxidación de la mioglobina. Los puntos verdosos internos generalmente indican contaminación microbiológica antes del tratamiento térmico a una temperatura de letalidad inadecuada. Aunque normalmente no se generan problemas si los procesadores respetan los límites permitidos de nitrato de sodio, una excesiva concentración de este compuesto puede contribuir a la aparición de las tonalidades verdosas. Dado que los microorganismos reducen el nitrato de sodio a nitrito, cualquier exceso del compuesto puede producir decoloración verdosa debido a la oxidación del pigmento de la carne curada (Hanson y Bautista, 2010).

Un factor que causa defectos de color pero que se toma poco en cuenta es la calidad del agua usada en la planta. La presencia de varios iones metálicos puede acelerar la oxidación y contribuir a la baja intensidad de color de curación en la carne (Hanson y Bautista 2010).

## **Nopal**

El nopal pertenece a la familia *Cactaceae*, son plantas que pueden alcanzar 3.5 a 5.0 m de altura, sus cladodios suculentos y articulados, comúnmente llamados pencas, presentan forma de raqueta ovoide o alongada alcanzando hasta 60-70 cm de longitud, dependiendo del agua y de los nutrientes disponibles (Sudzuki *et al.*, 1993).

Las distintas especies de nopales tienen características comunes y diversas a la vez. Su capacidad para resistir altas temperaturas y períodos prolongados de sequía las hace especialmente atractivas para las zonas áridas y semiáridas (Sáenz, 2006).

El nopal es un alimento excelente, rico en sales de calcio (100 g proporcionan 96 mg) y de potasio, especialmente sulfatos y oxalatos, fósforo, sodio, vitamina C y fibra vegetal.

Las tendencias de la dieta para disminuir de peso demandan productos ricos en agua y fibra, así con poco o nulo contenido de azúcar. Esto hace al nopal una materia prima potencial para la elaboración de productos que proporcionen las características sensoriales y nutricionales que demanda el mercado de productos dietéticos.

El nopal posee un alto contenido en fibra, y ésta es un componente de estudio en relación a fibra-salud (Hollingsworth, 1996; Grijspaardt-Vink, 1996; Sloan, 1994). La fibra soluble se asocia con la reducción de los niveles de glucosa y de colesterol y la estabilización del vaciamiento gástrico; y la fibra insoluble con la capacidad de retención de agua (aumento del peso de las heces), el intercambio iónico, la absorción de ácidos biliares, minerales, vitaminas y otros.

Debido a su composición química favorece la digestión de las lipoproteínas de baja densidad, reduce el nivel glicérico en la sangre y se le atribuyen otras propiedades medicinales tanto a sus brotes como a sus frutos (Morales, 1988).

El Instituto Nacional de Nutrición afirma, que el nopal solamente disminuye el nivel de glucosa en sangre y no cura la diabetes definitivamente. El alto contenido de fibra es la principal causa de los aportes medicinales, pues impide o retrasa la absorción de azúcares (Jiménez-Colmenero, 2001).

## **Brócoli**

El brócoli pertenece a la familia *Brassicacea*, es un alimento con alto contenido de antioxidantes y beta carotenos. Igualmente posee un elevado aporte de vitaminas (A, B2 y C) con propiedades diuréticas y depuradoras de la sangre. Este vegetal está compuesto además por una elevada cantidad de agua, ya que esta constituye entre un 80 y 90% de su composición. Aporta además gran cantidad de fibra dietética y ácido fólico. Con respecto a minerales, suministra cantidades significativas de potasio, fósforo, hierro y calcio.

El brócoli puede ser el responsable de impulsar ciertas enzimas que ayudan a desintoxicar el cuerpo. Dichas enzimas ayudan a prevenir el cáncer, la diabetes, enfermedades cardíacas, osteoporosis y presión arterial alta. El brócoli también puede ayudar a disminuir el

colesterol en sangre. Según el Centro de Investigación Regional de la Agricultura en Filadelfia, el brócoli llega a ser tan eficaz como algunos fármacos reductores del colesterol. El cromo que contiene el brócoli también puede ser eficaz en la prevención de la diabetes adulta. El cromo aumenta la capacidad de la insulina permitiendo una acción más eficaz en personas con intolerancia grave a la glucosa. Parecen mejorar el control del azúcar en sangre entre quienes padecen diabetes tipo 2. No obstante, sus autores advierten de la necesidad de realizar estudios clínicos bien diseñados que puedan confirmar este resultado (Lukaski *et al.*, 2007).

Además el brócoli suministra cantidades significativas de minerales como calcio, potasio y especialmente fósforo; también contiene elementos no nutritivos como fitoquímicos, anti carcinógenos que son compuestos azufrados que intervienen en numerosas funciones metabólicas del organismo como por ejemplo procesos de detoxificación, eliminación de radicales libres, y la inhibición en la formación de células cancerosas.

El mejor proceso para utilizar el brócoli es al vapor o crudo ya que con otra preparación el contenido de nutrientes disminuirá significativamente en el contenido de proteínas soluble y por el contrario utilizándolos con el proceso al vapor se retienen éstas. Los glucosinolatos son modificados en todos los procesos térmicos excepto al vapor. Es así como la preparación al vapor de este vegetal disminuye la pérdida de glucosinolatos, vitamina C y proteínas.

Estudios epidemiológicos han revelado que la ingestión de tres o más medias tazas de brócoli a la semana baja significativamente el 40% de riesgo de cáncer de próstata comparado con la ingestión de una o menos veces a la semana (Cohen *et al.*, 2000). Los vegetales crucíferos son excelente fuente de vitaminas, antioxidantes y glucosinolatos, son además precursores de un grupo de isotiocianatos muestran ser anti carcinogénicos (Jeffery y Jarrell, 2001).

El descubrimiento de componentes bioactivos en alimentos es importante, sugiriendo la posibilidad de mejorar la salud de las personas por medio de la dieta. Aún así el contenido de componentes bioactivos en plantas se diferencia a los vegetales crucíferos que contienen propiedades anti carcinogénicas y antioxidantes, también son excelentes ejemplos para ilustrar el problema de evaluar los beneficios a la salud en los alimentos que varían su contenido de componentes bioactivos. En el brócoli, el contenido de glucosinolatos y los productos de hidrólisis, varían con el genotipo, ambiente y el proceso, así como el contenido de antioxidantes y flavonoides.

Esta familia crucífera está caracterizada por su fitoquímica única: su alto contenido de glucosinolatos, que son B-tioglucoídos N-hidroxisulfatos con más de 12 cadenas únicas de aminoácidos. Los sulfuranos y otros isotiocianatos son sintetizados y almacenados en plantas

en forma de precursores inactivos de glucosinolatos. Estos son convertidos a isotiocianatos por la acción de la B-tioglucohidrolasa (mirosinasa). Esta enzima es segregada físicamente de los glucosinolatos en las células de las plantas pero es liberada cuando las células son dañadas como por ejemplo por un ataque microbiológico, insectos, proceso de alimentos como masticar o preparación de los mismos (Herr y Büchler, 2010). El principal glucosinolato contenido en el brócoli es la glucorafanina la cual es hidrolizada por la mirosina a sulforano. Para prevenir el daño de la misma planta, los glucosinolatos y la mirosina son almacenados en diferentes compartimientos de la célula y actúan juntas después de un daño celular. Esto significa que ya hay una conversión de glucosinolatos existente, antes de que estas sustancias lleguen al estómago (Herr y Büchler, 2010).

### **Plasma Bovino**

Actualmente el plasma bovino se está utilizando en la formulación de productos cárnicos, ya que constituye una fuente proteica muy importante. Muchos estudios han demostrado que la gelificación de las proteínas es una de sus propiedades funcionales más importantes. Las reacciones de agregación al azar con desnaturalización, donde la interacción proteína-proteína predomina sobre la interacción proteína-solvente, son definidas como coagulación y son dirigidas a la formación de coágulos duros. Cuando las moléculas desnaturalizadas forman una matriz ordenada en malla o red el proceso se define como gelación. Esta habilidad es de gran importancia en la preparación de ciertos tipos de alimentos, así tenemos por ejemplo, que en los productos cárnicos hay un aumento en el rendimiento, ya que el gel que se forma atrapa grasa y agua, los cuales son liberados de la matriz de las proteínas de la carne durante el tratamiento con calor.

La incorporación de la proteína plasmática dentro de un producto cárnico emulsificado puede inducir un aumento sustancial en el nivel y balance de aminoácidos esenciales; por otro lado, además de ser utilizada en la elaboración de productos alimenticios puede ser empleada en la preparación de medios de cultivo. En el proceso de gelificación, la concentración de proteínas en el plasma es importante, puesto que son éstas las encargadas de formar la red o malla que produce el coágulo, de esto se deduce que la concentración mínima de proteína requerida para la formación de un gel, es un criterio importante para estimar la habilidad de formación de gel específico. La presencia de una alta concentración de proteína lleva a la obtención de un producto fuerte y de una gelificación más rápida (Barboza *et al.*, 1996).

## **Obesidad**

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana para el tratamiento integral de la obesidad (NOM, 1998), la obesidad es una enfermedad caracterizada por el exceso de tejido adiposo en el organismo. Es una alteración de evolución crónica, no curable, que se refleja con aumento de peso provocado por la excesiva acumulación de tejido graso, consecuencia del desequilibrio entre la energía ingerida y el gasto de tal energía. Es resultado de la interacción entre el genotipo y el ambiente implica factores sociales y conductuales, culturales, psicológicos, metabólicos, hormonales y genéticos. Constituye un problema de salud pública relacionado con alta comorbilidad: hipertensión arterial, enfermedad cardiovascular, dislipidemia, diabetes tipo 2, síndrome metabólico, apnea del sueño, síndrome de hipoventilación, osteoartritis, infertilidad, enfermedad venosa de los miembros inferiores, reflujo gastroesofágico, incontinencia urinaria de esfuerzo, entre otras, cuya relación es directamente proporcional a la obesidad. Al igual que las enfermedades crónicas, tiene importantes limitaciones y su control representa elevados costos de atención médica y terapéutica. Durante los últimos 20 años se han incrementado las cifras de sobrepeso y obesidad en la población de todo el mundo. El IOTF (*Current International Obesity Task Force*) ha estimado 1.1 miles de millones de sujetos con sobrepeso en todo el mundo, de los cuales 312 000 000 padecen obesidad (Luckie *et al.*, 2009).

Es muy importante entender cómo la carne o los productos cárnicos afectan biológicamente y psicológicamente mecanismos de apetito y saciedad. La carne demuestra características de un nivel alto de saciedad, y con respecto a esto los alimentos funcionales podrían ser una solución porque estos tipos de productos podrían diseñarse para que sean menos calóricos y permanecer altamente saciables y sabrosos. En este caso la industria alimenticia, en particular la cárnica y de productos cárnicos, podría contribuir a hacer las vidas más fáciles y más activas.

## **Diabetes**

Las personas con diabetes no producen suficiente insulina o no es eficiente para metabolizar la glucosa. La diabetes es una enfermedad crónica que incapacita al organismo para metabolizar la glucosa, producida durante la descomposición de los alimentos, mediante la insulina la cual es una hormona producida en el páncreas, cuya función es regular el uso de la glucosa en el organismo. La insulina le permite a la glucosa alojarse en las células y que éstas la utilicen

como combustible, manteniendo a su vez los niveles de glucosa en la sangre dentro de lo normal (70 a 110 mg/dl). Algunos de los factores para padecer de diabetes son: tener antecedentes familiares, tener sobrepeso u obesidad, no hacer actividad física, fumar, consumir bebidas alcohólicas u otras drogas y tener la presión alta. Los principales padecimientos de una persona diabética son sed intensa, hambre, muchas ganas orinar, fatiga y pérdida de peso (Jiménez-Colmenero, 2001).

## **Componentes de un Producto Cárnico Emulsionado**

### **Carne**

En la elaboración de salchichas, la elección del tipo de carne es de vital importancia, ya que la carne de diferentes tejidos, inclusive del mismo animal, varía en cuanto a su contenido de humedad, proteína, grasa, cantidad de colágeno y pigmentos lo cual puede influir sobre la textura del producto final (Rust, 1975).

### **Agua**

El agua por si sola forma la mayor parte del producto terminado, que puede ser desde un 40 hasta un 60%, más que cualquier otro componente. La mayor parte del contenido de agua en el producto final corresponde a la que contiene la carne, sin embargo el procesador agrega agua adicional a muchos productos como parte de la formulación. Hay varias razones por las cuales agregar agua, entre ellas se tiene que muchos de los productos elaborados serían muy secos y con poca palatabilidad si sólo el agua de la carne estuviera presente en la composición del producto final (Forrest *et al.*, 1974).

### **Plasma**

Debido a su contenido de proteínas de alto valor nutritivo, en los últimos años se ha popularizado la utilización del plasma bovino en la formulación de alimentos (embutidos, panes, galletas, entre otros). El conocimiento de las propiedades funcionales, tales como gelificación de los plasmas es fundamental para su mejor utilización (Barboza *et al.*, 1996). El plasma sanguíneo constituye una fuente proteica importante. Estas proteínas presentan características favorables para su utilización en la industria de alimentos, como lo son: alto valor nutritivo,

capacidad y estabilidad de emulsificación, su utilidad como agente espumante y capacidad de formar geles (Barboza *et al.*, 1996).

## **Sal**

La sal es el aditivo más antiguamente conocido y utilizado y juega múltiples papeles. La sal aporta un gusto salado (Girard, 1991). Se considera que una concentración del 10% de sal inhibe el crecimiento de numerosos microorganismos, mientras que del 5%, su acción sólo se hace sentir sobre los anaerobios. Por motivos de salud y la evolución en el gusto de los consumidores, la dosis utilizable en los productos cárnicos esté por debajo del 3% (Goutefongea, 1991).

## **Fosfatos**

Los fosfatos se encuentran naturalmente en la mayoría de los alimentos y son vitales para los organismos. Algunos, como difosfatos, trifosfatos y polifosfatos de Na, Ca o K, favorecen la ligazón del agua a las proteínas musculares, esta acción tiene repercusiones a nivel del rendimiento en la elaboración de la calidad de las emulsiones y de las características organolépticas de los productos (Girard, 1991).

El uso de fosfatos en el procesamiento de carnes proporciona un ingrediente indispensable en esta industria y, como tal, su funcionalidad es determinante en la calidad final de los embutidos.

## **Sal Cura**

En la actualidad se utiliza el nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) ya mezclado previamente con NaCl, mezcla conocida como sales curantes en la cual el mayor porcentaje es de NaCl. Entre los propósitos de las sales curantes, además de generar el típico color rosa de la carne curada, es la inhibición del crecimiento de bacterias especialmente *Clostridium botulinum*; asimismo ayuda a retardar la rancidez oxidativa de las grasas, a la potenciación y preservación del sabor del alimento. Sin embargo el uso de nitratos y nitritos como aditivos presenta ciertos riesgos, por lo que su uso es muy regulado (Xiong, 2003).

## **Aditivos**

La Organización de Alimentos y Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de Salud (OMS) han definido a los aditivos como sustancias no nutritivas añadidas intencionalmente a los alimentos, generalmente en pequeñas cantidades, para mejorar sus propiedades de apariencia, sabor, textura, o almacenamiento (Potter, 1978), entre los cuales se incluyen los condimentos, que son específicamente para mejorar el sabor del alimento, o bien del producto.



## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo se llevó a cabo en la Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Animal (CTAOA), específicamente en el Laboratorio de Investigación en Productos Cárnicos, del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. ubicado en el km 0.6 carretera a la Victoria, Hermosillo, Sonora.

### **Obtención de la Materia Prima**

El brócoli, nopal y carne de cerdo se obtuvieron de un comercio local. La carne fue de pierna de cerdo deshuesada con un contenido de grasa del 10%, de la empresa NORSON.

### **Preparación de la Carne**

A la carne se le removió materia extraña y se lavó con agua corriente. Se cortó en pedazos no mayores a los 5 cm por lado y se procedió a su molienda utilizando un molino Hobart modelo 4152 (USA) y un plato con tamaño de orificio de 3/16 de pulgada.

### **Formación de la Emulsión**

Una vez molida la carne se formó la emulsión en un *cutter* Kilia Vacu Autoc 30 (Kilia Co., Kiel, Alemania), agregando posteriormente los ingredientes no cárnicos, nopal y brócoli como se muestra en la tabla 1. Se hizo lo anterior para cada tratamiento, agregando en cada uno de éstos los componentes no cárnicos correspondientes. Se aplicó vacío a la emulsión por dos minutos y el tiempo total de emulsionado fue de cinco minutos para cada tratamiento.

Durante todo el proceso de mezclado, la temperatura no excedió los 10-12° C para mantener la funcionalidad de las proteínas. Para lograr este fin, el proceso debe de realizarse en cuartos fríos y/o con la adición de hielo (que también tiene la finalidad de ajustar la humedad del producto). Posteriormente se agregó el resto de los componentes (Rust, 1975). Se consiguió así, una uniformidad de partícula y una mejor distribución de los componentes.

Tabla 1. Formulación utilizada en la elaboración del producto tipo salchicha.

Ingredientes	Control		T 1		T 2		T3		T4	
	%	g	%	G	%	g	%	g	%	g
Cerdo 90:10	54.8	1644	53.6	1608	52.4	1572	51.2	1536	50	1500
Agua/Hielo	40.51	1215.03	31.7	951.03	22.9	687.03	14.11	423.03	5.31	159.03
Nopal	0	0	5	150	10	300	15	450	20	600
Brócoli	0	0	5	150	10	300	15	450	20	600
Plasma Bovino	2	60	2	60	2	60	2	60	2	60
Sal	1	30	1	30	1	30	1	30	1	30
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	0.5	15	0.5	15	0.5	15	0.5	15	0.5	15
NO <sub>2</sub> /Sal cura 10%	0.14	4.2	0.14	4.2	0.14	4.2	0.14	4.2	0.14	4.2
Eritorbato	0.05	1.5	0.05	1.5	0.05	1.5	0.05	1.5	0.05	1.5
Condimento	1	30	1	30	1	30	1	30	1	30

### Embutido

La emulsión obtenida en el paso anterior fue embutida en un equipo Omet tipo ICS60-B (Poggibonsi, Siena Italy), utilizándose fundas de celulosa. Las salchichas fueron amarradas a mano ajustando su tamaño entre 10 y 12 cm.

### Tratamiento Térmico

El tratamiento térmico se llevó a cabo en un horno Enviro Pak Micro-Pak Series Mp1000 (Enviro Pak, Clackamas, OR). Las condiciones se muestran descritas en la tabla 2.

Una vez alcanzada la temperatura final (71° C), las salchichas se sometieron a un baño con agua a 25° C hasta alcanzar una temperatura aproximada a los 30° C, para posteriormente refrigerarse a temperatura <2° C El rendimiento del proceso se consideró en este estudio como el cociente de las emulsiones embutidas, (peso después de cocción entre peso antes de cocción) y expresado en porcentaje.

Tabla 2. Tratamiento térmico utilizado en la elaboración del producto tipo salchicha.

Etapa	Tiempo (min)	Temp BH (°F/°C)	Temp BS (°F/°C)	Temp Interna	Humo	Ventilación
Calentamiento	20	118/48	131/55	-	No	Cerrado
Precocido	20	130/71	167/75	-	No	Cerrado
Cocido	-	180/82	185/85	71° C	No	Cerrado
Enfriamiento	5	-	-	-	-	Cerrado

### Parámetros a Evaluar

Se realizaron estudios para conocer la calidad del producto tipo salchicha al variar la cantidad de nopal y brócoli que se le incorporó en la formulación que va de un rango de 5 a 20%.

La calidad del alimento tipo salchicha adicionado con nopal y brócoli, se evaluó mediante los análisis de pH,  $a_w$ , análisis de perfil de textura, esfuerzo al corte y análisis sensorial.

#### Actividad de Agua ( $a_w$ )

Se utilizó un equipo PawKIT AquaLab, colocando las rodajas del producto en pequeños recipientes redondos, cuidando que el producto cubriera la mayor superficie posible de éste.

#### Medición de Potencial de Hidrógeno (pH)

La muestra se molió y se pesaron 5 g, colocándose posteriormente en vasos de precipitado con 45 mL de agua destilada y se homogeneizó. Se utilizó un potenciómetro Hanna modelo 211 (Hanna Instrument, USA) previamente calibrado. Las mediciones se realizaron por triplicado.

### **Medición de Color (CIE L\* a\* b\*)**

Se cortaron muestras de 10 cm manteniendo siempre a temperatura baja <4° C. El color se midió en la superficie de cada muestra utilizando un colorímetro Konica Minolta (modelo CM-2600d. Osaka, Japón).

### **Medición de Textura**

**Análisis de perfil de textura ( APT).** El análisis de perfil de textura (APT) se llevó a cabo en un texturómetro *Texture Analyzer TAXT2* (Stable Micro Systems, Ltd, Godalming, Surrey UK). Se tomaron trozos de 3 cm. Se realizó una doble compresión a un 75% de deformación y a una velocidad de cabezal de 1 mm/s, con un tiempo de espera de cinco segundos entre compresiones. Los resultados se analizaron con el programa experto en textura para Windows para cuantificar: dureza (kgf/g), adhesividad, gomosidad, masticabilidad, elasticidad y cohesividad (adimensionales).

**Esfuerzo al corte (Warner-Bratzler).** Se utilizó un equipo *Texture Analyzer TAXT2* (Stable Micro Systems, Ltd, Godalming, Surrey UK), con una navaja Warner Bratzler como aditamento, utilizando el programa experto en textura para Windows, se cortaron las salchichas en trozos de 3 cm, utilizando 20 trozos para cada tratamiento. Se utilizó una velocidad de cabezal de 2 mm/s y un desplazamiento de 30 mm. Los resultados se tomaron del pico máximo (fuerza máxima) resultante del esfuerzo al corte.

### **Análisis Sensorial**

Se evaluaron los diferentes tratamientos en el aula de evaluación sensorial de Tecnología de Alimentos de Origen Animal (TAOA) del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, A.C). Los atributos evaluados fueron color, jugosidad, sabor, firmeza y satisfacción global. Las pruebas fueron acompañadas de limpiadores del paladar (galletas y agua), con el fin de eliminar la sensación de la muestra anterior. Para la codificación de las muestras se asignaron números de tres dígitos distintos en cada tratamiento para no guiar a dudas o interpretaciones personales. Se elaboró un formato en el que el panelista evaluó cada tratamiento, mismo que se describe en la tabla 3.

Tabla 3. Escala de referencia de nueve puntos utilizada en el análisis sensorial de los productos evaluados.

	Satisfacción Total	Jugosidad	Sabor	Color	Firmeza
1	Disgusta extremadamente	Extremadamente seco	Extremadamente indeseable	Extremadamente rosa claro	Extremadamente suave
2	Disgusta mucho	Muy seco	Muy indeseable	Muy rosa claro	Muy suave
3	Disgusta moderadamente	Moderadamente seco	Moderadamente indeseable	Moderadamente rosa claro	Moderadamente suave
4	Disgusta poco	Poco seco	Poco indeseable	Poco rosa claro	Poco suave
5	Ni disgusta/ni gusta	Ni seco ni jugoso	Ni indeseable/ni deseable	Rosa/marrón	Ni suave ni duro
6	Gusta poco	Poco jugoso	Poco deseable	Poco marrón	Poco duro
7	Gusta moderadamente	Moderadamente jugoso	Moderadamente deseable	Moderadamente marrón	Moderadamente duro
8	Gusta mucho	Muy jugoso	Muy deseable	Muy marrón	Muy duro
9	Gusta extremadamente	Extremadamente jugoso	Extremadamente deseable	Extremadamente marrón	Extremadamente duro

### **Análisis Proximal**

El análisis proximal se llevó a cabo a los cinco tratamientos, cada uno por triplicado y/o duplicado de acuerdo a las técnicas recomendadas por la AOAC (2000) y sólo al inicio del almacenamiento a 0° C. Determinación de humedad (985.14), ceniza ( 923.03), extracción de grasa por Goldfish (960.39) y determinación de proteínas ( 928.08).

### **Diseño de Experimentos y Análisis Estadístico**

Se estudiaron las características de calidad de un producto tipo salchicha adicionado con brócoli y nopal. El experimento se llevó a cabo bajo un diseño completamente al azar. Ambos ingredientes fueron incorporados en las mismas proporciones de acuerdo a los siguientes

tratamientos: control (sin adición de vegetales), 5% de brócoli y 5% de nopal (tratamiento 1), 10% de brócoli y 10% de nopal (tratamiento 2), 15% de brócoli y 15% de nopal (tratamiento 3), 20% de brócoli y 20% de nopal (tratamiento 4).

La calidad del producto obtenido se evaluó realizando determinaciones de pH,  $a_w$ , color, textura, análisis proximal y sensorial. Una vez obtenidas las mediciones de estos análisis, se realizó un análisis de varianza ANOVA en el programa estadístico NCSS (2007). Se estimaron diferencias significativas a un nivel de probabilidad en el error de 0.05. Cuando se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento

En la tabla 4 se presentan los resultados de rendimiento obtenidos para cada tratamiento evaluado. La temperatura interna alcanzada en el producto fue de 70° C, acorde a lo establecido en la NMX-F-065-1984. El rendimiento de cocción varió en un rango de 89.57% a 90.65%, siendo éste último el control de los tratamientos evaluados. El promedio de este parámetro fue 90.27% después de la cocción del producto en el cual no hubo diferencias significativas en los diferentes lotes evaluados ( $p>0.05$ ). Ceballos (2011) incorporó ciruela y lenteja como nuevos componentes a salchichas de puerco y no encontró efecto alguno por la incorporación de éstos, se obtuvieron resultados con comportamiento similar al presente estudio.

Tabla 4. Rendimiento después del tratamiento térmico.

Tratamiento	Nopal %	Brócoli %	Rendimiento (%)
Control	0.00	0.00	90.65
1	5.00	5.00	89.57
2	10.00	10.00	90.09
3	15.00	15.00	90.43
4	20.00	20.00	90.58

De acuerdo al programa de cocimiento, la temperatura interna del producto no superó los 55° C en los primeros 20 minutos. Como lo indica Girard (1991), en esta etapa de cocción solamente se presenta la coagulación de las proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas, se forma el corazón del producto y se obtiene una superficie lisa, mientras que en la segunda etapa se alcanza una temperatura de 65° C y se da la cocción y estabilización del producto que evita la proliferación bacteriana, además de favorecer la contracción de las proteínas del tejido conjuntivo.

### Medición de Potencial del Hidrógeno (pH)

En la figura 1 se muestran los resultados para cada tratamiento evaluado, encontrándose diferencias significativas entre ellos ( $p < 0.05$ ). El pH registrado se obtuvo en un rango de 6.26 a 6.42. El valor promedio en los productos terminados, después del tratamiento térmico fue de 6.37. A medida que se incorporó nopal y brócoli en el producto el pH disminuyó, lo cual es bueno ya que la acidez inhibe el crecimiento microbiano. Esta disminución se debe a que el pH de los vegetales es ligeramente ácido debido a componentes como el ácido ascórbico presente tanto en el brócoli como en el nopal. El brócoli es un alimento rico en ácido ascórbico, llegando a tener niveles de 103 mg/100g de brócoli fresco (Koh *et al.*, 2009), mientras que para el nopal se han reportado niveles de 17.2 mg/100g de nopal fresco (Diaz *et al.*, 2007).

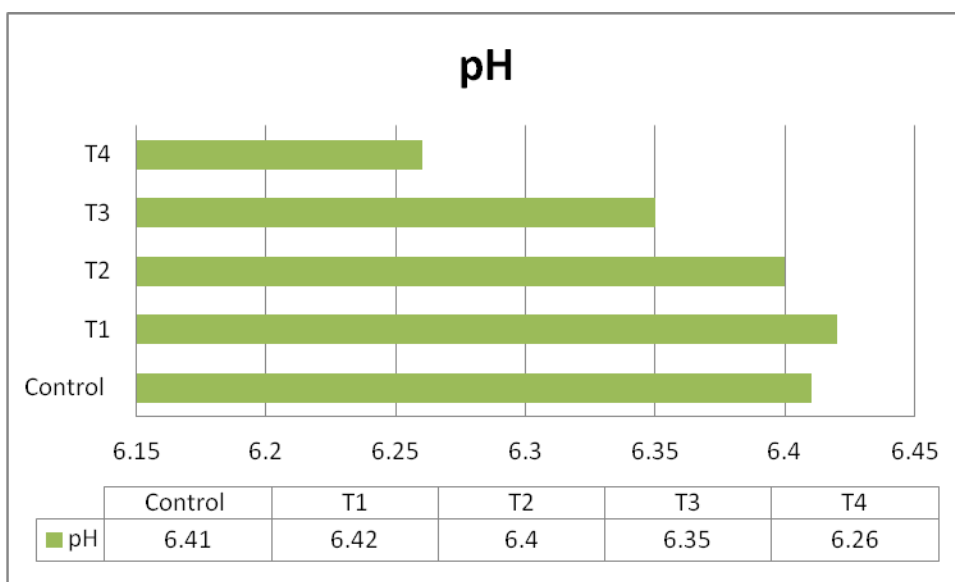


Figura 1. Resultados de los análisis de potencial de hidrógeno para los diferentes tratamientos. Valores en la misma columna con letras iguales indican similitudes ( $p > 0.05$ )

La disminución del pH en el producto tiene la ventaja de inhibir el crecimiento microbiano y alargar con ello su vida de anaquel. En este sentido, el producto con una incorporación de 20% de nopal y 20% de brócoli serían más estables que el resto de los tratamientos evaluados.



### Medición de Actividad de Agua ( $a_w$ )

Los resultados de  $a_w$  se muestran en la figura 2, observándose diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ( $p < 0.05$ ). Estos valores oscilaron en el rango de 0.95 a 0.98, siendo menor en el tratamiento control y en aquellos tratamientos con alta incorporación de nopal y brócoli (tratamientos 3 y 4) y mayor en los tratamientos con una incorporación del 5 y 10% tanto de brócoli como de nopal. De acuerdo con Madigan (2008), el valor óptimo de  $a_w$  para el crecimiento microbiano es de 0.99, a medida que este parámetro disminuye, el crecimiento de microorganismos se ve limitado, por lo tanto su vida de anaquel se alarga.

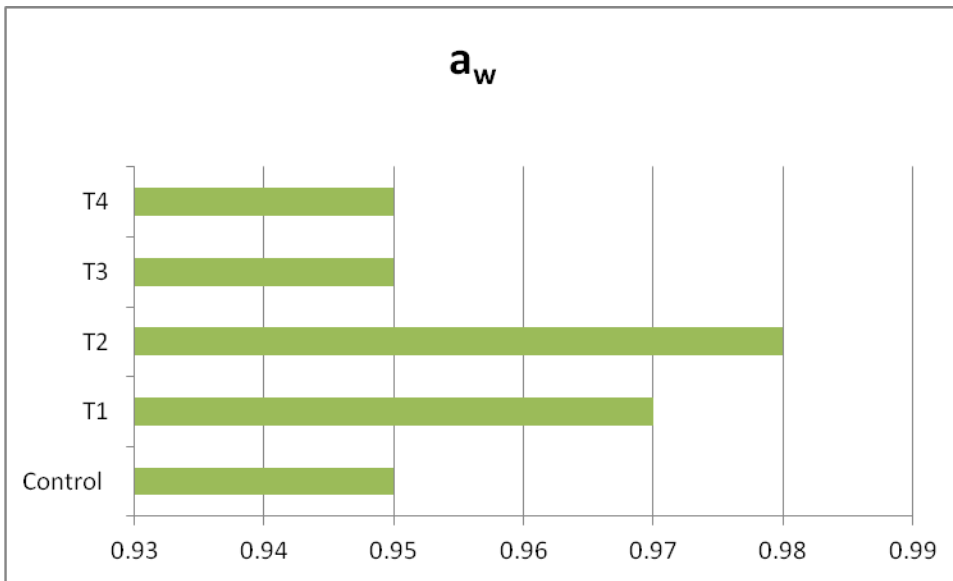


Figura 2. Resultados de los análisis de actividad de agua para los diferentes tratamientos. Valores en la misma columna con letras iguales indican similitudes ( $p > 0.05$ )

### Medición de Color

El color es el factor que más afecta la apariencia de la carne y de los productos cárnicos durante su elaboración y el que más influye en la preferencia de los consumidores. Para los parámetro de color  $L^*$  (luminosidad)  $a^*$  (matiz rojo-verde) y  $b^*$  (matiz amarillo-azul) se encontraron diferencias entre los tratamientos evaluados ( $p < 0.05$ ). En la tabla 5 se muestran los

valores de los parámetros L\*, a\* y b\*. El valor L\* y a\* tienden a disminuir conforme se incorpora nopal y brócoli. Por el contrario, el valor b\* incrementa al incorporar estos componentes. Los productos tienden más hacia el color verde y éste se manifiesta con un incremento en el valor b\*. Este incremento se debe al contenido de clorofila tanto de brócoli como de nopal. La clorofila es el compuesto que imparte el color verde característico de las plantas. Lemoine *et al.* (2008) han reportado valores de más de 250 mg de clorofila por cada kg de brócoli fresco, mientras que para nopal se han reportado valores de 136 mg de clorofila por kg de nopal (Ayadi *et al.*, 2009).

Tabla 5. Comportamiento de los valores de L\*, a\* y b\* en los tratamientos de los productos cárnicos adicionados con nopal y brócoli.

Tratamiento	L*	a*	b*
Control	72.37 ± 0.30 <sup>c</sup>	5.46 ± 0.43 <sup>e</sup>	14.40 ± 0.47 <sup>a</sup>
1	69.90 ± 0.32 <sup>bc</sup>	3.75 ± 0.55 <sup>d</sup>	16.13 ± 0.71 <sup>b</sup>
2	69.03 ± 0.91 <sup>b</sup>	1.53 ± 0.11 <sup>c</sup>	19.91 ± 0.75 <sup>d</sup>
3	68.68 ± 0.14 <sup>b</sup>	0.24 ± 0.36 <sup>b</sup>	18.19 ± 0.62 <sup>c</sup>
4	65.20 ± 0.15 <sup>a</sup>	-1.05 ± 0.20 <sup>a</sup>	21.07 ± 0.64 <sup>d</sup>

Valores en la misma columna con letras iguales indican similitudes ( $p > 0.05$ )

El color influye en la decisión de compra del consumidor y afecta su percepción sobre la frescura del producto. El color característico tradicional de una salchicha es el rosa claro, es el típico color al que el consumidor está acostumbrado. En el caso de este estudio, el color tiende más al verde debido a los componentes que posee. Sin embargo, hoy en día el consumidor tiene una actitud más abierta y busca en el producto otras características que le son de interés (Troy y Kerry, 2010), entre las cuales destacan los componentes naturales y saludables. En este sentido, el producto desarrollado en este estudio puede tener ventajas sobre los tradicionales.

## Análisis Proximal

Los resultados de humedad, grasa, proteína y cenizas se muestran en la tabla 6. La humedad aumentó a medida que se incrementó la cantidad de nopal y brócoli en los tratamientos, ya que estos vegetales tienen un alto contenido de agua, mayor al 90% (Ayadi *et al.*, 2009; Koh *et al.*, 2009). La humedad se obtuvo en un rango de 71.85 a 75.37%, siendo menor en el tratamiento 1 y mayor en el tratamiento 4. Los tratamientos control, 1, 2 y 3 fueron similares ( $p < 0.05$ ) entre ellos, pero con un contenido menor al tratamiento 4 ( $p < 0.05$ ).

El contenido de grasa entre los tratamientos evaluados no presentó diferencias ( $p > 0.05$ ), oscilando entre 4.00 y 4.37%. Este valor puede considerarse bajo tomando en cuenta que en un producto de este tipo puede agregarse hasta un 30% de grasa de acuerdo a la NMX-065-1984. Si el producto desarrollado se compara con un producto comercial, resulta también atractivo debido a que los comerciales tienen entre 23.1 y 31.8% según datos publicados por la PROFECO (2005). La reducción de grasa en los productos cárnicos es muy importante desde el punto de vista de salud. El consumidor de hoy en día busca cuidar más su salud debido a los problemas actuales de sobrepeso, obesidad y a las enfermedades derivadas de ellos.

En cuanto a los resultados de proteínas, todos los tratamientos presentaron un valor de  $16 \pm 1\%$ . El producto se diseñó para tener un contenido similar de proteína en todos sus tratamientos, pero más alto que lo especificado en la NMX-065-1984 (9.5%). Por otro lado, las salchichas comerciales tienen un contenido proteico de aproximadamente 14.6% (PROFECO, 2005), por lo que el producto desarrollado es también superior. Además, las salchichas comerciales pueden incluir en su formulación proteínas diferentes a las cárnicas. Se puede decir entonces que este producto es una excelente fuente de proteína ya que los valores son casi el doble de lo mínimo permitido por la NMX-065-1984, aportando así más beneficios nutricionales.

Por último, los valores de ceniza fueron de 2.61 a 2.79%, donde hubo diferencia en al menos uno de los tratamientos ( $p < 0.05$ ). Al adicionar nopal y brócoli se obtuvo buena cantidad de cenizas por el alto contenido de minerales de estos dos vegetales.

En el mercado existe una gran diversidad de productos cárnicos con una variación también grande en su calidad. El consumidor de hoy ha tomado ya conciencia de su salud y está buscando productos que le ayuden a disminuir los problemas relacionados con la alimentación. Por eso, el contenido proximal de un alimento es importante para el consumidor ya que le proporciona valiosa información que considera al momento de adquirir un producto.

Por otro lado, el producto desarrollado en esta investigación contiene en su formulación hasta un 20% tanto de brócoli como de nopal. Los beneficios que estos vegetales aportan a la salud están documentados en la literatura. Se ha demostrado que una dieta donde se incluye el nopal, se reduce la glucosa en sangre (Bacardí-Gascón *et al.*, 2007). El nopal contiene fibra y pectina que ayudan a disminuir la absorción de carbohidratos y realzan la sensibilidad de la insulina (Rayburn *et al.*, 1998). Por su parte el brócoli es una excelente fuente de vitaminas, antioxidantes e isotiocianatos, éstos últimos con actividad anticarcinogénica (Jeffery y Jarrell, 2001). En un estudio realizado por Cohen *et al.* (2000), se reveló que una dieta rica en brócoli disminuyó el riesgo de contraer cáncer de próstata en un 40% comparada a una dieta control.

Tabla 6. Resultados del análisis proximal expresado en porcentaje en los diferentes tratamientos de producto tipo salchicha adicionado con nopal y brócoli.

Tratamiento	Humedad	Grasa	Proteína	Cenizas
Control	72.65 ± 0.57 <sup>a</sup>	4.00 ± 0.33	16.97 ± 0.19 <sup>bc</sup>	2.75 ± 0.01 <sup>b</sup>
1	71.85 ± 0.23 <sup>a</sup>	4.32 ± 0.00	17.45 ± 0.32 <sup>c</sup>	2.79 ± 0.00 <sup>b</sup>
2	73.06 ± 0.48 <sup>a</sup>	4.37 ± 0.00	16.31 ± 0.78 <sup>abc</sup>	2.61 ± 0.00 <sup>a</sup>
3	73.67 ± 0.18 <sup>a</sup>	4.05 ± 0.00	16.03 ± 0.20 <sup>ab</sup>	2.76 ± 0.00 <sup>b</sup>
4	75.37 ± 2.10 <sup>b</sup>	4.02 ± 0.00	15.09 ± 0.56 <sup>a</sup>	2.75 ± 0.00 <sup>b</sup>

Valores en la misma columna con letras iguales no presentan diferencia ( $p > 0.05$ ).

### Análisis de Perfil de Textura (APT)

En la tabla 7 se muestran los resultados del APT en el cual se determinaron los parámetros de dureza, elasticidad, masticabilidad y resiliencia. Se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados para todos los parámetros, excepto para dureza, cuyo

valor osciló en 8 400 gf. Cabe recordar que la dureza está definida como la resistencia que opone la muestra a ser deformada, por lo que en este caso, la adición de brócoli y nopal no tienen efecto alguno.

En referencia a la elasticidad, los valores oscilaron entre 0.88 y 0.93, observándose que todos los tratamientos presentaron un valor más bajo con respecto al control. El tratamiento con mayor incorporación de nopal y brócoli presentó menor elasticidad, mientras que el tratamiento control fue el mayor. Estas variaciones pueden deberse a la sustitución de proteína cárnica por proteína no cárnica, perdiendo el producto su capacidad para mantener su forma al ser sometida a un esfuerzo, ya que su estructura no es estable (Dzudie *et al.*, 2002).

La masticabilidad es un parámetro que relaciona la dureza, cohesividad y elasticidad del producto. Estos valores variaron entre 4 629 y 5 810 gf, disminuyendo a medida que se incorporó brócoli y nopal en la formulación. Este mismo comportamiento se observó con el parámetro de resiliencia, siendo mayor para el tratamiento control y menor para el tratamiento 4, con mayor incorporación de los vegetales. Cardoso (2007) realizó una evaluación de textura adicionando fibra en salchichas de puerco y obtuvo datos muy similares a los encontrados en este trabajo.

Tabla 7. Resultados de textura para los diferentes tratamientos evaluados.

Tratamiento	Dureza	Elasticidad	Masticabilidad	Resiliencia
Control	8773.50 ± 0.876	0.93 ± 0.03 <sup>d</sup>	5810.10 ± 0.05 <sup>d</sup>	0.42 ± 0.05 <sup>a</sup>
1	8405.80 ± 0.557	0.92 ± 0.03 <sup>d</sup>	5616.80 ± 0.03 <sup>cd</sup>	0.41 ± 0.05 <sup>b</sup>
2	8098.10 ± 0.431	0.91 ± 0.04 <sup>c</sup>	5163.50 ± 0.02 <sup>bc</sup>	0.38 ± 0.08 <sup>c</sup>
3	8400.20 ± 0.887	0.89 ± 0.01 <sup>b</sup>	4925.20 ± 0.03 <sup>ab</sup>	0.34 ± 0.01 <sup>d</sup>
4	8332.10 ± 0.683	0.88 ± 0.01 <sup>a</sup>	4629.40 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.31 ± 0.01 <sup>d</sup>

Valores en la misma columna con letras iguales no presentan diferencia significativa (p>0.05).

### **Esfuerzo al Corte (WB)**

En la figura 3 se muestran los resultados para firmeza. Para este parámetro los resultados mostraron diferencias significativas (p<0.05). Al incorporar nopal y brócoli al producto, el valor de firmeza fue disminuyendo, obteniendo valores mayores en el tratamiento 1 y menores en el

tratamiento 4. Si la fuerza de corte es pequeña, indica que la red proteica formada no es fuerte porque las fuerzas intermoleculares de la matriz se ven afectadas (Pujola, 2007).

Tanto el APT como el EC fueron influenciados por la adición de brócoli y nopal en las formulaciones de los tratamientos, y en general se observó una disminución en la mayoría de los parámetros evaluados. Las proteínas cárnicas son los componentes del alimento que más influyen en las características de textura. El comportamiento funcional de las proteínas miofibrilares se manifiesta por su habilidad para producir una matriz tridimensional capaz de captar agua y formar una membrana fuerte y cohesiva sobre la superficie de los glóbulos de grasa en una emulsión. Esas propiedades son los principales factores que contribuyen en las características sensoriales y de textura de los productos cárnicos procesados (Xu *et al.*, 2004)

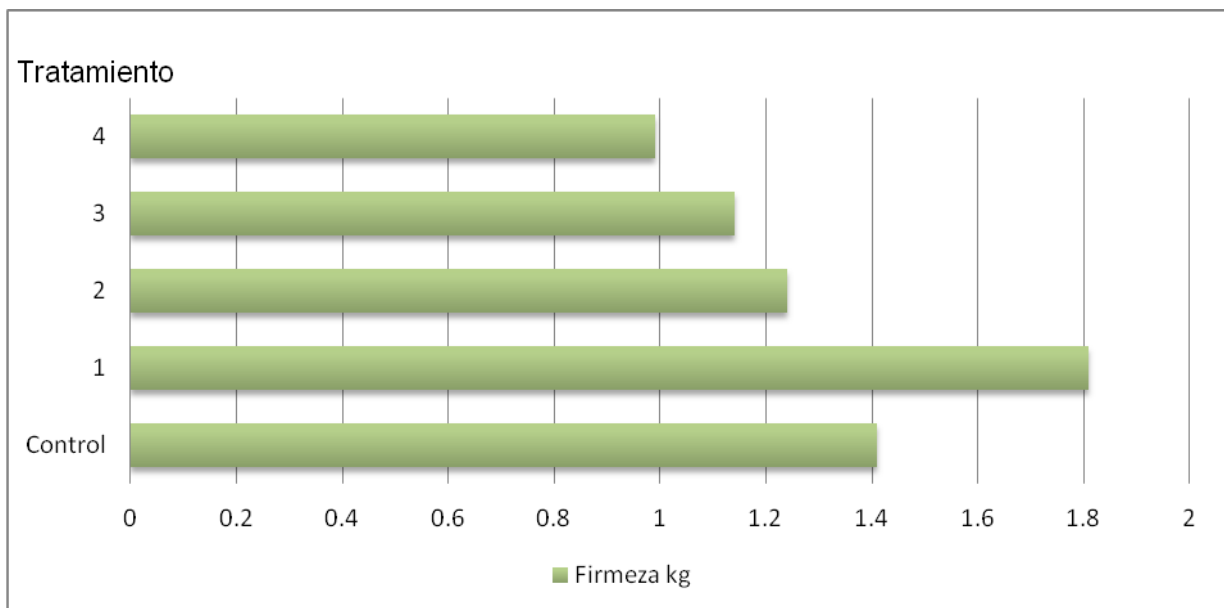


Figura 3. Resultados de firmeza de los diferentes tratamientos evaluados

### Análisis Sensorial

Los resultados de análisis sensorial en términos de color, firmeza, jugosidad, sabor, y satisfacción global se muestran en la tabla 8. De acuerdo al análisis estadístico la evaluación

de color fue significativamente diferente ( $p < 0.05$ ), el cual va de un café claro a verde. El color es importante en los alimentos ya que puede representar la frescura ante la vista del consumidor, siendo uno de los principales atributos de los productos cárnicos. Conforme se fue adicionando nopal y brócoli al producto el color fue cambiando de café a verde teniendo un color verde claro en el tratamiento 4 como máximo.

Para firmeza, sabor y jugosidad no hubo diferencias ( $p < 0.05$ ) en ninguno de los tratamientos. Para estos parámetros, los panelistas determinaron que el producto estaba en un rango de poco blando a ni blando, ni duro. Para la determinación de sabor optaron por el “poco deseable”, esto es bueno ya que el valor más alto lo tuvo el tratamiento 4 en el cual se incorporó al tratamiento el 20% tanto de nopal como de brócoli. Para jugosidad el valor promedio fue de 5.25 en donde de acuerdo a la escala de evaluación, el producto en general no es ni seco ni jugoso. En cuanto a la satisfacción global del producto si se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos 1 y 4 respectivamente. Se muestra que hubo una aceptación general del producto al añadir ingredientes no tradicionales como nopal y brócoli en el tratamiento 4 donde la cantidad de estos vegetales es mayor.

Tabla 8. Evaluación del análisis sensorial para los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Color	Firmeza	Sabor	Jugosidad	A.G
Control	2.71 ± 0.09	4.62 ± 0.01	6.12 ± 0.01	5.87 ± 0.09	6.00 ± 0.01
T1	3.62 ± 0.01	5.75 ± 0.01	6.50 ± 0.07	5.00 ± 0.01	6.75 ± 0.01
T2	4.87 ± 0.08	5.62 ± 0.09	6.00 ± 0.01	5.12 ± 0.08	6.12 ± 0.08
T3	6.12 ± 0.01	5.5 ± 0.09	5.25 ± 0.01	5.50 ± 0.10	5.62 ± 0.01
T4	6.50 ± 0.01	5.25 ± 0.08	5.25 ± 0.01	4.75 ± 0.08	5.12 ± 0.01

## CONCLUSIONES

El desarrollo de un producto cárnico adicionado con componentes no tradicionales como el nopal y el brócoli es beneficioso para la salud por su aporte nutricional de proteínas y una baja cantidad de grasa, comparando este producto con la mayoría de salchichas comerciales que contienen alto contenido de grasa y baja cantidad proteica.

En base a los resultados del análisis sensorial se obtuvo una aceptabilidad general por parte de los panelistas, aun así hubo recomendaciones por parte de estos en mejorar algunas características, principalmente el color.

Se obtuvo una aceptación general del producto cárnico adicionado con nopal y brócoli brindándole al consumidor un producto innovador y de excelente calidad nutricional.

Es importante continuar en la investigación de nuevos productos para poder brindarle al consumidor una opción más de consumo, siempre y cuando éste sea de buena calidad y de excelente aporte nutricional, ya que el consumo de este tipo de alimentos ricos en proteína y bajos en grasa son una alternativa para la dieta de personas con sobrepeso, obesidad y diabetes.

Se recomienda el estudio más adelante de otros parámetros como el aporte de vitaminas y fibra de los ingredientes que se utilizaron así como el crecimiento de microorganismos presentes en embutidos como *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* o *Salmonella sp*, ya que son microorganismos patógenos que pueden estar presentes en alimentos de origen animal.



## BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 2000. Official Method of Analysis. 17<sup>th</sup> ed. Ed.Maryland. E.U.A.
- Ayadi, M., Abdelmaksoud, W., Ennouri, M. 2009. Industrial Crops and Products 30(1) 40-47.
- Bacardí, M., Jimenez, A., Jones, E., Guzmán, V. 2007. Medigraphic 64: 362-269
- Barboza, Y., Rangel L., Archile A., Izquierdo P., Marquez E. 1996. Estudios de algunos factores que afectan la propiedad de gelación del plasma sanguíneo animal. Universidad de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Alimentos Edo. Zulia Venezuela
- Blanno, M. L. 2005. La emulsión cárnica en la elaboración de salchicha Viena. Mundo cárnico y lácteo.
- Cardoso, G., Figueroa, R. 2002. Estudios de Antropología Biológica. 2007. 13:885-900.
- Ceballos, S.S. 2011. Desarrollo de un producto cárnico funcional a base de lentejas *Lens culinaris* y ciruelas pasa *Prunus domestica*. Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Los Mochis, Sinaloa, México.
- Códex Alimentarius. 1994. Carne y productos cárnicos: Códigos de prácticas y directrices para productos cárnicos elaborados. FAO/OMS, Roma. 1994:33.
- Cohen, J., Kristal, R., Stanford J. 2000 Fruit and vegetable intakes and prostate cancer. J. Natl. Cancer Inst. 9, 61–68.
- Cofrades, S., Guerra, M. A., Carballo, J., Fernandez-Martín, F., Jiménez, F. 2000. Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. J Food Sci. 65:281-287.
- Díaz., E, Rodriguez, E. 2007. Chemical characterization of *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus indica* fruits. Food Chem. 103 (1): 38-45
- Diplock, A. T. Agget, P. J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, E. B., Roberfroid, M. B. 1999. Scientific concepts of functional foods in Europe. Eu. J. Clinical Nutr. 81( 1): 12-17.
- Dzudie, T., Scher, J., Hardy, J. 2002. Common bean flour as an extender in beef sausages. J Food Eng 52 (2): 143-147.
- Erkkilä, A., De Mello, V., Risérus, U., Laaksonen, D. 2008. Dietary fatty acids and cardiovascular disease: An epidemiological approach. Prog Lipid Res 43(3):172-187.
- Fernández, J. M., Fernández, J., Sayas, E., Pérez, J. A. 2005. Meat Products as Functional Foods. J Food Sci. 70: 37-43.
- Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hendrick, H.B., Judge, M.D., Merckel, R.A. 1993. Principles of Meat Science. 3<sup>rd</sup> ed. Editorial Kendall/Hunt Publishing Company. 45-50.

- Girard, J. P. 1991. El ahumado. En Tecnología de la carne y los productos cárnicos. Ed. Acribia, España.
- Goutefongea, R. 1991. La Salazón. En: Tecnología de la Carne y los productos cárnicos. Ed. Acribia, Zaragoza, España 4: 125-149.
- Grijspaardt-Vink, C. 1996. Ingredients for healthy foods featured at European Expo. Food Tech. 2:30.
- Hanson, D., Bautista, D. 2010. Defectos visuales comunes en la fabricación de salchichas Departamento de Ciencias de Bioprocesado de Alimentos y Nutrición, Universidad Estatal de Carolina del Norte, EE.UU.
- Herr, I., Büchler, M.W. 2010. Dietary constituents of broccoli and other cruciferous vegetables: implications for prevention and therapy of cancer. Cancer Treat. Rev. Heidelberg, Alemania 36(5):377-83
- Hollingsworth, P. 1996. Food trends: Diversity and choice dominate. Food Tech 5: 40.
- Jeffery, E., Jarrell, V. 2001. Cruciferous vegetables and cancer prevention. In: R. E. C. Wildman (Ed.), Handbook of nutraceuticals and functional foods (pp. 169–191). Boca Raton. FL: CRC Press.
- Jiménez-Colmenero, F., Carballo, J., Cofrades, S. 2001. Healthier meat and meat products: The role as functional foods. Meat Sci 59:5–13.
- Koh, E., Wimalasiri, K., 2009. Content of ascorbic acid, quercetin, kaempferol and total phenolics in commercial broccoli. J Food Sci. 22 (7):637- 642.
- Lemonie, M, Civello, P., Chaves, A., Martinez, G. 2008. Effect of combined treatment with hot air and UV-C on senescence and quality parameters of minimally processed broccoli. Postharvest Biol. Tech. 48(1): 15-21.
- Luckie, A., Cortés, F., Ibarra, S. 2009. Obesidad: trascendencia y repercusión médico-social 14(4):191-201
- Lukaski, H.C., Siders, W.A., Penland, J.G. 2007 Chromium picolinate supplementation in women: effects on body weight, composition and iron status. Nutrition. 23:187-195.
- Madigan, M., Martinko, J., Parker, J., Brock, T.D. 2008. Biología de los Microorganismos. Crecimiento microbiano. Prentice Hall, España. 6:52-68.
- Morales, B.L. 1988. Uso y Experiencias de la Utilización del Nopal (*Opuntia ssp* y *Opuntia Ficus indica*) dentro del Campo de la Medicina. Presentado en Congreso del 11 al 14 de Octubre. Saltillo, Coahuila, México.
- NCSS. 2007. Number Cruncher Statistical System. Kaysville UTAH, EUA.

- NMX-F-065-1984. Alimentos. Salchichas. Especificaciones. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NOM. 1998. Para el manejo integral de la obesidad. Norma Oficial Mexicana NOM-174-SSA1-1998.
- Nuñez de González, M., Boleman, R., Miller, R., Keeton, J.T., Rhee, K.S. 2008 Antioxidant properties of dried plum ingredients in raw and precooked pork sausage. J. Food Sci. 47 (6): 808-816.
- OMS. 2003. Diet, Nutrition and Prevention of chronic diseases. Organización Mundial de la Salud. WHO Technical report Series. p 916.
- Pérez-Rodríguez, M. L. 1992 Evolución de las sales nitrificantes en el proceso de elaboración y conservación de las salchichas frankfurter. Tesis Doctorado. Universidad Complutense de Madrid.
- Potter, N.1978. La Ciencia de los Alimentos. Ed. HARLA. México.
- PROFECO. 2005 Procuraduría Federal del Consumidor. Revista del consumidor.
- Pujola, M., Farreras, A., Casañas, F. 2007. Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Food Chem. 102 (4): 1034-1041.
- Rayburn, K., Martinez, R., Escobedo, M., Wright, F., Farias, M. 1998. Glycemic effects of various species of nopal (*Opuntia* sp) in type 2 diabetes mellitus. Texas J Rural Health. 26:68-76.
- Rivellese, A., Maffettone, A., Vessby, B., Uusitupa, M. 2003. Effects of dietary saturated, monounsaturated and n-3 fatty acids on fasting lipoproteins, LDL size and post-prandial lipid metabolism in healthy subjects. Atherosclerosis 167 (1):149-15.
- Rust, E. 1975. Sausage and processed meats manufacturing. AMI Center for continuing education. Iowa.
- Sáenz, C. 2006. Utilización Agroindustrial del Nopal. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 162.
- Salazar, A. 2006. Alimentos Funcionales. Boletín Pediatría 2006, 46: 309-314.
- Sloan, E. 1994. Top ten trends to watch and work on. Food Tech. 7:89-100.
- Sudzuki, F., Muñoz, C., Berger, H. 1993. El cultivo de la tuna (Cactus Pear). Departamento de Reproducción Agrícola. Universidad de Chile.

- Troy, D., Kerry, J., 2010. Consumer perception and the role of science in the Meat Industry. *Meat Sci.* 86(1):214-226
- Vasconcellos, J. 2001. Alimentos funcionales. Conceptos y beneficios para la salud. *World Food Sci* 1(6):1–19.
- Van Horn, L., McCoin, M., Kris-Etherton, P., Burke, F., Carson, J., Champagne, C., Karmally, C., Sikand, G. 2008. The Evidence for Dietary Prevention and Treatment of Cardiovascular Disease *J Am Diet Association* 108 (2): 287-333.
- Xiong, Y. 2003. Meat processing and food proteins processing applications. *J. Food Sci.* 68: 1220–1224.
- Xu., X, Han, M., Fei, Y., Zhou, G., 2004. Raman spectroscopic study of heat- induced gelation of pork myofibrillar proteins and its relationship with textural characteristic. *Meat Sci.* 87 (3): 159-164.

Páginas de Internet:

- Organización Mundial de la Salud. 2006. Obesity and Overweight Statistics:  
<http://www.who.int/topics/obesity/en/>
- SSA. 2002. Síntesis ejecutiva. Estadísticas de diabetes mellitus en México:  
[http://www.cemece.salud.gob.mx/descargas/pdf/SE07\\_EfectosCIE.pdf](http://www.cemece.salud.gob.mx/descargas/pdf/SE07_EfectosCIE.pdf)
- INEGI.2007 Instituto Nacional de Estadística y Geografía:  
<http://www.inegi.org.mx/sistemas/estatales/regionales.aspx?reg=05>